

Rösemann, Claus et al.

**Research Report**

## Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2011. Report on methods and data (RMD) submission 2013

Thünen Report, No. 1

**Provided in Cooperation with:**

Johann Heinrich von Thünen Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries

*Suggested Citation:* Rösemann, Claus et al. (2013) : Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2011. Report on methods and data (RMD) submission 2013, Thünen Report, No. 1, ISBN 978-386-57610-0-2, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, [https://doi.org/10.3220/REP\\_1\\_2013](https://doi.org/10.3220/REP_1_2013)

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/78230>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

# **Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2011**

**Report on methods and data (RMD) Submission 2013**

# **Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2011**

**Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2013**

**Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Ulrich Dämmgen, Eike Poddey,  
Annette Freibauer, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Helmut Döhler,  
Carsten Schreiner, Beate Bauer und Bernhard Osterburg**

## **Thünen Report 1**

**Bibliografische Information:**  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

*Bibliographic information:*  
*The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliography; detailed bibliographic data is available on the Internet at [www.dnb.de](http://www.dnb.de)*

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter [www.ti.bund.de](http://www.ti.bund.de)

*Volumes already published in this series are available on the Internet at [www.ti.bund.de](http://www.ti.bund.de)*

**Zitationsvorschlag – Suggested source citation:**

**Rösemann C, Haenel H-D, Dämmgen U, Poddey E, Freibauer A, Wulf S, Eurich-Menden B, Döhler H, Schreiner C, Bauer B, Osterburg B (2013)** Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990-2011: Report on methods and data (RMD) Submission 2013. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 390 p, Thünen Rep 1

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

*The respective authors are responsible for the content of their publications.*



THÜNEN

## Thünen Report 1

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

[thuenen-report@ti.bund.de](mailto:thuenen-report@ti.bund.de)  
[www.ti.bund.de](http://www.ti.bund.de)

ISBN 978-3-86576-100-2  
DOI:10.3220/REP\_1\_2013  
urn:nbn:de:gbv:253-201302-dn051713-4

Die Reihe Thünen Report ersetzt die Sonderhefte ISSN 0376-0723 der Landbauforschung, deren Erscheinen mit Heft 367 (2012) eingestellt wurde.

*The Thünen Report series replaces the vTI Agriculture and Forestry Research Special Issues (ISSN 0376-0723), publication of which ceased with Issue 367 (2012).*

# **Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2011**

**Report on methods and data (RMD) Submission 2013**

# **Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2011**

**Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2013**

**Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Ulrich Dämmgen, Eike Poddey,  
Annette Freibauer, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Helmut Döhler,  
Carsten Schreiner, Beate Bauer und Bernhard Osterburg**

**Thünen Report 1**



**Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Ulrich Dämmgen, Eike Poddey  
und Annette Freibauer**

*Thünen Institute of Climate-Smart Agriculture*  
Thünen-Institut für Agrarklimaschutz (TI-AK)  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

**Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden und Helmut Döhler**

*Association for Technology and Structures in Agriculture*  
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL)  
Bartningstraße 49  
64289 Darmstadt  
Germany

**Carsten Schreiner und Beate Bauer**

*Federal Statistical Agency*  
Statistisches Bundesamt (DESTATIS)  
Graf-Adolf-Str. 198  
53117 Bonn  
Germany

**Bernhard Osterburg**

*Thünen Institute of Rural Studies*  
Thünen-Institut für Ländliche Räume (TI-LR)  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

**Thünen Report 1**

Braunschweig, im April 2013

## Vorwort

### Herausforderungen der Emissionsberichterstattung für die Bundesrepublik Deutschland — Stand und Anforderungen an die Berechnung landwirtschaftlicher Emissionen

Michael Strogies

Umweltbundesamt, Fachgebiet I 2.6 "Emissionssituation", Nationale Koordinierungsstelle der Emissionsberichterstattung  
Postfach 1406, 06813 DESSAU-ROSSLAU, Germany

Deutschland hat umfangreiche internationale Verpflichtungen zur Emissionsminderung für Treibhausgase und Luftschadstoffe übernommen. Hierzu gehören insbesondere im Rahmen der Vereinten Nationen die Konventionen zur Vermeidung und Verminderung weitreichender grenzüberschreitender Luftverunreinigungen (UNECE CLRTAP<sup>1</sup> mit seinen acht Protokollen), die Klimarahmenkonvention (UNFCCC<sup>2</sup>) und das Kyoto-Protokoll, im europäischen Kontext die Richtlinien zur Einhaltung nationaler Emissionsobergrenzen (NEC<sup>3</sup>) sowie der europäische Beobachtungsmechanismus für Treibhausgasemissionen und die Umsetzung des Kyoto-Protokolls<sup>4</sup>. Zur Erfolgskontrolle dieser Verpflichtungen sind jährlich detaillierte Inventare nationaler Emissionen<sup>5</sup> zu berechnen und international zu berichten. Weitere Verpflichtungen bestehen zur Berichterstattung von anlagenbezogene Emissionsdaten, wie z. B. das europäische Schadstoffregister PRTR<sup>6</sup>.

Die Zielstellungen der internationalen Regelungen bestehen in der:

- Vermeidung bzw. Verminderung der Effekte der Klimaänderung
- Gewährleistung des Schutzes der Ozonschicht

- Vermeidung von Versauerung und Eutrophierung in Ökosystemen
- Bekämpfung der Entstehung von bodennahem Ozon
- Reduzierung der Feinstaubbelastungen
- Einhaltung von Luftqualitätsstandards
- Vermeidung gefährlicher (toxischer) Luftbelastungen
- Information der Öffentlichkeit über den Umweltzustand

Das im Februar 2005 in Kraft getretene Kyoto-Protokoll verbindet zusätzlich und erstmalig umweltstrategische Ziele und flexible ökonomische Instrumente (Emissionshandel sowie gemeinsame Projekte mit Entwicklungsländern bzw. entwickelten Industrienationen) als weiteren Weg, die Ziele der Verpflichtungen zu erreichen. Durch die damit erfolgte indirekte ökonomische und monetäre Bewertung der Emissionen sind weitere umfangreiche Anforderungen an die Genauigkeit der Emissionsermittlung gestellt. Diese bestehen in der Forderung nach Transparenz der Ermittlung und Berichterstattung, Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit denen anderer Länder, Konsistenz der berichteten Emissionszeitreihen, Vollständigkeit der Einbeziehung aller Quellen und Senken in das Inventar sowie die Bestimmung der Genauigkeit der Emissionen. Daraus abgeleitet sind die

- Dokumentation der Quellen aller verwendeten Daten, Modelle und Berechnungsverfahren,
- detaillierte Verfahrensbeschreibungen durch einen Nationalen Inventarbericht,
- Angabe der Fehlerbandbreiten für die verwendeten Daten, Parameter und Methoden sowie für die berechneten Emissionsfrachten,
- Sicherstellung eines Qualitätsmanagements über den gesamten Prozess der Datenerhebung, Berechnung und Berichterstattung der Emissionsinventare
- jährliche Überprüfung der Emissionsinventare (Berechnungsgrundlagen, Datenflüsse, Methoden und Ergebnisse) durch internationale Experten und zentrale statistische Analysen
- Archivierung aller Informationen für die Berichterstattung

Voraussetzung zur Erfüllung der Berichtspflicht.

Damit entstanden völlig neuen Anforderungen an den Grad der methodischen und institutionellen Vernetzung der Arbeitsabläufe, die zur Berechnung der Emis-

---

<sup>1</sup> UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (LRTAP) aus dem Jahre 1979 – Siehe auch: <http://www.unece.org/env/lrtap/>

<sup>2</sup> UN Framework Convention on Climate Change aus dem Jahr 1992 – daraus abgeleitet das Kyoto Protocol on the reduction of greenhouse gas emissions of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC's, PFC's and SF<sub>6</sub> – Siehe auch: <http://unfccc.int>

<sup>3</sup> Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants, Official Journal of the European Communities L 309/22, 27.11.2001, befindet sich gegenwärtig in Überarbeitung,

<sup>4</sup> Decision No 280/2004/EC of the European Parliament and of the Council concerning a mechanism for monitoring Community greenhouse gas emissions and for implementing the Kyoto Protocol, Official Journal of the European Union. L 49/1, 19.2.2004 L 49/1, befindet sich in Überarbeitung,

<sup>5</sup> Aus Vereinfachungsgründen wird im Text nur von Emissionen gesprochen, gemeint sind jedoch immer die Berechnungen der Emissionen aus Quellen sowie die Einbindung solcher Gase in Senken.

<sup>6</sup> PRTR: The European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR) – Siehe auch: <http://ec.europa.eu/environment/air/pollutants/stationary/eper/index.htm>

sionsinventare notwendig sind. Das Kyoto-Protokoll fordert aus diesem Grund mit seinem Artikel 5.1 die Bildung eines nationalen Systems zur Emissionsberichterstattung. Dieses sichert in einem Netzwerkverbund, dass die national verfügbare Expertise institutions- und ressortübergreifend in die Berechnung und Berichterstattung über die Emissionen einbezogen wird.

Die Kooperation zwischen Umweltressort – hier werden die Arbeiten zur Emissionsberichterstattung federführend durch das Umweltbundesamt koordiniert – und den anderen für verschiedene Quellgruppen zuständigen Bundesministerien (Wirtschaft sowie Land- und Forstwirtschaft), die auch deren nachgeordnete Institutionen einschließt, änderte sich deutlich. Die Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten wurden durch ein Grundsatzpapier<sup>7</sup> zwischen den Staatssekretären aller beteiligten Ressorts geregelt.

Für den Bereich der landwirtschaftlich verursachten Emissionen hatte sich bereits seit 2002 im Vorgriff auf diese internationalen Anforderungen und dem gemeinsamen Verständnis der Zuständigkeit für diese Aufgabe eine enge Kooperation entwickelt.

Auf der Basis einer Ressortvereinbarung zur Führung von Datenbanken und dem Austausch der jeweils benötigten Daten und Angaben werden Fragestellungen zur Ermittlung der relevanten Emissionen in enger Zusammenarbeit bearbeitet. Diese sichert die frühestmögliche Einbeziehung der Ergebnisse der im Thünen-Institut für Agrarklimaschutz (AK) koordinierten internationalen Arbeiten (UNECE) zur Weiterentwicklung der Berechnungsmethoden für landwirtschaftliche Emissionen (EMEP/EEA Guidebook) in den nationalen Prozess der Emissionsberechnung und –berichterstattung. Ein Beispiel hierfür ist das angewendete Gesamtstickstoffbilanzmodell.

Der hier vorgelegte Bericht beinhaltet eine detaillierte Zusammenstellung aller Basisinformationen und Methoden, mit denen gegenwärtig die Berechnung der landwirtschaftlichen Emissionen in Deutschland erfolgt.

Die Zusammenarbeit zwischen AK und dem Umweltbundesamt (UBA) gliedert sich in nachfolgenden Arbeitsschritten:

- In AK werden dezentrale detaillierte Datenbanken und Berechnungsmodelle betrieben, die – neben eigenen Zielstellungen der jeweiligen Institute und Einrichtungen – eine Quantifizierung der relevanten Emissionen aus der Land- und Forstwirtschaft sowie der Einbindung von Treibhausgasen in Senken ermöglichen.
- Über vereinbarte Schnittstellen werden jährlich daraus abgeleitete aggregierte Ergebnisse und zuge-

hörige Basisinformationen in die für die internationale Berichterstattung entwickelte zentrale Datenbank (ZSE = zentrales System Emissionen) im UBA übernommen.

- Parallel dazu werden die entsprechenden geforderten Dokumentationen zur Beschreibung der Emissionsermittlung erarbeitet und in den nationalen Inventarbericht (NIR und IIR) aufgenommen.
- Über das ZSE erfolgen die Datenzusammenstellungen in den jeweils geforderten Berichtsformaten (UNECE = NFR; UNFCCC = CRF).
- Nach abgeschlossener Ressortabstimmung erfolgt dann über das Bundesumweltministerium die Übermittlung der Daten und Informationen an die jeweiligen Adressaten der Berichtsverpflichtung in Genf (UNECE), Bonn (UNFCCC) und Brüssel (EU). Diese bestehen aus detaillierten umfangreichen tabellarischen Datenzusammenstellungen und einer ausführlichen textlichen Beschreibung<sup>8</sup> der Ermittlung dieser Emissionen.
- Die sich im Rahmen der beiden UN-Konventionen an die Berichterstattung anschließenden internationalen Überprüfungsprozesse der vorgelegten nationalen Emissionsinventare werden in enger Kooperation bearbeitet.

Zu den begonnenen bzw. noch umzusetzenden An- und Herausforderungen an die Berechnung landwirtschaftlicher Emissionen und Einbindungen in Senken gehören:

- die Vorbereitung, Testung und Bewertung der zukünftig anzuwendenden neuen Berechnungsgrundlagen der IPCC Guidelines 2006 für die Treibhausgase<sup>9</sup>,
- die Mitwirkung an der Weiterentwicklung internationaler Vereinbarungen zur weiteren Emissionsminderung insbesondere im Rahmen der Weiterentwicklung des Kyoto-Protokolls für die zweite 2013 beginnende zweite Verpflichtungsperiode, des Göteborg-Protokolls und der NEC-Richtlinie sowie an Verhandlungen zur Harmonisierung verschiedener Berichtsformate.

Der hier vorgelegte Bericht dokumentiert die landwirtschaftlichen Detailberechnungen für die Jahre 1990 bis 2011. Er dient als Ergänzung zum nationalen Inventarbericht (NIR und IIR) und als Hintergrundinformation im Rahmen internationaler Begutachtungen des deutschen landwirtschaftlichen Emissionsinventars.

<sup>7</sup> Grundsatzpapier „Nationales System zur Emissionsberichterstattung“ vom 05.06.2007, veröffentlicht im Nationalen Inventarbericht 2008,; <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/fpdf-1/3475.pdf> Anhang 17

<sup>8</sup> Siehe hierzu auch: Nationaler Inventarbericht 2010; [www.umweltbundesamt.de/emissionen/veroeffentlichungen.htm](http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/veroeffentlichungen.htm) und German Informative Inventory Report (IIR) <http://iir-de.wikidot.com/>

<sup>9</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

**Calculations of gaseous and particulate emissions from  
German agriculture 1990 – 2011**  
Report on methods and data (RMD)  
Submission 2013

**Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen  
aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2011**  
Report zu Methoden und Daten (RMD)  
Berichterstattung 2013

*Claus Rösemann<sup>1</sup>, Hans-Dieter Haenel<sup>1</sup>, Ulrich Dämmgen<sup>1</sup>, Eike Poddey<sup>1</sup>, Annette Freibauer<sup>1</sup>, Sebastian Wulf<sup>2</sup>,  
Brigitte Eurich-Menden<sup>2</sup>, Helmut Döhler<sup>2</sup>, Carsten Schreiner<sup>3</sup>, Beate Bauer<sup>3</sup>, Bernhard Osterburg<sup>4</sup>*

---

<sup>1</sup> Thünen Institute of Climate-Smart Agriculture (TI-AK), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany

<sup>2</sup> Association for Technology and Structures in Agriculture (KTBL), Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt, Germany

<sup>3</sup> Statistisches Bundesamt (DESTATIS), Graurheindorfer Str. 198, 53117 Bonn, Germany

<sup>4</sup> Thünen Institute of Rural Studies (TI-LR), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany

## CONTENTS / INHALT

|                                                                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>List of Figures / Abbildungsverzeichnis.....</b>                                                                                                     | <b>14</b> |
| <b>List of Tables / Tabellenverzeichnis .....</b>                                                                                                       | <b>15</b> |
| <b>Abbreviations and acronyms / Abkürzungen und Akronyme .....</b>                                                                                      | <b>19</b> |
| <b>1 Introduction / Einführung .....</b>                                                                                                                | <b>23</b> |
| <b>2 Emission results 2013 / Emissionsergebnisse 2013.....</b>                                                                                          | <b>26</b> |
| 2.1 CH <sub>4</sub> and N <sub>2</sub> O emissions / CH <sub>4</sub> - und N <sub>2</sub> O-Emissionen .....                                            | 26        |
| 2.2 NH <sub>3</sub> emissions / NH <sub>3</sub> -Emissionen.....                                                                                        | 32        |
| 2.3 Comparison of the emission results 2012/2013 / Vergleich der Emissionsergebnissen 2012/2013.....                                                    | 36        |
| 2.4 Data CD / Daten-CD.....                                                                                                                             | 39        |
| <b>3 Inventory preparation / Die Inventarerstellung.....</b>                                                                                            | <b>41</b> |
| 3.1 Symbols, units and definitions / Symbole, Einheiten und Definitionen.....                                                                           | 41        |
| 3.1.1 Symbols and units / Symbole und Einheiten .....                                                                                                   | 41        |
| 3.1.2 The terms “emissions” and “emission factors” / Die Begriffe „Emissionen“ und „Emissionsfaktoren“ .....                                            | 43        |
| 3.1.3 The terms “animal number” and “animal place” / Die Begriffe „Tierzahl“ und „Tierplatz“ .....                                                      | 44        |
| 3.1.4 Periods of time: the term “animal round” and related entities / Zeiten: Der Begriff „Durchgang“ und damit zusammenhängende Größen.....            | 45        |
| 3.1.5 Start weight, final live weight and carcass weight / Anfangs-, Lebendend- und Schlachtgewicht .....                                               | 45        |
| 3.1.6 Animal weight gain and weight gain rate / Tiergewichtszuwachs und Zuwachsrate .....                                                               | 46        |
| 3.1.7 Calculation of mean animal weights / Berechnung mittlerer Tiergewichte .....                                                                      | 47        |
| 3.1.8 Metabolic weight / Metabolisches Gewicht.....                                                                                                     | 47        |
| 3.2 The inventory model GAS-EM / Das Inventar-Modell GAS-EM.....                                                                                        | 47        |
| 3.2.1 Relevant guidance documents / Die relevanten Handbücher.....                                                                                      | 48        |
| 3.2.2 Structure of the GAS-EM model / Struktur des GAS-EM-Modells .....                                                                                 | 48        |
| 3.2.3 Choice of methodologies / Methodenwahl .....                                                                                                      | 51        |
| 3.2.4 The GAS-EM EXCEL® calculation files / Die GAS-EM EXCEL®-Rechendateien .....                                                                       | 52        |
| 3.2.5 Resolution in time and space / Zeitliche und räumliche Auflösung .....                                                                            | 52        |
| 3.3 Basic methodologies / Grundlegende Methoden .....                                                                                                   | 53        |
| 3.3.1 Energy requirements and feed intake of animals / Tierischer Energiebedarf und Futteraufnahme .....                                                | 53        |
| 3.3.2 CH <sub>4</sub> emissions from enteric fermentation / CH <sub>4</sub> -Emissionen aus der Verdauung .....                                         | 55        |
| 3.3.3 Excretions / Ausscheidungen.....                                                                                                                  | 56        |
| 3.3.3.1 Excretions of VS / VS-Ausscheidungen.....                                                                                                       | 56        |
| 3.3.3.2 Excretions of N and TAN (or UAN) / Ausscheidungen von N und TAN (bzw. UAN) .....                                                                | 58        |
| 3.3.4 Emissions from manure management / Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.....                                                           | 61        |
| 3.3.4.1 CH <sub>4</sub> emissions / CH <sub>4</sub> -Emissionen.....                                                                                    | 61        |
| 3.3.4.2 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen.....                                                                                                         | 62        |
| 3.3.4.3 N emissions / N-Emissionen.....                                                                                                                 | 63        |
| 3.3.4.3.1 N mass flow concept / N-Massenfluss-Konzept.....                                                                                              | 63        |
| 3.3.4.3.2 Bedding in solid-manure systems / Einstreu in Festmistsystemen .....                                                                          | 65        |
| 3.3.4.3.3 Transformation processes in the storage / Transformationsprozesse im Lager .....                                                              | 66        |
| 3.3.4.3.4 The emission calculation procedure / Berechnung der Emissionen.....                                                                           | 66        |
| 3.3.4.4 Digestion of slurry and management of residues / Güllevergärung und Gärreste-Management .....                                                   | 73        |
| 3.3.4.4.1 CH <sub>4</sub> emissions / CH <sub>4</sub> -Emissionen.....                                                                                  | 74        |
| 3.3.4.4.2 Emissions of N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> / Emissionen von N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> .....                           | 77        |
| 3.3.4.4.3 NH <sub>3</sub> emissions / NH <sub>3</sub> -Emissionen .....                                                                                 | 78        |
| 3.3.4.5 Emissions of particulate matter from animal husbandry / Partikel-Emissionen aus der Tierhaltung.....                                            | 78        |
| 3.3.5 N <sub>2</sub> O-Emissions from agricultural soils / N <sub>2</sub> O-Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden .....                 | 80        |
| 3.3.6 Projections for 2020 / Projektionen für 2020.....                                                                                                 | 80        |
| 3.4 Input data / Eingangsdaten.....                                                                                                                     | 81        |
| 3.4.1 Referencing formats for Official German Statistics / Zitierweise für deutsche Officialstatistiken.....                                            | 82        |
| 3.4.2 Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                 | 82        |
| 3.4.2.1 Official surveys / Offizielle Erhebungen .....                                                                                                  | 82        |
| 3.4.2.2 Data used in the inventory / Im Inventar verwendete Daten.....                                                                                  | 83        |
| 3.4.3 Frequency distributions (housing, storage, spreading) and grazing data / Häufigkeitsverteilungen (Stall, Lager, Ausbringung) und Weidedaten ..... | 86        |
| 3.4.3.1 The years until 1999 (RAUMIS) / Die Jahre bis 1999 (RAUMIS) .....                                                                               | 86        |

|            |                                                                                                                                                          |            |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.4.3.2    | The years 2010 and 2011 (LZ2010 and manure management survey 2011) / Die Jahre 2010 und 2011 ( LZ 2010 und Wirtschaftsdünger-Erhebung 2011).....         | 87         |
| 3.4.3.2.1  | Housing systems, cattle / Haltungsverfahren, Rinder .....                                                                                                | 88         |
| 3.4.3.2.2  | Housing systems pigs / Haltungsverfahren, Schweine .....                                                                                                 | 89         |
| 3.4.3.2.3  | Grazing times, cattle / Weidezeiten, Rinder .....                                                                                                        | 90         |
| 3.4.3.2.4  | Grazing times, sheep / Weidezeiten, Schafe.....                                                                                                          | 90         |
| 3.4.3.2.5  | Slurry storage systems, cattle and pigs / Güllelagerverfahren, Rinder und Schweine .....                                                                 | 90         |
| 3.4.3.2.6  | Spreading systems for liquid manure, cattle and pigs / Flüssigmistausbringungsverfahren, Rinder und Schweine .....                                       | 91         |
| 3.4.3.3    | Gap closure for the years 2000 to 2009 / Datenlückenschließung für die Jahre 2000 bis 2009.....                                                          | 92         |
| 3.4.4      | Slurry digestion and residue management / Güllevergärung und Gärreste-Management.....                                                                    | 92         |
| 3.4.4.1    | Shares of digested slurry and frequencies of gas tight residue storage / Anteile vergorener Gülle und Häufigkeiten gasdichter Gärrestelager.....         | 92         |
| 3.4.4.2    | Data for CH <sub>4</sub> emission calculations / Daten für CH <sub>4</sub> -Emissionsberechnung .....                                                    | 94         |
| 3.4.4.3    | Data for the calculation of N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> / Daten für die Berechnung von N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> .....         | 96         |
| 3.4.4.4    | Data for the calculation of NH <sub>3</sub> / Daten für die Berechnung von NH <sub>3</sub> .....                                                         | 96         |
| 3.4.5      | Other activity data in animal husbandry / Andere Aktivitätsdaten in der Tierhaltung .....                                                                | 97         |
| 3.4.5.1    | N reduced feeding in BlmschG farms / N-reduzierte Fütterung bei Schweinen in BlmschG-Betrieben .....                                                     | 97         |
| 3.4.5.2    | Air scrubber systems in pig husbandry / Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung .....                                                             | 98         |
| 3.4.6      | Mean air temperatures / Lufttemperatur-Mittelwerte .....                                                                                                 | 98         |
| 3.4.6.1    | The role of air temperature / Zur Bedeutung der Lufttemperatur .....                                                                                     | 98         |
| 3.4.6.2    | Temperature data provided by the German Weather Service / Temperaturdaten des Deutschen Wetterdienstes .....                                             | 99         |
| 3.4.7      | Data gaps and uncertainties / Datenlücken und Unsicherheiten .....                                                                                       | 100        |
| <b>3.5</b> | <b>Quality management / Qualitätsmanagement.....</b>                                                                                                     | <b>101</b> |
| 3.5.1      | Qualitätsmanagement der Emissionsinventarerstellung am Thünen-Institut.....                                                                              | 101        |
| 3.5.1.1    | Qualitätskontrolle am Thünen-Institut.....                                                                                                               | 102        |
| 3.5.1.2    | Dokumentation und Archivierung.....                                                                                                                      | 103        |
| 3.5.1.3    | Qualitätssicherung durch die NaKo.....                                                                                                                   | 103        |
| 3.5.1.4    | Qualitätssicherung durch Externe.....                                                                                                                    | 103        |
| 3.5.2      | Changes of methods and data with respect to the previous submission / Änderungen von Methoden und Daten gegenüber der vorherigen Berichterstattung ..... | 104        |
| <b>4</b>   | <b>Cattle / Rinder .....</b>                                                                                                                             | <b>111</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien .....</b>                                                                           | <b>111</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Emission factors for all cattle / Emissionsfaktoren für alle Rinder .....</b>                                                                         | <b>113</b> |
| 4.2.1      | Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement .....                                                                        | 113        |
| 4.2.2      | NH <sub>3</sub> emission factors for housing and grazing / NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren für Stall und Weide .....                                  | 113        |
| 4.2.3      | N <sub>2</sub> O and NH <sub>3</sub> emission factors for storage / N <sub>2</sub> O- und NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren für die Lagerung... ..      | 114        |
| 4.2.4      | Emissions factors for spreading / Emissionsfaktoren für die Ausbringung .....                                                                            | 116        |
| <b>4.3</b> | <b>Dairy cows / Milchkühe.....</b>                                                                                                                       | <b>118</b> |
| 4.3.1      | Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten.....                                                                                      | 118        |
| 4.3.1.1    | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                        | 118        |
| 4.3.1.2    | Milk yield and composition / Milchleistung und Milchinhaltsstoffe.....                                                                                   | 118        |
| 4.3.1.3    | Animal weights / Tiergewichte.....                                                                                                                       | 120        |
| 4.3.1.4    | Animal weight gains / Tiergewichtszunahmen.....                                                                                                          | 121        |
| 4.3.1.5    | Pregnancy / Trächtigkeit.....                                                                                                                            | 121        |
| 4.3.1.6    | Duration of calving interval, lactation period, and dry period / Dauer von Zwischenkalbezeit, Laktationsperiode und Trockenstehzeit.....                 | 121        |
| 4.3.2      | Energy requirements / Energiebedarf .....                                                                                                                | 122        |
| 4.3.2.1    | The NEL system / Das NEL System .....                                                                                                                    | 122        |
| 4.3.2.2    | Overall annual NEL requirements / JährlicherGesamt-NEL-Bedarf .....                                                                                      | 123        |
| 4.3.2.3    | NEL requirement for maintenance / NEL-Bedarf für Erhaltung .....                                                                                         | 123        |
| 4.3.2.4    | NEL requirement to obtain feed / NEL-Bedarf für die Nahrungsaufnahme .....                                                                               | 123        |
| 4.3.2.5    | NEL requirements for lactation / NEL-Bedarf für Laktation.....                                                                                           | 124        |
| 4.3.2.6    | NEL requirements for draft power / NEL-Bedarf für Zugleistungen .....                                                                                    | 124        |
| 4.3.2.7    | NEL requirements for pregnancy / NEL-Bedarf für die Trächtigkeit.....                                                                                    | 124        |
| 4.3.2.8    | NEL requirements for growth / NEL-Bedarf für Wachstum .....                                                                                              | 125        |
| 4.3.2.9    | Energy partitioning between lactation period and dry period / Energieaufteilung zwischen Laktationsperiode und Trockenstehzeit.....                      | 125        |
| 4.3.3      | Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....                                                                                               | 127        |
| 4.3.3.1    | Linking feed intake with energy requirements / Die Kombination von Futter-Aufnahme und Energiebedarf .....                                               | 127        |
| 4.3.3.2    | Total dry matter intake / Gesamttrockenmasse-Aufnahme.....                                                                                               | 127        |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                   |            |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3.3.3    | Dry matter intake during lactation / Trockenmasse-Aufnahme während der Laktation .....                                                                                                                                                            | 129        |
| 4.3.3.4    | Dry matter intake during the dry period / Trockenmasse-Aufnahme während der Trockenstehzeit ..                                                                                                                                                    | 131        |
| 4.3.3.5    | Partitioning of roughage intake between house and pasture / Aufteilung der Raufutteraufnahme zwischen Stall und Weide.....                                                                                                                        | 132        |
| 4.3.3.6    | Assessment of gross energy intake / Bestimmung der Gesamtenergie-Aufnahme .....                                                                                                                                                                   | 132        |
| 4.3.4      | Feed composition / Futterzusammensetzung .....                                                                                                                                                                                                    | 133        |
| 4.3.4.1    | Modelling concept.....                                                                                                                                                                                                                            | 133        |
| 4.3.4.2    | Feed properties / Futtereigenschaften .....                                                                                                                                                                                                       | 133        |
| 4.3.4.3    | Composition of the mixed diet / Zusammensetzung der gemischten Ration .....                                                                                                                                                                       | 135        |
| 4.3.4.4    | Composition of the grass based diet / Zusammensetzung der Ration auf Grassilage-Basis .....                                                                                                                                                       | 136        |
| 4.3.4.5    | Impact of grazing on mean roughage properties / Einfluss von Weidegang auf mittlere Raufutter-Eigenschaften .....                                                                                                                                 | 137        |
| 4.3.4.6    | Calculation of digestibility and metabolizability / Berechnung von Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit.....                                                                                                                                          | 137        |
| 4.3.5      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                                                                                                                | 139        |
| 4.3.6      | Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                                                                                                    | 140        |
| 4.3.7      | N intake with feed and N excretion / N-Aufnahme mit dem Futter und N-Ausscheidung .....                                                                                                                                                           | 141        |
| 4.3.7.1    | N intake / N-Aufnahme .....                                                                                                                                                                                                                       | 141        |
| 4.3.7.2    | Overall nitrogen excretion / Gesamtausscheidung von Stickstoff .....                                                                                                                                                                              | 141        |
| 4.3.7.3    | Renal and faecal nitrogen excretion and TAN content of excreta / Stickstoff-Ausscheidung mit Harn und Kot und TAN-Gehalte der Ausscheidungen .....                                                                                                | 142        |
| 4.3.7.4    | N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....                                                                                                                                                                                                  | 143        |
| 4.3.7.5    | Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide .....                                                                                                                                                           | 144        |
| 4.3.7.5.1  | N excreted in the house, the dairy parlour and during grazing / N-Ausscheidungen im Stall, im Melkstall und auf der Weide .....                                                                                                                   | 144        |
| 4.3.7.5.2  | Housing types and duration of grazing / Stalltypen und Dauer des Weidegangs .....                                                                                                                                                                 | 144        |
| 4.3.7.5.3  | Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“ .....                                                                                                                                              | 145        |
| 4.3.7.6    | Emissions during storage / Emissionen aus dem Lager .....                                                                                                                                                                                         | 145        |
| 4.3.7.7    | Emissions during spreading / Emissionen bei der Ausbringung.....                                                                                                                                                                                  | 145        |
| 4.3.7.8    | Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....                                                                                                                                                                        | 146        |
| 4.3.8      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                                                                                                                      | 146        |
| 4.3.9      | Intercomparison of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables with those in neighbouring countries / Vergleich aggregierter Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärender Variablen mit denen benachbarter Staaten ..... | 147        |
| 4.3.9.1    | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                                                                                                                | 147        |
| 4.3.9.2    | Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                                                                                                    | 148        |
| 4.3.9.3    | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                                                           | 149        |
| 4.3.9.4    | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                                                                                                                      | 150        |
| 4.3.10     | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....                                                                                                                      | 150        |
| <b>4.4</b> | <b>Calves / Kälber.....</b>                                                                                                                                                                                                                       | <b>151</b> |
| 4.4.1      | Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten.....                                                                                                                                                                               | 151        |
| 4.4.1.1    | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                                                                                                                 | 151        |
| 4.4.1.2    | Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen.....                                                                                                                                                                          | 152        |
| 4.4.2      | Energy requirements / Energiebedarf .....                                                                                                                                                                                                         | 152        |
| 4.4.3      | Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....                                                                                                                                                                                        | 152        |
| 4.4.4      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                                                                                                                | 153        |
| 4.4.5      | Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....                                                                                                                                                                  | 153        |
| 4.4.6      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                                                           | 153        |
| 4.4.6.1    | N excretion / N-Ausscheidung .....                                                                                                                                                                                                                | 154        |
| 4.4.6.2    | N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....                                                                                                                                                                                                  | 154        |
| 4.4.6.3    | Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide .....                                                                                                                                                           | 154        |
| 4.4.6.4    | Partial emission factors “storage” and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....                                                                                                                                  | 154        |
| 4.4.6.5    | Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....                                                                                                                                                                        | 154        |
| 4.4.7      | Emission of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                                                                                                                       | 155        |
| 4.4.8      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....                                                                                                                      | 155        |
| <b>4.5</b> | <b>Heifers / Färsen.....</b>                                                                                                                                                                                                                      | <b>156</b> |
| 4.5.1      | Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten .....                                                                                                                                                                              | 156        |
| 4.5.1.1    | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                                                                                                                 | 156        |
| 4.5.1.2    | Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen.....                                                                                                                                                                          | 157        |
| 4.5.1.2.1  | Animal weights / Tiergewichte.....                                                                                                                                                                                                                | 157        |
| 4.5.1.2.2  | Life span and mean weight gain / Dauer des Lebensabschnitts und mittlere Gewichtszunahme .....                                                                                                                                                    | 158        |

|            |                                                                                                                              |            |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.5.2      | Energy requirements / Energiebedarf .....                                                                                    | 159        |
| 4.5.3      | Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....                                                                   | 160        |
| 4.5.4      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                           | 163        |
| 4.5.5      | Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....                                             | 163        |
| 4.5.6      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                      | 164        |
| 4.5.6.1    | N excretion / N-Ausscheidung .....                                                                                           | 164        |
| 4.5.6.2    | N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....                                                                             | 164        |
| 4.5.6.3    | Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“ .....                         | 165        |
| 4.5.6.4    | Partial emission factors “storage” and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....             | 165        |
| 4.5.6.5    | Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....                                                   | 165        |
| 4.5.7      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                 | 165        |
| 4.5.8      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen ..... | 166        |
| <b>4.6</b> | <b>Male beef cattle / Männliche Mastrinder .....</b>                                                                         | <b>167</b> |
| 4.6.1      | Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten.....                                                          | 167        |
| 4.6.1.1    | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                            | 167        |
| 4.6.1.2    | Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen.....                                                     | 168        |
| 4.6.2      | Energy requirements / Energiebedarf .....                                                                                    | 171        |
| 4.6.3      | Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....                                                                   | 172        |
| 4.6.4      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                           | 173        |
| 4.6.5      | Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....                                             | 173        |
| 4.6.6      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                      | 174        |
| 4.6.6.1    | N excretion / N-Ausscheidung .....                                                                                           | 174        |
| 4.6.6.2    | Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“ .....                         | 174        |
| 4.6.6.3    | N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....                                                                             | 174        |
| 4.6.6.4    | Partial emission factors “storage” and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....             | 175        |
| 4.6.6.5    | Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....                                                   | 175        |
| 4.6.7      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                 | 175        |
| 4.6.8      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen ..... | 176        |
| <b>4.7</b> | <b>Suckler cows / Mutterkühe .....</b>                                                                                       | <b>177</b> |
| 4.7.1      | Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten.....                                                          | 177        |
| 4.7.1.1    | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                            | 177        |
| 4.7.1.2    | Animal weight / Tiergewicht .....                                                                                            | 178        |
| 4.7.2      | Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme .....                                                 | 178        |
| 4.7.3      | Methane from enteric fermentation /Methan aus der Verdauung .....                                                            | 178        |
| 4.7.4      | Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....                                             | 179        |
| 4.7.5      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                      | 179        |
| 4.7.5.1    | N excretion / N-Ausscheidung .....                                                                                           | 179        |
| 4.7.5.2    | N input with straw / N-Einträge mit Stroh.....                                                                               | 179        |
| 4.7.5.3    | Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“ .....                         | 180        |
| 4.7.5.4    | Partial emission factors “storage” and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“und „Ausbringung“ .....              | 180        |
| 4.7.5.5    | Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....                                                   | 180        |
| 4.7.6      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                 | 180        |
| 4.7.7      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen ..... | 181        |
| <b>4.8</b> | <b>Mature males &gt; 2 years / Männliche Rinder &gt; 2 Jahre .....</b>                                                       | <b>182</b> |
| 4.8.1      | Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten.....                                                          | 182        |
| 4.8.1.1    | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                            | 182        |
| 4.8.1.2    | Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen.....                                                     | 182        |
| 4.8.2      | Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme .....                                                 | 183        |
| 4.8.3      | Methane from enteric fermentation /Methan aus der Verdauung .....                                                            | 183        |
| 4.8.4      | Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....                                             | 183        |
| 4.8.5      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                      | 184        |
| 4.8.5.1    | N excretion and N input with straw / N-Ausscheidung und –Eintrag mit Stroh.....                                              | 184        |
| 4.8.5.2    | Partial emission factors “housing” and “grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ und „Weide“ .....                     | 184        |
| 4.8.5.3    | Partial emission factors for “storage” and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren für „Lager“ und „Ausbringung“ .....     | 185        |
| 4.8.5.4    | Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....                                                   | 185        |
| 4.8.6      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                 | 185        |



|            |                                                                                                                                                                                                                                                 |            |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.8.7      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD<br>zusammengestellten Informationen .....                                                                                                                 | 186        |
| <b>4.9</b> | <b>Aggregated data for cattle except dairy cows (other cattle) / Zusammenfassung: Rinder ohne<br/>Milchkühe (übrige Rinder) .....</b>                                                                                                           | <b>187</b> |
| 4.9.1      | Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten.....                                                                                                                                                                             | 187        |
| 4.9.1.1    | Cumulative animal numbers / Tierzahl-Summen .....                                                                                                                                                                                               | 187        |
| 4.9.1.2    | Calculation of mean animal weights / Berechnung mittlerer Tiergewichte .....                                                                                                                                                                    | 188        |
| 4.9.1.3    | Calculation of mean pregnancy rates / Berechnung mittlerer Trächtigkeitsraten .....                                                                                                                                                             | 188        |
| 4.9.1.4    | Calculation of mean digestibilities / Berechnung mittlerer Verdaulichkeiten .....                                                                                                                                                               | 189        |
| 4.9.2      | Methan emissions from enteric fermentation / Methanemissionen aus der Verdauung.....                                                                                                                                                            | 189        |
| 4.9.3      | Methane emissions from manure management systems / Methanemissionen aus Wirtschaftsdünger-<br>Management .....                                                                                                                                  | 189        |
| 4.9.3.1    | Mean implied emission factors for methane from manure management / Mittlere aggregierte<br>Emissionsfaktoren für Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                  | 189        |
| 4.9.3.2    | Mean VS excretion rates / Mittlere VS-Ausscheidungen .....                                                                                                                                                                                      | 189        |
| 4.9.3.3    | Mean methane conversion factors / Mittlere Methan-Umwandlungsfaktoren.....                                                                                                                                                                      | 190        |
| 4.9.3.4    | Mean N excretion rates / Mittlere N-Ausscheidungen.....                                                                                                                                                                                         | 190        |
| 4.9.3.5    | Calculation of mean TAN contents / Berechnung mittlerer TAN-Gehalte.....                                                                                                                                                                        | 190        |
| 4.9.3.6    | Mean implied emission factors for ammonia from manure management / Mittlere aggregierte<br>Emissionsfaktoren für Ammoniak aus Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                | 190        |
| 4.9.3.7    | Mean implied emission factors for particulate matter from manure management / Mittlere<br>aggregierte Emissionsfaktoren für Stäube aus Wirtschaftsdünger-Management.....                                                                        | 190        |
| 4.9.4      | Intercomparison of implied emission factors and emission explaining variables with those in<br>neighbouring countries / Vergleich von aggregierten Emissionsfaktoren und emissionserklärenden<br>Variablen mit denen benachbarter Staaten ..... | 191        |
| 4.9.4.1    | Mean implied emission factors for methane from enteric fermentation and mean performance data /<br>Mittlere aggregierte Emissionsfaktoren für Methan aus der Verdauung und mittlere Leistungsdaten.....                                         | 191        |
| 4.9.4.2    | Mean implied emission factors for methane from manure management and emission explaining<br>variables / Mittlere aggregierte Emissionsfaktoren für Methan aus dem Wirtschaftsdünger-<br>Management und emissionserklärende Variablen .....      | 192        |
| 4.9.4.3    | Mean implied emission factors for ammonia and emission explaining variables / Mittlere<br>aggregierte Emissionsfaktoren für Ammoniak und emissionserklärende Variablen .....                                                                    | 193        |
| 4.9.4.4    | Mean implied emission factors for particulate matter / Mittlere aggregierte Emissionsfaktoren für<br>Staub.....                                                                                                                                 | 194        |
| 4.9.5      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD<br>zusammengestellten Informationen .....                                                                                                                 | 194        |
| <b>5</b>   | <b>Pigs / Schweine .....</b>                                                                                                                                                                                                                    | <b>195</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien .....</b>                                                                                                                                                                  | <b>195</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Emission factors for all pigs / Emissionsfaktoren für alle Schweine .....</b>                                                                                                                                                                | <b>195</b> |
| 5.2.1      | Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                                                                                              | 195        |
| 5.2.2      | NH <sub>3</sub> emission factors for housing / NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren für Ställe .....                                                                                                                                              | 196        |
| 5.2.3      | NH <sub>3</sub> and N <sub>2</sub> O emission factors for storage / NH <sub>3</sub> - und N <sub>2</sub> O -Emissionsfaktoren für die Lagerung....                                                                                              | 196        |
| 5.2.4      | Emission factors for spreading / Emissionsfaktoren für die Ausbringung.....                                                                                                                                                                     | 198        |
| <b>5.3</b> | <b>Sows and suckling-pigs / Sauen und Saugferkel .....</b>                                                                                                                                                                                      | <b>200</b> |
| 5.3.1      | Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten.....                                                                                                                                                                              | 200        |
| 5.3.1.1    | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                                                                                                               | 200        |
| 5.3.1.2    | Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen.....                                                                                                                                                                        | 200        |
| 5.3.1.3    | Number of production cycles / Anzahl der Produktionszyklen pro Jahr .....                                                                                                                                                                       | 201        |
| 5.3.2      | Energy requirements / Energiebedarf .....                                                                                                                                                                                                       | 201        |
| 5.3.3      | Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....                                                                                                                                                                                      | 203        |
| 5.3.4      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                                                                                                              | 205        |
| 5.3.5      | Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement .....                                                                                                                                                               | 205        |
| 5.3.6      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                                                         | 205        |
| 5.3.6.1    | N excretion / N-Ausscheidung .....                                                                                                                                                                                                              | 206        |
| 5.3.6.2    | Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh .....                                                                                                                                                                                | 207        |
| 5.3.6.3    | Partial emission factors “housing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ .....                                                                                                                                                                  | 207        |
| 5.3.6.4    | Partial emission factors “storage” for NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> and “spreading” / Partielle<br>Emissionsfaktoren „Lager“ für NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> und „Ausbringung“ ..... | 207        |
| 5.3.7      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                                                                                                                    | 208        |
| 5.3.8      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD<br>zusammengestellten Informationen .....                                                                                                                 | 208        |
| <b>5.4</b> | <b>Weaners / Aufzuchtferkel .....</b>                                                                                                                                                                                                           | <b>209</b> |
| 5.4.1      | Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten.....                                                                                                                                                                              | 209        |
| 5.4.1.1    | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                                                                                                               | 209        |

|            |                                                                                                                                                                                                   |            |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.4.1.2    | Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen.....                                                                                                                          | 210        |
| 5.4.1.3    | Number of production cycles per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr .....                                                                                                                   | 212        |
| 5.4.2      | Energy requirements / Energiebedarf .....                                                                                                                                                         | 212        |
| 5.4.3      | Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....                                                                                                                                        | 213        |
| 5.4.4      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                                                                | 213        |
| 5.4.5      | Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....                                                                                                                  | 214        |
| 5.4.6      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                           | 214        |
| 5.4.6.1    | N excretion / N-Ausscheidung .....                                                                                                                                                                | 214        |
| 5.4.6.2    | N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....                                                                                                                                                  | 215        |
| 5.4.6.3    | Frequency distribution of housing systems / Häufigkeitsverteilung der Stalltypen .....                                                                                                            | 215        |
| 5.4.6.4    | Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ .....                                                                                                                    | 215        |
| 5.4.6.5    | Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....                                                                                  | 215        |
| 5.4.7      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                                                                      | 216        |
| 5.4.8      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....                                                                      | 216        |
| <b>5.5</b> | <b>Fattening pigs / Mastschweine.....</b>                                                                                                                                                         | <b>217</b> |
| 5.5.1      | Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten.....                                                                                                                                | 217        |
| 5.5.1.1    | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                                                                 | 217        |
| 5.5.1.2    | Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen.....                                                                                                                          | 217        |
| 5.5.1.3    | Number of rounds per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr .....                                                                                                                              | 219        |
| 5.5.2      | Energy requirements / Energiebedarf .....                                                                                                                                                         | 219        |
| 5.5.3      | Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....                                                                                                                                        | 223        |
| 5.5.4      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                                                                | 224        |
| 5.5.5      | Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....                                                                                                                  | 224        |
| 5.5.6      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                           | 225        |
| 5.5.6.1    | N excretion / N-Ausscheidung .....                                                                                                                                                                | 225        |
| 5.5.6.2    | Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh .....                                                                                                                                  | 226        |
| 5.5.6.3    | Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ .....                                                                                                                    | 226        |
| 5.5.6.4    | Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....                                                                                  | 226        |
| 5.5.7      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                                                                      | 227        |
| 5.5.8      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....                                                                      | 227        |
| <b>5.6</b> | <b>Breeding boars / Zuchteber .....</b>                                                                                                                                                           | <b>228</b> |
| 5.6.1      | Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten.....                                                                                                                                | 228        |
| 5.6.1.1    | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                                                                 | 228        |
| 5.6.1.2    | Animal weight / Tiergewicht.....                                                                                                                                                                  | 228        |
| 5.6.2      | Energy requirements / Energiebedarf .....                                                                                                                                                         | 228        |
| 5.6.3      | Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....                                                                                                                                        | 229        |
| 5.6.4      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                                                                | 229        |
| 5.6.5      | Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....                                                                                                                  | 229        |
| 5.6.6      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                           | 230        |
| 5.6.6.1    | N excretion / N-Ausscheidung .....                                                                                                                                                                | 230        |
| 5.6.6.2    | N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....                                                                                                                                                  | 230        |
| 5.6.6.3    | Housing and storage types / Stall- und Lager-Typen.....                                                                                                                                           | 230        |
| 5.6.6.4    | Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ .....                                                                                                                    | 230        |
| 5.6.6.5    | Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....                                                                                  | 231        |
| 5.6.7      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                                                                      | 231        |
| 5.6.8      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....                                                                      | 231        |
| <b>5.7</b> | <b>Pigs – collective description / Schweine – zusammenfassende Daten .....</b>                                                                                                                    | <b>231</b> |
| 5.7.1      | Animal numbers /Tierzahlen .....                                                                                                                                                                  | 232        |
| 5.7.2      | Aggregation of emission explaining data / Aggregierung emissionserklärender Daten .....                                                                                                           | 233        |
| 5.7.2.1    | General approach / Allgemeiner Ansatz.....                                                                                                                                                        | 233        |
| 5.7.2.2    | Animal weight / Tiergewicht.....                                                                                                                                                                  | 233        |
| 5.7.2.3    | Pregnancy / Trächtigkeit.....                                                                                                                                                                     | 234        |
| 5.7.3      | Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich aggregierter Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten..... | 234        |
| 5.7.3.1    | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....                                                                      | 236        |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>6</b>   | <b>Small ruminants / Kleine Wiederkäuer .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>237</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Small ruminants, formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien bei kleinen Wiederkäuern.....</b>                                                                                                                                                                                      | <b>237</b> |
| <b>6.2</b> | <b>Sheep – all subcategories / Schafe insgesamt.....</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>237</b> |
| 6.2.1      | Animal numbers and correction procedure / Tierzahlen und Korrekturverfahren .....                                                                                                                                                                                                                            | 237        |
| 6.2.2      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                                                                                                                                                                           | 237        |
| 6.2.3      | Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                                                                                                                                                               | 238        |
| 6.2.4      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                                                                                                                      | 238        |
| 6.2.5      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                                                                                                                                                                                 | 239        |
| <b>6.3</b> | <b>Lambs / Lämmer .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>239</b> |
| 6.3.1      | Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails.....                                                                                                                                                                                                                               | 240        |
| 6.3.1.1    | Animal numbers and animal weight/ Tierzahlen und Tiergewicht .....                                                                                                                                                                                                                                           | 240        |
| 6.3.1.2    | Production details and animal performance / Tierhaltung und Leistungsdaten .....                                                                                                                                                                                                                             | 240        |
| 6.3.2      | Methane emissions / Methanemissionen .....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 240        |
| 6.3.3      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                                                                                                                      | 240        |
| 6.3.4      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....                                                                                                                                                                                 | 241        |
| <b>6.4</b> | <b>Adult sheep / Erwachsene Schafe.....</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>242</b> |
| 6.4.1      | Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails.....                                                                                                                                                                                                                               | 242        |
| 6.4.1.1    | Animal numbers and animal weight / Tierzahlen und Tiergewicht .....                                                                                                                                                                                                                                          | 242        |
| 6.4.1.2    | Production details and animal performance / Tierhaltung und Leistungsdaten .....                                                                                                                                                                                                                             | 242        |
| 6.4.2      | Methane emissions / Methanemissionen .....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 242        |
| 6.4.3      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                                                                                                                      | 242        |
| 6.4.4      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....                                                                                                                                                                                 | 243        |
| <b>6.5</b> | <b>Sheep – collective description / Schafe - zusammenfassende Daten .....</b>                                                                                                                                                                                                                                | <b>243</b> |
| 6.5.1      | Mean animal weight / Mittleres Tiergewicht.....                                                                                                                                                                                                                                                              | 243        |
| 6.5.2      | Mean N excretion rate / Mittlere N-Ausscheidungen .....                                                                                                                                                                                                                                                      | 243        |
| 6.5.3      | Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) mit denen benachbarter Staaten.....                                                                                                  | 244        |
| 6.5.4      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....                                                                                                                                                                                 | 245        |
| <b>6.6</b> | <b>Goats / Ziegen .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>245</b> |
| 6.6.1      | Animal number and animal performance / Tierzahlen und Leistungsdaten .....                                                                                                                                                                                                                                   | 245        |
| 6.6.1.1    | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                                                                                                                                                                            | 245        |
| 6.6.1.2    | Animal weights/ Tiergewicht .....                                                                                                                                                                                                                                                                            | 246        |
| 6.6.1.3    | Management details / Haltungsdetails .....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 246        |
| 6.6.2      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                                                                                                                                                                           | 246        |
| 6.6.3      | Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                                                                                                                                                           | 246        |
| 6.6.4      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                                                                                                                      | 247        |
| 6.6.5      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                                                                                                                                                                                 | 247        |
| 6.6.6      | Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) mit denen benachbarter Staaten .....                                                                                                 | 248        |
| 6.6.7      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....                                                                                                                                                                                 | 249        |
| <b>7</b>   | <b>Horses, mules and asses / Pferde, Maultiere und Esel.....</b>                                                                                                                                                                                                                                             | <b>250</b> |
| <b>7.1</b> | <b>Horses, formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien bei Pferden .....</b>                                                                                                                                                                                                           | <b>250</b> |
| 7.1.1      | Animal numbers and husbandry details / Tierzahlen und Haltungsdetails .....                                                                                                                                                                                                                                  | 250        |
| 7.1.1.1    | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                                                                                                                                                                            | 250        |
| 7.1.1.2    | Management details / Haltungsdetails .....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 250        |
| 7.1.2      | Methane from manure management – characteristic values / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management - charakteristische Größen .....                                                                                                                                                                        | 251        |
| 7.1.3      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                                                                                                                      | 251        |
| 7.1.4      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                                                                                                                                                                                 | 252        |
| 7.1.5      | Uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO, and N <sub>2</sub> from manure management / Unsicherheiten der aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) für NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management ..... | 252        |
| <b>7.2</b> | <b>Heavy horses / Großpferde .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>252</b> |
| 7.2.1      | Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme .....                                                                                                                                                                                                                                      | 253        |
| 7.2.2      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                                                                                                                                                                           | 253        |
| 7.2.3      | Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                                                                                                                                                               | 253        |

|            |                                                                                                                                                                                                                   |            |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.2.4      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                           | 254        |
| 7.2.5      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                                                                                      | 254        |
| 7.2.6      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD<br>zusammengestellten Informationen .....                                                                                   | 254        |
| <b>7.3</b> | <b>Light horses and ponies / Kleinpferde und Ponys.....</b>                                                                                                                                                       | <b>254</b> |
| 7.3.1      | Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme .....                                                                                                                                           | 255        |
| 7.3.2      | Methane from enteric fermentation / Methane aus der Verdauung .....                                                                                                                                               | 255        |
| 7.3.3      | Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                                                                    | 255        |
| 7.3.4      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                           | 256        |
| 7.3.5      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                                                                                      | 256        |
| 7.3.6      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD<br>zusammengestellten Informationen .....                                                                                   | 256        |
| <b>7.4</b> | <b>Horses – collective description / Pferde - zusammenfassende Daten.....</b>                                                                                                                                     | <b>257</b> |
| 7.4.1.1    | Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme .....                                                                                                                                           | 257        |
| 7.4.1.2    | Mean VS and N excretion rates / Mittlere VS- und N-Ausscheidungen .....                                                                                                                                           | 257        |
| 7.4.1.3    | Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of<br>neighbouring countries / Vergleich von aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) mit denen<br>benachbarter Staaten..... | 257        |
| 7.4.2      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD<br>zusammengestellten Informationen .....                                                                                   | 258        |
| <b>7.5</b> | <b>Mules and asses / Maultiere und Esel .....</b>                                                                                                                                                                 | <b>259</b> |
| 7.5.1      | Activity and performance data, energy requirements /Aktivitäts- und Leistungsdaten, Energiebedarf.....                                                                                                            | 259        |
| 7.5.1.1    | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                                                                                 | 259        |
| 7.5.1.2    | Animal performance and energy intake / Leistungsdaten und Energieaufnahme .....                                                                                                                                   | 260        |
| 7.5.2      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                                                                                | 260        |
| 7.5.3      | Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                                                                    | 260        |
| 7.5.4      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                           | 261        |
| 7.5.5      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                                                                                      | 261        |
| 7.5.6      | Compilation of emission results, activity data, and implied emission factors / Zusammenstellung<br>von Emissionsergebnissen, Aktivität und effektiven Emissionsfaktoren, .....                                    | 261        |
| 7.5.7      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD<br>zusammengestellten Informationen .....                                                                                   | 262        |
| <b>8</b>   | <b>Buffalo / Büffel.....</b>                                                                                                                                                                                      | <b>263</b> |
| <b>8.1</b> | <b>Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten .....</b>                                                                                                                                        | <b>263</b> |
| 8.1.1      | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                                                                                 | 263        |
| 8.1.2      | Animal performance / Leistungsdaten .....                                                                                                                                                                         | 263        |
| 8.1.3      | Management details / Haltungsdetails .....                                                                                                                                                                        | 264        |
| <b>8.2</b> | <b>Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....</b>                                                                                                                                         | <b>264</b> |
| <b>8.3</b> | <b>Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....</b>                                                                                                                             | <b>264</b> |
| <b>8.4</b> | <b>Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....</b>                                                                                                                                    | <b>265</b> |
| 8.4.1      | N excretion and N input with bedding / N-Ausscheidung und N aus der Einstreu .....                                                                                                                                | 265        |
| 8.4.2      | Emissions factors / Emissionsfaktoren .....                                                                                                                                                                       | 265        |
| <b>8.5</b> | <b>Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....</b>                                                                                                                                               | <b>266</b> |
| <b>8.6</b> | <b>Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD<br/>zusammengestellten Informationen .....</b>                                                                           | <b>266</b> |
| <b>9</b>   | <b>Poultry / Geflügel.....</b>                                                                                                                                                                                    | <b>267</b> |
| <b>9.1</b> | <b>Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien .....</b>                                                                                                                                    | <b>267</b> |
| <b>9.2</b> | <b>Emission factors used for all poultry subcategories / Für alle Geflügel-Unterkategorien gültige<br/>Emissionsfaktoren .....</b>                                                                                | <b>267</b> |
| <b>9.3</b> | <b>Laying hens / Legehennen.....</b>                                                                                                                                                                              | <b>269</b> |
| 9.3.1      | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                                                                                 | 269        |
| 9.3.2      | Data on laying hen husbandry and egg production / Haltungs- und Legeleistungsdaten.....                                                                                                                           | 270        |
| 9.3.3      | Energy requirements / Energiebedarf .....                                                                                                                                                                         | 271        |
| 9.3.3.1    | Metabolisable energy / Umsetzbare Energie .....                                                                                                                                                                   | 271        |
| 9.3.3.2    | Metabolisable energy required for maintenance / Erhaltungsenergie .....                                                                                                                                           | 272        |
| 9.3.3.3    | Metabolisable energy needed to obtain food / Energiebedarf für Nahrungsaufnahme .....                                                                                                                             | 273        |
| 9.3.3.4    | Metabolisable energy needed for egg production / Energiebedarf für Eiproduktion .....                                                                                                                             | 273        |
| 9.3.3.5    | Metabolisable energy for growth / Energiebedarf für Wachstum.....                                                                                                                                                 | 273        |
| 9.3.4      | Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....                                                                                                                                                        | 274        |
| 9.3.5      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                                                                                | 274        |
| 9.3.6      | Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                                                                    | 275        |
| 9.3.7      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                           | 275        |
| 9.3.7.1    | N excretion / N-Ausscheidung .....                                                                                                                                                                                | 275        |

|            |                                                                                                                                                      |            |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 9.3.7.1.1  | N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter .....                                                                                                | 275        |
| 9.3.7.1.2  | N excretion with eggs / N-Ausscheidung mit Eiern .....                                                                                               | 276        |
| 9.3.7.1.3  | N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper .....                                                                                          | 276        |
| 9.3.7.2    | N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....                                                                                                     | 277        |
| 9.3.7.3    | Partial NH <sub>3</sub> emission factors / Partielle NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren.....                                                         | 277        |
| 9.3.7.4    | Partial emission factors for N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> / Partielle Emissionsfaktoren für N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> ..... | 278        |
| 9.3.7.5    | Uncertainties of emission factors / Unsicherheiten der Emissionsfaktoren .....                                                                       | 279        |
| 9.3.8      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                         | 279        |
| 9.3.9      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD<br>zusammengestellten Informationen .....                      | 279        |
| <b>9.4</b> | <b>Broilers / Masthähnchen und –hühnchen.....</b>                                                                                                    | <b>280</b> |
| 9.4.1      | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                    | 280        |
| 9.4.2      | Husbandry systems and animal performance / Haltungsverfahren und tierische Leistung.....                                                             | 280        |
| 9.4.2.1    | Husbandry systems / Haltungsverfahren .....                                                                                                          | 280        |
| 9.4.2.2    | Animal weights / Tiergewichte.....                                                                                                                   | 281        |
| 9.4.2.3    | National total of gross broiler meat production / Brutto-Hähnchenfleischproduktion.....                                                              | 282        |
| 9.4.2.4    | Duration of fattening period / Mastdauer .....                                                                                                       | 283        |
| 9.4.2.5    | Duration of the service period / Reinigungsdauer .....                                                                                               | 284        |
| 9.4.2.6    | Number of production cycles per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr .....                                                                      | 285        |
| 9.4.3      | Energy requirements / Energiebedarf .....                                                                                                            | 285        |
| 9.4.3.1    | Metabolisable energy / Umsetzbare Energie .....                                                                                                      | 285        |
| 9.4.3.2    | Metabolisable energy required for maintenance / Erhaltungsenergie .....                                                                              | 286        |
| 9.4.3.3    | Metabolisable energy required for growth / Energiebedarf für Wachstum.....                                                                           | 287        |
| 9.4.4      | Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....                                                                                           | 287        |
| 9.4.5      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                   | 289        |
| 9.4.6      | Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                       | 289        |
| 9.4.7      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                              | 290        |
| 9.4.7.1    | N excretion / N-Ausscheidung .....                                                                                                                   | 290        |
| 9.4.7.2    | N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter.....                                                                                                 | 290        |
| 9.4.7.3    | N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper .....                                                                                          | 291        |
| 9.4.7.4    | N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....                                                                                                     | 291        |
| 9.4.7.5    | Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren.....                                                                                          | 292        |
| 9.4.7.6    | Uncertainties of emission factors / Unsicherheiten der Emissionsfaktoren.....                                                                        | 292        |
| 9.4.8      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                         | 293        |
| 9.4.9      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD<br>zusammengestellten Informationen .....                      | 293        |
| <b>9.5</b> | <b>Pullets / Junghennen.....</b>                                                                                                                     | <b>294</b> |
| 9.5.1      | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                    | 294        |
| 9.5.2      | Animal weights and husbandry details / Tiergewichte und Haltungsdetails.....                                                                         | 295        |
| 9.5.3      | Energy requirements /Energiebedarf .....                                                                                                             | 295        |
| 9.5.4      | Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....                                                                                           | 295        |
| 9.5.5      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                   | 297        |
| 9.5.6      | Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                       | 297        |
| 9.5.7      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                              | 298        |
| 9.5.7.1    | N excretion rates / N-Ausscheidungen .....                                                                                                           | 298        |
| 9.5.7.1.1  | N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter.....                                                                                                 | 298        |
| 9.5.7.1.2  | N retention / N-Retention .....                                                                                                                      | 298        |
| 9.5.7.2    | N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....                                                                                                     | 298        |
| 9.5.7.3    | Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren.....                                                                                          | 299        |
| 9.5.7.4    | Uncertainties of emission factors / Unsicherheiten der Emissionsfaktoren.....                                                                        | 299        |
| 9.5.8      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                         | 299        |
| 9.5.9      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD<br>zusammengestellten Informationen .....                      | 300        |
| <b>9.6</b> | <b>Geese / Gänse .....</b>                                                                                                                           | <b>301</b> |
| 9.6.1      | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                    | 301        |
| 9.6.2      | Animal weights / Tiergewichte.....                                                                                                                   | 301        |
| 9.6.3      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                   | 301        |
| 9.6.4      | Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                       | 301        |
| 9.6.5      | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                              | 302        |
| 9.6.6      | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                         | 302        |
| 9.6.7      | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD<br>zusammengestellten Informationen .....                      | 303        |
| <b>9.7</b> | <b>Ducks / Enten .....</b>                                                                                                                           | <b>304</b> |
| 9.7.1      | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                    | 304        |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                 |            |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 9.7.2       | Animal weights and duration of fattening period / Tiergewichte und Mastdauer.....                                                                                                                                                               | 304        |
| 9.7.3       | Energy requirements /Energiebedarf .....                                                                                                                                                                                                        | 304        |
| 9.7.4       | Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....                                                                                                                                                                                      | 305        |
| 9.7.5       | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                                                                                                              | 306        |
| 9.7.6       | Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                                                                                                  | 306        |
| 9.7.7       | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                                                         | 307        |
| 9.7.7.1     | N excretion rates / N-Ausscheidungen .....                                                                                                                                                                                                      | 307        |
| 9.7.7.2     | N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....                                                                                                                                                                                                | 308        |
| 9.7.7.3     | Partial NH <sub>3</sub> emission factors / Partielle NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren.....                                                                                                                                                    | 308        |
| 9.7.8       | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                                                                                                                    | 309        |
| 9.7.9       | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD<br>zusammengestellten Informationen .....                                                                                                                 | 309        |
| <b>9.8</b>  | <b>Turkeys / Puten.....</b>                                                                                                                                                                                                                     | <b>310</b> |
| 9.8.1       | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                                                                                                               | 310        |
| 9.8.2       | Animal performance and feed / Tierische Leistung und Fütterung .....                                                                                                                                                                            | 311        |
| 9.8.2.1     | Animal weights and fattening period durations / Tiergewichte und Mastdauern .....                                                                                                                                                               | 311        |
| 9.8.2.2     | Number of rounds per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr .....                                                                                                                                                                            | 312        |
| 9.8.2.3     | Energy requirements / Energiebedarf .....                                                                                                                                                                                                       | 313        |
| 9.8.2.4     | Feed intake and feed properties / Futteraufnahme und Futtereigenschaften .....                                                                                                                                                                  | 313        |
| 9.8.3       | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                                                                                                              | 314        |
| 9.8.4       | Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                                                                                                  | 314        |
| 9.8.5       | Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                                                         | 315        |
| 9.8.5.1     | N excretion rates / N-Ausscheidungen .....                                                                                                                                                                                                      | 315        |
| 9.8.5.2     | N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....                                                                                                                                                                                                | 316        |
| 9.8.5.3     | Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren.....                                                                                                                                                                                     | 316        |
| 9.8.6       | Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....                                                                                                                                                                                    | 317        |
| 9.8.7       | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD<br>zusammengestellten Informationen .....                                                                                                                 | 317        |
| <b>9.9</b>  | <b>Poultry – collective description / Geflügel - zusammenfassende Daten .....</b>                                                                                                                                                               | <b>318</b> |
| 9.9.1       | Aggregated data for poultry / Zusammenfassende Daten für Geflügel .....                                                                                                                                                                         | 318        |
| 9.9.1.1     | Animal numbers / Tierzahlen .....                                                                                                                                                                                                               | 318        |
| 9.9.1.2     | Animal weights / Tiergewichte.....                                                                                                                                                                                                              | 318        |
| 9.9.1.3     | Calculation of mean VS and N excretions / Berechnung mittlerer VS- und N-Ausscheidungen .....                                                                                                                                                   | 319        |
| 9.9.1.4     | Implied emission factors / Aggregierte Emissionsfaktoren .....                                                                                                                                                                                  | 319        |
| 9.9.2       | Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of<br>neighbouring countries / Vergleich von emissionserklärenden Variablen und aggregierten<br>Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten ..... | 319        |
| 9.9.2.1     | Mean implied emission factors for gases and emission explainin g variables / Mittlere aggregierte<br>Emissionsfaktoren für Gase und emissionserklärende Variablen .....                                                                         | 320        |
| 9.9.2.2     | Mean implied emission factors for particulate matter / Mittlere aggregierte Emissionsfaktoren für<br>Partikel .....                                                                                                                             | 321        |
| 9.9.3       | Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD<br>zusammengestellten Informationen .....                                                                                                                 | 321        |
| <b>10</b>   | <b>Emissions from cultures with nitrogen fertilizers / Emissionen aus mit Stickstoff gedüngten<br/>landwirtschaftlichen Nutzflächen.....</b>                                                                                                    | <b>323</b> |
| <b>10.1</b> | <b>Application of mineral fertilizers / Mineraldüngeranwendung.....</b>                                                                                                                                                                         | <b>324</b> |
| 10.1.1      | Activity dat a: Amounts of fertilizers / Aktivitätsdaten: Düngermengen .....                                                                                                                                                                    | 324        |
| 10.1.2      | Emission of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies.....                                                                                                                                                                           | 325        |
| 10.1.2.1    | Ammonia emissions / Ammoniak-Emissionen.....                                                                                                                                                                                                    | 325        |
| 10.1.2.2    | Emissions of N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> / N <sub>2</sub> O-, NO- und N <sub>2</sub> -Emissionen.....                                                                                                                               | 326        |
| 10.1.2.2.1  | Method applied / Angewandte Methode.....                                                                                                                                                                                                        | 326        |
| 10.1.2.2.2  | Emission factors / Emissionsfaktoren.....                                                                                                                                                                                                       | 327        |
| <b>10.2</b> | <b>Application of animal manures / Wirtschaftsdüngeranwendung.....</b>                                                                                                                                                                          | <b>329</b> |
| 10.2.1      | Activity data / Aktivitätsdaten .....                                                                                                                                                                                                           | 329        |
| 10.2.2      | Emissions of N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> / N <sub>2</sub> O-, NO- and N <sub>2</sub> -Emissionen.....                                                                                                                               | 329        |
| 10.2.2.1    | Method applied / Angewandte Methode.....                                                                                                                                                                                                        | 329        |
| 10.2.2.2    | Emission factors / Emissionsfaktoren.....                                                                                                                                                                                                       | 331        |
| <b>10.3</b> | <b>Application of sewage sludge / Ausbringung von Klärschlämmen.....</b>                                                                                                                                                                        | <b>332</b> |
| 10.3.1      | Activity data / Aktivitätsdaten .....                                                                                                                                                                                                           | 332        |
| 10.3.2      | N <sub>2</sub> O Emissions / N <sub>2</sub> O-Emissionen.....                                                                                                                                                                                   | 334        |
| <b>10.4</b> | <b>Histosols (managed organic soils) / Bewirtschaftete organische Böden (ehem. Moorflächen)...</b>                                                                                                                                              | <b>335</b> |
| 10.4.1      | Activity data / Aktivitätsdaten .....                                                                                                                                                                                                           | 335        |
| 10.4.2      | Emissions of N <sub>2</sub> O / N <sub>2</sub> O-Emissionen .....                                                                                                                                                                               | 335        |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                               |            |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>10.5</b> | <b>Emissions of particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) from arable land / Staubemissionen (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub>) aus der Bewirtschaftung von Ackerland .....</b>                                                           | <b>336</b> |
| 10.5.1      | Activity data / Aktivitätsdaten .....                                                                                                                                                                                                                         | 336        |
| 10.5.2      | Assessment of emissions of particulate matter / Bestimmung der Staub-Emission.....                                                                                                                                                                            | 336        |
| <b>10.6</b> | <b>Intercomparison of N<sub>2</sub>O emission factors with those in neighbouring countries / Vergleich von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten .....</b>                                                                          | <b>337</b> |
| <b>10.7</b> | <b>Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....</b>                                                                                                                           | <b>337</b> |
| <b>11</b>   | <b>Emissions from cultures without fertilizers / Emissionen aus ungedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen.....</b>                                                                                                                                         | <b>338</b> |
| <b>11.1</b> | <b>Biological N fixation: legumes / Biologische N-Fixierung: Leguminosenanbau .....</b>                                                                                                                                                                       | <b>338</b> |
| 11.1.1      | Activity data / Aktivitätsdaten .....                                                                                                                                                                                                                         | 338        |
| 11.1.2      | Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                                          | 339        |
| 11.1.2.1    | The method applied / Angewandte Methode.....                                                                                                                                                                                                                  | 339        |
| 11.1.2.2    | Emission factors / Emissionsfaktoren.....                                                                                                                                                                                                                     | 340        |
| <b>11.2</b> | <b>Emissions of from excretions during grazing / Emissionen aus tierischen Ausscheidungen auf der Weide .....</b>                                                                                                                                             | <b>341</b> |
| 11.2.1      | Activity data / Aktivitätsdaten .....                                                                                                                                                                                                                         | 341        |
| 11.2.2      | Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                                          | 341        |
| 11.2.2.1    | The method applied / Angewandte Methode.....                                                                                                                                                                                                                  | 341        |
| 11.2.2.2    | Emission factors / Emissionsfaktoren.....                                                                                                                                                                                                                     | 342        |
| <b>11.3</b> | <b>Emissions from crop residues / Emissionen aus Ernterückständen .....</b>                                                                                                                                                                                   | <b>343</b> |
| 11.3.1      | Activity data / Aktivitätsdaten .....                                                                                                                                                                                                                         | 343        |
| 11.3.1.1    | Area under cultivation / Anbauflächen.....                                                                                                                                                                                                                    | 343        |
| 11.3.1.2    | Yields / Erträge.....                                                                                                                                                                                                                                         | 343        |
| 11.3.1.3    | Duration of cropped system ( $x_{\text{renew}, i}$ ) and frequency of harvesting ( $x_{\text{mow}, i}$ ) / Dauer der Kultur ( $x_{\text{renew}, i}$ ) und Erntefrequenz der Kultur ( $x_{\text{mow}, i}$ ) .....                                              | 344        |
| 11.3.1.4    | Dry matter content ( $x_{\text{DM}, i}$ ) / Trockenmassegehalte ( $x_{\text{DM}, i}$ ): .....                                                                                                                                                                 | 344        |
| 11.3.1.5    | Ratio of above ground crop residues to yield ( $a_{\text{above}, i}$ ) / Verhältnis der oberirdischen Ernterückstände zur Ernte ( $a_{\text{above}, i}$ ) .....                                                                                               | 345        |
| 11.3.1.6    | Nitrogen content of the above-ground crop residues ( $x_{\text{N}, \text{above}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der oberirdischen Ernterückstände ( $x_{\text{N}, \text{above}, i}$ ) .....                                                                       | 345        |
| 11.3.1.7    | Ratio of below ground crop residues to yield ( $a_{\text{below}, i}$ ) / Verhältnis der unterirdischen Ernterückstände zur Erntemenge ( $a_{\text{below}, i}$ ) .....                                                                                         | 346        |
| 11.3.1.8    | Nitrogen content of below ground crop residues ( $x_{\text{N}, \text{below}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der unterirdischen Ernterückstände ( $x_{\text{N}, \text{below}, i}$ ) .....                                                                          | 346        |
| 11.3.1.9    | Ratio of crop residues to yield ( $a_i$ ) / Verhältnis der Ernterückstände zur Ernte ( $a_i$ ).....                                                                                                                                                           | 347        |
| 11.3.1.10   | Nitrogen content of crop residues ( $x_{\text{N}, i}$ ) and harvested crop products ( $x_{\text{N}, \text{yield}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der Ernterückstände ( $x_{\text{N}, i}$ ) und der geernteten Produkte ( $x_{\text{N}, \text{yield}, i}$ ): ..... | 347        |
| 11.3.1.11   | Factor for not harvested horticultural crops ( $\delta_{\text{HC}}$ ) / Faktor für nicht geerntetes Gemüse ( $\delta_{\text{HC}}$ ).....                                                                                                                      | 347        |
| 11.3.1.12   | Overview of data used to estimate the activity data / Übersicht über die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten .....                                                                                                                                | 348        |
| 11.3.1.13   | Uncertainty of activity data / Unsicherheit der Aktivitätsdaten .....                                                                                                                                                                                         | 349        |
| 11.3.2      | Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies .....                                                                                                                                                          | 349        |
| 11.3.2.1    | The method applied / Angewandte Methode.....                                                                                                                                                                                                                  | 349        |
| 11.3.2.2    | Emission factors / Emissionsfaktoren.....                                                                                                                                                                                                                     | 350        |
| <b>11.4</b> | <b>Indirect N<sub>2</sub>O emissions from depositions of reactive nitrogen originating from agriculture / Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Deposition von reaktivem Stickstoff aus der Landwirtschaft ..</b>                                           | <b>350</b> |
| 11.4.1      | Activity data / Aktivitätsdaten .....                                                                                                                                                                                                                         | 350        |
| 11.4.2      | Assessment of N <sub>2</sub> O emissions / Bestimmung der N <sub>2</sub> O-Emissionen .....                                                                                                                                                                   | 351        |
| 11.4.2.1    | The method applied / Angewandte Methode.....                                                                                                                                                                                                                  | 351        |
| 11.4.2.2    | Emission factors / Emissionsfaktoren.....                                                                                                                                                                                                                     | 352        |
| <b>11.5</b> | <b>Indirect N<sub>2</sub>O emissions from leached and run off N originating from agriculture / Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus ausgewaschenem und abgeflossenem N aus der Landwirtschaft .....</b>                                                    | <b>352</b> |
| 11.5.1      | Activity data / Aktivitätsdaten .....                                                                                                                                                                                                                         | 352        |
| 11.5.2      | Assessment of N <sub>2</sub> O emissions / Bestimmung der N <sub>2</sub> O-Emissionen .....                                                                                                                                                                   | 353        |
| 11.5.2.1    | The method applied / Angewandte Methode.....                                                                                                                                                                                                                  | 353        |
| 11.5.2.2    | Emission factor / Emissionsfaktor .....                                                                                                                                                                                                                       | 354        |
| <b>11.6</b> | <b>Intercomparison of N<sub>2</sub>O emission factors with those in neighbouring countries / Vergleich von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten .....</b>                                                                          | <b>355</b> |
| <b>11.7</b> | <b>Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....</b>                                                                                                                           | <b>355</b> |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>12</b>   | <b>Calculation of fractions / Berechnung von Verhältniszahlen .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>356</b> |
| <b>12.1</b> | <b>Calculation procedures / Berechnungsverfahren .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>356</b> |
| 12.1.1      | Fraction of crop residue burned ( $\text{Frac}_{\text{BURN}}$ ) / Anteil der Ernterückstände, die auf dem Feld verbrannt werden ( $\text{Frac}_{\text{BURN}}$ ) .....                                                                                                                                                                       | 356        |
| 12.1.2      | Fraction of livestock N excretion in excrements burned for fuel ( $\text{Frac}_{\text{FUEL}}$ ) / Anteil der tierischen N-Ausscheidungen in Dung, der als Heizmaterial dient ( $\text{Frac}_{\text{FUEL}}$ ) .....                                                                                                                          | 356        |
| 12.1.3      | Fraction of synthetic fertilizer N applied to soils that volatilises as $\text{NH}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_x\text{-N}$ ( $\text{Frac}_{\text{GASF}}$ ) / Anteil der N-Menge, die als Folge der Ausbringung von Mineraldüngern als $\text{NH}_3\text{-N}$ und $\text{NO}_x\text{-N}$ emittiert wird ( $\text{Frac}_{\text{GASF}}$ ) ..... | 356        |
| 12.1.4      | Fraction of livestock N excretion that volatilises as $\text{NH}_3$ and $\text{NO}_x$ ( $\text{Frac}_{\text{GASM}}$ ) / Anteil der N-Menge, die vor und bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern als $\text{NH}_3$ und $\text{NO}_x$ emittiert wird ( $\text{Frac}_{\text{GASM}}$ ) .....                                                 | 357        |
| 12.1.5      | Fraction of livestock N excreted and deposited onto soil during grazing ( $\text{Frac}_{\text{GRAZ}}$ ) / Anteil des beim Weidegang ausgeschiedenen N an der Gesamtausscheidung von N ( $\text{Frac}_{\text{GRAZ}}$ ) .....                                                                                                                 | 358        |
| 12.1.6      | Fraction of N input to soils that is lost through leaching and runoff ( $\text{Frac}_{\text{LEACH}}$ ) / Anteil des N-Eintrags in Böden, der durch Auswaschung und Oberflächenabfluss verloren wird ( $\text{Frac}_{\text{LEACH}}$ ) .....                                                                                                  | 358        |
| 12.1.7      | Fraction of N in non-N-fixing crops ( $\text{Frac}_{\text{NCR0}}$ ) / N-Anteil in Pflanzen außer Leguminosen ( $\text{Frac}_{\text{NCR0}}$ ) .....                                                                                                                                                                                          | 358        |
| 12.1.8      | Fraction of N in N-fixing crops ( $\text{Frac}_{\text{NCRBF}}$ ) / N-Anteil in Leguminosen ( $\text{Frac}_{\text{NCRBF}}$ ) .....                                                                                                                                                                                                           | 360        |
| 12.1.9      | Fraction of total above-ground crop biomass that is removed from the field as a crop product ( $\text{Frac}_{\text{Remove}}$ ) / Anteil der oberirdischen Biomasse, der als Ernteprodukt abgefahren wird ( $\text{Frac}_{\text{Remove}}$ ) .....                                                                                            | 360        |
| <b>12.2</b> | <b>Tables volume: tables related to chapters 12.1.1 to 12.1.9/ Tabellenband: Tabellen zu den Kapiteln 12.1.1 to 12.1.9 .....</b>                                                                                                                                                                                                            | <b>360</b> |
| <b>12.3</b> | <b>Intercomparison with results from neighbouring countries / Vergleich mit Ergebnissen benachbarter Staaten .....</b>                                                                                                                                                                                                                      | <b>361</b> |
| <b>13</b>   | <b>Assessment of the uncertainties of the emission inventory / Bestimmung der Unsicherheiten des Emissionsinventars .....</b>                                                                                                                                                                                                               | <b>362</b> |
| <b>13.1</b> | <b>Gaussian error propagation / Gaußsche Fehlerfortpflanzung .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>362</b> |
| <b>13.2</b> | <b>Uncertainty of the implied emission factors for methane / Unsicherheit der aggregierten Emissionsfaktoren für Methan .....</b>                                                                                                                                                                                                           | <b>364</b> |
| 13.2.1      | Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....                                                                                                                                                                                                                                                                          | 364        |
| 13.2.2      | Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                                                                                                                                                                                          | 364        |
| <b>13.3</b> | <b>Uncertainties of the implied emission factors for <math>\text{N}_2\text{O}</math>, NO and <math>\text{N}_2</math> / Unsicherheiten der aggregierten Emissionsfaktoren für <math>\text{N}_2\text{O}</math>, NO und <math>\text{N}_2</math> .....</b>                                                                                      | <b>364</b> |
| 13.3.1      | Uncertainty of the IEF for $\text{N}_2\text{O}$ from manure management / Unsicherheit des IEF für $\text{N}_2\text{O}$ aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                                                                                                           | 364        |
| 13.3.2      | Uncertainty of the IEF for NO and $\text{N}_2$ from manure management / Unsicherheit des IEF für NO und $\text{N}_2$ aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....                                                                                                                                                                             | 365        |
| 13.3.3      | Uncertainty of the IEF for $\text{N}_2\text{O}$ from agricultural soils / Unsicherheit des IEF für $\text{N}_2\text{O}$ aus landwirtschaftlichen Böden .....                                                                                                                                                                                | 366        |
| <b>13.4</b> | <b>Uncertainty of the implied emission factor for <math>\text{NH}_3</math> from housing and animal waste management / Unsicherheit des aggregierten Emissionsfaktors für <math>\text{NH}_3</math> aus Stall und Wirtschaftsdüngermanagement .....</b>                                                                                       | <b>366</b> |
| <b>13.5</b> | <b>Uncertainty of the German agricultural green house gas inventory / Unsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars .....</b>                                                                                                                                                                                      | <b>369</b> |
| 13.5.1      | Calculation methodology / Berechnungsmethodik .....                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 369        |
| 13.5.2      | Uncertainties of activity data / Unsicherheiten von Aktivitätsdaten .....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 370        |
| 13.5.3      | Uncertainties of emission factors / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren .....                                                                                                                                                                                                                                                              | 370        |
| 13.5.4      | Uncertainty table / Unsicherheitstabelle .....                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 371        |
| <b>13.6</b> | <b>Uncertainty of the German agricultural ammonia inventory / Unsicherheit des Ammoniak-Inventars für die deutsche Landwirtschaft .....</b>                                                                                                                                                                                                 | <b>374</b> |
| <b>14</b>   | <b>References / Literatur .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>376</b> |



## List of Figures / Abbildungsverzeichnis

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 2.1:  | Annual THG emissions from German agriculture and projections for 2020 (Submission 2013) .....                                                                                                                                                                                                                         | 27  |
| Figure 2.2:  | Development of CH <sub>4</sub> und N <sub>2</sub> O emissions from manure management in % of 1990, Submission 2013 .....                                                                                                                                                                                              | 28  |
| Figure 2.3:  | Development of animal numbers (dairy cows, other cattle and pigs) in % of 1990, Submission 2013                                                                                                                                                                                                                       | 29  |
| Figure 2.4:  | Total performance-related GHG emissions from enteric fermentation and manure management (housing, storage) for dairy cows and fattening pigs (for dairy cows per kg milk, for fattening pigs per kg of total growth), Submission 2013 (GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub> = 21, GWP <sub>N<sub>2</sub>O</sub> = 310) ..... | 30  |
| Figure 2.5:  | N <sub>2</sub> O emissions from agricultural soils (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O), Submission 2013 .....                                                                                                                                                                                                    | 31  |
| Figure 2.6:  | Total of annual N <sub>2</sub> O emissions (direct and indirect) from agricultural soils over annual amounts of mineral fertilizer N for the years 1990 to 2011 (Submission 2013) .....                                                                                                                               | 31  |
| Figure 2.7:  | Annual NH <sub>3</sub> emissions from German agriculture and projections for 2020 (Submission 2013) .....                                                                                                                                                                                                             | 32  |
| Figure 2.8:  | Development of dairy cattle numbers, milk yields and NH <sub>3</sub> from dairy cattle husbandry (including grazing) .....                                                                                                                                                                                            | 33  |
| Figure 2.9:  | Dairy cows and fattening pigs (Submission 2013): Percentages of NH <sub>3</sub> emissions originating from housing, storage, manure application and grazing in 2011 (no free range husbandry for pigs) .....                                                                                                          | 34  |
| Figure 2.10: | Dairy cows and fattening pigs: Performance-related total NH <sub>3</sub> emissions from animal husbandry (including grazing for dairy cows) (for dairy cows per kg milk, for fattening pigs per kg of total growth) .....                                                                                             | 35  |
| Figure 2.11: | Application of mineral fertilizer N (amounts sold), amounts of N in urea and ANS applied, and the NH <sub>3</sub> emissions from the total application of mineral fertilizers (Submission 2013) .....                                                                                                                 | 35  |
| Figure 2.12: | Differences of THG emissions between Submission 2013 and Submission 2012 .....                                                                                                                                                                                                                                        | 36  |
| Figure 2.13: | Differences of NH <sub>3</sub> emissions between Submission 2013 and Submission 2012 .....                                                                                                                                                                                                                            | 38  |
| Figure 3.1:  | Mass flow in agriculture .....                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 49  |
| Figure 3.2:  | Concept, thematic details and spatial resolution of the GAS-EM model .....                                                                                                                                                                                                                                            | 50  |
| Figure 3.3:  | Energies considered in animal metabolism .....                                                                                                                                                                                                                                                                        | 54  |
| Figure 3.4:  | N flows in an animal subcategory (mammals) .....                                                                                                                                                                                                                                                                      | 64  |
| Figure 3.5:  | N flows in an animal subcategory (birds) .....                                                                                                                                                                                                                                                                        | 65  |
| Figure 3.6:  | Air temperatures, map of annual and springtime means in Germany .....                                                                                                                                                                                                                                                 | 100 |
| Figure 3.7:  | Processes and quality control/assurance of the emission inventory preparation at Thünen Institute ..                                                                                                                                                                                                                  | 102 |
| Figure 4.1:  | Cattle, scheme of animal weight development .....                                                                                                                                                                                                                                                                     | 112 |
| Figure 4.2:  | Standard mixed feeds, share of rapeseed expeller in concentrates (related to dry matter) .....                                                                                                                                                                                                                        | 135 |
| Figure 4.3:  | Standard grass based feeds, share of wheat in concentrates (related to dry matter) .....                                                                                                                                                                                                                              | 136 |
| Figure 4.4:  | Male beef cattle, comparison of weight gain data (ADR and HIT data sets on the national level) ....                                                                                                                                                                                                                   | 170 |
| Figure 5.1:  | Weaners, weight gain as a function of live weight .....                                                                                                                                                                                                                                                               | 211 |
| Figure 9.1:  | Laying hens, relation between weight at the beginning of egg production period and final live weight .....                                                                                                                                                                                                            | 271 |
| Figure 9.2:  | Laying hens, relation between mean egg weight and final live weight .....                                                                                                                                                                                                                                             | 271 |
| Figure 9.3:  | Broilers, growth relative to reference ( $r_g$ , solid trend line, $R^2 = 0.81$ , based on data for 1990 – 2009). .....                                                                                                                                                                                               | 282 |
| Figure 9.4:  | Turkeys, typical animal weight and weight gain developments .....                                                                                                                                                                                                                                                     | 311 |
| Figure 11.1: | Above and below ground parts of crops, tuber crops and grasses .....                                                                                                                                                                                                                                                  | 345 |

## List of Tables / Tabellenverzeichnis

|             |                                                                                                                                                                                                                      |     |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Table 2.1:  | Emissions of CH <sub>4</sub> und N <sub>2</sub> O from German agriculture for 1990 - 2011 in Gg CO <sub>2</sub> -eq, Submission 2013 (GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub> = 21, GWP <sub>N<sub>2</sub>O</sub> = 310) ..... | 27  |
| Table 2.2:  | Total national reduction of CH <sub>4</sub> emissions from manure management due to anaerobic digestion of slurry .....                                                                                              | 29  |
| Table 2.3:  | Total national reduction of N <sub>2</sub> O emissions from manure management due to anaerobic digestion of slurry .....                                                                                             | 29  |
| Table 2.4:  | Total national reduction of NH <sub>3</sub> emissions from manure management due to anaerobic digestion of slurry .....                                                                                              | 33  |
| Table 2.5:  | Total differences of NH <sub>3</sub> emissions (Submission 2013 - Submission 2012) .....                                                                                                                             | 38  |
| Table 3.1:  | List of symbols frequently used for entities .....                                                                                                                                                                   | 41  |
| Table 3.2:  | List of subscripts used to identify source categories and subcategories .....                                                                                                                                        | 42  |
| Table 3.3:  | Abbreviations used for the German Federal States .....                                                                                                                                                               | 42  |
| Table 3.4:  | Straw properties in animal husbandry .....                                                                                                                                                                           | 66  |
| Table 3.5:  | Animal numbers, milk yield, mineral fertilizer application and rural land use projected for 2020 .....                                                                                                               | 80  |
| Table 3.6:  | Number of animal places in the German emission inventory (in 1000) .....                                                                                                                                             | 85  |
| Table 3.7:  | National percentages of the amounts of anaerobically digested slurry .....                                                                                                                                           | 93  |
| Table 3.8:  | Percentages of gas tight storage of residues from digestion of cattle slurry .....                                                                                                                                   | 93  |
| Table 3.9:  | Percentages of gas tight storage of residues from digestion of pig slurry .....                                                                                                                                      | 94  |
| Table 3.10: | Air temperatures in Germany 1961 – 1990 and 1990 – 2007 and correction values .....                                                                                                                                  | 99  |
| Table 4.1:  | Cattle, categorisation and characterisation .....                                                                                                                                                                    | 111 |
| Table 4.2:  | Cattle, maximum methane producing capacity ( <i>B</i> <sub>0</sub> ) and methane conversion factors ( <i>MCF</i> ) .....                                                                                             | 113 |
| Table 4.3:  | Cattle, partial emission factors for NH <sub>3</sub> -N from storage (related to TAN) .....                                                                                                                          | 114 |
| Table 4.4:  | Cattle, partial emission factors for N <sub>2</sub> O-N from housing and storage (related to N <sub>excr</sub> + N <sub>straw</sub> ) .....                                                                          | 115 |
| Table 4.5:  | Cattle, NH <sub>3</sub> -N emission factors for application of slurry (related to TAN) .....                                                                                                                         | 116 |
| Table 4.6:  | Cattle, NH <sub>3</sub> -N emission factors for application of leachate (“Jauche”) (related to TAN) .....                                                                                                            | 117 |
| Table 4.7:  | Cattle, NH <sub>3</sub> -N emission factors for application of solid manure (FYM) (related to TAN) .....                                                                                                             | 117 |
| Table 4.8:  | Dairy cows, calculation methods applied .....                                                                                                                                                                        | 118 |
| Table 4.9:  | Dairy cows, milk yield (in kg an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ) (statistical data) .....                                                                                                                            | 119 |
| Table 4.10: | Dairy cows, fat content of milk (in % of mass) (statistical data) .....                                                                                                                                              | 119 |
| Table 4.11: | Dairy cows, protein content of milk (in % of mass) (statistical data) .....                                                                                                                                          | 119 |
| Table 4.12: | Dairy cows, carcass weights (in kg an <sup>-1</sup> ) .....                                                                                                                                                          | 120 |
| Table 4.13: | Dairy cows, slaughter ages, ages at first calving and resulting life spans (in a) .....                                                                                                                              | 121 |
| Table 4.14: | Dairy cows, NEL intake during the dry period for a cow of 650 kg .....                                                                                                                                               | 126 |
| Table 4.15: | Dairy cows, national distribution (fractions) of “mixed diet” (M) and “gras based diet” (G) .....                                                                                                                    | 133 |
| Table 4.16: | Dairy cows, diet constituent properties used in the inventory .....                                                                                                                                                  | 134 |
| Table 4.17: | Dairy cows, additional diet data as needed for the calculation of CH <sub>4</sub> emissions from enteric fermentation .....                                                                                          | 134 |
| Table 4.18: | Dairy cows, N inputs with straw in German dairy cattle houses .....                                                                                                                                                  | 143 |
| Table 4.19: | Dairy cows, partial emission factors for NH <sub>3</sub> -N from housing (related to TAN) .....                                                                                                                      | 145 |
| Table 4.20: | Dairy cows, emission factors <i>EF</i> <sub>PM</sub> for particle emissions from housing .....                                                                                                                       | 146 |
| Table 4.21: | Dairy cows, 2010, intercomparison of emission explaining variables and CH <sub>4</sub> implied emission factor regarding enteric fermentation (ent) .....                                                            | 147 |
| Table 4.22: | Dairy cows, 2010, intercomparison of emission explaining variables and CH <sub>4</sub> implied emission factor regarding manure management (MM) .....                                                                | 148 |
| Table 4.23: | Dairy cows, 2010, intercomparison of emission explaining variables and NH <sub>3</sub> implied emission factor .....                                                                                                 | 149 |
| Table 4.24: | Dairy cows, 2010, intercomparison of PM implied emission factors .....                                                                                                                                               | 150 |
| Table 4.25: | Dairy cows, related tables provided with the data CD .....                                                                                                                                                           | 150 |
| Table 4.26: | Calves, calculation methods applied .....                                                                                                                                                                            | 151 |
| Table 4.27: | Calves, emission factors <i>EF</i> <sub>PM</sub> for particle emissions from housing .....                                                                                                                           | 155 |
| Table 4.28: | Calves, related tables provided with the data CD .....                                                                                                                                                               | 155 |
| Table 4.29: | Heifers, calculation methods applied .....                                                                                                                                                                           | 156 |
| Table 4.30: | Heifers, carcass weights (in kg an <sup>-1</sup> ) .....                                                                                                                                                             | 158 |
| Table 4.31: | Heifers, metabolisable energy required for maintenance and growth .....                                                                                                                                              | 159 |
| Table 4.32: | Heifers, diet constituent properties used in the inventory .....                                                                                                                                                     | 162 |
| Table 4.33: | Heifers, N inputs with straw in German heifer houses .....                                                                                                                                                           | 164 |
| Table 4.34: | Heifers, emission factors <i>EF</i> <sub>PM</sub> for particle emissions from housing .....                                                                                                                          | 165 |
| Table 4.35: | Heifers, related tables provided with the data CD .....                                                                                                                                                              | 166 |
| Table 4.36: | Male beef cattle, calculation methods applied .....                                                                                                                                                                  | 167 |
| Table 4.37: | Male beef cattle, carcass weight (in kg an <sup>-1</sup> ) .....                                                                                                                                                     | 168 |

|             |                                                                                                                                                                |     |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Table 4.38: | Male beef cattle, mean weight gains $\Delta w_{\text{bm, HIT}}$ derived from HIT data (in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ ).....                              | 169 |
| Table 4.39: | Male beef cattle, mean weight gains $\Delta w_{\text{bm, ADR}}$ (in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) (calculated from ADR data (ADR, 1993 ff)).....          | 169 |
| Table 4.40: | Male beef cattle, mean weight gain before slaughtering.....                                                                                                    | 171 |
| Table 4.41: | Male beef cattle, diet characteristics used in the inventory.....                                                                                              | 172 |
| Table 4.42: | Male beef cattle, N inputs with straw in German male beef cattle houses.....                                                                                   | 174 |
| Table 4.43: | Male beef cattle, emission factors $EF_{\text{PM}}$ for particle emissions from housing.....                                                                   | 175 |
| Table 4.44: | Male beef cattle, related tables provided with the data CD.....                                                                                                | 176 |
| Table 4.45: | Suckler cows, calculation methods applied.....                                                                                                                 | 177 |
| Table 4.46: | Suckler cows, N inputs with straw in German suckler cow houses.....                                                                                            | 180 |
| Table 4.47: | Suckler cows, emission factors $EF_{\text{PM}}$ for particle emissions from housing.....                                                                       | 181 |
| Table 4.48: | Suckler cows, related tables provided with the data CD.....                                                                                                    | 181 |
| Table 4.49: | Mature males > 2 years, calculation methods applied.....                                                                                                       | 182 |
| Table 4.50: | Mature males > 2 years, partial $\text{NH}_3\text{-N}$ emission factors used for housing (related to TAN).....                                                 | 184 |
| Table 4.51: | Mature males > 2 years, emission factors $EF_{\text{PM}}$ for particle emissions from housing.....                                                             | 185 |
| Table 4.52: | Mature males > 2 years, related tables provided with the data CD.....                                                                                          | 186 |
| Table 4.53: | Other cattle, calculation methods applied.....                                                                                                                 | 187 |
| Table 4.54: | Other cattle, 2010, of emission explaining variables and $\text{CH}_4$ implied emission factors regarding enteric fermentation (ent).....                      | 191 |
| Table 4.55: | Other cattle, 2010, intercomparison of emission explaining variables and $\text{CH}_4$ implied emission factor regarding manure management (MM).....           | 192 |
| Table 4.56: | Other cattle, 2010, intercomparison of N excretion rates $m_{\text{excr, oc}}$ and $\text{NH}_3$ implied emission factors.....                                 | 193 |
| Table 4.57: | Other cattle, 2010, intercomparison of PM implied emission factors.....                                                                                        | 194 |
| Table 4.58: | Other cattle, related tables provided with the data CD.....                                                                                                    | 194 |
| Table 5.1:  | Pigs, categorisation and characterisation.....                                                                                                                 | 195 |
| Table 5.2:  | Pigs, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors (MCF).....                                                                   | 196 |
| Table 5.3:  | Pigs, partial emission factors for $\text{NH}_3\text{-N}$ losses from storage (related to TAN).....                                                            | 197 |
| Table 5.4:  | Pigs, partial emission factors for $\text{N}_2\text{O-N}$ from housing and storage (related to $\text{N}_{\text{excr}} + \text{N}_{\text{straw}}$ ).....       | 197 |
| Table 5.5:  | Pigs, $\text{NH}_3\text{-N}$ emission factors for application of slurry (related to TAN).....                                                                  | 198 |
| Table 5.6:  | Pigs, $\text{NH}_3\text{-N}$ emission factors for application of leachate (“Jauche”) (related to TAN).....                                                     | 199 |
| Table 5.7:  | Pigs, $\text{NH}_3\text{-N}$ emission factors for application of solid manure (FYM) (related to TAN).....                                                      | 199 |
| Table 5.8:  | Sows, calculation methods applied.....                                                                                                                         | 200 |
| Table 5.9:  | Sows, requirements of metabolisable energy as used in the inventory.....                                                                                       | 202 |
| Table 5.10: | Sows, number of piglets raised per year, $n_{\text{piglets, year}}$ (primary statistical information).....                                                     | 202 |
| Table 5.11: | Sows, diets used in the inventory, and their properties.....                                                                                                   | 203 |
| Table 5.12: | Sows, partial emission factors for $\text{NH}_3\text{-N}$ from housing (related to TAN).....                                                                   | 207 |
| Table 5.13: | Sows, emission factors $EF_{\text{PM}}$ for particle emissions from housing.....                                                                               | 208 |
| Table 5.14: | Sows, related tables provided with the data CD.....                                                                                                            | 208 |
| Table 5.15: | Weaners, calculation methods applied.....                                                                                                                      | 209 |
| Table 5.16: | Weaners, diets used in the inventory, and their properties.....                                                                                                | 213 |
| Table 5.17: | Weaners, N inputs with straw in German weaner houses (straw based systems).....                                                                                | 215 |
| Table 5.18: | Weaners, emission factors $EF_{\text{PM}}$ for particle emissions from housing.....                                                                            | 216 |
| Table 5.19: | Weaners, related tables provided with the data CD.....                                                                                                         | 216 |
| Table 5.20: | Fattening pigs, calculation methods applied.....                                                                                                               | 217 |
| Table 5.21: | Fattening pigs, weight at beginning of the fattening period (in $\text{kg an}^{-1}$ ).....                                                                     | 218 |
| Table 5.22: | Fattening pigs, final weight after fattening (live weight, in $\text{kg an}^{-1}$ ).....                                                                       | 218 |
| Table 5.23: | Fattening pigs, weight gain during fattening (in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ ).....                                                                       | 218 |
| Table 5.24: | Fattening pigs, national mean of annual number of production cycles (in $\text{ro a}^{-1}$ ) in Submissions 2011 and 2012.....                                 | 219 |
| Table 5.25: | Fattening pigs, diets used, related energies, and nitrogen contents.....                                                                                       | 223 |
| Table 5.26: | Fattening pigs, N inputs with straw in German fattening pig houses (straw based systems).....                                                                  | 226 |
| Table 5.27: | Fattening pigs, partial emission factors for $\text{NH}_3\text{-N}$ from housing (related to TAN).....                                                         | 226 |
| Table 5.28: | Fattening pigs, emission factors $EF_{\text{PM}}$ for particle emissions from housing.....                                                                     | 227 |
| Table 5.29: | Fattening pigs, related tables provided with the data CD.....                                                                                                  | 227 |
| Table 5.30: | Boars, calculation methods applied.....                                                                                                                        | 228 |
| Table 5.31: | Boars, related tables provided with the data CD.....                                                                                                           | 231 |
| Table 5.32: | Pigs, 2010, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors regarding enteric fermentation (ent) and manure management (MM)..... | 234 |
| Table 5.33: | Pigs, 2010, intercomparison of PM implied emission factors.....                                                                                                | 236 |
| Table 5.34: | Pigs, related tables provided with the data CD.....                                                                                                            | 236 |
| Table 6.1:  | Sheep, calculation methods applied.....                                                                                                                        | 237 |
| Table 6.2:  | Sheep, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors (MCF).....                                                                  | 238 |
| Table 6.3:  | Lambs, calculation methods applied.....                                                                                                                        | 239 |
| Table 6.4:  | Lambs, related tables provided with the data CD.....                                                                                                           | 241 |

|             |                                                                                                                                                                    |     |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Table 6.5:  | Adult sheep, calculation methods applied.....                                                                                                                      | 242 |
| Table 6.6:  | Sheep without lambs, related tables provided with the data CD .....                                                                                                | 243 |
| Table 6.7:  | Sheep, 2010, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors regarding enteric fermentation (ent) and manure management (MM) .....   | 244 |
| Table 6.8:  | Sheep, collective description, related tables provided with the data CD.....                                                                                       | 245 |
| Table 6.9:  | Goats, calculation methods applied .....                                                                                                                           | 245 |
| Table 6.10: | Goats, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors (MCF).....                                                                      | 247 |
| Table 6.11: | Goats, 2010, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors regarding enteric fermentation (ent) and manure management (MM) .....   | 248 |
| Table 6.12: | Goats, related tables provided with the data CD .....                                                                                                              | 249 |
| Table 7.1:  | Horses, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors (MCF).....                                                                     | 251 |
| Table 7.2:  | Horses and mules/asses, emission factors for particle emissions from housing.....                                                                                  | 252 |
| Table 7.3:  | Heavy horses, calculation methods applied .....                                                                                                                    | 252 |
| Table 7.4:  | Heavy horses, related tables provided with the data CD .....                                                                                                       | 254 |
| Table 7.5:  | Light horses and ponies, calculation methods applied .....                                                                                                         | 255 |
| Table 7.6:  | Light horses and ponies, related tables provided with the data CD .....                                                                                            | 256 |
| Table 7.7:  | Horses, 2010, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors regarding enteric fermentation (ent) and manure management (MM) .....  | 258 |
| Table 7.8:  | Horses, related tables provided with the data CD .....                                                                                                             | 258 |
| Table 7.9:  | Mules and asses, calculation methods applied .....                                                                                                                 | 259 |
| Table 7.10: | Mules and asses, compilation of input data and national emission results (constant in time).....                                                                   | 261 |
| Table 7.11: | Mules and asses, related tables provided with the data CD .....                                                                                                    | 262 |
| Table 8.1:  | Buffalo, calculation methods applied.....                                                                                                                          | 263 |
| Table 8.2:  | Buffalo, partial emission factors used in the inventory .....                                                                                                      | 265 |
| Table 8.3:  | Buffalo, related tables provided with the data CD .....                                                                                                            | 266 |
| Table 9.1:  | Poultry, categorisation and characterisation.....                                                                                                                  | 267 |
| Table 9.2:  | Poultry, partial emission factors for $N_2O$ -N, NO-N, and $N_2$ -N from storage of poultry excreta.....                                                           | 268 |
| Table 9.3:  | Poultry, emission factors for $NH_3$ from application of poultry manure (related to UAN) .....                                                                     | 268 |
| Table 9.4:  | Laying hens, calculation methods applied .....                                                                                                                     | 269 |
| Table 9.5:  | Laying hens, performance data .....                                                                                                                                | 270 |
| Table 9.6:  | Laying hens, diets used in laying hen feeding, related energies and crude protein content .....                                                                    | 274 |
| Table 9.7:  | Laying hens, partial emission factors for $NH_3$ losses from housing (in kg $NH_3$ -N per kg N excreted) .....                                                     | 278 |
| Table 9.8:  | Laying hens, emission factors for particle emissions from housing.....                                                                                             | 279 |
| Table 9.9:  | Laying hens, related tables provided with the data CD.....                                                                                                         | 279 |
| Table 9.10: | Broilers, calculation methoden applied.....                                                                                                                        | 280 |
| Table 9.11: | Broilers, growth rate relative to reference, according to linear trend in Figure 9.3 ( $r_g$ , in kg kg <sup>-1</sup> ) ....                                       | 282 |
| Table 9.12: | Broilers, national total of German broiler meat production (in Mg a <sup>-1</sup> ) .....                                                                          | 283 |
| Table 9.13: | Broilers, duration of cleansing period $\tau_{service}$ (in d ro <sup>-1</sup> ) .....                                                                             | 285 |
| Table 9.14: | Broilers, time series of raw protein content in feed $x_{XP}$ (kg kg <sup>-1</sup> ), related to fresh matter .....                                                | 288 |
| Table 9.15: | Broilers, amounts of N inputs with straw in German broiler houses .....                                                                                            | 291 |
| Table 9.16: | Broilers, derivation of partial emission factors for $NH_3$ losses from housing .....                                                                              | 292 |
| Table 9.17: | Broilers, related tables provided with the data CD .....                                                                                                           | 293 |
| Table 9.18: | Pullets, calculation methods applied .....                                                                                                                         | 294 |
| Table 9.19: | Pullets, phase-related diet mass intake (fresh matter) and ME contents of feed .....                                                                               | 296 |
| Table 9.20: | Pullets, amounts of N inputs with straw in German pullet houses .....                                                                                              | 299 |
| Table 9.21: | Pullets, related tables provided with the data CD .....                                                                                                            | 300 |
| Table 9.22: | Geese, calculation methods applied .....                                                                                                                           | 301 |
| Table 9.23: | Geese, related tables provided with the data CD .....                                                                                                              | 303 |
| Table 9.24: | Ducks, calculation methods applied.....                                                                                                                            | 304 |
| Table 9.25: | Ducks, amounts of N inputs with straw in German broiler houses .....                                                                                               | 308 |
| Table 9.26: | Ducks, related tables provided with the data CD .....                                                                                                              | 309 |
| Table 9.27: | Turkeys, calculation methods applied.....                                                                                                                          | 310 |
| Table 9.28: | Turkeys, animal performance and feed intake data from Poultry Almanacs and other sources.....                                                                      | 312 |
| Table 9.29: | Turkeys, phase feeding, feed nitrogen contents ( $x_N$ ) and specific ME contents ( $\eta_{ME, feed}$ ).....                                                       | 314 |
| Table 9.30: | Turkeys, amounts of N inputs with straw in German turkey houses.....                                                                                               | 316 |
| Table 9.31: | Turkeys, derivation of partial emission factors for $NH_3$ losses from housing.....                                                                                | 316 |
| Table 9.32: | Turkeys, related tables provided with the data CD .....                                                                                                            | 317 |
| Table 9.33: | Poultry, 2010, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors regarding enteric fermentation (ent) and manure management (MM) ..... | 320 |
| Table 9.34: | Poultry, 2010, intercomparison of PM implied emission factors .....                                                                                                | 321 |
| Table 9.35: | Poultry, related tables provided with the data CD .....                                                                                                            | 321 |
| Table 9.36: | Other poultry (poultry except laying hens and broilers), related tables provided with the data CD ..                                                               | 322 |
| Table 10.1: | Cultures with fertilizers, calculation procedures applied .....                                                                                                    | 323 |

|             |                                                                                                                                                                       |     |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Table 10.2: | Attribution of German national categories of N fertilizers to SNAP categories .....                                                                                   | 324 |
| Table 10.3: | Mineral fertilizers, $\text{NH}_3$ emission factors as functions of spring temperature $t_s$ ( $t_s$ in °C) for the<br>fertilizer categories applied in Germany ..... | 325 |
| Table 10.4: | Sewage sludge applied within agriculture (in $\text{Gg a}^{-1}$ dry matter) (statistical data).....                                                                   | 333 |
| Table 10.5: | Sewage sludge, nitrogen content (in $\text{g kg}^{-1}$ N, related to dry matter) (statistical data).....                                                              | 333 |
| Table 10.6: | Cultures with fertilizers, related tables provided with the data CD.....                                                                                              | 337 |
| Table 11.1: | Cultures without fertilizers, calculation procedures applied .....                                                                                                    | 338 |
| Table 11.2: | Crop residues (agricultural crops), data used to calculate $\text{N}_2\text{O}$ and $\text{N}_2$ emissions.....                                                       | 348 |
| Table 11.3: | Crop residues (horticultural crops), data used to calculate $\text{N}_2\text{O}$ and $\text{N}_2$ emissions .....                                                     | 348 |
| Table 11.4: | Soils, 2010, intercomparison of $\text{N}_2\text{O}$ implied emission factors .....                                                                                   | 355 |
| Table 11.5: | Cultures without fertilizers, related tables provided with the data CD.....                                                                                           | 355 |
| Table 12.1: | Fractions $\text{Frac}_x$ , related tables provided with the data CD.....                                                                                             | 360 |
| Table 12.2: | Fractions $\text{Frac}_x$ , 2010, intercomparison of fractions explaining direct and indirect $\text{N}_2\text{O}$ emissions..                                        | 361 |
| Table 13.1: | Manure management: Uncertainties (standard error/ half the 95 % confidence interval) of the IEF for<br>$\text{NH}_3$ (%) .....                                        | 369 |
| Table 13.2: | Uncertainty calculation for the German agricultural GHG inventory .....                                                                                               | 372 |
| Table 13.3: | Uncertainty calculation for the German agricultural ammonia inventory .....                                                                                           | 375 |

## Abbreviations and acronyms / Abkürzungen und Akronyme

For symbols of entities used in equations as well as units and definitions see Chapter 3.1. Chapter 3.1.also provides a list of all German federal states.

Für Gleichungssymbole, Einheiten und Definitionen wird auf Kapitel 3.1 verwiesen. Dort findet sich auch eine Zusammenstellung der deutschen Bundesländer.

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                     |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.A             | Source category enteric fermentation                                                                                                                                                                                                                                                                        | Quellgruppe Verdauung                                                               |
| 4.B             | Source category manure management                                                                                                                                                                                                                                                                           | Quellgruppe Wirtschaftsdünger-Management                                            |
| 4.D             | Source category agricultural soils                                                                                                                                                                                                                                                                          | Quellgruppe landwirtschaftliche Böden                                               |
| AC              | activities                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Aktivitäten                                                                         |
| ADR             | German working group on cattle breeding                                                                                                                                                                                                                                                                     | Arbeitsgemeinschaft der Rinderzüchter Deutschlands                                  |
| AHL             | ammonium nitrate solution                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung                                                     |
| AI              | additional information                                                                                                                                                                                                                                                                                      | zusätzliche Informationen                                                           |
| AK              | Institute of Climate-Smart Agriculture (former Institute of Agricultural Climate Research)                                                                                                                                                                                                                  | Institut für Agrarklimaschutz (ehemals: Institut für Agrarrelevante Klimaforschung) |
| ANS             | ammonium nitrate solution                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung                                                     |
| AOE             | Institute of Agroecology,                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Institut für Agrarökologie, aktueller Name: AK                                      |
| B.U.T.          | British United Turkeys Ltd.                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Britische Putenvereinigung mbH                                                      |
| BB              | Brandenburg (German federal state)                                                                                                                                                                                                                                                                          | Brandenburg                                                                         |
| BImSchG         | Federal law on immission control                                                                                                                                                                                                                                                                            | Bundes-Immissionsschutzgesetz                                                       |
| BMELF           | Federal Ministry of Food, Agriculture and Forestry                                                                                                                                                                                                                                                          | Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten                         |
| BMELV           | Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection                                                                                                                                                                                                                                               | Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz              |
| BMU             | Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety                                                                                                                                                                                                                                | Bundesministerium für Umwelt                                                        |
| BW              | Baden-Württemberg (German federal state)                                                                                                                                                                                                                                                                    | Baden-Württemberg                                                                   |
| BY              | Bavaria (German federal state)                                                                                                                                                                                                                                                                              | Bayern                                                                              |
| CEIP            | EMEP Centre on Emission Inventories and Projections                                                                                                                                                                                                                                                         | EMEP Center für Emissionsinventare und Projektionen                                 |
| CH <sub>4</sub> | Methane                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Methan                                                                              |
| CLRTAP          | Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution                                                                                                                                                                                                                                                        | Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverschmutzung               |
| CO <sub>2</sub> | Carbon Dioxide                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Kohlenstoffdioxid                                                                   |
| CORINAIR        | Core Inventory of Air emissions (European inventory and data base for air emissions)                                                                                                                                                                                                                        | Europäisches Luftemissionsinventar und –datenbanksystem                             |
| CRF             | Common reporting format (Green house gas emission reporting)<br><a href="http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_httpsubmissions/items/6598.php">http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_httpsubmissions/items/6598.php</a> | Berichtsformat für die Treibhausgas-Emissionsberichterstattung                      |
| DE              | digestable energy                                                                                                                                                                                                                                                                                           | verdauliche Energie                                                                 |
| DESTATIS        | Federal Statistical Office                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Statistisches Bundesamt                                                             |
| DLG             | German Agricultural Society                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft                                               |
| DOM             | digestibility of organic matter                                                                                                                                                                                                                                                                             | Verdaulichkeit der organischen Substanz                                             |
| DWA             | German Association for Water, Wastewater and Waste                                                                                                                                                                                                                                                          | Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.                 |
| DWD             | Germany's National Meteorological Service                                                                                                                                                                                                                                                                   | Deutscher Wetter Dienst                                                             |

|         |                                                                                                                                               |                                                                                                                                             |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EAGER   | European Agricultural Gaseous Emissions Inventory Researchers Network, <a href="http://eager.ch">http://eager.ch</a>                          | Europäische wissenschaftliche Arbeitsgruppe zu gasförmigen Emissionen aus der Landwirtschaft, <a href="http://eager.ch">http://eager.ch</a> |
| EEA     | European Environment Agency                                                                                                                   | Europäische Umweltagentur (EUA)                                                                                                             |
| EMEP    | European Monitoring and Evaluation Program (co-operation to solve transboundary air pollution problems)                                       | Europäisches Programm zu Überwachung und Minderung grenzüberschreitender Luftverschmutzung                                                  |
| EU      | European Union                                                                                                                                | Europäische Union                                                                                                                           |
| FAL     | Federal Agricultural Research Centre                                                                                                          | Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft                                                                                                  |
| FAL-TZ  | FAL Institute of Animal Breeding, current name: FLI-ING                                                                                       | FAL-Institut für Tierzucht, aktueller Name: FLI-ING                                                                                         |
| FLI     | Friedrich-Loeffler-Institute, Federal Research Institute for Animal Health                                                                    | Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit                                                                    |
| FLI-ING | FLI Institute of Farm Animal Genetics                                                                                                         | FLI-Institut Nutztiergenetik                                                                                                                |
| Frac    | Fraction                                                                                                                                      | Relativer Anteil                                                                                                                            |
| FS      | Technical serial of StatBA and StatLA                                                                                                         | Fachserie der StatBA und StatLA                                                                                                             |
| FYM     | Farm yard manure                                                                                                                              | Wirtschaftsdünger                                                                                                                           |
| GAS-EM  | Inventory model „Gaseous Emissions“                                                                                                           | Inventar-Modell „Gasförmige Emissionen“                                                                                                     |
| GE      | gross energy                                                                                                                                  | Brutto-Energie                                                                                                                              |
| GfE     | Society of Nutrition Physiology                                                                                                               | Gesellschaft für Ernährungsphysiologie                                                                                                      |
| GHG     | greenhouse gas                                                                                                                                | Treibhausgas                                                                                                                                |
| GWP     | Global warming potential                                                                                                                      | Erderwärmungspotential                                                                                                                      |
| HE      | Hesse (German federal state)                                                                                                                  | Hessen                                                                                                                                      |
| HIT     | origin verification and information system for animals                                                                                        | Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere                                                                                       |
| IEF     | Implied Emission Factor                                                                                                                       | aggregierter Emissionsfaktor                                                                                                                |
| IGEM    | Interest group for asses and mules                                                                                                            | Interessengemeinschaft für Esel und Maultiere                                                                                               |
| IGZ     | Institute of vegetable and ornamental plant cultivation                                                                                       | Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau                                                                                                    |
| IPCC    | Intergovernmental Panel on Climate Change                                                                                                     | Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen                                                                                           |
| IUPAC   | International Union of Pure and Applied Chemistry                                                                                             | Internationale Union für reine und angewandte Chemie                                                                                        |
| IUPAP   | International Union of Pure and Applied Physics                                                                                               | Internationale Union für reine und angewandte Physik                                                                                        |
| KTBL    | Association for Technology and Structures in Agriculture                                                                                      | Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft                                                                                   |
| LFBG    | Law code on food and animal feed                                                                                                              | Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch                                                                                                    |
| LfL     | Bavarian State Research Center for Agriculture                                                                                                | Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft                                                                                                 |
| LR      | Institute of Rural Studies                                                                                                                    | Institut für Ländliche Räume                                                                                                                |
| LULUCF  | Land Use and Land Use Change                                                                                                                  | Landnutzung und Landnutzungsänderung                                                                                                        |
| LWK     | Chamber of Agriculture                                                                                                                        | Landwirtschaftskammer                                                                                                                       |
| LZ2010  | survey for the agricultural census in 2010                                                                                                    | Landwirtschaftszählung 2010                                                                                                                 |
| MCF     | methane conversion factor                                                                                                                     | Methan-Umwandlungsfaktor                                                                                                                    |
| ME      | metabolizable energy                                                                                                                          | umsetzbare Energie                                                                                                                          |
| MEG     | media service on poultry                                                                                                                      | Mediendienst Geflügel                                                                                                                       |
| MLF     | Dairy concentrate                                                                                                                             | Milchleistungsfutter                                                                                                                        |
| MNULV   | Ministry for Climate Protection, Environment, Agriculture, Nature Conservation and Consumer Protection of the State of North Rhine-Westphalia | Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen                            |
| MV      | Mecklenburg-Western Pomerania (German federal state)                                                                                          | Mecklenburg-Vorpommern                                                                                                                      |

|                  |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                  |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N                | nitrogen                                                                                                                                                                                             | Stickstoff                                                                                                       |
| N <sub>2</sub>   | dinitrogen                                                                                                                                                                                           | Distickstoff                                                                                                     |
| N <sub>2</sub> O | nitrous nitrogen (laughing gas)                                                                                                                                                                      | Distickstoffmonoxid (Lachgas)                                                                                    |
| NA               | notation key „not applicable“                                                                                                                                                                        | Notationsschlüssel „nicht anwendbar“                                                                             |
| NaKo             | National Co-ordination Agency (Single Entity)                                                                                                                                                        | Nationale Koordinierungsstelle                                                                                   |
| NaSE             | National System of Emissions Inventories                                                                                                                                                             | Nationales System Emissionsinventare                                                                             |
| NE               | notation key „not estimated“                                                                                                                                                                         | Notationsschlüssel „nicht berechnet“                                                                             |
| NFR              | Nomenclature for Reporting (reporting of air pollutant emissions)<br><a href="http://www.ceip.at/overview-of-submissions-under-clrtap/">http://www.ceip.at/overview-of-submissions-under-clrtap/</a> | Berichtsformat für die Luftschadstoffe-Emissionsberichterstattung                                                |
| NH <sub>3</sub>  | ammonia                                                                                                                                                                                              | Ammoniak                                                                                                         |
| NH <sub>4</sub>  | ammonium                                                                                                                                                                                             | Ammonium                                                                                                         |
| NI               | Lower Saxony (German federal state)                                                                                                                                                                  | Niedersachsen                                                                                                    |
| NIR              | National Inventory Report                                                                                                                                                                            | Nationaler Inventarbericht                                                                                       |
| NMVO             | Non-Methane Volatile Organic Compounds                                                                                                                                                               | Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan                                                                    |
| NO               | notation key „not occurring“                                                                                                                                                                         | Notationsschlüssel „nicht vorkommend“                                                                            |
| NO <sub>3</sub>  | nitrate                                                                                                                                                                                              | Nitrat                                                                                                           |
| NW               | North Rhine-Westphalia (German federal state)                                                                                                                                                        | Nordrhein-Westfalen                                                                                              |
| PM               | particulate matter                                                                                                                                                                                   | Staub                                                                                                            |
| QK               | quality control                                                                                                                                                                                      | Qualitätskontrolle                                                                                               |
| QM               | quality management                                                                                                                                                                                   | Qualitätsmanagement                                                                                              |
| QS               | quality assurance                                                                                                                                                                                    | Qualitätssicherung                                                                                               |
| QSE              | Quality System for Emissions Inventories                                                                                                                                                             | Qualitäts-System Emissionsinventare                                                                              |
| R                | series of the StatBA and StatLA                                                                                                                                                                      | Reihe der StatBA und StatLA                                                                                      |
| RAM              | diet with reduced nitrogen contents                                                                                                                                                                  | Rohprotein-Angepasste-Mischung                                                                                   |
| RAUMIS           | regionalised information system for agriculture and environment in Germany                                                                                                                           | Regionalisiertes Agrar- und UmweltInformationssystem für Deutschland                                             |
| RHG              | Raiffeisen cooperative Hanover                                                                                                                                                                       | Raiffeisen Hauptgenossenschaft Hannover                                                                          |
| RMD              | Report on Methods and data                                                                                                                                                                           | Report zu Methoden und Daten                                                                                     |
| RP               | Rhineland-Palatinate (German federal state)                                                                                                                                                          | Rheinland-Pfalz                                                                                                  |
| SH               | Schleswig-Holstein (German federal state)                                                                                                                                                            | Schleswig-Holstein                                                                                               |
| SI               | International system of units                                                                                                                                                                        | Internationales Einheitensystem                                                                                  |
| SL               | Saarland (German federal state)                                                                                                                                                                      | Saarland                                                                                                         |
| SN               | Saxony (German federal state)                                                                                                                                                                        | Sachsen                                                                                                          |
| SNAP             | sources as classified in the Selected Nomenclature for Air Pollutants                                                                                                                                | Emittenten in der Ordnung der Selected Nomenclature for Air Pollutants                                           |
| ST               | Saxony-Anhalt (German federal state)                                                                                                                                                                 | Sachsen-Anhalt                                                                                                   |
| StatBA           | Federal Statistical Office                                                                                                                                                                           | Statistisches Bundesamt                                                                                          |
| StatLA           | Federal State Statistical Office                                                                                                                                                                     | Statistisches Landesamt                                                                                          |
| StMELF           | Bavarian State ministry for Nutrition, Agriculture and Forestry                                                                                                                                      | Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten                                          |
| StSt             | So-called City States: Berlin, Bremen and Hamburg (expressed as sum or weighted mean of the respective StSt) (German federal state)                                                                  | Stadtstaaten: Berlin, Bremen und Hamburg (ausgedrückt als Summe oder gewichtetes Mittel der entsprechenden StSt) |



|        |                                                                                                                                                      |                                                                                                                                          |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TAN    | total ammonia nitrogen                                                                                                                               | Ammonium-Stickstoff                                                                                                                      |
| TH     | Thuringia (German federal state)                                                                                                                     | Thüringen                                                                                                                                |
| TI     | Johann Heinrich von Thünen-Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries (abbreviated designation: Thünen Institute) | Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (Kurzbezeichnung: Thünen-Institut) |
| TSP    | Total suspended particulate matter                                                                                                                   | Gesamt-Schwebstaub                                                                                                                       |
| UAN    | Urea Ammonium Nitrate                                                                                                                                | Harnstoff/Ammoniumnitrat                                                                                                                 |
| UBA    | Federal Environment Agency                                                                                                                           | Umweltbundesamt                                                                                                                          |
| UFOP   | Union for the Promotion of Oil and Protein Plants e.V.                                                                                               | Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V.                                                                                    |
| UK     | United Kingdom (S. 244)                                                                                                                              | Großbritannien                                                                                                                           |
| UNFCCC | United Nations Framework Convention on Climate Change                                                                                                | Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen                                                                          |
| VDL    | association of German sheep breeding organizations                                                                                                   | Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände                                                                                           |
| vTI    | former abbreviation of the TI                                                                                                                        | frühere Abkürzung für das TI                                                                                                             |
| XP     | crude protein                                                                                                                                        | Rohprotein                                                                                                                               |
| ZMP    | Central Marketing and Price Reporting Unit for Products of Agriculture, Forestry and the Food Industry                                               | Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH                                  |

## 1 Introduction / Einführung

In Europe, gaseous and particulate emissions from agriculture have been subject to both national and international regulations, as they adversely affect

- the energy dynamics of the atmosphere (physical climate),
- the formation of tropospheric and the destruction of stratospheric ozone,
- the amount of formation of secondary aerosols,
- terrestrial and aquatic ecosystems due to atmospheric inputs of acidity and nutrients (acidification and eutrophication),
- human health and welfare and
- reduce atmospheric visibility.

These international regulations (protocols etc.) are the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC<sup>5</sup>), the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP<sup>6</sup>), and within the European Union the Directive of the European Parliament and of the Council on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants (NEC Directive<sup>7</sup>).

The forementioned conventions require annual calculations of the emissions of the respective gases and air pollutants. The results have to be documented in an emission inventory and to be reported to the organisations in charge.

The German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) is responsible for the entire German emission reporting. However, the sector "Agriculture" is dealt with under the aegis of the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV). BMELV has charged the Institute for Climate-Smart Agriculture (AK) (the former Institute of Agricultural Climate Research) of the Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI) with the establishment of the annual agricultural emission inventory where only emissions from agricultural animal husbandry and from managed agricultural soils are regarded as agricultural emissions.<sup>8</sup>

The requirements for the preparation of the inventory as well as the emission reporting process are described for green house gases (especially methane and laughing gas) in the IPCC Guidelines (IPCC, 1996, 2006) and the Good Practice Guidance IPCC (2000). For air pollutants the respective methods and rules are provided in the Emission Inventory Guidebook (EMEP/EEA, 2009).

Gasförmige und partikelförmige Emissionen aus der Landwirtschaft sind in Europa wegen

- ihrer Bedeutung für Änderungen des physikalischen Klimas (Wärmehaushalt der Atmosphäre),
  - ihrer Einflüsse auf die Bildung troposphärischen und den Abbau stratosphärischen Ozons,
  - ihrer Rolle bei der Bildung von Sekundäraerosolen,
  - der versauernden und eutrophierenden Wirkung ihrer Reaktionsprodukte auf terrestrische und aquatische Ökosysteme (Stoffhaushalt der Biosphäre),
  - der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit
  - sowie der Verringerung der Sichtweite
- zum Gegenstand nationaler und internationaler gesetzlicher Regelungen geworden.

Hierbei handelt es sich um die Klimarahmenkonvention (UN Framework Convention on Climate Change, UNFCCC<sup>5</sup>), die Konvention zur Verminderung und Vermeidung grenzüberschreitender Luftverunreinigungen (UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, CLRTAP<sup>6</sup>) sowie in der Europäischen Union um die Festlegung von Emissionsobergrenzen für einige Stoffe, u. a. Ammoniak (NEC-Richtlinie<sup>7</sup>).

Im Rahmen dieser internationalen Abkommen müssen die nationalen Emissionen der entsprechenden Gase und Luftschadstoffe jährlich berechnet und in Form des Emissionsinventars an die zuständigen Organisationen übermittelt werden.

Die Verantwortung für die gesamte deutsche Emissionsberichterstattung liegt beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Dabei unterliegt der Bereich Landwirtschaft der Federführung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV). Das BMELV hat das Institut für Agrarklimaschutz (AK) (vormals Institut für agrarrelevante Klimaforschung) des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (TI) mit der Erstellung des jährlichen landwirtschaftlichen Emissionsinventars beauftragt. In diesem Zusammenhang werden nur die Emissionen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung und den bewirtschafteten Nutzflächen berichtet.<sup>8</sup>

Die Anforderungen an die Erstellung von Emissionsinventaren sowie die Emissionsberichterstattung werden für Treibhausgase (insbesondere Methan und Lachgas) in den IPCC Guidelines (IPCC, 1996, 2006) und der Good Practice Guidance IPCC (2000) sowie für Schadstoffe wie Ammoniak und Stäube im Emission Inventory Guidebook (EMEP/EEA, 2009) beschrieben.

<sup>5</sup> UN Framework Convention on Climate Change aus dem Jahr 1992 – daraus abgeleitet das Kyoto Protocol on the reduction of greenhouse gas emissions of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC's, PFC's and SF<sub>6</sub> – Siehe auch: <http://unfccc.int>

<sup>6</sup> UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (LRTAP) aus dem Jahre 1979 – Siehe auch: <http://www.unece.org/env/lrtap/>

<sup>7</sup> Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants, Official Journal of the European Communities L 309/22, 27.11.2001

<sup>8</sup> CO<sub>2</sub> emissions from liming are reported in the category "landuse, landuse change and forestry" (LULUCF). Emissions from activities preceding agriculture (e.g. the production and transport of mineral fertilizers), emissions from vehicles (including tractors) or stationary installations are dealt with under the categories "production processes", "other mobile sources" and "non-industrial combustion plants".

The basic requirements with respect to the level of complexity to be applied for the emission calculations are predominantly determined by key source analysis. An emission source is a key source when it significantly contributes in amount, trend or uncertainty to the national total emission (IPCC, 2000, Chapter 7; EMEP, 2009, Chapter 2). Emissions from key sources have to be determined with detailed methods. Also with respect to policy advice (cf. Dämmgen et al., 2006; Gauger et al., 2006) there is increasing interest in emission calculation methods as detailed as possible, for only detailed methods allow for the identification and assessment of options for emission mitigation.

On this account, the methods for the calculation of emissions from the German agriculture have been continually improved during the past years for the sector of animal husbandry. The development of methods also used results obtained from an international comparison of methods between neighboured countries (EAGER). All methods used at present for the calculation of emissions from German agricultural animal husbandry satisfy or partly exceed by far the basic requirements specified in the guidelines.

Work is in progress in various research projects in order to improve also the calculations of green house gas emissions from agricultural soils. At the time being, these calculations can be performed only with the rather simple methods provided in the guidelines, even though the emissions from agricultural soils represent remarkable contributions to the national total of green house gas emissions from agriculture.

The quality of the emission calculation has to satisfy high demands: emission calculations and emission reporting must be transparent; the results must be comparable to those of other countries; the reported times series must be consistent; the emission calculations must be complete, i. e. take into account all relevant sources and sinks of emissions; the uncertainties of the emissions calculated must be determined. Responsibilities, procedures and the implementation of the international requirements for the quality management within the framework of emission inventory preparation at TI are described in two specific documents which, at the time being, are available in German only (for the references see German text in the right column). These documents deal describe in detail the concept of the preparation of green house gas inventories for the source and sink sectors 4 (agriculture) and 5 (LULUCF) within the responsibility of BMELV and the quality management for these two source and sink sectors.

The report at hand which replaces the report of the previous year documents calculation methods, data and emission results of the present emission reporting submission. The report serves as additional document to the National Inventory Report (NIR) on the German green house gas emissions and the Informative Inventory Report (IIR), the latter reporting on a national level on German emissions of air pollutants (especially ammonia).<sup>10</sup>

Die Mindestanforderungen an den Detaillierungsgrad der Emissionsberechnung werden vorrangig durch die Hauptquellgruppenanalyse bestimmt. Als Hauptquellgruppen werden diejenigen Quellgruppen bezeichnet, die wesentliche Anteile zu Höhe, Trend oder Unsicherheit der nationalen Gesamtemissionen beitragen (IPCC, 2000, Kapitel 7; EMEP, 2009, Kapitel 2). Für Hauptquellgruppen besteht die Verpflichtung, detaillierte Berechnungsmethoden anzuwenden. Auch im Rahmen der Politikberatung (vgl. Dämmgen et al., 2006; Gauger et al., 2006) besteht ein zunehmendes Interesse an möglichst detaillierten Berechnungsmethoden, um Optionen zur Emissionsminderung aufdecken und prüfen zu können.

Daher wurden in den vergangenen Jahren die Methoden zur Berechnung von Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft im Bereich der Tierhaltung beständig weiterentwickelt. Dabei wurden auch Ergebnisse einbezogen, die im internationalen Vergleich benachbarter Staaten erarbeitet wurden (EAGER). Die gegenwärtig im Bereich der Tierhaltung verwendeten Emissionsberechnungsmethoden erfüllen die in den Richtlinien festgelegten Mindestanforderungen an den Detaillierungsgrad und gehen teilweise weit über darüber hinaus.

Aktuell laufende Forschungsprojekte sollen dazu beitragen, auch die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden verbessern zu können. Diese Berechnungen können derzeit trotz des großen Beitrags der landwirtschaftlichen Bodennutzung zu den Gesamt-Treibhausgasemissionen aus der deutschen Landwirtschaft nur mit den in den Regelwerken vorgegebenen sehr einfachen Methoden erfolgen.

An die Qualität der Emissionsberechnung werden hohe Ansprüche gestellt. Sie bestehen in der Forderung nach Transparenz der Emissionsberechnung und Berichterstattung, Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit denen anderer Länder, Konsistenz der zu berichtenden Zeitreihen, Vollständigkeit (Einbeziehung aller relevanten Emissionsquellen und -senken) sowie Bestimmung der Genauigkeit der Emissionsergebnisse. Zuständigkeiten, Verfahrensabläufe und Umsetzung der internationalen Anforderungen an das Qualitätsmanagement bei der Erstellung der Emissionsinventare am TI sind im „Konzept zur Erstellung von THG-Emissions- und Kohlenstoffinventaren der Quell- und Senkengruppen 4 und 5 durch das Johann Heinrich von Thünen Institut (vTI) im Zuständigkeitsbereich des BMELV“ (BMELV, 2012) und in der „Ausführungsbestimmung zur Erstellung von Emissions- und Kohlenstoffinventaren und deren Qualitätsmanagement für den Bereich der Quellgruppen 4 und 5“ (vTI, 2012) (Kapitel 3.5) beschrieben.

Der vorliegende Berichtsband, der den Bericht des Vorjahres ersetzt, dokumentiert Berechnungsverfahren, Datenquellen und Emissionsergebnisse der aktuellen Berichterstattung. Er dient als Begleitdokument zum Nationalen Inventarbericht NIR (National Inventory Report) über die deutschen Treibhausgas-Emissionen<sup>9</sup>, und den Informative Inventory Report (IIR), der auf nationaler Ebene über die deutschen Schadstoffemissionen (insbesondere Ammoniak)<sup>10</sup> berichtet.

<sup>9</sup> National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory (NIR),

<http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm>

<sup>10</sup> German Informative Inventory Report (IIR), <http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm>

**Chapter 2** provides an overview of the calculated emission results and discusses the differences to the last-year emission reporting. (The modifications of methods and data underlying the differences between the present submission and the last-year submission are shortly described in Chapter 3.5.2.)

**Chapter 2.4** describes the CD supplement to the report at hand. The CD contains an EXCEL® workbook with the emission results of the current submission along with additional information. The tables given in the EXCEL® workbook are addressed in the text volume in the respective paragraphs of the chapters 4 to 13.

**Chapter 3** describes the basics of the agricultural inventory preparation. Besides an overview of units and definitions, Chapter 3 comprises the choice of methods based on key source analysis, an overview of basic calculation concepts and approaches (including the calculation of projections for 2020), the description of the input data and an overview on the quality management,

**Chapters 4 to 9** describe the emission calculations for the various animal categories. Whenever subcategories are formed, e.g. for “other cattle”, a collective description is given at the end of the description of the category providing the mean properties of the respective category.

**Chapters 10 to 12** deal with the description of emissions from soils, grass land and arable land.

The assessment of the uncertainties of the emission inventory is dealt with in **Chapter 13**.

Due to space limitations in the following text, equations, tables, figures, and maps are presented in an English Version only. For technical reasons, also in the German text related links are named in English, i. e. Table instead of Tabelle, Figure instead of Abbildung, and Map instead of Karte.

**Kapitel 2** gibt einen Überblick über die berechneten Emissionsergebnisse und geht auf die Unterschiede zur letztjährigen Berichterstattung ein. (Die diesen Unterschieden zugrunde liegenden Änderungen bei Berechnungsverfahren und Eingangsdaten werden in Kapitel 3.5.2 kurz beschrieben.)

In **Kapitel 2.4** wird die umfangreiche EXCEL®-Datei der beiliegenden CD erläutert, die die Emissionsergebnisse sowie ergänzende Daten der aktuellen Submission enthält. (In den Kapiteln 4 bis 13 wird an den entsprechenden Stellen auf die in der EXCEL®-Datei enthaltenen Daten verwiesen.)

**Kapitel 3** beschreibt die Grundlagen der landwirtschaftlichen Inventarerstellung. Dieses Kapitel umfasst neben einem Unterkapitel zu Einheiten und Begrifflichkeiten die Methodenauswahl nach Hautquellgruppenanalyse, eine Übersicht über grundlegende Konzepte und Berechnungsansätze (einschl. der Projektionserstellung für 2020), die Beschreibung der eingehenden Daten sowie einen Überblick über das Qualitätsmanagement.

In den **Kapiteln 4 bis 9** wird die Emissionsberechnung aus den verschiedenen Tierkategorien beschrieben. Werden in einer Tierkategorie (z.B. bei Rindern ohne Milchkühe) Unterkategorien gebildet, so folgt am Ende der Beschreibung der jeweiligen Unterkategorien eine Zusammenfassung der mittleren Kenngrößen.

**Kapitel 10 bis 12** enthalten die Beschreibung der Emissionen aus Böden, Grünland und Ackerland.

**Kapitel 13** geht auf die Bestimmung der Unsicherheiten des Emissionsinventars ein.

Aus Platzgründen werden im nachfolgenden Text neben Gleichungslegenden auch Tabellen, Abbildungen und Karten lediglich in englischer Fassung dargestellt. Aus technischen Gründen erfolgen die Verweise auf Table, Figure und Map anstelle von Tabelle, Abbildung und Karte.

## 2 Emission results 2013 / Emissionsergebnisse 2013

In the following, a summary of important results of the emission calculations for the emission reporting 2013 (Submission 2013) from German agriculture is presented. The results mainly pertain to the time series 1990 to 2011, but also to the projection for the year 2020. The overview is restricted to CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and NH<sub>3</sub> from emission sources covered by the emission reporting for the sector “Agriculture”, i. e. animal husbandry and managed agricultural soils. CO<sub>2</sub> from liming is reported elsewhere in the sector “Landuse, Landuse Change and Forestry”. Emissions from industrial processes associated with agriculture (e. g. fertilizer production) as well as emissions from energy consumption by agriculture are also reported elsewhere. More detailed information on input data and emission results is provided in the chapters beginning with chapter 4 and on the CD supplement to the report at hand (see Chapter 2.4).

Chapter 2 provides an overview of the calculated emission results and discusses the differences to the last-year emission reporting. (The modifications of methods and data underlying the differences between the present submission and the last-year submission are shortly described in Chapter 3.5.2.)

As the uncertainties of the GHG and the NH<sub>3</sub> inventories will not be dealt with in the following, the reader is referred to Chapter 13.

Im Folgenden wird eine Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse der Emissionsberechnungen für die Berichterstattung 2013 (Submission 2013) aus der deutschen Landwirtschaft gegeben, wobei es zum Einen um die Zeitreihe 1990 bis 2011 geht, zum Anderen um die Projektion für das Jahr 2020. Die Übersicht beschränkt sich auf CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und NH<sub>3</sub> aus dem Bereich, der durch die Berichterstattung im Berichtssektor „Landwirtschaft“ abgedeckt wird, d. h. die Nutztierhaltung und landwirtschaftlich genutzte Böden, ohne CO<sub>2</sub> aus Kalkung (siehe dazu Sektor „Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft“) und ohne Emissionen aus Vorleistungsbereich und Energieverbrauch, die ebenfalls in gesonderten Sektoren berichtet werden. Umfassendere Informationen zu Eingangsdaten und Emissionsergebnissen finden sich ab Kapitel 4 und auf der beiliegenden Daten-CD (siehe Kapitel 2.4).

Kapitel 2 gibt einen Überblick über die berechneten Emissionsergebnisse und geht auf die Unterschiede zur letztjährigen Berichterstattung ein. (Die diesen Unterschieden zugrunde liegenden Änderungen bei Berechnungsverfahren und Eingangsdaten werden in Kapitel 3.5.2 kurz beschrieben.)

Hinsichtlich der Unsicherheit von Treibhausgas- und NH<sub>3</sub>-Gesamtinventar wird auf Kapitel 13 verwiesen.

### 2.1 CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions / CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen

Figure 2.1 displays the time series of trace gas emissions of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from German agriculture calculated for the years 1990 to 2011. The results are given for the four source sectors enteric fermentation, manure management and soils. The underlying data are presented in Table 2.1.

In addition, results are presented for the projection year 2020. The projections for 2020 were calculated based on the data provided in Chapter 3.3.6.

Figure 2.1 zeigt die für die Jahre 1990 bis 2011 berechnete Zeitreihe der Treibhausgas-Emissionen von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der deutschen Landwirtschaft, gegliedert nach den Quellenbereichen Verdauung, Wirtschaftsdünger-Management und Böden. Die zugrunde liegenden Daten sind Table 2.1 zu entnehmen.

Ergänzt wird die Zeitreihe durch die Ergebnisse der Projektion für das 2020. Die Projektion für 2020 wurde auf Grundlage der Vorgaben in Kapitel 3.3.6 erstellt.

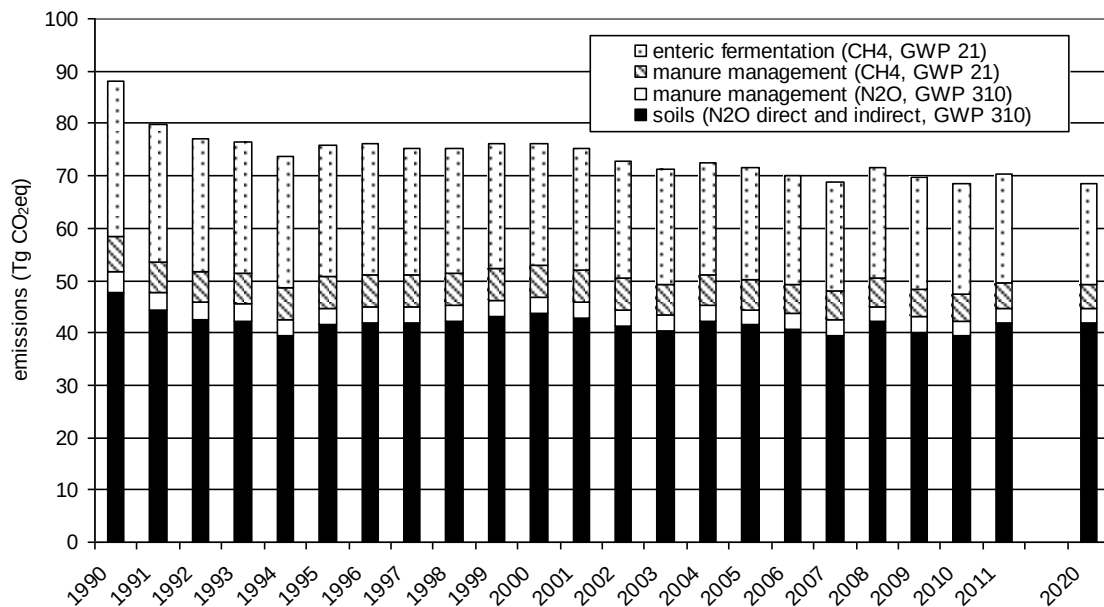


Figure 2.1: Annual THG emissions from German agriculture and projections for 2020 (Submission 2013)

Table 2.1: Emissions of CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O from German agriculture for 1990 - 2011 in Gg CO<sub>2</sub>-eq, Submission 2013  
(GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub> = 21, GWP<sub>N<sub>2</sub>O</sub> = 310)

| year | Total GHG emissions<br>from German<br>agriculture | CH <sub>4</sub><br>enteric fermentation | CH <sub>4</sub><br>manure management | N <sub>2</sub> O<br>manure management | N <sub>2</sub> O<br>soils |
|------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| 1990 | 87.963                                            | 29.561                                  | 6.698                                | 3.919                                 | 47.785                    |
| 1991 | 79.769                                            | 26.146                                  | 5.948                                | 3.479                                 | 44.196                    |
| 1992 | 77.019                                            | 25.285                                  | 5.894                                | 3.426                                 | 42.414                    |
| 1993 | 76.439                                            | 25.112                                  | 5.843                                | 3.428                                 | 42.055                    |
| 1994 | 73.736                                            | 25.001                                  | 6.130                                | 3.210                                 | 39.394                    |
| 1995 | 75.866                                            | 25.017                                  | 6.076                                | 3.217                                 | 41.556                    |
| 1996 | 76.088                                            | 24.965                                  | 6.112                                | 3.234                                 | 41.777                    |
| 1997 | 75.220                                            | 24.192                                  | 6.003                                | 3.154                                 | 41.872                    |
| 1998 | 75.243                                            | 23.784                                  | 6.124                                | 3.091                                 | 42.244                    |
| 1999 | 76.170                                            | 23.771                                  | 6.094                                | 3.068                                 | 43.236                    |
| 2000 | 76.021                                            | 23.158                                  | 5.950                                | 3.055                                 | 43.858                    |
| 2001 | 75.303                                            | 23.383                                  | 6.029                                | 3.119                                 | 42.772                    |
| 2002 | 72.783                                            | 22.470                                  | 5.886                                | 3.048                                 | 41.378                    |
| 2003 | 71.275                                            | 22.094                                  | 5.866                                | 3.026                                 | 40.289                    |
| 2004 | 72.414                                            | 21.475                                  | 5.700                                | 2.968                                 | 42.271                    |
| 2005 | 71.423                                            | 21.315                                  | 5.666                                | 2.975                                 | 41.468                    |
| 2006 | 69.896                                            | 20.803                                  | 5.485                                | 2.922                                 | 40.686                    |
| 2007 | 68.752                                            | 20.794                                  | 5.439                                | 2.934                                 | 39.585                    |
| 2008 | 71.624                                            | 21.185                                  | 5.413                                | 2.943                                 | 42.083                    |
| 2009 | 69.618                                            | 21.198                                  | 5.348                                | 2.939                                 | 40.134                    |
| 2010 | 68.365                                            | 21.003                                  | 5.128                                | 2.880                                 | 39.354                    |
| 2011 | 70.360                                            | 20.693                                  | 4.983                                | 2.812                                 | 41.872                    |

Total CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions from German agriculture exhibit a decreasing trend (-20 % since 1990). The emission reduction consists of the following partial reductions:

- 8.869 Gg CO<sub>2</sub> equivalents (-30,0%) as CH<sub>4</sub> from enteric fermentation,
- 2.821 Gg CO<sub>2</sub> equivalents (-26,6%) as CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from manure management and
- 5.913 Gg CO<sub>2</sub> equivalents (-12,4%) as N<sub>2</sub>O from agricultural soils..

Die Gesamtemissionen von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der deutschen Landwirtschaft weisen einen abnehmenden Trend auf (-20 % seit 1990). Diese Emissionsminderung setzt sich wie folgt zusammen:

- 8.869 Gg CO<sub>2</sub>-Äquivalente (-30,0%) als CH<sub>4</sub> aus der Verdauung,
- 2.821 Gg CO<sub>2</sub>-Äquivalente (-26,6%) als CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdüngermanagement und
- 5.913 Gg CO<sub>2</sub>-Äquivalente (-12,4%) als N<sub>2</sub>O aus landwirtschaftlich genutzten Böden.

In 2011 the percentage of greenhouse gas emissions (in CO<sub>2</sub> equivalents) from German agriculture caused by soils (N<sub>2</sub>O) amounted to 59.5 %, while the percentage of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation was 29.4 % (1990: 54.3 % and 33.6 % respectively). The remaining 11.1 % (1990: 12.1 %) are caused by the manure management (CH<sub>4</sub> + N<sub>2</sub>O) with the ratio of CH<sub>4</sub> to N<sub>2</sub>O of 2 to 1 (in CO<sub>2</sub> equivalents).

In 2011 the GHG emissions from the emission sector “Agriculture” were 1.995 Gg CO<sub>2</sub>-eq (+ 2.9%) higher than in 2010. While the emissions from enteric fermentation and manure management kept decreasing, the emissions from N input into soils exceeded the 2010 emissions due to markedly higher amounts of mineral fertilizers sold.

Figure 2.2 shows the decrease of the emissions from manure management since 1990. In 2011 the CH<sub>4</sub> emissions were lower than in 1990 by 29.2 %, the N<sub>2</sub>O emissions are lower by 28.2 %.

Im Jahr 2011 betrug der Anteil des N<sub>2</sub>O aus Böden an den Treibhausgasmissionen aus der deutschen Landwirtschaft in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten 59,5 %, während der Anteil von CH<sub>4</sub> aus der tierischen Verdauung bei 29,4 % lag (1990: 54,3 % bzw. 33,6 %). Die restlichen 11,1 % (1990: 12,1 %) entfielen auf das Wirtschaftsdünger-Management (CH<sub>4</sub> + N<sub>2</sub>O) bei einem Verhältnis von CH<sub>4</sub> zu N<sub>2</sub>O in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten von ca. 2:1.

2011 lagen die THG-Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft um 1,995 Gg CO<sub>2</sub>-Äquivalente (+ 2,9%) höher als 2010. Während die Emissionen aus der Verdauung und dem Wirtschaftsdüngermanagement weiterhin rückläufig waren, überstiegen die Emissionen durch N-Eintrag in Böden wegen deutlich erhöhter Mineraldüngerverkäufe den Wert von 2010.

Figure 2.2 zeigt die Abnahme der Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management seit 1990. Die CH<sub>4</sub>-Emissionen lagen 2011 um 29,2 % niedriger als 1990, die N<sub>2</sub>O-Emissionen um 28,2 %.

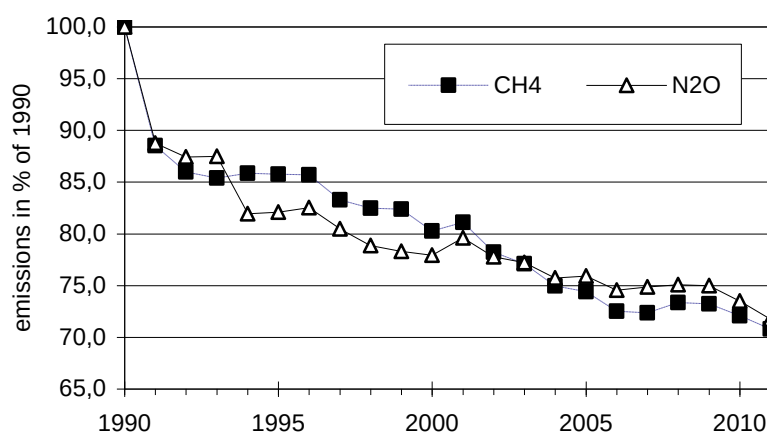


Figure 2.2: Development of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from manure management in % of 1990, Submission 2013

The decrease of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from animal husbandry is partly due to the decrease of animal numbers of dairy cows and other cattle. Figure 2.3 shows the development of animal numbers of dairy cows, other cattle and pigs. These categories are responsible for (almost constant over the years since 1990) about 97 % of total CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from animal husbandry (dairy cows ca. 50 %; other cattle ca. 37 %; pigs ca. 10 %). The continued decrease of the numbers of dairy cows and other cattle as well as the increase of pig numbers after 1995 is obvious. The marked increase of pig numbers from 2010 to 2011 is partly due to the fact that the Federal Statistical Agency modified the survey regulations so that in 2011 also pigs are considered which are fattened by companies without agricultural land.

An overview of the animal numbers covering all categories relevant to emission reporting can be found in Table 3.6, Chapter 3.4.2.

Die Abnahme der CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Tierhaltung ist zum Teil auf die Abnahme der Tierzahlen bei Milchkühen und übrigen Rindern zurück zu führen. Figure 2.3 zeigt den Verlauf der Tierzahlen für Milchkühe, andere Rinder und Schweine, die über die Jahre weitgehend konstant rund 97 % der Gesamtemissionen an CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der Tierhaltung verursachten (Milchkühe ca. 50%; übrige Rinder ca. 37 %; Schweine ca. 10 %). Deutlich zu erkennen sind der abnehmende Trend bei Milchkühen und übrigen Rindern, sowie der Wiederanstieg bei den Schweinen ab 1995. Der deutliche Anstieg der Schweinezahlen von 2010 zu 2011 geht zum Teil darauf zurück, dass das Statistische Bundesamt bis 2010 nicht erfasste landlose Mastbetriebe in die Erfassung 2011 einbezogen hat.

Eine Übersicht über die Tierzahlen aller in der Berichterstattung auftretenden Tierkategorien findet sich in Table 3.6 in Kapitel 3.4.2.

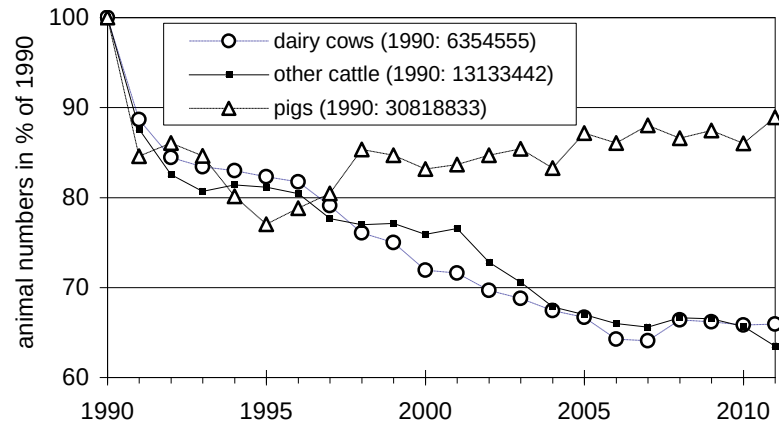


Figure 2.3: Development of animal numbers (dairy cows, other cattle and pigs) in % of 1990, Submission 2013

An additional reason for the decrease of the CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from animal husbandry since 1990 is the increasing impact of the anaerobic digestion of slurry and the partly gastight storage of the residues especially since 2004 (see chapter 3.3.4.4). Table 2.2 and Table 2.3 show the amounts of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O not emitted due to anaerobic digestion of slurry and partly gastight residue storage. These tables also give the percentages of these amounts in relation to the total emissions from manure management to be obtained in the absence of anaerobic digestion. (Note: Due to data processing reasons the emission mitigations shown in Table 2.2 and Table 2.3 represent a slight underestimation, see chapter 3.4.4.1.)

Ein weiterer Grund für den Rückgang der  $\text{CH}_4$ - und  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus der Tierhaltung seit 1990 liegt in der insbesondere ab 2004 zunehmenden Bedeutung der anaeroben Vergärung von Gülle und der teilweise gasdichten Lagerung der Gärreste (siehe Kapitel 3.3.4.4). Table 2.2 und Table 2.3 zeigen die durch Güllevergärung eingesparten  $\text{CH}_4$ - und  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen sowie das Verhältnis der Minderung zu der sich ohne Güllevergärung ergebenden Gesamtemission aus dem Wirtschaftsdünger-Management aller im Inventar berücksichtigten Nutztiere. (Anmerkung: Die angegebene Minderung ist aus datentechnischen Gründen geringfügig unterschätzt, siehe Kapitel 3.4.4.1.)

Table 2.2: Total national reduction of CH<sub>4</sub> emissions from manure management due to anaerobic digestion of slurry (also in percent of the total CH<sub>4</sub> emissions from manure management to be obtained without anaerobic digestion)

[illegible]

Table 2.3: Total national reduction of N<sub>2</sub>O emissions from manure management due to anaerobic digestion of slurry (also in percent of the total N<sub>2</sub>O emissions from manure management to be obtained without anaerobic digestion)

[illegible]



The emission reducing effect of decreasing animal numbers for cattle and the digestion of slurry is partly compensated by constantly improving animal performance. Figure 2.4 shows the development of GHG emissions from enteric fermentation and manure management (housing and storage) for dairy cows and fattening pigs as related to performance data (dairy cows: milk yield per place and year; fattening pigs: total weight gain per place and year) using the emission data of each single year since 1990.

For dairy cows, the emissions per unit of product (kg milk) have decreased steadily due to the increase in milk yields. However, the reduction is not proportional to the increase in milk yields, as the energy requirements for maintenance (about 40 % of the total energy requirements) are not related to milk yields and (as a rule) almost constant.

A similar picture can be obtained for GHG emissions from pig production as related to animal performance. However, for pigs the trend in emission rates is less distinct than for dairy cows, because the scatter in input data results in a comparatively high variation of the results obtained. The scatter is predominantly due to the N reduced feeding, which in the inventory commences in 2002, and a change of the frequencies of the storage systems over the years.

Die emissionsmindernde Wirkung zurückgehender Tierzahlen bei den Rindern und der Vergärung von Gülle wird zum Teil durch die beständige Leistungssteigerung kompensiert. Figure 2.4 zeigt für Milchkühe und Mastschweine unter Verwendung der Emissionswerte der einzelnen Jahr seit 1990 die Treibhausgasemissionen aus Verdauung und Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager) als Funktion der Leistung (bei Milchkühen: jährliche Milchleistung pro Tierplatz; bei Mastschweinen: jährlicher Gesamtgewichtszuwachs pro Tierplatz).

Bei den Milchkühen führen beständig zunehmende Milchleistungen zu einer Abnahme der Emissionen pro kg Milch. Die Abnahme ist jedoch nicht proportional. Dies liegt daran, dass der Erhaltungsenergiebedarf (ca. 40 % des Gesamtenergiebedarfs einer Milchkuh) von der Milchleistung unabhängig ist und sich daher bei der Steigerung der Milchleistung i. d. R. nicht verändert.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei den leistungsbezogenen Treibhausgasemissionen aus der Mastschweinehaltung, auch wenn nicht so eindeutig wie bei den Milchkühen. Aufgrund des bei den Mastschweinen schwächer ausgeprägten Trends machen sich Schwankungen in den Eingangsdaten deutlicher als bei den Milchkühen bemerkbar. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um die in der Inventarberechnung ab 2002 einsetzende N-angepasste Fütterung sowie Änderungen der Häufigkeiten der Lagersysteme.

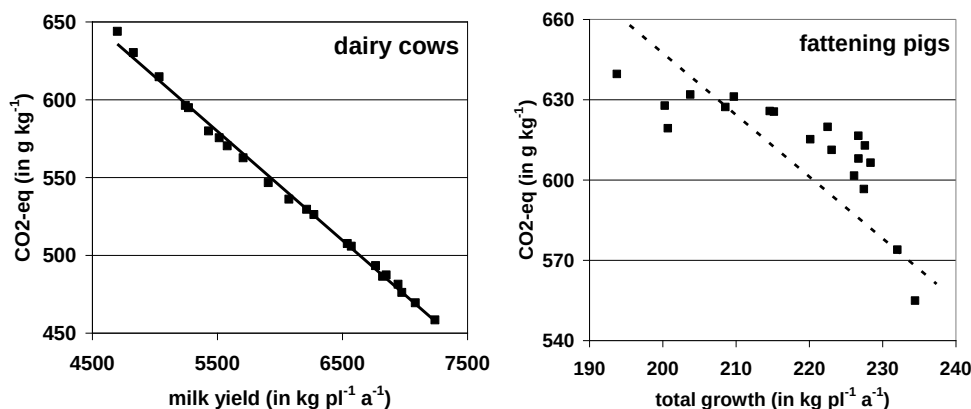


Figure 2.4: Total performance-related GHG emissions from enteric fermentation and manure management (housing, storage) for dairy cows and fattening pigs (for dairy cows per kg milk, for fattening pigs per kg of total growth), Submission 2013 ( $GWP_{CH_4} = 21$ ,  $GWP_{N_2O} = 310$ )

As can be seen in Figure 2.1, the interannual fluctuations of total  $CH_4$  and  $N_2O$  emissions are to a large extent due to fluctuations of the  $N_2O$  emissions from agricultural soils.

Figure 2.1 also illustrates that  $N_2O$  emissions from agricultural soils were higher in 1990 than in subsequent years. From then on they have changed little, and are at a level of about 87 % of the 1990 emissions, depending on fertilizer input.

Die in Figure 2.1 zu erkennenden interannuellen Schwankungen der  $CH_4$ - und  $N_2O$ -Gesamtemissionen gehen zu einem großen Teil auf die Schwankungen der  $N_2O$ -Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden zurück.

Wie aus Figure 2.1 ebenfalls hervorgeht, waren die  $N_2O$ -Emissionen aus Böden 1990 höher als in allen weiteren Jahren und schwanken seither abhängig vom Mineraldüngereinsatz um 87 % des Werts von 1990.

The time series of overall N<sub>2</sub>O emissions (i.e. the sum of direct and indirect emissions) is provided in Figure 2.5 where direct emissions comprise emissions resulting from the application of farmyard manure, slurry, mineral fertilizers and sewage sludge as well as from grazing, cultivation of organic soils, biological N fixation and degradation of crop residues. Indirect emissions originate from the (atmospheric) deposition of reactive N species (NH<sub>4</sub> and NO<sub>3</sub> resulting from NH<sub>3</sub> and NO emissions in agriculture) as well as from nitrogen leaching and run-off into surface waters.

Figure 2.5 zeigt die Zeitreihe der N<sub>2</sub>O-Gesamtemissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden, die sich aus den Beiträgen der direkten und indirekten Emissionen zusammensetzt. Die direkten Emissionen umfassen dabei die N<sub>2</sub>O-Emissionen infolge der Ausbringung von Wirtschafts- und Mineraldünger und von Klärschlämmen sowie aufgrund von Weidegang, Bewirtschaftung organischer Böden, biologischer N-Fixierung und Zersetzung von Ernterückständen. Die indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen resultieren aus der Deposition von reaktivem Stickstoff (NH<sub>4</sub> und NO<sub>3</sub> als Reaktionsprodukten von landwirtschaftlichen NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen) sowie aus Stickstoff-Auswaschung und -Oberflächenabfluss.

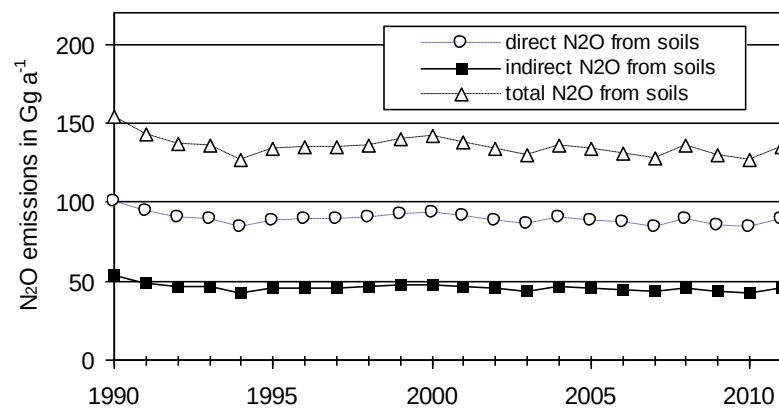


Figure 2.5: N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils (in Gg a<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O), Submission 2013

For the most part, variations in time of the N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils originate from variations in mineral fertilizer consumption. This is illustrated in Figure 2.6 for the timespan from 1990 to 2011.

Die zeitlichen Schwankungen der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden gehen zu einem großen Teil auf die Schwankungen in der Mineraldüngeranwendung zurück, wie Figure 2.6 anhand der Daten seit 1990 bis 2011 zeigt.

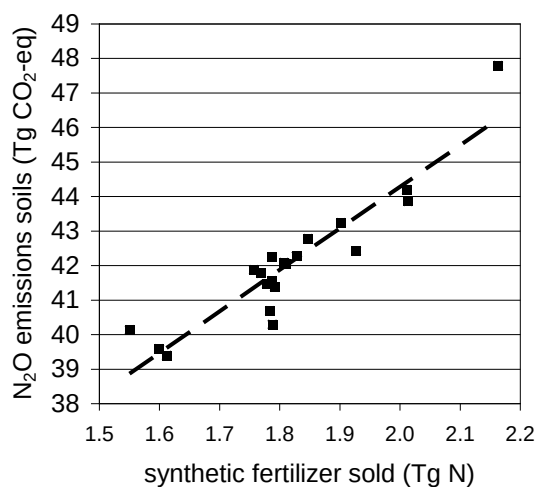


Figure 2.6: Total of annual N<sub>2</sub>O emissions (direct and indirect) from agricultural soils over annual amounts of mineral fertilizer N for the years 1990 to 2011 (Submission 2013)

## 2.2 NH<sub>3</sub> emissions / NH<sub>3</sub>-Emissionen

Figure 2.7 shows the Submission 2013 time series of the NH<sub>3</sub> emissions from German agriculture for the years 1990 to 2011 as well as the results for the projection year 2020. Projection 2020 was calculated based on the data provided in Chapter 3.3.6. In order to highlight the source “grazing” the NH<sub>3</sub> emissions originating from grazing are not included in the emissions provided for the various animal categories but are combined and presented as a separate emission source.

Figure 2.7 also shows the national emission ceiling of 550 Gg per year. This value is prescribed for Germany for the years from 2010 onwards by the NEC Directive (2001/81/EC) of the European Parliament of 23 October 2001. In 2011 the German agriculture alone contributed about 529 Gg or 96.2 % to the national emission ceiling of 550 Gg per year.

Figure 2.7 zeigt für die Submission 2013 den zeitlichen Verlauf der NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft für die Jahre 1990 – 2011 sowie die Projektion für das Jahr 2020. Die Projektion für 2020 wurde auf Grundlage der Vorgaben in Kapitel 3.3.6 erstellt. Die beim Weidegang entstehenden NH<sub>3</sub>-Emissionen sind zur Hervorhebung der Quelle „Weidegang“ nicht in den Emissionen der Tierkategorien enthalten, sondern zusammengefasst in der Rubrik „grazing“ (Weidegang).

Figure 2.7 zeigt ebenfalls die durch die aktuelle NEC-Richtlinie (Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments vom 23. Oktober 2001) für die deutschen Gesamt-NH<sub>3</sub>-Emissionen ab 2010 vorgegebene Obergrenze von jährlich 550 Gg. Dieser Betrag wurde 2011 durch die Landwirtschaft mit rund 529 Gg zu 96,2 % ausgeschöpft.

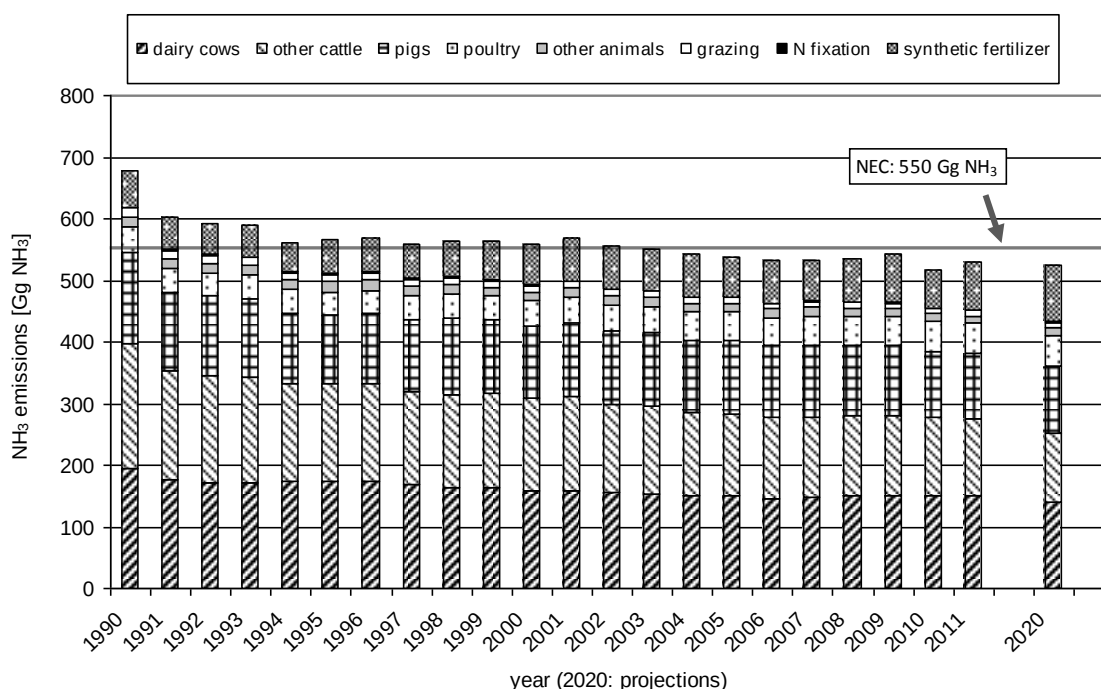


Figure 2.7: Annual NH<sub>3</sub> emissions from German agriculture and projections for 2020 (Submission 2013)

As can be seen in Figure 2.7, there is a marked decrease of the NH<sub>3</sub> emissions from German agriculture in the years immediately after the German unification 1990/1991. For the years following 1990 a slightly decreasing trend can be seen. The 20-year difference between 1991 and 2011 is nearly the same like the difference from 1990 to 1991.

The NH<sub>3</sub> time series is a result of counteracting processes. One of the important governing entities is the animal number (see Figure 2.3). Under unchanged agricultural conditions, decreasing animal numbers should lead to a decrease of emissions from animal husbandry.

Aus Figure 2.7 ist ersichtlich, dass die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft unmittelbar nach der deutschen Wiedervereinigung von 1990 zu 1991 deutlich gesunken sind. In den Jahren danach ist ein leicht abnehmender Trend zu erkennen, wobei die 20-Jahre-Differenz 1991/2011 in etwa der Differenz 1990/1991 entspricht.

Der zeitliche Verlauf der NH<sub>3</sub>-Emissionen ist ein Ergebnis von gegenläufigen Effekten. Eine wichtige Einflussgröße ist die Tierzahl (Figure 2.3). Unter sonst unveränderten Bedingungen würden abnehmende Tierzahlen zu einer Abnahme der Emissionen aus der Nutztierhaltung führen.

Of much lesser impact, but still discernible is the emission reduction due to the anaerobic digestion of slurry. However, the reduction effect is mainly caused by the increasing frequency of gastight storage of digested slurry (especiall from 2004 onwards). Table 2.4 shows the amount of NH<sub>3</sub> not emitted due to anaerobic digestion of slurry (i. e. gastight residue storage). This table also gives the percentages of this amount in relation to the total emissions from manure management to be obtained in the absence of anerobic digestion. (Note: Due to data processing reasons the emission mitigations shown in Table 2.4 represent a slight underestimation, see chapter 3.4.4.1.)

Von erheblich geringerem, aber dennoch merklichem Einfluss ist die Emissionsreduktion infolge der Vergärung von Gülle, wobei der mindernde Effekt vor allem darauf zurückzuführen ist, dass der prozentuale Anteil der gasdicht gelagerten Gärreste mit den Jahren (insbesondere ab 2004) ansteigt. Table 2.4 zeigt die eingesparten NH<sub>3</sub>-Emissionen sowie das Verhältnis der Minderung zu der sich ohne Güllevergärung, d. h. ohne gasdichte Gärrestelagerung ergebenden Gesamtemission aus dem Wirtschaftsdünger-Management aller im Inventar berücksichtigten Nutztiere. (Anmerkung: Die angegebene Minderung ist aus datentechnischen Gründen geringfügig unterschätzt, siehe Kapitel 3.4.4.1.)

Table 2.4: Total national reduction of NH<sub>3</sub> emissions from manure management due to anaerobic digestion of slurry (also in percent of the total NH<sub>3</sub> emissions from manure management to be obtained without anaerobic digestion)

|                    | 1990   | 1991   | 1992   | 1993   | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998 | 1999 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Gg a <sup>-1</sup> | 0.0013 | 0.0031 | 0.0045 | 0.0063 | 0.000 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.01 | 0.01 |
| %                  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 | 0.00 |
|                    | 2000   | 2001   | 2002   | 2003   | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008 | 2009 |
| Gg a <sup>-1</sup> | 0.01   | 0.01   | 0.01   | 0.01   | 0.01  | 0.13  | 0.14  | 0.46  | 0.71 | 1.10 |
| %                  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 0.03  | 0.03  | 0.10  | 0.16 | 0.24 |
|                    | 2010   | 2011   |        |        |       |       |       |       |      |      |
| Gg a <sup>-1</sup> | 1.56   | 2.51   |        |        |       |       |       |       |      |      |
| %                  | 0.35   | 0.56   |        |        |       |       |       |       |      |      |

The increase of animal performance in the years 1990 to 2009 has an increasing impact on the emissions. As an example, Figure 2.8 shows the development of emissions from dairy cattle husbandry as a result of decreasing animal numbers and increasing milk yields. The emissions from grazing are included.

Eine emissionserhöhende Wirkung geht vom Anstieg der tierischen Leistung aus. So kompensiert z. B. die Steigerung der jährlichen Milchleistung zum Teil die abnehmende Anzahl der Milchkühe, siehe Figure 2.8. In dieser Abbildung sind die Emissionen aus dem Weidegang mit enthalten.

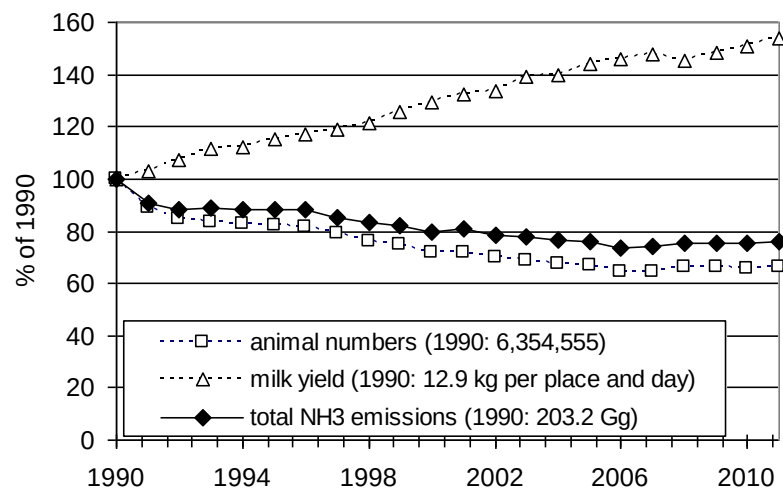


Figure 2.8: Development of dairy cattle numbers, milk yields and NH<sub>3</sub> from dairy cattle husbandry (including grazing)

For the main emission sources within the animal categories „cattle“ and „pigs“, i. e. for dairy cows and fattening pigs, Figure 2.9 shows for the example year 2011 the percentages of  $\text{NH}_3$  emissions originating from housing, storage and manure application (as well as grazing for dairy cows). It is obvious that for dairy cows the emissions from manure application are predominant, while for fattening pigs the major share of the emissions are originating from housing.

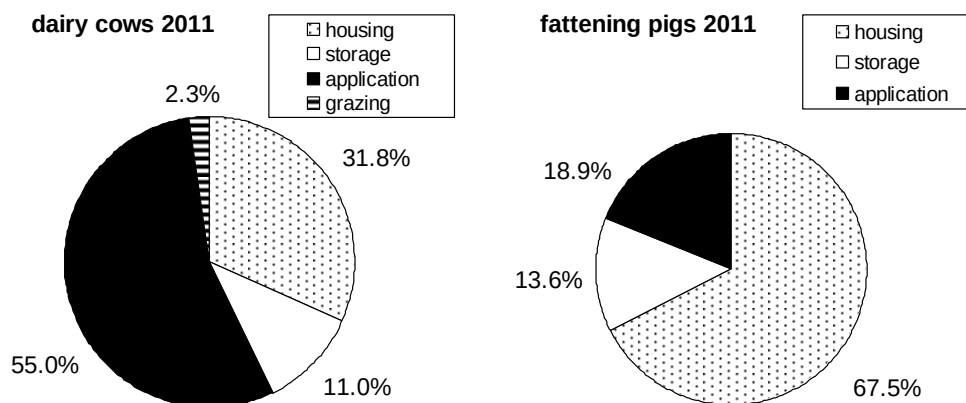


Figure 2.9: Dairy cows and fattening pigs (Submission 2013): Percentages of  $\text{NH}_3$  emissions originating from housing, storage, manure application and grazing in 2011 (no free range husbandry for pigs)

Ammonia emissions as related to unit of product (dairy cows: milk yield per place and year; fattening pigs: total weight gain per place and year) are visualized for the period from 1990 to 2011 in Figure 2.10. They comprise emissions from housing, storage and application of manures, as well as grazing for dairy cows.

For dairy cows, the steady increase of milk yields has resulted in reductions of emissions related per kg milk produced. However, the reduction is not proportional to the increase in milk yields, as the energy requirements for maintenance (about 40 % of the total energy requirements) are not related to milk yields and (as a rule) almost constant. In addition the emissions are also affected by from-year-to-year changes of frequencies of housing types, storage types and landspreading conditions (see Chapter 3.4.3).

A similar picture can be obtained for  $\text{NH}_3$  emissions from pig production as related to animal performance. Here, trends are less distinct, as energy requirements for maintenance (in contrast to dairy cows) are related to animal performance and increase with increasing weight gains. Increased N intake with feeds is compensated by increased N retention. Hence, N excretion rates and as a consequence,  $\text{NH}_3$  emission rates, increase at a somewhat slower rate than weight gain rates. Like for dairy cows the emissions are also affected by from-year-to-year changes of frequencies of housing types, storage types and landspreading conditions (see Chapter 3.4.3). An additional effect is caused by N reduced feeding which in the inventory is taken into account from the year 2002 onwards.

Figure 2.9 verdeutlicht exemplarisch für 2011 für die Hauptquellen im Bereich Rinder und Schweine, d. h. Milchkühe und Mastschweine, die berechnete prozentuale Verteilung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen auf Stall, Lager und Wirtschaftsdünger-Ausbringung (sowie Weidegang bei den Milchkühen). Es wird deutlich, dass bei Milchkühen die Emissionen aus der Wirtschaftsdünger-Ausbringung überwiegen, während dies bei den Mastschweinen für den Stallbereich gilt.

Figure 2.10 zeigt für Milchkühe und Mastschweine für die Jahre 1990 bis 2011 die aus der Tierhaltung (bei Milchkühen incl. Weidegang) entstandenen Ammoniakemissionen als Funktion der Leistung (bei Milchkühen: jährliche Milchleistung pro Tierplatz; bei Mastschweinen: jährlicher Gesamtgewichtszuwachs pro Tierplatz).

Bei den Milchkühen führen beständig zunehmende Milchleistungen zu einer Abnahme der Emissionen pro kg Milch. Die Abnahme ist jedoch nicht proportional. Dies liegt zum Einen daran, dass der Erhaltungsenergiebedarf, der ca. 40 % des Gesamtenergiebedarfs einer Milchkuh ausmacht, von der Milchleistung unabhängig ist und daher bei der Steigerung der Milchleistung i. d. R. nicht mit ansteigt. Zum Anderen wirken sich die mit den Jahren erfolgten Änderungen der Haltungs-, Lager- und Ausbringungsbedingungen (siehe Kapitel 3.4.3) aus.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei den leistungsbezogenen  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Mastschweinehaltung, auch wenn anders als bei der Milchkuh der Erhaltungsenergiebedarf nicht leistungsunabhängig ist, sondern mit größer werdendem Zuwachs ansteigt. Der damit ansteigenden N-Aufnahme mit dem Futter steht allerdings eine ebenfalls ansteigende erhöhte N-Retention gegenüber, so dass die N-Ausscheidung und damit die  $\text{NH}_3$ -Emission insgesamt langsamer ansteigt als der Gewichtszuwachs. Wie bei den Milchkühen wirken sich auch hier zusätzlich die seit 1990 erfolgten Änderungen der Haltungs-, Lager- und Ausbringungsbedingungen (siehe Kapitel 3.4.3) aus. Ein zusätzlicher Effekt geht von der in der Inventarberechnung ab 2002 einsetzenden N-angepasste Fütterung aus.

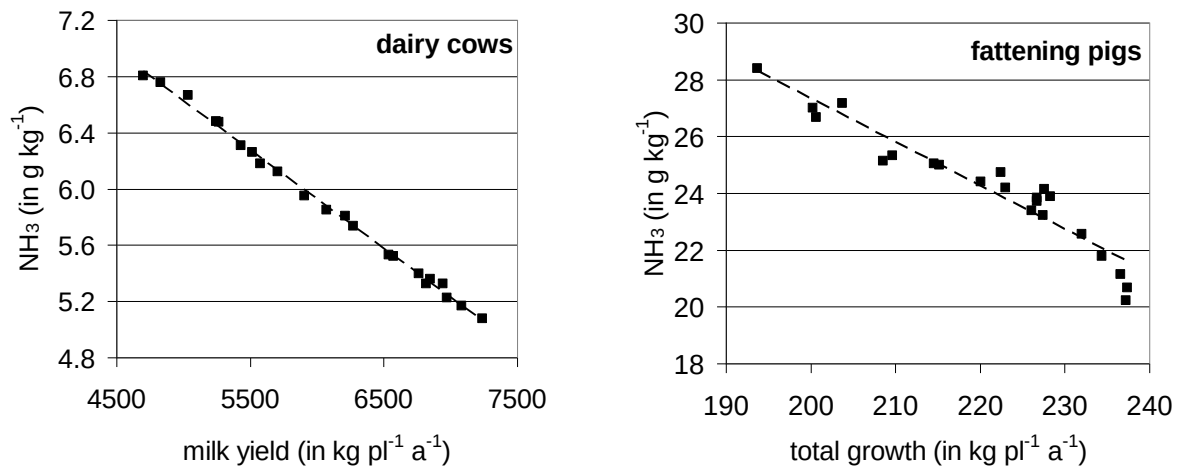


Figure 2.10: Dairy cows and fattening pigs: Performance-related total NH<sub>3</sub> emissions from animal husbandry (including grazing for dairy cows) (for dairy cows per kg milk, for fattening pigs per kg of total growth)

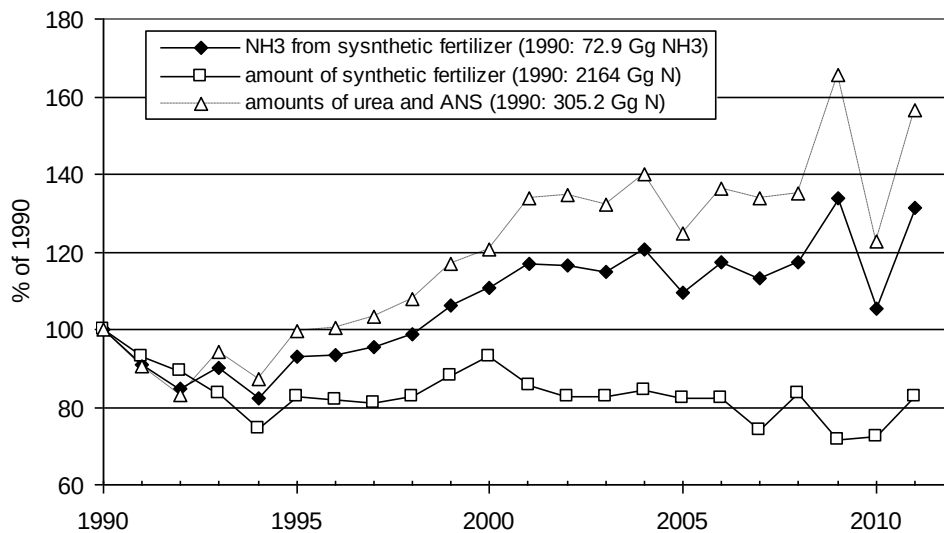


Figure 2.11: Application of mineral fertilizer N (amounts sold), amounts of N in urea and ANS applied, and the NH<sub>3</sub> emissions from the total application of mineral fertilizers (Submission 2013)

NH<sub>3</sub> emissions from the application of mineral fertilizers are dominated by the application of urea and ANS. Figure 2.11 shows (in relation to 1990) the time series of the calculated NH<sub>3</sub> emissions from the application of mineral fertilizers, the total amount of mineral fertilizer N applied and the amount of N in urea and ANS applied. The obvious correlation between the amount of urea and ANS applied and the NH<sub>3</sub> emissions from the total application of mineral fertilizers is caused by the fact that the emission factors of urea and ANS remarkably exceed those of other fertilizers.

Die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung sind maßgeblich durch die Anwendung von Harnstoff und AHL geprägt. Figure 2.11 zeigt relativ zu 1990 die zeitlichen Verläufe der berechneten NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung, der Mineraldüngeranwendung insgesamt (N-Menge) und der in der Mineraldünger-Stickstoffmenge enthaltenen Summe von Harnstoff-N und AHL-N. Die deutliche Abhängigkeit der NH<sub>3</sub>-Emissionen von der Menge an Harnstoff und AHL ist eine unmittelbare Folge der im Vergleich zu den übrigen Düngern erheblich größeren Emissionsfaktoren für Harnstoff und AHL.

### 2.3 Comparison of the emission results 2012/2013 / Vergleich der Emissionsergebnissen 2012/2013

This Chapter describes the most important differences between the emissions calculated for the 2012 and 2013 submissions, respectively.

Single alterations with respect to sub-models and input data and their effect on the emissions as compared to the 2012 submission are listed in Chapter 3.5.2.

Figure 2.12 and Figure 2.13 illustrate the differences between the CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and NH<sub>3</sub> emission results of the current Submission 2013 (see Chapter 2) and the previous submission (Submission 2012, Haenel et al., 2012).

Dieses Kapitel beschreibt die wichtigsten Unterschiede zwischen den Emissionsergebnissen der Submissionen 2012 und 2013.

Eine Liste der einzelnen Änderungen an Inventarmodell und Eingangsdaten gegenüber der Submission 2012 findet sich in Kapitel 3.5.2.

Figure 2.12 and Figure 2.13 illustrieren die Unterschiede zwischen den CH<sub>4</sub>-, N<sub>2</sub>O- und NH<sub>3</sub>-Emissionsergebnissen der vorliegenden Submission 2013 (siehe Kapitel 2) und der Vorjahresberichterstattung (Submission 2012, Haenel et al., 2012).

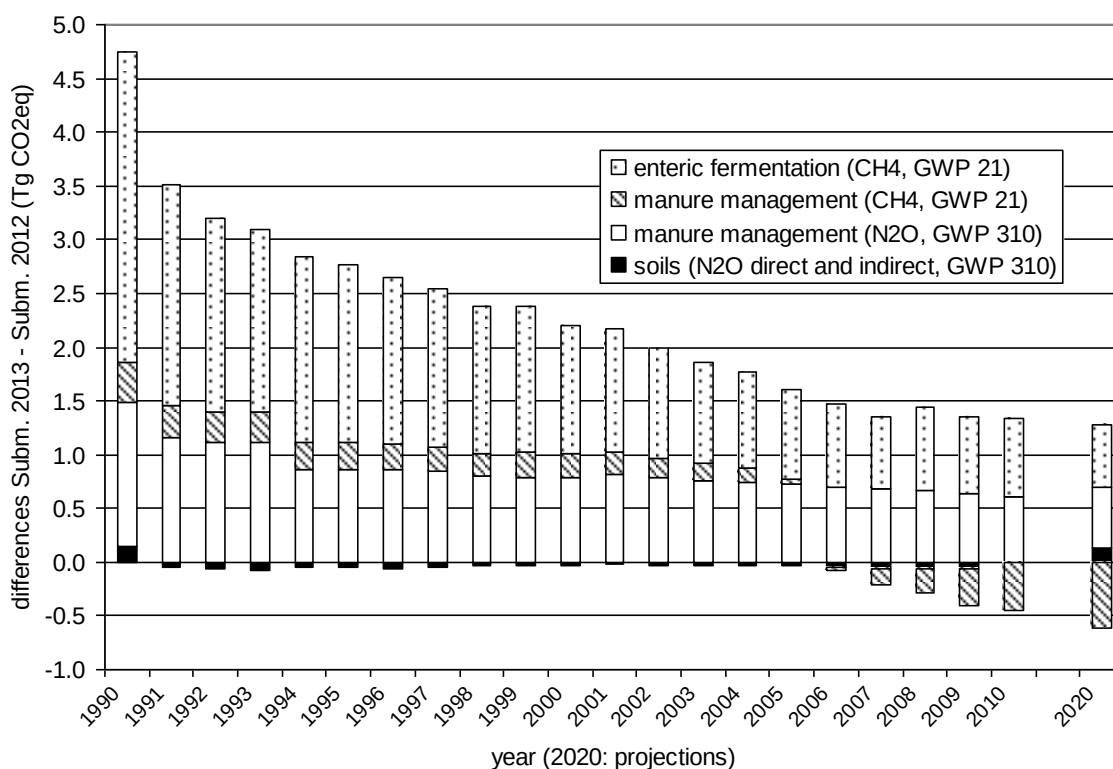


Figure 2.12: Differences of THG emissions between Submission 2013 and Submission 2012

The increase of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation in comparison to submission 2012 is to a large extent due to the new model of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation for dairy cows (see Chapter 4.3.5). The increase is larger in the early 1990ies than in subsequent years which is a consequence of differences in dairy cow feeding. An additional increase in emissions is caused by the fact that female cattle for slaughtering is now considered to be part of the inventory category “suckler cows” rather than “heifers” as it was the case in submission 2012. “Suckler cows” emit more CH<sub>4</sub> per place and year than “heifers”.

Die Zunahme der CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung gegenüber der Submission 2012 geht im Wesentlichen auf die neue Modellierung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung von Milchkühen zurück (siehe Kapitel 4.3.5). Fütterungsbedingt ist bei den Milchkühen der Unterschied zur Submission 2012 zu Beginn der 1990er Jahre größer als in späteren Jahren. Ebenfalls emissionserhöhend wirkte sich die Neuordnung der Schlacht- und Mastkühe zu den Mutterkühen anstatt zu den Färsen aus (siehe Kapitel 3.4.2). Die Modellkategorie „Mutterkuh“ emittiert pro Platz und Jahr mehr CH<sub>4</sub> als die Modellkategorie „Färsen“.

For the manure management an increase of the CH<sub>4</sub> emissions from submission 2012 to submission 2013 can be seen for the years 1990 to 2005 while in subsequent years a decrease is discernible. These changes are mainly caused by the above mentioned fact that female cattle for slaughtering is now considered to be part of the inventory category "suckler cows" rather than "heifers" which leads to increased emissions. This effect is partly compensated by emission reductions due to the introduction of anaerobic digestion modelling (see Chapter 3.3.4.4).

In submission 2013, the N<sub>2</sub>O emissions are higher for all years which is a consequence of the new (higher) emission factor for solid manure storage. However, this increase is partly compensated by a reduction effect visible from 2004 onwards which is caused by a steadily increasing share of slurry being anaerobically digested (see Chapter 3.3.4.4). Additional reasons for emission changes are updated performance data for dairy cows (milk yields, live weights), other cattle (heifers: live weights, accounting of female cattle for slaughtering as "suckler cows" which are heavier than "heifers"), pigs (number of suckling pigs per sow) and poultry (animal weights for pullets and laying hens; national total of gross broiler meat production), see Chapter 3.5.2.

Also the N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils differ from those reported in submission 2012. This is mainly caused by the earlier-mentioned changes in the calculation of emissions from animal husbandry as far as they affect the N input into soil. Of lesser importance in this respect is the updated amount of sewage sludge applied in 2010 as well as the updated areas of managed organic soils.

The aforementioned changes in the calculation methods between Submission 2012 and Submission 2013 also affect the projections 2020. The data used for the projection calculations is discussed in Chapter 3.3.6.

Figure 2.13 displays the differences between the NH<sub>3</sub> emission results of Submission 2013 and Submission 2012 for the various source categories contributing to the total differences between Submission 2013 and Submission 2012. For the total differences see Table 2.5.

Im Wirtschaftsdünger-Management ist in den Jahren 1990 bis 2005 eine Zunahme und in den darauffolgenden Jahren eine stärker werdende Abnahme der berechneten CH<sub>4</sub>-Emission gegenüber der Berichterstattung 2012 zu verzeichnen. Diese Änderungen sind im Wesentlichen Folge der oben erwähnten Neuordnung der Schlacht- und Mastkühe (emissionssteigernd) sowie der Berücksichtigung der Vergärung von Gülle und des mit den Jahren zunehmenden Anteils der gasdicht gelagerten Gärreste, siehe Kapitel 3.3.4.4 (emissionsmindernd).

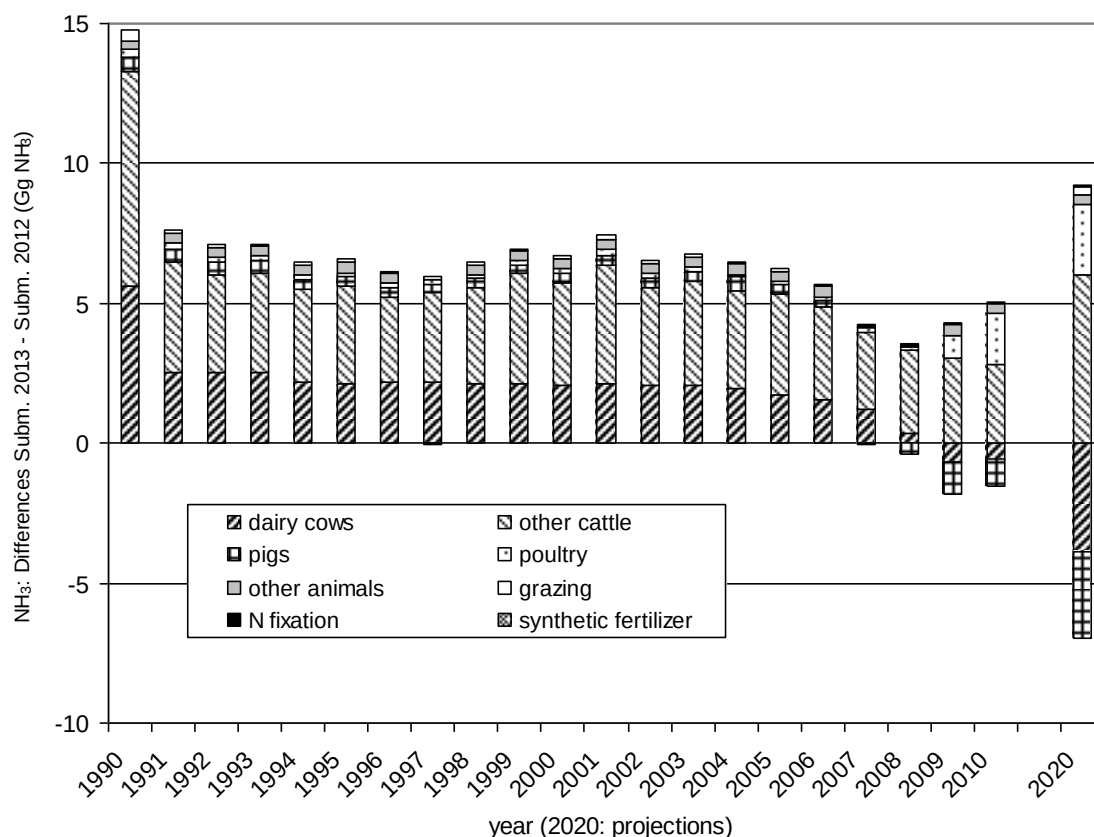
Die für alle Jahre festzustellende Zunahme der N<sub>2</sub>O-Emissionen wird durch den neuen nationalen (höheren) Emissionsfaktor für Festmist hervorgerufen, teilweise kompensiert durch einen ab 2004 sichtbaren Minderungseffekt, der daraus resultiert, dass ein mit den Jahren zunehmender Anteil der Gülle vergoren wird (siehe Kapitel 3.3.4.4). Weitere Gründe für die Änderungen sind Aktualisierungen von Leistungsdaten bei Milchkühen (Milchleistung, Tiergewichte), übrigen Rindern (Färsen: Tiergewichte; Zuordnung der Schlacht- und Mastkühe von den leichteren Färsen zu den schwereren Mutterkühen), Schweinen (Anzahl „Saugferkel pro Sau“) und Geflügel (Tiergewichte bei Jung- und Legehennen, Bruttoschlachtfleischproduktion bei Masthähnchen- und hühnchen), siehe Kapitel 3.5.2.

Die Änderungen der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftliche genutzten Böden gegenüber der Berichterstattung 2012 sind im Wesentlichen eine Folge der im Zusammenhang mit den Emissionen aus der Tierhaltung genannten Änderungen, soweit sie die N-Einträge in den Boden beeinflussen. Von geringerer Bedeutung sind die Aktualisierung der Klärschlamm-Menge für 2010 sowie die Aktualisierung der Flächen der organischen Böden.

Die o. g. Änderungen in den Berechnungen zwischen Submission 2012 und Submission 2013 wirken sich auch bei der Projektion 2020 aus. Für die Datengrundlage für die Projektionsberechnungen siehe Kapitel 3.3.6.

Figure 2.13 zeigt die Unterschiede zwischen den NH<sub>3</sub>-Ergebnissen der Submission 2013 und der Submission 2012 für die verschiedenen Quellgruppen auf, die zur Gesamtveränderung von Submission 2012 zu Submission 2013 beitragen. Zur Gesamtveränderung siehe Table 2.5.



Figure 2.13: Differences of NH<sub>3</sub> emissions between Submission 2013 and Submission 2012Table 2.5: Total differences of NH<sub>3</sub> emissions (Submission 2013 - Submission 2012)

|    | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Gg | 14.8 | 7.6  | 7.1  | 7.1  | 6.5  | 6.6  | 6.2  | 5.9  | 6.5  | 6.9  |
|    | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| Gg | 6.7  | 7.4  | 6.5  | 6.8  | 6.5  | 6.2  | 5.7  | 4.2  | 3.1  | 2.5  |
|    | 2010 |      |      |      |      |      |      |      |      | 2020 |
| Gg | 3.5  |      |      |      |      |      |      |      |      | 2.3  |

The changes of NH<sub>3</sub> emissions between submission 2012 and submission 2013 as shown in Figure 2.13 are partly due to an update of the N flux concept concerning the calculation of the amount of TAN to be spread (see Chapter 3.3.4.3.1). This methodological modification leads to a slight increase of NH<sub>3</sub> emissions from spreading. In addition, updated animal performance data as mentioned above in the context of green house gases contribute to the increase of NH<sub>3</sub> emissions from animal husbandry.

For dairy cows there is still another source of increased NH<sub>3</sub> emissions: The N input by skin particles and hair into the manure management is now completely accounted for. For other cattle the accounting of female cattle for slaughtering as “suckler cows” rather than “heifers” also leads to increased NH<sub>3</sub> emissions.

Die in Figure 2.13 erkennbaren Änderungen der NH<sub>3</sub>-Emissionen gegenüber der Berichterstattung 2012 sind zum Einen die Folge einer Aktualisierung des N-Fluss-Konzepts bei der Berechnung der zur Ausbringung kommenden TAN-Menge (siehe Kapitel 3.3.4.3.1), die einen leichten Anstieg der NH<sub>3</sub>-Emissionen bei der Ausbringung verursachte. Zum Anderen führten die weiter oben im Zusammenhang mit den Änderungen bei den Treibhausgasen erwähnten Aktualisierungen der Leistungsdaten zu einem Anstieg der NH<sub>3</sub>-Emissionen.

Zusätzlich wirkten sich bei den Milchkühen die vollständige Berücksichtigung des aus Haut und Haaren stammenden N-Eintrags in das Wirtschaftsdüngermanagement und bei den übrigen Rindern die Neuordnung der Schlacht- und Mastkühe zu den Mutterkühen emissionssteigernd aus.

A certain compensation of these emission increasing effects is caused by a steadily increasing share of slurry being anaerobically digested. The modelling of anaerobic digestion has been newly implemented for the submission 2013. Its impact on the emission calculations is discernible from 2004 onwards and yields an emission reduction of about 2.5 Gg NH<sub>3</sub> for 2011, see Table 2.4. An additional reduction of NH<sub>3</sub> emissions is caused by the annually increasing numbers air scrubbing systems in pig husbandry which in effect was not accounted for in submission 2012 due to input data error. For 2011 air scrubbing leads to an emission reduction of about 1 Gg NH<sub>3</sub>.

## 2.4 Data CD / Daten-CD

As a supplement to the text volume, a CD contains an EXCEL® workbook, which comprises all relevant data sets and emission results of the latest submission for years from 1990 onwards.

The tables are arranged and numbered as follows

- categories:
  - emissions (EM)
  - implied emission factors (IEF)
  - activities (AC)
  - additional information (AI)
  - animal excretions (EXCR)
  - summary (summary)
  - uncertainties (UNC)
- sources as classified in the Selected Nomenclature for Air Pollutants (SNAP):
  - emissions from cultures with fertilizers (1001)
  - emissions from cultures without fertilizers (1002)
  - methane emissions from enteric fermentation (1004)
  - emissions from manure management regarding C species (1005)
  - emissions from manure management regarding N species (1009)
  - emissions of particulate matter from manure management (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) (1010)
- the series number of the table for the respective source; is more than one gas or particulate matter attributed to one source, then they are ordered as follows:
  - ammonia (NH<sub>3</sub>)
  - laughing gas, nitrous oxide (N<sub>2</sub>O)
  - nitric oxide (NO)
  - methane (CH<sub>4</sub>)
  - non-methane volatile organic compounds (NMVOC)
  - particulate matter (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)

Eine gewisse Kompensation der Emissionssteigerungen ergab sich durch die in der aktuellen Berichterstattung 2013 erstmalige Berücksichtigung der Vergärung von Gülle bzw. der damit verbundenen teilweise gasdichten Lagerung der Gärreste. Dieser mit den Jahren allmählich zunehmende Effekt macht sich ab 2004 bemerkbar und beträgt für 2011 etwa 2,5 Gg NH<sub>3</sub>, siehe Table 2.4. Eine weitere Minderung von NH<sub>3</sub>-Emissionen ergibt sich durch die ebenfalls mit den Jahren zunehmende Wirkung von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung. Diese durch einen Fehler in den Eingangsdaten in Submission 2012 nicht berücksichtigte Minderung beträgt 2011 ca. 1 Gg NH<sub>3</sub>.

Dem Textband liegt für die aktuelle Submission auf CD eine EXCEL®-Datei bei, die alle relevanten Datensätze und Emissionsergebnisse für die Zeit seit 1990 enthält.

Die Ordnung und Nummerierung der Tabellen berücksichtigt

- die Kategorien
  - Emissionen (EM)
  - aggregierter Emissionsfaktor (IEF)
  - Aktivitäten (AC)
  - zusätzliche Informationen (AI)
  - tierische Ausscheidungen (EXCR)
  - Zusammenfassung (Summary)
  - Unsicherheiten (UNC)
- die Emittenten in der Ordnung der Selected Nomenclature for Air Pollutants (SNAP)
  - Emissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen (1001)
  - Emissionen aus ungedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen (1002)
  - Methanemissionen aus der Verdauung (1004)
  - Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (C-Spezies) (1005)
  - Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (N-Spezies) (1009)
  - Staub-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) (1010)
- die laufende Nummer der Tabelle für diesen Emittenten; sind bei einem Emittenten mehrere Gase oder Stäube zu berücksichtigen, sind sie wie folgt geordnet:
  - Ammoniak (NH<sub>3</sub>)
  - Lachgas (N<sub>2</sub>O)
  - Stickstoffmonoxid (NO)
  - Methan (CH<sub>4</sub>)
  - Nichtmethankohlenwasserstoffe (NMVOC)
  - Staub (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)

- animal category  
listed in the sequence:  
dairy cows  
calves  
heifers  
male beef cattle  
suckler cows  
mature males > 2 years  
sows  
weaners  
fattening pigs  
boars  
sheep  
goats  
horses  
mules and asses  
laying hens  
broilers  
pullets  
geese  
ducks  
turkeys  
buffalo
- the degree of aggregation: Aggregated tables for a particular gas follow the tables for single animal categories whenever necessary. They are characterized by the symbol  $\Sigma$ .

The tables describing activities are ordered in the same way as the tables for emissions. However, all areas (of crops) are to be found under AC1001, all animal numbers and details of management under AC1005.

The order of tables containing implied emission factors (IEF) follows that of the tables of the respective emissions.

The tables containing additional information are ordered in the same way as the respective activities. They contain variables which are needed to calculate emissions. This list of tables is mostly restricted to data to be reported under the various conventions.

Additional Tables contain relevant data and frequency distributions of housing and storage facilities as well as application techniques (AI Tables: AI\_1005FHO, AI\_1005FST, AI\_1005FSP) and with uncertainties of the GHG inventory and the ammonia inventory of the German agriculture (sheet „UNC“).

SI units and symbols are used throughout, see Chapter 3.1.1.

Below a table header there is, as far as possible, a reference (GAS-EM-Kap. X) to the respective chapter in the text volume where additional information is provided.

- die Tierart  
in der Reihenfolge  
Milchkühe  
Kälber  
Färsen  
männliche Mastrinder  
Mutterkühe  
männliche Rinder > 2 Jahre  
Sauen  
Aufzuchtferkel  
Mastschweine  
Eber  
Schafe  
Ziegen  
Pferde  
Esel und Maultiere  
Legehennen  
Masthähnchen und -hühnchen  
Junghennen  
Gänse  
Enten  
Puten  
Büffel
- den Grad der Aggregation: Den Tabellen für ein Gas in einer Kategorie und für eine einzelne Tierart folgen die jeweils möglichen Aggregationen zu Tiergruppen. Sie sind durch ein  $\Sigma$  gekennzeichnet.

Die Tabellen der Gruppe „Aktivitäten“ folgen sinn gemäß der Anordnung der Tabellen der Emissionen. Die relevanten Flächen sind allerdings zu den Blöcken AC1001 zusammengefasst, die relevanten Tierzahlen und Haltungsformen zu AC1005.

Die Tabellen der Gruppe „aggregierte Emissionsfaktoren“ (IEF) weisen die gleiche Katalogisierung auf wie die dazu gehörenden Tabellen der Emissionen.

Die Tabellen der Gruppe „Zusätzliche Informationen“ orientieren sich an der Anordnung der Gruppe „Aktivitäten“ und enthalten Variablen, die zur Berechnung von Emissionen benötigt werden. Die Auflistung beschränkt sich weitestgehend auf die international zu berichtenden Daten.

Zusätzliche Tabellenblätter beinhalten emissionsrelevante Daten und Häufigkeitsverteilungen zu Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren (AI-Tabellenblätter: AI\_1005FHO, AI\_1005FST, AI\_1005FSP) sowie Unsicherheiten des Treibhausgasinventars und des Ammoniakinventars der deutschen Landwirtschaft (Tabellenblatt „UNC“).

Es werden ausschließlich SI-Einheiten und -Symbole benutzt, siehe dazu Kapitel 3.1.1.

Soweit möglich wird unter einer Tabellenüberschrift ein Hinweis (GAS-EM-Kap. X) auf ein Kapitel im Textband gegeben, in dem weiterführende Informationen bereitgestellt werden.

### 3 Inventory preparation / Die Inventarerstellung

The annual emission inventory for the sector “Agriculture” is prepared with the inventory model GAS-EM. Chapters 3.2 and 3.3 describe the model and the underlying methodologies. The symbols, units and definitions used for the inventory preparation are presented in Chapter 3.1. The emission calculations are performed separately for each source category using the respective input data. For the input data see Chapter 3.4. More details and special features of the source categories are described in Chapters 4 to 12. The preparation of the emission inventory includes quality control and assurance, see Chapter 3.5.

Das jährliche Emissionsinventar für den Sektor Landwirtschaft wird mit Hilfe des Modells GAS-EM erstellt. In den Kapiteln 3.2 und 3.3 werden das Modell und die verwendete Methodik erläutert. Die verwendeten Symbole, Einheiten und Definitionen werden in Kapitel 3.1 vorgestellt. Die Berechnung der Emissionen erfolgt getrennt nach Quellgruppen mit den entsprechenden Eingangsdaten. Zu den Eingangsdaten siehe Kapitel 3.4. Einzelheiten und Besonderheiten der Quellgruppen werden in den Kapiteln 4 bis 12 beschrieben. Zur Emissionsinventarerstellung gehört auch die Kontrolle und Sicherung der Qualität des Emissionsinventars, siehe dazu 3.5.

#### 3.1 Symbols, units and definitions / Symbole, Einheiten und Definitionen

##### 3.1.1 Symbols and units / Symbole und Einheiten

Table 3.1 provides a list of symbols used frequently while Table 3.2 collates the subscripts used to characterise the various source categories. Table 3.3 shows the list of German Federal States (Bundesländer) and their abbreviations.

Table 3.1 gibt eine Auflistung häufig gebrauchter Symbole und Table 3.2 die Indizes, die zur Charakterisierung von Quellen benutzt werden. Table 3.3 zeigt eine Zusammenstellung der deutschen Bundesländer und ihrer Kürzel.

Table 3.1: List of symbols frequently used for entities

|          |                                          |                                                |
|----------|------------------------------------------|------------------------------------------------|
| $\alpha$ | time units conversion factor             | Umrechnungsfaktor für Zeiteinheiten            |
| $A$      | area                                     | Fläche                                         |
| $B_o$    | maximum methane producing capacity       | maximale Methanbildungs-Kapazität              |
| $\beta$  | mass units conversion factor             | Umrechnungsfaktor für Masseneinheiten          |
| $\gamma$ | stoichiometric conversion factor of mass | Stöchiometrischer Umrechnungsfaktor für Massen |
| $DM$     | dry matter                               | Trockensubstanz                                |
| $E$      | emission                                 | Emission                                       |
| $EF$     | emission factor                          | Emissionsfaktor                                |
| $H$      | energy content                           | Energiegehalt                                  |
| $F$      | mass flow                                | Massenfluss                                    |
| $IEF$    | implied emission factor                  | aggregierter Emissionsfaktor                   |
| $M$      | molar mass                               | Molmasse                                       |
| $M$      | mass                                     | Masse                                          |
| $N$      | amount of nitrogen                       | Stickstoffmenge                                |
| $NE$     | net energy                               | Netto-Energie                                  |
| $NEL$    | net energy for lactation                 | Netto-Energie Laktation                        |
| $T$      | temperature                              | Temperatur                                     |
| $TS$     | dry matter                               | Trockensubstanz                                |
| $T$      | time span                                | Zeitdauer                                      |
| $W$      | Weight                                   | (Tier-) Gewicht (Masse)                        |
| $X, x$   | fraction                                 | relativer Anteil                               |

Table 3.2: List of subscripts used to identify source categories and subcategories

|        |                                                       |                                                   |
|--------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| arable | arable land                                           | Ackerland                                         |
| bf     | heifers                                               | Färsen                                            |
| bm     | male beef cattle                                      | männliche Mastrinder                              |
| bo     | boars                                                 | Eber                                              |
| br     | broilers                                              | Masthähnchen und –hühnchen                        |
| bu     | buffalo                                               | Büffel                                            |
| ca     | calves                                                | Kälber                                            |
| CR     | crop residues                                         | Ernterückstände                                   |
| crop   | crop, cropped area                                    | Pflanzenbestand                                   |
| dc     | dairy cows                                            | Milchkühe                                         |
| dep    | depositions from reactive N stemming from agriculture | Deposition von reaktivem N aus der Landwirtschaft |
| du     | ducks                                                 | Enten                                             |
| ent    | enteric fermentation                                  | Verdauung                                         |
| ew     | ewes                                                  | Mutterschafe                                      |
| ex     | excretion                                             | Ausscheidung                                      |
| fert   | mineral fertilizer                                    | Mineraldünger                                     |
| fp     | fattening pigs                                        | Mastschweine                                      |
| ge     | geese                                                 | Gänse                                             |
| go     | goats                                                 | Ziegen                                            |
| grass  | grass land                                            | Grünland                                          |
| HC     | harvested crop                                        | geerntete Menge                                   |
| ho     | horses (heavy)                                        | Pferde (Großpferde)                               |
| la     | lambs                                                 | Lämmer                                            |
| leach  | leached and run off N                                 | ausgewaschenes und abgeflossenes N                |
| Lh     | laying hens                                           | Legehennen                                        |
| Man    | manure                                                | Wirtschaftsdünger                                 |
| mm     | mature males > 2 years                                | männliche Rinder > 2 Jahre                        |
| MM     | manure management                                     | Wirtschaftsdüngermanagement                       |
| NF     | nitrogen fixation                                     | Stickstoff-Fixierung                              |
| Oc     | other cattle (cattle other than dairy cows)           | Rinder ohne Milchkühe                             |
| Os     | other sheep (sheep other than lambs)                  | Schafe ohne Lämmer                                |
| Pest   | pesticides                                            | Pflanzenschutzmittel                              |
| po     | ponies and light horses                               | Kleinpferde und Ponys                             |
| pu     | pullets                                               | Junghennen                                        |
| sc     | suckler cows                                          | Mutterkühe                                        |
| sh     | sheep                                                 | Schafe                                            |
| so     | sows                                                  | Sauen                                             |
| SS     | sewage sludge                                         | Klärschlamm                                       |
| tf     | turkeys (hens)                                        | Putenhennen                                       |
| tm     | turkeys (cocks)                                       | Putenhähne                                        |
| tu     | turkeys (both genders)                                | Puten (insgesamt)                                 |
| urea   | urea                                                  | Harnstoff                                         |
| VS     | volatile solids                                       | „volatile solids“                                 |
| we     | weaners                                               | Aufzuchtferkel                                    |

Table 3.3: Abbreviations used for the German Federal States

|      |                                                                                                        |                                                                                                          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BB   | Brandenburg                                                                                            | Brandenburg                                                                                              |
| BW   | Baden-Württemberg                                                                                      | Baden-Württemberg                                                                                        |
| BY   | Bavaria                                                                                                | Bayern                                                                                                   |
| HE   | Hesse                                                                                                  | Hessen                                                                                                   |
| MV   | Mecklenburg-Western Pomerania                                                                          | Mecklenburg-Vorpommern                                                                                   |
| NI   | Lower Saxony                                                                                           | Niedersachsen                                                                                            |
| NW   | North Rhine-Westphalia                                                                                 | Nordrhein-Westfalen                                                                                      |
| RP   | Rhineland-Palatinate                                                                                   | Rheinland-Pfalz                                                                                          |
| SL   | Saarland                                                                                               | Saarland                                                                                                 |
| SN   | Saxony                                                                                                 | Sachsen                                                                                                  |
| ST   | Saxony-Anhalt                                                                                          | Sachsen-Anhalt                                                                                           |
| SH   | Schleswig-Holstein                                                                                     | Schleswig-Holstein                                                                                       |
| TH   | Thuringia                                                                                              | Thüringen                                                                                                |
| StSt | So-called City States: Berlin, Bremen and Hamburg (sum or weighted mean of the respective city states) | Stadtstaaten: Berlin, Bremen und Hamburg (Summe oder gewichtetes Mittel der entsprechenden Stadtstaaten) |

If possible SI units referred to IUPAC<sup>11</sup> (1993) and IUPAP<sup>12</sup> (1987) are used for standards, recommendations, symbols and units.

Special units used in agricultural sciences and in micrometeorology are used according to Monteith (1984) and Reifsnnyder et al. (1991).

Entities are always written in italics, while scalars (figures), units, (explaining) indices and operators (sin, lg, +, d) are written upright (PTB, 2007).

|    |                          |
|----|--------------------------|
| a  | year                     |
| d  | day                      |
| h  | hour                     |
| ha | hectare                  |
| kg | kilogramme               |
| kt | kiloton                  |
| t  | ton                      |
| Mg | Megagramme (= t)         |
| Gg | Gigagramme (= kt)        |
| Tg | Teragramme (= million t) |
| MJ | mega joule               |

Often units have to be explained. This explanation is given after the units, e.g.

7 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N, **not** 7 kg NH<sub>3</sub>-N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>

The use of unspecified fractions (such as %) is restricted to those cases where the assignment is unambiguous. In any other case the use of fractions of units (such as kg kg<sup>-1</sup>, MJ MJ<sup>-1</sup>) is preferred.

Units should not be language specific. In order to simplify notation the following units are introduced (cf. definitions in Chapters 3.1.3 and 3.1.4):

|    |                           |
|----|---------------------------|
| an | animal                    |
| pl | animal place              |
| ro | animal round              |
| cy | number of rounds per year |
| eg | egg                       |

### 3.1.2 The terms “emissions” and “emission factors” / Die Begriffe „Emissionen“ und „Emissionsfaktoren“

Strictly spoken, the term “emission” denotes the process of transferring matter from a source into the free atmosphere (German standard VDI 2450). The fluxes of matter are denoted as

- emission rate (mass emitted per time unit), symbol used at present *E*, or
- emission rate density (mass emitted per time unit and area), symbol used at present (also) *E*.

To distinguish the matter emitted from the amount *m* of nitrogen excreted by animals (see Chapter 3.3.4.3), the mass emitted is subsequently denoted by the symbol *M*.

Wenn möglich werden SI-Einheiten und Symbole nach IUPAC<sup>11</sup> (1993) bzw. IUPAP<sup>12</sup> (1987) benutzt (PTB, 2007).

Spezielle Einheiten, die in den Landwirtschaftswissenschaften und der Mikrometeorologie verwendet werden, benutzen wir wie bei Monteith (1984) und Reifsnnyder et al. (1991).

Größen werden stets kursiv geschrieben, Skalare (Zahlen), Einheiten, (erläuternde) Indizes und Operatoren (sin, lg, +, d) steil (PTB, 2007).

|    |                      |
|----|----------------------|
| a  | Jahr                 |
| d  | Tag                  |
| h  | Stunde               |
| ha | Hektar               |
| kg | Kilogramm            |
| kt | Kilotonne            |
| t  | Tonne                |
| Mg | Megagramm (= t)      |
| Gg | Gigagramm (= kt)     |
| Tg | Teragramm (= Mio. t) |
| MJ | Megajoule            |

Die Erläuterungen zu Einheiten werden nach den Einheiten angegeben, also

7 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N, **nicht** 7 kg NH<sub>3</sub>-N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>

Wenn die Möglichkeit besteht, dass unspezifische Angaben von Bruchteilen (wie in %) nicht eindeutig zugeordnet werden können, werden Brüche von Einheiten verwendet (etwa kg kg<sup>-1</sup>, MJ MJ<sup>-1</sup>).

Einheiten sollten nicht sprachspezifisch sein. Zur Erleichterung der Schreibweise werden folgende Einheiten neu eingeführt (siehe die Definitionen in den Kapiteln 3.1.3 und 3.1.4):

|    |                |
|----|----------------|
| an | Tier           |
| pl | Tierplatz      |
| ro | Durchgang      |
| cy | Durchgangszahl |
| eg | Ei             |

Der Begriff „Emission“ beschreibt nach VDI 2450 den Vorgang des Übertritts eines Stoffes in die offene Atmosphäre. Diese Stoffströme werden bezeichnet als

- Emissionsstrom (pro Zeiteinheit emittierte Masse) Symbol gegenwärtig *E*, oder als
- Emissionsstromdichte (pro Zeit- und Flächeneinheit emittierte Masse) Symbol gegenwärtig (auch) *E*.

Zur Unterscheidung von der durch Tiere ausgeschiedenen Stickstoffmenge *m* (siehe Kapitel 3.3.4.3) wird die emittierte Masse eines Stoffes nachstehend mit dem Symbol *M* bezeichnet.

<sup>11</sup> IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry

<sup>12</sup> IUPAP: International Union of Pure and Applied Physics

$$E_i = \frac{\Delta M_i}{\Delta \tau} \quad (3.1)$$

$$E_i = \frac{1}{A} \cdot \frac{\Delta M_i}{\Delta \tau} \quad (3.2)$$

where

|                            |                                                        |
|----------------------------|--------------------------------------------------------|
| $E_i$                      | emission of a species <i>i</i> (e.g. ammonia)          |
| $\Delta M_i / \Delta \tau$ | mass of a species (e.g. ammonia) emitted per time unit |
| $A$                        | area                                                   |

Emission factors (symbol used at present *EF*) describe typical emission rates or emission rate densities of an activity at a given time in a given location or region.

The unit of the emission factor is the ratio of the units describing the emission rates or the respective densities and the unit used to quantify the activity (activity rate).

Emissionsfaktoren (Symbol gegenwärtig *EF*) beschreiben die typischen Emissionsströme und Emissionsstromdichten einer Emissionsquelle zu einer gegebenen Zeit an einem gegebenen Ort.

Die Einheit des Emissionsfaktors ergibt sich als Bruch aus den Einheiten von Emissionsstrom bzw. Emissionsstromdichte und der Einheit, mit der der Emittent quantifiziert wird.

$$EF = \frac{E_i}{n_i} \quad (3.3)$$

where

|       |                                                                                    |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|
| $EF$  | emission factor                                                                    |
| $E_i$ | emissions of a given species in a category <i>i</i> to be reported (e.g. “calves”) |
| $n_i$ | activity (e.g. sum of animals in the category <i>i</i> “calves”)                   |

Note that contrary to the inventory presented here, units and symbols used in the descriptions at present applied in the guidance documents to assess emission rates and emission rate densities are usually not following the standards, and they are partly inconsistent.

The resulting implied emission factors (IEF) are the ratio of emissions to activities, and are needed when aggregated data sets are presented or when variable emission factors were used.

Zu beachten ist, dass im Gegensatz zum vorliegenden Inventar die in den Regelwerken derzeit angewendeten Beschreibungen zur Ermittlung von Emissionsströmen und Emissionsstromdichten hinsichtlich des Gebrauchs von Größen, Einheiten und Schreibweisen teilweise von der Norm abweichen und inkonsistent sind.

Als aggregierte Emissionsfaktoren (IEF) werden die Quotienten aus Emissionen und Aktivitäten bezeichnet, die bei aggregierten Datensätzen und variablen Emissionsfaktoren errechnet werden.

$$IEF = \frac{\sum E_i}{\sum n_i} \quad (3.4)$$

where

|            |                                                                                               |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| $IEF$      | implied emission factor                                                                       |
| $\sum E_i$ | sum of emissions of a given species in a category <i>i</i> to be reported (eg “other cattle”) |
| $\sum n_i$ | sum of activities (e.g. sum of animals in the category <i>i</i> “other cattle”)               |

### 3.1.3 The terms “animal number“ and “animal place“ / Die Begriffe „Tierzahl“ und „Tierplatz“

In this inventory, the term “animal place” or “place” (unit: pl) applies to an animal place used for production throughout the year. For this purpose the animal numbers counted by an official survey at a qualifying date (see Chapter 3.4.2) are interpreted as continuously occupied animal places. For animal categories with a lifetime less than a year the emission calculations take into account the number of animals produced per year on this animal place, see Chapter 3.1.4. The term “animal place” in the German inventory is conform to the AAP definition („average annual population“) (EMEP (2009), pg. 13; IPCC (1996)-3, pg. 4.7; IPCC (2006)-10.8, Equation 10.1).

Unter „Tierplatz“ oder „Platz“ (Einheit: pl) wird im Inventar ein kontinuierlich zur Produktion besetzter Tierplatz verstanden. Dazu werden die durch die Officialstatistik zu einem bestimmten Stichtag (siehe Kapitel 3.4.2) erhobenen Tierzahlen als kontinuierlich besetzte Tierplätze interpretiert. Bei Tierkategorien mit einer Lebensdauer, die geringer als ein Jahr ist, wird bei der Emissionsberechnung die Anzahl der auf diesem Tierplatz pro Jahr produzierten Tiere berücksichtigt, siehe Kapitel 3.1.4. Der Begriff „Tierplatz“ im deutschen Inventar entspricht der AAP-Definition („average annual population“) (EMEP (2009), S. 13; IPCC (1996)-3, S. 4.7; IPCC (2006)-10.8, Gleichung 10.1).

In special cases when weight gains or daily energy requirements are concerned, the terms “animal place” and “animal” can be equivalent. In general, these entities are expressed per animal. However, the unit “animal” can be replaced by the unit “place”, if the value of the respective entity refers to the lifespan of the animal and not to the entire duration of a round, because the latter comprises not only the lifespan but also the service time.

Im besonderen Fall können Äquivalenzen zwischen „Platz“ und „Tier“ auftreten. Dies ist bei Größen wie z. B. Gewichtszuwachs oder täglichem Energiebedarfs der Fall, die in der Regel pro Tier ausgedrückt werden. Die Einheit „Tier“ kann durch „Platz“ ersetzt werden, wenn sich der Zahlenwert der betreffenden Größe auf die Lebenszeit des Tieres bezieht und nicht auf die Durchgangsdauer, die neben der Lebenszeit auch eine Reinigungsdauer mit einschließt.

### 3.1.4 *Periods of time: the term “animal round” and related entities / Zeiten: Der Begriff „Durchgang“ und damit zusammenhängende Größen*

An “animal round” describes the time span of a production process in animal production. Per animal round, one animal is kept or produced per place (unit:  $ro = an\ pl^{-1}$ ).

Based on the definition of “animal round” the number of rounds per year ( $n_{round}$  or  $n_{cy}$ ) has the unit  $cy = ro\ a^{-1} = an\ pl^{-1}\ a^{-1}$ .

The time span of an animal round,  $\tau_{round}$ , is given by dividing one year (defined by  $\alpha = 365\ d\ a^{-1}$ ) by the number of rounds per year. The resulting unit is days per round ( $d\ ro^{-1}$ ).

The time span of an animal round comprises the animal life span and the service time prior to or between the respective housing periods.

„Durchgang“ bezeichnet einen zeitlich abgegrenzten Produktionsvorgang in der landwirtschaftlichen Tierhaltung. Pro Durchgang wird ein Tier pro Platz gehalten oder produziert (Einheit:  $ro = an\ pl^{-1}$ ).

Die „Durchgangszahl“  $n_{round}$  oder  $n_{cy}$  ist definiert als die Anzahl von Durchgängen pro Jahr. Die Einheit ist  $cy = ro\ a^{-1} = an\ pl^{-1}\ a^{-1}$ .

Die Durchgangsdauer,  $\tau_{round}$ , ergibt sich aus der Division eines Jahres (definiert als  $\alpha = 365\ d\ a^{-1}$ ) durch die Durchgangszahl  $n_{cy}$ . Als Einheit ergibt sich Tage pro Durchgang ( $d\ ro^{-1}$ ).

Die Durchgangsdauer ist die Summe aus der Tierlebenszeit und einer vor einem neuen Durchgang evtl. erforderlichen Reinigungszeit.

$$\tau_{round} = \tau_{lifespan} + \tau_{service} \quad (3.5)$$

where  $\tau_{round}$  duration of animal round (in  $d\ ro^{-1}$ )  
 $\tau_{lifespan}$  animal lifespan (in  $d\ ro^{-1}$ )  
 $\tau_{service}$  service time (in  $d\ ro^{-1}$ )

### 3.1.5 *Start weight, final live weight and carcass weight / Anfangs-, Lebendend- und Schlachtgewicht*

The animal start weights and the final live weights  $w_{start}$  and  $w_{fin}$  are the animal weights at the respective phase in the animal's life. If there is only one phase, then the start weight denotes the weight at birth or hatching. When animals are fattened, the final live weight may be called fattening weight (“Mastendgewicht”).

As final live weights may not be accessible, they may have to be derived from carcass weight (for the carcass-weight see below). These data often fall below the final live weights reported in fattening and breeding experiments. At present, these differences cannot be quantified, nor can they be explained. That is why this inventory does not differentiate between them.

Sinngemäß bezeichnen Anfangsgewicht  $w_{start}$  und Lebendendgewicht  $w_{fin}$  die Masse des lebenden Tieres zu Beginn bzw. am Ende eines Lebensabschnittes. Gibt es nur einen einzigen Lebensabschnitt, steht der Begriff „Anfangsgewicht“ für das Geburts- bzw. Schlüpfgewicht. Das Lebendendgewicht wird bei Masttieren auch als Mastendgewicht bezeichnet.

Lebendendgewichtdaten werden mangels anderer Datenquellen oftmals aus dem Schlachtgewicht (s. u.) errechnet. Dabei ergeben sich häufig Werte, die niedriger sind als die aus Mast- und Zuchtversuchen berichteten Lebendendgewichte. Die Differenzen können derzeit nicht quantifiziert werden, weshalb im Folgenden nicht bzgl. der unterschiedlich definierten Lebendendgewichte unterschieden wird.

The German term “Schlachtgewicht” is used to describe the animal weight immediately after slaughtering and gutting (Bundesgesetzesblatt (2008) Teil I Nr. 52). Therefore the weight after slaughtering is the animal weight without those parts of the body which are (have to be) removed.

Das Schlachtgewicht ist laut Bundesgesetzblatt (2008) Teil I Nr. 52 das Warmgewicht des geschlachteten und ausgeweideten Tieres. Somit ist das Gewicht nach Schlachtung das um die Masse der nicht verwertbaren Tieranteile verminderte Lebendendgewicht vor Schlachtung.



Translated literally, “Schlachtgewicht” would be “slaughter weight”. Since the English expression “slaughter weight” refers, however, to the animals weight immediately before slaughtering, the correct translation of “Schlachtgewicht” is “carcass weight”. Hence, the term “slaughter weight” is avoided as far as possible in the following.

The ratio between final live weight and carcass weight is called dressing percentage or slaughter yield  $c_w$ .

$$w_{\text{carcass}} = c_w \cdot w_{\text{fin}} \quad (3.6)$$

where

|                      |                                                                                    |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| $w_{\text{carcass}}$ | carcass weight (in kg an <sup>-1</sup> )                                           |
| $c_w$                | ratio of carcass weight to final live weight (in kg kg <sup>-1</sup> , $c_w < 1$ ) |
| $w_{\text{fin}}$     | final live weight (in kg an <sup>-1</sup> )                                        |

The national mean carcass weight  $w_{\text{carcass}}$  for an animal category  $i$  is obtained from the cumulative carcass weights and the number of animals slaughtered.

$$w_{\text{carcass}, i} = \frac{m_{\text{slaughtered}, i}}{n_{\text{slaughtered}, i}} \cdot \beta \quad (3.7)$$

where

|                             |                                                                                        |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| $w_{\text{carcass}, i}$     | carcass weight of an animal in category $i$ (in kg an <sup>-1</sup> )                  |
| $m_{\text{slaughtered}, i}$ | sum of carcass weights of slaughtered animals of category $i$ (in Mg a <sup>-1</sup> ) |
| $n_{\text{slaughtered}, i}$ | number of slaughtered animals of category $i$ (in a <sup>-1</sup> )                    |
| $\beta$                     | mass units conversion factor ( $\beta = 10^3 \text{ kg Mg}^{-1}$ )                     |

Die wörtliche englische Übersetzung von Schlachtgewicht ist „slaughter weight“. Dieser englische Begriff bezeichnet aber das Tiergewicht unmittelbar vor der Schlachtung. Die korrekte Übersetzung des Begriffes „Schlachtgewicht“ lautet hingegen „carcass weight“. Daher wird im Folgenden die Verwendung des Begriffes „slaughter weight“ soweit wie möglich vermieden.

Das Verhältnis des Lebendendgewichtes zum Schlachtgewicht wird als Schlachtausbeute-Faktor, Ausschachtung oder Ausschachtungsgrad  $c_w$  bezeichnet.

Das nationale  $w_{\text{carcass}}$ -Mittel einer Tierkategorie  $i$  errechnet sich aus der Summe der Gewichte nach Schlachtung und der Anzahl der geschlachteten Tiere.

### 3.1.6 Animal weight gain and weight gain rate / Tiergewichtszuwachs und Zuwachsrate

Weight gain is defined as the difference between the start weight and the final live weights in a phase of life:

$$\Delta w = w_{\text{fin}} - w_{\text{start}} \quad (3.8)$$

where

|                    |                                                    |
|--------------------|----------------------------------------------------|
| $\Delta w$         | total weight gain (in kg an <sup>-1</sup> )        |
| $w_{\text{fin}}$   | final animal live weight (in kg an <sup>-1</sup> ) |
| $w_{\text{start}}$ | animal start weight (in kg an <sup>-1</sup> )      |

The ratio between weight gain and the duration of the respective life span is the weight gain rate  $\Delta w/\Delta t$ , (see eq. (2.3)). In this case, the unit “animal” (an) is equivalent with the unit “animal place” (pl), as eq. (2.2) relates to the overall lifespan.

$$\frac{\Delta w}{\Delta t} = \frac{\Delta w}{\tau_{\text{lifespan}}} \quad (3.9)$$

where

|                          |                                                                  |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------|
| $\Delta w/\Delta t$      | mean daily weight gain (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) |
| $\Delta w$               | total weight gain (in kg an <sup>-1</sup> )                      |
| $\tau_{\text{lifespan}}$ | span of lifetime (in d ro <sup>-1</sup> )                        |

Als Zuwachs während einer Lebensphase bezeichnet man die Differenz von Anfangs- und Lebendendgewicht:

Das Verhältnis von Zuwachs zu Lebensspanne ergibt die mittlere Zuwachsrate  $\Delta w/\Delta t$ , Gleichung (2.3). Die Einheit „Tier“ (an) ist hier äquivalent zur Einheit „Platz“ (pl), da Gleichung (2.2) sich auf den gesamten Lebensabschnitt bezieht.

### 3.1.7 Calculation of mean animal weights / Berechnung mittlerer Tiergewichte

Mean animal weights have to be reported for various animal categories, such as “other cattle”, “pigs” or “poultry”. The calculation procedures to derive them are described in the respective chapters.

Für verschiedene zusammenfassende Tierkategorien („übrige Rinder“, „Schweine“, „Geflügel“) werden mittlere Tiergewichte benötigt. Die hierzu erforderlichen Berechnungen werden in den betreffenden Kapiteln beschrieben.

### 3.1.8 Metabolic weight / Metabolisches Gewicht

The calculation of the daily energy requirements for maintenance presupposes the knowledge of the metabolic animal weight. This is defined as follows:

Die Berechnung des täglichen Energiebedarfs für Erhaltung beruht auf der Kenntnis des metabolischen Tiergewichts. Dieses ist wie folgt definiert:

$$w_{m,j} = w_{\text{unit}} \cdot \left( \frac{w_j}{w_{\text{unit}}} \right)^m \quad (3.10)$$

where

|                   |                                                                        |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------|
| $w_{m,j}$         | metabolic animal weight on day j of lifespan (in kg an <sup>-1</sup> ) |
| $w_j$             | animal live weight on day j of lifespan (in kg an <sup>-1</sup> )      |
| $w_{\text{unit}}$ | unit weight ( $w_{\text{unit}} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )               |
| $m$               | exponent ( $0.5 < m < 1$ ); as a rule $m = 0.75$                       |

If the maintenance energy for a whole lifespan has to be assessed, eq. (2.4) has to be integrated. This results in a cumulative (an accumulated) metabolic weight as in eq. (2.5).

Gleichung (2.4) ist zu integrieren, wenn der Erhaltungsenergiebedarf einer gesamten Lebensspanne benötigt wird. Es ergibt sich das kumulierte (oder auch: kumulative) metabolische Gewicht, siehe Gleichung (2.5).

$$\Sigma W_j = \sum_{j=1}^{k_{\text{fin}}} \tau_{\text{day}} \cdot w_{m,j} \quad (3.11)$$

where

|                     |                                                                                                                                                                                              |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Sigma W_j$        | cumulative metabolic live weight (kg d an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> = kg d pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )                                                                          |
| $j$                 | running index of day                                                                                                                                                                         |
| $k_{\text{fin}}$    | index of the final day of lifespan ( $k_{\text{fin}} = \tau_{\text{lifespan}} \cdot \tau_{\text{day}}^{-1}$ , with $\tau_{\text{lifespan}}$ the duration of lifespan in d ro <sup>-1</sup> ) |
| $\tau_{\text{day}}$ | time period of one day ( $\tau_{\text{day}} = 1 \text{ d ro}^{-1}$ )                                                                                                                         |
| $w_{m,j}$           | metabolic animal weight on day j of lifespan (in kg an <sup>-1</sup> )                                                                                                                       |

## 3.2 The inventory model GAS-EM / Das Inventar-Modell GAS-EM

GAS-EM is a modular EXCEL® spreadsheet programme (siehe Kapitel 3.2.4) to estimate gaseous and particulate emissions from animal agriculture and crop production including professional horticulture.

GAS-EM was first described in Dämmgen et al. (2002) and has been developed further continuously since then.

The assessment of emissions within GAS-EM uses the definitions of agriculture according to the definitions of IPCC (see Chapter 3.2.2). All calculation procedures involved are based on the rules provided by the respective conventions and the current guidance documents (see Chapter 3.2.1).

In addition, the German agricultural inventory uses differing methods in specific circumstances in order to improve the description of national emission conditions. These national methods are described in detail in the respective chapters.

GAS-EM ist ein modulares EXCEL®-Tabellenkalkulationsprogramm (siehe Kapitel 3.2.4) zur Berechnung gas- und partikelförmiger Emissionen aus Tierhaltung und Pflanzenbau in der Landwirtschaft (einschl. des kommerziellen Gartenbaus). GAS-EM wurde erstmalig von Dämmgen et al. (2002) erstellt und seither kontinuierlich weiter entwickelt.

Zur Emissionsberechnung mit dem GAS-EM-Modell wird das System Landwirtschaft im Sinne der IPCC-Berichterstattung definiert (siehe Kapitel 3.2.2). Die Methoden zur Emissionsberechnung beruhen auf den Vorgaben der entsprechenden Konventionen und den aktuellen Regelwerken (siehe Kapitel 3.2.1).

Das deutsche landwirtschaftliche Inventar verwendet bisweilen abweichende Methoden, um die nationale Situation zutreffender abbilden zu können. Diese nationalen Methoden werden an entsprechender Stelle beschrieben.

### 3.2.1 Relevant guidance documents / Die relevanten Handbücher

The guidance documents used to calculate the inventory with the GAS-EM model are the IPCC Guidelines (1996, 2006), the Good Practice Guidance (GPG, IPCC 2000) and the EMEP Guidebook (EMEP, 2009). The agricultural section of the EMEP Guidebook (EMEP, 2009) has been developed with the assistance of the German working group (e.g. Dämmgen and Hutchings, 2005).

In the report at hand, References to chapters and pages of the EMEP/CORINAIR Guidebook (EMEP/CORINAIR, on-line version) make use of the year of publication of the respective chapter, the abbreviated SNAP, e.g. EMEP(2007)-B1010, and the page number, as used in the Guidebook foot [e.g. EMEP(2007)-B1010-7].

The EMEP/EEA Guidebook issued in 2009 is referenced as EMEP(2009)-XX-PP, where XX is the sector (e. g. 4B for animal husbandry and manure management) and PP the page.

The 1996 IPCC-Guidelines is referred to quoting the volume and the page number, e.g. IPCC(1996)-3-4.23 for volume 3, pg. 4.23.

Similarly the IPCC-Guidelines (IPCC, 2006) is referred to quoting the page number, e.g. IPCC(2006)-10.39. (There is no need for a volume number.)

Die der Inventarberechnung mit GAS-EM zugrunde liegenden Handbücher umfassen die IPCC-Guidelines (IPCC, 1996, 2006), die Good Practice Guidance (GPG, IPCC 2000) und das EMEP-Guidebook (EMEP, 2009). Der die Landwirtschaft betreffende Teil des EMEP-Guidebook wurde unter Beteiligung der deutschen Arbeitsgruppe entwickelt (z.B. Dämmgen and Hutchings, 2005).

Kapitel und Seiten des EMEP/CORINAIR Guidebook (EMEP/CORINAIR, on-line-Version) werden im vorliegenden Berichtsbextband unter Angabe des Publikationsjahres, des abgekürzten SNAP, z. B. EMEP (2007)-B1010, und der Seitenzahl (s. Fußzeile im Guidebook, z.B. EMEP(2007)-B1010-7, zitiert.

Das EMEP/EEA-Guidebook von 2009 wird als EMEP(2009)-XX-PP zitiert, wobei XX für Sektor steht (z.B. 4B für Tierhaltung und Wirtschaftsdüngermanagement) und PP für die Seitennummer.

Bei den IPCC-Guidelines von 1996 werden Erscheinungsjahr, Band und Seitenzahl werden angegeben, z.B. IPCC(1996)-3-4.23 für Band 3, Seite 4.23.

Bei den IPCC-Guidelines von 2006 wird entsprechend vorgegangen (ohne Angabe eines Bandes): IPCC(2006)-10.39.

### 3.2.2 Structure of the GAS-EM model / Struktur des GAS-EM-Modells

The assessment of emissions within GAS-EM uses the definitions of agriculture according to the definitions of IPCC. It comprises the sectors “animal production” with the source categories 4.A (Emissions from enteric fermentation) and 4.B (emissions from manure management) as well as emissions from agricultural soils and from commercial horticulture (4.D).

Figure 3.1 illustrates the agricultural system with its respective subsystems as well as related neighbouring systems. In addition the mass flows between the agricultural subsystems and the subsequent emissions are shown. The following agricultural subsystems are considered:

- a soil/plant subsystem with primary production
- an animal subsystem, which describes metabolic processes
- a manure management subsystem which considers housing, the storage of animal manures as well as their treatment (e.g. bio gas production) and their application
- the surface and groundwater subsystems as well as
- the natural and seminatural systems influenced by agricultural activities.

Zur Emissionsberechnung mit dem GAS-EM-Modell wird das System Landwirtschaft im Sinne der IPCC-Berichterstattung definiert. Es umfasst die Bereiche „Nutztierhaltung“ mit den IPCC-Quellkategorien 4.A (Emissionen aus der Verdauung) und 4.B (Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement) sowie „landwirtschaftlich und für den kommerziellen Gartenbau genutzte Böden“ (4.D).

Figure 3.1 zeigt das System „Landwirtschaft“ mit den dazugehörigen Subsystemen sowie benachbarte, nicht der Landwirtschaft direkt zugerechnete Systeme. Ebenfalls gezeigt werden die Massenflüsse zwischen den Subsystemen und die daraus resultierenden Emissionen. Landwirtschaftliche Subsysteme sind

- das Subsystem „Boden/Pflanze“ mit der Primärproduktion,
- das Subsystem „Tier“, in dem die Stoffwechselvorgänge im Tier beschrieben werden,
- das Subsystem „Wirtschaftsdünger-Management“, das die Stallungen, die Lagerung von Wirtschaftsdüngern, deren Aufbereitung (z.B. Biogas-Anlagen) und deren Ausbringung umfasst,
- das Subsystem „Oberflächen und Grundwässer“ sowie
- das Subsystem „natürliche und naturnahe Flächen“.

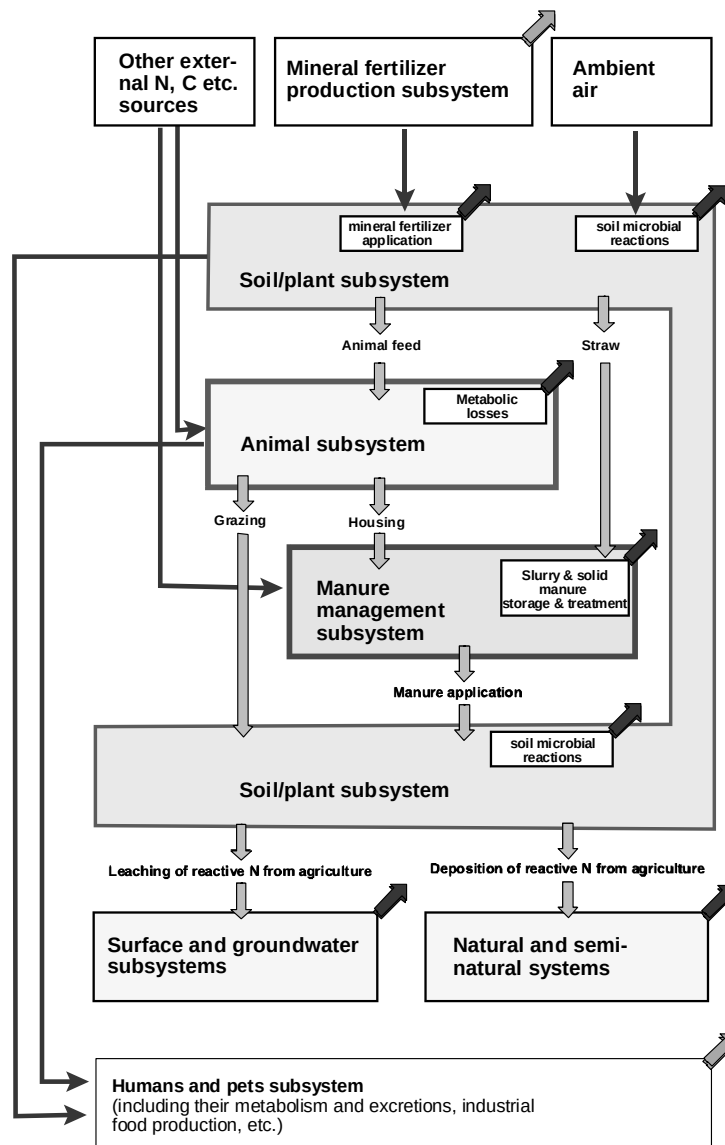


Figure 3.1: Mass flow in agriculture

Narrow black arrows: mass flow between external sources and sinks and the agricultural subsystems; sloping broad black arrows: emissions to the atmosphere. Vertical broad grey arrows: fluxes between agricultural subsystems. Sloping broad grey arrows: emissions not accounted for as agricultural emissions (Dämmgen et al., 2003).

Fluxes into these subsystems from sources other than agriculture are animal feeds, bedding material and mineral fertilizers. In addition, natural fluxes are accounted for, e.g. fluxes of atmospheric  $N_2$  resulting in N fixation by legumes.

N inputs upon and into soils result in N fluxes into non-agricultural systems: surface run-off and leaching transfer N into surface and ground waters. There these inputs are likely to result in  $N_2O$  formation. The conventions attribute these indirect emissions to agriculture as their original source.

Emissions of reactive N species ( $NH_3$ ,  $NO$ ) are subject to atmospheric transport and deposition, after which they interact with the N dynamics of soils, and will eventually lead to the formation of  $N_2O$ . These  $N_2O$  emissions are also attributed to the agricultural sector as indirect agricultural emissions.

Flüsse in diese Subsysteme von außerhalb erfolgen mit Futtermitteln, Einstreu und Mineraldüngern. Zusätzlich wird auch auf natürliche Weise aus der Luft eingetragenes N berücksichtigt (z.B.  $N_2$ -Flüsse bei der N-Fixierung durch Leguminosen).

N-Einträge auf und in Böden führen zu N-Flüssen in nicht-landwirtschaftliche Systeme: Oberflächenabfluss in Oberflächenwässer und durch Auswaschung in Oberflächen- und Grundwässer. Sie verursachen dort z.B. die Bildung von  $N_2O$ . Die Konventionen ordnen diese indirekten Emissionen der Landwirtschaft als Quelle zu.

Die Emissionen reaktiver N-Verbindungen ( $NH_3$ ,  $NO$ ) werden über die Luft verfrachtet, deponiert und greifen dort in die N-Dynamik der Böden ein. Sie führen dort schließlich zur Bildung von  $N_2O$ . Auch diese indirekten  $N_2O$ -Emissionen werden der Quelle „Landwirtschaft“ zugeordnet.

Figure 3.2: illustrates how and with which spatial resolution GAS-EM differentiates between animal categories and subcategories - provided that the respective data is available. It distinguishes the source categories 4.A and 4.B. For the latter, different housing, storage and spreading systems are taken into account.

CH<sub>4</sub> emissions for the source categories 4.A und 4.B are separately calculated for each animal subcategory used in the inventory (see Chapter 3.3.2 and 3.3.4.1). Emissions of the N species for 4.B and 4.D are calculated based on the N-flow concept (see Chapter 3.3.4.3).

For the temporal and spatial resolution of the emission calculations see Chapter 3.2.5

Figure 3.2: zeigt, wie und auf welcher räumlichen Ebene – soweit Daten vorhanden – das GAS-EM-Modell zunächst nach Tierkategorien und –unterkategorien für die Berechnungen der Quellgruppen 4.A und 4.B differenziert, und diese wiederum nach Stallsystemen, Lagerungssystemen und Ausbringungsverfahren für Wirtschaftsdünger aufteilt. CH<sub>4</sub> wird für 4.A und 4.B getrennt je Tier-Subkategorie berechnet (siehe Kapitel 3.3.2 und 3.3.4.1). Die Emissionen der N-Spezies wird für die Quellgruppen 4.B und 4.D auf der Basis eines N-Fluss-Konzeptes berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.3).

Zur räumlichen und zeitlichen Auflösung der Emissionsberechnungen siehe Kapitel 3.2.5

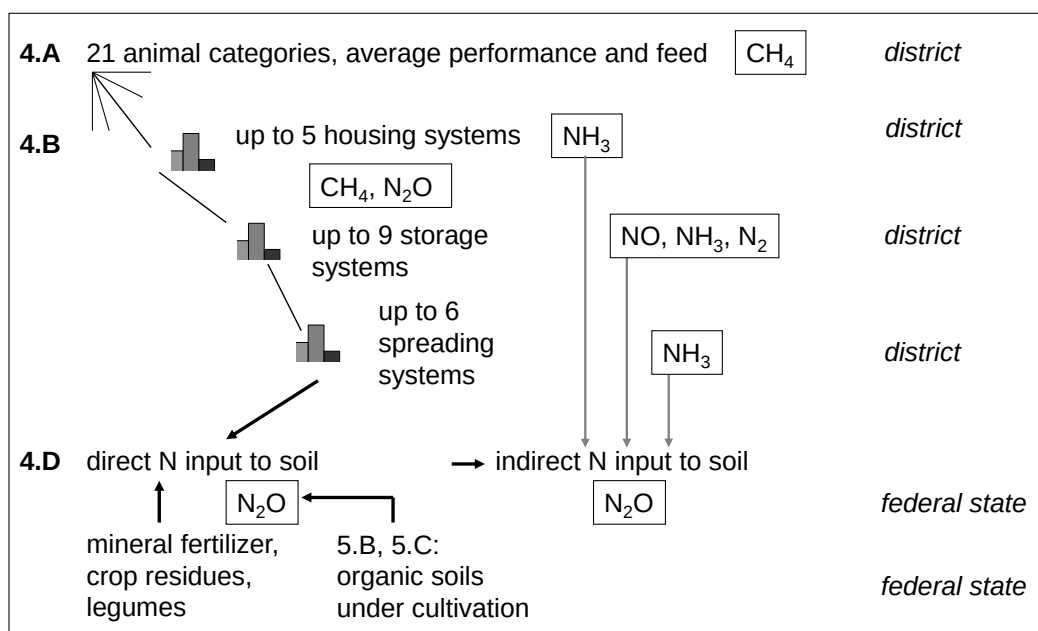


Figure 3.2: Concept, thematic details and spatial resolution of the GAS-EM model

### 3.2.3 *Choice of methodologies / Methodenwahl*

From the decision trees for the choice of methodologies (see IPCC, 2000, Figures 4.2, 4.3, 4.4, 4.7 und 4.8, and EMEP, 2009-4.B, Figure 3-1, and EMEP, 2009-4.D, Figure 3-1) follows that detailed calculation methodologies have to be used for key sources. Key sources are those emission sources that significantly contribute to height, trend or uncertainty of the national total emissions (IPCC, 2000, Chapter 7; EMEP, 2009, Chapter 2). The results of the key source analysis are documented for green house gases in the current NIR ((National Inventory Report, <http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm>) and for air pollutants in the current IIR (Informative Inventory Report, <http://iir-de.wikidot.com/agriculture>).

Calculation methodologies are distinguished according to their increasing level of complexity with Tier 1 being the lowest level:

- **Tier 1 methodologies** that combine statistical data (e.g. animal numbers from the census) directly with mean emission factors (“default emission factors”) provided in the IPCC or EMEP/CORINAIR guidance documents;
- **Tier 2 methodologies** that rely on the use of national data for energy and feed requirements and apply national emission factors, and
- **Tier 3 methodologies** that go beyond Tier 2 methodologies with respect of the degree of detail involved.

As in the German text the expression “Tier” would be ambiguous (the German word “Tier” means “animal”), the German text uses “Stufe” (corresponding to the English word “level”) instead of “Tier”.

All methods used at present in GAS-EM for the calculation of emissions from German agricultural animal husbandry satisfy or partly exceed by far the basic requirements specified in the guidelines (see Chapters 4 to 9). However, at the time being, the calculations of green house gas emissions from agricultural soils can be performed only with the rather simple methods provided in the guidelines, even though the emissions from agricultural soils represent marked remarkable contributions to the national total of green house gas emissions from agriculture.

For an overview of the calculation methods involved see Chapter 3.1. Details can be found in those chapters dealing with single animal subcategories (Chapter 4 et seq.) and the chapters dealing with emissions from agricultural soils (Chapter 10 et seq.).

The calculation of uncertainties for both the green-house gas and the ammonia inventories is dealt with in Chapter 13.

Aus den Entscheidungsbäumen für die Methodenwahl (siehe IPCC, 2000, Abbildungen 4.2, 4.3, 4.4, 4.7 und 4.8, sowie EMEP, 2009-4.B, Abbildung 3-1, und EMEP, 2009-4.D, Abbildung 3-1) geht hervor, dass für Hauptquellgruppen detaillierte Berechnungsmethoden anzuwenden sind. Hauptquellgruppen sind diejenigen Quellgruppen bezeichnet, die wesentliche Anteile zu Höhe, Trend oder Unsicherheit der nationalen Gesamtemissionen beitragen (IPCC, 2000, Kapitel 7; EMEP, 2009, Kapitel 2). Die Ergebnisse der Hauptquellgruppenanalyse werden für die Treibhausgase im jeweils aktuellen NIR (National Inventory Report, <http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm>) und für die Luftschadstoffe im jeweils aktuellen IIR (Informative Inventory Report, <http://iir-de.wikidot.com/agriculture>) dokumentiert.

Bei den Berechnungsverfahren wird nach ihrem von Stufe zu Stufe zunehmenden Detaillierungsgrad unterschieden:

- **Stufe-1-Verfahren**, die sich auf statistische Größen (z.B. Tierzahlen) und mittlere Emissionsfaktoren („default emission factors“) in den Regelwerken von IPCC und EMEP/CORINAIR stützen;
- **Stufe-2-Verfahren**, die nationale Daten zum Energie- und Futterbedarf voraussetzen und nationale Emissionsfaktoren benutzen;
- **Stufe-3-Verfahren**, die im Detaillierungsgrad der Beschreibung über ein Stufe-2-Verfahren hinausgehen.

Wegen der Doppeldeutigkeit des Wortes „Tier“ wird im deutschen Text stets der Begriff „Stufe“ als Übersetzung des englischen Begriffs „Tier“ verwendet.

Im deutschen Inventarmodell GAS-EM erfüllen die im Bereich der Tierhaltung verwendeten Berechnungsmethoden die Mindestanforderungen an den Detaillierungsgrad und gehen teilweise weit über darüber hinaus (siehe Kapitel 4 bis 9). Dagegen erfolgt mangels detaillierterer Verfahren die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (siehe Kapitel 10 und 11) trotz ihres großen Beitrags zu den Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft nach wie vor nur mit den in den Regelwerken vorgegebenen Stufe-1-Methoden.

Für einen Überblick über die verwendeten Rechenmethoden wird auf Kapitel 3.1 verwiesen. Details finden sich in den Tier-Kapiteln ab Kapitel 4 und den Boden-Kapiteln ab Kapitel 10.

Auf die Berechnung der Unsicherheit von Gesamt-Treibhausgas-Inventar und Gesamt-NH<sub>3</sub>-Inventar geht Kapitel 13 ein.

### 3.2.4 *The GAS-EM EXCEL® calculation files / Die GAS-EM EXCEL®-Rechendateien*

For each type of emitter (e.g. emissions from cultures with fertilizers, dairy cows, turkeys) GAS-EM comprises an EXCEL® file (calculation workbook) containing a title sheet, one input sheet for activity data and their frequency distributions, one input sheet for emission factors and expert information, one output sheet compiling the results and one or several calculation sheets. In addition, sheets are added for supplementary calculations.

GAS-EM umfasst für jeden Emittententyp (z.B. Emissionen aus gedüngten Kulturen, Milchkühe, Puten) eine EXCEL®-Datei (Rechen- oder Arbeitsmappe) mit einem Titelblatt, einem Eingabeblatt für Aktivitätsgrößen bzw. deren Häufigkeitsverteilungen, einem Eingabeblatt für Emissionsfaktoren bzw. den Expertenschätzungen, die ihnen zugrunde liegen, einem zusammenfassenden Ausgabenblatt und einem oder mehreren Tabellenblättern für Berechnungen. Zusätzliche Tabellenblätter dienen ergänzenden Berechnungen.

### 3.2.5 *Resolution in time and space / Zeitliche und räumliche Auflösung*

The basic time step in GAS-EM is one year. Processes that need to be examined in shorter time steps (e.g. emissions from the application of manure under different weather conditions) cannot be described in GAS-EM due to the lack of input data. Also processes with a duration of more than a year, e. g. a stockpiling of mineral fertilizers, cannot be dealt with in GAS-EM as the input data needed to model stockpiling is generally unavailable. Hence, GAS-EM assumes for mineral fertilizers that the total of the fertilizer amounts sold in the quarters I and II of a given year Y and the quarters III and IV of the previous year are completely applied to the agricultural soils within year Y.

Emissions from animal husbandry are calculated for districts and subsequently aggregated to obtain emission results for federal states and the national level. As the official survey of animal numbers does not account for the location where the animals are kept but for the residence of the owner of the animals, the emissions calculated for the emission inventory have to be assigned to the location of the animal owner's residence. This error can lead to a biased representation of emission results on a regional level, but is assumed of lesser influence on higher spatial aggregation levels, i. e. on federal state level and especially on the level used for emission reporting, i. e. the national level.

Emissions from the management of agricultural soils are consistently calculated on federal state level and then aggregated on national level as the activity data needed for the years from 1990 onwards are not available on district level (except for manure spreading and grazing, where the activity data are calculated within GAS-EM).

Der Zeitschritt in GAS-EM beträgt ein Jahr. Prozesse auf kürzeren Zeitskalen (wie z. B. eine witterungsabhängige Ausbringung von Wirtschaftsdünger) können mangels differenzierterer Daten nicht abgebildet werden. Auch über ein Jahr hinausreichende Prozesse, wie z. B. eine Vorratshaltung beim Mineraldünger, können in GAS-EM nicht abgebildet werden, da generell entsprechende Daten zur Modellierung der Speichereffekte fehlen. So wird in GAS-EM für den Mineraldünger angenommen, dass die in den ersten beiden Quartalen des aktuellen und in den letzten beiden Quartalen des Vorjahres verkauften Düngermengen im aktuellen Jahr vollständig ausgebracht werden.

Die Emissionen aus der Tierhaltung werden zunächst auf Kreisebene berechnet, bevor sie zu Ergebnissen auf Bundesland- und nationaler Ebene aggregiert werden. Da bei der amtlichen Tierzählung nicht die tatsächlichen Standorte der Tierhaltung erfasst werden, sondern die Wohnorte der Tierhalter, müssen die für das Emissionsinventar berechneten Emissionen demjenigen Kreis zugeordnet werden, der dem Wohnort des Tierhalters entspricht. Dieser Fehler kann zur Verzerrungen der Ergebnisdarstellung im regionalen Bereich führen, wird aber auf Länderebene und insbesondere auf der für die Emissionsberichterstattung relevanten nationalen Ebene als vernachlässigbar eingeschätzt.

Die Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden werden einheitlich auf Bundesland-Ebene berechnet und anschließend zum jeweiligen nationalen Ergebnis aggregiert, da außer für Wirtschaftsdüngerausbringung und Weidegang (in beiden Fällen berechnet) keine Aktivitätsdaten auf Kreisebene für alle Jahre ab 1990 verfügbar sind.

### 3.3 Basic methodologies / Grundlegende Methoden

The subsequent sub-chapters provide an overview of the basic methodologies for the preparation of the German agricultural inventory. For the calculation of the emissions originating from animal husbandry animal sub-categories are defined that are homogeneous with respect to animal performance (weights, growth, Milk yield, etc.), age and utilisation (fattening or breeding), see Chapter 4.1.

More detailed descriptions of the methodologies for the various animal sub-categories and the agricultural soils are given in the Chapter 4. Modifications of methods with respect to the previous submission (see Haenel et al., 2012) are shortly discussed in Chapter 3.5.2

Die nachfolgenden Unterkapitel geben einen Überblick über grundlegende Methoden zur Erstellung des deutschen landwirtschaftlichen Emissionsinventars. Für die Berechnung der Emissionen aus der Tierhaltung werden Tier-Unterkategorien definiert, die bzgl. Leistung (Gewicht, Gewichtszunahme, Milchleistung usw.), Alter und Nutzung (Mast oder Zucht) homogen sind (siehe z. B. Kapitel 4.1).

Detailliertere Methodenbeschreibungen der einzelnen Tier-Unterkategorien bzw. des Bodens erfolgen in den quellenbezogenen Methodenkapiteln ab Kapitel 4. Änderungen der Methoden gegenüber der vorherigen Berichterstattung (Haenel et al., 2012) sind in Kapitel 3.5.2 aufgelistet.

#### 3.3.1 Energy requirements and feed intake of animals / Tierischer Energiebedarf und Futteraufnahme

Whenever the necessary descriptions of processes are available, the German inventory calculates the energy requirements of an agricultural animal. As a rule, the metabolizable energy (ME) is assessed. Dairy cows form an exception. Here the NEL system is used (NEL: net energy for lactation). For ME and NEL see also Kirchgessner et al. (2008).

Overall energy requirements comprise the requirements for maintenance, the requirements related to performance (growth, production of milk or eggs) and the requirements for the production of offspring.

On the assumption that feed is primarily intended to meet the energy requirements, the energy contents of the diets (ME or NEL contents) can be used in connection with feed properties to derive the amount of feed taken in. As a rule, the dry matter intake  $m_{F, dm}$  is calculated.

The gross energy contents of the diet components then allow for the assessment of the gross energy (GE) intake. The latter is the base for the calculations of methane emissions from enteric fermentation (see Chapter 3.3.2) as well as for the derivation of the methane emissions from manure management (see Chapter 3.3.4.1) according to IPCC (1996) and IPCC (2006).

However, for the assessment of methane emissions from manure management, the German inventory uses a national approach for the most important animal subcategories. According to Dämmgen et al. (2011a), the dry matter intake ( $m_{F, dm}$ ) is used instead. For details see Chapter 3.3.3.1).

The crude protein (XP) content of the diet components is then used to derive the XP intake with feeds. The division of the result by  $6.25 \text{ kg kg}^{-1}$  leads to the N intake. This entity is needed to create the N balance which is needed to address the N excretion rates (see Chapter 3.3.3.2). All calculations assume that the XP or N requirements are met if the input is calculated using typical diet compositions. The comparison with national standards for N excretion rates can then be used to check the plausibility of the calculation procedure.

Soweit Prozessbeschreibungen verfügbar sind, wird im deutschen Inventar der tierische Energiebedarf berechnet. Dies geschieht i. d. R. im ME-System, d. h. unter Zugrundelegung der umsetzbaren Energie (metabolizable energy). Lediglich bei den Milchkühen wird das NEL-System angewandt (NEL: Netto Energie Laktation). Zu ME und NEL siehe auch Kirchgessner et al. (2008).

Der Energiebedarf gliedert sich in den Erhaltungsbedarf, den leistungsbedingten Bedarf (Wachstum, Produktion von Milch oder Eiern) und den Bedarf zur Produktion von Nachkommen.

Unter der Annahme einer energiebedarfsdeckenden Fütterung wird mit Hilfe der Energiegehalte der Futterkomponenten (ME- bzw. NEL-Gehalte) die Menge des aufgenommenen Futters berechnet. Dies geschieht in der Regel in Form von Trockenmasse ( $m_{F, dm}$ ).

Mit Hilfe des Bruttoenergiegehaltes der Futterkomponenten wird die mit dem Futter aufgenommene Bruttoenergie GE (gross energy) berechnet. GE ist Grundlage für die Berechnung der Methan-Emissionen aus der Verdauung (siehe Kapitel 3.3.2) sowie nach IPCC (1996) und IPCC (2006) auch der Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (siehe Kapitel 3.3.4.1).

Im Fall der Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wurde das deutsche Inventar für die wichtigsten Tiere inzwischen auf die aktualisierte Methode nach Dämmgen et al. (2011a) umgestellt, die statt von GE von der Aufnahme an Futtertrockenmasse ( $m_{F, dm}$ ) ausgeht, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Mit Hilfe des Gehaltes an Rohprotein (XP) in den einzelnen Futterkomponenten wird schließlich die XP-Aufnahme mit dem Futter berechnet, aus der mit Division durch  $6,25 \text{ kg kg}^{-1}$  unmittelbar die N-Aufnahme hervorgeht. Diese Größe wird in der tierischen N-Bilanz benötigt, um die N-Ausscheidung zu berechnen (siehe Kapitel 3.3.3.2). Es wird davon ausgegangen, dass der XP- bzw. N-Bedarf eines Tieres dann gedeckt ist, wenn seine N-Aufnahme anhand von Kennwerten typischer Futterkomponenten berechnet wird und die sich ergebende N-Ausscheidung dem nationalen Standard entspricht.



Diet compositions and the properties of the feed constituents then allow for the assessment of further effective entities needed for the quantification of emission rates, such as the digestibility of energy ( $X_{DE}$ ) for the calculation of methane from manure management according to IPCC. Dämmgen et al. (2011a) presuppose the knowledge of the digestibility of organic matter ( $X_{DOM}$ ) to calculate these emissions.

Figure 3.3 illustrates the relations between the various relevant entities described above. Here, NE also stands for NEL.

Anhand der Futterzusammensetzung und den Eigenschaften der Futterkomponenten werden effektive Mittelwerte zusätzlicher Größen abgeleitet, die für die Emissionsberechnung erforderlich sind. Dies ist im wesentlichen die Verdaulichkeit von Energie ( $X_{DE}$ ) für den IPCC-Ansatz zur Methanberechnung aus dem Wirtschaftsdünger-Management, während der aktualisierte Ansatz nach Dämmgen et al. (2011a) die Verdaulichkeit von organischer Masse ( $X_{DOM}$ ) benötigt.

Figure 3.3 illustriert die verschiedenen in dem oben skizzierten Konzept relevanten Energiegrößen und ihren Zusammenhang (NE steht hier auch für NEL):

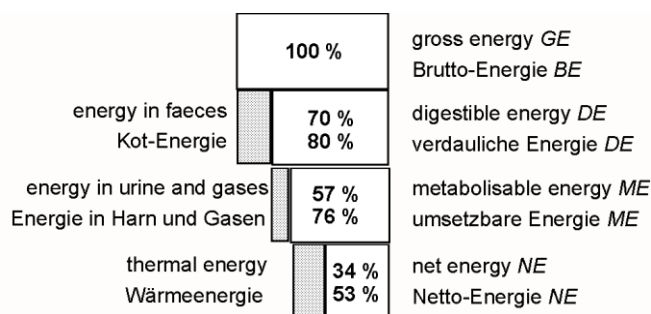


Figure 3.3: Energies considered in animal metabolism

White rectangles: energies considered; shaded rectangles: energies lost. Figures in the white rectangles are exemplary data (upper figure: ruminants, lower figure: pigs).

Assuming that the energy contained in the diet meets the animals' requirements, the above diagram (Figure 3.3) allows for the definition of the feed properties "digestibility of energy" ( $X_{DE}$ ) and "metabolizability of energy" ( $X_{ME}$ ), whereby the knowledge of  $X_{ME}$  and the metabolizable energy (ME) intake allow for the quantification of gross energy (GE) intake, as illustrated below.

$$X_{DE} = \frac{DE}{GE} \quad (3.12)$$

$$X_{ME} = \frac{ME}{GE} \quad (3.13)$$

where

|          |                                                                       |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|
| $X_{DE}$ | digestibility of energy (in MJ MJ <sup>-1</sup> )                     |
| $X_{ME}$ | metabolizability of energy (in MJ MJ <sup>-1</sup> )                  |
| $GE$     | gross energy intake (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )         |
| $DE$     | digestible energy intake (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )    |
| $ME$     | metabolisable energy intake (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ) |

The digestibility of organic matter  $X_{DOM}$  is achieved in analogy to the digestibility of energy  $X_{DE}$ .  $X_{DOM}$  is the ratio between organic matter taken in and digested organic matter. As a rule,  $X_{DOM}$  slightly exceeds  $X_{DE}$ .

The ME system allows for the calculation of GE intakes using the following equation:

Unter der Voraussetzung, dass die im Futter enthaltenen Energien den vom Tier benötigten Energien entsprechen, erlaubt das in Figure 3.3 gezeigte Schema die Definition der Futterkenngrößen „Verdaulichkeit von Energie“ ( $X_{DE}$ ) und „Umsetzbarkeit von Energie“ ( $X_{ME}$ ). Die Kenntnis von  $X_{ME}$  ermöglicht den Schluss von der aufgenommenen umsetzbaren Energie (ME) auf die gesuchte Bruttoenergie (GE), wie weiter unten gezeigt wird.

Die Verdaulichkeit von organischer Substanz  $X_{DOM}$  ist eine zu  $X_{DE}$  analoge Größe. Sie beschreibt das Verhältnis zwischen verdauter und aufgenommener organischer Substanz. Der Wert von  $X_{DOM}$  liegt im Allgemeinen etwas über dem von  $X_{DE}$ .

Im ME-System lässt sich die Bruttoenergieaufnahme GE wie folgt berechnen:

$$GE = \frac{ME_m + ME_f + ME_l + ME_d + ME_p + ME_g}{X_{ME}} \quad (3.14)$$

where

|          |                                                                                         |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| $GE$     | gross energy intake (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                           |
| $ME_m$   | metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ) |
| $ME_f$   | metabolisable energy needed to obtain food (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )    |
| $ME_p$   | metabolisable energy required for pregnancy (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )   |
| $ME_l$   | metabolisable energy for lactation (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )            |
| $ME_d$   | metabolisable energy required for draft power (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ) |
| $ME_g$   | metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )      |
| $X_{ME}$ | metabolisability of feed (in MJ MJ <sup>-1</sup> )                                      |

The applicability of the ME terms in this equation depends on the different mammal types in agricultural animal husbandry. This issue is dealt with in the respective subchapters of the subsequent animal description chapters beginning with Chapter 4.4. The GE approach given above applies analogously to poultry.

An alternative approach to assess GE intake rates is the multiplication of feed intake amounts with the respective GE contents. This variant is made use of with dairy cows (see Chapter 4.3.4.6).

Dairy cows are the only subcategory where the energy requirements are not calculated using the NE, but the NEL system. The assessment of NEL requirements for dairy cows uses a national methodology as described in Chapter 4.3.2. The parametrization proposed in IPCC(2006)-10.21 is not used.

Nicht bei allen Säugetieren in der landwirtschaftlichen Tierhaltung sind alle aufgeführten ME-Terme von Bedeutung. Hierauf gehen die entsprechenden Unterkapitel in den nachfolgenden Tierbeschreibungen ab Kapitel 4.4 ein. Für Geflügel gilt der obige Ansatz in analoger Weise.

Eine alternative Möglichkeit zur GE-Berechnung besteht darin, die aufgenommene Futtermenge mit dem mittleren GE-Gehalt des Futters zu multiplizieren. Diese Variante kommt u. a. bei den Milchkühen zum Einsatz (siehe Kapitel 4.3.4.6).

Milchkühe sind die einzige Tierkategorie im Inventar, für die der Energiebedarf nicht nach dem ME-, sondern nach dem NEL-System berechnet wird. Die NEL-Berechnung für Milchkühe erfolgt dabei nach einem detaillierten nationalen Ansatz (siehe Kapitel 4.3.2), so dass die GE-Parameterisierung nach IPCC(2006)-10.21 nicht zum Einsatz kommt.

### 3.3.2 *CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation / CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung*

The calculation of methane emissions from enteric fermentation can be performed according to three different levels of complexity (Tiers), see IPCC(1996)-3-4.15 ff; IPCC(2006)-10.24 ff). For details of the procedures applied see the respective animal category chapters.

The choice of the complexity level depends on whether the animal category under consideration is considered a key source with respect to methane emissions from enteric fermentation (see Chapter 3.2.3). If this is the case, a Tier 2 or Tier 3 method has to be used.

Zur Ermittlung der Methanemissionen aus der Verdauung stehen unterschiedlich komplexe Berechnungsverfahren zur Verfügung (IPCC(1996)-3-4.15 ff; IPCC(2006)-10.24 ff). Die Einzelheiten zu den angewendeten Verfahren sind den entsprechenden Kapiteln der jeweiligen Tierkategorie zu entnehmen.

Die Auswahl des anzuwendenden Verfahrens hängt davon ab, ob die jeweilige Tierkategorie als Hauptquellgruppe bzgl. der Methanemissionen aus der Verdauung eingestuft werden (siehe Kapitel 3.2.3). Ist Letzteres der Fall, muss mit Stufe 2 oder Stufe 3 gerechnet werden.

#### Tier 1 approach / Stufe-1-Verfahren

For the assessment of emissions, the simple Tier 1 method combines animal numbers with default emission factors, irrespective of the energy requirements.

The calculations make use of the following equation for each animal category:

$$E_{CH_4,ent,i} = n_i \cdot EF_{CH_4,ent,i} \quad (3.15)$$

where

|                   |                                                                                                          |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{CH_4,ent,i}$  | methane emission from enteric fermentation of animal category i (in kg a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> ) |
| $n_i$             | number of animal places for animal category i (in pl)                                                    |
| $EF_{CH_4,ent,i}$ | default emission factor for animal category i (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )  |

Das einfache Stufe-1-Verfahren kombiniert zur Berechnung von Emissionen Tierzahlen mit default-Emissions-faktoren ohne Berücksichtigung des Energiebedarfs.

Die Berechnungen beruhen auf der Anwendung der folgenden Gleichung für jede Tierkategorie:

## Tier 2 approach / Stufe-2-Verfahren

The more detailed Tier 2 methodology makes use of the above Tier 1 equation where the default emission factor is replaced with an emission factor based on national data for energy requirements.

According to IPCC(2006)-10.31, Equation 10.21, the methane emission factor is calculated using an animal-specific default value of the methane conversion factor ( $x_{CH_4, GE}$ , IPCC (2006)-10.30f, Table 10.12, Table 10.13) as follows:

$$EF_{CH_4, ent, i} = GE_i \cdot \frac{x_{CH_4, GE, i}}{\eta_{CH_4}} \quad (3.16)$$

where

|                     |                                                                                                                |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $EF_{CH_4, ent, i}$ | emission factor for animal category i (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )                |
| $GE_i$              | gross energy intake per place of animal category i (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.3  |
| $x_{CH_4, GE, i}$   | methane conversion factor of animal category i (fraction of GE converted to methane) (in MJ MJ <sup>-1</sup> ) |
| $\eta_{CH_4}$       | energy content of methane ( $\eta_{CH_4} = 55.65$ MJ (kg CH <sub>4</sub> ) <sup>-1</sup> )                     |

## Tier 3 approach / Stufe-3-Verfahren

The Tier 3 approach (IPCC(2006)-10.31 f) makes use of the Tier 2 equation where the methane conversion factor ( $x_{CH_4, GE}$ ) is determined on base of national or subnational data.

In the German inventory, the Tier 3 approach is available only for dairy cows, see Chapter 4.3.5. It calculates the CH<sub>4</sub> emission factor as a function of the intake of crude fibre, N-free extracts, crude protein and fat. From this emission factor and the intake of gross energy the methane conversion rate is back-calculated to be entered into the CRF tables.

Das detailliertere Stufe-2-Verfahren nutzt obige Stufe-1-Gleichung, ersetzt den Default-Wert des Emissionsfaktors aber durch eine Berechnung mit Hilfe nationaler Werte des Gesamt-Energiebedarfs.

Nach IPCC(2006)-10.31, Gleichung 10.21, wird der Emissionsfaktor unter Verwendung eines tierspezifischen Standard-Wertes für den Methan-Umwandlungsfaktor ( $x_{CH_4, GE}$ , IPCC (2006)-10.30f, Table 10.12, Table 10.13) wie folgt berechnet:

Das Stufe-3-Verfahren (IPCC(2006)-10.31 f) nutzt die Stufe-2-Gleichung, wobei der Methan-Umwandlungsfaktor ( $x_{CH_4, GE}$ ) aus nationalen oder regionalen Daten abgeleitet wird.

Das Stufe-3-Verfahren ist im deutschen Inventar nur für Milchkühe verfügbar, siehe Kapitel 4.3.5. Dabei wird der CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktor als Funktion der Aufnahme von Rohfaser, N-freien Extraktstoffen, Rohprotein und Fett) berechnet. Aus dem Emissionsfaktor wird mit Hilfe der Gesamtenergie-Aufnahme der in den CRF-Tabellen anzugebende Methanumwandlungsfaktor abgeleitet.

### 3.3.3 Excretions / Ausscheidungen

#### 3.3.3.1 Excretions of VS / VS-Ausscheidungen

The assessment of CH<sub>4</sub> emissions from the manure management (see Chapter 3.3.4.1) presupposes the knowledge of the amount of “volatile solids” (VS) excreted. Volatile solids comprise the organic material in livestock manure that is oxidised at 800 °C. The respective equation is:

$$VS = DM_{excr} - m_{ash} \quad (3.17)$$

Where

|             |                                                                                 |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| VS          | volatile solids excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )              |
| $DM_{excr}$ | dry matter excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                   |
| $m_{ash}$   | amount of ash contained in excretions (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ) |

The relation between the excretion rates of total VS, degradable VS ( $VS_d$ ) and non-degradable VS ( $VS_{nd}$ ) is as follows:

Die Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (siehe Kapitel 3.3.4.1) erfordert die Kenntnis der ausgeschiedenen Mengen an organischer Trockensubstanz, die als Glühverlust der Ausscheidungen bei 800 °C bestimmt wird (englischer Begriff: „volatile solids“ (VS)). Es gilt:

Die Gesamtmenge an VS teilt sich in abbaubare ( $VS_d$ ) und nicht abbaubare VS ( $VS_{nd}$ ):

$$VS = VS_d + VS_{nd} \quad (3.18)$$

In principle, CH<sub>4</sub> emissions from manure management are related to VS<sub>d</sub>. However, in a first approach, VS<sub>d</sub> is proportional to VS<sub>excr</sub>. The factor relating the two is depending on the composition of the excreta. The methodology proposed by IPCC (1996)-3-4.34, considers this in a “maximum methane producing capacity for manure” B<sub>0</sub> (see Chapter 3.3.3.1). According to IPCC (1996)-3-4.31, Gl. 4.16, the VS excretion is to be calculated as follows:

$$VS = GE \cdot \frac{1}{c_E} \cdot (1 - X_{DE}) \cdot (1 - x_{ash}) \quad (3.19)$$

where

|                  |                                                                                                       |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| VS               | excretion of volatile solids (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                |
| GE               | gross energy intake (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.3                        |
| c <sub>E</sub>   | energy content of dry matter taken in (c <sub>E</sub> = 18.45 MJ kg <sup>-1</sup> , IPCC(2006)-10.42) |
| X <sub>DE</sub>  | digestibility (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.3                                              |
| x <sub>ash</sub> | fraction of ash content in excretions (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below                            |

The IPCC (2006) approach is quite similar with the exception that urine is additionally taken into account as an additional bearer of energy. According to IPCC (2006), typically 0.04 MJ (MJ GE)<sup>-1</sup> can be considered urinary energy excretion by most ruminants.

In the explanations to the equations, both IPCC (1996) and IPCC (2006) provide a default ash content of “around 8 %” (IPCC, 1996) for cattle and buffalo and of 0.08 kg kg<sup>-1</sup> (IPCC, 2006) for cattle only in **manure**. The descriptions of ash contents in pig manure in IPCC (1996), pg. 4.23, and in the appendix, Table B-2 (pg. 4.42), are ambiguous. The text refers to 2 % as ash content in **manure**, whereas the appendix states that the VS default emission factor was derived for ash contents of 2 % in pig **feed** (developed countries). IPCC (2006) does not provide information about ash contents in pig manure.

As a result of the September 2010 in-country-review, Dämmgen et al. (2011a) reviewed the calculation process. Firstly, they could give reasons for the fact that the difference between the IPCC (1996) and (2006) approaches (inclusion of urine) is irrelevant, as 90 to 95 % of the organic matter in urine is urea and allanthoin. Both are hydrolyzed within hours after excretion to CO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub>. They do not form degradable organic matter as defined and do not account for any CH<sub>4</sub> formation (Monteny and Erisman, 1999).

In addition, they could illustrate that the IPCC approach is only an approximation of the correct relation given below that uses for input the ash content of the feed rather than that of the excretions (for ash contents see Chapters 4 to 9):

$$VS = m_{F, dm} \cdot (1 - X_{DOM}) \cdot (1 - X_{ash, feed}) \quad (3.20)$$

where

|                        |                                                                                             |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| VS                     | excretion of volatile solids (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                      |
| m <sub>F, dm</sub>     | feed intake rate (dry matter) (in kg place <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.3 |
| X <sub>DOM</sub>       | apparent digestibility of organic matter (in kg kg <sup>-1</sup> )                          |
| X <sub>ash, feed</sub> | ash content of feed (in kg kg <sup>-1</sup> )                                               |

Im Prinzip wären die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management auf VS<sub>d</sub> zu beziehen. In erster Näherung ist VS<sub>d</sub> aber proportional zu VS<sub>excr</sub>. Der Proportionalitätsfaktor ist von der Zusammensetzung der Exkremente abhängig. IPCC (1996)-3-4.34 berücksichtigt diesen Umstand in der „größtmöglichen Methan-Bildungskapazität für Wirtschaftsdünger“ B<sub>0</sub> (siehe Kapitel 3.3.3.1) und gibt die folgende Gleichung zur Berechnung der VS-Ausscheidungen an:

Der Ansatz in IPCC (2006) ist ähnlich und unterscheidet sich lediglich darin, dass zusätzlich Harn als Energieträger berücksichtigt wird. Als typische Größenordnung gibt IPCC 0,04 MJ (MJ GE)<sup>-1</sup> für die meisten Wiederkäuer an.

In den Erläuterungen geben sowohl IPCC (1996) als auch IPCC (2006) einen Standard-Aschegehalt von “etwa 8 %” für Rinder und Büffel (IPCC, 1996) bzw. von 0,08 kg kg<sup>-1</sup> (IPCC, 2006) für Rinder, bezogen auf die **Ausscheidungen**, an. Die Angaben für die Asche-Gehalte in Schweine-Ausscheidungen in IPCC (1996), S. 4.23, und in Table B-2 (S. 4.42), sind widersprüchlich. Der Text gibt 2 % als Asche-Gehalt der **Ausscheidungen** an, wohingegen die Angaben in der Tabelle im Anhang von 2 % im **Futter** (entwickelte Länder) betragen. IPCC (2006) schlägt keine Standard-Asche-Gehalte in den Ausscheidungen vor.

Im Nachgang zum In-Country-Review im September 2010 überprüften Dämmgen et al. (2011a) den Sachverhalt. Sie konnten zum Einen begründen, dass der Unterschied zwischen den Ansätzen von IPCC (1996) und IPCC (2006) (Einbeziehung von Harn) irrelevant ist, da die organische Masse im Harn zu 90 bis 95 % aus Harnstoff und Allanthoin besteht. Beide werden innerhalb weniger Stunden nach der Ausscheidung vollständig zu CO<sub>2</sub> und NH<sub>3</sub> hydrolysiert und tragen nicht zur CH<sub>4</sub>-Bildung bei (Monteny und Erisman, 1999).

Zum Anderen konnten Dämmgen et al. (2011a) zeigen, dass der IPCC-Ansatz nur eine Näherung für den nachstehend angegebenen korrekten Ansatz darstellt, der u. a. als Eingangsgröße den Aschegehalt des Futters und nicht der Ausscheidungen erfordert (zu den Aschegehalten siehe Kapitel 4 bis 9):

It was found that the IPCC recommendation to use a single  $c_E$  value independent of the animal subcategory and independent of the diet composition as well as the use of  $X_{DE}$  instead of  $X_{DOM}$  (where  $X_{DOM} > X_{DE}$  in any case) in combination with inappropriate ash contents is likely to result in a misjudgement of VS excretion rates.

For Germany, the combination of the correct equation with national data instead of IPCC default values results in a reduction of calculated VS excretion rates for cattle and pigs and hence to reduced methane emission from manure storage facilities (Dämmgen et al., 2011a).

On the contrary, VS excretion rates for poultry are higher than those calculated according to the IPCC recommendations. This fact is due to the consideration of ash contents in feed rather than in manure and the comparatively low ash contents of the diets.

The correct description following Dämmgen et al. (2011a) is used in the German emission inventory wherever the availability of data allows for it. Details will be described separately for each single animal subcategory.

Es zeigte sich, dass die IPCC-Vorgabe eines für alle Tiere gleichen und damit auch von der Fütterung unabhängigen  $c_E$ -Wertes, die Verwendung von  $X_{DE}$  anstelle von  $X_{DOM}$  (wobei stets  $X_{DOM} > X_{DE}$ ), sowie nicht angemessene Aschegehalte zu Fehleinschätzungen in der VS-Ausscheidung führen können.

So führt für Deutschland die Verwendung der korrekten Gleichung mit nationalen Daten anstelle von IPCC-default-Werten bei Rindern und Schweinen zu einer Verringerung der berechneten VS-Ausscheidungen und damit zu verringerten Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Lager (Dämmgen et al., 2011a).

Für Geflügel ergibt sich dagegen eine im Vergleich zum IPCC-Standardwert höhere VS-Ausscheidung, was im Ersatz des Aschegehaltes der Ausscheidungen durch die deutliche niedrigeren Aschegehalte des Futters begründet ist.

Die korrekte Gleichung nach Dämmgen et al. (2011a) wird im deutschen Emissionsinventar angewendet, soweit die dafür erforderlichen Daten vorliegen. Hierauf wird in den entsprechenden Tierkapiteln gesondert eingegangen.

### 3.3.3.2 Excretions of N and TAN (or UAN) / Ausscheidungen von N und TAN (bzw. UAN)

For the calculation of  $NH_3$ ,  $N_2O$ , NO and  $N_2$  emissions from animal husbandry (see Chapter 3.3.4.3.1) the excretions of N and – for mammals – TAN are needed per animal place and year.

TAN means „total ammoniacal nitrogen“ and is the share of the total N excretion from which emissions of ammonia occur. In the inventory, TAN is assumed to be equal to the amount of N excreted in urine.

For poultry, the excretion of uric acid nitrogen (UAN) is needed instead of TAN, see Dämmgen und Erisman (2005). At the time being, the use of UAN excretions is impossible in the inventory, as the hydrolysis of uric acid producing ammonium carbonate occurs outside the birds' bodies. In particular, it is difficult to model the influence of humidity on this process. Hence, emission inventories make use of mean potential TAN contents for their calculations which means that the UAN excreted is completely considered to be TAN.

Hence, the procedures described in the following apply equally to mammals and poultry. The description of the methodology aims at giving an overview of the principal calculation steps. For details see the animal chapters, beginning with Chapter 4.

For the excretions of animal categories that, like e. g. goats and sheep, are not a key source (see Chapter 3.2.3), default excretion values provided in the guidelines are used. For key sources (like e. g. dairy cows and fattening pigs) the N and TAN excretions are calculated using the N mass balance of the animal.

The subsequent equation describes the N mass balance of an animal.:

Für die Berechnung von  $NH_3$ -,  $N_2O$ -, NO- und  $N_2$ -Emissionen aus der Tierhaltung (siehe Kapitel 3.3.4.3.1) werden die Ausscheidungen von N und – bei Säugetieren – TAN pro Tierplatz und Jahr benötigt.

TAN steht für „total ammoniacal nitrogen“ und ist derjenige Anteil der gesamten N-Ausscheidungen, aus dem Ammoniakemissionen erfolgen. Im Inventar wird TAN mit der N-Menge gleichgesetzt, die mit dem Harn ausgeschieden wird.

Bei Geflügel wird statt der TAN-Ausscheidung die Harnsäure-Ausscheidung (uric acid nitrogen, UAN) benötigt, vgl. Dämmgen und Erisman (2005). Die Verwendung von UAN-Ausscheidungen im Inventar ist aktuell nicht möglich, da der Prozess der Hydrolyse der Harnsäure zu Ammoniumcarbonat außerhalb des Körpers stattfindet und der dabei wichtige Einfluss von Feuchte schwierig zu modellieren ist. Daher wird anstelle von UAN mit mittleren scheinbaren TAN-Gehalten gerechnet, wobei TAN = UAN angenommen wird.

Daher gelten die nachfolgenden Ausführungen für Säugetiere und Geflügel. Es wird dabei ein Überblick über die prinzipielle Vorgehensweise vermittelt. Zu Details wird auf die Tierkapitel ab Kapitel 4 verwiesen.)

Für Tierkategorien, die wie z. B. Ziegen und Schafe nicht zu den Hauptquellgruppen (siehe Kapitel 3.2.3) zählen, werden für die Ausscheidungen Standwerte aus den Richtlinien verwendet. Für Hauptquellgruppen (wie z.B. Milchkühe, Mastschweine) werden die N- und TAN-Ausscheidungen mithilfe der tierischen N-Massenbilanz berechnet.

Die nachfolgende Gleichung beschreibt die N-Bilanz:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_l - m_g - m_p \quad (3.21)$$

where

|                   |                                                                                         |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{excr}}$ | amount of nitrogen in excreta (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                 |
| $m_{\text{feed}}$ | amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )           |
| $m_l$             | amount of nitrogen secreted with milk or eggs (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ) |
| $m_g$             | amount of nitrogen retained in the animal (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )     |
| $m_p$             | amount of nitrogen in offspring produced (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )      |

The N intake with feed ( $m_{\text{feed}}$ ) is determined by the intake of feed and the average crude protein content of the feed.

As a rule, the amount of feed intake is a function of the energy requirements of the animal and the energy content of the feed. The calculation is based on the assumption that the energy requirements be exactly satisfied. In the subsequent equation the energy requirements and the energy content of the feed are given in ME units (ME = metabolizable energy). For dairy cows the units to be used are NEL units (NEL = net energy lactation).

For animals kept for meat production the amount of feed can be replaced by the product of feed conversion factor, number of animal rounds and growth per round:

Die N-Aufnahme mit dem Futter ( $m_{\text{feed}}$ ) wird durch die aufgenommene Futtermenge und deren mittleren Rohproteingehalt bestimmt.

Die Futtermenge wird i. d. R. aus dem tierischen Energiebedarf und Energiegehalt des Futters berechnet, wobei davon ausgegangen wird, dass der tierische Energiebedarf exakt erfüllt wird. In der folgenden Gleichung werden Energiebedarf und mittlerer Energiegehalt des Futters in ME-Einheiten angegeben (ME = umsetzbare Energie). Für Milchkühe sind NEL-Einheiten zu verwenden (NEL = Netto Energie Laktation).

Bei Masttieren kann die Futtermenge durch das Produkt aus Futterverwertungskoeffizient, Durchgangszahl und Zuwachs pro Mastdurchgang ersetzt werden:

$$m_{\text{feed}} = x_N \cdot \sum_i DM_i \cdot x_{N, \text{XP}, i} = x_N \cdot m_{F, \text{DM}} \cdot [x_{\text{XP}}] = x_N \cdot \frac{\Sigma ME}{[\eta_{\text{ME}}]} \cdot [x_{\text{XP}}] \quad (3.22)$$

or (for animals kept for meat production)

$$m_{\text{feed}} = x_N \cdot x_{\text{feed}} \cdot n_{\text{round}} \cdot \Delta w_{\text{round}} \cdot [x_{\text{XP}}] \quad (3.23)$$

where

|                           |                                                                                                                  |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{feed}}$         | amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                    |
| $x_N$                     | nitrogen content of crude protein ( $x_N = 1/6.25$ kg kg <sup>-1</sup> )                                         |
| $DM_i$                    | amount of dry matter taken in with feed constituent i (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                  |
| $x_{N, \text{XP}, i}$     | crude protein content of feed constituent i (in kg kg <sup>-1</sup> )                                            |
| $m_{F, \text{DM}}$        | total amount of feed intake (dry matter) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                               |
| $[x_{\text{XP}}]$         | mean crude protein content of the feed, related to dry matter (in kg kg <sup>-1</sup> )                          |
| $\Sigma ME$               | the animal's cumulative requirements of metabolizable energy (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )           |
| $[\eta_{\text{ME}}]$      | mean content of metabolizable energy in the feed (dry mass) (in MJ kg <sup>-1</sup> )                            |
| $x_{\text{feed}}$         | feed conversion factor, i. e. the amount of feed needed to achieve 1 kg of weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> ) |
| $n_{\text{round}}$        | number of animal production cycles per year (in ro a <sup>-1</sup> )                                             |
| $\Delta w_{\text{round}}$ | weight gain achieved per round (in kg ro <sup>-1</sup> )                                                         |

The other components of the N balance are determined as follows:

Die übrigen Bilanzglieder werden wie folgt bestimmt:

$$m_l = Y_M \cdot x_{\text{XP}, \text{milk}} \cdot x_{N, \text{milk}} \quad (3.24)$$

or

$$m_l = n_{\text{eggs}} \cdot w_{\text{egg}} \cdot x_{N, \text{egg}} \quad (3.25)$$

where

|                              |                                                                                          |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_l$                        | amount of nitrogen secreted with milk or eggs (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $Y_M$                        | annual milk yield (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                              |
| $x_{\text{XP}, \text{milk}}$ | crude protein content of milk (in kg kg <sup>-1</sup> XP <sub>milk</sub> )               |
| $x_{N, \text{milk}}$         | nitrogen content of milk protein (in kg kg <sup>-1</sup> N)                              |
| $n_{\text{eggs}}$            | number of eggs (in eg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                 |
| $w_{\text{egg}}$             | weight per egg (in kg eg <sup>-1</sup> )                                                 |
| $x_{N, \text{egg}}$          | nitrogen content of a single egg (in kg kg <sup>-1</sup> N)                              |

$$m_g = \Delta w_{\text{place}} \cdot x_{\text{N, animal}} \quad (3.26)$$

where

|                           |                                                                                      |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_g$                     | amount of nitrogen retained in the animal (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $\Delta w_{\text{place}}$ | weight gain per place (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                      |
| $x_{\text{N, animal}}$    | nitrogen content of whole animal (in kg kg <sup>-1</sup> N)                          |

$$m_p = w_{\text{offspring}} \cdot x_{\text{N, offspring}} \quad (3.27)$$

where

|                           |                                                                                           |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_p$                     | amount of nitrogen in offspring produced (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)       |
| $w_{\text{offspring}}$    | weight of the total offspring (calves, piglets) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ) |
| $x_{\text{N, offspring}}$ | nitrogen content of whole offspring body (in kg kg <sup>-1</sup> N)                       |

The amount of TAN needed for the assessment of the emissions of N species from mammals (see Chapter 3.3.4.3.1) is defined as the share of digestible N taken in with feeds that is not retained in the animal or excreted with milk or offspring. This definition presupposes the knowledge of the digestibility of crude protein ( $X_{\text{DXP}}$ ).

Die für die Berechnung von N-Emissionen aus der Säugetierhaltung benötigte TAN-Menge (siehe Kapitel 3.3.4.3.1) ist derjenige Anteil der mit dem Futter aufgenommenen verdaulichen N-Menge, der nicht im Tier retiniert oder für die Produktion von Milch oder Nachkommen aufgewendet wird. Diese Definition setzt die Kenntnis der Verdaulichkeit von Rohprotein  $X_{\text{DXP}}$  voraus.

$$m_{\text{excr, TAN}} = X_{\text{DXP}} \cdot m_{\text{feed}} - m_l - m_g - m_p \quad (3.28)$$

where

|                        |                                                                                      |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{excr, TAN}}$ | amount of TAN excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                    |
| $X_{\text{DXP}}$       | digestibility of crude protein (in kg kg <sup>-1</sup> )                             |
| $m_{\text{feed}}$      | amount of nitrogen in feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                |
| $m_l$                  | amount of nitrogen secreted with milk (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)     |
| $m_g$                  | amount of nitrogen retained in the animal (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $m_p$                  | amount of nitrogen in offspring produced (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)  |

If  $X_{\text{DXP}}$  is not available, it may be approximated by the digestibility of energy ( $X_{\text{DE}}$ ). For  $X_{\text{DE}}$  see Chapter 3.3.1.

For dairy cows the amount of TAN is calculated differently. As shown in Chapter 4.3.7.3 it is a function of the amount of N excreted with faeces.

The relative TAN content  $x_{\text{TAN}}$  of the excreta is defined as:

$$x_{\text{TAN}} = \frac{m_{\text{excr, TAN}}}{m_{\text{excr}}} \quad (3.29)$$

where

|                        |                                                                              |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| $x_{\text{TAN}}$       | fraction of nitrogen excreted as TAN (in kg kg <sup>-1</sup> )               |
| $m_{\text{excr, TAN}}$ | amount of TAN excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)            |
| $m_{\text{excr}}$      | amount of total nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |

Note that the new dairy cow model introduced in the inventory 2010 for 2008 takes into account nitrogen losses by skin and hair. These losses are added to the organic N excretions. For other animals similar calculation methods are not available.

Ist  $X_{\text{DXP}}$  nicht bekannt, ist eine Approximation durch die Verdaulichkeit von Energie ( $X_{\text{DE}}$ ) möglich. Zu  $X_{\text{DE}}$  siehe Kapitel 3.3.1.

Bei den Milchkühen wird die TAN-Menge abweichend von obiger Gleichung über N-Ausscheidung im Kot berechnet, siehe Kapitel 4.3.7.3.

Der relative TAN-Gehalt  $x_{\text{TAN}}$  der Ausscheidungen ist wie folgt definiert:

Anmerkung: Ab dem Inventar 2010 für 2008 wird bei Milchkühen auch der mit Hautpartikeln und Haaren abgegebene Stickstoff berücksichtigt. Er wird der organischen N-Ausscheidung hinzugerechnet. Für andere Tiere existieren keine vergleichbaren Berechnungsmethoden.

### 3.3.4 Emissions from manure management / Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management

#### 3.3.4.1 CH<sub>4</sub> emissions / CH<sub>4</sub>-Emissionen

According to IPCC(1996)-3-4.77 ff two tiers may be used for the calculation of the methane emissions from manure management. IPCC(2006)-10.35 ff provides three tiers. All methods are based on the following equation:

$$E_{\text{CH}_4, \text{MM}, i} = n_i \cdot EF_{\text{CH}_4, \text{MM}, i} \quad (3.30)$$

where

|                                  |                                                                                                                                    |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{CH}_4, \text{MM}, i}$  | CH <sub>4</sub> emission from manure management of animal category i (in kg a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )                      |
| $n_i$                            | number of animal places for animal category i (in pl)                                                                              |
| $EF_{\text{CH}_4, \text{MM}, i}$ | emission factor for methane from manure management for animal category i (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> ) |

The methodologies provided by IPCC for the calculation of methane emissions from manure management are described in the following.

Nach IPCC(1996)-3-4.77 ff stehen für die Berechnung der Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management zwei Stufen, nach IPCC(2006)-10.35ff drei Stufen zur Verfügung, die alle von der nachfolgenden Gleichung ausgehen.

Die IPCC-Methoden zur Berechnung von Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden nachstehend beschrieben.

#### Tier 1 approach / Stufe-1-Verfahren

The Tier 1 methodology (IPCC(2006)-10.37) uses the equation (3.30) with default emission factors.

Das Stufe-1-Verfahren (IPCC(2006)-10.37) verwendet Gleichung (3.30) mit Default-Emissionsfaktoren.

#### Tier 2 approach / Stufe-2-Verfahren

The Tier 2 methodology (cf. Equation 10.23 in IPCC(2006)-10.21) uses equation (3.30) and calculates the emission factor  $EF_{\text{CH}_4, \text{MM}, i}$  as a function of VS excreted, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factor  $MCF$  that describes for each single manure management system the fraction of  $B_0$  that is generated effectively.

Das Stufe-2-Verfahren (vgl. Gleichung 10.23 in IPCC(2006)-10.21) verwendet Gleichung (3.30) und berechnet den Emissionsfaktor  $EF_{\text{CH}_4, \text{MM}, i}$  als Funktion der ausgeschiedenen VS-Menge, der maximalen Methanbildungskapazität  $B_0$  und des Methanumwandlungsfaktors  $MCF$ , der für jedes Wirtschaftsdünger-Lagerverfahren angibt, welcher Anteil von  $B_0$  tatsächlich erzeugt wird.

$$EF_{\text{CH}_4, \text{MM}, i} = VS_i \cdot \alpha \cdot B_{0,i} \cdot \rho_{\text{CH}_4} \cdot \sum_{jk} MCF_{i,j,k} \cdot MS_{i,j} \quad (3.31)$$

where

|                                  |                                                                                                                                    |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $EF_{\text{CH}_4, \text{MM}, i}$ | emission factor for methane from manure management for animal category i (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> ) |
| $VS_i$                           | volatile solid excretion rate of animal category i (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                                       |
| $\alpha$                         | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                                                   |
| $B_{0,i}$                        | maximum methane producing capacity (in m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )                                           |
| $\rho_{\text{CH}_4}$             | density of methane ( $\rho_{\text{CH}_4} = 0.67 \text{ kg m}^{-3}$ )                                                               |
| $MCF_{i,j,k}$                    | methane conversion factors for manure management system j and climate region k (in kg kg <sup>-1</sup> )                           |
| $MS_{i,j}$                       | fraction of animal category i whose manure is handled in a system j (in pl pl <sup>-1</sup> )                                      |

For the VS excretions see Chapter 3.3.3.1. The values of  $B_0$  and  $MCF$  for the conventional manure storage types are provided in the animal chapters from Chapter 4 onwards. Chapter 3.3.4.4 deals with special details with respect to the calculation of the  $MCF$  for the specific storage type „digestion of slurry and storage of residues“.

Zu den VS-Ausscheidungen siehe Kapitel 3.3.3.1. Auf  $B_0$  sowie die  $MCF$ -Werte für die herkömmlichen Lagerverfahren wird in den Tierkapiteln ab Kapitel 4 eingegangen. Kapitel 3.3.4.4 befasst sich mit den Besonderheiten bei der Berechnung des  $MCF$  für den speziellen Lagertyp „Güllevergärung und Gärrestelagerung“.



The amount of VS that enters manure management systems via bedding material is not explicitly accounted for in equation ( 3.31). IPCC (2006)-10.41 indicates that methane emissions from bedding are not taken into account as they do not contribute significantly to the overall emissions. Until the development of a methodology internationally approved of to take into account explicitly the VS input by bedding material, Germany will apply the prescribed IPCC procedure ( 3.31).

The formation of CH<sub>4</sub> emissions from leachate during the storage of solid manure are assumed to be negligible, as the VS content in leachate is rather low. Hence, for the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from manure management storage the formation of leachate is not considered in the inventory.

### **Tier 3 approach / Stufe-3-Verfahren**

IPCC (2006)-10.37 defines the Tier 3 approach as follows:

„The best way to determine emission factors is to conduct ... measurements of emissions in actual systems representative of those in use in the country. The field results can be used to develop models to estimate emission factors.”

The Tier 3 approach is not used in the German inventory.

Die mit der Einstreu ins Wirtschaftsdünger-Management gelangende VS-Menge wird in Gleichung ( 3.31) nicht explizit berücksichtigt. IPCC (2006)-10.41 stellt dazu fest, dass Methanemissionen aus Einstreu nicht berücksichtigt werden, da sie nicht signifikant zur Gesamtemission beitragen. Deutschland wendet bis zur Entwicklung einer international konsensfähigen Methode zur expliziten Berücksichtigung von Einstreu-VS das vorgegebenen IPCC-Verfahren ( 3.31) an.

CH<sub>4</sub>-Emissionen aus Jauchebildung bei der Lagerung von Festmist werden als vernachlässigbar angesehen, da Jauche praktisch keine VS-Anteile enthält. Daher wird Jauchebildung im Inventar bei der Berechnung von CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management nicht berücksichtigt.

IPCC (2006)-10.37 definiert Stufe 3 wie folgt:

„Der beste Ansatz zur Bestimmung von Emissionsfaktoren besteht aus der ... Messung von Emissionen in realen Systemen, die repräsentativ für die im Land genutzten Systeme sind. Die Feldversuchsergebnisse können zur Entwicklung von Modellen zur Berechnung von Emissionsfaktoren genutzt werden.“

Der Stufe-3-Ansatz kommt im deutschen Inventar nicht zum Einsatz.

#### **3.3.4.2 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen**

IPCC do not provide a methodology to assess NMVOC emissions from manure management. According to EMEP(2009)-4B-41, “data on NMVOC emission from animal husbandry do not allow any direct estimate of EF ...”.

In its September 2010 in-country-review the ERT considered the emission factors derived in Hobbs et al. (2004) and used in the German inventory to be inadequate and indicated that they might considerably overestimate NMVOC emissions for which reason they had not been included in the EMEP (2009) methodology any more. The ERT thus recommended not to include NMVOC emissions in the German inventory. (Finland also omitted their NMVOC emissions from agriculture.)

From submission 2012 onwards Germany goes along with the ERT recommendation.

IPCC gibt keine Methode zur Berechnung von NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management an. EMEP(2009)-4B-41 stellt fest: “Daten zu NMVOC-Emissionen aus der Tierhaltung erlauben keine direkte Schätzung von Emissionsfaktoren ...”.

Im Rahmen des In-Country-Review 2010 wurde durch das ERT festgestellt, dass die im deutschen Inventar verwendeten Emissionsfaktoren von Hobbs et al. (2004) zweifelhaft sind, zu einer erheblichen Überschätzung der NMVOC-Emissionen führen und aus diesen Gründen nicht in EMEP (2009) aufgenommen wurden. Das ERT empfahl, dass Deutschland wie Finnland und Dänemark keine NMVOC-Emissionen aus der Landwirtschaft berichtet.

Deutschland folgt dieser Empfehlung seit der Submission 2012.

### 3.3.4.3 N emissions / N-Emissionen

#### 3.3.4.3.1 N mass flow concept / N-Massenfluss-Konzept

The N mass flow within the manure management system is treated according to Dämmgen and Hutchings (2005), see also Reidy et al., 2008. Figure 3.4 depicts the general procedure. For Germany the term „yards“ signifies „milking parlour“.

In order to account for different emission factors, the N flow concept partitions the N excretions of an animal between housing and pasture if grazing has to be considered. For dairy cows the milking parlour has to be taken into account in the excretion portioning. For an exemplary calculation of the excretion partitioning see Chapter 4.3.7.5.1.

Due to the different reference entities for  $\text{NH}_3$  emission factors on the one hand and the emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  on the other hand (TAN for  $\text{NH}_3$ , total N for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$ ), the two N pools „total N“ and „TAN“ are needed throughout the entire N flow concept. For the excretions of N and TAN see Chapter 3.3.3.2.

Along the chain housing – storage – spreading, emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are calculated based on the contents of the two forementioned N pools (see Chapter 3.3.4.3.4). Along the chain these emissions gradually diminish the amount available of total N and TAN. For solid manure systems the initial contents of the two N pools also take into account the contributions by bedding material; for details see Chapter 3.3.4.3.2. Transformation processes in the storage are described in Chapter 3.3.4.3.3.

In former emission reporting submissions (including that of 2012) the emissions of  $\text{N}_2\text{O}$ -N, NO-N and  $\text{N}_2$  from storage had been subtracted from the TAN pool alone. With this method, the introduction of the new and markedly higher  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor for solid manure storage in submission 2013 in some cases led to negative TAN amounts for the field application of solid manure. In order to avoid this problem, from submission 2013 onwards the nitrogen emitted with  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  is subtracted from the TAN and  $\text{N}_{\text{org}}$  pools proportionally to the contents of the pools (see Chapter 3.3.4.3.4, Equations (3.58) and (3.59)). Nitrogen emitted with  $\text{NH}_3$  is still subtracted from the TAN pool only. This methodological modification was introduced consistently for all types of manure. It leads to  $\text{NH}_3$  emissions from manure spreading that are slightly increased when compared with the emissions in submission 2012.

For animals that spend certain times on pasture, the calculation of emissions from grazing are calculated proportionally to the total N excretion and the time spent on pasture.

For sake of clarity, Figure 3.4 does not distinguish between specific types of housing, storage and application. The types used in Germany are listed in the animal chapters from Chapter 4 onwards (see sub-chapters for the methane conversion factors and emission factors). Digestion of slurry and the storage of the residues (i. e. the combination of digester and residue storage) is considered a separate storage type. It is described in detail in Chapter 3.3.4.4.

Der N-Massenfluss im Wirtschaftsdünger der Säugetiere wird nach Dämmgen und Hutchings (2005) behandelt, siehe dazu auch Reidy et al., 2008. Figure 3.4 zeigt die allgemeine Vorgehensweise, wobei „yards“ in Deutschland für „Melkstall“ steht.

Im N-Fluss-Konzept werden, sofern Weidegang zu berücksichtigen ist, die tierischen Ausscheidungen zur Berücksichtigung unterschiedlicher Emissionsfaktoren auf Stall und Weide aufgeteilt; bei Milchkühen ist zusätzlich der Melkstall zu berücksichtigen. Zur Berechnung der Aufteilung der N-Ausscheidungen siehe beispielhaft Kapitel 4.3.7.5.1.

Aufgrund der unterschiedlichen Bezugsgrößen für  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren einerseits und  $\text{N}_2\text{O}$ , NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktoren andererseits (TAN für  $\text{NH}_3$ , Gesamt-N für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO- und  $\text{N}_2$ ) müssen durch das ganze N-Fluss-Schema hindurch die beiden Pools „Gesamt-N“ und „TAN“ mitgeführt werden. Zur Ausscheidung von Gesamt-N und TAN siehe Kapitel 3.3.3.2.

Entlang der Kette Stall - Lager - Ausbringung werden aus den vorgenannten Pools  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -, NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionen berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.3.4). Dabei verringern sich verfügbares N und TAN von Bereich zu Bereich. Bei Festmistsystemen wird als Ausgangspunkt neben den tierischen Ausscheidungen zusätzlich noch der N-Eintrag durch das Einstreumaterial berücksichtigt, worauf Kapitel 3.3.4.3.2 noch näher eingeht. Transformationsprozesse im Lager werden in Kapitel 3.3.4.3.3 beschrieben.

Bis zur Berichterstattung 2012 einschließlich wurden  $\text{N}_2\text{O}$ -, NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionen aus dem Bereich Stall/Lager allein vom TAN-Pool subtrahiert. Durch die Einführung des neuen, erheblich höheren nationalen  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors für Festmistlagerung zur Berichterstattung 2013 ergab sich, dass damit negative TAN-Mengen bei der Mist-Ausbringung auftreten konnten. Um dies zu verhindern, wird von Berichterstattung 2013 an das als  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  emittierte N anteilmäßig von TAN-Pool und  $\text{N}_{\text{org}}$ -Pool subtrahiert (proportional zum Inhalt der Pools, siehe Kapitel 3.3.4.3.4, Gleichungen (3.58) und (3.59)). Als  $\text{NH}_3$  emittierter Stickstoff wird weiterhin nur vom TAN-Pool subtrahiert. Diese Änderung, die konsistenterweise für alle Wirtschaftsdüngerarten eingeführt wurde, verursacht im Vergleich mit der Berichterstattung 2012 leicht erhöhte  $\text{NH}_3$ -Emissionen bei der Ausbringung.

Bei Tieren mit Weidegang erfolgt die Berechnung weidebedingter Emissionen proportional zu N-Ausscheidung und anteiliger Verweildauer auf der Weide.

Um in Figure 3.4 die Übersichtlichkeit zu wahren, wurde darauf verzichtet, spezielle Stall- und Lagerformen sowie Ausbringungstechniken darzustellen. Details hierzu gehen aus den Unterkapiteln in den Tierbeschreibungen ab Kapitel 4 hervor, in denen Methanumwandlungsfaktoren und Emissionsfaktoren beschrieben werden. Auf die als eigenständiger Lagertyp betrachtete Vergärung von Gülle incl. Gärrestlagerung sowie die Ausbringung von Gärresten aus vergorener Gülle geht Kapitel 3.3.4.4 ein.

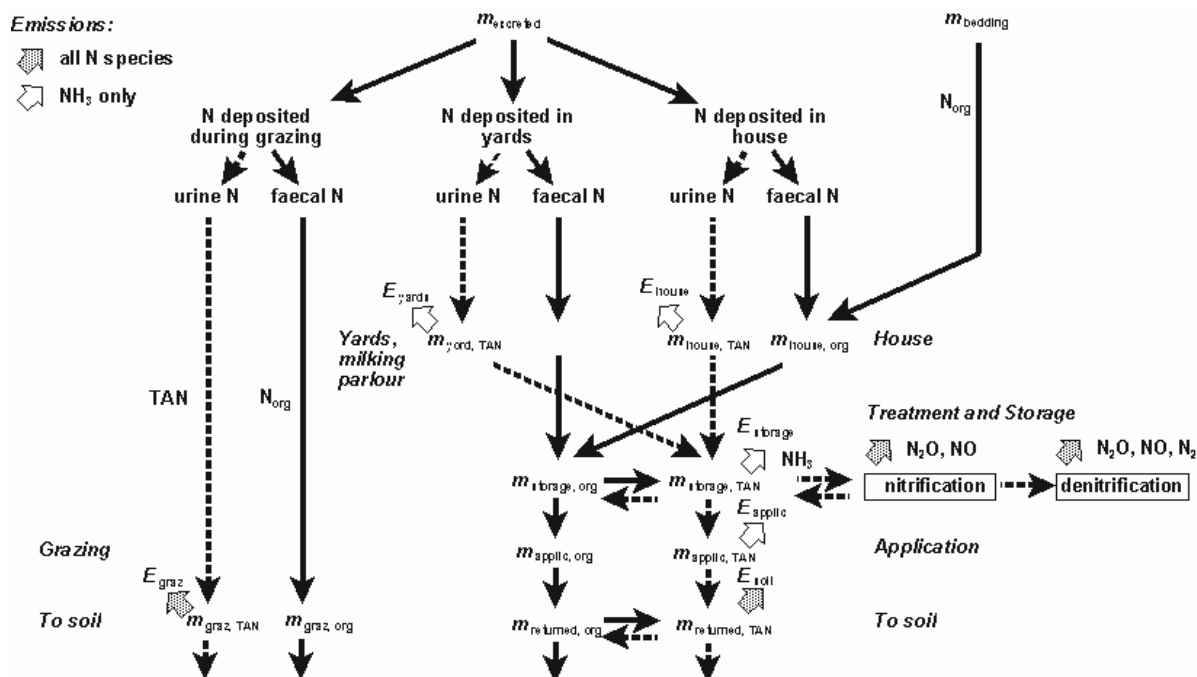


Figure 3.4: N flows in an animal subcategory (mammals)

$m$ : mass from which emissions may occur. Narrow broken arrows: TAN; narrow continuous arrows: organic N. The horizontal arrows denote the process of immobilisation in systems with bedding occurring in the house, and the process of mineralisation during storage, which occurs in any case. Broad hatched arrows denote emissions assigned to manure management:  $E$  emissions of N species ( $E_{yard}$  NH<sub>3</sub> emissions from yards;  $E_{house}$  NH<sub>3</sub> emissions from house;  $E_{storage}$  NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions from storage;  $E_{applic}$  NH<sub>3</sub> emissions during and after spreading. Broad open arrows mark emissions from soils:  $E_{graz}$  NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions during and after grazing;  $E_{returned}$  N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions from soil resulting from manure input. For further information see text.

Birds excrete N in the form of undigested organic N and in uric acid (uric acid nitrogen, UAN). The latter is hydrolysed to form ammonium carbonate (see Dämmgen and Erisman, 2005). Thus, in principle, three fractions of N would have to be traced, as shown in Figure 3.5. However, the assumption made in the emission calculations that UAN can be treated as TAN (see Chapter 3.3.3.2) reduces the number of pools to the two pools “total N” and “TAN”. For the calculation of N and TAN excretions see Chapter 3.3.3.2.

Vögel scheiden N in Form von unverdaulichem organischen N und in Form von Harnsäure aus (uric acid nitrogen, UAN). Letztere hydrolysiert zu Ammoniumcarbonat (vgl. Dämmgen und Erisman, 2005). Es müssten also prinzipiell drei N Fraktionen im Massenfluss berücksichtigt werden. Figure 3.5 veranschaulicht dies. Durch die Annahme, dass UAN als TAN berücksichtigt werden kann (siehe Kapitel 3.3.3.2), reduziert sich in der Emissionsberechnung die Anzahl der zu berücksichtigenden N-Pools aber auf die zwei Pools „Gesamt-N“ und „TAN“. Zur N- und TAN-Ausscheidung siehe Kapitel 3.3.3.2.

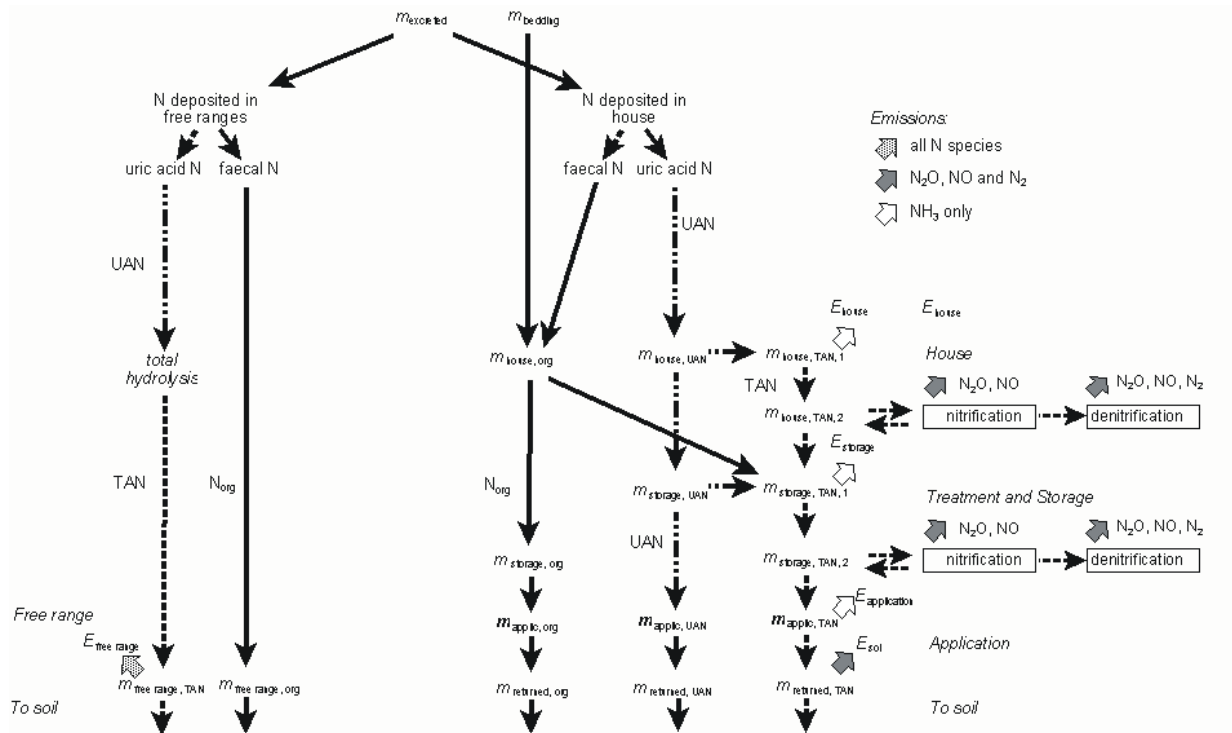


Figure 3.5: N flows in an animal subcategory (birds)

$m$ : mass from which emissions may occur. Narrow broken arrows: TAN; narrow broken and dotted line: UAN; narrow continuous arrows: organic N. The horizontal arrows denote the process of immobilisation in systems with bedding occurring in the house, and the process of mineralisation during storage, which occurs in any case. Broad hatched arrows denote emissions assigned to manure management:  $E_{\text{yard}}$   $\text{NH}_3$  emissions from yards;  $E_{\text{house}}$   $\text{NH}_3$  emissions from house;  $E_{\text{storage}}$   $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  emissions from storage;  $E_{\text{applo}}$   $\text{NH}_3$  emissions during and after spreading. Broad open arrows mark emissions from soils:  $E_{\text{graz}}$   $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  emissions during and after grazing;  $E_{\text{returned}}$   $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  emissions from soil resulting from manure input. For further information see text.

### 3.3.4.3.2 Bedding in solid-manure systems / Einstreu in Festmistsystemen

In the inventory, N inputs by bedding material is accounted for as N inputs with straw. The straw N amounts entering the system depend on animal categories and housing systems and will be listed in the subsequent animal chapters (s. Chapter 4 and subsequent chapters). An overview can be found in the data file "Tables\_Submission\_2013.xls" on sheet "AI\_1005FHO" on the CD provided with this work.

Emission calculations for animals grazing all day (cattle except dairy cows, sheep) presuppose that no bedding material is used during the grazing period.

N balance calculations are based on a mean dry matter content of straw of  $0.86 \text{ kg kg}^{-1}$  (Faustzahlen, KTBL, 2009, p. 213) and a mean fresh matter-related N content of  $0.005 \text{ kg kg}^{-1}$  N (Düngeverordnung, 2007). Hence, the N content of dry matter is close to  $0.0058 \text{ kg kg}^{-1}$ . This N content is consistent with the N content used for the calculation of emissions from crop residues (see Table 11.2 in Chapter 11.3.1.12). All straw N is considered to be organic N, of which 50 % mineralize to TAN (expert judgment H. Döhler, KTBL). The ash content is 5 % of dry matter mass.

Das Inventar berücksichtigt N-Einträge durch Einstreu als N-Einträge durch Stroh. Die damit in das System eingetragenen N-Mengen hängen von Tierart und Haltungsförm ab und werden in den nachfolgenden Tierkapiteln angegeben (s. ab Kapitel 4). Eine Übersicht findet sich auf der beiliegenden Daten-CD in der Datei „Tables\_Submission\_2013.xls“ auf dem Tabellenblatt „AI\_1005FHO“.

Bei der Emissionsberechnung wird bei Tieren mit überwiegend ganztägigem Weidegang (Rinder ohne Milchkühe, Schafe) berücksichtigt, dass für die Zeit der Weideperiode keine Einstreu erfolgt.

Es wird von einer mittleren Stroh-Trockenmasse von  $0,86 \text{ kg kg}^{-1}$  (Faustzahlen, KTBL, 2009, S. 213) und einem mittleren N-Gehalt von  $0,005 \text{ kg kg}^{-1}$  in der Frischmasse ausgegangen (Düngeverordnung, 2007). Dementsprechend liegt der N-Gehalt in der Trockenmasse bei  $0,0058 \text{ kg kg}^{-1}$ . Der N-Gehalt ist damit konsistent zu dem für die Berechnung von Emissionen aus Ernterückständen verwendeten N-Gehalt (siehe Table 11.2 in Kapitel 11.3.1.12). Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem nach einem Expertenurteil (H. Döhler, KTBL) 50 % zu TAN mineralisieren. Der Aschegehalt beträgt 5 % der Trockenmasse.

Table 3.4 summarizes the relevant properties of straw as used in this inventory.

Table 3.4 zeigt eine Übersicht über die im Inventar zugrunde gelegten Stroh-Eigenschaften.

Table 3.4: Straw properties in animal husbandry

|                                             |        |                       |
|---------------------------------------------|--------|-----------------------|
| dry matter content (DM)                     | 0.86   | kg kg <sup>-1</sup>   |
| N content (related to DM)                   | 0.0058 | kg kg <sup>-1</sup> N |
| of which TAN                                | 50     | %                     |
| mean ash content of cereal straw dry matter | 0.05   | kg kg <sup>-1</sup>   |

Source: KTBL (2009), p. 213, p. 991; Döhler (KTBL, expert judgment)

### 3.3.4.3.3 Transformation processes in the storage / Transformationsprozesse im Lager

For untreated slurry, it is assumed that 10 % of the TAN entering storage is converted to N<sub>org</sub>, while 10% of the N<sub>org</sub> entering storage is converted to TAN. (Due to lack of data, treatment of slurry is not considered in the inventory).

According to expert judgement EAGER it is assumed that in solid manure management systems 40 % of the TAN entering the storage will be immobilized, if enough bedding material is available (which is generally assumed in the inventory). This immobilisation rate is in accordance with Kirchmann and Witter (1989) (cf also Webb and Misselbrook, 2004).

According to expert judgment by Helmut Döhler, (KTBL), the inventory assumes that in solid systems (except deep bedding and sloped floor) the N stored as *leachate* ("Jauche") is 25 % of the total N stored (which is the sum of N excreted and straw N minus NH<sub>3</sub>-N-Emissions from housing). Deep bedding does not produce leachate. For sloped floor the inventory assumes a relative share of leachate of 13 %.

According to Table 2.14 in Döhler et al. (2002), the TAN content of *leachate* is set to 90 %.

Für unbehandelte Gülle wird angenommen, dass von den in das Lager gelangenden TAN- und N<sub>org</sub>-Fraktionen je 10 % in die jeweils andere Fraktion umgewandelt werden. (Güllebehandlung wird mangels Daten im Inventar nicht berücksichtigt.)

Nach Expertenurteil EAGER wird für Festmistsysteme angenommen, dass 40 % der ins Lager gelangenden TAN-Menge immobilisiert werden, sofern ausreichend Einstreu vorhanden ist (was im Inventar als gegeben vorausgesetzt wird). Diese Immobilisierungsrate stimmt mit Kirchmann und Witter (1989) überein (vgl. auch Webb und Misselbrook, 2004).

Das Inventar geht davon aus, dass in Festmistsystemen (außer Tiefstreu und Tretmist) 25 % des im Lager anfallenden N (Summe aus N-Ausscheidungen im Stall und Stroh-N, abzgl. NH<sub>3</sub>-N-Emissionen aus dem Stall) als Jauche-N gelagert wird (Expertenurteil Helmut Döhler, KTBL). Bei Tiefstreu entsteht keine Jauche. Für Tretmist wird ein relativer Jaucheanteil von 13 % angenommen.

Der TAN-Gehalt der Jauche wird nach Tabelle 2.14 in Döhler et al. (2002) mit 90 % angenommen.

### 3.3.4.3.4 The emission calculation procedure / Berechnung der Emissionen

#### Tier 1 approach / Stufe-1-Verfahren

In order to assess emissions, the Tier 1 approach combines animal numbers with default emission factors, irrespective of the national N excretion data and the national characteristics in animal husbandry:

$$E_{\text{NH}_3, \text{MM}, i} = EF_{\text{NH}_3, \text{MM}, i} \cdot n_i \quad (3.32)$$

$$E_{\text{N}_2\text{O}, \text{MM}, i} = EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{MM}, i} \cdot n_i \quad (3.33)$$

$$E_{\text{NO}, \text{MM}, i} = EF_{\text{NO}, \text{MM}, i} \cdot n_i \quad (3.34)$$

$$E_{\text{N}_2, \text{MM}, i} = EF_{\text{N}_2, \text{MM}, i} \cdot n_i \quad (3.35)$$

where

$E_{\text{NH}_3, \text{MM}, i}$  NH<sub>3</sub> emission from manure management of animal category i (in kg a<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>)  
 $EF_{\text{NH}_3, \text{MM}, i}$  emission factor for animal category i (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>)  
 $n_i$  number of animal places for animal category i (in pl)  
 etc.

Details for each category will be presented in the respective chapters.

Das Stufe-1-Verfahren kombiniert zur Berechnung von Emissionen Tierzahlen mit default-Emissionsfaktoren ohne Berücksichtigung der nationalen Ausscheidungen und Haltungsverfahren:

Einzelheiten werden in den jeweiligen Kapiteln beschrieben.

## Tier 2 approach / Stufe-2-Verfahren

Typically, the Tier 2 approach to assess emissions combines the Tier 1 emission equations with emission factors which take national N excretion data and the national housing, storage and application details into account. For each animal category they establish one single national emission factor (analogue for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub>).

Das Stufe-2-Verfahren kombiniert die Emissionsgleichungen des Stufe-1-Verfahrens mit Emissionsfaktoren, die aus nationalen Standardwerten für Ausscheidungen und unter Berücksichtigung der Haltungsverfahren abgeleitet werden. Sie ergeben je Tierkategorie einen einzigen mittleren Emissionsfaktor, der proportional zur N-Ausscheidung ist (analog für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub>).

$$E_{\text{NH}_3, \text{MM}, i} \propto m_{\text{excr}, i} \cdot n_i \quad (3.36)$$

where

|                                 |                                                                                                               |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{NH}_3, \text{MM}, i}$ | NH <sub>3</sub> emission from manure management of animal category i (in kg a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> ) |
| $m_{\text{excr}}$               | amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                        |
| $n_i$                           | number of animal places for animal category i (in pl)                                                         |

## Tier 3 approach / Stufe-3-Verfahren

The Tier 3 methodology presupposes a detailed treatment of energy and feed requirements, if possible combined with a high resolution in space, and treats emissions as part of the N flow in the system.

Figure 3.4 shows the N flow system that is used to calculate the annual NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions from each animal subcategory. This method reconciles the requirements of both the Atmospheric Emission Inventory Guidebook for NH<sub>3</sub> emissions and the IPCC for greenhouse gas emissions (Dämmgen and Hutchings, 2008).

Das Stufe-3-Verfahren bedient sich detaillierter Energiebedarfsbetrachtungen, möglichst mit einer höheren räumlichen Auflösung als die Gesamtnation unter Berücksichtigung der N-Flüsse im System.

Das in Figure 3.4 illustrierte N-Flussschema wird zur Berechnung der Emissionen von NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> für jede Tier-Unterkategorie angewendet. Dieses Verfahren berücksichtigt sowohl die Erfordernisse des Atmospheric Emission Inventory Guidebook für NH<sub>3</sub> als auch der IPCC Guidelines für die Treibhausgase (Dämmgen und Hutchings, 2008).

Initially the amount of the annual N excreted (see Chapter 3.3.3.2) that is deposited in the animal house, in yards and during grazing is calculated, based on the total annual excretion and the fractions of excreta deposited in these locations ( $x_{\text{house}}$ ,  $x_{\text{yards}}$  and  $x_{\text{graz}}$ , respectively). These proportions depend on the fraction of the year the animals spend grazing, in yards and in the animal housing.

Für die Berechnung der Emissionen erfolgt zunächst die Berechnung der N-Mengen, die im Stall, auf befestigten Flächen oder während des Weidegangs ausgeschieden werden (siehe Kapitel 3.3.3.2). Hierzu werden die Gesamtausscheidungen mit Anteilen  $x_{\text{house}}$ ,  $x_{\text{yards}}$  bzw.  $x_{\text{graz}}$  multipliziert. Diese Anteile hängen davon ab, welche Zeitanteile die Tiere auf der Weide, auf den befestigten Flächen und im Stall verbringen.

$$m_{\text{graz}} = x_{\text{graz}} \cdot m_{\text{excr}} \quad (3.37)$$

$$m_{\text{yard}} = x_{\text{yard}} \cdot m_{\text{excr}} \quad (3.38)$$

$$m_{\text{house}} = x_{\text{house}} \cdot m_{\text{excr}} \quad (3.39)$$

where

|                    |                                                                                                   |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{graz}}$  | amount of nitrogen excreted on pasture (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                 |
| $x_{\text{graz}}$  | share of nitrogen excreted on pasture (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                  |
| $m_{\text{excr}}$  | amount of total nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N), see Chapter 3.3.3.2 |
| $m_{\text{yard}}$  | amount of nitrogen excreted in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)               |
| $x_{\text{yard}}$  | share of nitrogen excreted in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                |
| $m_{\text{house}}$ | amount of nitrogen excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)               |
| $x_{\text{house}}$ | share of nitrogen excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                |

The fraction of TAN in N excreted is to use to calculate the amounts of N readily convertible to ammonia (TAN) and organic N deposited during grazing, in yards and in the animal house.

$$m_{\text{graz, org}} = (1 - x_{\text{TAN}}) \cdot m_{\text{graz}} \quad (3.40)$$

$$m_{\text{graz, TAN}} = x_{\text{TAN}} \cdot m_{\text{graz}} \quad (3.41)$$

$$m_{\text{yard, org}} = (1 - x_{\text{TAN}}) \cdot m_{\text{yard}} \quad (3.42)$$

$$m_{\text{yard, TAN}} = x_{\text{TAN}} \cdot m_{\text{yard}} \quad (3.43)$$

$$m_{\text{house, org}} = (1 - x_{\text{TAN}}) \cdot m_{\text{house}} \quad (3.44)$$

$$m_{\text{house, TAN}} = x_{\text{TAN}} \cdot m_{\text{house}} \quad (3.45)$$

where

|                        |                                                                                                     |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{graz, org}}$ | amount of organic nitrogen excreted by faeces on pasture (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $x_{\text{TAN}}$       | fraction of nitrogen excreted as TAN (in kg kg <sup>-1</sup> )                                      |
| $m_{\text{graz}}$      | amount of nitrogen excreted on pasture (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                   |
| etc.                   |                                                                                                     |

By multiplying the amount of TAN  $m_{\text{TAN, house}}$  with the TAN related emission factor  $EF_{\text{house}}$  the NH<sub>3</sub>-N losses from the animal house,  $E_{\text{house}}$ , are calculated:

$$E_{\text{house}} = m_{\text{TAN, house}} \cdot EF_{\text{house}} \quad (3.46)$$

where

|                         |                                                                                |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{house}}$      | ammonia emission from the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)     |
| $m_{\text{TAN, house}}$ | amount of TAN excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $EF_{\text{house}}$     | ammonia emission factor for housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |

Optionally, the inventory calculation procedure can take into account a mitigation of the NH<sub>3</sub> emissions (and of particulate matter emissions) from housing by a scrubber system (see Chapter 3.4.5.2).

$$E_{\text{house, eff}} = EF_{\text{house}} \cdot (1 - \varphi_{\text{as}}) \quad (3.47)$$

|                         |                                                                                                |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{house, eff}}$ | ammonia emission from the house after air scrubbing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $E_{\text{house}}$      | potential ammonia emission from the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)           |
| $\varphi_{\text{as}}$   | removal efficiency of the air scrubber system (kg kg <sup>-1</sup> )                           |

The calculation of national total emissions from emissions per animal place  $E_{\text{house, eff}}$  has to take into account the percentage of places equipped with air scrubbers.

For housing systems with bedding the bedding material is dealt with as straw and considered part of the nitrogen budget. For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

The amount of N contained in the bedding material ( $m_{\text{bedding}}$ ) is considered  $N_{\text{org}}$  in straw.

Mit dem TAN-Anteil der N-Ausscheidungen werden die Gehalte an rasch in Ammoniak umwandelbarem N (TAN) und organischem N berechnet, die auf der Weide, den befestigten Flächen und im Stall abgesetzt werden.

Durch Multiplikation der TAN-Menge mit dem TAN-bezogenen Emissionsfaktor für den Stall  $EF_{\text{house}}$  werden die NH<sub>3</sub>-N-Verluste aus dem Stall,  $E_{\text{house}}$ , berechnet:

Im Inventar ist die Möglichkeit gegeben, die Minderung der NH<sub>3</sub>-Emissionen (und der Staubemissionen) aus dem Stall durch ein Abluftreinigungssystem zu berücksichtigen (siehe Kapitel 3.4.5.2).

Für die Berechnung der nationalen Gesamtemission aus der tierplatzbezogenen Emission  $E_{\text{house, eff}}$  ist der Prozentsatz der mit Abluftreinigungsanlagen ausgestatteten Tierplätze zu berücksichtigen.

Bei Haltungssystemen mit Einstreu wird die Einstreu als Stroh angesehen und in der N-Bilanz berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2.

Die in der Einstreu enthaltene N-Menge ( $m_{\text{bedding}}$ ) wird zunächst als  $N_{\text{org}}$  in Stroh berücksichtigt.

$$m_{\text{straw, org}}^* = m_{\text{bedding}} \quad (3.48)$$

where

|                           |                                                                                                         |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{straw, org}}^*$ | amount of organic nitrogen in straw used as bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $m_{\text{bedding}}$      | amount of nitrogen contained in bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)             |

It is assumed that a certain fraction of the organic N in straw mineralizes to TAN (for the fraction  $x_{\text{min}}$  see Chapter 3.3.4.3.2):

Es wird eine Mineralisierung von organischem Stroh-N zu TAN angenommen (zur Mineralisierungsrate  $x_{\text{min}}$  siehe Kapitel 3.3.4.3.2):

$$m_{\text{straw, org}} = m_{\text{straw, org}}^* \cdot (1 - x_{\text{min, straw}}) \quad (3.49)$$

$$m_{\text{straw, TAN}} = m_{\text{straw, org}}^* \cdot x_{\text{min, straw}} \quad (3.50)$$

where

|                           |                                                                                                                               |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{straw, org}}$   | amount of organic nitrogen in straw used as bedding material, after mineralisation (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $m_{\text{straw, org}}^*$ | amount of organic nitrogen in straw used as bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                       |
| $m_{\text{straw, TAN}}$   | amount of TAN originating from straw used as bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                      |
| $x_{\text{min, straw}}$   | rate of mineralisation for straw used as bedding material (in kg kg <sup>-1</sup> )                                           |

For each animal category the N excretions dropped in the house and in the yards are reduced by the amount of N emissions and then transferred to the storage. This is done according to the fractions of slurry-based and solid manure systems, which, for sake of simplicity, is not demonstrated here. Instead, in the following each type of storage systems is described as if it took all the N input from housing and yards.

Getrennt für jede Tierkategorie gelangen die N-Mengen aus dem Stall und von den befestigten Flächen nach Abzug der dort emittierten N-Mengen in die entsprechenden Lagersysteme. Dies erfolgt getrennt nach Flüssigmist- und Festmistsystemen. Der Einfachheit halber werden im Folgenden diese beiden verschiedenen Systemkategorien so beschrieben, als wenn sie allein auftreten würden.

In addition, slurry-based systems are distinguished according whether there is a storage of untreated slurry or a storage of digested slurry (including the digester).

Bei den güllebasierten Systemen wird zusätzlich zwischen der Lagerung von unbehandelter Gülle einerseits und der Vergärung von Gülle mit anschließender Gärrestlagerung andererseits unterschieden.

For untreated slurry, it is assumed that a fraction  $x_{\text{tra, sto}}$  of the TAN entering storage is converted to N<sub>org</sub>, while a fraction  $x_{\text{tra, sto}}$  of the N<sub>org</sub> entering storage is converted to TAN.

Für unbehandelte Gülle wird angenommen, dass von den in das Lager gelangenden TAN- und N<sub>org</sub>-Fraktionen je ein relativer Anteil  $x_{\text{tra, sto}}$  in die jeweils andere Fraktion umgewandelt werden.

$$m_{\text{storage, org}} = (m_{\text{house, org}} + m_{\text{yard, org}}) \cdot (1 - x_{\text{tra, sto}}) + [(m_{\text{house, TAN}} - E_{\text{house}}) + (m_{\text{yard, TAN}} - E_{\text{yard}})] \cdot x_{\text{tra, sto}} \quad (3.51)$$

$$m_{\text{storage, TAN}} = [(m_{\text{house, TAN}} - E_{\text{house}}) + (m_{\text{yard, TAN}} - E_{\text{yard}})] \cdot (1 - x_{\text{tra, sto}}) + (m_{\text{house, org}} + m_{\text{yard, org}}) \cdot x_{\text{tra, sto}} \quad (3.52)$$

where

|                           |                                                                                                        |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{storage, org}}$ | the amount of organic N entering storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                    |
| $m_{\text{house, org}}$   | the amount of organic N that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)       |
| $m_{\text{yard, org}}$    | the amount of organic N that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)       |
| $x_{\text{tra, sto}}$     | fraction of transformation of N to TAN and vice versa (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.3.4.3.3 |
| $m_{\text{house, TAN}}$   | the amount of TAN that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)             |
| $E_{\text{house}}$        | the amount of N emitted during housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                      |
| $M_{\text{yard, TAN}}$    | the amount of TAN that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)             |
| $E_{\text{yard}}$         | the amount of N emitted from the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                      |
| $m_{\text{storage, TAN}}$ | amount of TAN in the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                |

During anaerobic digesetion of slurry (see Chapter 3.3.4.4) the relative share of TAN increases on the expense of N<sub>org</sub> share. At present the result of this process cannot be quantified. Hence it is not accounted for in the inventory.

Bei der Güllevergärung (siehe Kapitel 3.3.4.4) wächst der relative Anteil von TAN auf Kosten von N<sub>org</sub>. Das Ergebnis dieses Prozesses kann derzeit nicht quantifiziert werden und bleibt daher im Inventar unberücksichtigt.



For FYM storage it is assumed that a certain fraction of the amount of TAN entering storage is immobilised to  $N_{org}$ .

Additionally, the N amount contributed by bedding material (i. e. straw) has to be taken into account.

For the formation of leachate (“Jauche”) see Chapter 3.3.4.3.3.

Für das Festmistlager wird davon ausgegangen, dass ein Teil der in das Lager gelangenden TAN-Menge zu  $N_{org}$  immobilisiert wird.

Zusätzlich sind noch die N-Beiträge aus der als Stroh angenommenen Einstreu zu berücksichtigen.

Zur Bildung von Jauche wird auf Kapitel 3.3.4.3.3 verwiesen.

$$m_{storage,org} = m_{house,org} + m_{yard,org} + [(m_{house,TAN} - E_{house}) + (m_{yard,TAN} - E_{yard})] \cdot x_{imm} + m_{straw,org} \quad (3.53)$$

$$m_{storage,TAN} = [(m_{house,TAN} - E_{house}) + (m_{yard,TAN} - E_{yard})] \cdot (1 - x_{imm}) + m_{straw,TAN} \quad (3.54)$$

where

|                   |                                                                                                        |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{storage,org}$ | amount of organic nitrogen in the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                   |
| $m_{house,org}$   | the amount of organic N that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)       |
| $m_{yard,org}$    | the amount of organic N that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)       |
| $m_{house,TAN}$   | the amount of TAN that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)             |
| $E_{house}$       | the amount of N emitted during housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                      |
| $m_{yard,TAN}$    | the amount of TAN that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)             |
| $E_{yard}$        | the amount of N emitted from the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                      |
| $x_{imm}$         | rate of immobilisation (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.3.4.3.3                                |
| $m_{storage,TAN}$ | amount of TAN in the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                |
| $m_{straw,org}$   | amount of organic N input with straw (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N), see Chapter 3.3.4.3.2 |
| $m_{straw,TAN}$   | amount of TAN input with straw (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N), see Chapter 3.3.4.3.2       |

With knowledge of the N-amount in the respective storage system the N emission from storage can be calculated. Any calculation has to take into account that all emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are related to the overall N inputs (i.e. the inputs with faeces, urine and bedding material) and hence describe the overall emission from housing and storage.

The calculation of emissions from untreated slurry on the one hand and digested slurry on the other hand is done separately, because the emission factors are different. The calculation is proportional to the amounts of N in slurry that are transferred to the various storage types. For N emissions from digestion and storage of digested slurry see Chapters 3.3.4.4.2 and 3.3.4.4.3. Chapter 3.4.4.1 describes the amount of slurry that is treated by anaerobic digestion in relation to total slurry produced.

Mit Kenntnis der N-Mengen im entsprechenden Lagersystem kann die N-Emission aus dem Lager berechnet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> auf die Summe der im Stall ausgeschiedenen N-Menge und des N-Eintrags durch Einstreu beziehen und jeweils die Gesamtemission aus Stall und Lager beschreiben.

Die Berechnung der Emissionen aus unbehandelter Gülle einerseits und vergorener Gülle andererseits erfolgt wegen unterschiedlicher Emissionsfaktoren getrennt und proportional zu den Gülle-N-Mengen, die in diese beiden verschiedenen Lagertypen eingebracht werden. Zu N-Emissionen aus Güllevergärung und Gärrestlagerung siehe Kapitel 3.3.4.4.2 und 3.3.4.4.3. Auf die Anteile der in die Vergärung eingehenden N-Mengen am Gesamtgülleaufkommen geht Kapitel 3.4.4.1 ein.

$$E_{storage,NH_3-N} = m_{storage,TAN} \cdot EF_{storage,NH_3-N} \quad (3.55)$$

$$E_{storage,N_2O-N} + E_{storage,NO-N} + E_{storage,N_2} = (m_{house} + m_{bedding}) \cdot (EF_{N_2O-N} + EF_{storage,NO-N} + EF_{storage,N_2}) \quad (3.56)$$

where

|                       |                                                                                               |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{storage,NH_3-N}$  | NH <sub>3</sub> -N emissions from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)          |
| $m_{storage,TAN}$     | modified amount of TAN passed to the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)       |
| $EF_{storage,NH_3-N}$ | NH <sub>3</sub> -N emission factor for storage (in kg kg <sup>-1</sup> )                      |
| $E_{storage,N_2O-N}$  | N <sub>2</sub> O-N emissions from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)          |
| $E_{storage,NO-N}$    | NO-N emissions from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                        |
| $E_{storage,N_2}$     | N <sub>2</sub> emissions from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)              |
| $m_{house}$           | amount of nitrogen excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)           |
| $m_{bedding}$         | amount of nitrogen contained in bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)   |
| $EF_{N_2O-N}$         | N <sub>2</sub> O-N emission factor (combined for house and storage) (in kg kg <sup>-1</sup> ) |
| $EF_{NO-N}$           | NO-N emission factor (combined for house and storage) (in kg kg <sup>-1</sup> )               |
| $EF_{N_2}$            | N <sub>2</sub> emission factor (combined for house and storage) (in kg kg <sup>-1</sup> )     |

For the values of the emission factors for NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O see the respective sections from Chapter 4 onwards.

Für die Werte der NH<sub>3</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren siehe die entsprechenden Unterkapitel ab Kapitel 4.

IPCC does not provide NO emission factors. A list of emission factors is given in EMEP (2009)-4B-27, Table 3-9 for a Tier 2 treatment of emissions. This Table refers to Dämmgen et al. (2007), which is the German emission inventory 2008 for 2006 that was never published. Hence, the EMEP emission factors cannot be traced back.

The NO emission factors for a Tier 1 treatment listed in EMEP (2009)-4B-16, Table 3-2 are related to animal places. Thus they are not adequate for the N flow scheme (here: Equation (3.56)). Comparative calculations with the Tier 1 method according to EMEP (2009) showed that the overall NO emissions from sector 4.B can be satisfactorily reproduced with GAS-EM, if one chooses a NO emission factor that is 10 % of the respective N<sub>2</sub>O emission factor (see Haenel, 2012). In the meantime, for submission 2013, the N<sub>2</sub>O emission factor for solid manure storage has been modified from 0.005 to 0.013 kg kg<sup>-1</sup> (see e. g. Chapter 4.2.2). However, as the absolute emission contributions from solid storage manure to total national emissions are comparatively small, it can be assumed that the factor of proportionality of 10 % found by Haenel et al. (2012) may still hold and does not need to be reduced.

The emissions factors for N<sub>2</sub> that have to be considered in the N flow approach (see Chapters 3.3.4.3.1) are deduced from Jarvis and Pain (1994) where these factors are thrice the N<sub>2</sub>O-N emission factors.

Altogether, the following relation of N<sub>2</sub>O-N, NO-N and N<sub>2</sub> emission factors is used in the German emission inventory:

$$EF_{\text{storage, N}_2\text{O-N}} = 10 EF_{\text{storage, NO-N}} = \frac{1}{3} \cdot EF_{\text{storage, N}_2} \quad (3.57)$$

where

$EF_{\text{storage, N}_2\text{O-N}}$  N<sub>2</sub>O-N emission factor for storage (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
etc.

The following equations are to calculate N<sub>org</sub> and TAN that is applied to the field, remembering to subtract the emissions of NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> from the storage. The NH<sub>3</sub> emissions are completely subtracted from the TAN pool, while the emissions of N<sub>2</sub>O-N, NO-N and N<sub>2</sub> are partitioned between TAN and N<sub>org</sub> using a partitioning factor  $f_{\text{TAN}}$  ( $0 \leq f_{\text{TAN}} \leq 1$ ). For  $f_{\text{TAN}}$  it is plausible to choose the relative TAN content, i. e. the amount of TAN divided by the amount of total N which is the sum of TAN and N<sub>org</sub>.

$$m_{\text{applic, org}} = m_{\text{storage, org}} - (1 - f_{\text{TAN}}) \cdot (E_{\text{storage, N}_2\text{O-N}} + E_{\text{storage, NO-N}} + E_{\text{storage, N}_2}) \quad (3.58)$$

$$m_{\text{applic, TAN}} = m_{\text{storage, TAN}} - E_{\text{storage, NH}_3\text{-N}} - f_{\text{TAN}} \cdot (E_{\text{storage, N}_2\text{O-N}} + E_{\text{storage, NO-N}} + E_{\text{storage, N}_2}) \quad (3.59)$$

where

$m_{\text{applic, org}}$  amount of organic nitrogen passed to application (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N)  
 $m_{\text{applic, TAN}}$  amount of TAN passed to application (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N)  
 $E_{\text{storage}}$  total N emissions (NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub>) from storage (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N)  
 $f_{\text{TAN}}$  fraction of N<sub>2</sub>O-N, NO-N and N<sub>2</sub> emitted from the TAN pool

IPCC gibt keine Emissionsfaktoren für NO an. In EMEP (2009)-4B-27, Table 3-9, findet sich eine Liste von NO-Emissionsfaktoren für das Stufe-2-Verfahren, für die als Quelle „Dämmgen et al. (2007)“ angegeben wird. Der damit zitierte deutsche Emissionsbericht 2008 für 2006 ist allerdings nie veröffentlicht worden, und die von EMEP angegebenen Emissionsfaktoren sind nicht nachvollziehbar.

Die in EMEP (2009)-4B-16, Table 3-2, angegebenen Stufe-1-Emissionsfaktoren für NO beziehen sich auf den Tierplatz und sind daher für die Anwendung im N-Fluss-Konzept (d. h. für Gleichung (3.56)) nicht geeignet. Vergleichsrechnungen von Haenel et al. (2012) zeigten, dass für die Submission 2012 die mit der Stufe-1-Methode nach EMEP (2009) berechneten deutschen NO-Gesamtemissionen aus dem Sektor 4.B mit GAS-EM gut reproduziert werden konnten, indem der auf N bezogene NO-N-Emissionsfaktor mit 10 % des N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktors angesetzt wurde. Inzwischen wurde gegenüber der Submission 2012 der N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor für die Festmistlagerung von 0,005 auf 0,013 kg kg<sup>-1</sup> heraufgesetzt (siehe z. B. Kapitel 4.2.2). Da der Beitrag der Festmistlagerung zu den Gesamtemissionen aber relativ gering ist, wurde auf eine Neujustierung (d. h. Verringerung) des 10 %-Proportionalitätsfaktor verzichtet.

Die Emissionsfaktoren für die im N-Fluss-Konzept (siehe Kapitel 3.3.4.3.1) ebenfalls zu berücksichtigenden Emissionen von N<sub>2</sub> werden nach Jarvis & Pain (1994) als das Dreifache der N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktoren angesetzt.

Insgesamt gilt damit im deutschen Inventar für die Verhältnisse der N<sub>2</sub>O-N-, NO-N- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren zueinander:

$$= (m_{\text{house}} + m_{\text{bedding}}) \cdot (EF_{\text{N}_2\text{O-N}} + EF_{\text{storage, NO-N}} + EF_{\text{storage, N}_2}) \quad (3.60)$$

where

|                                      |                                                                                               |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{storage, NH}_3\text{-N}}$  | NH <sub>3</sub> -N emissions from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)          |
| $m_{\text{storage, TAN}}$            | modified amount of TAN passed to the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)       |
| $EF_{\text{storage, NH}_3\text{-N}}$ | NH <sub>3</sub> -N emission factor for storage (in kg kg <sup>-1</sup> )                      |
| $E_{\text{storage, N}_2\text{O-N}}$  | N <sub>2</sub> O-N emissions from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)          |
| $E_{\text{storage, NO-N}}$           | NO-N emissions from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                        |
| $E_{\text{storage, N}_2}$            | N <sub>2</sub> emissions from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)              |
| $m_{\text{house}}$                   | amount of nitrogen excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)           |
| $m_{\text{bedding}}$                 | amount of nitrogen contained in bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)   |
| $EF_{\text{N}_2\text{O-N}}$          | N <sub>2</sub> O-N emission factor (combined for house and storage) (in kg kg <sup>-1</sup> ) |
| $EF_{\text{NO-N}}$                   | NO-N emission factor (combined for house and storage) (in kg kg <sup>-1</sup> )               |
| $EF_{\text{N}_2}$                    | N <sub>2</sub> emission factor (combined for house and storage) (in kg kg <sup>-1</sup> )     |

This calculation procedure applies separately to the various storage types, which requires to attribute fractions of  $m_{\text{storage, org}}$  and  $m_{\text{storage, TAN}}$  to the various storage systems according to their respective frequency. It is taken into account that the digestion of slurry and the storage of the residues (i. e. the combination of digester and residue storage) is considered a separate storage type (see Chapter 3.3.4.4).

All nitrogen leaving the various storage systems (separately for the different animal categories and separately for untreated slurry and digested slurry) is added up and redistributed to the different types of spreading according to the respective frequencies. The emission of NH<sub>3</sub>-N during and immediately after field application is calculated as follows (. for the emissionfactor see animal descriptions in Chapters 4 ff):

$$E_{\text{applic, NH}_3} = m_{\text{applic, TAN}} \cdot EF_{\text{applic, NH}_3} \quad (3.61)$$

where

|                            |                                                                                          |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{applic, NH}_3}$  | NH <sub>3</sub> -N emissions from application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $m_{\text{applic, TAN}}$   | amount of TAN passed to the application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)       |
| $EF_{\text{applic, NH}_3}$ | NH <sub>3</sub> -N emission factor for application (in kg kg <sup>-1</sup> )             |

Finally the amount of N returned to soil is calculated. Therefor the amount of N excreted on pasture is to be taken into account as well as the NH<sub>3</sub> emissions during grazing.

(The data used in the subsequent equation are needed for the calculation of emissions from soil, see Chapters 10.2, 11.2, 11.5.)

$$m_{\text{returned}} = m_{\text{applic, org}} + (m_{\text{applic, TAN}} - E_{\text{applic, NH}_3}) + (m_{\text{graz}} - E_{\text{graz, NH}_3}) \quad (3.62)$$

where

|                           |                                                                                                           |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{returned}}$     | total amount of nitrogen returned to soil (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                      |
| $m_{\text{applic, org}}$  | amount of organic nitrogen passed to application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)               |
| $m_{\text{applic, TAN}}$  | amount of TAN passed to application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                            |
| $E_{\text{applic, NH}_3}$ | NH <sub>3</sub> -N emissions from application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N) |
| $m_{\text{graz}}$         | amount of nitrogen excreted during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                     |

and

Diese Berechnung ist für die verschiedenen Lagerverfahren getrennt vorzunehmen, wozu  $m_{\text{storage, org}}$  und  $m_{\text{storage, TAN}}$  entsprechend der relativen Häufigkeit der Lagerverfahren auf diese aufgeteilt werden. Dabei wird im GAS-EM-Modell berücksichtigt, dass die Güllevergärung (incl. Gärrestlagerung) nach dem Konzept in IPCC (2000) einen eigenständigen Typ von Lagerverfahren darstellt (siehe Kapitel 3.3.4.4).

Die aus den Lagersystemen zur Ausbringung kommenden N-Mengen (getrennt für jede Tierkategorie und für unbehandelte und vergorene Gülle) werden zusammengefasst und nach den gegebenen Häufigkeiten auf die verfügbaren Ausbringungstechniken verteilt. Die NH<sub>3</sub>-N-Emissionen, die sich unmittelbar aus der Ausbringung ergeben, werden dann wie folgt berechnet (zum Emissionsfaktor siehe Tierbeschreibungen ab Kapitel 4):

Abschließend wird unter Berücksichtigung der auf der Weide ausgeschiedenen N-Menge und der daraus resultierenden NH<sub>3</sub>-Emission die in den Boden gelangende N-Menge berechnet.

(Die in die nachfolgende Gleichung eingehenden Daten werden zur Berechnung von Emissionen aus dem Boden benötigt, siehe Kapitel 10.2, 11.2, 11.5.)

$$E_{\text{graz, NH}_3} = m_{\text{graz, TAN}} \cdot EF_{\text{graz, NH}_3} \quad (3.63)$$

where

|                          |                                                                                                         |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{graz, NH}_3}$  | NH <sub>3</sub> -N emissions during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N) |
| $m_{\text{graz, TAN}}$   | amount of TAN excreted during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                        |
| $EF_{\text{graz, NH}_3}$ | NH <sub>3</sub> -N emissions during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N) |

#### 3.3.4.4 Digestion of slurry and management of residues / Güllevergärung und Gärreste-Management

According IPCC (2000), pg. 4.36, Table 4.10 (column "Definition") emissions from anaerobic digestion have to be reported only for the digestion of slurry but not for the digestion of solid manure: „The dung and urine in liquid/slurry are collected and anaerobically digested.” Hence the inventory only accounts for the digestion of slurry.

In practice slurry is digested along with energy crops and various organic waste materials. However, for the inventory only that part of emissions is calculated that is originating from the digestion of slurry. (At the time being, emissions from the digestion of energy crops and other materials need not to be reported. Hence they are not calculated in the inventory.)

With respect to the anaerobic digestion of slurry and the management of the residues of the digestion process, the German agricultural inventory calculates the emissions of CH<sub>4</sub> (Chapter 3.3.4.4.1), N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> (Chapter 3.3.4.4.2) as well as NH<sub>3</sub> (Chapter 3.3.4.4.3). The term "management" with respect to the treatment of the residues includes storage and spreading of the residues.

The NH<sub>3</sub> emissions caused by residue spreading are calculated in context with the emission calculations for animal husbandry. The amounts of N<sub>2</sub>O emitted from agricultural soils due to residue spreading are calculated along with the emission originating from spreading of untreated animal manures (see Chapter 10.2).

For cattle slurry, the emissions due to digestion are calculated as if the total of the digested cattle slurry would have been slurry from dairy cows. Hence the respective emissions are attributed to dairy cows only. The emissions from pig slurry are treated by analogy, attributing the emissions to fattening pigs.

The activity data needed for these calculations are described in Chapter 3.4.4.

IPCC (2000) sieht die Option der Vergärung nur für Gülle, aber nicht für Festmist vor, siehe IPCC (2000), S. 4.36, Tabelle 4.10/Spalte „Definition“. Dort heißt es bei „anaerobic digester“: „The dung and urine in liquid/slurry are collected and anaerobically digested.” Dementsprechend wird im Inventar nur die Gülle-Vergärung berücksichtigt.

In der Praxis wird Gülle zusammen mit nachwachsenden Rohstoffen und verschiedenen organischen Abfällen vergoren. Für das Inventar werden dabei aber nur diejenigen Emissionen berechnet, die aus der Güllevergärung resultieren. (Emissionen aus der Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen und anderen Stoffen sind gegenwärtig nicht berichtspflichtig und werden daher im Inventar nicht berechnet.)

Das deutsche Emissionsinventar berechnet im Zusammenhang mit der Vergärung von Gülle und dem zugehörigen Gärreste-Management die Emissionen von CH<sub>4</sub> (Kapitel 3.3.4.4.1), N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> (Kapitel 3.3.4.4.2) sowie NH<sub>3</sub> (Kapitel 3.3.4.4.3). Der Begriff „Gärreste-Management“ steht dabei für die Lagerung der Gärreste und ihre Ausbringung.

Die bei der Gärreste-Ausbringung entstehenden NH<sub>3</sub>-Emissionen werden bei den Tieren mitberechnet. Die als Folge der Ausbringung entstehenden bodenbürtigen N<sub>2</sub>O-Emissionen hingegen werden im Sektor Boden in Zusammenhang mit der Ausbringung von Wirtschaftsdünger berechnet (siehe Kapitel 10.2).

Die Berechnung der vergärungsbedingten Emissionen erfolgt für Rindergülle bei den Milchkühen, d. h. die gesamte zur Vergärung eingesetzte Rindergülle wird als Milchkuhgülle betrachtet. Analog wird die gesamte vergorene Schweinegülle als Mastschweingülle betrachtet.

Auf die zur Emissionsberechnung erforderlichen Aktivitätsdaten geht Kapitel 3.4.4 ein.

### 3.3.4.4.1 $CH_4$ emissions / $CH_4$ -Emissionen

IPCC (2000) do not provide a specific methodology to calculate  $CH_4$  emissions from anaerobic digestion of slurry and from subsequent storage of the digested slurry, but use the general approach for storage systems, see Chapter 3.3.4.1. In the following the equation given in Chapter 3.3.4.1 will be used but in a form extended by introduction of the factor  $x_{\text{dig}}$  that gives the fraction of total slurry that is digested.

$$E_{CH_4} = x_{\text{dig}} \cdot VS \cdot \alpha \cdot B_o \cdot \rho_{CH_4} \cdot MCF \quad (3.64)$$

where

|                  |                                                                                                                                        |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{CH_4}$       | $CH_4$ emissions from manure digestion and storage of digested manure, per place and year (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} CH_4$ ) |
| $x_{\text{dig}}$ | fraction of manure that is digested (in $\text{kg kg}^{-1}$ )                                                                          |
| $VS$             | excretion of volatile solids (in $\text{kg pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ )                                                                   |
| $\alpha$         | time units conversion factor ( $365 \text{ d a}^{-1}$ )                                                                                |
| $B_o$            | maximum methane producing capacity, per kg of VS input (in $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} CH_4$ )                                          |
| $\rho_{CH_4}$    | density of methane ( $\rho_{CH_4} = 0.67 \text{ kg m}^{-3}$ )                                                                          |
| $MCF$            | methane conversion factor (in $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )                                                                             |

The methane conversion factor MCF that is needed for the method given above is an effective entity that takes into account that the IPCC (2000) concept includes two compartments where green house gas emissions may occur.

The first one of these two compartments is the system where the production of usable gas takes place. In the following, this system will shortly be named “digester”. In practice it represents the total gas producing system, i. e. all fermenters and all compartments with secondary digestion from where the gas produced is returned to use, e. g. in a local heating plant. This concept also includes gastight storage compartments if they are connected to the gas collection system. Except for pure slurry digestion, such gastight storage systems are prescribed for new biogas plants up to a hydraulic residence time of 150 days.

The second element of the IPCC (2000) concept is a separate storage of the digestion residues that is not part of the above mentioned gas collection system. The concept distinguishes two different types of such a separate storage, i. e. gastight storage ( $MCF = 0$ ) and storage in an open tank ( $MCF$  like that used for untreated slurry). The IPCC (2000) concept implicitly assumes that  $CH_4$  produced in the open tank is completely lost to the atmosphere. For the gastight storage IPCC (2000) recommends to add the amount of  $CH_4$  produced in the storage to the amount  $CH_4$  produced in the digester. However, in GAS-EM the fate of  $CH_4$  produced in biogas plants is not traced.

In the following the term “storage of residues” always means a storage according to the IPCC (2000) concept.

For the calculation of the effective methane conversion factor of the combination “digester + residue storage” IPCC (2000) provides the “Formula 1”, see IPCC (2000), pg. 4.36 (footnote). However, the factor 100 needed to transform  $MCF_{\text{storage}}$  into percentage units has been forgotten in IPCC (2000).  $MCF_{\text{storage}}$  will be renamed in the following to  $MCF_{\text{residues}}$  in order to empha-

IPCC (2000) gibt keine spezielle Methode zur Berechnung von  $CH_4$ -Emissionen aus der Vergärung von Gülle und der Lagerung der Gärreste an, sondern verwendet den allgemeinen Ansatz für Lagersysteme, siehe Kapitel 3.3.4.1. Im Folgenden wird die in Kapitel 3.3.4.1 angegebene Formel um den Faktor  $x_{\text{dig}}$  ergänzt, der den relativen Anteil des gesamten Gülle-Aufkommens angibt, der vergoren wird:

Der für diese Berechnungsmethode benötigte Methan-Umwandlungsfaktor MCF ist eine effektive Größe, die berücksichtigt, dass das Konzept von IPCC (2000) zwei Bereiche vorsieht, aus denen THG-Emissionen entstehen können.

Dies ist zum einen das System, in dem die Produktion von nutzbarem Gas stattfindet. Dieses System, das im Folgenden der Einfachheit halber kurz als „Fermenter“ (bzw. englisch „digester“) bezeichnet wird, entspricht in der Praxis dem „gasführenden System“, also allen Fermentern und Nachgäreinheiten einer Biogasanlage, in denen das entstandene Gas kontrolliert der Nutzung (z. B. durch ein Blockheizkraftwerk) zugeführt wird. Hierzu gehört auch ein an das gasführende System angeschlossenes gasdichtes Gärrestelager, das für neue Anlagen - außer für reine Gülleanlagen - bis zu einer hydraulischen Verweildauer von 150 Tagen vorgeschrieben ist.

Das zweite Element im IPCC-Konzept ist ein separates Gärrestelager, bei dem das entstandene Gas nicht genutzt wird. Es wird zwischen gasdichter Lagerung ( $MCF = 0$ ) und offener Lagerung ( $MCF$  wie bei offener Lagerung von unbehandelter Gülle) unterschieden. IPCC (2000) geht dabei implizit davon aus, dass das im offenen Gärrestelager entstehende  $CH_4$  als Emissionen in die Luft entweicht. Beim gasdicht geschlossenen Gärrestelager empfiehlt IPCC (2000) praxiskonform (s. o.), die darin stattfindende  $CH_4$ -Produktion der  $CH_4$ -Menge zuzuschlagen, die zuvor im Fermenter entstanden ist. In GAS-EM wird der Verbleib der in Biogasanlagen zur Energiegewinnung produzierten  $CH_4$ -Menge nicht weiter verfolgt.

Im Folgenden steht der Begriff „Gärrestelager“ immer für eine Gärrestelagerung nach dem IPCC-Konzept.

Für die Berechnung des effektiven Methanumwandlungsfaktors für die Kombination „Fermenter + Gärrestelager“ gibt IPCC (2000), S. 4.36 (Fußnote), die „Formula 1“ an. Der zur Prozenteinheit-Umrechnung benötigte Divisor 100 bei  $MCF_{\text{storage}}$  wurde in IPCC (2000) vergessen.  $MCF_{\text{storage}}$  wird im Folgenden in  $MCF_{\text{residues}}$  umbenannt, um zu verdeutlichen, dass es sich

size that it is the methane conversion factor for the storage only. In the nomenclature used in GAS-EM, "Formula 1" is then given by:

um den Methanumwandlungsfaktor ausschließlich des Gärrestelagers handelt. Damit lautet „Formula 1“ (in der in GAS-EM üblichen Schreibweise):

$$MCF = \frac{v_{CH_4, \text{prod}} - v_{CH_4, \text{used}} - v_{CH_4, \text{flared}} + MCF_{\text{residues}} \cdot (B_0 - v_{CH_4, \text{prod}})}{B_0} \quad (3.65)$$

where

|                           |                                                                                                                           |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $MCF$                     | effective methane conversion factor for the combination "digester + storage" (in $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )             |
| $v_{CH_4, \text{prod}}$   | specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$ )   |
| $v_{CH_4, \text{used}}$   | specific volume of methane used for energy production (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$ ) |
| $v_{CH_4, \text{flared}}$ | specific volume of methane flared (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$ )                     |
| $MCF_{\text{residues}}$   | methane conversion factor for the storage of digested manure (in $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )                             |
| $B_0$                     | maximum methane producing capacity, per kg of VS input (in $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$ )                      |

In practice the residence time necessary to fully exploit the maximum possible methane production  $B_0$  is not reached in the gas collection system. In the following the difference, i. e. the potentially still purgeable amount of gas ( $B_0 - v_{CH_4, \text{prod}}$ ), is denoted as "potential offgas" the ratio of which to  $B_0$  is described by the entity  $\mu_{\text{offgas}}$ :

In der Praxis wird im gasführenden System die notwendige Verweilzeit zum vollständigen Ausschöpfen der maximal möglichen Methanproduktionskapazität  $B_0$  nicht erreicht. Die daher potentiell noch freisetzbare Gasmenge  $B_0 - v_{CH_4, \text{prod}}$  wird im Folgenden als „potentielle Restgasmenge“ bezeichnet, deren Verhältnis zu  $B_0$  durch die Größe  $\mu_{\text{offgas}}$  beschrieben wird:

$$\mu_{\text{offgas}} = \frac{B_0 - v_{CH_4, \text{prod}}}{B_0} \quad (3.66)$$

where

|                         |                                                                                                                            |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\mu_{\text{offgas}}$   | relative amount of potential offgas related to $B_0$ (with $0 \leq \mu_{\text{offgas}} \leq 1 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ ) |
| $B_0$                   | maximum methane producing capacity per kg of VS (in $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$ )                              |
| $v_{CH_4, \text{prod}}$ | specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$ )    |

The units of  $\mu_{\text{offgas}}$  take into account that nominator as well as denominator in the equation given above equally relate to the amount of VS put into the biogas plant which means that it is not necessary to keep the VS unit (kg).

Bei der Einheit von  $\mu_{\text{offgas}}$  ist berücksichtigt, dass sich sowohl Nenner als auch Zähler in obiger Gleichung in gleicher Weise auf die in die Biogasanlage eingebrachte VS-Menge beziehen, so dass die VS-Einheit (kg) nicht weiter mitgeführt werden muss.

Hence the ratio of  $v_{CH_4, \text{prod}}$  to  $B_0$  is given by:

Somit gilt für das Verhältnis von  $v_{CH_4, \text{prod}}$  zu  $B_0$ :

$$\frac{v_{CH_4, \text{prod}}}{B_0} = 1 - \mu_{\text{offgas}} \quad (3.67)$$

where

|                         |                                                                                                                            |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $v_{CH_4, \text{prod}}$ | specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$ )    |
| $\mu_{\text{offgas}}$   | relative amount of potential offgas related to $B_0$ (with $0 \leq \mu_{\text{offgas}} \leq 1 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ ) |
| $B_0$                   | maximum methane producing capacity, related to VS (in $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$ )                            |

The difference  $v_{CH_4, \text{prod}} - v_{CH_4, \text{used}} - v_{CH_4, \text{flared}}$  in equation (3.65) is part of the digester's methane balance (related to VS input) which can be completed by the methane loss  $v_{CH_4, \text{leak}}$  due to leakage.

Die Differenz  $v_{CH_4, \text{prod}} - v_{CH_4, \text{used}} - v_{CH_4, \text{flared}}$  in Gleichung (3.65) ist Teil der Methan-Bilanz des Fermenters (bezogen auf den VS-Eintrag), die durch den leakagebedingten  $\text{CH}_4$ -Verlust  $v_{CH_4, \text{leak}}$  vervollständigt wird:

$$v_{CH_4, \text{prod}} - v_{CH_4, \text{used}} - v_{CH_4, \text{flared}} - v_{CH_4, \text{leak}} = 0 \quad (3.68)$$

where

|                           |                                                                                                                                     |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $v_{CH_4, \text{prod}}$   | specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$ )             |
| $v_{CH_4, \text{used}}$   | specific volume of methane used for energy production (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$ )           |
| $v_{CH_4, \text{flared}}$ | specific volume of methane flared (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$ )                               |
| $v_{CH_4, \text{leak}}$   | specific volume of methane due to leakage and maintenance works (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$ ) |

The leakage-caused loss of methane  $v_{CH_4, leak}$  can be described by the leakage rate  $L_{prod}$  of the digester:

$$L_{prod} = \frac{v_{CH_4, leak}}{v_{CH_4, prod}} \quad (3.69)$$

where

|                  |                                                                                                                                       |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_{prod}$       | leakage rate of the digester, related to $CH_4, prod$ (with $0 \leq L_{prod} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )                     |
| $v_{CH_4, leak}$ | specific volume of methane due to leakage and maintenance works (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ ) |
| $v_{CH_4, prod}$ | specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ )             |

The units of  $L_{prod}$  take into account that nominator as well as denominator in the equation given above equally relate to the amount of VS put into the biogas plant which means that it is not necessary to keep the VS unit (kg).

Using equations (3.67) to (3.69) the first summand in the fraction on the right hand side of equation (3.65) can be transformed as follows:

$$\frac{v_{CH_4, prod} - v_{CH_4, used} - v_{CH_4, flared}}{B_o} = \frac{v_{CH_4, leak}}{B_o} = \frac{v_{CH_4, prod}}{B_o} \cdot \frac{v_{CH_4, leak}}{v_{CH_4, prod}} = (1 - \mu_{offgas}) \cdot L_{prod} \quad (3.70)$$

where

|                    |                                                                                                                                       |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $v_{CH_4, prod}$   | specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ )             |
| $v_{CH_4, used}$   | specific volume of methane used for energy production (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ )           |
| $v_{CH_4, flared}$ | specific volume of methane flared (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ )                               |
| $B_o$              | maximum methane producing capacity (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ )                              |
| $v_{CH_4, leak}$   | specific volume of methane due to leakage and maintenance works (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ ) |
| $\mu_{offgas}$     | relative amount of potential offgas related to $B_o$ (with $0 \leq \mu_{offgas} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )                  |
| $L_{prod}$         | relative leakage rate of the digester, related to $CH_4, prod$ (with $0 \leq L_{prod} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )            |

The second summand in the fraction on the right hand side of equation (3.65) is transformed using equation (3.66):

$$\frac{MCF_{storage} \cdot (B_o - v_{CH_4, prod})}{B_o} = MCF_{residues} \cdot \mu_{offgas} \quad (3.71)$$

where

|                  |                                                                                                                           |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $MCF_{storage}$  | methane conversion factor for the storage of digested manure (in $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )                            |
| $v_{CH_4, prod}$ | specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ ) |
| $B_o$            | maximum methane producing capacity, per kg of VS input (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ )                    |
| $MCF_{residues}$ | methane conversion factor for the storage of digested manure (in $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )                            |
| $\mu_{offgas}$   | relative amount of potential offgas related to $B_o$ (with $0 \leq \mu_{offgas} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )      |

Finally, using equations (3.70) and (3.71) equation (3.65) can be transformed in order to give the effective methane conversion factor of the combination „digester + residue storage“ as a function of the three parameters „relative amount of potential offgas“, „leakage rate“ and „MCF of the residue storage“:

$$MCF = (1 - \mu_{offgas}) \cdot L_{prod} + \mu_{offgas} \cdot MCF_{residues} \quad (3.72)$$

Der leakagebedingte  $CH_4$ -Verlust  $v_{CH_4, leak}$  lässt sich als Leckagerate  $L_{prod}$  des Fermenters definieren:

Bei der Einheit von  $L_{prod}$  wurde berücksichtigt, dass sich sowohl Nenner als auch Zähler in obiger Gleichung in gleicher Weise auf die in die Biogasanlage eingebrachte VS-Menge beziehen, so dass die VS-Einheit (kg) nicht weiter mitgeführt werden muss.

Mit Hilfe der Gleichungen (3.67) bis (3.69) lässt sich der erste Summand im Bruch auf der rechten Seite von Gleichung (3.65) wie folgt umformen.

Der zweite Summand im Bruch auf der rechten Seite von Gleichung (3.65) wird mit Gleichung (3.66) umgeformt zu:

Mit Gleichung (3.70) und (3.71) kann Gleichung (3.65) schließlich so umgeformt werden, dass der effektive Methanumwandlungsfaktor der Kombination „Fermenter + Gärrestelager“ mit Hilfe der drei Parameter „relative potentielle Restgasmenge“, „Leckagerate“ und „Gärrestelager-MCF“ beschrieben werden kann:

where

|                         |                                                                                                                                      |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $MCF$                   | effective methane conversion factor for the combination “digester + storage” (in $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )                        |
| $\mu_{\text{offgas}}$   | relative amount of potential offgas related to $B_0$ (with $0 \leq \mu_{\text{offgas}} \leq 1 \text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )            |
| $L_{\text{prod}}$       | leakage rate of the digester, related to $\text{CH}_4, \text{prod}$ (with $0 \leq L_{\text{prod}} \leq 1 \text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) |
| $MCF_{\text{residues}}$ | methane conversion factor for the storage of digested manure (in $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )                                        |

Obviously the effective MCF is a weighted mean of the leakage rate and the MCF of the residue storage, where the weighting is defined by the two fractions of the maximum possible methane production originating from the digester and from the residue storage.

For a gastight residue storage  $MCF_{\text{residues}}$  is zero and Equation (3.72) reduces to

$$MCF = (1 - \mu_{\text{offgas}}) \cdot L_{\text{prod}} \quad (3.73)$$

where

|                       |                                                                                                                                          |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $MCF$                 | effective methane conversion factor for the combination “digester + storage” (in $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )                            |
| $\mu_{\text{offgas}}$ | relative amount of potential offgas related to $B_0$ (with $0 \leq \mu_{\text{offgas}} \leq 1 \text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )                |
| $L_{\text{prod}}$     | leakage rate of the digester, related to $v_{\text{CH}_4, \text{prod}}$ (with $0 \leq L_{\text{prod}} \leq 1 \text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) |

For a non-gastight residue storage  $MCF_{\text{residues}}$  is assigned the value given for storage of untreated slurry in an open tank (see Chapters 4.2.1 und 5.2.1).

Chapter 3.4.4 describes how to obtain the data for  $L_{\text{prod}}$  and  $\mu_{\text{offgas}}$ , the fraction of total slurry that is digested in biogas plants ( $x_{\text{dig}}$ ) and the frequencies of gastight storage of digestion residues (see Chapter 3.4.4).

The values of  $L_{\text{prod}}$  und  $\mu_{\text{offgas}}$  are in the order of some percents. Hence the effective MCF for digestion with gastight residue storage is of the order of  $0.01 \text{m}^3 \text{m}^{-3}$ , i. e. one order of magnitude lower than the MCF values of the other types of slurry storage. The effective MCF for non-gastight residue storage is one order of magnitude lower than the MCF for storage of untreated slurry in open tanks. All in all, anaerobic digestion of slurry with subsequent residue storage leads to a reduction of total methane emissions from manure management. The extent of the emission reductions depends on the fraction of total slurry production that is digested and the frequencies of gastight storage.

The total reduction of methane emissions as a consequence of slurry digestion is provided for Germany in Table 2.2 in Chapter 2.1.

Der effektive MCF ist also ein gewichtetes Mittel aus Leckagerate und Gärrestelager-MCF, wobei die Wichtung durch die auf die beiden Produktionsorte „Fementer“ und „Gärrestelager“ entfallenden relativen Anteile der maximal möglichen Gesamt- $\text{CH}_4$ -Produktion gebildet wird.

Im Falle einer gasdichten Gärrestelagerung reduziert sich Gleichung (3.72) wegen  $MCF_{\text{residues}} = 0$  zu

Für eine nicht gasdichte Lagerung von Gärresten aus der Vergärung von Gülle wird für  $MCF_{\text{residues}}$  der Wert für offene Lagerung verwendet (Kapitel 4.2.1 und 5.2.1).

Zur Bereitstellung der Daten zu  $L_{\text{prod}}$  und  $\mu_{\text{offgas}}$ , des prozentualen Anteils der Gülle, der in Biogasanlagen vergoren wird ( $x_{\text{dig}}$ ), sowie der Häufigkeit gasdichter Lagerung von Gärresten siehe Kapitel 3.4.4.

Die Werte für  $L_{\text{prod}}$  und  $\mu_{\text{offgas}}$  liegen bei wenigen Prozent. Damit liegt für die Güllevergärung mit anschließender gasdichter Lagerung der effektive MCF in der Größenordnung von  $0,01 \text{m}^3 \text{m}^{-3}$ , d. h. um eine Größenordnung niedriger als die MCF-Werte der übrigen Gülle-Lagerverfahren. Der effektive MCF für den Fall nicht gasdichter Lagerung ist um eine Größenordnung kleiner als der MCF für die offene Lagerung von unvergorener Gülle. Insgesamt führt die anaerobe Vergärung von Gülle in Biogasanlagen mit anschließender Gärrestelagerung zu einer Minderung der  $\text{CH}_4$ -Gesamtemissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management. Dabei hängt der Grad der Minderung vom Anteil der Gülle, der vergoren wird, und von der Häufigkeit gasdichter Gärrestlager ab.

Zur Gesamt- $\text{CH}_4$ -Minderung durch Güllevergärung in Deutschland siehe Table 2.2 in Kapitel 2.1.

#### 3.3.4.4.2 Emissions of $\text{N}_2\text{O}$ , NO and $\text{N}_2$ / Emissionen von $\text{N}_2\text{O}$ , NO und $\text{N}_2$

According to IPCC (2000)  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen from the combination „digester + residue storage“ are calculated as follows (factor 44/28 for the conversion of  $\text{N}_2\text{O-N}$  into  $\text{N}_2\text{O}$ ):

$\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus Vergärung von Gülle und Gärrestelagerung werden nach IPCC (2000) wie folgt berechnet (Faktor 44/28 zur Umrechnung von  $\text{N}_2\text{O-N}$  auf  $\text{N}_2\text{O}$ ):

$$E_{\text{N}_2\text{O}} = 44/28 \cdot x_{\text{dig}} \cdot N_{\text{excr}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N}} \quad (3.74)$$

where

|                             |                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{N}_2\text{O}}$    | $\text{N}_2\text{O}$ emissions from manure digestion and storage of digested manure, per place and year (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}_2\text{O}$ ) |
| $x_{\text{dig}}$            | fraction of manure that is digested (in $\text{kg kg}^{-1}$ )                                                                                                      |
| $N_{\text{excr}}$           | amount of N excreted, per place and year (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )                                                                          |
| $EF_{\text{N}_2\text{O-N}}$ | $\text{N}_2\text{O-N}$ emission factor (in $\text{kg kg}^{-1}$ ), see below                                                                                        |



In IPCC (2000), pg. 4.43,  $EF_{N_{2O-N}}$  is given as 0.001 kg  $N_2O-N$  per kg of N excreted. Contrary to  $CH_4$  (see Chapter 3.3.4.4.1) the  $N_2O$  calculation does not distinguish between gastight and open storage.

$N_2O$  emitted from agricultural soils due to residue spreading is calculated along with the emission originating from spreading of untreated animal manures (see Chapter 10.2).

Chapter 3.4.4 describes how to obtain the data for the fraction of total slurry that is digested in biogas plants ( $x_{dig}$ ). The N excreted in animal husbandry is calculated routinely in the emission inventory, see Chapter 3.3.3.2.

The total reduction of  $N_2O$  emissions as a consequence of slurry digestion is provided for Germany in Table 2.3 in Chapter 2.1.

Emissions of NO and  $N_2$  from manure management are calculated proportionally to the respective  $N_2O$  emissions. The constants of proportionality are  $EF_{NO}/EF_{N_{2O}} = 0.1$  und  $EF_{N_2}/EF_{N_{2O}} = 3$ , see Chapter 3.3.4.3.4. Due to this proportionality, the percentage reductions of NO and  $N_2$  are the same like the percentage reduction achieved for  $N_2O$ .

#### 3.3.4.4.3 $NH_3$ emissions / $NH_3$ -Emissionen

The inventory calculates  $NH_3$  emissions from the management of digestion residues, i. e. from storage and spreading. It is assumed that no emissions occur from the digester.

Consistently with the calculation of  $CH_4$  emissions (see Chapter 3.3.4.1) the calculation of  $NH_3$  emissions takes into account that there are two different types of residue storage, i. e. gastight storage and open tanks.

In the inventory, the spreading of residues is treated separately from the spreading of untreated slurry as the frequencies of spreading techniques and durations of incorporation are different for untreated and digested slurry (for the frequency data see Chapters 3.4.3 and 3.4.4).

For the choice of emission factors see Chapter 3.4.4.4.

The total reduction of  $NH_3$  emissions as a consequence of slurry digestion is provided for Germany in Table 2.4 in Chapter 2.2.

The N input into soil due to the spreading of digestion residues causes  $N_2O$  emissions the calculation of which is described in Chapter 10.2 in context with the  $N_2O$  emissions from spreading of animal manures.

IPCC (2000), S. 4.43, gibt  $EF_{N_{2O-N}}$  mit 0,001 kg  $N_2O-N$  pro kg an ausgeschiedenem N an. Es wird im Gegensatz zu  $CH_4$  (siehe Kapitel 3.3.4.4.1) nicht zwischen gasdichtem und offenem Lager unterschieden.

Bodenbürtige  $N_2O$ -Emissionen als Folge der Gärresteausbringung werden in Zusammenhang mit der Ausbringung von Wirtschaftsdünger berechnet und berichtet (siehe Kapitel 10.2).

Zu den prozentualen Anteilen der Gülle, die in Biogasanlagen vergoren wird ( $x_{dig}$ ), siehe Kapitel 3.4.4.1. Die tierische N-Ausscheidung wird im Emissionsinventar routinemäßig berechnet (siehe Kapitel 3.3.3.2).

Zur Gesamtminde rung von  $N_2O$ -Emissionen durch Güllevergärung in Deutschland siehe Table 2.3 in Kapitel 2.1.

Proportional zu den  $N_2O$ -Emissionen werden NO- und  $N_2$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management berechnet. Die Proportionalitätsfaktoren sind  $EF_{NO}/EF_{N_{2O}} = 0,1$  und  $EF_{N_2}/EF_{N_{2O}} = 3$ , siehe Kapitel 3.3.4.3.4. Aufgrund dieser Proportionalität sind die prozentualen Minderungen bei NO und  $N_2$  gleich den entsprechenden Werten bei  $N_2O$ .

Das Inventar berechnet  $NH_3$ -Emissionen aus dem Gärreste-Management, d. h. aus Gärrestelagerung und -ausbringung. Es wird davon ausgegangen, dass aus dem Fermenter kein  $NH_3$  entweicht.

Konsistent mit der Berechnung der  $CH_4$ -Emissionen (siehe Kapitel 3.3.4.1) werden bei der Berechnung der  $NH_3$ -Emissionen zwischen zwei Lagertypen unterschieden: Gasdichte Lager und offene Tanks.

Die Ausbringung der Gärreste wird im Inventar getrennt von der Ausbringung unvergorener Gülle behandelt, da sich die Häufigkeiten der Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten bei beiden Güllevarianten unterscheiden (zu diesen Daten siehe Kapitel 3.4.3 und 3.4.4).

Zur Wahl der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.4.4.4.

Zur Gesamtminde rung von  $NH_3$ -Emissionen infolge Güllevergärung in Deutschland siehe Table 2.4 in Kapitel 2.2.

Der durch die Ausbringung von Gärresten verursachte N-Eintrag in den Boden führt zu  $N_2O$ -Emissionen, deren Berechnung im Zusammenhang mit der Ausbringung von Wirtschaftsdünger in Kapitel 10.2 behandelt wird.

#### 3.3.4.5 Emissions of particulate matter from animal husbandry / Partikel-Emissionen aus der Tierhaltung

EMEP(2009)-4B-25 provides the following Tier 2 methodology to assess the emissions of  $PM_{10}$  and  $PM_{2,5}$  from animal housing (note that the PM emission equation in EMEP(2009)-4B-25 is obviously mistyped: The term  $(1-x_{solid\_i})$  must read  $(1-x_{slurry})$ ):

Zur Berechnung der Emissionen von  $PM_{10}$  und  $PM_{2,5}$  aus der Stallhaltung wird das in EMEP(2009)-4B-25 angegebene Stufe-2-Verfahren verwendet (wobei die Gleichung in EMEP offensichtlich fehlerhaft ist: statt  $(1-x_{solid\_i})$  muss es  $(1-x_{slurry})$  heißen):

$$E_{PM,i} = n_i \cdot x_{house,i} \cdot \beta \cdot [x_{slurry,i} \cdot EF_{slurry,i} + (1 - x_{slurry,i}) \cdot EF_{solid,i}] \quad (3.75)$$

|       |                 |                                                                                               |
|-------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| where | $E_{PM,i}$      | PM <sub>10</sub> or PM <sub>2,5</sub> emission for animal category i (in Gg a <sup>-1</sup> ) |
|       | $n_i$           | number of animal places for animal category i (in pl)                                         |
|       | $x_{house,i}$   | share of time the animals spend in the house (in a a <sup>-1</sup> )                          |
|       | $\beta$         | mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6}$ Gg kg <sup>-1</sup> )                        |
|       | $x_{slurry,i}$  | share of population kept in slurry based systems (in pl pl <sup>-1</sup> )                    |
|       | $EF_{slurry,i}$ | emission factor for slurry based system (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )             |
|       | $EF_{solid,i}$  | emission factor for solid manure based system (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )       |

The emission calculation procedure described in EMEP(2009)-4B-25 provides only a first estimate of emissions of particulate matter from animal husbandry, see EMEP(2009)-4B-30. Emissions during grazing are not considered.

Optionally, the inventory calculation procedure can take into account a mitigation of PM emissions from housing by a scrubber system. The methodology described for NH<sub>3</sub> in Chapter 3.3.4.3.4 is applied by analogy. For the national inventory, the percentage of animal places equipped with air scrubbers is taken into account.

KTBL made an inquiry on the frequency of air scrubbers in pig production (sows, weaners and fatteners) for the entire German rural districts (see Chapter 3.4.5.2). For these scrubbing installations the inventory assumed precipitation rates of 90 % for PM<sub>10</sub> and 70 % for PM<sub>2,5</sub>.

EMEP(2009)-4B-66 ff estimates the range of uncertainty of the emission factors (95 % confidence interval) by a factor of 3 (rounded data). Hence, the difference between the lower boundary of the 95 % confidence interval and the mean emission factor is 67 % of the mean emission factor, while the difference between the upper boundary and the mean emission factor is 200 % of the mean emission factor. According to IPCC (2006) the higher of these two values has to be used in the Tier 1 emission uncertainty calculation. This implies a standard error of the emission factor of  $0,5 \cdot 200 \% = 100 \%$ . The distribution is asymmetric (lognormal distribution).

The uncertainty of the emission factor exceeds by far the uncertainties of the other input data for the PM emission calculations. Hence, the uncertainty of the resulting PM emissions is likely to be of the same order of magnitude as the uncertainty of the emission factor.

Das in EMEP(2009)-4B-25 angegebene Verfahren kann lediglich als ein erster Ansatz zur Schätzung von Staub-Emissionen aus der Tierhaltung gelten, siehe EMEP(2009)-4B-30. Emissionen während des Weidegangs werden nicht berücksichtigt.

Im Inventar ist die Möglichkeit gegeben, die Minderung der Staubemissionen aus dem Stall durch ein Abluftreinigungssystem zu berücksichtigen. Dies erfolgt sinngemäß wie für NH<sub>3</sub> in Kapitel 3.3.4.3.4 beschrieben, wobei für Berechnung der nationalen Gesamtemission der Prozentsatz der mit Abluftreinigungsanlagen ausgestatteten Tierplätze zu berücksichtigen ist.

Durch KTBL wurde eine Erhebung zur Verteilung der Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung (Sauen, Ferkel und Mastschweine) auf Kreisebene durchgeführt (siehe Kapitel 3.4.5.2). Für diese Abluftreinigungsanlagen wurde in den Inventarberechnungen ein Staubabscheidegrad von 90 % bei PM<sub>10</sub> und 70 % bei PM<sub>2,5</sub> angenommen.

EMEP(2009)-4B-66 ff schätzt die Unsicherheit (95 %-Konfidenzintervall) der Emissionsfaktoren mit Faktor 3 ab (gerundet). Demzufolge liegen zwischen dem mittleren Emissionsfaktor und der Untergrenze des 95 %-Konfidenzintervalles 67 % und zwischen mittlerem Emissionsfaktor und der Intervall-Obergrenze 200 % des mittleren Emissionsfaktors. Da nach IPCC (2000) der größere dieser beiden Prozentwerte für die Tier-1-Unsicherheitsberechnung zu verwenden ist, ergibt sich der dafür anzusetzende Standardfehler zu  $0,5 \cdot 200 \% = 100 \%$  des mittleren Emissionsfaktors. Es liegt eine asymmetrischen Verteilung vor (Lognormal-Verteilung).

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors ist erheblich größer als die Unsicherheiten der übrigen in die PM-Emissionsberechnung eingehenden Größen. Daher ist die Unsicherheit der resultierenden PM-Emissionen in der gleichen Größenordnung zu erwarten wie die Unsicherheit des Emissionsfaktors.

### 3.3.5 *N<sub>2</sub>O-Emissions from agricultural soils / N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden*

Microbial transformations of N compounds (nitrification and denitrification) lead to emissions of N<sub>2</sub>O. A distinction is made between direct and indirect N<sub>2</sub>O emissions from soils. Direct emissions comprise N<sub>2</sub>O emissions resulting from manure application, pasturing, application of mineral fertiliser and sewage sludge, biological N-fixation, crop residues and cultivation of organic soils. So-called indirect N<sub>2</sub>O emissions result from deposition of reactive nitrogen and via leaching and surface run-off.

For the description of methodologies see Chapters 10 and 11.

Mikrobielle Umsetzungen (Nitrifikation und Denitrifikation) von N-Verbindungen führen zu N<sub>2</sub>O-Emissionen. Es wird zwischen direkten und indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden unterschieden. Die direkten Emissionen umfassen die N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge von Wirtschaftsdünger-Ausbringung, Weidegang, Mineraldünger- und Klärschlamm-Anwendung, biologischer N-Fixierung, Ernterückständen und der Bewirtschaftung organischer Böden. So genannte indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen ergeben sich als Folge von Deposition reaktiven Stickstoffs sowie Auswaschung und Oberflächenfluss.

Für die Beschreibung der Berechnungsmethoden wird auf die Kapitel 10 und 11 verwiesen.

### 3.3.6 *Projections for 2020 / Projektionen für 2020*

Since the inventory submitted in 2009 for 2007 (Submission 2009, Dämmgen et al., 2009a), projections have been estimated. From submission 2012 onwards predictions are limited to the year 2020 only. Separate projections for 2015 are not made.

Including the Submission 2011 (Rösemann et al., 2011), the projection calculations were based on assumptions made at the Institute of Rural Studies of TI (Osterburg and Dämmgen, 2009).

The emission calculations for the projection 2020 in the current submission 2013 are based on a data set agreed upon by the Federal Ministry of Agriculture (see Table 3.5). The data is based on the final version of the baseline projection of the agro-economic TI institutes for the year 2021 (Offermann et al., 2012). The results for 2021 are applied to the year 2020.

Seit der Berichterstattung 2009 (Submission 2009, Dämmgen et al., 2009a) werden auch Projektionen berechnet. Sie beschränken sich ab der Submission 2012 auf das Jahr 2020. Eine gesonderte Berechnung für 2015 erfolgt nicht.

Die Projektionsberechnungen basierten bis zur Submission 2011 (Rösemann et al., 2011) auf Annahmen, die vom Institut für Ländliche Räume des TI erstellt wurden (Osterburg und Dämmgen, 2009).

Die Berechnungen für die Projektion 2020 in der aktuellen Berichterstattung 2013 verwenden einen mit dem BMELV neu abgestimmten Eingangsdatensatz (siehe Table 3.5). Die Daten basieren auf der endgültigen Fassung der Baseline-Projektion der agrarökonomischen TI-Institute für 2021 (Offermann et al., 2012). Die Ergebnisse für 2021 werden auf das Jahr 2020 übertragen.

Table 3.5: Animal numbers, milk yield, mineral fertilizer application and rural land use projected for 2020

|                                | 2020<br>% of 1990                         | Comments                                               |
|--------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| dairy cows                     | 60                                        | abolishment of the milk quota system                   |
| milk yield                     | 7822 kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | increase according to long-term trend                  |
| suckler cows                   | 291                                       |                                                        |
| mature males > 2 years         | 35                                        | population decrease according to long-term trend       |
| male beef cattle               | 47                                        | population decreases according to dairy cow population |
| heifers                        | 58                                        | population decreases according to dairy cow population |
| calves up to 6 month           | 61                                        | population decreases according to dairy cow population |
| sows                           | 76                                        |                                                        |
| fattening pigs                 | 88                                        |                                                        |
| laying hens                    | 100 % of 2011                             | no change according to long-term trend                 |
| pullets                        | 100 % of 2011                             | no change according to long-term trend                 |
| broilers                       | 187                                       |                                                        |
| other poultry (ducks, turkeys) | 251                                       |                                                        |
| other poultry (geese)          | 100 % of 2011                             | no change according to long-term trend                 |
| sheep                          | 61                                        |                                                        |
| horses                         | 100 % of 2011                             | no change according to long-term trend                 |
| mineral fertilizer application | 85                                        | share of urea is estimated with 32 %                   |
| cereals                        | 87                                        | expansion of oilseed crops and maize                   |
| oilseed crops                  | 165                                       | increase for biodiesel                                 |
| legumes                        | 78                                        |                                                        |
| sugar beet                     | 41                                        |                                                        |
| maize for silage               | 187                                       | increase for biogas                                    |
| grassland                      | 93                                        |                                                        |

For all other data the activity data of the year 2011 are used. The only exception is the data for slurry application on bare arable land. The percentages of slurry incorporated into soils more than 4 hours after application have been added to the percentages of slurry incorporated between 1 and 4 hours after application. The reason is a specification of the administrative instructions of the German Federal States for implementing the German Fertilisation Ordinance in 2011. This specification has been approved of by the Agrarministerkonferenz (Conference of the farming ministers of the federal states) on 1 April 2011 in Jena. According to the specification, liquid manure has to be incorporated not later than 4 hours after application on bare arable land from 2011/2012 onwards.

### 3.4 Input data / Eingangsdaten

The data required for the application of the inventory model GAS-EM are model parameters and emission factors on the one hand and so-called input data on the other hand. GAS-EM calculates emissions for single districts. At present, districts are used according to their division in 1996. In a second step these results are aggregated to yield data sets for single federal states and finally national data.

For the description of animal husbandry, input data comprise animal numbers, frequency distributions of housing and storage facilities as well as application techniques and times before incorporation, the number of production cycles, feeding practices including diet composition and feed properties, animal performance data (milk yield, eggs produced, animal weight and weight gain, number of offspring) and information on the duration of grazing. Further data comprise number and properties of air scrubbing facilities and (mean annual) air temperatures.

The calculations of emissions from agricultural soils, input data comprise the nitrogen inputs with grazing, fertilizer and sewage sludge application, biological N fixation and crop residues as well as the area covered by cultivated organic soils. In addition, mean spring temperatures are needed for the calculation of emissions from the application of mineral fertilizers.

Model parameters and emission factors are dealt with in detail in the sections Chapter 4 that describe the respective sources.

For animal numbers see Chapter 3.4.2.

The description of input data serving the calculations of emissions from agricultural soils can be found in Chapters 10 and 11. For remaining GAS-EM input data see Chapters 3.4.3 to 3.4.6.

Chapter 3.4.7 contains details concerning data gap closure procedures and data uncertainties.

Bei allen anderen Eingangsdaten wurden die Daten von 2011 verwendet. Einzige Ausnahme sind die Daten zur Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger auf unbewachsenen Ackerflächen. Hier wurden die prozentualen Anteile, die nach mehr als 4 Stunden nach Ausbringung eingearbeitet werden, zu den Anteilen hinzugezählt, die zwischen 1 und 4 Stunden eingearbeitet werden. Grund ist eine Konkretisierung der Verwaltungsvorschriften der Bundesländer zur Düngeverordnung in Deutschland auf Grundlage der Agrarministerkonferenz am 01.04.2011 in Jena, nach der ab 2011/2012 die Einarbeitung von flüssigem Wirtschaftsdünger innerhalb von 4 Stunden nach der Ausbringung auf unbewachsenen Ackerflächen stattgefunden haben muss.

Die zum Betrieb des Inventarmodells GAS-EM erforderlichen Daten umfassen Modellparameter und Emissionsfaktoren einerseits und sogenannte Eingabedaten andererseits. GAS-EM berechnet die Emissionen zunächst auf Kreisebene (Stand der Kreise-Einteilung: 1996), bevor sie zu Ergebnissen auf Bundesland- und nationaler Ebene aggregiert werden.

Die Eingabedaten gliedern sich für die Nutztierhaltung in Tierzahlen, Häufigkeitsverteilungen zu Stall- und Lagerformen sowie Ausbringungsverfahren und Einarbeitungszeiten, in Angaben zur Anzahl von Produktionszyklen (Durchgangszahlen), zu Fütterungsverfahren incl. Futterkennwerten, zu Leistungsdaten (Milchleistung, Legeleistung, Gewicht und Gewichtszunahme, Anzahl der Nachkommen) und zur Weidedauer. Ergänzende Daten werden zur Berücksichtigung von Abluftreinigungsanlagen und der (jahresmittleren) Lufttemperatur bei der Emissionsberechnung aus dem Lager benötigt.

Die Eingabedaten zur Berechnung von Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden umfassen die durch Weidegang, Düngung, biologische N-Fixierung, Klärschlammausbringung und Ernterückstände in den Boden gelangenden Stickstoffmengen sowie die Fläche der organischen Böden. Darüber hinaus wird die mittlere Frühlingstemperatur bei der Berechnung der Emissionen aus der Mineraldüngerausbringung benötigt.

Auf Modellparameter und Emissionsfaktoren wird in den Emissionsquellenbeschreibungen ab Kapitel 4 eingegangen.

Zu den Tierzahlen siehe Kapitel 3.4.2.

Für die Beschreibung der Eingabedaten zur Berechnung der Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden wird auf Kapitel 10 und 11 verwiesen. Auf die übrigen GAS-EM-Eingabedaten gehen die nachfolgenden Kapitel 3.4.3 bis 3.4.6 ein.

Hinweise zu Datenlückenschließung und Datenunsicherheit finden sich in Kapitel 3.4.7.

### 3.4.1 Referencing formats for Official German Statistics / Zitierweise für deutsche Officialstatistiken

Data available from official German statistics are characterised by their editor (Statistisches Bundesamt, StatBA, the respective Statistische Landesämter, StatLA), their series (Fachserie, FS) and their sub-series (Reihe, R) according to the nomenclature of Statistisches Bundesamt (e.g. StatBA FS 3 R3.2.1).

The statistics referred to in the text are listed in detail in the reference chapter.

Bei Datensätzen aus der deutschen Officialstatistik werden die Herausgeber aufgeführt (Statistisches Bundesamt, StatBA, die jeweiligen Statistischen Landesämter, StatLA), deren Fachserie (FS) und Reihe (R) in der Form, wie sie beim Statistischen Bundesamt üblich ist (Beispiel: StatBA FS 3 R3.2.1).

Die so im Text genannten Quellen sind im Literaturverzeichnis vollständig zitiert.

### 3.4.2 Animal numbers / Tierzahlen

Emissions reported for Germany are related to animal places in agricultural enterprises used for production throughout the year, see Chapter 3.1.3.

The animal numbers used in the inventory are dealt with in detail in subsequent chapters (Chapter 4 onwards). In the following, a description of the origin of these data is provided.

Die für Deutschland berichteten Emissionen beziehen sich auf ganzjährig zur Produktion genutzte Tierplätze in landwirtschaftlichen Betrieben (s. Kapitel 3.1.3).

Auf die dem Inventar zugrunde liegenden Tierplatzzahlen wird in den nachfolgenden Tierkapiteln (ab Kapitel 4) eingegangen. Im Folgenden wird eine Übersicht über die Datenherkunft gegeben.

#### 3.4.2.1 Official surveys / Offizielle Erhebungen

The Federal Statistical Agency and the Statistical Agencies of the federal states carry out agricultural-structure surveys<sup>13</sup> in order to collect, along with other data, the head counts of cattle, pigs, sheep, horses (from 2010 onwards: equids) and poultry. These agricultural-structure surveys took place every other year for the years 1990 – 1996 and 1999 – 2007 as well as for 2010 in the context of the more comprehensive 2010 agricultural census (LZ 2010)<sup>14</sup>. During the LZ 2010 the total number of goats was officially counted for the first time. The surveys 1990, 1994 and 1996 referenced to the 3 December, while the surveys 1999 – 2007 referenced to 3 May. The LZ 2010 referenced to 1 March.

In addition to the agricultural-structure surveys, annual animal head count censuses are carried out (Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 4.1). Up to and including 1998 these censuses took place every six months for cattle and sheep (June, December), every four months for pigs (April, August, December), and in even years in December for all animal categories, i. e. also for horses and poultry. Reference day was always the third day of the respective month. Since 1999 the animal head count censuses take place two times a year: 3 May and 3 November for cattle and pigs, 3 May for sheep (3 November from 2011 onwards).

For cattle, pigs, and sheep official animal numbers are available for all years since 1990. This means that the inventories up to and including 1998 used the data collected in December (in June for sheep), while afterwards the inventories up to and including 2010 used the data from May. According to the Federal Statistical Agency the animal numbers for the inventories from 2011 onwards have to be referenced to November.

Das Statistische Bundesamt und die Statistischen Landesämter führen Agrarstrukturerhebungen<sup>13</sup> durch, bei denen zusammen mit anderen Daten die Tierzahlen für Rinder, Schweine, Schafe, Pferde (ab 2010: Equiden) und Geflügel erfasst werden. Diese Agrarstrukturerhebungen fanden 1990 - 1996 und 1999 - 2007 jedes zweite Jahr statt, danach 2010 im Rahmen der umfangreicheren Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010)<sup>14</sup>. Während LZ 2010 wurde erstmals die Gesamtzahl der Ziegen in Deutschland offiziell erhoben. Die Erhebungen 1990, 1992, 1994 und 1996 erfolgten am 3. Dezember, während der Stichtag in den Jahren 1999 - 2007 am 3. Mai und 2010 am 1. März war.

Neben den Agrarstrukturerhebungen finden jährlich Viehbestandserhebungen statt (Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 4.1). Bis 1998 einschließlich erfolgten diese Erhebungen halbjährlich für Rinder und Schafe (Juni, Dezember), viermonatlich für Schweine (April, August, Dezember), sowie alle zwei Jahre im Dezember der geraden Jahre für alle Tierarten, d. h. auch für Pferde und Geflügel. Stichtag war jeweils der dritte Kalendertag im Monat. Seit 1999 erfolgt die Viehbestandserhebung zweimal jährlich zum Stichtag 3. Mai und 3. November für Rinder und Schweine sowie zum Stichtag 3. Mai (ab 2011 zum Stichtag 3. November) für Schafe.

Für Rinder, Schweine und Schafe liegen somit für alle Jahre seit 1990 Tierzahlen aus offiziellen Erhebungen vor. Dabei wurden im Inventar bis 1998 einschließlich die Daten von Dezember (für Schafe im Juni) und danach bis 2010 einschließlich die Daten von Mai verwendet, während in Absprache mit dem Statistischen Bundesamt ab 2011 der November-Stichtag zu verwenden ist.

<sup>13</sup> <https://www.destatis.de/DE/Meta/AbisZ/Agrarstrukturerhebung.html>

<sup>14</sup> <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaft/Landwirtschaftszaehlung2010/Ergebnisse.html>

For horses or equids as well as poultry animal numbers are available only every other year (referenced to 3 December for data up to and including 1998; to 3 March for 1999 – 2007; to 1 March in 2010; to 3 November in 2011.) in accordance with the Federal Statistical Agency animal numbers are not corrected for the varying reference dates.

#### 3.4.2.2 *Data used in the inventory / Im Inventar verwendete Daten*

Since 2008 (since the preparation of the NIR 2009), cattle head counts have been taken from a special database ("origin-tracing and information system for animals" HIT - Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere; <http://www.hi-tier.de>) in which every animal is registered. As a result, systematically higher animal head counts result for years from 2008 onwards than result for earlier years in which not all animals were counted, due to the survey thresholds applied. A comparison carried out by the Federal Statistical Agency for 2007 reveals that the cattle head counts shown in HIT are 2.9 % higher than those resulting via the conventional survey method (for dairy cows alone, the head counts are 2.8 % higher). Pursuant to the Federal Statistical Agency, it is not possible to estimate the discrepancy for earlier years. Consequently, the cattle time series for 1990 to 2007 have not been adjusted. As a result, emissions from cattle husbandry are slightly underestimated for the years 1990 to 2007.

In order to obtain homogeneous animal categories, some of the cattle categories used in the official survey have been modified for the inventory.

Since 2008 the animal surveys by the Federal Statistical Agency do not longer distinguish between the cattle categories "suckler cows" and "female cattle for slaughtering" but count these animals as "other cows". Up to and including submission 2012 "female cattle for slaughtering" were considered part of the inventory category "heifers" while the "suckler cows" formed a separate category. In order to obtain a consistent time series since 1990 for all inventories following submission 2012, "female cattle for slaughtering" are considered to be part of the inventory category "suckler cows" from 1990 onwards. Hence the category "other cows" introduced by the Federal Statistical Agency corresponds to the inventory category "suckler cows".

In order to obtain homogeneous pig categories for the inventory, some of the pig categories used in the official survey have been modified. Based on the approach described in Haenel et al. (2011b), the official animal numbers for piglets up to a weight of 20 kg per animal and for "young pigs and fattening pigs" above 20 kg per animal are transformed into animal numbers for the inventory categories "weaners" and "fattening pigs". This transformation has no impact on the total number of pigs in the emission inventory. However, the total number of pigs in the emission inventory is lower than the total number of pigs officially counted. This is due to the fact that those piglets officially counted with a weight lower than 8 kg per animal are considered suckling-pigs, which, with respect to emissions, do not form a separate animal category in the inventory but are part of the system "sows and suckling-pigs"

Für Pferde bzw. Equiden und Geflügel sind Tierzahlen nur alle zwei Jahre verfügbar (Stichtage: bis 1998 einschließlich 3. Dezember, 1999 – 2007 3. Mai, 2010 1. März und 2011 3. November). Es erfolgten in Absprache mit dem Statistischen Bundesamt keine Korrekturen wegen der variierenden Stichtage.

Die Rinderbestände werden seit dem Jahr 2008 bzw. seit der Erstellung des NIR 2009 aus einer speziellen Datenbank (HIT, Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere, <http://www.hi-tier.de>) entnommen, in der jedes Tier registriert ist. Als Folge der neuen Erhebungsmethode ergeben sich für die Jahre ab 2008 allerdings systematisch höhere Tierzahlen als in den Jahren zuvor, in denen aufgrund von Erfassungsgrenzen nicht alle Tiere berücksichtigt wurden. Ein Vergleich des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2007 zeigt, dass die Rinderzahlen aus HIT 2,9 % höher als nach der herkömmlichen Erhebungsmethode sind (für Milchkühe allein 2,8 %). Da es laut Statistischem Bundesamt nicht möglich ist, diese Abweichung für die zurückliegenden Jahre zu schätzen, wurden die Rinder-Zeitreihen von 1990 bis 2007 nicht angepasst. Als Folge werden die Emissionen aus der Rinderhaltung in den Jahren 1990 bis 2007 leicht unterschätzt.

Um möglichst homogene Tierkategorien zu bilden, wurden einige der in den amtlichen Erhebungen verwendeten Rinderkategorien für das Inventar modifiziert.

Seit 2008 werden die Rinderkategorien „Ammen und Mutterkühe“ sowie „Schlacht- und Mastkühe“ durch das Statistische Bundesamt nicht mehr einzeln aufgeführt, sondern in der Kategorie „Sonstige Kühe“ zusammengefasst. Bis zur Submission 2012 wurden im Inventar die Schlacht- und Mastkühe zu den Färsen gezählt, die Ammen und Mutterkühe bildeten im Inventar die Kategorie „Mutterkühe“. Um eine konsistente Zeitreihe seit 1990 sicher zu stellen, werden für alle Inventare nach der Submission 2012 die Schlacht- und Mastkühe rückwirkend bis 1990 der Inventarkategorie „Mutterkühe“ zugeordnet, so dass die Kategorie „Sonstige Kühe“ des Statistischen Bundesamtes der Inventarkategorie „Mutterkühe“ entspricht.

Um im Inventar möglichst homogene Schweine-Unterkategorien verwenden zu können, wurden einige der in den amtlichen Erhebungen verwendeten Tierkategorien modifiziert: Die offiziellen Tierzahlen für Ferkel bis 20 kg Tier<sup>-1</sup> sowie Jung- und Mastschweine ab 20 kg Tier<sup>-1</sup> werden nach dem in Haenel et al. (2011b) beschriebenen Verfahren zu Tierzahlen für die Inventarkategorien „Aufzuchtferkel“ und „Mastschweine“ umgerechnet. Diese Transformation bleibt ohne Auswirkung auf die Gesamtzahl der Schweine im Emissionsinventar. Dagegen wird die Gesamtzahl der Schweine im Inventar gegenüber der offiziell erhobenen Gesamtzahl dadurch verringert, dass der Teil der offiziell erhobenen Ferkel, der bis zu 8 kg wiegt, als Saugferkel zu werten sind, die bzgl. ihrer Emissionen implizit bei den Sauen mitgerechnet werden und deshalb im Inventar nicht als separate Tierkategorie auftreten.

For sheep and separately for lambs the Federal Statistical Agency provided animal numbers for June in the years 1990 to 1998. From 1999 onwards the sheep numbers counted in varying reference days and published by the Federal Statistical Agency are used for the emission calculations.

The numbers of goats in Germany were not surveyed between the years 1977 and 2010. Until 2004, the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV) estimated goat populations at the national level. From 2005 onwards, the pertinent time series was continued via estimation by the Federal Statistical Office. In 2010, the total number of goats in Germany was determined in the framework of the 2010 Agricultural Census (Landwirtschaftszählung 2010; LZ 2010). The relevant figure for 2010 is markedly lower than the estimates from the previous years which, by agreement with the Federal Statistical Office, continues to be used nonetheless, also for 2011.

In the years between agricultural-structure surveys, no data on horse populations are available. These data gaps were closed via interpolation. During the 2010 agricultural census (LZ 2010) the equid population was officially surveyed for the first time, without differentiation between horses and mules and asses. However, the equid population is interpreted as a horse head count, since it is not possible to deduct numbers of mules and asses, which are estimated only at the national level (see below), from the relevant numbers of equids at the Länder level. The error this entails (overestimation of numbers of horses) can be neglected, since the number of mules and asses is negligible in comparison to the total number of equids. In order to avoid a possible overestimation of the missing 2011 horse population, this animal number was not estimated by extrapolation of the trend 2009/2010, but by keeping the 2010 value. In order to account for different emission potentials, the horse population is partitioned into the two subcategories "heavy horses" and "light horses/ponies".

For mules and asses, no figures from official statistics are available. Figures published in 2003 by Interessengemeinschaft für Esel und Maultiere (IGEM, interest association for mules and asses; Deutsches Eselstammbuch (German book of donkey pedigrees), 2003) indicate that some 6000 to 8000 donkeys, and about 500 mules and hinnies, were being kept in Germany as of that time. More recent figures from Deutsches Eselstammbuch (2009) are considerably lower. On the other hand, those figures are subject to large uncertainties. For that reason, calculations are currently being carried out with a constant figure of 8,500 mules and asses.

The Federal Statistical Office does not publish buffalo counts. The Deutscher Büffelverband (German buffalo association) has closed this gap by providing such figures for the period as of 2000. In keeping with a recommendation in the final report for the "Initial Review under the Kyoto Protocol and Annual 2006 Review under the Convention", for the years prior to 2000 the time series for the buffalo population at the national level was completed via linear extrapolation. For the years 1990 to 1995, mathematically negative animal head counts result; they are replaced with "zeros".

Für Schafe insgesamt sowie separat für Lämmer wurden durch das Statistische Bundesamt Zahlen auf Länderbene für die Jahre vor 1999 für den Monat Juni bereitgestellt. Ab 1999 wurden die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Schafzahlen mit wechselnden Erhebungsterminen verwendet.

Die Ziegenzahl in Deutschland wurde zwischen den Jahren 1977 und 2010 nicht erfasst. Bis 2004 schätzte das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) die Ziegenzahlen auf nationaler Ebene. Diese Zeitreihe wurde ab 2005 durch Schätzungen des Statistischen Bundesamtes ergänzt. Die 2010 im Rahmen der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) erstmalig offiziell erfasste Gesamtzahl der Ziegen liegt deutlich unter den Schätzungen der Vorjahre. Die Schätzungen der Vorjahre werden in Abstimmung mit dem Statistischen Bundesamt ohne Korrektur weiter verwendet. Für 2011 wurde in Abstimmung mit dem Statistischen Bundesamt der Wert von 2010 beibehalten.

In den Jahren zwischen den Agrarstrukturerhebungen fehlen Daten zu den Pferdebeständen. Datenlücken wurden durch lineare Interpolation geschlossen. In der Landwirtschaftszählung 2010 wurden erstmals keine Pferdezahlen mehr erhoben, sondern Equiden gezählt. Deren Zahl, die zwar Esel und Maultiere einschließt, wird im Inventar aber als Anzahl der Pferde interpretiert, da es nicht möglich ist, die nur auf Bundesebene geschätzte Anzahl der Esel und Maultiere (s. u.) von der Anzahl Equiden auf Bundeslandebene zu subtrahieren. Die damit verbundene Überschätzung der Pferdezahlen ist wegen der im Vergleich zur Equiden-gesamtzahl sehr geringen Anzahl an Eseln und Maultieren (s. u.) vernachlässigbar. Um einer möglichen Unterschätzung der für das Jahr 2011 fehlenden Pferdezahlen vorzubeugen, wurde diese Tierzahl nicht durch Extrapolation des Trends 2009/2010, sondern durch Beibehaltung des Wertes von 2010 generiert. Die Pferdezahlen werden im Inventar zur Berücksichtigung unterschiedlichen Emissionsverhaltens in die zwei Kategorien Großpferde und Kleinpferde (incl. Ponys) unterteilt.

Für Esel und Maultiere sind keine separaten Zahlen aus der amtlichen Statistik verfügbar. Nach Angaben der Interessengemeinschaft für Esel und Maultiere (IGEM, Deutsches Eselstammbuch, 2003) belief sich die Zahl der in Deutschland gehaltenen Tiere auf etwa 6000 bis 8000 Esel und ca. 500 Maultiere und Maulesel. Neuere Zahlen aus dem Deutschen Eselstammbuch von 2009 liegen deutlich niedriger, weisen aber große Unsicherheiten auf. Daher wird vorerst mit einer zeitlich konstanten Zahl von 8500 Eseln und Maultieren gerechnet.

Das Statistische Bundesamt veröffentlicht keine Büffelzahlen. Daher wurden für die Jahre ab 2000 die Angaben des Deutschen Büffelverbandes verwendet. Aufgrund der Empfehlung im Abschlussbericht zum „Initial Review under the Kyoto Protocol and Annual 2006 Review under the Convention“ wurde die Zeitreihe der Büffel-Population auf nationaler Ebene für die Jahre vor 2000 durch lineare Extrapolation vervollständigt. Für die Jahre 1990 bis 1995 ergaben sich rechnerisch negative Tierzahlen, die durch Nullen ersetzt wurden.

In the years between agricultural-structure surveys, no data on poultry populations are available. Data gaps were closed via interpolation. Lacking figures for poultry for 2011 were generated by extrapolating the trend 2009/2010, except for pullets and laying hens. Pullets are officially counted up to an age of 6 months even though in pullet husbandry practice pullets become laying hens at the age of 18 weeks, which is only slightly more than 4 months. Hence, for the entire time series a part of the pullet population was interpreted as laying hens. This transformation does not change the officially counted sum of pullets and laying hens. For pullets and laying hens the missing 2011 numbers were estimated by keeping the 2010 numbers, as it will take until 2012 to discern the correct trend of population development after the banning of laying hen husbandry in cages and the related changes in egg production. In order to account for different emission potentials, the officially counted turkeys are partitioned in the inventory for all years since 1990 into male and female turkeys.

Table 3.6 summarizes the time series of national numbers of animal places as used in German emission reporting. The animal numbers of the various subcategories covering other cattle, pigs and poultry can be found on the data CD included ("Tables\_Submission\_2013.xls" on sheet „AC\_1005“).

In den Jahren zwischen den Agrarstrukturerhebungen fehlen Daten zu den Geflügelbeständen. Fehlende Zahlen wurden durch lineare Interpolation erzeugt. Die für 2011 fehlenden Geflügelzahlen wurden, außer für Junghennen und Legehennen, durch Extrapolation aus den Jahren 2009 und 2010 gewonnen. Junghennen werden entgegen der Haltungspraxis (Aufstallung als Legehennen bereits nach der 18. Woche) offiziell bis zu einem Alter von 6 Monaten gezählt, so dass für das Inventar in allen Jahren der Zeitreihe ein Teil der Junghennen in die Legehennen-Kategorie verschoben wurde, wobei die Gesamtsumme aus Jung- und Legehennen nicht verändert wurde. Für Junghennen und Legehennen wurden die für 2011 fehlenden Tierzahlen durch Beibehaltung der Daten von 2010 geschätzt, da erst das Jahr 2012 zeigen wird, in welcher Richtung sich die Bestände nach dem Verbot der Käfighaltung und den damit verbundenen Veränderungen in der Eierproduktion entwickeln werden. Die offiziellen Putenzahlen wurden im Inventar zur Berücksichtigung unterschiedlichen Emissionsverhaltens für alle Jahre seit 1990 in Hähne und Hennen aufgeteilt.

Table 3.6 zeigt die nationalen Tierplatzzahlen der Tierkategorien der deutschen Berichterstattung. Die Zahlen der Unterkategorien bei den übrigen Rinder, den Schweinen und beim Geflügel finden sich auf dem Tabellenblatt „AC\_1005“ auf der beiliegenden Daten-CD in der Datei „Tables\_Submission\_2013.xls“

Table 3.6: Number of animal places in the German emission inventory (in 1000)

|      | dairy cows | other cattle | pigs   | sheep | goats | horses | mules and asses | buffalo | poultry |
|------|------------|--------------|--------|-------|-------|--------|-----------------|---------|---------|
| 1990 | 6,355      | 13,133       | 26,502 | 3,266 | 90    | 491    | 8.5             | 0.00    | 113,879 |
| 1991 | 5,632      | 11,502       | 22,183 | 3,250 | 86    | 511    | 8.5             | 0.00    | 108,770 |
| 1992 | 5,365      | 10,843       | 22,618 | 2,999 | 90    | 531    | 8.5             | 0.00    | 103,662 |
| 1993 | 5,301      | 10,597       | 22,238 | 3,001 | 92    | 565    | 8.5             | 0.00    | 106,805 |
| 1994 | 5,273      | 10,690       | 21,148 | 2,882 | 95    | 599    | 8.5             | 0.00    | 109,948 |
| 1995 | 5,229      | 10,661       | 20,387 | 2,991 | 100   | 626    | 8.5             | 0.00    | 111,228 |
| 1996 | 5,195      | 10,565       | 20,809 | 2,953 | 105   | 652    | 8.5             | 0.05    | 112,507 |
| 1997 | 5,026      | 10,201       | 21,248 | 2,885 | 115   | 594    | 8.5             | 0.17    | 114,439 |
| 1998 | 4,833      | 10,110       | 22,500 | 2,869 | 125   | 535    | 8.5             | 0.30    | 116,371 |
| 1999 | 4,765      | 10,131       | 22,138 | 2,724 | 135   | 476    | 8.5             | 0.42    | 118,303 |
| 2000 | 4,570      | 9,968        | 21,768 | 2,743 | 140   | 491    | 8.5             | 0.63    | 120,180 |
| 2001 | 4,549      | 10,055       | 21,792 | 2,771 | 160   | 506    | 8.5             | 0.63    | 122,056 |
| 2002 | 4,427      | 9,560        | 22,110 | 2,722 | 160   | 516    | 8.5             | 0.76    | 122,732 |
| 2003 | 4,371      | 9,273        | 22,352 | 2,697 | 160   | 525    | 8.5             | 0.89    | 123,408 |
| 2004 | 4,285      | 8,911        | 21,758 | 2,714 | 160   | 512    | 8.5             | 1.02    | 121,984 |
| 2005 | 4,236      | 8,799        | 22,743 | 2,643 | 170   | 500    | 8.5             | 1.19    | 120,561 |
| 2006 | 4,082      | 8,667        | 22,417 | 2,561 | 180   | 521    | 8.5             | 1.32    | 123,712 |
| 2007 | 4,071      | 8,615        | 22,985 | 2,538 | 180   | 542    | 8.5             | 1.54    | 126,863 |
| 2008 | 4,218      | 8,752        | 22,677 | 2,437 | 190   | 515    | 8.5             | 1.79    | 127,542 |
| 2009 | 4,205      | 8,739        | 23,021 | 2,350 | 220   | 489    | 8.5             | 2.11    | 128,221 |
| 2010 | 4,183      | 8,626        | 22,244 | 2,089 | 150   | 462    | 8.5             | 2.36    | 128,900 |
| 2011 | 4,190      | 8,338        | 22,788 | 1,660 | 150   | 462    | 8.5             | 2.68    | 132,344 |



### 3.4.3 *Frequency distributions (housing, storage, spreading) and grazing data / Häufigkeitsverteilungen (Stall, Lager, Ausbringung) und Weidedaten*

For the years until 1999, frequency distributions for housing and storage systems as well as manure application procedures were provided by the agricultural sector model RAUMIS (see Chapter 3.4.3.1).

An update of these data<sup>15</sup> was not available before 2010. The results of the 2010 official agricultural census and of the simultaneous survey of agricultural production methods (LZ2010, Statistisches Bundesamt) as well as the 2011 survey on manure application practices (Erhebung über Wirtschaftsdüngerausbringung, Statistisches Bundesamt) allowed for an update of the RAUMIS data sets for 2010. For details see Chapter 3.4.3.2. The method used to close the data gap between the 1999 data sets and the 2010 data sets is described in Chapter 3.4.3.3.

The following applies to all years after 1990:

- The storage systems or usage types “lagoon”, “dry lot”, “burned for fuel” and “composting” do not exist in Germany.
- The modelling of anaerobic digestion and the storage and spreading of digested slurry has been newly implemented for the submission 2013 (see Chapter 3.3.4.4). The frequencies of the various types of residue storage and of the spreading techniques are described in a separate chapter (Chapter 3.4.4).

Mean values of the data mentioned above can be found on the data CD included (“Tables\_Submission\_2013.xls” on sheets “AI\_1005FHO“, “AI\_1005FST“ and “AI\_1005FSP“).

#### 3.4.3.1 *The years until 1999 (RAUMIS) / Die Jahre bis 1999 (RAUMIS)*

For the years until 1999, data regarding the frequency distributions for housing (including shares of grazing and housing, housing types), storage types and spreading techniques (for manures) were modelled using the agricultural sector model RAUMIS (Regionalisiertes Agrar- und UmweltInformationssystem für Deutschland – regionalised information system for agriculture and environment in Germany / Institute of Rural Studies of the TI).

For an introduction to RAUMIS see Weingarten (1995), for a detailed description see Henrichsmeyer et al. (1996). The data base and details of the resulting modelling of input data for GAS-EM using RAUMIS are described in Döhler et al. (2002), Chapter 2.6.2. They are collated in the following short overview:

The frequency distributions were calculated for the years 1991, 1995, and 1999. For this purpose Germany was divided in 11 model regions whose agricultural structure was considered uniform. In 13 districts within these regions experts were consulted.

These model district data formed the basis from

Häufigkeitsverteilungen zu Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren sowie Angaben zu Weidedauern wurden für die Jahre bis 1999 mit dem Agrarsektormodell RAUMIS bereitgestellt, siehe Kapitel 3.4.3.1.

Eine Aktualisierung dieser Daten<sup>15</sup> war erst für das Jahr 2010 mithilfe der Ergebnisse der „Landwirtschaftszählung 2010“ und der parallel dazu durchgeführten „Erhebung über landwirtschaftliche Produktionsmethoden“ (LZ 2010, Statistisches Bundesamt) sowie der „Erhebung über Wirtschaftsdüngerausbringung im Kalenderjahr 2010 für die Emissionsberichterstattung“ (Erhebung über Wirtschaftsdüngerausbringung, Statistisches Bundesamt) möglich, siehe Kapitel 3.4.3.2. Zur Überleitung zwischen den Datensätzen von 1999 und 2010 wird auf Kapitel 3.4.3.3 verwiesen.

Grundsätzlich gilt dabei für alle Jahre ab 1990:

- Die Lagersysteme bzw. Verwendungszwecke „lagoon“, „dry lot“, „burned for fuel“ und „composting“ existieren in Deutschland nicht.
- Anaerobe Vergärung von Gülle sowie Lagerung und Ausbringung von Gärresten wurden erstmalig mit der Submission 2013 berücksichtigt (siehe Kapitel 3.3.4.4). Die Häufigkeiten der verschiedenen Gärrestelager- und -ausbringungsvarianten werden zusammengefasst in einem separaten Kapitel behandelt (Kapitel 3.4.4).

Die deutschen Mittelwerte der vorgenannten Daten finden sich auf der beiliegenden Daten-CD in der Datei „Tables\_Submission\_2013.xls“ auf den Tabellenblättern „AI\_1005FHO“, „AI\_1005FST“ und „AI\_1005FSP“.

Für die Jahre bis 1999 wurden die Daten zu den Häufigkeitsverteilungen für Haltungsformen (Anteile Weidehaltung / Stallhaltung; Anteile von Aufstallungsformen), Lagerungsformen sowie Ausbringungstechniken und Einarbeitungsdauern (bei Wirtschaftsdüngern) mithilfe des Agrarsektormodells RAUMIS (Regionalisiertes Agrar- und UmweltInformationssystem für Deutschland / Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume des TI) modelliert.

Für eine Einführung zu RAUMIS siehe Weingarten (1995). Eine detaillierte Modellbeschreibung findet sich bei Henrichsmeyer et al. (1996). Datengrundlagen und Details der darauf aufbauenden Modellierung der GAS-EM-Eingangsdaten mithilfe von RAUMIS sind in Döhler et al. (2002), Kapitel 2.6.2 beschrieben und werden nachfolgend in einer kurzen Übersicht zusammengefasst:

Die Häufigkeitsverteilungen wurden für die Jahre 1991, 1995 und 1999 erstellt. Dazu wurde Deutschland zunächst in 11 Modellregionen mit jeweils vergleichbarer Agrarstruktur gegliedert, in denen in 13 repräsentativen Kreisen Expertenbefragungen durchgeführt wurden.

Für die Übertragung und Hochrechnung der Modellkreisdaten zur Erstellung einer Datengrundlage für eine

<sup>15</sup> In earlier emission reporting submissions the 1999 data set was used also for the years after 1999 as no updated data existed.

which the data needed for the calculation of the emissions in all German districts was derived. In a first step this was done using a cluster analysis to assign all German districts to the 11 model regions regardless of boundaries of federal states. In a limited number of cases the cluster analysis had to be corrected by means of maps and statistics.

A second step was performed under the assumption that the stock size has a major impact on the type of the chosen housing system. Therefore a projection was carried out for an approximate estimate of the frequencies of housing systems in all regions. The projection was based on collected characteristics that was differentiated according to stock size classes. It was taken into account that the manure management depends on individual regulations of each federal state concerning informational, advisory and supporting programmes as well as sanctions.

The Federal Statistical Office (Statistisches Bundesamt) replenished the surveys in the modelled regions with a special evaluation of the amount of manure and slurry in agricultural farms ordered by administrative districts. For the assessment of the situation in the New Länder in 1990, data of the 1987 GDR building fabric analysis were used.

For the emission calculations, the distributions modelled by RAUMIS are applied as follows: 1991 for 1990 to 1993; 1995 for 1994 to 1998; 1999 for the years from 1999 onwards.

The data provided by RAUMIS for the frequency distribution of various laying hen housing systems were not used. Time series supplied by the Statistisches Bundesamt covering single federal states were used instead. The latter allow for a better tracing of the changes with time in laying hen housing systems. For details see Chapter 9.3.7.3.

This data base was used to derive national means of the respective frequency distributions for the years 1990 to 1999. They can be found on the data CD enclosed (Table "AI\_1005FHO" on sheet "Tables\_Submission\_2013.xls")

flächendeckende Emissionsberechnung erfolgte in einem ersten Schritt eine Clusteranalyse, um alle deutschen Kreise den 11 Modellregionen zuordnen zu können. Dabei wurde auch eine bundeslandübergreifende Zuordnung zugelassen. Die Ergebnisse der Clusteranalyse wurde in einigen wenigen Fällen anhand von Karten und Statistiken korrigiert.

Unter der Annahme, dass die Bestandsgröße bei der Ausprägung der Stallhaltungsformen von entscheidender Bedeutung ist, erfolgte in einem zweiten Schritt zur näherungsweisen Abschätzung der Verfahrensumfänge in allen Regionen eine Hochrechnung auf Grundlage der nach Bestandsgrößenklassen differenziert erfassten Merkmale. Dabei wurde auch berücksichtigt, dass das Wirtschaftsdünger-Management von Informations-, Beratungs- und Förderprogrammen sowie von Auflagen abhängt, die auf Bundesländerebene ausgestaltet werden.

Eine Sonderauswertung des Mist- und Gülleanfalls in landwirtschaftlichen Betrieben nach Regierungsbezirken durch das Statistische Bundesamt ergänzte die Erhebungen in den Modellregionen. Zur Einschätzung der Situation in den neuen Ländern im Jahr 1990 wurden Daten der DDR-Bausubstanzanalyse 1987 herangezogen.

Die mit RAUMIS modellierten Verteilungen werden für die Emissionsberechnungen wie folgt als gültig angenommen: 1991 für 1990 bis 1993; 1995 für 1994 bis 1997; 1999 für 1998 und 1999.

Die von RAUMIS bereitgestellten Häufigkeiten der unterschiedlichen Legehennen-Haltungsformen werden nicht verwendet. Stattdessen kommen durch das Statistische Bundesamt (auf Bundesland-Ebene) bereitgestellte Zeitreihen zum Einsatz, mit denen der zeitlichen Verlauf der Änderungen in der Legehennenhaltung besser abgebildet werden kann, siehe Kapitel 9.3.7.3.

Aus der vorstehend beschriebenen Datenbasis wurden nationale Mittelwerte der Verteilungen für die Jahre 1990 bis 1999 abgeleitet. Sie finden sich in Tabelle AI\_1005FHO (siehe beiliegende Daten-CD, Datei Tables\_Submission\_2013.xls).

#### 3.4.3.2 *The years 2010 and 2011 (LZ2010 and manure management survey 2011) / Die Jahre 2010 und 2011 ( LZ 2010 und Wirtschaftsdünger-Erhebung 2011)*

The frequency distributions of housing and storage facilities as well as application procedures for 2010 were updated using the results of the 2010 agricultural census and the 2011 manure management survey performed by the Statistisches Bundesamt.

The evaluation of the results is described in Dieterle (2011). The resolution in space is federal states, i.e., all districts within a given state are described with the same data set. A higher resolution in space (districts) appeared not meaningful in view of the uncertainties involved.

For the same reason, separate evaluations were not performed for the single city states. Instead, Bremen was treated like Niedersachsen, Berlin like Brandenburg, and Hamburg like Schleswig-Holstein.

Die Häufigkeitsverteilungen von Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren wurden für 2010 anhand der Ergebnisse der vom Statistischen Bundesamt durchgeführten Landwirtschaftszählung LZ2010 und der Erhebung über Wirtschaftsdüngerausbringung aktualisiert.

Die Auswertung der Erhebungsergebnisse wird in Dieterle (2011) beschrieben. Sie erfolgte auf Bundeslandebene, sodass allen Kreisen eines Bundeslandes identische Datensätze zugewiesen wurden. Eine Auswertung auf Kreisebene war wegen der damit verbundenen großen statistischen Unsicherheit nicht sinnvoll.

Aus diesem Grunde wurden auch die Ergebnisse der Stadtstaaten verworfen und durch die Ergebnisse der benachbarten Flächenbundesländer ersetzt: Bremen durch Niedersachsen, Berlin durch Brandenburg und Hamburg durch Schleswig-Holstein.

The working group on emission reporting had made proposals to inquire frequency distributions for the application procedures of solid manures. These were not accepted for the questionnaires of LZ 2010. The little information that could be extracted from the remaining questions do not allow for a detailed estimate of times before incorporation of solid manure (see Chapter 3.4.3.3).

To a large extent, the data sets supplied by Statistisches Bundesamt had to be recalculated or aggregated to fit them into the existing calculation routines within GAS-EM. These modifications are described below.

From the data base described below, national means of frequency distributions were deduced for the year 2010. These values were also adopted for the year 2011. They can be found on the data CD enclosed (Table "AI\_1005FHO" on sheet "Tables\_Submission\_2013.xls").

#### 3.4.3.2.1 Housing systems, cattle / *Haltungsverfahren, Rinder*

Statistisches Bundesamt provided frequency distributions of housing systems for dairy cows, heifers, suckler cows, mature males > 2 years and calves. These comprise

- tied systems, predominantly slurry based;
- tied systems, predominantly solid manure based;
- loose housing systems, predominantly slurry based;
- loose housing systems, predominantly solid manure based;
- other housing systems.

The category "other housing systems" is not defined with respect to its emission properties. Hence it cannot be used in emission reporting. The percentages of this category were redistributed to the other housing facility categories according to their proportions. On the national scale, about 3 % of all housing systems had been declared "other systems" for heifers and male beef cattle, 20 % of suckler cows, 13 % of mature males > 2 years. For dairy cows the share of "other systems" on the national scale was close to 0 %. However, differences were observed for a few federal states - 3 states declared 1 and 2 % "other systems". As a result of the redistribution, the data used within inventory deviate from those supplied by Statistisches Bundesamt.

The frequency data of calves as provided by Statistisches Bundesamt cannot be used in the inventory. The survey counts animals up to 8 months as calves. The inventory defines calves as animals younger than 2 months.

Furthermore, the inventory assumes that from 2003 onwards calves have been kept in deep bedding systems, whereas before 2003 they were kept in tied systems with bedding (50 %) and in deep bedding systems (50 %). (Expert judgement KTBL, as tied systems for calves were banned in Germany.)

Die durch die Emissionsberichterstattungsgruppe initiierten Fragen zur Festmist-Ausbringung wurden im Vorfeld der LZ 2010 aus dem Fragenkatalog gestrichen. Die Antworten auf die wenigen verbliebenen Fragen erlauben keine differenzierte Einschätzung der aktuellen Situation hinsichtlich der Dauer der Einarbeitung von Festmist, siehe dazu Kapitel 3.4.3.3

Die vom Statistischen Bundesamt auf Bundes- und Länderebene gelieferten Zahlen mussten zum Großteil umgerechnet oder zusammengefasst werden, damit sie in den bestehenden Berechnungsroutinen in GAS-EM verwendet werden konnten. Diese Umrechnungen werden in den folgenden Unterkapiteln beschrieben.

Aus der nachstehend beschriebenen Datenbasis wurden nationale Mittelwerte der Verteilungen für das Jahr 2010 abgeleitet. Diese Werte wurden auch für das Jahr 2011 übernommen. Sie finden sich in Tabelle AI\_1005FHO (siehe beiliegende Daten-CD, Datei *Tables\_Submission\_2013.xls*).

Vom Statistischen Bundesamt wurden für Milchkühe, Färsen, Mutterkühe, Männliche Mastrinder, männliche Rinder > 2 Jahre und Kälber die prozentualen Anteile folgender Stallhaltungsverfahren geliefert:

- Anbindeställen, überwiegend mit Gülle;
- Anbindeställen, überwiegend mit Festmist;
- Laufställen, überwiegend mit Gülle;
- Laufställen, überwiegend mit Festmist;
- andere Haltungsverfahren.

Die Kategorie „andere Haltungsverfahren“ ist hinsichtlich der Emissionseigenschaften undefiniert und kann daher für die Emissionsberichterstattung nicht verwendet werden. Die Anteile dieser Kategorie wurden auf die übrigen vier Stallhaltungsverfahren entsprechend deren relativer Häufigkeit aufgeteilt. Dadurch stimmen die im Inventar verwendeten Zahlen bei den Färsen und männlichen Mastrindern (bundesweit je 3 % „andere Haltungsverfahren“), Mutterkühen (20 %), männliche Rinder > 2 Jahre (13 %) nicht mit den vom Statistischen Bundesamt gelieferten Prozentzahlen überein. Analog verfahren wurde bei den Milchkühen, bei denen zwar auf Bundesebene 0 % andere Haltungsverfahren erhoben wurden, bei denen allerdings auf Bundeslandebene auch 3 Bundesländer mit 1 und 2 % anderen Haltungsverfahren erfasst wurden.

Die vom Statistischen Bundesamt gelieferten Verteilungsdaten für Kälber wurden nicht verwendet, da sie für Kälber bis zu einem Alter von 8 Monaten erhoben wurden, im Inventar die Kategorie Kälber aber nur Rinder bis zu einem Alter von 2 Monaten umfasst.

Überdies wird im Inventar für Kälber angenommen, dass sie ab 2003 zu 100 % auf Tiefstreu gehalten werden und davor zu 50 % in Anbindehaltung mit Festmist und zu 50 % auf Tiefstreu (Expertenurteil KTBL aufgrund des Verbots der Anbindehaltung bei Kälbern in Deutschland).

The information provided by Statistisches Bundesamt with regard to suckler cows as “loose housing systems” is taken to be deep bedding systems (expert judgement KTBL). For male beef cattle, “loose housing systems” is interpreted as “sloped floor systems with bedding”. This is the same definition as in RAUMIS. For all other animal categories “loose housing systems, predominantly solid manure based” is considered a loose house with periodical removal of manure. For heifers, this results in a revision of the category “deep bedding” used between 1990 and 1999 (expert judgement KTBL).

#### 3.4.3.2.2 Housing systems pigs / Haltungsverfahren, Schweine

Statistisches Bundesamt provided frequency distributions of housing systems for sows (reproduction) and other pigs (including piglets) as follows:

- fully slatted floors,
- partly slatted floors,
- non-slatted floors with bedding and periodical removal of manure,
- other housing systems (including deep bedding and sloped floor systems),
- free range.

The inventory differentiates between the subcategories sows (including suckling-pigs), weaners, fattening pigs and boars (for reproduction). Up to now, sows and boars shared identical houses. The same applied to weaners and fattening pigs. For reasons of consistency this treatment was maintained when the 2010 data sets provided by Statistisches Bundesamt were evaluated.

The category “other housing systems” (e.g. deep bedding, sloped floor) cannot be used in the inventory as it is not defined there. It is interpreted as deep bedding system.

The category “free range” cannot be treated adequately in the inventory due to lack of emission factors. However, its frequency on the national level as reported by Statistisches Bundesamt is 0 %. Few federal states reported a frequency of 1 %. In the inventory, “free range” is treated in the same way as “deep bedding system”.

As practiced in former inventories, the inventory differentiates for sows and boars between slurry based and farmyard manure systems. The frequencies of fully and partly slatted floor systems are combined in the inventory category “slurry based systems”. The three remaining categories obtained from LZ2010 are combined under the inventory category “solid manure systems”.

For weaners and fattening pigs the four categories “fully slatted floor systems”, “partly slatted floor systems”, “non-slatted floors with bedding and periodical removal of manure”, “sloped floor systems” and “deep bedding system” are taken into account.

Bei den Mutterkühen wird „Laufstall, überwiegend mit Festmist“ für das Inventar als Tiefstreu interpretiert (Expertenurteil KTBL). Bei den männlichen Mastrindern wird „Laufstall, überwiegend mit Festmist“ im Inventar als Tretmist angesehen (entsprechend der in RAUMIS verwendeten Kategorie). Bei allen anderen Tierkategorien wird „Laufstall, überwiegend mit Festmist“ als Stall mit regelmäßiger Entmistung interpretiert. Dies bedeutet bei den Färsen eine nachträgliche Revision der ursprünglichen in RAUMIS verwendeten Kategorie „Tiefstreu“, auch für die Jahre 1990 bis 1999 (Expertenurteil KTBL).

Vom Statistischen Bundesamt wurden für die Tierkategorien Zuchtsauen und übrige Schweine inklusive Ferkel die prozentualen Anteile folgender Stallhaltungsverfahren geliefert:

- Vollspaltenboden,
- Teilspaltenboden,
- planbefestigter Boden mit Einstreu und regelmäßiger Entmistung,
- andere Stallhaltungsverfahren (z. B. Tiefmist, Tretmist),
- Freiland.

Im Inventar werden die Tierkategorien Zuchtsauen (inklusive Saugferkel), Aufzuchtferkel, Mastschweine und Zuchteber voneinander unterschieden. Dabei wurden bisher für Eber und Zuchtsauen die gleichen Daten zu Haltungsverfahren verwendet. Analog war das Vorgehen für Mastschweine und Aufzuchtferkel. Aus Konsistenzgründen wurde dies bei der Auswertung der vom Statistischen Bundesamt für 2010 gelieferten Erhebungsdaten beibehalten.

Die Kategorie „andere Stallhaltungsverfahren (z. B. Tiefmist, Tretmist)“ ist hinsichtlich der Emissionseigenschaften undefiniert und kann daher für die Emissionsberichterstattung nicht verwendet werden. Sie wird als Tiefstreu interpretiert.

Die Kategorie „Freiland“ ist mangels Emissionsfaktor in GAS-EM nicht abbildbar. Auf Bundesebene liegt ihr Anteil nach den gelieferten Zahlen des Statistischen Bundesamtes bei 0 %; in den wenigen Bundesländer, für die Freilandhaltung mit 1 % ermittelt wurde, wird „Freiland“ im Inventar wie „Tiefstreu“ behandelt.

Für Zuchtsauen und Eber wird im Inventar wie bisher nur zwischen Flüssigmist- und Festmistverfahren unterschieden. Die Summe der offiziell erhobenen Häufigkeiten von „Vollspaltenboden“ und „Teilspaltenboden“ liefert die Häufigkeit der Inventarkategorie „Flüssigmist“, die Summe der Häufigkeiten der anderen drei in der LZ 2010 berücksichtigten Stallhaltungsverfahren die Häufigkeit der Inventarkategorie „Festmist“.

Bei den Mastschweinen und Aufzuchtferkeln werden die vier Kategorien „Vollspaltenboden“, „Teilspaltenboden“, „planbefestigter Boden mit Einstreu und regelmäßiger Entmistung“ und „Tiefstreu“ verwendet.

#### 3.4.3.2.3 *Grazing times, cattle / Weidezeiten, Rinder*

Statistisches Bundesamt made data available describing the frequency of animals grazing (in %), the mean annual duration of the grazing period (in weeks) and the average daily grazing time (in hours per day) for dairy cows, heifers, male beef cattle, mature males > 2 years and calves.

Of these, the data for calves are not used in the inventory, as the category described by Statistisches Bundesamt (calves younger than 8 months) differs from that used in the inventory (calves younger than 2 months). For calves younger than 2 months, no grazing is assumed.

All other data supplied by Statistisches Bundesamt are used as provided.

In previous submissions, no data were available for grazing times of male beef cattle and mature males > 2 years. Therefore “no grazing” had been assumed for these subcategories. In the present submission, the data provided for 2010 are used for the entire time series from 1990 to 2011.

Annual grazing times on a national level are summarized on the data CD enclosed in Table AI\_1005FHO on the sheet Tables\_Submission\_2013.xls. These data are derived from survey data provided by Statistisches Bundesamt.

#### 3.4.3.2.4 *Grazing times, sheep / Weidezeiten, Schafe*

For sheep (sheep older than 1 year, i.e. excluding lambs) and lambs (sheep younger than 1 year), Statistisches Bundesamt provided the share of animals grazed (in %), the mean annual duration of the grazing period (in weeks) and the mean daily grazing hours. Both the duration of the grazing period and daily grazing hours do not differ for the two animal subcategories.

These data replace the total time series used before, as compromise could be constructed. The data used before have been completely discarded.

Annual grazing times on a national level are summarized on the data CD enclosed in Table AI\_1005FHO on the sheet Tables\_Submission\_2013.xls. These data are derived from survey data provided by Statistisches Bundesamt.

#### 3.4.3.2.5 *Slurry storage systems, cattle and pigs / Güllelagerverfahren, Rinder und Schweine*

The following separate frequency distributions were provided by Statistisches Bundesamt for slurry stores in cattle and pig husbandry:

- without cover,
- with natural crust,
- with artificial crust,
- with plastic film or solid cover.

The frequencies of these categories apply to the cattle and pig categories as a whole. No further differentiation is made for subcategories.

Vom Statistischen Bundesamt wurde der Anteil der Tiere mit Weidegang in Prozent, die durchschnittliche jährliche Weidedauer in Wochen und die durchschnittliche Weidedauer in Stunden pro Tag für die Tierkategorien Milchkühe, Färsen, Mutterkühe, männliche Mast-rinder, männliche Rinder > 2 Jahre und Kälber geliefert.

Die Daten für die Kälber wurden nicht verwendet, da sie für Kälber bis zu einem Alter von 8 Monaten erhoben wurden, im Inventar die Kategorie Kälber aber nur Rinder bis zu einem Alter von 2 Monaten umfasst. Für Kälber bis 2 Monate wird davon ausgegangen, dass sie keinen Weidegang haben.

Die übrigen Daten des Statistischen Bundesamtes wurden unverändert übernommen.

Für frühere Inventare gab es für männliche Mastrinder und männliche Rinder > 2 Jahre keine Informationen zum Weidegang, weshalb „kein Weidegang“ angenommen wurde. Die für 2010 für diese beiden Tierkategorien erhobenen Weidegangdaten wurden daher für den gesamten Berichtszeitraum 1990 bis 2011 übernommen.

In Tabelle AI\_1005FHO (siehe beiliegende Daten-CD, Datei Tables\_Submission\_2013.xls) wird auf Bundesebene die aus den Erhebungsdaten folgende durchschnittliche jährliche Weidezeit in % des Jahres angegeben.

Vom Statistischen Bundesamt wurde der Anteil der Tiere mit Weidegang in Prozent, die durchschnittliche jährliche Weidedauer in Wochen und die durchschnittliche Weidedauer in Stunden pro Tag für die Tierkategorien Schafe (exklusive Lämmer) und Lämmer unter einem Jahr alt geliefert. Die durchschnittlichen Weidedauern in Wochen und Stunden wurden für beide Kategorien gemeinsam angegeben.

Die gelieferten Daten wurden unverändert für die gesamte Zeitreihe übernommen, da sie sich so stark von den bisherigen Annahmen unterschieden, dass diese verworfen wurden.

In Tabelle AI\_1005FHO (siehe beiliegende Daten-CD, Datei Tables\_Submission\_2013.xls) wird auf Bundesebene die aus den Erhebungsdaten folgende durchschnittliche jährliche Weidezeit in % des Jahres angegeben.

Vom Statistischen Bundesamt wurden getrennt für Rinder und Schweine die prozentualen Anteile für folgende Güllelager-Varianten geliefert:

- ohne Abdeckung,
- mit natürlicher Schwimmdecke,
- mit künstlicher Schwimmdecke,
- mit Folien- oder fester Abdeckung.

Diese Anteile gelten jeweils für alle Rinder und alle Schweine und werden nicht nach Unterkategorien differenziert.

The official surveys did not cover the share of slurry stored underneath slatted floors. In Germany this fraction cannot be neglected. The 1999 frequency distributions (last data set provided by RAUMIS), however, allowed for this differentiation. The data available for animal numbers of dairy cows and fattening pigs were used to assess weighted means of the shares of slurry stored underneath slatted floors in 1999. The (rounded) mean of 32 % was then used for all cattle and pigs in the inventory for 2010. The remaining 68 % were split into the categories provided according to the percentages obtained for the evaluation of the official survey data.

#### 3.4.3.2.6 *Spreading systems for liquid manure, cattle and pigs / Flüssigmistausbringungsverfahren, Rinder und Schweine*

The Federal Statistical Agency (Statistisches Bundesamt) delivered frequency distributions for the application of untreated slurry from cattle and pigs, of leachate from cattle and pigs (combined) and of digested slurry from cattle and pigs (combined), covering the techniques involved, the time span between application and incorporation as well as the kind of land use:

- **broad cast:** Application to bare soil: with immediate incorporation, incorporation within 1 to 4 hours, 4 to 8 hours or more than 8 hours. Application to tilled arable land, grassland or permanent crops;
- **trailing hose:** Application to bare soil: with immediate incorporation, incorporation within 1 to 4 hours, 4 to 8 hours or more than 8 hours. Application to tilled arable land, grassland or permanent crops;
- **trailing shoe:** application to bare soil, to tilled arable land, to grassland or to permanent crops;
- **slot injection:** application to bare soil, to tilled arable land, to grassland or to permanent crops;
- **slurry cultivator or other injection techniques:** application to bare soil, to tilled arable land, to grassland or to permanent crops;

Any incorporation after 12 hours was treated as „incorporation between 8 and 12 hours after incorporation”.

The German inventory system has no emission factors for permanent cultures. These are treated in the same way as grassland. The share applied to permanent crops is thus added to the share spread on grassland.

In Germany there do not exist any differentiated emission factors for the slurry application with trailing shoe referring to the kind of land use. Therefore all shares of slurry applicated on different kinds of land use with the trailing shoe technique are summarized.

The same applies to the slot injection technique. Furthermore all shares of slurry applicated on different kinds of land use with the slot injection technique are summarized with the shares of the category “slurry cultivator or other injection techniques” (except the share applicated to bare soil). Slurry applicated to bare soil

Durch die offizielle Erhebung nicht abgefragt wurde der Anteil der Gülle, der unter Spaltenboden gelagert wird und der in Deutschland nicht unbedeutend ist. Mit Hilfe der Milchkuhzahlen bzw. Mastschweinezahlen von 1999 wurde das gewichtete Mittel des Anteils der Güllelagerung unter Spaltenboden in den einzelnen Bundesländern aus dem letzten verwendeten RAUMIS-Datensatz von 1999 gebildet. Dieser Anteil wurde auf ganze Prozent gerundet (jeweils 32 %) und für 2010 und alle Rinder bzw. Schweine angenommen. Die restlichen 68 % wurden zwischen den gelieferten vier Güllelagerkategorien gemäß ihren relativen Anteilen aufgeteilt.

Vom Statistischen Bundesamt wurden jeweils für Rinder- bzw. Schweinegülle (unbehandelt) sowie für Jauche (Rinder- und Schweinejauche gemeinsam) und vergorene Gülle (Rinder- und Schweinebiogasgülle gemeinsam) die Anteile geliefert, die mit folgenden Techniken und Einarbeitungszeiten sowie auf folgende Flächennutzungsarten ausgebracht wurden:

- **Breitverteiler:** Ausbringung auf unbestelltes Ackerland: Einarbeitung sofort, zwischen 1 und 4 h, zwischen 4 und 8 h oder nach mehr als 8 h. Ausbringung auf bestelltes Ackerland, auf Dauergrünland oder auf Dauerkulturen;
- **Schleppschlauch:** Ausbringung auf unbestelltes Ackerland: Einarbeitung sofort, zwischen 1 und 4 h, zwischen 4 und 8 h oder nach mehr als 8 h. Ausbringung auf bestelltes Ackerland, auf Dauergrünland oder auf Dauerkulturen;
- **Schleppschuh:** Ausbringung auf unbestelltes Ackerland, auf bestelltes Ackerland, auf Dauergrünland oder auf Dauerkulturen;
- **Schlitzverfahren:** Ausbringung auf unbestelltes Ackerland, auf bestelltes Ackerland, auf Dauergrünland oder auf Dauerkulturen;
- **Güllegrubber oder andere Injektionsverfahren:** Ausbringung auf unbestelltes Ackerland, auf bestelltes Ackerland, auf Dauergrünland oder auf Dauerkulturen.

Die Einarbeitung nach mehr als 8 h wurde als Einarbeitung nach höchstens 12 h interpretiert.

Für die Ausbringung auf Dauerkulturen existieren in Deutschland keine Emissionsfaktoren, daher wird im Inventar der Anteil, der auf Dauerkulturen ausgebracht wurde, jeweils dem Anteil, der auf Dauergrünland ausgebracht wurde, hinzugezählt.

Für die Ausbringung mit dem Schleppschuh existieren in Deutschland keine nach Flächennutzungsart differenzierten Emissionsfaktoren. Daher werden alle auf unterschiedliche Flächennutzungen ausgebrachten Anteile, die mit dem Schleppschuh ausgebracht wurden, zusammengezählt.

Gleiches gilt für Schlitzverfahren. Die auf unterschiedliche Flächennutzungen ausgebrachten Anteile des Schlitzverfahrens werden für das Inventar außerdem mit den Anteilen aus der Kategorie „Güllegrubber oder andere Injektionsverfahren“ (mit Ausnahme des auf unbe-

with a technique out of the category “slurry cultivator or other injection techniques” is calculated individually because of the existence of a technique specific emission factor.

stelltem Ackerland ausgebrachten Anteils) zu einem Wert zusammengefasst. Der mit dem Güllegrubber auf unbestelltem Ackerland ausgebrachte Anteil wird einzeln verwendet, da hierfür ein Emissionsfaktor vorhanden ist.

### 3.4.3.3 *Gap closure for the years 2000 to 2009 / Datenlückenschließung für die Jahre 2000 bis 2009*

Data were provided for 1999 using the latest available RAUMIS data set (see Chapter 3.4.3.1). The gaps between this data and the data originating from the evaluation of the 2010 agricultural census and the 2011 survey on application techniques (see Chapter 3.4.3.2) were closed by linear interpolation on district level.

In some cases, the new data sets do not provide data categories fitting those of RAUMIS. One example is the share of slurry that is incorporated 12 to 24 hours after application. As a result of the interpolation between 1999 and 2010 the respective categories become extinct in 2010 for the first time.

In other cases where the 2010 agricultural census did not yield the necessary data, the 1999 RAUMIS data were extrapolated. This affects solid manure application as a whole (including manure produced in poultry production systems).

For laying hens only, Statistisches Bundesamt provided special frequency distributions for housing for the period from 2000 to 2009. For details see Chapter 9.3.7.3.

Der Zeitraum zwischen dem Jahr mit dem letzten RAUMIS-Datensatz (1999, siehe Kapitel 3.4.3.1) und dem Jahr 2010, für das durch die Landwirtschaftszählung 2010 und die Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung im Frühjahr 2011 aktuelle Daten vorliegen (siehe Kapitel 3.4.3.2), wird durch lineare Interpolation auf Kreisebene überbrückt.

Es gibt Fälle, in denen einer einzelnen RAUMIS-Datenkategorie keine neu erhobene Datenkategorie gegenübersteht. Dies gilt z. B. für die Einarbeitung von Flüssigmist innerhalb von 24 h. In diesen Fällen bewirkt die Interpolation, dass genau im Jahr 2010 diese Kategorie das erste Mal nicht mehr vorkommt.

In Fällen, in denen die Landwirtschaftszählung 2010 keine Daten erbrachte, wird im Inventar weiterhin mit den entsprechenden Daten des letzten RAUMIS-Datensatzes von 1999 gerechnet. Dies betrifft den gesamten Bereich der Ausbringung von Festmist (einschließlich Hühnermist).

Für Legehennen gilt der Sonderfall, dass auch für die Jahre 2000 bis 2009 separate Daten zu den Häufigkeitsverteilungen der Haltungsformen durch das Statistische Bundesamt bereitgestellt wurden, siehe Kapitel 9.3.7.3.

## 3.4.4 *Slurry digestion and residue management / Güllevergärung und Gärreste-Management*

The data described in the following can be found found on the data CD included (file “Tables\_Submission\_2013.xls“, tables AI\_1005FST and AI\_1005FSP).

Die nachstehend beschriebenen Daten finden sich in den Tabellen AI\_1005FST und AI\_1005FSP (siehe beiliegende Daten-CD, Datei Tables\_Submission\_2013.xls).

### 3.4.4.1 *Shares of digested slurry and frequencies of gas tight residue storage / Anteile vergorener Gülle und Häufigkeiten gasdichter Gärrestelager*

For the calculation of emissions from anaerobic digestion and the storage and spreading of digested slurry, the inventory model GAS-EM requires data on the amounts of N and VS that enter the anaerobic digestion process (see Chapters 6.1.3.4 und 6.1.3.5). The relative shares of these amounts (related to the total amounts of N and VS excreted) are assumed to be equal to the relative shares of cattle and pig slurry digested (related to the total amounts of cattle and pig slurry.)

The relative shares of cattle and pig slurry digested were determined for 2010 on national level (KTBL, 2012). From these data the ratio of the amount of digested slurry to the total electrical power of the biogas plants was determined in order to estimate on national and federal state level for the years 1990 – 2009 and 2011 the amounts of slurry digested (based on the respective data on total electrical power of the biogas plants (KTBL, 2012). Table 3.7 shows the relative shares of slurry digestion on the national level.

Das Inventarmodell GAS-EM benötigt für die Berechnung von Emissionen im Zusammenhang mit der Vergärung von Gülle und dem anschließenden Gärreste-Management Daten zu den in die Vergärung gehenden N- und VS-Mengen (siehe Kapitel 6.1.3.4 und 6.1.3.5). Für die relativen Anteile dieser Mengen an den jeweiligen Gesamtmenen wurde angenommen, dass sie gleich den relativen Anteilen vergorener Rinder und Schweinegülle am jeweiligen Gesamtgülleaufkommen sind.

Die relativen Anteile vergorener Rinder und Schweinegülle wurden für 2010 auf nationaler Ebene ermittelt (KTBL, 2012). Das daraus ableitbare Verhältnis von vergorener Güllemenge zu elektrischer Biogasanlagen-Gesamtleistung wurde verwendet, um für die Jahre 1990 bis 2009 und 2011 und die Bundesländer die vergorenen Güllemengen anhand der jeweiligen elektrischer Biogasanlagen-Gesamtleistungen zu schätzen (KTBL, 2012). Table 3.7 zeigt die relativen Anteile vergorener Gülle auf nationaler Ebene.





Table 3.9: Percentages of gas tight storage of residues from digestion of pig slurry  
(in % of total pig slurry)

|               | 1990  | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
|---------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| gas tight     | 0.0   | 1.0  | 2.1  | 3.1  | 4.1  | 5.1  | 6.2  | 7.2  | 8.2  | 9.2  |
| not gas tight | 100.0 | 99.0 | 97.9 | 96.9 | 95.9 | 94.9 | 93.8 | 92.8 | 91.8 | 90.8 |
|               | 2000  | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| gas tight     | 10.3  | 11.3 | 12.3 | 14.0 | 15.6 | 17.2 | 23.0 | 28.7 | 34.5 | 40.2 |
| not gas tight | 89.7  | 88.7 | 87.7 | 86.0 | 84.4 | 82.8 | 77.0 | 71.3 | 65.5 | 59.8 |
|               | 2010  | 2011 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| gas tight     | 46.0  | 51.7 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| not gas tight | 54.0  | 48.3 |      |      |      |      |      |      |      |      |

#### 3.4.4.2

#### Data for CH<sub>4</sub> emission calculations / Daten für CH<sub>4</sub>-Emissionsberechnung

The calculation of CH<sub>4</sub> emissions from digestion of cattle and pig slurry (including storage of digested slurry, see Chapter 3.3.4.4.1) requires the amounts of VS excreted per animal place and year, the maximum methane producing capacity  $B_0$ , and the CH<sub>4</sub> density  $\rho_{\text{CH}_4}$ . VS excretions are routinely calculated in the inventory (see Chapters 3.3.3.1, 4 and 5). For the maximum methane producing capacity  $B_0$  see Chapter 4 and 5. According to IPCC (1996) the CH<sub>4</sub> density  $\rho_{\text{CH}_4}$  is 0.67 kg m<sup>-3</sup>.

Besides the relative share of slurry that is digested ( $x_{\text{dig}}$ ) and the frequencies of gastight storages (see Chapter 3.4.4.1), the calculation of CH<sub>4</sub> emissions require the following additional data which will subsequently be discussed in more detail:

- Leakage rate  $L_{\text{prod}}$ ,
- relative potential amount of offgas  $\mu_{\text{offgas}}$ ,
- methane conversion factor of the storage of the digested slurry ( $MCF\%_{\text{residues}}$ ).

For the leakage rate  $L_{\text{prod}}$ , KTBL (2012) proposes a general value of 1 %. This value is generally agreed upon and used in most calculations of the greenhouse gas balance of biogas production. Studies that used a  $L_{\text{prod}} = 1\%$  are e. g.: Bachmaier and Gronauer (2007), Börjesson and Berglund (2008), Gärtner et al. (2008) and Roth et al. (2011). At the time being, other (experimental) studies show a heterogeneous picture which no other value can be deduced from for the leakage rate.

Zur Berechnung von CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Vergärung von Rinder- und Schweinegülle einschließlich des Gärreste-Managements (siehe Kapitel 3.3.4.4.1) werden die pro Tierplatz und Jahr ausgeschiedene VS-Menge, die maximale CH<sub>4</sub>-Bildungskapazität  $B_0$  sowie die CH<sub>4</sub>-Dichte  $\rho_{\text{CH}_4}$  benötigt. Die VS-Ausscheidung wird im Inventar routinemäßig berechnet (siehe Kapitel 3.3.3.1, 4 und 5). Zu  $B_0$  siehe Kapitel 4 und 5. Die CH<sub>4</sub>-Dichte  $\rho_{\text{CH}_4}$  wird nach IPCC (1996) mit 0,67 kg m<sup>-3</sup> angesetzt.

Neben dem relativen Anteil der Güllemengen, die in die Biogasanlage gehen ( $x_{\text{dig}}$ ) und der Häufigkeit gasdicht abgedeckter Gärrestelager (siehe Kapitel 3.4.4.1), werden für Berechnung von CH<sub>4</sub>-Emissionen zusätzlich folgende Eingangsgrößen benötigt, auf die im Anschluss näher eingegangen wird:

- Leckagerate  $L_{\text{prod}}$ ,
- relative potentielle Restgasmenge  $\mu_{\text{offgas}}$ ,
- Gärrestelager-Methanumwandlungsfaktor  $MCF\%_{\text{residues}}$ .

Für die Leckagerate  $L_{\text{prod}}$  wird nach Vorgabe durch KTBL (2012) ein einheitlicher Wert von 1 % verwendet. Dies ist ein Konventionswert, der in den meisten Berechnungen zur Klimagasbilanz der Biogaserzeugung verwendet wird. Studien, die den 1%-Wert verwenden, sind z. B. Bachmaier und Gronauer (2007), Börjesson und Berglund (2008), Gärtner et al. (2008) und Roth et al. (2011). Andere (experimentelle) Studien geben derzeit kein einheitliches Bild ab, aus denen sich begründet ein anderer Wert ableiten lassen würde.

In practice, the amount of offgas,  $\mu_{\text{offgas}}$ , is not given as a share of the maximum methane producing capacity  $B_o$ , but as a share of the amount of gas usable for energy production. Hence, a new entity  $v_{\text{offgas}}$  can be defined which is closely related to  $\mu_{\text{offgas}}$ :

$$v_{\text{offgas}} = \frac{B_o - v_{\text{CH}_4, \text{prod}}}{v_{\text{CH}_4, \text{prod}}} \quad (3.76)$$

where

|                                |                                                                                                                                                  |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $v_{\text{offgas}}$            | relative amount of potential offgas related to $\text{CH}_4, \text{prod}$ (with $0 \leq \mu_{\text{offgas}} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) |
| $B_o$                          | maximum methane producing capacity per kg of VS (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ )                                                  |
| $v_{\text{CH}_4, \text{prod}}$ | specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ )                        |

The relation between  $\mu_{\text{offgas}}$  and  $v_{\text{offgas}}$  is given as follows:

$$\mu_{\text{offgas}} = \frac{v_{\text{offgas}}}{1 + v_{\text{offgas}}} \quad (3.77)$$

where

|                       |                                                                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\mu_{\text{offgas}}$ | relative amount of potential offgas related to $B_o$ (with $0 \leq \mu_{\text{offgas}} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )                      |
| $v_{\text{offgas}}$   | relative amount of potential offgas related to $\text{CH}_4, \text{prod}$ (with $0 \leq \mu_{\text{offgas}} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) |

Two different types of offgas must be distinguished: The amount of offgas generated at a digestion temperature of about 40°C (potential amount of offgas) and, the amount of offgas generated at about 20°C (amount of offgas produced in practice). For the IPCC concept the entity  $\mu_{\text{offgas}}$  is needed at 40°C while in practice offgas data are obtained at 20°C. KTBL (2012) derives  $v_{\text{offgas}}$  for 20 to 22°C (2 %) and transforms this value for a digestion temperature of 37°C, leading to  $v_{\text{offgas}} = 4.8 \%$ . Applying equation ( 3.77) finally leads to  $\mu_{\text{offgas}} = 4.6 \%$  at 37°C. This value was used in the inventory.

In general, slurry is digested in combination with energy plants. The offgas potential described above is based on data obtained from such combined digestion. It is used in the inventory in order to reflect the practice of combined digestion without *explicitly* considering the digestion of energy plants.

The methane conversion factor of the storage of the digested slurry,  $MCF\%_{\text{residues}}$ , is the effective mean of the  $MCF$  values of the various storage types of digested slurry. According to IPCC (2000), pg. 4.36 (footnote),  $MCF\%_{\text{residues}} = 0$  for gastight storage, while for all other storage types the  $MCF$  of the storage of untreated slurry in an open tank is to be used. For the latter see Chapter 4 and 5.

The calculation of the effective mean of the  $MCF$  requires knowledge of the frequency of solid-cover storage (see above). In addition, the amounts of slurry stored have to be taken into account in order to calculate a weighted mean of the  $MCF$ .

Die Restgasmenge  $\mu_{\text{offgas}}$  wird in der Praxis i. d. R. nicht als Anteil der maximal möglichen Methanausbeute  $B_o$ , sondern in Relation zur Menge der produzierten nutzbaren Gasmenge angegeben. Dementsprechend lässt sich eine zu  $\mu_{\text{offgas}}$  verwandte Größe  $v_{\text{offgas}}$  definieren:

Dabei besteht zwischen  $\mu_{\text{offgas}}$  und  $v_{\text{offgas}}$  folgender Zusammenhang:

Bei der Restgasmenge ist zwischen dem Ergebnis bei ca. 40° C Gärtemperatur (potenzielle Restgasmenge) und dem bei ca. 20° C Gärtemperatur (praxisrelevante Restgasmenge) zu unterscheiden. Das im IPCC-Konzept benötigte  $\mu_{\text{offgas}}$  ist der Wert bei ca. 40°C, während in der Praxis der Wert bei ca. 20° C erhoben wird. KTBL (2012) leitet  $v_{\text{offgas}}$  für 20 bis 22° C mit 2,0 % ab und nimmt eine Umrechnung auf 37° C vor, die zu 4,8 % führt. Die Umrechnung mit Gleichung ( 3.77) liefert schließlich  $\mu_{\text{offgas}} = 4,6 \%$  für 37° C. Dieser Wert kam im Inventar zur Anwendung.

Dieses Restgaspotenzial beruht auf Daten aus der in der Praxis üblichen gemeinsamen Vergärung von Gülle mit pflanzlichen Rohstoffen. Das so abgeleitete Restgaspotenzial wird im Inventar verwendet, um indirekt diese Praxis wiederzuspiegeln, ohne die Vergärung von pflanzlichen Rohstoffen *explizit* mitzubetrachten.

Der Methanumwandlungsfaktor für das Gärrestlager,  $MCF\%_{\text{residues}}$ , stellt den effektiven Mittelwert der  $MCF$ -Werte der verschiedenen Gärrestlager-Varianten dar. IPCC (2000), S. 4.36 (Fußnote), schreibt dazu vor, dass für gasdichte Gärrestlager  $MCF\%_{\text{residues}} = 0$  ist, während in allen anderen Fällen der  $MCF$  für die Lagerung unbehandelter Gülle in einem offenen Tank zu verwenden ist. Zu Letzterem siehe Kapitel 4 und 5.

Die Berechnung des effektiven  $MCF$ -Mittelwertes setzt die Kenntnis der relativen Häufigkeit von abgedeckten Gärrestlagern voraus (siehe oben), wobei zusätzlich die betroffenen Gärrestmengen berücksichtigt werden (gewichtete Mittelung).

### 3.4.4.3 Data for the calculation of $N_2O$ , $NO$ and $N_2$ / Daten für die Berechnung von $N_2O$ , $NO$ and $N_2$

The emission factor  $EF_{N_2O-N}$  is needed to carry out the calculation of emissions of  $N_2O$  from the anaerobic digestion of cattle and pig slurry and the management of the digested slurry (for the methodology see Chapter 3.3.4.4.2;  $N_2O$  from agricultural soils is not considered in this context). According to IPCC (2000), pg. 4.43,  $EF_{N_2O-N}$  is 0.001 kg  $N_2O-N$  per kg of N excreted. Other than for  $CH_4$ , IPCC (2000) does not distinguish for  $N_2O$  between gastight storage and open tank.

The N excretion of the animals is routinely calculated for the inventory, see Chapters 3.3.3.2, 4 and 5.

$N_2O$  emissions from agricultural soils due to the spreading of digested slurry are dealt with in the context of the calculation of  $N_2O$  emissions from agricultural soils due to the spreading of untreated slurry, see Chapter 10.2.

The emission factors of  $NO$  and  $N_2$  are assumed to be proportional to the  $N_2O$  emission factor. This is in line with the assumptions made for manure management, see Chapter 3.3.4.3.4.

Für die in Kapitel 3.3.4.4.2 beschriebene Berechnung von  $N_2O$ -Emissionen aus der Vergärung von Rinder- und Schweinegülle einschließlich des Gärreste-Managements (ohne bodenbürtiges  $N_2O$  als Folge der Ausbringung, s. u.) wird der Emissionsfaktor  $EF_{N_2O-N}$  benötigt. IPCC (2000), S. 4.43, gibt  $EF_{N_2O-N}$  mit 0,001 kg  $N_2O-N$  pro kg an ausgeschiedenem N an. Im Gegensatz zu  $CH_4$  unterscheidet IPCC (2000) bei  $N_2O$  nicht zwischen gasdichtem und offenem Lager.

Die tierische N-Ausscheidung wird routinemäßig im Inventar berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.2, 4 und 5.

Bodenbürtige  $N_2O$ -Emissionen als Folge der Ausbringung von Gärresten werden im Zusammenhang mit der Berechnung von  $N_2O$  aus landwirtschaftlichen Böden nach der Ausbringung von Wirtschaftsdünger behandelt, siehe Kapitel 10.2.

Die Emissionsfaktoren für  $NO$  und  $N_2$  werden - wie im deutschen Emissionsinventar für das Wirtschaftsdünger-Management üblich – proportional zum  $N_2O$ -Emissionsfaktor angesetzt, siehe dazu Kapitel 3.3.4.3.4.

### 3.4.4.4 Data for the calculation of $NH_3$ / Daten für die Berechnung von $NH_3$

The inventory calculates  $NH_3$  emissions from the management of digestion residues, i. e. from storage and spreading, see Chapter 3.3.4.4.3. It is assumed that no emissions occur from the digester.

For gastight storage of digested slurry the  $NH_3$  emission factor is set to zero. (For the frequencies of gastight residue storage see Chapter 3.4.4.1). The emission factors of the other storage types, which by analogy to the  $CH_4$  emission calculation are considered open tanks, are given in Chapters 4.2.2 and 5.2.3.

The calculation of the effective mean emission factor for the storage of digested slurry requires knowledge of the frequencies of gastight (= covered) storage (see Chapter 3.3.4.4). In addition, in order to perform weighted averaging, the pertinent amounts of digested slurry have to be taken into account (in nitrogen mass units).

When calculating  $NH_3$  emissions from spreading of digestion residues, the various different spreading techniques and durations of incorporation are considered. Spreading of digested slurry is calculated separately from spreading of untreated slurry, as the frequencies of the various different spreading techniques and durations of incorporation are different for both slurry types. (for the data for the spreading of untreated see Chapter 3.4.3.) The frequencies of the various spreading types for digested slurry were surveyed in 2010 by the Federal Statistical Agency within the framework of the official census on spreading of animal manures (see Chapter 3.4.3). No information is available for the years before 2010. Hence, the 2010 frequencies were adopted for the inventory calculations in all years since 1990.

Das Inventar berechnet  $NH_3$  aus dem Gärreste-Management, d. h. aus Gärrestelagerung und –ausbringung, siehe Kapitel 3.3.4.4.3. Es wird davon ausgegangen, dass aus dem Fermenter kein  $NH_3$  entweicht.

Für gasdichte Gärrestelager (zur Gärrestelager-Verteilung siehe Kapitel 3.4.4.1), wird der  $NH_3$ -Emissionsfaktor auf Null gesetzt. Für die übrigen Lager, die analog zur  $CH_4$ -Berechnung als offene Tanks angesehen werden, werden die Emissionsfaktoren in Kapitel 4.2.2 und 5.2.3 angegeben..

Die Berechnung des effektiven Mittelwertes des Lager-Emissionsfaktors setzt die Kenntnis der relativen Häufigkeit von gasdichten (=abgedeckten) Gärrestelagern voraus (siehe Kapitel 3.3.4.4), wobei zusätzlich die betroffenen Gärrestemengen (in Stickstoff-Masseinheiten) berücksichtigt werden (gewichtete Mittelung).

Bei der Berechnung der  $NH_3$ -Emissionen aus der Ausbringung der Gärreste werden verschiedene Ausbringungstechniken und unterschiedliche Einarbeitungszeiten berücksichtigt. Die Ausbringung der Gärreste wird im Inventar getrennt von der Ausbringung unbehandelter Gülle behandelt, da sich die Häufigkeiten der Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten bei beiden Güllevarianten unterscheiden (zu den Daten für die Ausbringung unbehandelter Gülle siehe Kapitel 3.4.3). Die Häufigkeiten für die verschiedenen Varianten der Gärrestausrückführung wurden für 2010 vom Statistischen Bundesamt im Rahmen der Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung (siehe Kapitel 3.4.3) ermittelt. Da für zurückliegende Jahre keine Information verfügbar sind, wurden für die Inventarberechnung die Häufigkeiten des Jahres 2010 für alle Jahre ab 1990 übernommen.

Due to the lack of specific  $\text{NH}_3$  emission factors for the spreading of digested slurry, the emission factors of untreated slurry were used (see Chapters 4.2.4 and 5.2.4). For the spreading of digested pig slurry this approach is based on an expert judgment (H. Döhler, KTBL). However, for cattle slurry two contrary aspects had to be considered. On the one hand digested cattle slurry is less viscous than untreated so that its infiltration into the soil is faster than that of untreated cattle slurry. On the other hand digested slurry has a higher TAN content than untreated slurry. Both effects cannot be modelled in the inventory. It is assumed that they compensate each other.

In Ermangelung von spezifischen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für die Gärrestausbringung wurden die Emissionsfaktoren für die Ausbringung von unbehandelter Gülle verwendet (siehe Kapitel 4.2.4 und 5.2.4). Für die Ausbringung der Gärreste aus Schweinegülle stützt sich dieses Vorgehen auf ein Expertenurteil (H. Döhler, KTBL). Bei Rindergülle waren dagegen zwei gegenläufige Aspekte zu berücksichtigen: Zum einen sind die Gärreste dünnflüssiger als unbehandelte Rindergülle und dringen schneller in den Boden ein, zum Anderen weisen die Gärreste einen höheren relativen TAN-Gehalt auf. Beide Effekte können im Inventar nicht modelliert werden. Es wird aber davon ausgegangen, dass sie sich gegenseitig aufheben.

### 3.4.5 Other activity data in animal husbandry / Andere Aktivitätsdaten in der Tierhaltung

In the following activity data of animal husbandry are described which are of concern for more than one single animal category. For category-specific activity data, e. g. milk yield or the number of eggs produced, see the respective animal chapters.

Im Folgenden werden Aktivitätsdaten für die Tierhaltung beschrieben, die für mehr als eine Tierkategorie von Bedeutung sind. Für tierkategorie-spezifische Aktivitätsdaten wie z. B. die Milchleistung oder die Anzahl produzierter Eier wird auf die entsprechenden Tierkapitel verwiesen.

#### 3.4.5.1 *N reduced feeding in BImSchG farms / N-reduzierte Fütterung bei Schweinen in BImSchG-Betrieben*

In August 2011, Statistisches Bundesamt provided data on pig producing farms falling under the regulations of the Federal Deposition Control Act (BImSchG, 1974) for the year 2010. These farms keep more than 560 sows or 1500 fattening pigs. For these farms, feeding is to have N contents adjusted to requirements (i.e. N reduced diets) in order to reduce  $\text{NH}_3$  emission rates (inter alia). In 2010, on a national level, 28.1 % of the sows and 31.5 % of the fattening pigs were fed with N reduced diets.

Data were forwarded for each federal state. In order to match the requirements of the inventory model, the shares assumed for each single district had to be derived. The frequency for the whole federal state was considered valid for each district as well. This procedure does not affect the accuracy of the results for the federal state, however, it distorts the distribution of emissions between the districts.

Percentages were assumed to be zero in 2002. The gap between 2002 and 2010 was closed by linear interpolation. The values of 2010 were kept for 2011 as it can be assumed the conditions will not have changed significantly within one year.

For the composition of the N reduced diets see Chapters 5.3.3 and 5.5.3.

Im August 2011 wurden durch das StatBA Informationen zu Schweine haltenden Betrieben für das Jahr 2010 bereitgestellt, die unter das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG, 1974) fallen. Dies sind Betriebe mit mindestens 560 Zuchtsauen oder mindestens 1500 Mastschweinen. Für diese Schweine (im Bundesdurchschnitt 2010: 28,1 % der Sauen, 31,5 % der Mastschweine) ist aufgrund des BImSchG von einer N-angepassten (d. h. N-reduzierten) Fütterung zur Minderung u. a. der  $\text{NH}_3$ -Emissionen auszugehen.

Die bereitgestellten bundeslandbezogenen prozentualen Anteile wurden, da das Inventar zunächst auf der Kreisebene rechnet, bevor die Emissionsergebnisse auf Bundeslandebene aggregiert werden, für jeden Kreis des jeweiligen Bundeslandes als gültig angenommen. Während damit die Kreisemissionen teilweise verzerrt werden, ist das auf Bundeslandebene aggregierte Emissionsergebnis korrekt.

Die prozentualen Anteile wurden linear von Null im Jahr 2002 auf die vom StatBA bereitgestellten Werte im Jahr 2010 interpoliert. Die Werte von 2010 wurden für 2011 übernommen, da davon auszugehen ist, dass sich die Verhältnisse innerhalb eines Jahres nicht wesentlich geändert haben.

Zur Zusammensetzung der N-reduzierten Futterrationen siehe Kapitel 5.3.3 und 5.5.3.

### 3.4.5.2 *Air scrubber systems in pig husbandry / Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung*

In 2011, KTBL made an inquiry on the distribution of air scrubbing facilities in pig production (sows, weaners and fattening pigs) on the district level. This inquiry resulted in numbers of animal places equipped with air scrubbers in 2011. Relating these animal numbers to the animal numbers obtained from the 2010 census by the Statistisches Bundesamt (Federal Statistical Agency) yielded the percentages of animal places equipped with air scrubbers: About 2.7 % of the German fattening pig places were equipped with air scrubbers, for sows and weaners the percentage is 1.4 % and 2.7 %, respectively. The efficiency of the scrubbing systems ranges between 50 % and 90 % for  $\text{NH}_3$ , the national weighted mean was determined to be 80 %. In order to simplify the procedure, this efficiency was assumed to be valid for all scrubbing systems.

Furthermore it was assumed that all houses equipped with scrubbers were operated as slurry based systems. The percentage of animal places equipped was assumed to be zero in 2004 in any case. The data gap between 2004 and 2010 was closed by linear interpolation. The values of 2010 were kept for 2011 as it can be assumed that the conditions will not have changed significantly within one year.

Scrubbers removing  $\text{NH}_3$  also remove particles from the air flow. This is also taken into account (see Chapter 3.3.4.5).

Durch KTBL wurde 2011 eine Erhebung zur Verteilung der Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung (Sauen, Ferkel und Mastschweine) auf Kreisebene durchgeführt. Diese Erhebung erbrachte die mit Abluftreinigungsanlagen ausgestatteten Tierplätze im Jahr 2011. Setzt man diese Zahlen in Relation zu den 2010 durch das Statistische Bundesamt neu erhobenen Tierzahlen, waren im Jahr 2010 rund 2,7 % aller Mastschweinplätze in Deutschland mit einer Abluftreinigungsanlage ausgestattet, während dieser Anteil für Sauen und Aufzuchtferkel bei 1,4 % bzw. 2,7 % lag. Je nach Anlagentyp liegt die  $\text{NH}_3$ -Reinigungseffizienz zwischen 50 und 90 %; auf Bundesbene ergibt sich ein tierzahlgewichteter Mittelwert von 80 %. Diese mittlere Reinigungseffizienz wurde vereinfachend für alle Anlagen übernommen.

Es wurde davon ausgegangen, dass ausschließlich güllebasierte Haltungssysteme mit Abluftreinigungsanlagen ausgestattet sind. Die betroffene Anzahl an Tierplätzen wird in allen Kreisen mit Abluftreinigungsanlagen linear von null im Jahr 2004 auf den durch KTBL bereitgestellten Wert im Jahr 2010 interpoliert. Die Werte von 2010 wurden für 2011 übernommen, da davon auszugehen ist, dass sich die Verhältnisse innerhalb eines Jahres nicht wesentlich geändert haben.

Für die Abluftreinigungsanlagen wurde in den Inventarberechnungen auch eine Staubabscheidung unterstellt (siehe Kapitel 3.3.4.5).

### 3.4.6 *Mean air temperatures / Lufttemperatur-Mittelwerte*

#### 3.4.6.1 *The role of air temperature / Zur Bedeutung der Lufttemperatur*

Both the state of equilibria in chemistry and biology as well as the velocities with which they are attained, are temperature dependent. In particular this applies to the state of chemical equilibria (van't Hoff's equation), the vapour pressure of solutions (Clausius-Clapeyron equation) and rate constants of chemical reactions (Arrhenius equation). Physiological activities of living organisms are linked to certain temperature ranges, in which they exhibit an activity optimum.

Inevitably, all emission processes have to be temperature dependent. For several emission factors temperature ranges are given in which they have to be applied (e.g. mineral fertilizer application, manure storage and spreading). In some cases soil surface temperatures may be relevant, in other cases temperatures inside a slurry store or a manure heap. However, these temperatures cannot be recorded on a broader scale. Therefore it seems convenient to use air temperatures as surrogate data; for mineral fertilizer applications a mean spring air temperature is used as measure, for slurry and manure storage mean annual air temperatures.

Die Lage von Gleichgewichten in Chemie und Biologie sowie die Geschwindigkeiten, mit denen sie sich einstellen, sind temperaturabhängig. Hierzu zählen insbesondere die Lage chemischer Gleichgewichte (van't-Hoff-Gleichung), Dampfdrücke von Lösungen (Clausius-Clapeyron-Gleichung) und Umsetzungsraten bei chemischen Reaktionen (Arrhenius-Gleichung). Die physiologische Aktivität von Organismen ist an einen Temperaturbereich gebunden, in dem sie im Regelfall ein Aktivitätsoptimum besitzt.

Alle Emissionsvorgänge sind deshalb zwangsläufig temperaturabhängig. Für eine Reihe von Emissionsfaktoren gibt es demzufolge Temperaturbereiche, in denen sie anzuwenden sind (z.B. Mineraldünger-Anwendung, Wirtschaftsdünger-Lagerung und -Ausbringung). Maßgebliche Temperaturen sind dabei Bodenoberflächen-Temperaturen und die Temperaturen innerhalb von Gülle-Lagern oder Misthaufen. Da diese Temperaturen jedoch nicht flächendeckend erfasst werden, wird die Lufttemperatur als Hilfsgröße herangezogen, und zwar die Frühlings-Lufttemperatur bei der Mineraldünger-Anwendung und die mittlere Jahrestemperatur bei der Wirtschaftsdünger-Lagerung.

Mean air temperatures have increased during the past decades to such an extent that the use of historic climate maps without corrections is thought to be inadequate for the determination of relevant temperatures (e.g. Mayer et al., 2005).

Mean annual temperatures and mean spring temperatures of 1990 to 2007 are higher than the values of 1961 to 1990 by 0.9 K or 1.1 K, respectively (Table 3.10) (expert judgement Löpmeier, DWD; in accordance with Mayer et al., 2005).

With respect to the establishment of emission inventories with a comparatively high resolution in time and space (months, rural districts), maps of the mean air temperature based upon measurements of the years 1961 to 1990, were corrected by adding these values.

Die Steigerungen der mittleren Lufttemperaturen in den vergangenen Jahrzehnten ist so erheblich, dass die Anwendung von älteren Klimakarten ohne Korrekturen zur Bestimmung der relevanten Temperaturen als unzureichend angesehen wird (z.B. Mayer et al. 2005).

Laut Expertenurteil Löpmeier (DWD) liegen die mittleren Jahres- und Frühlingstemperaturen der Jahre 1990 bis 2007 um 0,9 K bzw. 1,1 K über denen der Jahre 1961 bis 1990 (Table 3.10) (vgl. auch Mayer et al., 2005).

Im Hinblick auf die Herstellung von Emissionsinventaren mit einer hohen zeitlichen und örtlichen Auflösung (Monate, Landkreise) erschien es deshalb sinnvoll, Karten der mittleren Lufttemperatur, die auf Messwerten der Jahre 1961 bis 1990 basieren, durch die Addition dieser Werte zu korrigieren.

#### 3.4.6.2 Temperature data provided by the German Weather Service / Temperaturdaten des Deutschen Wetterdienstes

DWD (German Weather Service) kindly provided digital maps of the 30-years-mean monthly air temperatures based upon measurements in the years 1961 to 1990. These interpolated maps have a resolution of 1 x 1 km<sup>2</sup>.

In order to generate mean annual temperatures for rural districts, initially the average of all 12 maps was calculated for each grid cell. Afterwards the average of all grid cells belonging to a rural district was taken as the mean annual temperature.

To take the increasing mean air temperatures during the last years into account 0.9 K (expert judgement Löpmeier, Table 3.10) were added to the mean annual temperatures for each rural district.

For mean spring temperatures the same procedure was applied to the maps of the months March, April, and May. The correction value in this case was 1.1 K (Table 3.10)).

DWD (Deutscher Wetterdienst) stellte freundlicherweise für jeden Monat eine digitale Karte mit den 30jährigen Monatsmittelwerten der Lufttemperatur zur Verfügung. Die Karten beruhen auf Messungen der Jahre 1961 bis 1990, die mit einer Auflösung von 1 x 1 km<sup>2</sup> in die Fläche interpoliert sind.

Zur Erzeugung von Jahresmittelwerten auf Landkreisbasis wurde zunächst der Mittelwert aller 12 Karten für jede Rasterzelle berechnet. Anschließend wurde jedem Landkreis der Mittelwert der zu ihm gehörigen Rasterzellen zugeordnet.

Zu den Mittelwerten der Landkreise wurden dann 0,9 K (Expertenurteil Löpmeier, Table 3.10) addiert, um die Steigerung der mittleren Lufttemperaturen in den letzten Jahren zu berücksichtigen.

Zur Erzeugung von Frühlingssmittelwerten auf Landkreisbasis wurde das gleiche Verfahren auf die Karten der Monate März, April und Mai angewendet. Als Korrekturwert wurde hier 1,1 K verwendet (Table 3.10)).

Table 3.10: Air temperatures in Germany 1961 – 1990 and 1990 – 2007 and correction values

|                              | Year    | March  | April  | May     | Spring  |
|------------------------------|---------|--------|--------|---------|---------|
| Mean Temperature 1961 – 1990 | 8.6 °C  | 3.9 °C | 7.7 °C | 12.4 °C | 8,0 °C  |
| Mean Temperature 1990 – 2007 | 9.5 °C  | 5.0 °C | 8.9 °C | 13.4 °C | 9,1 °C  |
| Difference                   | 0.9 K   | 1.1 K  | 1.2 K  | 1.0 K   | 1.1 K   |
| Correction value             | + 0.9 K |        |        |         | + 1.1 K |

Source: expert judgement Löpmeier, DWD

The spatial distribution of annual and springtime means of the air temperature in Germany is shown in Figure 3.6.

Die räumliche Verteilung von Jahresmittelwerten und Frühlingssmittelwerten in Deutschland zeigt Figure 3.6.

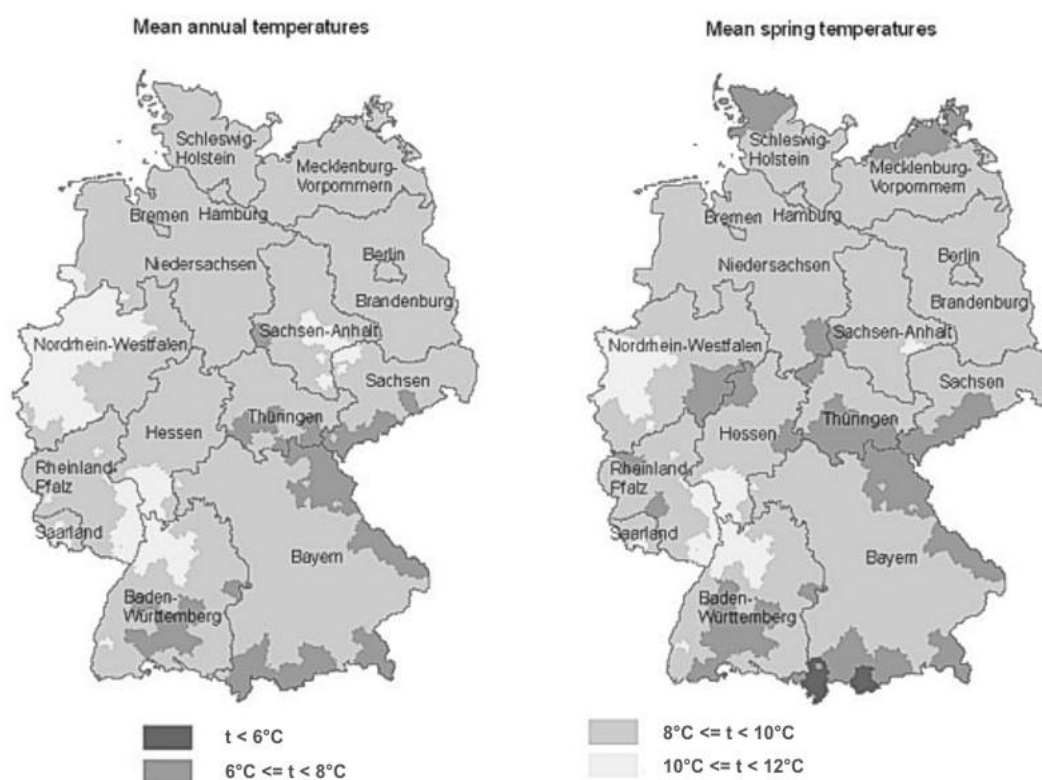


Figure 3.6: Air temperatures, map of annual and springtime means in Germany

### 3.4.7 Data gaps and uncertainties / Datenlücken und Unsicherheiten

Procedures for data gap closure are described in specific subchapters from Chapter 4.3 onwards.

The description of uncertainties follows the guidance provided in IPCC (2000) “Quantifying Uncertainties in Practice” and “Quality Assurance and Quality Control” as well as EMEP (2004, gpg) “Good Practice Guidance for CLRTAP Emission Inventories”, also the “Anleitung zur Durchführung eines Expert Judgement (Expertenschätzung) zur Unsicherheitsbestimmung” (Umweltbundesamt, Qualitätssicherungs-System Emissionen, unpublished typescript).

The uncertainties of specific partial emission factors, their amounts (as a rule related to an emitting source) and their frequency distributions are described and discussed in the respective chapters dealing with animal husbandry and plant production.

In contrast to partial emission factors, implied emission factors (IEF) relate emissions to animal heads or areas. The derivation of uncertainties of national emission factors is described in Chapter 15.

Die Behandlung von Datenlücken wird ab Kapitel 4.3 in den entsprechenden Unterkapiteln beschrieben.

Die Beschreibung der Unsicherheiten der Emissionsberechnungen orientiert sich an IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ und „Quality Assurance and Quality Control“, und EMEP (2004, gpg) „Good Practice Guidance for CLRTAP Emission Inventories“ sowie an der „Anleitung zur Durchführung eines Expert Judgement (Expertenschätzung) zur Unsicherheitsbestimmung“ (Umweltbundesamt, Qualitätssicherungs-System Emissionen, unveröffentlichtes Typeskript).

Angaben zu Unsicherheiten (Betrag und Verteilungstyp) von partiellen Emissionsfaktoren, die sich i. d. R. auf die Menge des emittierenden Stoffes beziehen, finden sich in den Kapiteln zur Tierhaltung und zum Boden/Pflanze-Bereich.

Im Gegensatz zu partiellen Emissionsfaktoren beschreiben aggregierte Emissionsfaktoren (IEF für „Implied Emission Factor“) eine Gesamtemission pro Tier oder pro Flächeneinheit. Auf die Unsicherheiten der nationalen IEF geht Kapitel 13 ein.

### 3.5 Quality management / Qualitätsmanagement

In the following the various modules of the quality management for the inventory preparation are described.

Im Folgenden werden die verschiedenen „Bausteine“ des Qualitätsmanagements für die Erstellung des Emissionsinventars beschrieben.

#### 3.5.1 Qualitätsmanagement der Emissionsinventarerstellung am Thünen-Institut

For the inventory preparation the UNFCCC Reporting Guidelines require the implementation of a system of quality control and assurance (QC/QA) according to the IPCC Good Practice Guidance (2000, 2003). The National Co-ordination Agency (NaKo, Chapter 1) within the Federal Environment Agency (UBA) has established the Quality System for Emissions Inventories (QSE) to comply with the requirements of UNFCCC and IPCC with respect to quality management. The guidebook of the quality system (QSE guidebook) specifies the international requirements for the National System of Emissions Inventories (NaSE) in Germany. It describes a concept complying with the standards of inventory preparation.

The Thünen Institute as participant of the NaSE (even though external to the NaKo) is required to establish its own quality management for the inventory preparation satisfying the requirements of the QSE (BMELV, 2012). The document „Ausführungsbestimmung zur Erstellung von Emissions- und Kohlenstoffinventaren und deren Qualitätsmanagement für den Bereich der Quellgruppen 4 und 5“ (vTI, 2012) describes the implementation of the standards of the QSE and its endorsement by detailed supplemental rules.

Processes and quality control/assurance of the emission inventory preparation at Thünen Institute is displayed in Figure 3.7. For more details see Chapters 3.5.1.1 bis 3.5.1.4

Die UNFCCC Reporting Guidelines fordern bei der Erstellung von Emissionsinventaren die Implementierung einer Qualitätskontrolle und –sicherung (QK/QS) in Anlehnung an die IPCC Good Practice Guidance (2000, 2003). Die Nationale Koordinierungsstelle (NaKo, Kapitel 1) des Umweltbundesamtes (UBA) hat das Qualitätssystem Emissionsinventare (QSE) zur Umsetzung der Anforderungen der UNFCCC und des IPCC an das Qualitätsmanagement eingerichtet. Das Handbuch des Qualitäts-Systems (QSE-Handbuch) spezifiziert die internationalen Anforderungen für das Nationale System Emissionsinventare (NaSE) in Deutschland. Es beschreibt das Konzept für einen regelkonformen Prozess der Erstellung von Emissionsinventaren.

Das Thünen-Institut als Teilnehmer des NaSE außerhalb der NaKo ist verpflichtet ein eigenes Qualitätsmanagement für die Emissionsinventarerstellung zu etablieren, das den Anforderungen des QSE gerecht wird (BMELV, 2012). Im Dokument „Ausführungsbestimmung zur Erstellung von Emissions- und Kohlenstoffinventaren und deren Qualitätsmanagement für den Bereich der Quellgruppen 4 und 5“ (vTI, 2012) steht beschrieben, wie die Anforderungen des QSE umgesetzt und durch weiter gehende detaillierte Regelungen ergänzt werden.

Der Ablauf einer Emissionsinventarerstellung und deren Qualitätskontrolle/-sicherung ist in Figure 3.7 dargestellt. Nähere Informationen sind in Kapitel 3.5.1.1 bis 3.5.1.4 zu finden.



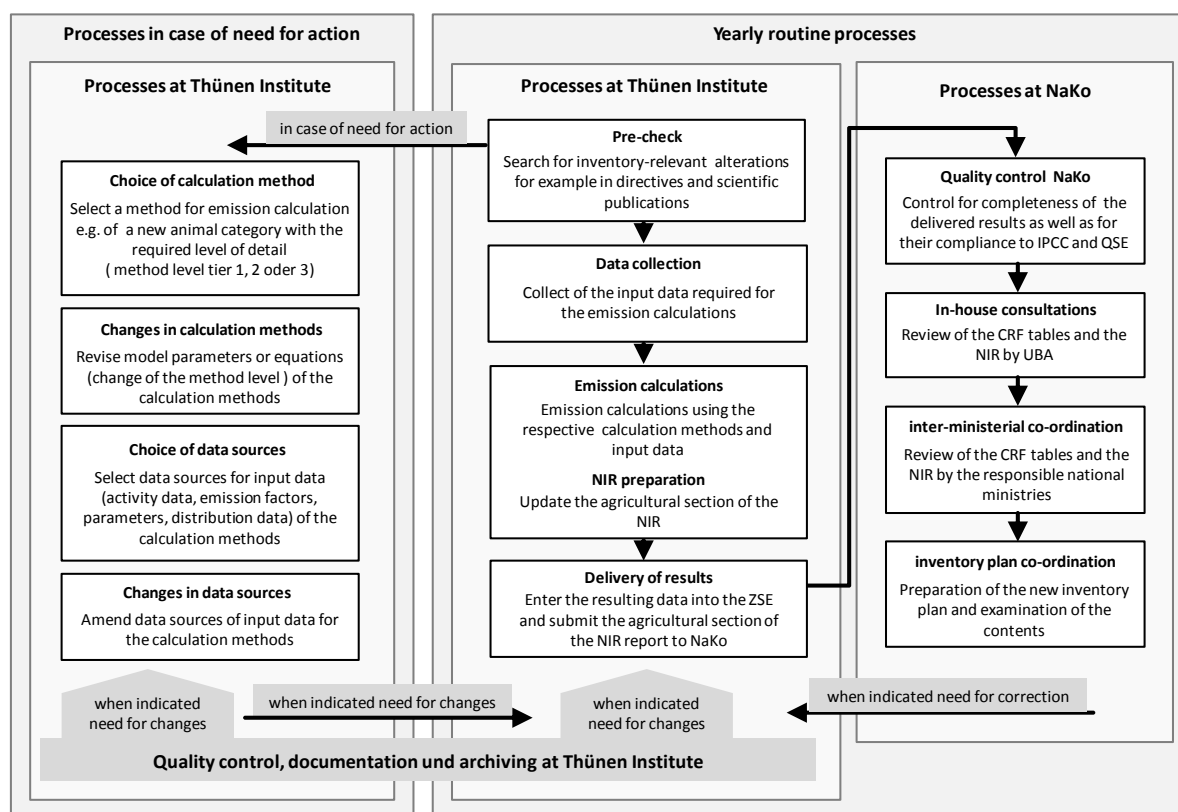


Figure 3.7: Processes and quality control/assurance of the emission inventory preparation at Thünen Institute

### 3.5.1.1 Qualitätskontrolle am Thünen-Institut

The quality control of the inventory preparation is based on several work steps subdivided in distinct tasks described in the document „Ausführungsbestimmung...“ (vTI, 2012), see Figure 3.7. Particularly relevant are tasks like comparisons and checks by specific calculations. The results of these tasks have to satisfy specific criteria of the achievement of objectives.

In this process the emission results calculated with the inventory model GAS-EM cannot be compared to other German emission results as such data sets are not available. Instead, for the relevant emission sources, international intercomparisons are made for the effective or implied emission factors (IEF) as well as the emission governing input data. These intercomparisons also include the IPCC default values of the respective entities. They are presented in the document at hand in the specific sub-chapters from Chapter 4 on.

For the various tasks relevant for the quality control the specific criteria of the achievement of objectives are defined in the document „Ausführungsbestimmung...“ (vTI, 2012). The execution of all tasks as well as the compliance with the criteria of achievement of objectives during the process of inventory implementation are surveyed by the responsible personnel with the help of the specific Thünen Institute checklists: Compliance with the criteria is either conformed or the non-compliance has to be justified.

Als Grundlage für die Qualitätskontrolle der Emissionsinventarerstellung dienen die im Dokument „Ausführungsbestimmung...“ (vTI, 2012) beschriebenen Aufgaben innerhalb der einzelnen Arbeitsschritte (Figure 3.7). Dabei sind vor allem Aufgaben wie Vergleiche und Kontrollrechnungen relevant, deren Ergebnisse bestimmte Kriterien der Zielerreichung erfüllen müssen.

Dabei können die mit dem Inventarmodell GAS-EM berechneten nationalen Emissionsergebnisse nicht mit anderen nationalen Daten verglichen werden, da vergleichbare Daten nicht vorliegen. Stattdessen wird für die relevanten Quellgruppen ein Vergleich der aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) sowie anderer emissionsrelevanter Größen mit IPCC-Defaultwerten und entsprechenden Daten benachbarter Staaten durchgeführt. Diese Vergleiche finden sich im vorliegenden Dokument in entsprechenden Unterkapiteln ab Kapitel 4.

Für die verschiedenen qualitätskontrollrelevanten Aufgaben sind spezifische Kriterien der Zielerreichung in der „Ausführungsbestimmung...“ (vTI, 2012) festgelegt. Die Erledigung aller Aufgaben sowie die Erfüllung der Kriterien der Zielerreichung wird mit den Checklisten des Thünen-Instituts während der Emissionsinventarerstellung von den zuständigen Mitarbeitern des Thünen-Instituts überprüft. Die Einhaltung dieser Kriterien wird jeweils bestätigt oder deren Nichteinhaltung begründet.

### 3.5.1.2 *Dokumentation und Archivierung*

The central place for the documentation of the QSE is the Inventory Description. The latter has a obligatory structure in which to store all the documents and information relevant for inventory preparation, inventory reconstruction and quality management. The Inventory Description of the inventories established at Thünen Institute is part of the Thünen internet platform “Treibhausgas-Wiki“ (Greenhouse Gas Wiki). This internet platform represents the central interface between Thünen Institute and NaKo as NaKo has full access to the internet platform. Thünen Institute and NaKo take care of periodical storing and archiving of the data.

Der zentrale Dokumentationsort des QSE ist die Inventarbeschreibung. Hier werden in einer vorgegebenen Struktur alle für die Erstellung und Rekonstruktion des Emissionsinventars sowie für das Qualitätsmanagement relevanten Informationen bzw. Dokumente abgelegt. Die Inventarbeschreibung für die Emissionsinventare am Thünen-Institut ist Teil der institutseigenen Internet-Plattform „Treibhausgas-Wiki“. Diese Internet-Plattform stellt die zentrale Schnittstelle zwischen dem Thünen-Institut und der NaKo dar, die vollen Zugriff auf diese Plattform besitzt. Durch das Thünen-Institut und die NaKo erfolgt eine regelmäßige Sicherung und Archivierung der Daten.

### 3.5.1.3 *Qualitätssicherung durch die NaKo*

The quality of data and methods used to prepare the inventory is also checked by NaKo with the help of checklists the so-called QSE checklists (QSE Guidebook, 2010, Chapters 1.3.3.1.4 and 22.1.2.1.11). The QSE checklists have to be used in parallel to the inventory preparation. These checklists, which entail criteria of the achievement of objectives, serve for survey and documentation of the successful implementation of the quality controls by the participants of the NaKo. Compliance with the criteria is either conformed or the non-compliance has to be justified. Any violation of these criteria leads to the definition of measures of improvement to be implemented during the inventory preparation by the participants of NaSE. The measures of improvement are administrated within the Inventory Plan which represents an additional tool for the quality assurance of the emission inventories. The contents of the Inventory Plan are based on the results of the QSE checklists, the measures of improvement addressed in Chapter 10 of the NIR, as well as the results of the various review procedures by UNFCCC and the EU commission. The Inventory Plan is updated in a permanent process and discussed in consultations with the NaSE participants.

Die Qualität der dem Inventar zugrunde liegenden Daten und Methoden wird von der NaKo ebenfalls mit Hilfe von Checklisten, den QSE-Checklisten, kontrolliert (QSE-Handbuch, 2010, Kapitel 1.3.3.1.4 und 22.1.2.1.11). Die QSE-Checklisten sind parallel zur Inventarerstellung auszufüllen. Sie dienen der Überprüfung und Dokumentation der erfolgreichen Durchführung der Qualitätskontrollen der Teilnehmer des NaSE und enthalten diverse Kriterien der Zielerreichung. Die Einhaltung dieser Kriterien wird bestätigt oder ihre Nichteinhaltung begründet. Nicht eingehaltene Kriterien führen zur Formulierung von Verbesserungsmaßnahmen. Die von den Teilnehmern des NaSE während der Emissionsinventarerstellung umzusetzenden Verbesserungsmaßnahmen werden im Inventarplan verwaltet, der damit ein weiteres Instrument zur Qualitätssicherung der Emissionsinventare darstellt. In die Erstellung des Inventarplans fließen die Ergebnisse der QSE-Checklisten, die in Kapitel 10 im NIR benannten Verbesserungsaktivitäten sowie die Ergebnisse der verschiedenen Reviewprozeduren der UNFCCC und der EU-Kommission ein. Der Inventarplan wird in einem fortlaufenden Prozess regelmäßig aktualisiert und mit den Teilnehmern des NaSE abgestimmt.

### 3.5.1.4 *Qualitätssicherung durch Externe*

After termination of inventory preparation, the complete German emission inventory is subject to additional checks carried out by NaKo: initial quality check, in-house consultations within the Federal Environment Agency, inter-ministerial co-ordination. After release of the emission inventory by NaKo the emission inventory is checked within a routine review process carried out by UNFCCC (Initial Check, S&A, Individual Review). In addition to the UNFCCC review the quality of the emission inventory is assured by a review process carried out by UNECE (Initial Check, S&A, In-depth Reviews).

If necessary, external experts (e.g. from KTBL) or the Ministry of Agriculture are consulted to evaluate the inventory.

Nach Fertigstellung durchläuft das gesamte deutsche Emissionsinventar weitere Überprüfungen durch die NaKo (initiale Qualitätskontrolle, Hausabstimmung im Umweltbundesamt, Ressortabstimmung). Nach der Freigabe des Emissionsinventars durch die NaKo tritt das Emissionsinventar in den routinemäßigen Reviewprozess unter UNFCCC (Initial Check, S&A, Individual Review) ein. Zusätzlich zu den UNFCCC-Reviews wird das Emissionsinventar durch den Reviewprozess unter UNECE (Initial Check, S&A, In-depth Reviews) qualitativ gesichert.

Je nach Bedarf werden vom Thünen-Institut externe Experten wie beispielsweise KTBL oder das BMELV zu Beurteilungen des Emissionsinventars hinzugezogen.

### 3.5.2 *Changes of methods and data with respect to the previous submission / Änderungen von Methoden und Daten gegenüber der vorherigen Berichterstattung*

This chapter compiles changes of methods and data resulting from improvements of the inventory as compared to the previous report (Haenel et al., 2012). The resulting changes in emissions are dealt with in Chapter 2.3.

#### **Structure of the report**

Chapters 1 to 3 were restructured. The previous Chapter 3.5 (verification) was extended to cover the quality management of the emission inventory at the Thünen Institute. The list of changes of methods and data hitherto provided in Chapter 1.3 can now be found as a subchapter within the chapter on quality management (Chapter 3.5.2).

Chapter 10.1.3 dealing with CO<sub>2</sub> emissions from urea application was omitted, as these emissions are not reported any more.

A list of abbreviations and acronyms was generated and inserted after the list of tables.

#### **Chapter 3.3.4.3.1 Emissions of N species from manure management, Tier 3 methodology**

The N<sub>2</sub>O emission factor for “chaff on slurry” was changed from 0.000 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O-N to 0.005 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O-N which is the worst case value representing slurry with natural crust. However, the frequency of this storage type is so low that the results of this change are concealed by the results of the other updates within the emission calculations.

A national N<sub>2</sub>O emission factor for the storage of solid manure of mammals was introduced. It amounts to 0.013 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O-N and exceeds the IPCC (2006) default factor of 0.005 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O-N previously used by far. As a consequence, increased N<sub>2</sub>O emissions from solid manure systems result.

In former emission reporting submissions (including that of 2012) the emissions of N<sub>2</sub>O-N, NO-N and N<sub>2</sub> from storage had been subtracted from the TAN pool alone. With this method, the introduction of the new and markedly higher N<sub>2</sub>O emission factor for solid manure storage in submission 2013 in some cases led to negative TAN amounts for the field application of solid manure. In order to avoid this problem, from submission 2013 onwards the nitrogen emitted with N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> is subtracted from the TAN and N<sub>org</sub> pools proportionally to the contents of the pools. Nitrogen emitted with NH<sub>3</sub> is still subtracted from the TAN pool only. This methodological modification was introduced consistently for all types of manure. It leads to NH<sub>3</sub> emissions from manure spreading that are slightly increased when compared with the emissions in submission 2012.

#### **Chapter 3.3.4.3 Air scrubbers (pigs)**

The percentage share of pig places that was equipped with air scrubbers was updated for the year 2010. The previous report made use of respective animal numbers as of 2007, as the 2010 data were not available yet.

Dieses Kapitel fasst die Änderungen von Methoden und Daten zusammen, die zur Verbesserung des Inventars gegenüber der vorherigen Berichterstattung (Haenel et al., 2012) vorgenommen wurden. Zu den damit verbundenen Änderungen der Emissionen siehe Kapitel 2.3.

#### **Struktur des Berichtes**

Kapitel 1 bis 3 wurden neu strukturiert. Das bisherige Kapitel 3.5 über die Verifizierung wurde zu einem Kapitel über das Qualitätsmanagement der Emissionsinventarerstellung am Thünen-Institut erweitert. Die im bisherigen Kapitel 1.3 zu findende Auflistung der Änderungen bei Methoden und Daten ist jetzt ein Unterkapitel des Qualitätsmanagementskapitels (Kapitel 3.5.2).

Das bisherige Kapitel 10.1.3 entfiel ersatzlos, da CO<sub>2</sub> aus der Harnstoff-Anwendung nicht mehr berichtet wird.

Es wurde ein Abkürzungsverzeichnis erstellt, das nach dem Tabellenverzeichnis zu finden ist.

#### **Kapitel 3.3.4.3.1 Emissionen von N-Spezies aus dem Wirtschaftsdünger-Management, Stufe-3-Methode**

Der N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor für den Lagertyp „Häcksel auf Gülle“ wurde geändert (früher null, jetzt als worst-case-Annahme auf den Wert für „natürliche Schwimmdecke“ gesetzt: 0,005 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O-N). Aufgrund der relativ geringen Häufigkeit des Lagertyps „Häcksel auf Gülle“ wurde die Wirkung dieser Änderung durch die Wirkung anderer Aktualisierungen in der Emissionsberechnung überdeckt.

Für die Lagerung von Festmist von Säugetieren wurde ein nationaler N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor eingeführt, der mit 0,013 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O-N erheblich höher als der bisher verwendete IPCC (2006)-Standardwert von 0,005 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O-N ist. Als Folge ergaben sich entsprechend erhöhte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Festmistsystemen.

Bis zur Berichterstattung 2012 einschließlich wurden N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Bereich Stall/Lager allein vom TAN-Pool subtrahiert. Durch die Einführung des neuen, erheblich höheren nationalen N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors für Festmistlagerung zur Berichterstattung 2013 ergab sich, dass damit negative TAN-Mengen bei der Mist-Ausbringung auftreten konnten. Um dies zu verhindern, wird von Berichterstattung 2013 an das als N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> emittierte N anteilmäßig von TAN-Pool und N<sub>org</sub>-Pool subtrahiert (proportional zum Inhalt der Pools). Als NH<sub>3</sub> emittierter Stickstoff wird weiterhin nur vom TAN-Pool subtrahiert. Diese Änderung, die konsistenterweise für alle Wirtschaftsdüngerarten eingeführt wurde, verursacht im Vergleich mit der Berichterstattung 2012 leicht erhöhte NH<sub>3</sub>-Emissionen bei der Ausbringung.

#### **Kapitel 3.3.4.3 Abluftreinigungsanlagen (Schweine)**

Die prozentualen Anteile von Schweinetierplätzen, die 2010 mit Abluftreinigungsanlagen ausgestattet waren, wurden aktualisiert. Im Vorjahresbericht wurden noch Tierzahlen von 2007 herangezogen, da die Tierzahlen von 2010 noch nicht verfügbar waren.

#### **Chapter 4 to 9 (animal husbandry)**

For all mammals that spend a certain time on pasture, the uncertainties connected to the description of grazing were updated (decreased uncertainties of the N excretions, increased uncertainties of the emission factors involved). As the share of emissions from grazing is small, these changes are of no consequence with respect to the uncertainties of the  $\text{NH}_3$  emissions (both the amount and the trend).

For straw-based systems the data on N input with bedding material and the resulting amount of TAN were corrected in the report at hand (see e. g. Table 4.18). The respective data listed in the last-year report did not take into account that the emission reporting submission 2012 had been based on an updated N content of bedding material (0,0058 instead of 0.005  $\text{kg kg}^{-1}$ , related to dry mass). However, the emission calculations had been carried out with the correct data of N content and TAN.

#### **Chapter 4 Cattle**

In the present submission the national value for the maximum methane producing capacity  $B_0$  ( $0.23 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ ) was used for the first time for all cattle. It replaces the hitherto used IPCC default values of  $0.24 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$  for dairy cows and of  $0.18 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$  for other cattle. At the same time national methane conversion factors MCF were introduced. These are in accordance with the IPCC default values for  $10^\circ\text{C}$  which is the typical level of annual mean temperatures in Germany. As the mean maximum methane producing capacity of all cattle increased the  $\text{CH}_4$  emissions from the storage of cattle manure increased as well.

A transcription error was corrected for the storage of leachate ("Jauche"). The correct factor is  $0.013 \text{ kg kg}^{-1}$  rather than  $0.014 \text{ kg kg}^{-1}$ . This results in slightly reduced  $\text{NH}_3$  emissions.

For the first time, the submission 2013 takes anaerobic digestion of cattle slurry into account. This also covers the storage and application of digestion residues. As data on the respective shares of cattle subcategories could not be obtained, all cattle slurry digested was treated as dairy cow slurry.

As a result of anaerobic digestion, greenhouse gas emissions fall below those emitted from conventional storage. As the storage tanks for digested slurries are airtight,  $\text{NH}_3$  emissions are also reduced in comparison to the average of other storage systems. (The  $\text{NH}_3$  emissions from the application of digested slurries were calculated using the same emission factor as for undigested slurries.)

The uncertainties of cattle numbers were updated. This had only a minor effect on the total uncertainty of the German GHG and  $\text{NH}_3$  emission inventory.

#### **Kapitel 4 bis 9 (Tierhaltung)**

Bei allen Säugetier-Kategorien mit Weidegang wurde die Unsicherheiten beim Weidegang aktualisiert (geringere Unsicherheit bei der N-Ausscheidung, höhere Unsicherheit beim  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor). Aufgrund des geringen  $\text{NH}_3$ -Emissionsbeitrages aus dem Weidegang insgesamt ist die Auswirkung dieser Änderungen auf die Unsicherheit in Höhe und Trend des  $\text{NH}_3$ -Inventars praktisch ohne Bedeutung.

Bei Festmissystemen wurden im vorliegenden berichtsband die Angaben zum N-Eintrag durch Einstreu und die daraus resultierende TAN-Menge korrigiert (z. B. Table 4.18). Die bisherigen Angaben berücksichtigten nicht, dass zur Berichterstattung 2012 der N-Gehalt der Einstreu von 0,005 auf  $0,0058 \text{ kg kg}^{-1}$  (bezogen auf Trockenmasse) angehoben wurde. Die Emissionsberechnungen erfolgten allerdings mit korrektem N- und TAN-Gehalt.

#### **Kapitel 4 Rinder insgesamt**

Für die maximale Methan-Bildungsrate  $B_0$  wurde für alle Rinder ab der vorliegenden Submission erstmalig ein nationaler Wert von  $0,23 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$  verwendet. Er ersetzt die bisher verwendeten IPCC-Defaultwerte  $0,24 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$  (Milchkühe) und  $0,18 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$  (übrige Rinder). Parallel dazu wurden nationale Methanumwandlungsfaktoren MCF eingeführt. Diese entsprechen den bisherigen IPCC-Defaultwerten für  $10^\circ\text{C}$  (dem vorherrschenden Niveau der Jahresmitteltemperatur in Deutschland). Durch die im Mittel über alle Rinder nun höhere Methan-Bildungsrate  $B_0$  ergab sich insgesamt ein Anstieg der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus der Lagerung von Rinder-Wirtschaftsdünger.

Bei den Rindern wurde beim Emissionsfaktor für die Lagerung von Jauche ein Übertragungsfehler korrigiert: Der korrekte Wert lautet  $0,013 \text{ kg kg}^{-1}$  statt  $0,014 \text{ kg kg}^{-1}$ . Dies führte zu einer geringfügigen Verminderung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen.

Erstmalig wurde mit der Submission 2013 die anaerobe Vergärung von Rindergülle einschließlich der Lagerung und Ausbringung der Gärreste berücksichtigt. Da keine Daten über die Anteile der verschiedenen Rinderkategorien verfügbar waren, wurde die gesamte zur Vergärung gelangende Rindergülle als Milchkuhgülle betrachtet.

Die Treibhausgasemissionen aus Vergärung und Gärrestelagerung sind geringer als bei herkömmlicher Güllelagerung. Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen sind aufgrund der teilweise gasdichten Gärreste-Lagerung ebenfalls niedriger als im Durchschnitt aller anderen Lagerverfahren. (Die Emissionen bei der Ausbringung wurden mit den gleichen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren wie bei der unvergorenen Gülle berechnet.)

Die Unsicherheiten der Rinder-Tierzahlen wurden aktualisiert. Die Auswirkung auf die Gesamtunsicherheit des deutschen THG-Inventars und des  $\text{NH}_3$ -Inventars war geringfügig.

### Chapter 4.3 Dairy cows

In order to avoid errors originating from rounding, the data for milk yields and 2008 and 2009 used previously were replaced by officially reported annual totals. They had previously been derived from monthly milk yields. The effect of this update on the national scale is marginal.

For 2010, the milk yield was updated. In the 2012 submission the milk yield of 2009 had been used. The present yield is higher which leads - inter alia - to higher energy requirements and feed intake rates.

The time span during which a cow is considered a dairy cow, was updated. Transcription errors for the final weights achieved in Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt and Thüringen for 1990 were corrected. For 1990, this resulted in a noticeably increased GE intake, whereas slight reductions and increases of the GE intake rates were calculated.

From now on, CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation of dairy cows are calculated using a national approach. Emission factor and methane conversion rate are now functions of animal performance and feeding: In the early 1990s the methane conversion factor is about 0.07 MJ MJ<sup>-1</sup>; it decreases by about 10 % in the following two decades due to the fact that increased milk yields necessitated increased shares of concentrates in the feed.

The N input of dairy cows into the manure management system now completely takes into account the contribution of hair and skin shed. As a result, the share of N<sub>org</sub> in the total N input increases by 0.1 %. The share of TAN decreases by the same share. This results in slightly reduced NH<sub>3</sub> emissions.

The share of TAN transferred from the house to the storage system was hitherto calculated from the N inputs with faeces and urine. From now on the calculation of the share of TAN includes the N<sub>org</sub> derived from shed dandruff and hair. This had no impact on the results obtained for NH<sub>3</sub> emissions as these depend on the absolute amount of TAN which was not affected by the modification mentioned before.

For the first time, the anaerobic digestion of cattle slurry is taken into account. See also the above note on changes in Chapter 4 (Cattle).

### Chapter 4.5 Heifers

Up to the 2012 submission, female cows for slaughtering were included in the subcategory "heifers". In accordance with official German statistics, the present 2013 submission attributes them to the subcategory "suckler cows". Hence the number of heifers is reduced in comparison to the 2012 submission, and subsequently also the overall emissions from heifers. However, this reduction is more than compensated for by the increase of emissions from the subcategory "suckler cows".

The data set describing the lifespan as heifer is updated. Transcription errors for the final weights achieved in Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt and Thüringen for 1990 were corrected. Only minor changes resulted from this updating process.

### Kapitel 4.3 Milchkühe

Die Daten für die Milchleistung 2008 und 2009 auf Bundeslandebene, die bislang aus durchschnittlichen monatlichen Milchleistungen berechnet wurden, wurden durch die amtlichen Jahreswerte ersetzt, um den Einfluss von Rundungsfehlern zu reduzieren. Die Auswirkung dieser Datenaktualisierung auf Bundesebene war gering.

Für 2010 wurde die in der Submission 2012 von 2009 übernommene Milchleistung aktualisiert. Der aktuelle Wert ist höher, woraus u. a. eine erhöhte Energie- und Futter-Aufnahme folgte.

Die Daten zur Lebenszeit als Milchkuh wurden aktualisiert, sowie ein Fehler beim Endgewicht für Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen im Jahr 1990 korrigiert. Dies führte für 1990 zu einem merklichen Anstieg der GE-Aufnahme, während in den nachfolgenden Jahren leichte Zu- und Abnahmen der GE-Aufnahme zu verzeichnen waren.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung der Milchkühe werden ab sofort mit einem nationalen Verfahren berechnet. Emissionsfaktor und Methanumwandlungsfaktor sind dabei von der Leistung und Fütterung abhängig. Der Umwandlungsfaktor liegt damit Anfang der 1990er Jahre bei ca. 0,07 MJ MJ<sup>-1</sup>, und fällt im Verlaufe von 20 Jahren um rund 10 %. Höhere Milchleistungen seit 1990 bedingen höhere Kraftfutteranteile.

Beim N-Eintrag der Milchkühe ins Wirtschaftsdünger-Management erfolgte die vollständige Berücksichtigung des N-Eintrags durch Haut und Haaren. Als Folge erhöhte sich der N<sub>org</sub>-Anteil an der N-Gesamtmenge in der Größenordnung von 0,1 % und der TAN-Anteil sank im gleichen Maße (mit der Folge einer geringfügig verringerten NH<sub>3</sub>-Emission).

Der relative TAN-Gehalt des aus dem Stall ins Lager gebrachten Wirtschaftsdüngers wurde bislang nur aus N in Kot und Urin berechnet. Ab der vorliegenden Submission wird der relative TAN-Gehalt unter Berücksichtigung des organischen N aus abgeschüttelten Hautschuppen und Haaren berechnet. Die NH<sub>3</sub>-Emissionsergebnisse wurden dadurch nicht beeinflusst, da von der absoluten TAN-Menge abhängen, die nicht verändert wurde.

Erstmals wurde mit der Submission 2013 die anaerobe Vergärung von Gülle berücksichtigt, siehe obigen Änderungsvermerk für Kapitel 4 (Rinder).

### Kapitel 4.5 Färsen

Die bis zur Submission 2012 einschließlich zu den Färsen gerechneten Schlacht- und Mastkühe werden ab der vorliegenden Submission 2013 der Zählweise des Statistischen Bundesamtes entsprechend der Kategorie der Mutterkühe zugeordnet. Dadurch verringerte sich die Tierzahl der Inventar-Kategorie „Färsen“ gegenüber der Submission 2012 und damit auch die Gesamtemissionen aus der Kategorie der Färsen. (Diese Emissionsabnahme wurde allerdings durch eine parallele Emissionszunahme aus der Kategorie „Mutterkühe“ überkompensiert.)

Die Daten zur Lebenszeit als Färse wurden aktualisiert sowie ein Fehler beim Endgewicht für Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen im Jahr 1990 korrigiert. Für die übrigen Jahre waren die Auswirkungen der Aktualisierung geringfügig.

#### **Chapter 4.7 Suckler cows**

Up to the 2012 submission, female cows for slaughtering were included in the subcategory “heifers”. In accordance with official German statistics, the present 2013 submission attributes them to the subcategory “suckler cows”. Hence the number of suckler cows is increased in comparison to the 2012 submission, and subsequently also the overall emissions from this subcategory. This increase is not compensated for by the decrease of emissions from the subcategory “heifers”.

#### **Chapter 5 Pigs**

A national maximum methane production capacity  $B_0$  of  $0.30 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$  was established for pigs. In the present submission 2013 this value was used for the first time for all pig subcategories. It replaces the previously used IPCC default value of  $0.45 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ . In addition, national methane conversion factors  $MCF$  were derived and replace the previously used IPCC default values. However, the national values cannot be provided as temperature dependent entities. For  $10^\circ \text{C}$  (which is the prevalent level of annual mean temperatures in Germany) the product of national  $B_0$  and national  $MCF$  matches the respective product of IPCC default values. Hence, the effect of the above mentioned modifications on the  $\text{CH}_4$  emissions from manure management is negligible.

For the first time, the submission 2013 takes into account the anaerobic digestion of pig slurry. As data on the respective shares of pig subcategories could not be obtained, all pig slurry digested was treated as slurry from fattening pigs.

As a result of anaerobic digestion, greenhouse gas emissions fall below those emitted from conventional storage. As the storage tanks for digested slurries are airtight,  $\text{NH}_3$  emissions are also reduced in comparison to the average of other storage systems. (The  $\text{NH}_3$  emissions from the application of digested slurries were calculated using the same emission factor as for undigested slurries.)

The uncertainties of pig animal numbers were updated. This had no significant effect on the overall uncertainties of the German GHG and  $\text{NH}_3$  emission inventories.

#### **Kapitel 4.7 Mutterkühe**

Die bis zur Submission 2012 einschließlich zu den Färsen gerechneten Schlacht- und Mastkühe werden ab dem vorliegenden Submission 2013 der Zählweise des Statistischen Bundesamtes entsprechend der Kategorie der Mutterkühe zugeschlagen. Dadurch erhöhte sich die Tierzahl der Inventar-Kategorie „Mutterkühe“ gegenüber der Submission 2012 und damit auch die Gesamtemissionen aus dieser Kategorie. (Dieser Emissionsanstieg wurde durch die parallele Emissionsabnahme in der Kategorie „Färsen“ nicht kompensiert.)

#### **Kapitel 5 Schweine insgesamt**

Für die maximale Methan-Bildungsrate  $B_0$  wurde für alle Schweine ab der vorliegenden Submission erstmalig ein nationaler Wert von  $0,30 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$  verwendet. Er ersetzt den bisher verwendeten IPCC-Defaultwert  $0,45 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ . Parallel dazu ersetzen nationale Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  die bislang verwendeten IPCC-Defaultwerte; im Gegensatz zu den IPCC-Defaultwerten konnten die nationalen Werte aber nicht temperaturabhängig definiert werden. Die Produkte aus nationalem  $B_0$  und nationalen  $MCF$  entsprechen für  $10^\circ \text{C}$  (dem vorherrschenden Niveau der Jahresmitteltemperatur in Deutschland) den entsprechenden Produkten der IPCC-Defaultwerte. Daher war die Auswirkung der vorgenannten Modifikation auf die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Wirtschaftsdüngerlagerung vernachlässigbar.

Erstmalig wurde mit der Submission 2013 die anaerobe Vergärung von Schweinegülle mit Lagerung und Ausbringung der Gärreste berücksichtigt. Da keine Daten über die Anteile der verschiedenen Schweinekategorien verfügbar waren, wurde die gesamte vergorene Schweinegülle als Mastschweinegülle betrachtet.

Die Treibhausgasemissionen aus Vergärung und Gärrestelagerung waren geringer als bei herkömmlicher Güllelagerung. Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen waren dagegen höher als im Durchschnitt aller anderen Lagerverfahren, da der Anteil gasdichter Lagerung der Gärreste vergleichsweise niedrig ist. (Die Ausbringung erfolgt mit den gleichen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren wie bei der unvergorenen Gülle.)

Die Unsicherheiten der Schweine-Tierzahlen wurden aktualisiert. Die Auswirkung auf die Gesamtunsicherheit des deutschen THG-Inventars und des  $\text{NH}_3$ -Inventars war geringfügig.

### **Chapter 5.3 Sows**

The time series describing the number of piglets per sow on the level of federal states could be updated in parts. This affected both the energy requirements and the feed intake.

The input data for the digestibility and metabolizability of sows' feeds were restricted to 5 digits rather than the 14 digits used previously which were the consequence of a calculation process. The effect on the resulting emissions were almost negligible.

In submission 2012, due to transcription errors the module calculating the effect of air scrubbers had been driven in all years 1990 - 2010 with the data of 1990. As a consequence the air scrubber efficiency was ZERO for all years. As an example, using the correct data led to a reduction of  $\text{NH}_3$  emissions of about  $1.2 \text{ Gg a}^{-1}$  on the national level for the year 2010.

For 2010 and Niedersachsen, a transcription error was identified and corrected for feeds with reduced N contents (RAM feeds) for sows and fattenig pigs. The correction of this error resulted in an increase of the national  $\text{NH}_3$  emission of about  $0.6 \text{ Gg a}^{-1}$ .

### **Chapter 5.5 Fattening pigs**

The time series of animal weights and weight gains could be updated in parts, as new data sets became available.

Transcription errors that had been identified in connection with air scrubbers and N reduced feeds were eliminated (see details on changes as described in Chapter 5.3 for sows).

For the first time, anaerobic digestion of slurry was considered in the 2013 submission, see also the notice on changes for Chapter 5 (pigs).

### **Chapter 5.6 Breeding boars**

Input data describing digestibility and metabolizability of boar feed (which equals feed A for sows) were adjusted to the updated data for sows (see details on changes as described in Chapter 5.3 for sows). The effect on emissions was very small.

### **Chapter 6 Sheep and goats**

The uncertainty of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor from manure management was updated (increased uncertainty) in order to reflect the comparatively large uncertainty of the new national emission factors for solid manures in general. As the animal numbers in these subcategories are small, the effect on the uncertainty of the overall GHG emissions was negligible.

### **Chapter 7 Horses, asses and mules**

The uncertainty of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor from manure management was updated (increased uncertainty) in order to reflect the comparatively large uncertainty of the new national emission factors for solid manures in general. As the animal numbers in these subcategories are small, the effect on the uncertainty of the overall GHG emissions was negligible.

### **Kapitel 5.3 Sauen**

Die Zeitreihen für die Anzahl der Saugferkel pro Sau auf Bundeslandebene konnten teilweise aktualisiert werden. Dies wirkte sich auf den Energiebedarf und die Futteraufnahme aus.

Die Eingabedaten für Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit des Sauenfutters wurden auf 5 Dezimalstellen begrenzt (bisher 14, resultierend aus der Berechnung dieser Angaben aus Futterkennwerten). Die Auswirkung auf die Emissionsergebnisse waren sehr gering.

Die Berücksichtigung von Abluftreinigungsanlagen erfolgte in Submission 2012 durch Übertragungsfehler in allen Jahren 1990 – 2010 mit Daten des Jahres 1990. Das führte effektiv dazu, dass für alle Jahre der Zeitreihe die Abluftreinigungseffizienz bei NULL lag. Die Fehlerkorrektur führte z. B. für 2010 zu einer Verringerung der  $\text{NH}_3$ -Emission auf nationaler Ebene von ca.  $1,2 \text{ Gg a}^{-1}$ .

Für das Jahr 2010 wurde ein Übertragungsfehler bei der N-angepassten Fütterung von Sauen und Mastschweinen in Niedersachsen korrigiert. Die Beseitigung dieses Übertragungsfehlers führte zu einer Zunahme der nationalen  $\text{NH}_3$ -Emission um ca.  $0,6 \text{ Gg a}^{-1}$ .

### **Kapitel 5.5 Mastschweine**

Die Zeitreihen der Tiergewichte und die Gewichtszuwächse konnten mit Hilfe neu verfügbarer Daten in Teilen aktualisiert werden.

Bei der Berücksichtigung von Abluftreinigungsanlagen und N-angepasster Fütterung wurden Übertragungsfehler beseitigt (siehe dazu Änderungsdetails zu Kapitel 5.3, Sauen).

Erstmalig wurde mit der Submission 2013 die anaerobe Vergärung von Gülle berücksichtigt, siehe obigen Änderungsvermerk für Kapitel 5 (Schweine).

### **Kapitel 5.6 Zuchteber**

Die Eingabedaten für Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit des Futters, das dem Sauenfutter A entspricht, wurde den aktualisierten Werten bei den Sauen angepasst (siehe Änderungsdetails zu Kapitel 5.3, Sauen). Die Auswirkung auf die Emissionsergebnisse war sehr gering.

### **Kapitel 6 Schafe und Ziegen**

Die Unsicherheit für den  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor aus dem Wirtschaftsdünger-Management wurde aktualisiert (erhöht), um die relativ hohe Unsicherheit des neuen nationalen Emissionsfaktors für Festmistlagerung zu berücksichtigen. Die Auswirkung auf die Gesamtunsicherheit des THG-Inventars war wegen der geringen Bedeutung der Tierkategorie für die Gesamtemission vernachlässigbar.

### **Kapitel 7 Pferde, Esel und Maultiere**

Die Unsicherheit für den  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor aus dem Wirtschaftsdünger-Management wurde aktualisiert (erhöht), um die relativ hohe Unsicherheit des neuen nationalen Emissionsfaktors für Festmistlagerung zu berücksichtigen. Die Auswirkung auf die Gesamtunsicherheit des THG-Inventars war wegen der geringen Bedeutung der Tierkategorie für die Gesamtemission vernachlässigbar.

## **Chapter 9 Poultry**

Changes in mean animal weights of poultry as compared to submission 2012 result from updated final weights of broilers from 2000 onwards (see modification note for Chapter 9.5).

The uncertainty of poultry animal numbers was updated (reduced). The effect on the uncertainty of the overall GHG and NH<sub>3</sub> emission inventories was small.

### **Chapter 9.3 Laying hens**

The preliminary data estimated for animal and egg weights in the 2012 submission for 2010 were replaced by data originating from performance contests. The effects on the emissions (a slight reduction as compared to the 2012 submission) was very small.

### **Chapter 9.4 Pullets**

The preliminary data estimated for animal weights (final weights) in the 2012 submission for 2010 were replaced by the initial weights of laying hens originating from performance contests. The effects on the emissions (a slight reduction as compared to the 2012 submission) was very small.

A transcription error was identified for the emission factor for NH<sub>3</sub> emissions from the house, and was duly corrected. This led to a minor increase of NH<sub>3</sub> emissions from the house. The effect was compensated by a small increase in turkey production stemming from the update of the respective emissions factor for turkeys.

### **Chapter 9.5 Broilers**

The 2010 overall meat production from broilers had been estimated by extrapolation in the 2012 submission. This value was replaced as official data were available meanwhile indicating higher values. As a result the emissions now reported for 2010 exceed those calculated in the 2012 submission.

Final weights of broilers were updated for the years from 2000 onwards. These data were calculated with an improved methodology to estimate the German gross production of broiler meat (derived in accordance with the Statistisches Bundesamt (Federal Statistical Office)).

### **Chapter 9.8 Turkeys**

The transformation of the animal-place-related NH<sub>3</sub> emission factors for housing provided by the KTBL "Working group on emission factors in animal husbandry" to excretion-related emission factors has been improved. This led to a slight reduction of NH<sub>3</sub> emissions from the house. However, this was compensated by the correction of a transcription error in the respective factor for pullets.

## **Kapitel 9 Geflügel insgesamt**

Die Änderungen des mittleren Geflügelgewichtes gegenüber Submission 2012 sind Folge aktualisierter Endgewichte von Masthähnchen und -hühnchen ab 2000 (siehe Veränderungsvermerk zu Kapitel 9.5).

Die Unsicherheit der Geflügel-Tierzahlen wurde aktualisiert (verringert). Die Auswirkung auf die Gesamtsicherheit des deutschen THG-Inventars und des NH<sub>3</sub>-Inventars war geringfügig.

### **Kapitel 9.3 Legehennen**

Die in Submission 2012 für 2010 angesetzten vorläufigen Daten zu Tier- und Eigewichten wurden durch Daten aus einer Legeleistungsprüfung ersetzt. Die Auswirkung auf das Emissionsergebnis (Abnahme der Emissionen gegenüber Submission 2012) war sehr gering.

### **Kapitel 9.4 Junghennen**

Der in Submission 2012 für 2010 angesetzten vorläufige Wert für das Endgewicht als Junghenne wurde durch das Legehennen-Aufstallungsgewicht aus einer Legeleistungsprüfung ersetzt. Die Auswirkung auf das Emissionsergebnis (Abnahme der Emissionen gegenüber Submission 2012) war sehr gering.

Bei den Junghennen wurde ein Übertragungsfehler beim NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für den Stall korrigiert. Dies führt zu einer leichten Erhöhung der NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Stall, die aber durch eine Überarbeitung des entsprechenden Emissionsfaktors bei den Puten weitgehend kompensiert wurde.

### **Kapitel 9.5 Masthähnchen und -hühnchen**

Die in Submission 2012 für 2010 durch Extrapolation geschätzte Brutto-Schlachtfleischproduktion wurde durch den inzwischen verfügbaren, merklich höheren Wert für 2010 ersetzt. Als Konsequenz ergaben sich in der aktuellen Submission gegenüber der Submission 2012 erhöhte Emissionen für 2010.

Die Mastendgewichte wurden ab dem Jahr 2000 aktualisiert. Dies erfolgte mit einem in Abstimmung mit dem Statistischen Bundesamt verbesserten Verfahren zur Schätzung der Bruttoschlachtfleischmenge von Masthähnchen und -hühnchen.

### **Kapitel 9.8 Puten**

Die Umrechnung der durch die KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ angegebenen platzbezogenen Stall-NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren auf ausscheidungsbezogene Emissionsfaktoren wurde verbessert. Dies führte zu einer leichten Abnahme der NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Stall, die aber durch eine Überarbeitung des entsprechenden Emissionsfaktors bei den Junghennen kompensiert wurde.



### **Chapter 10.1 Mineral fertilizer**

The uncertainty of the amounts of mineral fertilizers was updated. Present assumptions are 1 % rather than the 10 % used before. This resulted in a reduction of the overall uncertainty in the  $\text{NH}_3$  inventory (both amount and trend). The effect on the overall uncertainty of the GHG inventory was negligible.

The uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission factor was updated and halved. This modification takes into account that the previously used uncertainty from EMEP (2009) is not the standard error but the 95 % confidence interval. The effect of the modification on the overall uncertainty of the German  $\text{NH}_3$  inventory was significant and led to a reduction of about one fifth of the overall uncertainty of the total emissions.

### **Chapter 10.3 Sewage sludge**

The amounts of sewage sludge applied in 2010 were updated (amounts increased). This results in a slight increase in N inputs into soils.

### **Chapter 10.4 Histosols**

The area data of cultivated histosols was updated. The differences between the present and the 2012 submission and the resulting changes in  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils were small.

The uncertainty of the areas of cultivated histosols was updated (it decreased). The effects on the overall uncertainty of the German GHG inventory were negligible.

### **Chapter 11.1 Biological N fixation**

The uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission factor was corrected; a misinterpretation of the EMEP guidebook was put right. This resulted in an uncertainty 20 times higher than the previously used value. Due to the small contribution of biological N fixation to the total emissions, the effect on the overall uncertainty of the German emission inventory was minimal.

### **Chapter 11.2 Grazing**

The uncertainty of the amounts of N excreted during grazing was updated (decreased). The effect on the overall uncertainties of the German GHG and  $\text{NH}_3$  inventories was very small.

### **Chapter 13.5 Uncertainty of $\text{NH}_3$ EF**

The uncertainties of the  $\text{NH}_3$  emission factors for manure management of the various animal categories was updated as a result of updated input parameters. The effect on the overall uncertainty of the German  $\text{NH}_3$  inventory is negligible.

### **Kapitel 10.1 Mineraldünger**

Die Unsicherheitsangabe für die Mineraldüngermenge wurde aktualisiert (jetzt 1 % statt 10 %). Als Folge ergab sich eine Verringerung der Gesamtunsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Inventars in Höhe und Trend. Die Auswirkung auf die Gesamtunsicherheit des deutschen THG-Inventars war vernachlässigbar.

Die Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors wurde aktualisiert (halbiert), um dem Umstand Rechnung zu tragen, dass der verwendete Unsicherheitswert von EMEP (2009) nicht den Standardfehler, sondern das halbe 95 %-Konfidenzintervall repräsentiert. Die Auswirkung auf die Gesamtunsicherheit des deutschen  $\text{NH}_3$ -Inventars war erheblich (Abnahme um rund ein Fünftel bei der Unsicherheit der Höhe der Gesamtemissionen).

### **Kapitel 10.3 Klärschlamm**

Die 2010 mit Klärschlämmen ausgebrachte N-Menge wurde aktualisiert (erhöht). Dies führte 2010 zu einer geringfügigen Erhöhung des N-Input in den Boden.

### **Kapitel 10.4 Organische Böden**

Die Flächen der organischen Böden wurden gegenüber Submission 2012 aktualisiert. Diese Änderungen und damit die daraus resultierenden Auswirkungen auf die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden waren gering.

Die Unsicherheit der Flächen der organischen Böden wurde aktualisiert (verringert). Die Auswirkung auf die Gesamtunsicherheit des deutschen THG-Inventars war vernachlässigbar.

### **Kapitel 11.1 Biologische N-Fixierung**

Bei der Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors wurde eine Fehlinterpretation des EMEP-Textes korrigiert. Dadurch stieg die Unsicherheit auf das Zwanzigfache des ursprünglich verwendeten Wertes. Dennoch war die Auswirkung auf die Gesamtunsicherheit der Höhe des deutschen  $\text{NH}_3$ -Inventars wegen der geringen Bedeutung der Emissionsquelle vernachlässigbar.

### **Kapitel 11.2 Weidegang**

Die Unsicherheit der auf der Weide anfallenden N-Menge wurde aktualisiert (verringert). Die Auswirkung auf die Gesamtunsicherheit des deutschen THG-Inventars und des  $\text{NH}_3$ -Inventars ist geringfügig.

### **Kapitel 13.5 Unsicherheit des $\text{NH}_3$ -EF**

Die Unsicherheiten für die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren des Wirtschaftsdünger-Managements der verschiedenen Tierkategorien wurden unter Berücksichtigung aktueller Eingangsdaten neu berechnet. Die Auswirkung auf die Gesamtunsicherheit des deutschen  $\text{NH}_3$ -Inventars ist vernachlässigbar.



Table 4.1 illustrates that all animal subcategories for which weight gain is an important feature are included adequately with respect to their weights and age.

The animal numbers used and their derivation as well as the animal weights are explained in the respective subchapters of the subsequent animal category chapters.

Table 4.1 veranschaulicht, dass bei den Tierkategorien, bei denen die Gewichtszunahme eine Rolle spielt, alle Gewichtsbereiche und Lebensalter erfasst sind.

Die verwendeten Tierzahlen bzw. ihre Berechnung sowie die Tiergewichte werden in den entsprechenden Unterkapiteln der einzelnen Tierkategorien erläutert.

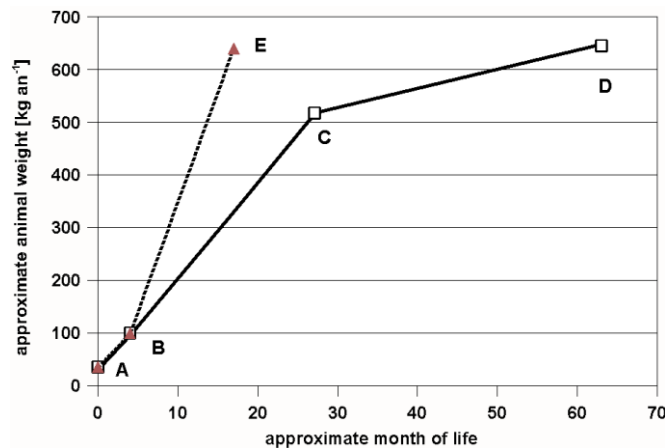


Figure 4.1: Cattle, scheme of animal weight development

A to B: calves. Start weight A and final weight B fixed by definition.

B to C: heifers. Weight C: slaughter weight.

C to D: dairy cattle. Weight D: slaughter weight of dairy cattle.

B to E: male beef cattle. Weight E: slaughter weight of male beef cattle.

## 4.2 Emission factors for all cattle / Emissionsfaktoren für alle Rinder

### 4.2.1 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

The formation of methane from manure storage is characterized by two parameters (see Chapter 3.3.4.1): the maximum methane formation capacity  $B_0$  and the storage specific methane conversion factor  $MCF$ .  $MCF$  gives the fraction of  $B_0$  that is typically produced in the in the various storage systems.

For cattle, a national value for  $B_0$  is used for the first time in the 2013 and subsequent submissions (Dämmgen et al., 2012a), siehe Table 4.2.

Table 4.2 also shows the  $MCF$  values derived for the most frequent storage systems. The  $MCF$  values assumed in Dämmgen et al. (2012a) are given in bold figures. They reflect the respective values in IPCC (2006)-10.44 et seq. for a mean annual temperature of  $\leq 10^\circ\text{C}$ . This temperature is representative for Germany. For “deep litter” and “grazing” The IPCC (2000) default  $MCF$  is used. “Slurry with a solid cover” (including tent structures), “slurry with floating cover” and “leachate” (Jauche) are treated using a conservative approach. The same  $MCF$  is used as for “slurry without natural crust”. For slurry resulting from anaerobic digestion (see Chapter 3.3.4.4.1), Table 4.2 does not provide a suitable  $MCF$ . However, these can be obtained from calculations (see Chapter 3.3.4.4.1). The values are not constant.

Die mit der Lagerung von Wirtschaftsdünger verbundene Methanbildung wird für die Emissionsberechnung durch zwei Parameter charakterisiert (siehe Kapitel 3.3.4.1): die tierkategoriespezifische maximale Methan-Bildungsrate  $B_0$  und den lagerspezifischen Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$ , der angibt, welcher Anteil der maximal möglichen Methanbildung in den verschiedenen Lagerungssystemen tatsächlich produziert wird.

Für Rinder wird ab der vorliegenden Submission 2013 erstmalig ein abgeleiteter nationaler  $B_0$ -Wert verwendet (Dämmgen et al., 2012a), siehe Table 4.2.

Table 4.2 zeigt überdies für die in Deutschland bei Rindern häufigsten Lagerungsverfahren die im Inventar verwendeten  $MCF$ -Werte, wobei die nach Dämmgen et al. (2012a) angenommenen Werte fettgedruckt sind. Sie entsprechen den Angaben in IPCC (2006)-10.44 ff für eine Jahresmitteltemperatur von  $\leq 10^\circ\text{C}$ , die repräsentativ für Deutschland ist. Für „Tiefstreu“ und „Weide“ wird der IPCC (2000)-Defaultwert verwendet. Für „Gülle mit fester Abdeckung“ (incl. Zeltstrukturen), „Gülle mit schwimmender Abdeckung“ und „Jauche“ wurde konservativ der  $MCF$  von „Gülle ohne natürliche Schwimmdecke“ übernommen. Die  $MCF$ -Werte für die Güllevergärung mit Gärrestelagerung (siehe Kapitel 3.3.4.4.1) sind in Table 4.2 nicht angegeben, da sie berechnet werden (siehe Kapitel 3.3.4.4.1) und nicht konstant sind.

Table 4.2: Cattle, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ )

| Maximum methane producing capacity $B_0$                       | Maximale Methanbildungs-Kapazität $B_0$                 | $0.23 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ (kg VS)}^{-1}$ |                                          |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| storage type                                                   | Lagerungsart                                            |                                                      |                                          |
| <b><i>MCF</i></b> slurry (untreated)                           | <b><i>MCF</i></b> Gülle (unbehandelt)                   |                                                      |                                          |
| slurry tank                                                    | Güllelager                                              |                                                      |                                          |
| open tank (without natural crust)                              | offen (ohne natürliche Schwimmdecke)                    | <b>0.17</b>                                          | $\text{m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ CH}_4$ |
| solid cover (incl. tent structures)                            | feste Abdeckung (inkl. Zelt)                            | <b>0.17</b>                                          | $\text{m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ CH}_4$ |
| natural crust                                                  | natürliche Schwimmdecke                                 | <b>0.10</b>                                          | $\text{m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ CH}_4$ |
| floating cover (chaff)                                         | schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel)                    | 0.17                                                 | $\text{m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ CH}_4$ |
| floating cover (plastic film)                                  | schwimmende Abdeckung (Folie)                           | 0.17                                                 | $\text{m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ CH}_4$ |
| underneath slatted floor > 1 month                             | Lager unter Spaltenboden > 1 Monat                      | <b>0.17</b>                                          | $\text{m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ CH}_4$ |
| <b><i>MCF</i></b> slurry (digested), all storage types         | <b><i>MCF</i></b> Gülle (vergoren), alle Lagerungsarten | see text                                             |                                          |
| <b><i>MCF</i></b> solid manure (heap)                          | <b><i>MCF</i></b> Festmist (Misthaufen)                 | <b>0.02</b>                                          | $\text{m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ CH}_4$ |
| <b><i>MCF</i></b> solid manure (deep bedding and sloped floor) | <b><i>MCF</i></b> Festmist (Tiefstreu und Tretmist)     | 0.17                                                 | $\text{m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ CH}_4$ |
| <b><i>MCF</i></b> pasture                                      | <b><i>MCF</i></b> Weide                                 | 0.01                                                 | $\text{m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ CH}_4$ |
| Sources: see text                                              |                                                         |                                                      |                                          |

### 4.2.2 $\text{NH}_3$ emission factors for housing and grazing / $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für Stall und Weide

The  $\text{NH}_3$  emission factors for housing and grazing can be found in the respective chapters describing the various cattle subcategories.

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für Stall und Weide finden sich in den entsprechenden Unterkapiteln der verschiedenen Rinder-Unterkategorien.

#### 4.2.3 $N_2O$ and $NH_3$ emission factors for storage / $N_2O$ - and $NH_3$ -Emissionsfaktoren für die Lagerung

Except for the storage of residues from anaerobic digestion of slurry, the partial  $NH_3$ -N emission factors for the storage systems used in Germany are based on data of Döhler et. al. (2002, pg. 62f). They are valid for all subcategories of cattle and were converted to TAN-related emission factors, see Dämmgen et. al. (2010a) and Table 4.3.

The storage of residues from anaerobic digestion is assumed to occur in gas-tight oder open tanks (see Chapters 3.3.4.4.3 and 3.4.4.4). The emission factor for gas-tight stores is zero. For open tanks it is assumed that the biogas slurry can be treated in the same way as undigested slurry stored in the respective facility, and the emission factor is used accordingly.

Mit Ausnahme der Lagerung von Gärresten aus der anaeroben Güllevergärung beruhen die partiellen  $NH_3$ -N-Emissionsfaktoren für die in Deutschland üblichen Lagerverfahren auf Daten von Döhler et. al. (2002, S. 62f). Sie sind für alle Rinderkategorien gültig und wurden von Dämmgen et. al. (2010a) in TAN bezogene Emissionsfaktoren umgerechnet, siehe Table 4.3.

Für die Lagerung von Gärresten aus der Güllevergärung wird davon ausgegangen, dass die Gärreste entweder gasdicht oder in offenen Tanks gelagert werden, siehe Kapitel 3.3.4.4.3 und 3.4.4.4. Während für gasdichte Lager der Emissionsfaktor null ist, wird angenommen, dass für den offenen Gärreste-Tank der Emissionsfaktor des gleichen Lagertyps bei unbehandelter Gülle übernommen werden kann.

Table 4.3: Cattle, partial emission factors for  $NH_3$ -N from storage (related to TAN)

| Storage type                                 | Lagerungsart                         | Emission factor<br>(kg kg <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|
| slurry (untreated)                           | Gülle (unbehandelt)                  |                                           |
| slurry tank                                  | Güllaager                            |                                           |
| open tank (without natural crust)            | offen (ohne natürliche Schwimmdecke) | 0.15 <sup>a</sup>                         |
| solid cover (incl. tent structures)          | feste Abdeckung (inkl. Zelt)         | 0.015 <sup>b</sup>                        |
| natural crust                                | natürliche Schwimmdecke              | 0.045 <sup>b</sup>                        |
| floating cover (chaff)                       | schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel) | 0.030 <sup>b</sup>                        |
| floating cover (plastic film)                | schwimmende Abdeckung (Folie)        | 0.023 <sup>b</sup>                        |
| underneath slatted floor > 1 month           | Lager unter Spaltenboden > 1 Monat   | 0.045 <sup>a</sup>                        |
| slurry, digested                             | Gülle (vergoren)                     |                                           |
| slurry tank                                  | Güllaager                            |                                           |
| open tank (without natural crust)            | offen (ohne natürliche Schwimmdecke) | 0.15 <sup>c</sup>                         |
| gas tight                                    | gasdicht                             | 0 <sup>d</sup>                            |
| leachate (solid cover)                       | Jauche (feste Abdeckung)             | 0.013 <sup>a</sup>                        |
| solid manure (heap)                          | Festmist (Misthaufen)                | 0.60 <sup>a</sup>                         |
| solid manure (deep bedding and sloped floor) | Festmist (Tiefstreu und Tretmist)    | 0.60 <sup>a</sup>                         |

<sup>a</sup> estimated according to Dämmgen et al. (2010a)

<sup>b</sup> calculated according to Döhler et al. (2002), Table 3.14

<sup>c</sup> Assumption: Same EF as for storage of untreated slurry in open tanks

<sup>d</sup> see Chapter 3.4.4.4.

The  $N_2O$  emission factors used in the inventory represent the combined emissions from housing and storage.

For liquid-manure systems, Germany uses  $N_2O$  emission factors that are higher than those specified by IPCC (1996/2000) (IPCC, 2006); consequently, the pertinent emissions cannot be underestimated. Through the NIR 2012, an  $NO$  emission factor of 0 kg kg<sup>-1</sup> N was used for an floating cover consisting of chaff. In keeping with a worst-case assumption, the emission factor used for a natural crust (0.005 kg kg<sup>-1</sup> N) is now also being used for such floating covers. Because use of floating covers consisting of chaff is not widespread, this change has little impact on total  $N_2O$  emissions, however.

For  $N_2O$  emissions from liquid-manure fermentation, the default emission factor of IPCC (2000) was used; it is 0.001 kg  $N_2O$ -N (kg N)<sup>-1</sup>, see Chapter 3.3.4.4.2.

Germany differentiates solid-manure systems according to whether they include solid-manure storage or use deep bedding. For solid manure, the present NIR 2013 uses a new emission factor that was developed by Vandré et al. (2012) and that was accepted, on 27 June

Die im Inventar verwendeten  $N_2O$ -Emissionsfaktoren gelten für die Kombination Stall/Lager.

Deutschland verwendet für Flüssigmistsysteme höhere  $N_2O$ -Emissionsfaktoren als von IPCC (1996/2000) vorgegeben (IPCC, 2006), so dass keine Emissionsunterschätzung möglich ist. Für eine schwimmende Abdeckung aus Häckseln wurde der bis zur Berichterstattung 2012 (Haenel et al., 2012) angenommene  $N_2O$ -Emissionsfaktor (0 kg kg<sup>-1</sup>) im Sinne einer worst-case-Annahme mit dem Emissionsfaktor für die natürliche Schwimmdecke gleichgesetzt (0,005  $N_2O$ -N (kg N)<sup>-1</sup>). Wegen der geringen Verbreitung der schwimmenden Abdeckung aus Häckseln ist diese Auswirkung auf die Gesamt- $N_2O$ -Emissionen sehr gering.

Für  $N_2O$  aus der Güllevergärung wurde der Default-Emissionsfaktor von IPCC (2000) angewendet, der 0,001 kg  $N_2O$ -N (kg N)<sup>-1</sup> beträgt, siehe Kapitel 3.3.4.4.2.

Bei Festmistsystemen differenziert Deutschland nach Festmistlagerung und Tiefstreu. Für Festmist wird ab der vorliegenden Berichterstattung 2013 ein neuer, durch Vandré et al. (2012) erarbeiteter und durch die KTBL-

2012, by the KTBL working group "emission factors for animal husbandry" ("Emissionsfaktoren Tierhaltung") as an emission factor receiving national consensus: 0.013 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>. For deep bedding, IPCC (1996/2000) give no emission factor. Since no national emission factor is available for this category, the default value of IPCC (2006) was adopted: 0.01 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>. The situation with regard to poultry manure is similar, and thus the default emission factor of IPCC (2006) was adopted here as well for purposes of inventory calculations. It is 0.001 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>. Results with manure-storage systems in Denmark (deep bedding with cattle; Sommer, 2001) and in the UK (poultry manure; Sneath et al., (1997)) have confirmed that using of the IPCC (2006) default emission factor for deep bedding and poultry manure does not lead to underestimation of emissions.

Table 4.4 shows the N<sub>2</sub>O emission factors used for the NIR 2013. They are related to the sum of N excreted and N input with bedding material.

Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ am 27.06.2012 als nationaler Konsens akzeptierter Emissionsfaktor eingesetzt: 0,013 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>. Für Tiefstreu gibt IPCC (1996/2000) keinen Emissionsfaktor an; da auch kein nationaler Emissionsfaktor existiert, wurde der Defaultwert von IPCC (2006) übernommen: 0,01 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>. Entsprechend ist die Situation für Geflügelkot, so dass für die Inventarberechnungen der Default-Emissionsfaktor von IPCC (2006) übernommen wurde, der 0,001 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup> beträgt. Ergebnisse aus Wirtschaftsdünger-Lagerungssystemen in Dänemark (Tiefstreu bei Rindern; Sommer, 2001) und im Vereinigten Königreich (Geflügelkot; Sneath et al., 1997) bestätigen, dass die Verwendung der Default-Emissionsfaktor von IPCC (2006) für Tiefstreu und Geflügelkot nicht zu einer Unterschätzung der Emissionen führt.

Table 4.4 fasst die für den NIR 2013 verwendeten N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren zusammen. Sie beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Table 4.4: Cattle, partial emission factors for N<sub>2</sub>O-N from housing and storage (related to N<sub>excr</sub> + N<sub>straw</sub>)

| Storage type                                 | Lagerungsart                         | Emission factor<br>(kg kg <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|
| slurry (untreated)                           | Gülle (unbehandelt)                  |                                           |
| slurry tank                                  | Güllelager                           |                                           |
| open tank (without natural crust)            | offen (ohne natürliche Schwimmdecke) | 0.000 <sup>a</sup>                        |
| solid cover (incl. tent structures)          | feste Abdeckung (inkl. Zelt)         | 0.005 <sup>b</sup>                        |
| natural crust                                | natürliche Schwimmdecke              | 0.005 <sup>a</sup>                        |
| floating cover (chaff)                       | schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel) | 0.005 <sup>c</sup>                        |
| floating cover (plastic film)                | schwimmende Abdeckung (Folie)        | 0.000 <sup>d</sup>                        |
| underneath slatted floor > 1 month           | Lager unter Spaltenboden > 1 Monat   | 0.002 <sup>a</sup>                        |
| slurry (digested)                            | Gülle (vergoren)                     | 0.001 <sup>e</sup>                        |
| solid manure (heap)                          | Festmist (Misthaufen)                | 0.013 <sup>f</sup>                        |
| solid manure (deep bedding and sloped floor) | Festmist (Tiefstreu und Tretmist)    | 0.010 <sup>a</sup>                        |

<sup>a</sup> Source: IPCC(2006)-10.62 ff; for details see text

<sup>b</sup> Assumption: As there is no data on the frequencies of a natural crust below solid covers the worst case (natural crust) is assumed.

<sup>c</sup> Assumption (worst case) due to missing data: Floating covers produced by chaff act like natural crusts.

<sup>d</sup> Assumption: In contrast to natural crusts, plastic films do not allow for the formation of N<sub>2</sub>O.

<sup>e</sup> IPCC (2000), see Chapter 3.3.4.4.2

<sup>f</sup> Source: Vandré et al. (2012)

In accordance with Chapter 3.3.4.3.4, the NO-N emission factor is assumed to be one tenth of the N<sub>2</sub>O-N emissions factor, the N<sub>2</sub> emission factor is estimated thrice the factor for N<sub>2</sub>O. Again, the emission factors for NO and N<sub>2</sub> are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

The uncertainty of the NH<sub>3</sub> emission factor characterizing the overall NH<sub>3</sub> emission per animal place from housing, storage and manure application is provided in the inventory. For details see Chapter 13.4.

For the uncertainty of the N<sub>2</sub>O emission factor for the combined house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to lack of reliable data, the uncertainties of the NO and N<sub>2</sub> emission factors are assumed to equal that of N<sub>2</sub>O, see Chapter 13.3.2.

Entsprechend Kapitel 3.3.4.3.4 wird der NO-N-Emissionsfaktor mit einem Zehntel, der N<sub>2</sub>-Emissionsfaktor mit dem Dreifachen des N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktors angesetzt. Die Emissionsfaktoren für NO und N<sub>2</sub> beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Die Unsicherheit des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene NH<sub>3</sub>-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

#### 4.2.4 Emissions factors for spreading / Emissionsfaktoren für die Ausbringung

The following Tables (Table 4.5 to Table 4.7) provide the partial emission factors used in the inventory for the spreading of cattle manure (Döhler et al., 2002). The emission reduction percentages listed in these tables refer to the reference system “broadcast” at air temperatures of 15° C.

No emission factors are available for the application of cattle slurries after anaerobic digestion. For the calculations in the inventory the emission factors for untreated slurry were used instead (see Table 4.5).

All emission factors Table 4.5 to Table 4.7 relate to TAN.

Die nachfolgenden Tabellen (Table 4.5 bis Table 4.7) beinhalten die im Inventar für Rinder eingesetzten partiellen Emissionsfaktoren für die Wirtschaftsdünger-Ausbringung (Döhler et al., 2002). Die Emissionsminderungen beziehen sich auf das Referenzsystem „Breitverteiler“ bei einer Lufttemperatur von 15° C.

Für die Ausbringung von Gärresten aus der Vergärung von Rindergülle sind keine Emissionsfaktoren verfügbar. Daher wurden für die Inventarberechnung die Emissionsfaktoren für die Ausbringung von unbehandelter Gülle (siehe Table 4.5) übernommen.

Alle Emissionsfaktoren in Table 4.5 bis Table 4.7 beziehen sich auf TAN.

Table 4.5: Cattle, NH<sub>3</sub>-N emission factors for application of slurry (related to TAN)

| Application type                     | Ausbringungstechnik                       | Emission factor<br>(kg kg <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup> |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| broadcast, without incorporation     | Breitverteiler, ohne Einarbeitung         | 0.50                                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 1 h       | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h        | 0.10                                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 4 h       | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h        | 0.26                                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 6 h       | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 6 h        | 0.35                                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 8 h       | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 8 h        | 0.40                                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 12 h      | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h       | 0.43                                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 24 h      | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 24 h       | 0.46                                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 48 h      | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 48 h       | 0.50                                                   |
| broadcast, vegetation                | Breitverteiler, Vegetation                | 0.50                                                   |
| broadcast, grassland                 | Breitverteiler, Grünland                  | 0.60                                                   |
| trailing hose, without incorporation | Schleppschlauch, ohne Einarbeitung        | 0.46                                                   |
| trailing hose, incorporation ≤ 1 h   | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 1 h       | 0.04                                                   |
| trailing hose, incorporation ≤ 4 h   | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 4 h       | 0.15                                                   |
| trailing hose, incorporation ≤ 6 h   | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 6 h       | 0.20                                                   |
| trailing hose, incorporation ≤ 8 h   | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 8 h       | 0.24                                                   |
| trailing hose, incorporation ≤ 12 h  | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 12 h      | 0.30                                                   |
| trailing hose, incorporation ≤ 24 h  | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 24 h      | 0.39                                                   |
| trailing hose, incorporation ≤ 48 h  | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 48 h      | 0.46                                                   |
| trailing hose, short vegetation      | Schleppschlauch, kurze Vegetation         | 0.50                                                   |
| trailing hose, beneath vegetation    | Schleppschlauch, unterhalb der Vegetation | 0.35                                                   |
| trailing hose, grassland             | Schleppschlauch, Grünland                 | 0.54                                                   |
| trailing shoe                        | Schleppschuh                              | 0.36                                                   |
| injection (open slot)                | Schlitzverfahren (offener Schlitz)        | 0.24                                                   |
| grubber and injection                | Güllegrubber und Injektionsverfahren      | 0.05                                                   |

<sup>a</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.18 and pg. 69, except for broadcast/short vegetation (worst case assumption of “no reduction” as no standard emission factor available), broadcast or trailing hose with incorporation within 8 h (emission reduction factors estimated in agreement with KTBL).

Table 4.6: Cattle, NH<sub>3</sub>-N emission factors for application of leachate ("Jauche") (related to TAN)

| Application type                     | Ausbringungstechnik                  | Emission factor<br>(kg kg <sup>-1</sup> ) |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|
| broadcast, without incorporation     | Breitverteiler, ohne Einarbeitung    | 0.20 <sup>a</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 1 h       | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h   | 0.02 <sup>a</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 4 h       | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h   | 0.07 <sup>a</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 8 h       | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 8 h   | 0.116 <sup>b</sup>                        |
| broadcast, incorporation ≤ 12 h      | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h  | 0.144 <sup>b</sup>                        |
| broadcast, vegetation                | Breitverteiler, Vegetation           | 0.20 <sup>b</sup>                         |
| broadcast, grassland                 | Breitverteiler, Grünland             | 0.20 <sup>a</sup>                         |
| trailing hose, without incorporation | Schleppschlauch, ohne Einarbeitung   | 0.18 <sup>b</sup>                         |
| trailing hose, incorporation ≤ 1 h   | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 1 h  | 0.01 <sup>b</sup>                         |
| trailing hose, incorporation ≤ 4 h   | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 4 h  | 0.05 <sup>b</sup>                         |
| trailing hose, incorporation ≤ 8 h   | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 8 h  | 0.09 <sup>b</sup>                         |
| trailing hose, incorporation ≤ 12 h  | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 12 h | 0.12 <sup>b</sup>                         |
| trailing hose, vegetation            | Schleppschlauch, Vegetation          | 0.10 <sup>b</sup>                         |
| trailing hose, grassland             | Schleppschlauch, Grünland            | 0.14 <sup>c</sup>                         |
| trailing shoe                        | Schleppschuh                         | 0.08 <sup>c</sup>                         |
| injection (open slot)                | Schlitzverfahren (offener Schlitz)   | 0.04 <sup>c</sup>                         |
| grubber and injection                | Güllegrubber und Injektionsverfahren | 0.02 <sup>d</sup>                         |

<sup>a</sup> calculated from data in Döhler et al. (2002), Table 3.20

<sup>b</sup> emission factors estimated in agreement with KTBL, based on a emission decay curve as function of the duration of incorporation similar to that of pig slurry or by direct adoption of pig slurry emission factors (see Döhler et al., 2002, Table 3.19)

<sup>c</sup> estimated with the respective emission reduction factor for pig slurry (Döhler et al., 2002, Table 3.19)

<sup>d</sup> calculated from data in Döhler et al. (2002), pg. 69

Table 4.7: Cattle, NH<sub>3</sub>-N emission factors for application of solid manure (FYM) (related to TAN)

| Application type                 | Ausbringungstechnik                  | Emission factor<br>(kg kg <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|
| broadcast, without incorporation | Breitverteiler, ohne Einarbeitung    | 0.90 <sup>a</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 1 h   | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h   | 0.09 <sup>a</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 4 h   | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h   | 0.45 <sup>a</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 12 h  | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h  | 0.81 <sup>b</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 24 h  | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 24 h  | 0.90 <sup>a</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 48 h  | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 48 h  | 0.90 <sup>a</sup>                         |
| broadcast, vegetation/ grassland | Breitverteiler, Vegetation/ Grünland | 0.90 <sup>a</sup>                         |

<sup>a</sup> calculated according to Döhler et al. (2002), Table 3.24

<sup>b</sup> estimated from data in Döhler et al. (2002), Table 3.24, in agreement with KTBL

Uncertainties for NH<sub>3</sub> emissions from cattle husbandry are not given in EMEP (2007)-B1090-19. Thus the general uncertainty of about 30 % is likely. For the oxidised species, the order of magnitude is likely to be correct.

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, and N<sub>2</sub> from manure management are described in Chapters 13.3 to 13.4.

Unsicherheiten für NH<sub>3</sub> aus der Rinderhaltung werden in EMEP (2007)-B1090-19 nicht gesondert betrachtet. Es wird die allgemeine EF-Unsicherheit von 30 % angenommen. Für die oxidierten Spezies dürfte die Größenordnung richtig sein.

Die Unsicherheiten der aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 13.3 bis 13.4 beschrieben.



### 4.3 Dairy cows / Milchkühe

The subcategory “dairy cows” comprises lactating cows and cows in calf.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 4.8.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Die Kategorie „Milchkühe“ fasst laktierende und tragende Kühe zusammen.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.8. zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 4.8: Dairy cows, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 3    | EMEP            | district            | district | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC            | district            | district | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP            | district            | national | 1 a                |

#### 4.3.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

##### 4.3.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4), see category J in Table 4.1. Animal numbers of cattle are provided by the Federal Statistical Office on federal-state level (Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 4.1). From 2008 onwards, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered, see Chapter 3.4.2.2

The HIT data base does not contain information on the type of the use of animals (e.g. replacement *versus* fattening, see chapter 4 of the report on data quality, Fachserie 3, Reihe 4.1). The number of dairy cows cannot be extracted directly from the HIT data base. A model estimate has to be performed to generate this number from the total cattle herd. However, the uncertainty of the results remains unknown. It is assumed that the standard error of cattle numbers is comparable to that of the important pig subcategories (sows, weaners, fatteners), i.e. 2 %. 50 % of the 95 % confidence intervall amount to 4 % uncertainty. A normal distribution is assumed.

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4), siehe Kategorie J in Table 4.1. Die Rinderzahlen auf Bundeslandebene werden vom Statistischen Bundesamt veröffentlicht (Fachserie 3, Reihe 4.1). Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen dabei die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden, siehe dazu Kapitel 3.4.2.2.

Allerdings enthält HIT keine Informationen der Nutzungsrichtung (siehe Kapitel 4 des Qualitätsberichts in Fachserie 3, Reihe 4.1). Aus HIT können also die zur Erstellung des Emissionsinventars erforderlichen Milchkuhzahlen nicht direkt entnommen werden. Sie werden mit Hilfe eines Schätzmodells aus der HIT-Rindergesamtzahl ermittelt. Der Fehler der dabei entsteht, ist nicht bekannt. Daher wird für das Emissionsinventar angenommen, dass der Standardfehler der Rinderzahlen mit dem bei den wichtigen Schweinekategorien (Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine) vergleichbar ist, d. h. 2 %. Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt demnach 4 %. Es wird Normalverteilung angenommen.

##### 4.3.1.2 Milk yield and composition / Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

For dairy cows, the most important performance criterion is milk yield ( $Y_M$ ). In general, mean milk yields are available for 1990, 1992, 1994, 1996, 1999, 2001 and 2003 for each single German district (StatLA C III 3). If data is not available for a district, the mean milk yield of the respective federal state is taken instead. From 2004 onwards, district data are no longer available; the mean milk yield of the federal state is used for all respective districts (Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 4.2.2; BLE, 2012).

Wesentliches Leistungskriterium bei Milchkühen ist die Milchleistung ( $Y_M$ ). Mittlere jährliche Milchleistungen sind für 1990, 1992, 1994, 1996, 1999, 2001 und 2003 im Regelfall für jeden Kreis verfügbar (StatLA C III 3). Fehlen die Kreisdaten in diesen Jahren wird die mittlere jährliche Milchleistung des Bundeslandes übernommen. In den Jahren dazwischen wird linear interpoliert. Ab 2004 wird für jeden Kreis die mittlere jährliche Milchleistung des Bundeslandes verwendet (Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 4.2.2; BLE, 2012).

Mean milk yields for the federal stats are compiled in Table 4.9.

Die mittleren Milchleistungen sind für die einzelnen Bundesländer in Table 4.9 zusammengestellt.

Table 4.9: Dairy cows, milk yield (in kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) (statistical data)

|      | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| BW   | 4207 | 4285 | 4388 | 4620 | 4732 | 4843 | 4926 | 5063 | 4976 | 5077 | 5267 | 5408 | 5518 | 5783 | 5809 | 5868 | 5884 | 6089 | 6082 | 6198 | 6246 | 6581 |
| BY   | 4415 | 4488 | 4572 | 4705 | 4791 | 4876 | 4928 | 4925 | 5017 | 5204 | 5403 | 5439 | 5437 | 5792 | 5814 | 5931 | 6101 | 6261 | 6017 | 6072 | 6205 | 6420 |
| BB   | 4204 | 4337 | 4654 | 5031 | 5073 | 5361 | 5576 | 5851 | 6170 | 6521 | 6914 | 7124 | 7338 | 7582 | 7582 | 7976 | 7952 | 8200 | 8331 | 8252 | 8353 | 8657 |
| HE   | 5181 | 5294 | 5528 | 5516 | 5459 | 5532 | 5712 | 5749 | 5941 | 5991 | 5786 | 6406 | 6346 | 6402 | 6473 | 6651 | 6736 | 6735 | 6478 | 6768 | 6672 | 6995 |
| MV   | 4176 | 4275 | 4803 | 5222 | 5033 | 5371 | 5722 | 6012 | 6317 | 6555 | 7002 | 7143 | 7259 | 7503 | 7625 | 7748 | 7995 | 8210 | 8239 | 8374 | 8251 | 8337 |
| NI   | 5897 | 5966 | 6056 | 6354 | 6228 | 6277 | 6291 | 6308 | 6320 | 6502 | 6537 | 6752 | 6703 | 6909 | 6909 | 7233 | 7144 | 7080 | 6989 | 7549 | 7494 | 7580 |
| NW   | 5200 | 5340 | 5466 | 5694 | 5745 | 5955 | 6030 | 5991 | 6109 | 6462 | 6406 | 6603 | 6891 | 6947 | 7055 | 7188 | 7387 | 7395 | 7096 | 7354 | 7445 | 7614 |
| RP   | 4470 | 4612 | 4875 | 5012 | 5122 | 5373 | 5573 | 5537 | 5603 | 5767 | 5869 | 5957 | 5968 | 6241 | 6241 | 6531 | 6548 | 6554 | 6422 | 6688 | 6831 | 6995 |
| SL   | 4808 | 4878 | 5159 | 5198 | 5188 | 5233 | 5447 | 5299 | 5392 | 5567 | 5748 | 5831 | 6162 | 6293 | 6422 | 6431 | 6520 | 6561 | 6260 | 6391 | 6388 | 6995 |
| SN   | 4380 | 4464 | 5000 | 5327 | 5274 | 5649 | 5593 | 5831 | 6176 | 6532 | 7104 | 7215 | 7387 | 7683 | 7652 | 8016 | 8107 | 8279 | 8398 | 8446 | 8533 | 8585 |
| ST   | 4006 | 4042 | 5286 | 5513 | 5425 | 5683 | 5921 | 6257 | 6821 | 6902 | 7065 | 7193 | 7284 | 7466 | 7574 | 7912 | 7936 | 7946 | 8262 | 8395 | 8277 | 8489 |
| SH   | 4881 | 5005 | 5116 | 5306 | 5393 | 5688 | 5709 | 5697 | 5878 | 6066 | 6209 | 6338 | 6450 | 6746 | 6746 | 6827 | 6976 | 7012 | 6850 | 7084 | 7237 | 7026 |
| TH   | 4267 | 4435 | 4972 | 5072 | 5112 | 5343 | 5613 | 5789 | 6224 | 6411 | 6854 | 7062 | 7151 | 7370 | 7370 | 7818 | 7892 | 8078 | 8216 | 8401 | 8460 | 8616 |
| StSt | 5364 | 6624 | 5280 | 5796 | 6132 | 6024 | 5760 | 6096 | 6264 | 6012 | 6120 | 4680 | 7020 | 6888 | 6888 | 7157 | 7126 | 7094 | 6986 | 8054 | 7407 | 7499 |

Source: Statistisches Bundesamt. Fachserie 3: Reihe 4.2.2 Milcherzeugung und -verwendung; BLE (2012)

Milk fat contents are available for single German Federal States. They are listed in Table 4.10. Milk protein contents are shown in Table 4.11. (As a standard, for the last year of the time series no data are available yet at the time when the inventory is compiled.)

Die mittleren Milchfett-Gehalte sind für die einzelnen Bundesländer in Table 4.10 zusammengestellt, die mittleren Milcheiweiß-Gehalte in Table 4.11. (Generell sind die Daten für das letzte Jahr der Zeitreihe zum Zeitpunkt der Inventurerstellung noch nicht verfügbar.)

Table 4.10: Dairy cows, fat content of milk (in % of mass) (statistical data)

|         | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| BW      | 4.04 | 4.07 | 4.10 | 4.14 | 4.15 | 4.14 | 4.17 | 4.16 | 4.17 | 4.16 | 4.14 | 4.29 | 4.17 | 4.18 | 4.22 | 4.20 | 4.17 | 4.17 | 4.17 | 4.17 | 4.17 | 4.14 |
| BY      | 4.06 | 4.10 | 4.11 | 4.16 | 4.14 | 4.17 | 4.19 | 4.20 | 4.22 | 4.21 | 4.20 | 4.24 | 4.24 | 4.23 | 4.25 | 4.21 | 4.19 | 4.20 | 4.19 | 4.18 | 4.18 | 4.15 |
| BB      |      | 4.36 | 4.35 | 4.43 | 4.43 | 4.37 | 4.32 | 4.26 | 4.24 | 4.20 | 4.17 | 4.13 | 4.08 | 4.10 | 4.16 | 4.07 | 3.93 | 4.05 | 3.99 | 4.00 | 4.04 | 3.97 |
| HE      | 4.07 | 4.15 | 4.17 | 4.23 | 4.21 | 4.25 | 4.28 | 4.26 | 4.27 | 4.25 | 4.24 | 4.36 | 4.23 | 4.21 | 4.24 | 4.19 | 4.19 | 4.16 | 4.16 | 4.17 | 4.17 | 4.14 |
| MV      |      | 4.28 | 4.38 | 4.47 | 4.43 | 4.39 | 4.41 | 4.35 | 4.33 | 4.28 | 4.26 | 4.32 | 4.13 | 4.15 | 4.16 | 4.09 | 4.10 | 4.10 | 4.06 | 4.10 | 4.12 | 4.09 |
| NI      | 4.17 | 4.23 | 4.22 | 4.27 | 4.28 | 4.29 | 4.33 | 4.27 | 4.27 | 4.24 | 4.27 | 4.39 | 4.22 | 4.22 | 4.25 | 4.20 | 4.20 | 4.19 | 4.17 | 4.16 | 4.19 | 4.15 |
| NW      | 4.11 | 4.15 | 4.14 | 4.19 | 4.15 | 4.16 | 4.20 | 4.18 | 4.21 | 4.16 | 4.19 | 4.32 | 4.17 | 4.15 | 4.19 | 4.12 | 4.14 | 4.15 | 4.12 | 4.11 | 4.13 | 4.11 |
| RP      | 4.12 | 4.16 | 4.15 | 4.22 | 4.20 | 4.22 | 4.22 | 4.23 | 4.27 | 4.21 | 4.21 | 4.32 | 4.21 | 4.19 | 4.22 | 4.19 | 4.18 | 4.17 | 4.16 | 4.17 | 4.17 | 4.14 |
| SL      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| SN      |      | 4.40 | 4.41 | 4.48 | 4.49 | 4.47 | 4.45 | 4.41 | 4.36 | 4.33 | 4.29 | 4.37 | 4.17 | 4.14 | 4.19 | 4.10 | 4.07 | 4.11 | 4.15 | 4.06 | 4.05 | 4.01 |
| ST      |      | 4.29 | 4.37 | 4.43 | 4.41 | 4.38 | 4.36 | 4.29 | 4.25 | 4.20 | 4.18 | 4.29 | 4.07 | 4.04 | 4.10 | 4.01 | 4.00 | 4.06 | 3.99 | 3.99 | 4.04 | 3.98 |
| SH      | 4.16 | 4.18 | 4.27 | 4.26 | 4.27 | 4.29 | 4.33 | 4.26 | 4.28 | 4.28 | 4.30 | 4.42 | 4.37 | 4.24 | 4.22 | 4.21 | 4.25 | 4.24 | 4.23 | 4.27 | 4.27 | 4.28 |
| TH      |      | 4.29 | 4.35 | 4.41 | 4.38 | 4.36 | 4.33 | 4.29 | 4.32 | 4.26 | 4.19 | 4.26 | 4.09 | 4.05 | 4.10 | 4.04 | 4.00 | 4.04 | 4.00 | 4.01 | 4.03 | 3.97 |
| StSt    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Germany | 4.09 | 4.18 | 4.20 | 4.25 | 4.24 | 4.25 | 4.27 | 4.33 | 4.25 | 4.22 | 4.22 | 4.23 | 4.20 | 4.19 | 4.22 | 4.17 | 4.16 | 4.16 | 4.14 | 4.15 | 4.16 | 4.13 |

Source: ZMP, various years; MLUR-BB (2007); ZMB (2009); AMI, Markt Bilanz Milch (2011, 2012)

Table 4.11: Dairy cows, protein content of milk (in % of mass) (statistical data)

|         | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| BW      | 3.33 | 3.34 | 3.37 | 3.43 | 3.43 | 3.45 | 3.46 | 3.38 | 3.39 | 3.40 | 3.39 | 3.42 | 3.40 | 3.41 | 3.44 | 3.43 | 3.40 | 3.42 | 3.40 | 3.40 | 3.41 | 3.40 |
| BY      | 3.35 | 3.37 | 3.38 | 3.38 | 3.36 | 3.38 | 3.39 | 3.45 | 3.45 | 3.47 | 3.46 | 3.48 | 3.47 | 3.48 | 3.49 | 3.47 | 3.46 | 3.48 | 3.46 | 3.46 | 3.47 | 3.47 |
| BB      |      | 3.39 | 3.42 | 3.45 | 3.46 | 3.47 | 3.49 | 3.48 | 3.48 | 3.47 | 3.47 | 3.45 | 3.46 | 3.46 | 3.46 | 3.44 | 3.41 | 3.40 | 3.38 | 3.38 | 3.40 | 3.37 |
| HE      | 3.30 | 3.31 | 3.32 | 3.33 | 3.31 | 3.35 | 3.35 | 3.33 | 3.36 | 3.36 | 3.35 | 3.38 | 3.37 | 3.37 | 3.39 | 3.39 | 3.37 | 3.38 | 3.38 | 3.38 | 3.39 | 3.38 |
| MV      |      | 3.32 | 3.42 | 3.47 | 3.50 | 3.48 | 3.50 | 3.48 | 3.47 | 3.48 | 3.46 | 3.47 | 3.44 | 3.45 | 3.43 | 3.42 | 3.39 | 3.41 | 3.38 | 3.40 | 3.41 | 3.39 |
| NI      | 3.29 | 3.30 | 3.29 | 3.30 | 3.30 | 3.32 | 3.37 | 3.34 | 3.35 | 3.37 | 3.37 | 3.38 | 3.38 | 3.40 | 3.39 | 3.40 | 3.38 | 3.40 | 3.40 | 3.41 | 3.41 | 3.38 |
| NW      | 3.34 | 3.33 | 3.32 | 3.33 | 3.32 | 3.34 | 3.35 | 3.32 | 3.33 | 3.34 | 3.35 | 3.35 | 3.36 | 3.37 | 3.38 | 3.37 | 3.37 | 3.40 | 3.39 | 3.40 | 3.42 | 3.39 |
| RP      | 3.28 | 3.29 | 3.33 | 3.32 | 3.34 | 3.37 | 3.36 | 3.34 | 3.34 | 3.34 | 3.32 | 3.34 | 3.35 | 3.36 | 3.37 | 3.37 | 3.37 | 3.39 | 3.38 | 3.38 | 3.39 | 3.38 |
| SL      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| SN      |      | 3.38 | 3.38 | 3.46 | 3.46 | 3.48 | 3.48 | 3.45 | 3.47 | 3.47 | 3.47 | 3.46 | 3.45 | 3.45 | 3.44 | 3.42 | 3.40 | 3.41 | 3.41 | 3.40 | 3.40 | 3.38 |
| ST      |      | 3.40 | 3.42 | 3.48 | 3.46 | 3.49 | 3.50 | 3.47 | 3.47 | 3.45 | 3.45 | 3.45 | 3.43 | 3.43 | 3.42 | 3.42 | 3.38 | 3.40 | 3.40 | 3.40 | 3.42 | 3.40 |
| SH      | 3.32 | 3.32 | 3.36 | 3.40 | 3.43 | 3.40 | 3.40 | 3.38 | 3.39 | 3.41 | 3.41 | 3.43 | 3.42 | 3.43 | 3.39 | 3.41 | 3.39 | 3.42 | 3.40 | 3.43 | 3.41 | 3.39 |
| TH      |      | 3.29 | 3.38 | 3.45 | 3.43 | 3.45 | 3.45 | 3.42 | 3.46 | 3.45 | 3.42 | 3.41 | 3.41 | 3.41 | 3.42 | 3.42 | 3.39 | 3.41 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 |
| StSt    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Germany | 3.32 | 3.33 | 3.35 | 3.38 | 3.39 | 3.40 | 3.42 | 3.40 | 3.41 | 3.42 | 3.41 | 3.42 | 3.42 | 3.43 | 3.43 | 3.42 | 3.40 | 3.43 | 3.41 | 3.42 | 3.42 | 3.41 |

Source: ZMP Milch, various years; MLUR-BB (2007); ZMB (2009); AMI, Markt Bilanz Milch (2011, 2012)

The missing data for the New Länder and the year 1990 were replaced with the respective data for 1991.

Data for Saarland were taken from the respective data set for Rheinland-Pfalz. For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg.

For the last year of the time series the values of the previous year are repeated.

Die fehlenden Daten für die Neuen Bundesländer im Jahr 1990 wurden durch Daten aus 1991 ersetzt.

Die Daten für das Saarland wurden insgesamt durch Daten aus Rheinland-Pfalz ersetzt. Für die Stadtstaaten werden bei Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

Für das letzte Jahr der Zeitreihe wird der Wert des Vorjahres verwendet.

#### 4.3.1.3 Animal weights / Tiergewichte

Start and final animal weight are the necessary data to estimate the emissions from dairy cows. The start weight of dairy cows is equivalent to the final live weight of heifers., see Chapter 4.5.1.2.1.

The final live weight of dairy cows is calculated with the following equation provided by Dämmgen et al. (2010a) where the carcass weight is used as proxy data (for the definition of the term “carcass weight” see Chapter 3.1.2).

$$w_{\text{fin,dc}} = a + b \cdot w_{\text{dc,cw}} \quad (4.1)$$

where

|                     |                                                           |
|---------------------|-----------------------------------------------------------|
| $w_{\text{fin,dc}}$ | final live weight of dairy cows (in kg an <sup>-1</sup> ) |
| $a$                 | constant ( $a = 221 \text{ kg an}^{-1}$ )                 |
| $b$                 | coefficient ( $b = 1.46 \text{ kg kg}^{-1}$ )             |
| $w_{\text{dc,cw}}$  | carcass weight of dairy cows (in kg an <sup>-1</sup> )    |

The carcass weights of dairy cows are compiled in Table 4.12.

Die Schlachtgewichte von Milchkühen sind in Table 4.12 zusammengestellt.

Table 4.12: Dairy cows, carcass weights (in kg an<sup>-1</sup>)

|      | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| BW   | 283  | 276  | 284  | 289  | 290  | 288  | 291  | 291  | 296  | 298  | 298  | 307  | 306  | 305  | 305  | 308  | 309  | 312  | 309  | 307  | 311  | 310  |
| BY   | 299  | 293  | 299  | 309  | 310  | 308  | 308  | 304  | 310  | 314  | 315  | 320  | 319  | 318  | 318  | 321  | 320  | 323  | 320  | 322  | 325  | 322  |
| BB   |      | 233  | 250  | 265  | 260  | 261  | 265  | 266  | 271  | 272  | 278  | 284  | 282  | 284  | 284  | 278  | 278  | 273  | 270  | 269  | 272  | 277  |
| HE   | 278  | 280  | 282  | 282  | 280  | 275  | 275  | 271  | 274  | 280  | 285  | 288  | 285  | 281  | 284  | 292  | 290  | 287  | 278  | 276  | 281  | 305  |
| MV   |      | 237  | 250  | 255  | 254  | 253  | 255  | 253  | 256  | 257  | 262  | 273  | 274  | 275  | 272  | 270  | 267  | 271  | 270  | 269  | 272  | 277  |
| NI   | 280  | 275  | 285  | 292  | 293  | 288  | 290  | 287  | 290  | 293  | 297  | 306  | 300  | 300  | 296  | 299  | 299  | 300  | 296  | 294  | 298  | 296  |
| NW   | 279  | 273  | 280  | 290  | 284  | 280  | 284  | 280  | 285  | 287  | 287  | 292  | 289  | 288  | 289  | 291  | 292  | 295  | 290  | 289  | 295  | 298  |
| RP   | 272  | 269  | 279  | 291  | 292  | 289  | 288  | 280  | 281  | 281  | 282  | 284  | 283  | 282  | 280  | 281  | 282  | 283  | 281  | 280  | 285  | 287  |
| SL   | 293  | 288  | 290  | 270  | 307  | 304  | 307  | 304  | 305  | 304  | 304  | 305  | 305  | 305  | 301  | 299  | 302  | 302  | 302  | 307  | 307  | 305  |
| SN   |      | 231  | 245  | 248  | 254  | 252  | 257  | 258  | 260  | 262  | 266  | 274  | 278  | 276  | 273  | 270  | 272  | 274  | 275  | 275  | 278  | 278  |
| ST   |      | 231  | 241  | 264  | 262  | 257  | 259  | 263  | 266  | 272  | 278  | 294  | 290  | 263  | 263  | 263  | 264  | 274  | 275  | 275  | 276  | 277  |
| SH   | 283  | 277  | 287  | 292  | 294  | 293  | 290  | 289  | 293  | 296  | 301  | 308  | 305  | 303  | 298  | 301  | 303  | 306  | 302  | 304  | 307  | 303  |
| TH   |      | 232  | 249  | 273  | 270  | 264  | 268  | 268  | 270  | 272  | 275  | 274  | 274  | 269  | 269  | 270  | 272  | 274  | 275  | 275  | 277  | 277  |
| StSt | 265  | 286  | 284  | 291  | 293  | 289  | 284  | 280  | 281  | 286  | 291  | 302  | 297  | 300  | 295  | 296  | 295  | 304  | 302  | 306  | 304  | 304  |

Source: Statistisches Bundesamt. Fachserie 3: Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung

The mean animal live weight  $w$  of a dairy cow is assumed as the arithmetic mean of her start weight and her final live weight.

The missing data for the New Länder and the year 1990 were replaced with the respective data for 1991. For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin those from Brandenburg.

Das mittlere Gewicht  $w$  einer Milchkuh wird als das arithmetische Mittel aus Anfangs- und Lebendendgewicht angenommen.

Für die fehlenden Daten im Jahr 1990 bei den Neuen Bundesländern werden die Daten von 1991 eingesetzt. Für die Stadtstaaten werden bei Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

## 4.3.1.4 Animal weight gains / Tiergewichtszunahmen

The relevant weight gain is calculated using the final live weight of cows and the final live weight of heifers (see Chapter 4.5.1.2.2). The weight gain rate is derived from the weight gain by dividing it by the timespan between the age of slaughtering and the age of first calving.

$$\frac{\Delta w_{dc}}{\Delta t} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{w_{fin,dc} - w_{fin,bf}}{\tau_{fin,dc} - \tau_{calf}} \quad (4.2)$$

where

|                          |                                                                                                  |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Delta w_{dc}/\Delta t$ | weight gain rate of dairy cows, averaged over lifetime (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) |
| $\alpha$                 | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                 |
| $w_{fin,dc}$             | final live weight of dairy cows (in kg an <sup>-1</sup> )                                        |
| $w_{fin,bf}$             | final live weight of heifers (in kg an <sup>-1</sup> )                                           |
| $\tau_{fin,dc}$          | slaughter age of dairy cows (in a)                                                               |
| $\tau_{calf}$            | age at first calving (in a)                                                                      |

The ages of first calving ( $\tau_{calf}$ ) and of slaughtering ( $\tau_{fin}$ ) are published by ADR and taken from their annual reports (ADR, 1993 ff). These data originate from sample surveys. There is no differentiation between Federal States or animal races. The data used in the inventory is compiled in Table 4.13. Data gaps occurring in the early 1990s were not closed by interpolation, thus avoiding implausible trends. Instead they were closed by backward continuation. Data gaps at the end of the time series were treated accordingly.

Als relevante Gewichtszunahme wird die Differenz zwischen dem Lebendendgewicht der Färsen (siehe Kapitel 4.5.1.2.2) und dem Lebendendgewicht der Milchkühe angesehen. Die Zunahmerate wird aus dieser Gewichts-differenz und der Zeit zwischen Kalbealter und Schlachtag berechnet.

Erstkalbealter ( $\tau_{calf}$ ) und Schlachtag ( $\tau_{fin}$ ) werden ADR-Mitteilungen entnommen (ADR, 1993 ff). Die Zahlen entstammen Stichproben. Eine Differenzierung nach Bundesländern oder Rassen ist nicht verfügbar. Die im Inventar verwendeten Daten sind in Table 4.13 zusammengestellt. Datenlücken zu Beginn der 1990er Jahre wurden zur Vermeidung von unplausiblen Tendenzen nicht durch Extrapolation, sondern durch rückwärts gerichtete Fortschreibung gefüllt. Analog wurde mit den Datenlücken am Ende der Zeitreihen verfahren.

Table 4.13: Dairy cows, slaughter ages, ages at first calving and resulting life spans (in a).  
Data based on gap closure are printed in italic.  
( $\tau_{calf}$ : age of first calving;  $\tau_{fin}$ : age of slaughtering;  $\Delta t$ : resulting life span.)

|               | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\tau_{fin}$  | 5.70 | 5.70 | 5.70 | 5.70 | 5.60 | 5.70 | 5.70 | 5.50 | 5.50 | 5.50 | 5.40 | 5.40 | 5.40 | 5.30 | 5.40 | 5.40 | 5.40 | 5.40 | 5.40 | 5.40 | 5.40 | 5.40 |
| $\tau_{calf}$ | 2.55 | 2.55 | 2.55 | 2.55 | 2.55 | 2.53 | 2.50 | 2.51 | 2.51 | 2.59 | 2.50 | 2.51 | 2.48 | 2.47 | 2.46 | 2.45 | 2.43 | 2.39 | 2.39 | 2.38 | 2.38 | 2.38 |
| $\Delta t$    | 3.15 | 3.15 | 3.15 | 3.15 | 3.05 | 3.17 | 3.20 | 2.99 | 2.99 | 2.91 | 2.90 | 2.89 | 2.92 | 2.83 | 2.94 | 2.95 | 2.97 | 3.01 | 3.01 | 3.02 | 3.02 | 3.02 |

Source: ADR, 1993 ff, Tables 61a, 48 or 4.9 ( $\tau_{calf}$ ), Tables 68a, 53 or 4.14 ( $\tau_{fin}$ )

## 4.3.1.5 Pregnancy / Trächtigkeit

The share of pregnant dairy cows is published in ADR (1993 ff). A complete timeseries covering all Federal States can be obtained. This data was provided for emission reporting on an informative basis. However, it was not used for reporting.

Der Anteil trächtiger Milchkühe wird ADR (1993 ff) entnommen. Es ergibt sich eine vollständige Zeitreihe für alle Bundesländer. Diese Daten werden informationshalber für die Berichterstattung bereitgestellt, sie werden aber nicht für die Emissionsberechnung benötigt.

## 4.3.1.6 Duration of calving interval, lactation period, and dry period / Dauer von Zwischenkalbezeit, Laktationsperiode und Trockenstehzeit

The method to calculate the energy requirements and the respective feed intake of a dairy cow is based on the cycle defined by the duration of the interval between calvings and its performance-based partitioning. In general, the duration of the interval between calvings does not equal one year. Hence, the year-based inventory calculations require a normalization of energy requirements and respective feed intake with respect to one year.

Die Berechnung des Energiebedarfs einer Milchkuh sowie der damit verbundenen Futteraufnahme baut auf dem durch die Zwischenkalbezeit vorgegebenen Zyklus und dessen leistungsorientierter Unterteilung auf. Da die Dauer der Zwischenkalbezeit i. d. R. nicht einem Jahr entspricht, ist für die in Jahresschritten erfolgende Inventarberechnung eine Umrechnung von Energiebedarf und Futteraufnahme auf ein Jahr erforderlich (siehe Kapitel 4.3.2.9 und 4.3.3.2).

The durations of lactation period and dry period add up to the duration of the interval between calvings:

$$t_{\text{ibc}}^* = t_{\text{lact}}^* + t_{\text{dry}}^* \quad (4.3)$$

where

|                     |                                                                 |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------|
| $t_{\text{ibc}}^*$  | duration of interval between calvings (calving interval) (in d) |
| $t_{\text{lact}}^*$ | duration of lactation period (in d)                             |
| $t_{\text{dry}}^*$  | duration of dry period (in d)                                   |

The duration of the calving interval can be related to the milk yield (Dämmgen et al., 2009b, Figure 2 and Equation (53)):

$$t_{\text{ibc}}^* = a + b \cdot Y_M \quad (4.4)$$

where

|                    |                                                                                  |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| $t_{\text{ibc}}^*$ | duration of interval between calvings (calving interval) (in d)                  |
| $a$                | constant ( $a = 346.4$ d)                                                        |
| $b$                | coefficient ( $b = 0.00769 \text{ kg}^{-1} \text{ cow d a}$ )                    |
| $Y_M$              | annual milk yield (in $\text{kg cow}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), see Chapter 4.3.1.2 |

The duration of the dry period  $t_{\text{dry}}^*$  is assumed to 6 weeks or 42 days (reflecting the data in Table 1.4.2 in GfE, 2001, pg. 23).

Hence, the duration of the lactation period  $t_{\text{lact}}^*$  follows from the difference of the calving interval  $t_{\text{ibc}}^*$  and the duration of the dry period  $t_{\text{dry}}^*$ .

Die Zwischenkalbezeit setzt sich aus der Dauer der Laktationsperiode und der Dauer der Trockenstezeit zusammen:

Die Dauer der Zwischenkalbezeit kann als Funktion der Milchleistung ausgedrückt werden (Dämmgen et al., 2009b, Abbildung 2 und Gleichung (53)):

Die Dauer der Trockenstezeit  $t_{\text{dry}}^*$  wird nach Tabelle 1.4.2 in GfE (2001), S. 23, mit 6 Wochen bzw. 42 Tagen angenommen.

Somit ergibt sich die Laktationsdauer  $t_{\text{lact}}^*$  aus der Differenz von Zwischenkalbezeit  $t_{\text{ibc}}^*$  und Trockenstezeit  $t_{\text{dry}}^*$ .

### 4.3.2 Energy requirements / Energiebedarf

The subsequent chapters describe the derivation of the total energy requirements of a dairy cow based on the various details of animal performance. In preparation of the calculation of feed intake in Chapter 4.3.3, Chapter 4.3.2.9 gives a description of the partitioning of the total energy requirements into the shares required for the lactation period and the dry period (for lactation period and dry period see Chapter 4.3.1.6).

In den nachfolgenden Kapiteln wird der Gesamtenergiebedarf der Milchkuh aus den verschiedenen tierischen Leistungsmerkmalen abgeleitet. In Kapitel 4.3.2.9 erfolgt zur Vorbereitung der Futteraufnahmeberechnung in Kapitel 4.3.3 eine Aufteilung des Gesamtenergiebedarfs in die Anteile für Laktationsperiode und Trockenstezeit (zu Laktationsperiode und Trockenstezeit siehe Kapitel 4.3.1.6).

#### 4.3.2.1 The NEL system / Das NEL System

The unit used in Germany to describe feed properties in dairy cow feeding is NEL (Net Energy Lactation). This system is the basis for the calculation of the energy and feed requirements of dairy cows. It is also used in the inventory model GAS-EM. The procedure is equivalent to the net energy system (NE system) used in the methodology described in IPCC (1996) and IPCC (2006).

Die in Deutschland verwendete Einheit zur Beschreibung der Futtereigenschaften in der Milchviehfütterung ist die Netto-Energie-Laktation (NEL). Dieses System ist Grundlage für die Berechnung von Milchkuh-Energiebedarf und -Fütterung auch im Inventarmodell GAS-EM. Die Vorgehensweise ist dabei analog zu dem in IPCC (1996) und IPCC (2006) verwendeten Netto-Energie-System (NE-System).

Irrespective of the literal meaning of the words, the net energy for lactation concept expresses the net energies for *all* processes in this unit.

Ungeachtet der wörtlichen Bedeutung des Begriffs „Netto-Energie-Laktation“ werden die Netto-Energien aller Einzelprozesse in dieser Einheit angegeben.

If a partial energy demand is given in ME units instead of NEL units, a conversion is possible by the subsequent equation according to van Es (1975) (see GfE, 2001, pg. 19):

Liegt ein Teilenergiebedarf in ME- statt in NEL-Einheiten vor, kann nach van Es (1975) (siehe GfE, 2001, S. 19) wie folgt eine Umrechnung vorgenommen werden:

$$NEL = (a + b \cdot X_{ME}) \cdot ME \quad (4.5)$$

where

|          |                                                                 |
|----------|-----------------------------------------------------------------|
| $NEL$    | net energy for lactation (in MJ NEL)                            |
| $ME$     | metabolizable energy (in MJ ME)                                 |
| $a$      | constant ( $a = 0.4632 \text{ MJ MJ}^{-1}$ )                    |
| $b$      | constant ( $b = 0.24 \text{ MJ MJ}^{-1}$ )                      |
| $X_{ME}$ | metabolizability (assumed: $X_{ME} = 0.60 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ) |

#### 4.3.2.2 Overall annual NEL requirements / Jährlicher Gesamt-NEL-Bedarf

The overall annual NEL requirements are given by:

Für den gesamten jährlichen NEL-Bedarf ergibt sich:

$$NEL_{tot} = \alpha \cdot (nel_m + nel_f + nel_{lc} + nel_d + nel_p + nel_g) \quad (4.6)$$

where

|             |                                                                                                |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $NEL_{tot}$ | annual NEL required (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)                              |
| $\alpha$    | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                               |
| $nel_m$     | mean daily net energy required for maintenance (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)   |
| $nel_f$     | mean daily net energy needed to obtain food (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)      |
| $nel_{lc}$  | mean daily net energy requirements for lactation (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL) |
| $nel_d$     | mean daily net energy required for draft power (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)   |
| $nel_p$     | mean daily net energy required for pregnancy (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)     |
| $nel_g$     | mean daily net energy required for growth (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )           |

#### 4.3.2.3 NEL requirement for maintenance / NEL-Bedarf für Erhaltung

The mean daily NEL requirements for maintenance are obtained as follows (GfE, 2001, pg. 20):

Der mittlere tägliche NEL-Bedarf für Erhaltung wird wie folgt (GfE, 2001, S. 20) berechnet:

$$nel_m = \eta_{nel,m} \cdot w_{unit} \cdot \left( \frac{w}{w_{unit}} \right)^{0.75} \quad (4.7)$$

where

|                |                                                                                                                                            |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $nel_m$        | mean daily net energy required for maintenance (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)                                               |
| $\eta_{nel,m}$ | constant ( $\eta_{nel,m} = 0.364 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ NEL}$ ) (see discussion in Dämmgen et al., 2009b, Chapter 3.2.1) |
| $w_{unit}$     | unit value of animal weight ( $w_{unit} = 1 \text{ kg cow}^{-1}$ )                                                                         |
| $w$            | animal weight averaged over lifetime (in kg cow <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.3                                                       |

#### 4.3.2.4 NEL requirement to obtain feed / NEL-Bedarf für die Nahrungsaufnahme

According to IPCC (2006)-10.16, the mean daily NEL requirements to obtain feed are assumed to be proportional to the NEL requirements for maintenance. The calculation considers the duration of grazing time:

In Anlehnung an IPCC (2006)-10.16 wird der mittlere tägliche NEL-Bedarf für Nahrungsaufnahme proportional zum NEL-Bedarf für Erhaltung berechnet. Die Berechnung erfolgt unter Berücksichtigung der Weidezeiten:

$$nel_f = nel_m \cdot [c_{house} \cdot (1 - f_{graz}) + c_{pasture} \cdot f_{graz}] \quad (4.8)$$

where

|               |                                                                                                                   |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $nel_f$       | mean daily net energy needed to obtain food (in analogy to IPCC) (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)    |
| $nel_m$       | mean daily net energy required for maintenance (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.2.3 |
| $c_{house}$   | coefficient for housing ( $c_{house} = 0.00$ ; IPCC(2006)-10.17, Table 10.5)                                      |
| $f_{graz}$    | weighting factor ( $0 \leq f_{graz} \leq 1$ ), see Chapter 4.3.7.5.1                                              |
| $\alpha$      | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                                  |
| $c_{pasture}$ | coefficient for pasture ( $c_{pasture} = 0.17$ ; IPCC(2006)-10.17, Table 10.5)                                    |

#### 4.3.2.5 NEL requirements for lactation / NEL-Bedarf für Laktation

In contrast to IPCC (2006), the approach proposed includes the energy requirements for the synthesis of milk protein, see GfE (2001, pg. 21f), Equation 1.4.3.

Dämmgen et al. (2009b) Chapter 3.2.3, introduced an additional correction factor  $a = 1.04$  to reflect that the inventory uses temporal means of milk yield, milk fat and milk protein contents. However, a revision of the derivation of Equation 1.4.2 in GfE (2001) suggests that the effects of the use of means is already implicit. Hence, from the 2011 submission onwards a factor  $a = 1.00$  is used in agreement with GfE (2001), pg. 21 et seq.

Anders als IPCC (2006) berücksichtigt die Berechnung des NEL-Bedarfs für Laktation den Aufwand für die Milcheiweiß-Synthese (GfE, 2001, S. 21 f., Gleichung 1.4.3).

Dämmgen et al. (2009b), Kapitel 3.2.3, führten einen zusätzlichen Korrekturfaktor  $a = 1,04$  ein zum Ausgleich dafür, dass mit zeitlich gemittelten Werten von Milchleistung, Fett- und Eiweißgehalt gerechnet wird. Eine Neueinschätzung der Ableitung der Koeffizienten in Gleichung 1.4.3 in GfE (2001) legt aber den Schluss nahe, dass die Mittelungseffekte bereits implizit in den Regressionskoeffizienten enthalten sind. Daher wird ab Submission 2011 mit  $a = 1,00$  und damit konform zu GfE (2001), S. 21 f, gerechnet.

$$nel_{lc} = \frac{Y_M}{\alpha} \cdot \left[ (c_{lc,1} + c_{lc,2} \cdot x_{fat,milk} + c_{lc,3} \cdot x_{XP,milk}) + d \right] \cdot a \quad (4.9)$$

where

|                |                                                                                                |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $nel_{lc}$     | mean daily net energy requirements for lactation (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL) |
| $Y_M$          | annual milk yield (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                   |
| $\alpha$       | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                               |
| $c_{lc,1}$     | constant ( $c_{lc,1} = 0.95 \text{ MJ kg}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 21)                           |
| $c_{lc,2}$     | coefficient ( $c_{lc,2} = 38 \text{ MJ kg}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 21)                          |
| $x_{fat,milk}$ | mass fraction of milk fat (in kg kg <sup>-1</sup> )                                            |
| $c_{lc,3}$     | coefficient ( $c_{lc,3} = 21 \text{ MJ kg}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 21)                          |
| $x_{XP,milk}$  | mass fraction of milk protein (in kg kg <sup>-1</sup> )                                        |
| $d$            | constant ( $d = 0.1 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ NEL}$ ; GfE, 2001, pg. 22)        |
| $a$            | correction factor (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see text                                          |

#### 4.3.2.6 NEL requirements for draft power / NEL-Bedarf für Zugleistungen

In the reporting period, dairy cows have not been used as draught animals.

Im Berichtszeitraum wurden von Milchkühen keine Zugleistungen erbracht.

#### 4.3.2.7 NEL requirements for pregnancy / NEL-Bedarf für die Trächtigkeit

The mean daily energy amount required for the development of the conception product and the udder,  $nel_p$ , is calculated as follows:

Der mittlere tägliche Energiebedarf für die Entwicklung von Konzeptionsprodukt und Euter,  $nel_p$ , berechnet sich wie folgt:

$$nel_p = \frac{NEL_p^*}{t_{ibc}^*} \quad (4.10)$$

where

|             |                                                                                            |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| $nel_p$     | mean daily net energy required for pregnancy (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL) |
| $NEL_p^*$   | NEL required for pregnancy (in MJ calf <sup>-1</sup> NEL)                                  |
| $t_{ibc}^*$ | duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6   |

The total energy requirements  $NEL_p^*$  for pregnancy are derived from the energies needed for the development of the conception products and the udder (GfE, 2001, S. 23).

Der Gesamtenergiebedarf  $NEL_p^*$  für die Trächtigkeit errechnet sich aus dem Bedarf für die Entwicklung von Konzeptionsprodukt und Euter (GfE, 2001, S. 23).

$$NEL_p^* = NEL_{cp}^* + NEL_u^* \quad (4.11)$$

where

|              |                                                                                                                |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $NEL_p^*$    | NEL required for pregnancy (in MJ calf <sup>-1</sup> NEL)                                                      |
| $NEL_{cp}^*$ | NEL required for the development of the uterus including the conception product (in MJ calf <sup>-1</sup> NEL) |
| $NEL_u^*$    | NEL required for the development of the udder (in MJ calf <sup>-1</sup> NEL)                                   |

According to calculations in Dämmgen et al. (2009b) based on data in GfE (2001, pg. 23) and a calf weight of 36 kg an<sup>-1</sup> (as deduced from production characteristics given in KTBL, 2006b, pg. 421),  $NEL_p^*$  is set to 917 MJ per calf. (The weight of the cow is not considered, as is the case in GfE, 2001.)

Nach Berechnungen in Dämmgen et al. (2009b) auf Grundlage von GfE (2001, S. 23) und einem Kalbgewicht von 36 kg an<sup>-1</sup> (abgeleitet aus Produktionskennwerten KTBL, 2006b, S. 421) wird  $NEL_p^*$  mit 917 MJ Kalb<sup>-1</sup> angesetzt. (Das Kuhgewicht bleibt wie bei GfE, 2001, ohne Einfluss.)

#### 4.3.2.8 NEL requirements for growth / NEL-Bedarf für Wachstum

GfE (2001), pg. 22, relate the mean daily NEL requirements for growth to the weight gain per year:

GfE (2001), S. 22, bezieht den mittleren täglichen NEL-Bedarf für Wachstum auf die jährliche Gewichtszunahme.

$$nel_g = \eta_{nel,g} \cdot \frac{\Delta w}{\alpha} \quad (4.12)$$

where

|                |                                                                                          |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| $nel_g$        | mean daily net energy required for growth (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )     |
| $\eta_{nel,g}$ | constant ( $\eta_{nel,g} = 25.5$ MJ kg <sup>-1</sup> NEL according to GfE, 2001, pg. 22) |
| $\Delta w$     | weight gain (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                   |
| $\alpha$       | time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )                        |

#### 4.3.2.9 Energy partitioning between lactation period and dry period / Energieaufteilung zwischen Laktationsperiode und Trockenstehzeit

As a base for the feed intake calculations in Chapter 4.3.3, the total energy requirements  $NEL_{tot}$  as calculated according to Chapter 4.3.2.2 have to be split up into the requirements during lactation ( $NEL_{lact}$ ) and dry period ( $NEL_{dry}$ ).

Zur Vorbereitung der Futteraufnahmeberechnung in Kapitel 4.3.3 ist eine Aufteilung des nach Kapitel 4.3.2.2 berechneten Gesamtenergiebedarfs  $NEL_{tot}$  auf Laktationsperiode ( $NEL_{lact}$ ) und Trockenstehzeit ( $NEL_{dry}$ ) erforderlich.

$$NEL_{tot} = NEL_{lact} + NEL_{dry} \quad (4.13)$$

where

|              |                                                                                                           |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $NEL_{tot}$  | total annual net energy requirements (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.2.2   |
| $NEL_{lact}$ | annual net energy requirements related to the lactation period (MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL) |
| $NEL_{dry}$  | annual net energy requirements related to the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)    |

The much smaller contribution,  $NEL_{dry}$ , is estimated as described subsequently.  $NEL_{lact}$  is then calculated as the difference between  $NEL_{tot}$  und  $NEL_{dry}$ .

Der weitaus geringere Anteil,  $NEL_{dry}$ , wird wie nachfolgend beschrieben geschätzt.  $NEL_{lact}$  berechnet sich dann als Differenz von  $NEL_{tot}$  und  $NEL_{dry}$ .

Table 4.14 provides the data given by GfE (2001, pg. 24, Table 1.4.3) for dry matter intake during the dry period (i. e. the last 6 weeks before calving) as a function of the dry matter NEL content. This data set applies to a cow with a weight of 650 kg. Differing cow weights can not be taken into account as there is no information given in GfE (2001).

Table 4.14 zeigt die für die Trockenzeit (d. h. die letzten 6 Wochen vor dem Kalben) von GfE (2001, S. 24, Tabelle 1.4.3) angegebenen Werte für Trockenmasseaufnahme als Funktion des NEL-Gehaltes dieser Trockenmasse. Diese Daten gelten für ein Kuhgewicht von 650 kg. Eine Differenzierung nach Tiergewicht erfolgt mangels Daten in GfE (2001) nicht.



In additional lines, Table 4.14 lists the steps used to calculate the total NEL intake during the dry period. The result equals that obtained with equation (22) in Dämmgen et al (2009b). As the emission inventory is based on the assumption that animal feeding exactly satisfies energy requirements, the total NEL intake calculated according to Table 4.14 can be interpreted as the total NEL requirements during the dry period ( $NEL_{dry}^*$ ).

In zusätzlichen Zeilen listet Table 4.14 die Schritte zur Berechnung der Gesamt-NEL-Aufnahme während der Trockenstehzeit. Das Ergebnis entspricht dem mit Gleichung (22) in Dämmgen et al. (2009b) zu erhaltenen Ergebnis. Da die Inventarberechnung auf der Voraussetzung beruht, dass die Tierfütterung genau den Energiebedarf decken soll, kann die nach Table 4.14 berechnete Gesamt-NEL-Aufnahme mit dem Gesamt-NEL-Bedarf  $NEL_{dry}^*$  gleich gesetzt werden.

Table 4.14: Dairy cows, NEL intake during the dry period for a cow of 650 kg

| NEL content per kg of dry matter (4 different types of dry matter) <sup>a</sup>                                                      | 5.2          | 5.6          | 6.0          | 6.4          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| daily dry matter intake during phase 1 (6 to 4 weeks before calving) (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>         | 9.8          | 9.0          | 8.4          | 7.9          |
| daily dry matter intake during: phase 2 (3 <sup>rd</sup> week until calving) (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup> | 10.7         | 9.9          | 9.3          | 8.7          |
| daily dry matter intake averaged over the entire dry period (6 weeks) (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                     | 20.5/2       | 18.9/2       | 17.7/2       | 16.6/2       |
| mean daily NEL intake (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                                                                     | 20.5/2 · 5.2 | 18.9/2 · 5.6 | 17.7/2 · 6.0 | 16.6/2 · 6.4 |
| mean daily NEL intake averaged over the different dry matter types (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                        | 53.1         |              |              |              |
| $NEL_{dry}^*$ , i. e. total daily NEL intake for 6 weeks of dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> )                                    | 2230.6       |              |              |              |

<sup>a</sup> Source: GfE (2001), pg. 24, Table 1.4.3

The annual NEL requirements are calculated as follows:

Der jährliche NEL-Bedarf  $NEL_{dry}$  ergibt sich dann wie folgt:

$$NEL_{dry} = NEL_{dry}^* \cdot \frac{\alpha}{t_{ibc}^*} \quad (4.14)$$

where

|               |                                                                                                                        |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $NEL_{dry}$   | annual net energy requirements related to the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)                 |
| $NEL_{dry}^*$ | total net energy requirements during the dry period ( $NEL_{dry}^* = 2230.6$ MJ cow <sup>-1</sup> NEL, see Table 4.14) |
| $\alpha$      | time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )                                                      |
| $t_{ibc}^*$   | duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6                               |

The NEL requirements during the lactation period are then given by:

Damit lässt sich der aus der Laktationsphase jährlich resultierende NEL-Bedarf  $NEL_{lact}$  berechnen:

$$NEL_{lact} = NEL_{tot} - NEL_{dry} \quad (4.15)$$

where

|              |                                                                                                           |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $NEL_{lact}$ | annual net energy requirements related to the lactation period (MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL) |
| $NEL_{tot}$  | total annual net energy requirements (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.2.2   |
| $NEL_{dry}$  | annual net energy requirements related to the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)    |

The NEL requirements during the lactation period are then given by:

Für den während der Laktationsphase entstehenden NEL-Bedarf folgt daraus:

$$NEL_{lact}^* = NEL_{lact} \cdot \frac{t_{ibc}^*}{\alpha} \quad (4.16)$$

where

|                |                                                                                                              |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $NEL_{lact}^*$ | total net energy requirements during the lactation period (in MJ cow <sup>-1</sup> NEL)                      |
| $NEL_{lact}$   | annual net energy requirements related to the lactation period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL) |
| $t_{ibc}^*$    | duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6                     |
| $\alpha$       | time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )                                            |

### 4.3.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Feed is supplied in concentrates and roughage inside the animal house and during grazing. The respective shares are also governed by the DM intake of the animals, as DM intake is limited. Once the DM intake and the feed properties are known, the intakes of GE, DE, ME, NEL and N can be deduced.

Energy and N contents of pasture grass and roughage provided in the housing are different. This is taken into account in the inventory calculation by weighted averaging, see Chapter 4.3.4.

The calculations described subsequently are done for all districts separately which is not explicitly emphasized in the respective paragraphs.

Futter wird als Raufutter und als Kraftfutter im Stall und auf der Weide bereitgestellt. Die jeweiligen Anteile sind auch von der Trockenmasse-Aufnahme abhängig, die begrenzt ist. Wenn die Trockenmasse und die Futtereigenschaften bekannt sind, lassen sich die Aufnahme von GE, DE, ME, NEL und N ableiten.

Die unterschiedlichen Energie- und N-Gehalte von Weidegras und im Stall verabreichten Raufutter werden in der Inventarberechnung durch gewichtete Mittelung berücksichtigt, siehe Kapitel 4.3.4.

Die nachfolgend beschriebenen Berechnungen erfolgen für jeden Kreis separat, ohne dass dies gesondert hervorgehoben wird.

#### 4.3.3.1 Linking feed intake with energy requirements / Die Kombination von Futter-Aufnahme und Energiebedarf

IPCC (2006, pg. 10.23) requires inventory calculations to be based on the principle of feeding animals exactly according to their energy requirements. Hence, the energy taken in with feed ( $NEL_{\text{feed}}$ ) equals the total energy requirements ( $NEL_{\text{tot}}$ ). The latter can be split up into the energy shares for the lactation period ( $NEL_{\text{lact}}$ ) and the dry period ( $NEL_{\text{dry}}$ ).

Die IPCC-Forderung (2006, S. 10.23), für die Inventarberechnung von energiebedarfgerecht gefütterten Tieren auszugehen, resultiert in der Gleichsetzung der mit dem Futter aufgenommenen Energie  $NEL_{\text{feed}}$  mit dem Gesamtenergiebedarf  $NEL_{\text{tot}}$ , der sich wiederum nach Kapitel 4.3.2.9 in die Energiebedarfsanteile für die Laktationsperiode ( $NEL_{\text{lact}}$ ) und die Trockenstehzeit ( $NEL_{\text{dry}}$ ) aufspaltet.

$$NEL_{\text{feed}} = NEL_{\text{tot}} = NEL_{\text{lact}} + NEL_{\text{dry}} \quad (4.17)$$

where

|                     |                                                                                                           |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $NEL_{\text{feed}}$ | annual intake of NEL with feed (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)                              |
| $NEL_{\text{tot}}$  | annual NEL required (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)                                         |
| $NEL_{\text{lact}}$ | annual net energy requirements related to the lactation period (MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL) |
| $NEL_{\text{dry}}$  | annual net energy requirements related to the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)    |

#### 4.3.3.2 Total dry matter intake / Gesamttrockenmasse-Aufnahme

The calculation of the inventory-relevant *annual* dry matter intake is based on the total dry matter intake during the interval between calvings ( $DM^*$ ).  $DM^*$  is calculated from the amounts of dry matter taken in during the lactation period and the dry period. (For the period definitions see Chapter 4.3.1.6.)

Ausgangspunkt zur Ermittlung der für das Inventar relevanten *jährlichen* Trockenmasse-Aufnahme ist die Trockenmasse-Aufnahme  $DM^*$  während der Zwischenkalbezeit, die aus Beiträgen aus Laktations- und Trockenphase gebildet wird. (Zum Zusammenhang der verschiedenen Phasen siehe Kapitel 4.3.1.6.).

$$DM^* = DM_{\text{lact}}^* + DM_{\text{dry}}^* \quad (4.18)$$

where

|                      |                                                                               |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| $DM^*$               | total intake of dry matter (in kg cow <sup>-1</sup> DM)                       |
| $DM_{\text{lact}}^*$ | intake of dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM) |
| $DM_{\text{dry}}^*$  | intake of DM during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)               |

The *annual* dry matter intake is given by:

Für die *jährliche* Trockenmasse-Aufnahme gilt:

$$DM = DM_{\text{lact}} + DM_{\text{dry}} = (DM_{\text{lact}}^* + DM_{\text{dry}}^*) \cdot \frac{\alpha}{t_{\text{ibc}}^*} \quad (4.19)$$

where

|                      |                                                                                                          |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $DM$                 | annual intake of dry matter (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)                                 |
| $DM_{\text{lact}}$   | annual intake of dry matter related to the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM) |
| $DM_{\text{dry}}$    | annual intake of dry matter related to the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)       |
| $DM_{\text{lact}}^*$ | intake of dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)                            |
| $DM_{\text{dry}}^*$  | intake of DM during dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)                                              |
| $\alpha$             | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                         |
| $t_{\text{ibc}}^*$   | duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6                 |

Different properties of roughage and concentrates are accounted for during the calculation of the dry matter intake by considering the different shares of roughage and concentrates:

Zur Berücksichtigung unterschiedlicher Eigenschaften von Raufutter- und Kraftfutter wird bei der Trockenmasse-Aufnahme zusätzlich noch nach Raufutter- und Kraftfutteranteilen unterschieden:

$$DM_{\text{lact}}^* = DM_{\text{conc,lact}}^* + DM_{\text{rough,lact}}^* = (dm_{\text{conc,lact}} + dm_{\text{rough,lact}}) \cdot t_{\text{lact}}^* \quad (4.20)$$

$$DM_{\text{dry}}^* = DM_{\text{conc,dry}}^* + DM_{\text{rough,dry}}^* = (dm_{\text{conc,dry}} + dm_{\text{rough,dry}}) \cdot t_{\text{dry}}^* \quad (4.21)$$

where

|                            |                                                                                                                       |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $DM_{\text{lact}}^*$       | intake of dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)                                         |
| $DM_{\text{conc,lact}}^*$  | intake of concentrates dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)                            |
| $DM_{\text{rough,lact}}^*$ | intake of roughage dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)                                |
| $dm_{\text{conc,lact}}$    | daily intake of dry matter during the lactation period with concentrates (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM) |
| $dm_{\text{rough,lact}}$   | daily intake of dry matter during the lactation period with roughage (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)     |
| $t_{\text{lact}}^*$        | duration of the lactation period (in d), see Chapter 4.3.1.6                                                          |
| $DM_{\text{dry}}^*$        | intake of dry matter during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)                                               |
| $DM_{\text{conc,dry}}^*$   | intake of concentrates dry matter during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)                                  |
| $DM_{\text{rough,dry}}^*$  | intake of roughage dry matter during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)                                      |
| $dm_{\text{conc,dry}}$     | daily intake of dry matter during the dry period with concentrates (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)       |
| $dm_{\text{rough,dry}}$    | daily intake of dry matter during the dry period with roughage (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)           |
| $t_{\text{dry}}^*$         | duration of the dry period (in d), see Chapter 4.3.1.6                                                                |

The calculation of the daily amounts of dry matter intake as introduced above is described in the subsequent chapters.

Die oben eingeführten Tageswerte der Trockenmasse-Aufnahme werden in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

#### 4.3.3.3 Dry matter intake during lactation / Trockenmasse-Aufnahme während der Laktation

The calculation of the daily dry matter intake with roughage during the lactation period is principally based on the formula provided in DLG (1986), Chapter 6. However, it is extended to take into account the impact of high milk yields according to Kruif et al. (2006). Dämmgen et al. (2009b) combine this approach with an equation describing how energy requirements are met by feeding. This results in a set of two equations for the daily dry matter intake with roughage and concentrates. This set of equations was adopted from Dämmgen et al. (2009b) with slight formal modifications and the additional plausible constraint that the intake of concentrates be zero for rather low milk yields.

Die Berechnung der täglichen Trockenmasse-Aufnahme von Raufutter während der Laktationszeit, beruht im Wesentlichen auf der Formel in DLG (1986), Kap. 6, ergänzt um die Berücksichtigung des Einflusses hoher Milchleistungen (Kruif et al., 2006). Dämmgen et al. (2009b) kombinieren diesen Ansatz mit einer Gleichung zur Befriedigung des Energiebedarfs durch das Futter. Daraus resultiert der nachfolgende Gleichungssatz für die tägliche Trockenmasse-Aufnahme von Rau- und Kraftfutter. Dieser Gleichungssatz wurde gegenüber Dämmgen et al. (2009b) formal leicht modifiziert und durch die plausible Regel ergänzt, dass bei sehr niedrigen Milchleistungen die Kraftfuttermittelaufnahme null ist.

$$dm_{\text{rough, lact}} = \frac{nel_{\text{lact}} - dm_{\text{conc, lact}} \cdot \eta_{\text{NEL, conc}}}{\eta_{\text{NEL, rough}}} \quad (4.22)$$

with

$$nel_{\text{lact}} = \frac{NEL_{\text{lact}}^*}{t_{\text{lact}}^*} \quad (4.23)$$

and

$$dm_{\text{conc, lact}} = \max \left\{ 0; \frac{B}{2} - \sqrt{\left(\frac{B}{2}\right)^2 - C} \right\} \quad (4.24)$$

with

$$B = \frac{\eta_{\text{NEL, conc}}}{\eta_{\text{NEL, rough}}} \cdot \frac{1}{d} \quad (4.25)$$

$$C = \left( \frac{NEL_{\text{lact}}^*}{t_{\text{lact}}^* \cdot \eta_{\text{NEL, rough}}} - a \cdot w - b \cdot \left( \frac{\eta_{\text{NEL, rough}}}{\eta_{\text{NEL, unit}}} \right)^c - f \cdot \max(y_{\text{ECM}} - e; 0) \right) \cdot \frac{1}{d} \quad (4.26)$$

where

|                            |                                                                                                                       |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $dm_{\text{rough, lact}}$  | daily intake of dry matter during the lactation period with roughage (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)     |
| $nel_{\text{lact}}$        | daily net energy requirements during the lactation period (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)               |
| $dm_{\text{conc, lact}}$   | daily intake of dry matter during the lactation period with concentrates (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM) |
| $B, C$                     | auxiliary entities                                                                                                    |
| $\eta_{\text{NEL, conc}}$  | NEL content of concentrates (in MJ kg <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.4.2                                         |
| $\eta_{\text{NEL, rough}}$ | NEL content of roughage (in MJ kg <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.4.2                                             |
| $NEL_{\text{lact}}^*$      | total net energy requirements during the lactation period (in MJ cow <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.2.9          |
| $t_{\text{lact}}^*$        | duration of lactation period (in d a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.6                                             |
| $d$                        | constant ( $d = 0.026 \text{ kg}^{-1} \text{ cow a}$ )                                                                |
| $a$                        | constant ( $a = 0.006 \text{ d}^{-1}$ )                                                                               |
| $w$                        | animal weight (in kg cow <sup>-1</sup> )                                                                              |
| $b$                        | constant ( $b = 0.19 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )                                                            |
| $\eta_{\text{NEL, unit}}$  | unit NEL content of feed ( $X_{\text{NEL, unit}} = 1 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ NEL}$ )                                |
| $c$                        | exponent ( $c = 2.16$ )                                                                                               |
| $f$                        | constant ( $f = 0.1$ )                                                                                                |
| $y_{\text{ECM}}$           | energy-corrected daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see below       |
| $e$                        | constant ( $e = 25 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )                                                              |

The energy-corrected daily milk yield  $y_{\text{ECM}}$  is defined as follows:

$$y_{\text{ECM}} = y_{\text{M}} \cdot \frac{LE}{LE_s} \quad (4.27)$$

where

|                  |                                                                                                      |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $y_{\text{ECM}}$ | energy-corrected daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) |
| $y_{\text{M}}$   | daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                  |
| $LE$             | energy content of milk (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see below                                          |
| $LE_s$           | energy content of standard milk (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see below                                 |

Taking into account a specific additional amount of energy  $d = 0,1 \text{ MJ kg}^{-1}$  (see GfE, 2001, pg. 22),  $LE$  is given by (see also GfE, 2001, pg. 21, eq. (1.4.3)):

$$LE = (c_{\text{lc},1} + c_{\text{lc},2} \cdot x_{\text{fat,milk}} + c_{\text{lc},3} \cdot x_{\text{XP,milk}}) + d \quad (4.28)$$

where

|                       |                                                                                                        |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $LE$                  | energy content of milk (in MJ kg <sup>-1</sup> )                                                       |
| $LE_s$                | energy content of standard milk (4 % fat content, 12.8 % dry matter content) (in MJ kg <sup>-1</sup> ) |
| $c_{\text{lc},1}$     | constant ( $c_{\text{lc},1} = 0.95 \text{ MJ kg}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 21)                            |
| $c_{\text{lc},2}$     | coefficient ( $c_{\text{lc},2} = 38 \text{ MJ kg}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 21)                           |
| $x_{\text{fat,milk}}$ | mass fraction of milk fat (in kg kg <sup>-1</sup> )                                                    |
| $c_{\text{lc},3}$     | coefficient ( $c_{\text{lc},3} = 21 \text{ MJ kg}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 21)                           |
| $x_{\text{XP,milk}}$  | mass fraction of milk protein (in kg kg <sup>-1</sup> )                                                |
| $d$                   | constant ( $d = 0.1 \text{ MJ cow}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ NEL}$ ; GfE, 2001, pg. 22)               |

The quantity  $LE_s$  is obtained by using standard milk properties in the equation given above: fat content of 4 % or  $0.04 \text{ kg kg}^{-1}$ , protein content of 3.4 % or  $0.034 \text{ kg kg}^{-1}$  (DLG, 2005, pg. 28; Weiß, 2010). This leads to  $LE_s = 3.28 \text{ MJ kg}^{-1}$ .

Finally  $y_{\text{ECM}}$  can be written as follows:

$$y_{\text{ECM}} = y_{\text{M}} \cdot \frac{p + q \cdot x_{\text{fat,milk}} + r \cdot x_{\text{XP,milk}}}{s} \quad (4.29)$$

where

|                       |                                                                                                                 |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $y_{\text{ECM}}$      | energy-corrected daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see below |
| $y_{\text{M}}$        | daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                             |
| $p$                   | constant ( $p = 1.05 \text{ MJ kg}^{-1}$ )                                                                      |
| $q$                   | constant ( $q = 38 \text{ MJ kg}^{-1}$ )                                                                        |
| $x_{\text{fat,milk}}$ | mass fraction of milk fat (in kg kg <sup>-1</sup> )                                                             |
| $r$                   | constant ( $r = 21 \text{ MJ kg}^{-1}$ )                                                                        |
| $x_{\text{XP,milk}}$  | mass fraction of milk protein (in kg kg <sup>-1</sup> )                                                         |
| $s$                   | constant ( $s = LE_s = 3.28 \text{ MJ kg}^{-1}$ )                                                               |

This equation corresponds to the formula given in DLG (2001, pg. 14ff, context of Tables 5, 6, und 7).

Die energiekorrigierte mittlere tägliche Milchleistung  $y_{\text{ECM}}$  ist wie folgt definiert:

Nach GfE (2001), S. 21, Gl. (1.4.3), gilt unter Berücksichtigung des in GfE (2001), S. 22, angegebenen Energiezuschlages von  $d = 0,1 \text{ MJ kg}^{-1}$ :

Die Größe  $LE_s$  erhält man, indem Standardmilch-Kennwerte in die obige LE-Gleichung eingesetzt werden: Fettgehalt 4 % bzw.  $0,04 \text{ kg kg}^{-1}$ , Proteingehalt 3,4 % bzw.  $0,034 \text{ kg kg}^{-1}$  (DLG, 2005, S. 28; Weiß, 2010). Dies führt zu  $LE_s = 3,28 \text{ MJ kg}^{-1}$ .

Zusammenfassend ergibt sich für  $y_{\text{ECM}}$ :

Diese Gleichung entspricht der Formel in DLG (2001, S. 14ff, Kontext zu Tabellen 5, 6, und 7).

The daily milk yield is obtained from:

Die tägliche Milchleistung  $y_M$  berechnet sich aus:

$$y_M = \frac{Y_M^*}{t_{lact}^*} = Y_M \frac{t_{ibc}^*}{\alpha} \quad (4.30)$$

where

|              |                                                                                                |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $y_M$        | daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see below |
| $Y_M^*$      | total milk yield during the interval between calvings (in kg cow <sup>-1</sup> )               |
| $t_{lact}^*$ | duration of lactation period (in d a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.6                      |
| $Y_M$        | annual milk yield (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                   |
| $t_{ibc}^*$  | duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6       |
| $\alpha$     | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                               |

#### 4.3.3.4 Dry matter intake during the dry period / Trockenmasse-Aufnahme während der Trockenstehzeit

Combining the dairy cow's energy requirements with the energy contents of the feed, Dämmgen et al. (2009b) derived the following equation to calculate the dry matter intake with roughage during the dry period.

Aus dem Abgleich zwischen dem Energiebedarf der Milchkühe und dem Energieangebot im Futter resultiert nach Dämmgen et al. (2009b) für die Trockenstehzeit die folgende Gleichung zur Berechnung der Trockenmasse-Aufnahme mit dem Raufutter:

$$dm_{rough, dry} = \frac{nel_{dry} - dm_{conc, dry} \cdot \eta_{NEL, conc}}{\eta_{NEL, rough}} \quad (4.31)$$

where

|                     |                                                                                                                        |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $dm_{rough, dry}$   | daily intake of dry matter during the dry period with roughage (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)            |
| $nel_{dry}$         | daily NEL intake with feed during the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)                         |
| $dm_{conc, dry}$    | daily intake of dry matter during the dry period with roughage (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM), see below |
| $\eta_{NEL, conc}$  | NEL content of concentrates (in MJ kg <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.4.2                                          |
| $\eta_{NEL, rough}$ | NEL content of roughage (in MJ kg <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.4.2                                              |

and

$$nel_{dry} = \frac{NEL_{dry}^*}{t_{dry}^*} \quad (4.32)$$

where

|               |                                                                                                |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $nel_{dry}$   | daily NEL intake with feed during the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL) |
| $NEL_{dry}^*$ | total net energy requirements during the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> NEL)              |
| $t_{dry}^*$   | duration of the dry period (in d), see Chapter 4.3.1.6                                         |

During the dry period of 42 days (Chapter 4.3.1.6) dairy cows get no concentrates over 28 days and 3 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> of concentrates over 14 days (according to Spiekens, 2002, Table 7 and 8). The mean daily intake of concentrates,  $dm_{conc, dry}$  is therefore 1 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> fresh matter or 0.88 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> dry matter.

Nach Spiekens (2002, Tabelle 7 und 8) erhalten Milchkühe innerhalb der 42 Tage Trockenstehzeit (Kapitel 4.3.1.6) 28 Tage kein Kraftfutter und 14 Tage 3 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Daraus ergibt sich eine durchschnittliche tägliche Kraftfutteraufnahme  $dm_{conc, dry}$  von 1 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Frischmasse bzw. 0,88 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Trockenmasse.

#### 4.3.3.5 *Partitioning of roughage intake between house and pasture / Aufteilung der Raufutteraufnahme zwischen Stall und Weide*

The properties of pasture grass and roughage provided in the housing differ, e. g. for the nitrogen content. To account for this difference when calculating N intake and N excretion, the annual total intake of roughage dry matter is split up into the shares for housing and pasture:

Weidegras unterscheidet sich von dem im Stall verabreichten Raufutter u. a. im Stickstoffgehalt. Um dies in der Berechnung von N-Aufnahme und N-Ausscheidung berücksichtigen zu können, wird die jährlich aufgenommene Gesamtmenge an Raufutter-Trockenmasse zwischen Stall und Weide aufgeteilt:

$$DM_{\text{rough}} = DM_{\text{rough, house}} + DM_{\text{rough, graz}} \quad (4.33)$$

where

|                            |                                                                                                  |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $DM_{\text{rough}}$        | total annual dry matter intake of roughage (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)          |
| $DM_{\text{rough, house}}$ | annual dry matter intake of roughage in the house (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)   |
| $DM_{\text{rough, graz}}$  | annual dry matter intake of roughage during grazing (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM) |

The dry matter proportioning is performed using the factor  $f_{\text{graz}}$ , which quantifies the relative annual duration of grazing:

Die Aufteilung wird mit Hilfe eines Faktors  $f_{\text{graz}}$  vorgenommen, der dem auf die Dauer eines Jahres bezogenen relativen Anteil der Weidezeiten entspricht.

$$DM_{\text{rough, graz}} = f_{\text{graz}} \cdot DM_{\text{rough}} \quad (4.34)$$

$$DM_{\text{rough, house}} = (1 - f_{\text{graz}}) \cdot DM_{\text{rough}} \quad (4.35)$$

where

|                            |                                                                                                  |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $DM_{\text{rough, graz}}$  | annual dry matter intake of roughage during grazing (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM) |
| $f_{\text{graz}}$          | weighting factor ( $0 \leq f_{\text{graz}} \leq 1$ ), see Chapter 4.3.7.5.1                      |
| $DM_{\text{rough}}$        | total annual dry matter intake of roughage (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)          |
| $DM_{\text{rough, house}}$ | annual dry matter intake of roughage in the house (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)   |

Grazing has also an impact on the mean properties of the roughage taken in, see Chapter 4.3.4.5

Der Weidegang beeinflusst in analoger Weise auch die mittleren Eigenschaften des Raufutters, siehe Kapitel 4.3.4.5.

#### 4.3.3.6 *Assessment of gross energy intake / Bestimmung der Gesamtenergie-Aufnahme*

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation (Chapter 0) as well as VS excretions (Chapter 3.3.3.1), the amount of annual gross energy intake (GE) is needed. The calculation of GE is described in Chapter 4.3.4.6.

Für die Berechnung der Methanemission aus der Verdauung (Chapter 0) sowie der VS-Ausscheidung (Chapter 3.3.3.1) wird der Betrag der jährlichen Gesamtenergie-Aufnahme pro Platz (GE) benötigt. Die Berechnung dieser Größe wird in Kapitel 4.3.4.6 beschrieben.

#### 4.3.4 Feed composition / Futterzusammensetzung

##### 4.3.4.1 Modelling concept

The German inventory differentiates between two standard diet categories:

- “Mixed diet” fed in regions with considerable areas of arable land (maize silage, grass silage, standard concentrate MLF 18/3, rapeseed expeller and straw),
- “grass based” diet in regions without considerable areas of arable land (grass silage, standard concentrate MLF 18/3, wheat)

For each district, the respective shares of these standard diet categories in dairy cattle husbandry are calculated using percentages of dairy cows kept either in farms with considerable areas of arable land or farms where the share of grassland is predominant (Dämmgen et al., 2010a). The percentages have been provided by the Federal Statistical Agency (based on existing official statistical data) for the years 1991, 1995, 1999, 2003, 2007 and 2010. For the calculation of emissions the 1991 data was used for 1990. All other gaps until 2009 (inclusive of) were colsed by linear interpolation between the years with data. For 2011, the value for 2010 was used. No visible changes occurred between 2007 and 2010. The national frequency distribution is shown in Table 4.15,

The specific composition of each of the two standard diet categories depends on milkyield, see Chapters 4.3.4.2 and 4.3.4.4.

The modification of the mean properties of the roughage due to grazing is described in Chapter 4.3.4.5.

Chapter 4.3.4.6 deals with the calculation of the national mean of the digestibility, a quantity which is needed for the emission reporting under UNFCCC.

Das deutsche Inventar unterscheidet zwei Standardkategorien von Futterrationen:

- “Gemischte Ration“ in Ackerbaugebieten (Maissilage, Grassilage, Kraftfutter MLF 18/3, Rapskuchen und Stroh),
- „Grassilage-Ration“ in Grünlandgebieten (Grassilage, Kraftfutter MLF 18/3, Weizen)

Für jeden Kreis wird berechnet, zu welchen Anteilen diese Standardfutterkategorien an der Fütterung der jeweiligen Milchkuh-Population beteiligt sind (Dämmgen et al., 2010a). Diese Berechnung beruht auf Daten zur prozentualen Verteilung der Milchkühe eines jeden Kreises auf Ackerbau- und Grünlandbetriebe. Diese Daten wurden durch das Statistische Bundesamt aus vorhandenen Daten der amtlichen Statistik für die Jahre 1991, 1995, 1999, 2003, 2007 und 2010 abgeleitet. Für die Emissionsberechnungen wurden für das Jahr 1990 die Werte von 1991 übernommen. Die übrigen Datenlücken bis einschließlich 2009 wurden durch lineare Interpolation zwischen den Stützjahren geschlossen. Für das Jahr 2011 wurde der Wert von 2010 beibehalten, da sich bereits von 2007 zu 2010 keine sichtbare Änderung ergeben hat. Die Verteilung auf nationaler Ebene zeigt Table 4.15.

Die spezielle Zusammensetzung jeder der beiden Standardfutterkategorien ist eine Funktion der Milchleistung, siehe Kapitel 4.3.4.2 und 4.3.4.4.

Auf die infolge Weidehaltung erforderliche Modifikation der mittleren Eigenschaften des Raufutter-Anteiles geht Kapitel 4.3.4.5 ein.

Kapitel 4.3.4.6 beschreibt schließlich die Berechnung der für die Klimaberichterstattung unter UNFCCC erforderlichen mittleren Verdaulichkeit auf nationaler Ebene.

Table 4.15: Dairy cows, national distribution (fractions) of “mixed diet” (M) and “grass based diet” (G)

|   | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| M | 0.55 | 0.53 | 0.54 | 0.56 | 0.57 | 0.59 | 0.61 | 0.62 | 0.64 | 0.65 | 0.67 | 0.68 | 0.70 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.73 | 0.73 | 0.73 | 0.73 | 0.73 | 0.73 |
| G | 0.45 | 0.47 | 0.46 | 0.44 | 0.43 | 0.41 | 0.39 | 0.38 | 0.36 | 0.35 | 0.33 | 0.32 | 0.30 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.27 |

Source: see text. The values for 2009 – 2011 are based on the assumption that conditions are unchanged in comparison to 2008.

##### 4.3.4.2 Feed properties / Futtereigenschaften

In principle, the feed components used in the inventory can be subdivided in roughage and concentrates.

For the properties of the feed constituents see Table 4.16. They were derived from Beyer et al. (2004) in a way that the overall diet properties used in DLG (2005) could be met as best as possible. The DLG data sets are considered as nationwide accepted data<sup>16</sup>, and hence serve as standard. The DLG data sets could not be used on their own as - in contrast to Beyer et al. (2004) - the list of feed properties does not contain certain necessary parameters used for the compilation of the inventory.

Die Komponenten der im Inventar verwendeten Futterrationen lassen sich grundsätzlich in die zwei Gruppen Raufutter und Kraftfutter einteilen.

Die Eigenschaften der Futterbestandteile zeigt Table 4.16. Sie wurden aus Beyer et al. (2004) in der Weise abgeleitet, dass durch DLG (2005), S. 13, vorgegebene Eigenschaften möglichst gut angenähert wurden. Die DLG-Datensätze wurden als Maßstab gewählt, da sie als national akzeptiert gelten können<sup>16</sup>. Eine direkte Übernahme der DLG-Datensätze war nicht möglich, da sie im Gegensatz zu den Datensätzen in Beyer et al. (2004) nicht alle für die Inventarberechnungen erforderlichen Angaben enthalten.

<sup>16</sup> DLG (2005) is considered to be the official expert judgement for Germany and national consent (Spiekers, head of the group of authors, pers. communication).



The selection and combination of parameters extracted from Beyer et al. (2004) takes into account that the ratio of crude protein to NEL contents has to approximate the respective ratio of the DLG data set. This requirement was derived from the dairy cow modelling concept. From the 2011 submission onwards the newly selected parameters are used instead of those previously used which had been derived from a mixture of sources<sup>17</sup>.

The data for raw protein contents are converted into data on N contents by multiplying the raw protein contents by 1/6.25 (IPCC(1996)-10.58).

Table 4.17 shows additional diet data as needed for the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation (see Chapter 4.3.5).

Die Auswahl und Kombination von Datensätzen aus Beyer et al. (2004) beruht auf der aus dem Milchkuh-Modellkonzept ableitbaren Forderung, dass das sich ergebende Verhältnis von Rohproteingehalt zu NEL-Gehalt möglichst gut den entsprechenden Wert des DLG-Datensatzes approximieren muss. Die so erhaltenen Datensätze ersetzen ab Submission 2012 die zuvor verwendeten, aus unterschiedlichen Quellen zusammengestellten Datensätze<sup>17</sup>.

Die Angaben zum Rohproteingehalt werden mit dem Faktor 1/6.25 in N-Gehalte umgerechnet (IPCC(1996)-10.58).

Table 4.17 zeigt die Eigenschaften der Futterbestandteile, die für die Berechnung der Emissionen aus der Verdauung benötigt werden (siehe Kapitel 4.3.5).

Table 4.16: Dairy cows, diet constituent properties used in the inventory

( $x_{DM}$ : dry matter content;  $\eta_{ME}$ : content of metabolizable energy, related to dry matter;  $\eta_{NEL}$ : NEL content, related to dry matter;  $\eta_{DE}$ : content of digestible energy, related to dry matter;  $\eta_{GE}$ : content of gross energy, related to dry matter;  $x_{XP}$ : raw protein content of feed, related to dry matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to dry matter;  $X_{DOM}$ : digestibility of organic matter)

| <b>roughage</b>                    | $x_{DM, \text{ rough}}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $\eta_{ME, \text{ rough}}$<br>MJ kg <sup>-1</sup> | $\eta_{NEL, \text{ rough}}$<br>MJ kg <sup>-1</sup> | $\eta_{DE, \text{ rough}}$<br>MJ kg <sup>-1</sup> | $\eta_{GE, \text{ rough}}$<br>MJ kg <sup>-1</sup> | $x_{XP, \text{ rough}}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $x_{ash, \text{ rough}}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $X_{DOM, \text{ rough}}$<br>kg kg <sup>-1</sup> |
|------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| grass (pasture) <sup>a</sup>       | 0.18                                           | 10.0                                              | 6.3                                                | 12.3                                              | 17.9                                              | 0.180                                          | 0.125                                           | 0.72                                            |
| grass silage <sup>b</sup>          | 0.35                                           | 10.0                                              | 6.3                                                | 12.4                                              | 18.5                                              | 0.162                                          | 0.099                                           | 0.72                                            |
| maize silage <sup>c</sup>          | 0.25                                           | 10.2                                              | 6.6                                                | 12.4                                              | 17.9                                              | 0.080                                          | 0.082                                           | 0.73                                            |
| straw <sup>d</sup>                 | 0.85                                           | 6.4                                               | 3.8                                                | 8.0                                               | 18.1                                              | 0.038                                          | 0.070                                           | 0.47                                            |
| <b>concentrates</b>                | $x_{DM, \text{ conc}}$<br>kg kg <sup>-1</sup>  | $\eta_{ME, \text{ conc}}$<br>MJ kg <sup>-1</sup>  | $\eta_{NEL, \text{ conc}}$<br>MJ kg <sup>-1</sup>  | $\eta_{DE, \text{ conc}}$<br>MJ kg <sup>-1</sup>  | $\eta_{GE, \text{ conc}}$<br>MJ kg <sup>-1</sup>  | $x_{XP, \text{ conc}}$<br>kg kg <sup>-1</sup>  | $x_{ash, \text{ rough}}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $X_{DOM, \text{ conc}}$<br>kg kg <sup>-1</sup>  |
| concentrates MLF 18/3 <sup>e</sup> | 0.88                                           | 12.3                                              | 7.6                                                | 15.5                                              | 18.7                                              | 0.205                                          | 0.065                                           | 0.83                                            |
| rapeseed expeller <sup>f</sup>     | 0.91                                           | 14.2                                              | 8.7                                                | 17.7                                              | 23.6                                              | 0.340                                          | 0.080                                           | 0.77                                            |
| wheat <sup>g</sup>                 | 0.87                                           | 13.2                                              | 9.0                                                | 15.8                                              | 18.5                                              | 0.145                                          | 0.020                                           | 0.88                                            |

<sup>a</sup> Source: Beyer et al. (2004), No 1613

<sup>b</sup> Source: Beyer et al. (2004), No 3431

<sup>c</sup> Source: Beyer et al. (2004), combination of 33.3 % of No 2891 and 66.7 % of No 2895

<sup>d</sup> Source: Beyer et al. (2004), No 5811

<sup>e</sup> Source: DLG (2005), pg. 13;  $\eta_{GE}$  estimated from  $\eta_{ME}$  using the metabolizability derived from  $\eta_{NEL} / \eta_{ME}$  via the van Es equation (GfE, 2001), pg. 19;  $\eta_{DE}$  estimated from  $\eta_{GE}$  using a digestibility of 82.7 % which was derived from averaging the two data sets "Union MLF M 18-680" and "Balance 18-III" in Menke (2011) assuming that the digestibility of organic matter approximates the digestibility of energy.

<sup>f</sup> Source: LfL (2011), No 6427, completed on base of digestibility and metabolizability taken from Beyer et al. (2004), No 7231

<sup>g</sup> Source: Beyer et al. (2004), combination of 50 % of No 6113 and 50 % of No 6114

Table 4.17: Dairy cows, additional diet data as needed for the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation

( $\eta_{Fi}$ : content of crude fibre, related to dry matter;  $\eta_{NFE}$ : content of digestible N free residues, related to dry matter;  $\eta_{XP}$ : content of crude protein, related to dry matter;  $\eta_{XF}$ : content of crude fat, related to dry matter)

| <b>roughage</b>       | $\eta_{Fi}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $\eta_{NFE}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $\eta_{XF}$<br>kg kg <sup>-1</sup> |
|-----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| grass (pasture)       | 0.225                              | 0.430                               | 0.040                              |
| grass silage          | 0.245                              | 0.452                               | 0.042                              |
| maize silage          | 0.228                              | 0.582                               | 0.028                              |
| straw                 | 0.450                              | 0.425                               | 0.017                              |
| <b>concentrates</b>   | $\eta_{Fi}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $\eta_{NFE}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $\eta_{XF}$<br>kg kg <sup>-1</sup> |
| concentrates MLF 18/3 | 0.115                              | 0.554                               | 0.042                              |
| rapeseed expeller     | 0.130                              | 0.350                               | 0.070                              |
| wheat                 | 0.030                              | 0.785                               | 0.020                              |

Source: Dämmgen et. al. (2012b)

<sup>17</sup> A comparison of dairy cow models with those of neighbouring European countries had revealed that the N excretion rates in the German dairy cow model were overestimated. A revision of the N balance corrected the ratio of crude protein to energy contents. This value had been overestimated.

The following formula allows for the calculation of mean feed properties (e. g. contents of DM, NEL, ME, DE, GE and XP):

$$A_{\text{mean}} = \sum_i^n g_i \cdot A_i \quad (4.36)$$

where

|                       |                                                                               |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| $A_{\text{mean}}$     | mean value of a feed property A                                               |
| $i$                   | index of feed constituent                                                     |
| $g_{i, \text{house}}$ | mass fraction of feed constituent i                                           |
| $A_i$                 | value of feed property A of feed constituent i (see Table 4.16 or Table 4.17) |

#### 4.3.4.3 Composition of the mixed diet / Zusammensetzung der gemischten Ration

According to Dämmgen et al. (2010a), the standard roughage composition of the mixed diet consists of grass and maize silages in a constant mass ratio  $g_{i, \text{house}}$  of grass to maize to straw of 0.44 to 0.54 to 0.02 kg kg<sup>-1</sup> (related to dry matter).

The properties of the feed constituents are given in Chapter 4.3.4.2. The mean properties of roughage (contents of DM, NEL, ME, DE, GE and XP) are calculated with eq. (4.36). If grazing occurs, the mean roughage properties need to be adjusted in order to account for differing properties of pasture grass, see Chapter 4.3.4.5.

Standard concentrate MLF 18/3 is used throughout. The diet is supplemented by rapeseed expeller (varying between 0.5 and 1.5 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>).

From expert data (see Dämmgen et al., 2010a), a steady function for the share of rapeseed expeller in concentrates as a function of milk yield was derived, see Figure 4.2.

Mit der folgenden Formel lassen sich mittleren Eigenschaften (z. B. Gehalte an DM, NEL, ME, DE, GE und XP) berechnen:

Nach Dämmgen et al. (2010a) besteht die Standard-Raufutterzusammensetzung in der gemischten Ration aus Grassilage, Maissilage und Stroh mit konstanten Massenanteilen  $g_{i, \text{house}}$  von 0,44 zu 0,54 zu 0,02 kg kg<sup>-1</sup> (bezogen auf Trockenmasse).

Zu den Futtereigenschaften siehe Kapitel 4.3.4.2. Mit Gleichung (4.36) werden die mittleren Eigenschaften (Gehalte an DM, NEL, ME, DE, GE und XP) des Raufutters berechnet. Im Falle von Weidegang müssen die mittleren Raufuttereigenschaften noch angepasst werden, um die abweichenden Eigenschaften von Weidegras zu berücksichtigen, siehe dazu Kapitel 4.3.4.5.

An Kraftfutter wird generell Milchleistungsfutter MLF 18/3 gefüttert. Die Mischung wird mit Rapskuchen supplementiert (Mengen zwischen 0,5 und 1,5 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>).

Aus Expertenschätzungen (siehe Dämmgen et al., 2010a) wurde eine stetige Funktion für die Rapskuchen-Anteile in Abhängigkeit von der Milchleistung abgeleitet, siehe Figure 4.2.

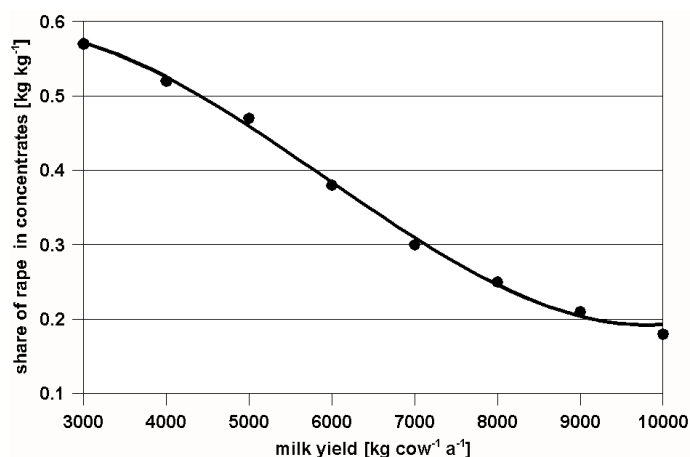


Figure 4.2: Standard mixed feeds, share of rapeseed expeller in concentrates (related to dry matter) as function of milk yield (data points derived from expert judgment, see Dämmgen et al., 2010a)

The adjusted steady function reads

Es ergibt sich die folgende stetige Funktion:

$$X_{\text{rape, mixed}} = a_{\text{rape, mixed}} + b_{\text{rape, mixed}} \cdot Y_M + c_{\text{rape, mixed}} \cdot Y_M^2 + d_{\text{rape, mixed}} \cdot Y_M^3 \quad (4.37)$$

where

|                          |                                                                                                           |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $X_{\text{rape, mixed}}$ | ratio of rapeseed expeller in concentrates (related to dry matter), mixed diet (in kg kg <sup>-1</sup> )  |
| $a_{\text{rape, mixed}}$ | constant ( $a_{\text{rape, mixed}} = 0.4879 \text{ kg kg}^{-1}$ )                                         |
| $b_{\text{rape, mixed}}$ | coefficient ( $b_{\text{rape, mixed}} = 0.1038 \cdot 10^{-3} \text{ kg}^{-1} \text{ cow a}$ )             |
| $Y_M$                    | annual milk yield (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.2                         |
| $c_{\text{rape, mixed}}$ | coefficient ( $c_{\text{rape, mixed}} = -3.043 \cdot 10^{-8} \text{ kg}^{-2} \text{ cow}^2 \text{ a}^2$ ) |
| $d_{\text{rape, mixed}}$ | coefficient ( $d_{\text{rape, mixed}} = 1.71 \cdot 10^{-12} \text{ kg}^{-3} \text{ cow}^3 \text{ a}^3$ )  |

The share of standard concentrate MLF 18/3 is

Der Anteil von MLF 18/3 im Kraftfutter ist

$$X_{\text{MLF, mixed}} = 1 - X_{\text{rape, mixed}} \quad (4.38)$$

The mean properties of concentrates (contents of DM, NEL, ME, DE, GE and XP) are calculated by analogy to the procedure used for roughage (see above). They depend on the milk yield which varies in space and time.

Die mittleren Eigenschaften (Gehalte an DM, NEL, ME, DE, GE und XP) des Kraftfutters werden analog zur Vorgehensweise beim Raufutter (s. o. berechnet). Sie sind von der räumlich und zeitlich variierenden Milchleistung abhängig.

#### 4.3.4.4

#### Composition of the grass based diet / Zusammensetzung der Ration auf Grassilage-Basis

For roughage, only grass silage is used the properties of which are listed in Table 4.16 (see Chapter 4.3.4.2).

Als Raufutter wird ausschließlich Grassilage verwendet, deren Eigenschaften in Table 4.16 (siehe Kapitel 4.3.4.2) aufgeführt sind.

If grazing occurs, the mean roughage properties need to be adjusted in order to account for differing properties of pasture grass, see Chapter 4.3.4.5.

Im Falle von Weidegang müssen die Raufuttereigenschaften noch angepasst werden, um die abweichenden Eigenschaften von Weidegras zu berücksichtigen, siehe dazu Kapitel 4.3.4.5.

Standard concentrate MLF 18/3 is supplemented with wheat in varying shares.

Kraftfutter MLF 18/3 wird mit variierenden Mengen Weizen supplementiert.

The properties of the concentrates constituents are given in Table 4.16.

Die Eigenschaften der Kraftfutterbestandteile zeigt Table 4.16.

The share of wheat in concentrates is depending on milk yield as displayed in Figure 4.3:

Der Anteil von Weizen im Kraftfuttergemisch ist milchleistungsabhängig wie in Figure 4.3 gezeigt:

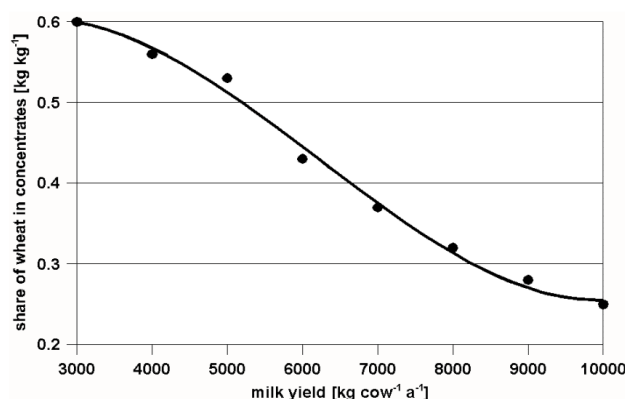


Figure 4.3: Standard grass based feeds, share of wheat in concentrates (related to dry matter) as function of milk yield (data points derived from expert judgment, see Dämmgen et al., 2010a)

The resulting steady function reads

Daraus resultiert folgende stetige Funktion:

$$X_{\text{wheat, grass}} = a_{\text{wheat, grass}} + b_{\text{wheat, grass}} \cdot Y_M + c_{\text{wheat, grass}} \cdot Y_M^2 + d_{\text{wheat, grass}} \cdot Y_M^3 \quad (4.39)$$

where

|                           |                                                                                                          |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $X_{\text{wheat, grass}}$ | share of wheat in total concentrates (related to dry matter), grass based diet (in kg kg <sup>-1</sup> ) |
| $a_{\text{wheat, grass}}$ | constant ( $a_{\text{wheat, grass}} = 0.47054 \text{ kg kg}^{-1}$ )                                      |
| $b_{\text{wheat, grass}}$ | coefficient ( $b_{\text{wheat, grass}} = 1.238 \cdot 10^{-4} \text{ kg}^{-1} \text{ cow a}$ )            |
| $Y_M$                     | annual milk yield (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.2                        |
| $c_{\text{wheat, grass}}$ | coefficient ( $c_{\text{wheat, grass}} = -3.1446 \cdot 10^{-8} \text{ kg}^2 \text{ cow}^2 \text{ a}^2$ ) |
| $d_{\text{wheat, grass}}$ | coefficient ( $d_{\text{wheat, grass}} = 1.688 \cdot 10^{-12} \text{ kg}^3 \text{ cow}^3 \text{ a}^3$ )  |

The share of standard concentrate MLF 18/3 is

Der Anteil von MLF 18/3 im Kraftfutter ist

$$X_{\text{MLF, grass}} = 1 - X_{\text{wheat, grass}} \quad (4.40)$$

|                           |                                                                                     |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| $X_{\text{MLF, grass}}$   | ratio of MLF 18/3 in total concentrates, grass based diet (in kg kg <sup>-1</sup> ) |
| $X_{\text{wheat, grass}}$ | ratio of wheat in total concentrates, grass based diet (in kg kg <sup>-1</sup> )    |

The mean properties of concentrates (contents of DM, NEL, ME, DE, GE and XP) are calculated according to analogy to the procedure given in Chapter 4.3.4.2. They depend on the milk yield which varies in space and time.

Die mittleren Eigenschaften (Gehalte an DM, NEL, ME, DE, GE und XP) des Kraftfutters werden wie in Kapitel 4.3.4.2) beschrieben berechnet. Sie sind von der räumlich und zeitlich variierenden Milchleistung abhängig.

#### 4.3.4.5 *Impact of grazing on mean roughage properties / Einfluss von Weidegang auf mittlere Raufutter-Eigenschaften*

The properties of pasture grass and roughage provided in the housing differ for energy and nitrogen content, see Table 4.16. Hence, grazing has to be accounted for when calculating the mean contents of NEL, GE and N in the roughage taken in. This leads to effective contents of the dry matter intake which are to be used in Chapters 4.3.3.3 and 4.3.3.4.

Weidegras unterscheidet sich in Energie- und Stickstoffgehalt von dem im Stall verabreichten Raufutter, siehe Table 4.16. Daher muss Weidegang in die Berechnung der NEL-, GE- und N-Gehalte des insgesamt aufgenommenen Raufutters einbezogen werden. Dies ergibt effektive Gehalte der aufgenommenen Trockenmasse, die in den Kapiteln 4.3.3.3 und 4.3.3.4 zugrunde zu legen sind.

The effective value of a feed property A is calculated using a weighted mean:

Der effektive Wert einer Futtereigenschaft A wird im Inventar durch gewichtete Mittelung berechnet:

$$A_{\text{eff}} = (1 - f_{\text{graz}}) \cdot A_{\text{standard}} + f_{\text{graz}} \cdot A_{\text{graz}} \quad (4.41)$$

where

|                       |                                                                                                      |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A_{\text{eff}}$      | effective value of roughage property A                                                               |
| $f_{\text{graz}}$     | weighting factor ( $0 \leq f_{\text{graz}} \leq 1$ ), see Chapter 4.3.7.5.1                          |
| $A_{\text{standard}}$ | value of roughage feed property A in the standard diet composition, see Chapters 4.3.4.2 and 4.3.4.4 |
| $A_{\text{graz}}$     | value of property A in pasture grass                                                                 |

#### 4.3.4.6 *Calculation of digestibility and metabolizability / Berechnung von Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit*

The mean digestibilities of the two standard rations (cf. Chapters 4.3.3.3 and 4.3.4.4) are calculated separately for each district:

Die mittlere Verdaulichkeiten der beiden Standard-Rationen (siehe Kapitel 4.3.3.3 und 4.3.4.4) werden für jeden Kreis jeweils wie folgt berechnet:

$$X_{DE, f, i} = \frac{DE_{f, i}}{GE_{f, i}} \quad (4.42)$$

with

$$DE_{f, i} = \frac{\alpha}{t_{ibc}^*} \cdot DE_{f, i}^* = \frac{\alpha}{t_{ibc}^*} \cdot (DM_{f, conc, i}^* \cdot \eta_{DE, f, conc, i} + DM_{f, rough, i}^* \cdot \eta_{DE, f, rough, i}) \quad (4.43)$$

$$GE_{f, i} = \frac{\alpha}{t_{ibc}^*} \cdot GE_{f, i}^* = \frac{\alpha}{t_{ibc}^*} \cdot (DM_{f, conc, i}^* \cdot \eta_{GE, f, conc, i} + DM_{f, rough, i}^* \cdot \eta_{GE, f, rough, i}) \quad (4.44)$$

where

|                          |                                                                                                                                                     |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $X_{DE, f, i}$           | digestibility of standard feed type f in district i (in MJ MJ <sup>-1</sup> )                                                                       |
| f                        | standard feed type (f = mix, gra)                                                                                                                   |
| i                        | index of districts                                                                                                                                  |
| $\alpha$                 | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                                                                    |
| $t_{ibc}^*$              | duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6                                                            |
| $DE_{f, i}$              | total annual intake of digestible energy with diet f in district i (in MJ cow <sup>-1</sup> DE)                                                     |
| $DE_{f, i}^*$            | total intake of digestible energy with diet f in district i during the interval between calvings (in MJ cow <sup>-1</sup> DE)                       |
| $GE_{f, i}$              | total annual intake of gross energy with diet f in district i (in MJ cow <sup>-1</sup> GE)                                                          |
| $GE_{f, i}^*$            | total intake of gross energy with diet f in district i during the interval between calvings (in MJ cow <sup>-1</sup> GE)                            |
| $DM_{f, conc, i}^*$      | total intake of concentrates dry matter with diet f in district i during the interval between calvings (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM) |
| $DM_{f, rough, i}^*$     | total intake of roughage dry matter with diet f in district i during the interval between calvings (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)     |
| $\eta_{DE, f, conc, i}$  | effective content of digestible energy in the concentrates fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> DE)                                |
| $\eta_{DE, f, rough, i}$ | effective content of digestible energy in roughage fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> DE)                                        |
| $\eta_{GE, f, conc, i}$  | effective content of gross energy in concentrates fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> DE)                                         |
| $\eta_{GE, f, rough, i}$ | effective content of gross energy in roughage fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> DE)                                             |

For the calculation of the effective contents of DE and GE see Chapters 4.3.4.2, 4.3.4.4 und 4.3.4.5.

The total intake of dry matter with concentrates in standard ration f in district i is given by (indices f and i dropped for sake of simplicity of notation):

$$DM_{conc}^* = DM_{conc, lact}^* + DM_{conc, dry}^* \quad (4.45)$$

where

|                     |                                                                                                                           |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $DM_{conc}^*$       | total intake of concentrates dry matter during the interval between calvings (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM) |
| $DM_{conc, lact}^*$ | intake of concentrates dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM), see Chapter 4.3.3.2           |
| $DM_{conc, dry}^*$  | intake of concentrates dry matter during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM), see Chapter 4.3.3.2                 |

The total intake of dry matter with roughage in standard ration f in district i is calculated accordingly.

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation (Chapter 3.3.2) as well as VS excretions (Chapter 3.3.3.1), the amount of annual gross energy intake (GE) is needed. The latter is obtained as a weighed mean of the ration-specific values of GE intake.

Zur Ermittlung der effektiven Gehalte an DE und GE siehe Kapitel 4.3.4.2, 4.3.4.4 und 4.3.4.5.

Für die Gesamtaufnahme an Kraftfutter-Trockenmasse mit der Standard-Ration f im Kreis i gilt (Indizes f und i zur Vereinfachung der Schreibweise weggelassen):

Die Gesamtaufnahme an Rauhfutter-Trockenmasse mit der Standard-Ration f im Kreis i wird analog berechnet.

Für die Berechnung der Methanemission aus der Verdauung (Chapter 3.3.2) sowie der VS-Ausscheidung (Chapter 3.3.3.1) wird der Betrag der jährlichen Gesamtenergie-Aufnahme pro Platz (GE) benötigt. Diese ergibt sich als gewichtetes Mittel aus den rationsbezogenen GE-Aufnahme-Werten:

$$GE_i = x_{\text{mix},i} \cdot GE_{\text{mix},i} + x_{\text{gra},i} \cdot GE_{\text{gra},i} \quad (4.46)$$

where

|                     |                                                                                                                      |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $GE_i$              | gross energy intake in district i (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> GE)                                        |
| $GE_{\text{mix},i}$ | intake of gross energy with mixed diet in district i (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> GE)                     |
| $x_{\text{mix},i}$  | fraction of dairy cow population in district i fed with the mixed feed composition (in cow cow <sup>-1</sup> )       |
| $GE_{\text{gra},i}$ | intake of gross energy with grass based diet in district i (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> GE)               |
| $x_{\text{gra},i}$  | fraction of dairy cow population in district i fed with the grass based feed composition (in cow cow <sup>-1</sup> ) |
| $\alpha$            | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                                     |
| $t_{\text{ibc}}^*$  | duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6                             |

The emission reporting under UNFCCC requires to report a national mean of digestibility (CRF Table 4.A, Cell I 14). This is calculated as follows:

Die Emissionsberichterstattung unter UNFCCC erfordert die Angabe eines nationalen Mittelwertes der Verdaulichkeit (CRF Tabelle 4.A, Zelle I 14). Dieser wird wie folgt berechnet:

$$X_{\text{DE, Germany}} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{\text{dc},i} \cdot (x_{\text{mix},i} \cdot X_{\text{DE, mix},i} + x_{\text{gra},i} \cdot X_{\text{DE, gra},i})}{\sum_{i=1}^k n_{\text{dc},i}} \quad (4.47)$$

where

|                          |                                                                                                                |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $X_{\text{DE, Germany}}$ | national mean digestibility in Germany (in MJ MJ <sup>-1</sup> )                                               |
| $i$                      | index of districts                                                                                             |
| $k$                      | number of districts                                                                                            |
| $n_{\text{dc},i}$        | number of dairy cows in district i                                                                             |
| $x_{\text{mix},i}$       | fraction of dairy cow population in district i fed with the mixed feed composition (in cow cow <sup>-1</sup> ) |
| $X_{\text{DE, mix},i}$   | digestibility of mixed feed in district i (in MJ MJ <sup>-1</sup> )                                            |
| $x_{\text{gra},i}$       | fraction of dairy cow population in district i fed with the grass based feed (in cow cow <sup>-1</sup> )       |
| $X_{\text{DE, gra},i}$   | digestibility of grass based feed in district i (in MJ MJ <sup>-1</sup> )                                      |

The calculation of metabolizability on district and national level follows the procedure described for mean digestibilities.

Die Berechnung der Umsetzbarkeit auf Kreis- und nationaler Ebene entspricht dem oben für die Verdaulichkeit beschriebenen Vorgehen.

#### 4.3.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

The CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation of dairy cows are calculated using a national (Tier 3) approach (Dämmgen et al., 2012b), where the emission factor is derived from Kirchgessner et al. (1984) as a function of the intake of crude fibre, N free extracts, crude protein and fat:

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung der Milchkühe werden mit einem nationalen Verfahren (Tier 3) berechnet, siehe Dämmgen et al. (2012b). Dabei wird der Emissionsfaktor nach Kirchgessner et al. (1994) als Funktion der Aufnahme von Rohfaser, N-freien Extraktstoffen, Rohprotein und Fett berechnet:

$$EF_{\text{CH}_4, \text{ent}} = a \cdot M_{\text{XFi}} + b \cdot M_{\text{NFE}} + c \cdot M_{\text{XP}} + d \cdot M_{\text{XF}} + e \quad (4.48)$$

where

|                                |                                                                                                                         |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ | emission factor for CH <sub>4</sub> from enteric fermentation (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> ) |
| $a$                            | coefficient ( $a = 0.079 \text{ kg kg}^{-1}$ )                                                                          |
| $M_{\text{XFi}}$               | crude fibre intake rate (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                                       |
| $b$                            | coefficient ( $b = 0.010 \text{ kg kg}^{-1}$ )                                                                          |
| $M_{\text{NFE}}$               | input rate of N free extracts (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                                 |
| $c$                            | coefficient ( $c = 0.026 \text{ kg kg}^{-1}$ )                                                                          |
| $M_{\text{XP}}$                | crude protein intake rate (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                                     |
| $d$                            | coefficient ( $d = -0.212 \text{ kg kg}^{-1}$ )                                                                         |
| $M_{\text{XF}}$                | fat intake rate (in kg place <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                                            |
| $e$                            | constant ( $e = 365 \cdot 0,063 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )                                                    |

The intake rates of crude fibre, N free extracts, crude protein and fat are obtained from the properties of the feed constituents and the amount of feed taken in (see Chapter 4.3.4.2).

Die Aufnahme von Rohfaser, N-freien Extraktstoffen, Rohprotein und Fett ergibt sich aus den Kennwerten der Futterzusammensetzung und der Menge des aufgenommenen Futters (siehe Kapitel 4.3.4.2).

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{CH_4, ent}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

The methane conversion factor required in the CRF tables is then calculated from the gross energy input (see Chapter 4.3.4.6).

$$x_{CH_4, GE} = \frac{\eta_{CH_4} \cdot EF_{CH_4, ent}}{GE}$$

where

|                  |                                                                                                                        |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $x_{CH_4, GE}$   | methane conversion factor for dairy cows (in MJ MJ <sup>-1</sup> )                                                     |
| $\eta_{CH_4}$    | energy content of methane ( $\eta_{CH_4} = 55.65 \text{ MJ (kg CH}_4\text{)}^{-1}$ )                                   |
| $EF_{CH_4, ent}$ | emission factor of CH <sub>4</sub> from enteric fermentation (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> ) |
| $GE$             | gross energy intake rate (in MJ place <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> GE)                                                |

Neither the emission factor nor the methane conversion factor are constants. In the early 1990s, the conversion factor is about 0.07 MJ MJ<sup>-1</sup>, and decreases by about 10 % during two decades. This change was mainly due to increased milk yields since 1990 and the necessary changes in the composition of the diets.

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{CH_4, ent}$ ) wird in PCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

Aus dem Emissionsfaktor wird mit Hilfe der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.3.4.6) der in den CRF-Tabellen anzugebende Methanumwandlungsfaktor berechnet:

Weder Emissionsfaktor noch Methanumwandlungsfaktor sind Konstanten. Der Umwandlungsfaktor liegt Anfang der 1990er Jahre bei ca. 0,07 MJ MJ<sup>-1</sup>, und fällt im Verlaufe von 20 Jahren um rund 10 %. Diese Veränderung wird im Wesentlichen durch den Anstieg der Milchleistung seit 1990 und die damit verbundenen Änderungen in der Futterzusammensetzung verursacht.

#### 4.3.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

The necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents as listed in Table 4.16. The mean digestibility of organic matter (national mean) for 2010 is 0.74 MJ MJ<sup>-1</sup>, the mean ash content (related to dry matter) amounts to 0.088 kg kg<sup>-1</sup> (values for 2010).

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.4.6.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationskomponenten in Table 4.16. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei 0,74 MJ MJ<sup>-1</sup>, das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei 0,088 kg kg<sup>-1</sup> (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (MCF) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.4.6 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 4.3.7 N intake with feed and N excretion / N-Aufnahme mit dem Futter und N-Ausscheidung

##### 4.3.7.1 N intake / N-Aufnahme

The N intake is calculated as follows::

Die N-Aufnahme wird wie folgt berechnet:

$$m_{\text{feed}} = x_N \cdot \sum_{i=1}^i DM_i \cdot x_{N,XP,i} \quad (4.49)$$

where

|                   |                                                                                                    |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{feed}}$ | amount of nitrogen in feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                              |
| $x_N$             | nitrogen content of crude protein ( $x_N = 1/6.25$ kg kg <sup>-1</sup> N)                          |
| $DM_i$            | amount of DM consumed with feed constituent i (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see below |
| $x_{N,XP,i}$      | crude protein content of feed constituent i (in kg kg <sup>-1</sup> XP), see below                 |

The dry matter intake rate is calculated in the model (see Chapter 4.3.3). For the protein contents of the diet constituents see Chapter 4.3.4.

Die Trockenmasse-Aufnahme wird modelliert, siehe 4.3.3. Für die Protein-Gehalte der Futterbestandteile wird auf Kapitel 4.3.4 verwiesen.

The N intake during grazing is assessed using the following relation and data:

Die N-Aufnahme beim Weidegang wird mit der folgenden Beziehung beschrieben:

$$m_{\text{graz}} = DM_{\text{rough, graz}} \cdot x_{XP, \text{rough, graz}} \cdot x_N \quad (4.50)$$

where

|                              |                                                                                |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{graz}}$            | mean nitrogen intake during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $DM_{\text{rough, graz}}$    | DM intake during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)           |
| $x_{XP, \text{rough, graz}}$ | mean nitrogen content of crude protein XP in feed (in kg kg <sup>-1</sup> XP)  |
| $x_N$                        | nitrogen content in XP ( $x_N = 1/6.25$ kg kg <sup>-1</sup> N)                 |

##### 4.3.7.2 Overall nitrogen excretion / Gesamtausscheidung von Stickstoff

In the dairy cow model, the overall amount of nitrogen imported into manure management and the pasture includes the organic N shed with hair and dandruff (GfE, 2001). The total amount of N can be treated as  $m_{\text{excr}}$  in the same way as in the N flow model (see Chapter 3.3.4.3.1).

Die insgesamt in das Wirtschaftsdünger-Managementsystem bzw. die Weideflächen eingebrachte N-Menge umfasst beim Milchkuhmodell auch die organische N-Menge aus abgefallenen Hautschuppen und Haaren (GfE, 2001). Diese N-Gesamtmenge kann konsistent mit dem Stickstoffflussmodell (siehe Kapitel 3.3.4.3.1) als  $m_{\text{excr}}$  bezeichnet werden:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{faeces}} + m_{\text{urine}} + m_s = m_{\text{feed}} - (m_g + m_l + m_p) \quad (4.51)$$

where

|                     |                                                                                                                                  |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{excr}}$   | amount of N excreted with faeces and urine, including N from losses of hair and skin (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $m_{\text{faeces}}$ | amount of N excreted with faeces (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                                      |
| $m_{\text{urine}}$  | amount of N excreted with urine (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                                       |
| $m_{\text{feed}}$   | amount of N taken in with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                                        |
| $m_g$               | amount of N retained in weight gained (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                                 |
| $m_l$               | amount of N exported with milk (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                                        |
| $m_p$               | amount of N excreted in conception products (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                           |
| $m_s$               | amount of N lost by skin particles and hair (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                           |

The calculation of the N balance components is described in Dämmgen et al. (2009b).

Zur Berechnung der einzelnen Glieder der N-Bilanz wird auf Dämmgen et al. (2009b) verwiesen.

Milk protein (crude protein) contents needed for the calculation of  $m_l$  are listed in Table 4.11. The determination of milk crude protein contents follows the German enactment on milk quality (Milchgüte-Verordnung, BMELF, 1981) where the Kjeldahl method is listed as official reference method in BVL (2012) according to the German Food and Feed Law (Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch – LFGB, BMELV, 2011). The Kjeldahl method determines N; measured N contents are multiplied by 6.38 kg kg<sup>-1</sup> to obtain crude protein contents. (In

Die für  $m_l$  benötigten Milcheiweiß-Gehalte (Roheiweiß-Gehalte) sind Table 4.11 zu entnehmen. Die Bestimmung des Roheiweiß-Gehaltes erfolgt gemäß der Milch-Güteverordnung (BMELF, 1981) mithilfe eines in der amtlichen Sammlung von Untersuchungsmethoden (BVL, 2012) zum Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) (BMELV, 2011) vorgeschriebenen Referenzverfahrens zur Bestimmung des Stickstoff-Gehaltes (Kjeldahl-Verfahren). Der so ermittelte N-Gehalt ist mit 6,38 kg kg<sup>-1</sup> zu multiplizieren, um den Roheiweiß-Gehalt



practice, the Kjeldahl method covers the total N content of milk (including the non-protein fraction). Hence the N contents of milk that are back-calculated from the crude protein statistics are unambiguous numbers.)

zu erhalten. (Das Kjeldahl-Verfahren erfasst praktisch den gesamten Stickstoff der Milch, d.h. auch die Nicht-Eiweiß-Fraktion. Aus den angegebenen Roheiweiß-Gehalten ist deshalb der eindeutige Rückschluss auf die N-Gehalte der Milch möglich.)

#### 4.3.7.3 *Renal and faecal nitrogen excretion and TAN content of excreta / Stickstoff-Ausscheidung mit Harn und Kot und TAN-Gehalte der Ausscheidungen*

Emissions of N species are usually related to the re-active nitrogen excreted. This is almost entirely excreted with urine and consists of urea and allanthoin (see e.g. Dämmgen and Erisman, 2005). As the enzyme urease is ubiquitous, these compounds decompose readily to yield ammonium ( $\text{NH}_4$ ).  $\text{NH}_4$  and  $\text{NH}_3$  in excreta are summarized as total ammoniacal nitrogen (TAN).

It would be advantageous to assess renal N excretion directly. However, no simple modelling procedure is available. Complex models such as Molly require input information that is not normally available (e.g. Johnson and Baldwin, 2008). Renal N excretion cannot be related to the N intake with feed satisfactorily (e.g. Kebreab et al., 2001, 2002; Gehman et al., 2008). For the purpose of inventory making, measurements of milk urea N are likely to provide an adequate tool to estimate renal N excretion (e.g. Lebzien et al., 2008). These data is not available yet, so an indirect approach of quantifying faecal N excretion is used. This includes the amounts of organic N shed with hair and dandruff (see Chapter 4.3.7.2).

Die Emissionen von N-Spezies werden i. d. R. auf den verfügbaren reaktiven Stickstoff bezogen. Dieser wird nahezu ausschließlich mit Harn als Harnstoff und Allanthoin ausgeschieden (siehe z.B. Dämmgen und Erisman, 2005). Das allgegenwärtige Enzym Urease baut diese Verbindungen rasch zu Ammonium ( $\text{NH}_4$ ) ab. Die Summe von  $\text{NH}_4$  und  $\text{NH}_3$  in den Ausscheidungen wird als TAN (total ammoniacal nitrogen) bezeichnet.

Wünschenswert wäre eine direkte Modellierung des renal ausgeschiedenen N. Ein einfaches Modell hierfür ist jedoch nicht verfügbar. Für komplexe Modelle wie Molly (Johnson und Baldwin, 2008) können die Daten nicht bereit gestellt werden. Renales N kann nicht befriedigend auf die mit dem Futter aufgenommene N-Menge bezogen werden (vgl. Kebreab et al., 2001, 2002, Gehman et al., 2008). Die Möglichkeit, die renal ausgeschiedenen N-Mengen über den Milch-Harnstoff-Gehalt zu erschließen (siehe z.B. Lebzien et al., 2008) scheidet aus, da keine vollständigen Datensätze für den Berichtszeitraum verfügbar sind. Die renal ausgeschiedenen N-Mengen werden deshalb über die fäkal ausgeschiedenen errechnet, wobei auch der organische Stickstoff zu berücksichtigen ist, der aus abgefallenen Haaren und Hautpartikeln stammt (vgl. Kapitel 4.3.7.2):

$$m_{\text{urine}} = m_{\text{excr}} - m_{\text{faeces}} - m_s \quad (4.52)$$

where

|                     |                                                                                                                                                  |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{urine}}$  | amount of N excreted in urine (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )                                                                   |
| $m_{\text{excr}}$   | amount of N excreted with faeces and urine, including N from losses of hair and skin (dandruff) (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ ) |
| $m_{\text{faeces}}$ | amount of N excreted with faeces (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )                                                                |
| $m_s$               | amount of N lost by skin particles (dandruff) and hair (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )                                          |

Faecal N excretion is almost independent of the N intake with feed. It is rather dominated by microbial XP synthesis in the rumen. The calculation procedure used in this inventory (Equation (4.49)), is based on Danish experimental results, and takes N input into account (Poulsen and Kristensen, 1998, pg. 117):

Die fäkale N-Ausscheidung ist nahezu unabhängig von der N-Aufnahme; sie wird vielmehr von der mikrobiellen XP-Synthese im Pansen bestimmt. Das im vorliegenden Inventar verwendete Verfahren beruht auf dänischen experimentellen Daten (Poulsen and Kristensen, 1998, S. 117):

$$m_{\text{faeces}} = \alpha \cdot \beta \cdot \left\{ a \cdot \frac{m_{\text{feed}}}{\alpha} + x_N \cdot \left[ b \cdot \frac{DM}{\alpha} + c \cdot \left( \frac{DM}{\alpha} \right)^2 \right] \right\} \quad (4.53)$$

where

|                     |                                                                                  |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{faeces}}$ | N excreted with faeces (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )          |
| $\alpha$            | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                 |
| $\beta$             | mass units conversion factor ( $\beta = 0.001 \text{ kg g}^{-1}$ )               |
| $a$                 | constant ( $a = 40 \text{ g kg}^{-1}$ )                                          |
| $m_{\text{feed}}$   | N intake with feed (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )              |
| $x_N$               | nitrogen content of crude protein ( $x_N = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ ) |
| $b$                 | constant ( $b = 20 \text{ g kg}^{-1}$ )                                          |
| $DM$                | DM intake (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )                                |
| $c$                 | constant ( $c = 1.8 \text{ g kg}^{-1} \text{pl a}$ )                             |

The amounts of organic N ( $m_{\text{excr, org}}$ ) and TAN ( $m_{\text{excr, TAN}}$ ) are (cf. Chapter 3.3.3.2):

$$m_{\text{excr, org}} = m_{\text{faeces}} + m_s \quad (4.54)$$

$$m_{\text{excr, TAN}} = m_{\text{urine}} \quad (4.55)$$

where

|                        |                                                                                                      |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{excr, org}}$ | total amount of organic N treated as organic N excretions (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $m_{\text{faeces}}$    | amount of N excreted with faeces (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                          |
| $m_s$                  | amount of N lost by skin particles and hair (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)               |
| $m_{\text{excr, TAN}}$ | amount of TAN excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                    |
| $m_{\text{urine}}$     | amount of N excreted with urine (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                           |

The share of TAN of the nitrogen imported into the manure management system from dairy cows amounts to

Dabei betragen, vgl. Kapitel 3.3.3.2, die Mengen an organischem N, ( $m_{\text{excr, org}}$ ) und TAN ( $m_{\text{excr, TAN}}$ ):

Der relative TAN-Gehalt der durch die Milchkühe dem Wirtschaftsdünger-Management zugeführten Stickstoffmenge ergibt sich wie folgt:

$$x_{\text{TAN}} = \frac{m_{\text{excr, TAN}}}{m_{\text{excr, TAN}} + m_{\text{excr, org}}} = \frac{m_{\text{urine}}}{m_{\text{urine}} + m_{\text{faeces}} + m_s} \quad (4.56)$$

where

|                        |                                                                                                      |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $x_{\text{TAN}}$       | relative content of TAN excreted (in kg kg <sup>-1</sup> )                                           |
| $m_{\text{excr, TAN}}$ | amount of TAN excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                    |
| $m_{\text{excr, org}}$ | total amount of organic N treated as organic N excretions (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $m_{\text{urine}}$     | amount of N excreted with urine (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                           |
| $m_{\text{faeces}}$    | amount of N excreted with faeces (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                          |
| $m_s$                  | amount of N lost by skin particles and hair (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)               |

#### 4.3.7.4 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The amounts of N are given in Table 4.18. For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage, see Table 4.18.

As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Die eingetragenen N-Mengen sind in Table 4.18 angegeben. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren, siehe Table 4.18.

Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

Table 4.18: Dairy cows, N inputs with straw in German dairy cattle houses

| Housing type               | Haltungssystem               | Straw input <sup>a</sup><br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | Dry matter (DM)<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | N input (in DM)<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | TAN<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> |
|----------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| tied systems, straw based  | Anbindehaltung, strohbasiert | 5.0 <sup>a</sup>                                                | 4.3                                                    | 24.9·10 <sup>-3</sup>                                  | 12.5·10 <sup>-3</sup>                      |
| loose housing, straw based | Laufstall, strohbasiert      | 5.0 <sup>b</sup>                                                | 4.3                                                    | 24.9·10 <sup>-3</sup>                                  | 12.5·10 <sup>-3</sup>                      |

<sup>a</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 221

<sup>b</sup> Assumption: same value as for loose housing, sloped floor (preliminary KTBL expert judgement, Brigitte Eurich-Menden)

<sup>c</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 261

<sup>d</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 269

#### 4.3.7.5 Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide

##### 4.3.7.5.1 N excreted in the house, the dairy parlour and during grazing / N-Ausscheidungen im Stall, im Melk-stall und auf der Weide

Housing, milking parlour and pasture have different  $\text{NH}_3$  emission factors (see Chapter 4.3.7.5.3). Hence, N excretions have to be split into fractions dropped in the respective areas (see also the N low scheme in Chapter 3.3.4.3.1.) The splitting procedure is based on the relative N excretion shares for the house ( $f_{\text{house}}$ ), the milking parlour ( $f_{\text{milk}}$ ) and grazing ( $f_{\text{graz}}$ ) as derived in the following:

$$f_{\text{graz}} = \frac{\tau_{\text{graz, year}} \cdot [x_{\text{graz, d}} \cdot (\delta - \tau_{\text{milk}}) + x_{\text{graz, h}} \cdot \tau_{\text{graz, h}}]}{\alpha \cdot \delta} \quad (4.57)$$

$$f_{\text{milk}} = \frac{\tau_{\text{milk}}}{\delta} \quad (4.58)$$

$$f_{\text{house}} = 1 - f_{\text{graz}} - f_{\text{milk}} \quad (4.59)$$

where

|                            |                                                                                       |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| $f_{\text{graz}}$          | fraction of N excreted on pasture (in $\text{kg kg}^{-1}$ )                           |
| $\tau_{\text{graz, year}}$ | annual duration of the grazing period (in $\text{d a}^{-1}$ )                         |
| $x_{\text{graz, d}}$       | fraction of the dairy cow population kept outdoors all day (an $\text{an}^{-1}$ )     |
| $\delta$                   | time units conversion factor ( $\delta = 24 \text{ h d}^{-1}$ )                       |
| $\tau_{\text{milk}}$       | daily duration of milking (in $\text{h d}^{-1}$ )                                     |
| $x_{\text{graz, h}}$       | fraction of the dairy cow population kept outdoors part of day (an $\text{an}^{-1}$ ) |
| $\tau_{\text{graz, h}}$    | daily duration of grazing (in $\text{h d}^{-1}$ )                                     |
| $\alpha$                   | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                      |
| $f_{\text{milk}}$          | fraction of N excreted during milking (in $\text{kg kg}^{-1}$ )                       |
| $f_{\text{house}}$         | fraction of N excreted in the house (in $\text{kg kg}^{-1}$ )                         |

The daily duration of milking is assumed to be  $\tau_{\text{milk}} = 3.5 \text{ h d}^{-1}$ . For the parameters describing grazing see Chapter 3.4.3.2.3.

No specific emission factors are available for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  from manure management in the dairy parlour. Therefore the calculation of these emissions is treated in the same way as for  $\text{NH}_3$  emissions, where N excretion rates in both the dairy parlour and animal house are combined.

The emissions of  $\text{N}_2\text{O}$  from agricultural soils resulting from N inputs of grazing animals are calculated separately in Chapter 11.2.

Stall, Melkstell und Weide weisen unterschiedliche  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren auf (siehe Kapitel 4.3.7.5.3). Daher ist eine Aufteilung der N-Ausscheidungen auf diese drei Bereiche erforderlich (siehe auch das N-Fluss-Schema, Kapitel 3.3.4.3.1). Diese Aufteilung erfolgt mithilfe der nachstehenden relativen Ausscheidungsanteile für Stall ( $f_{\text{house}}$ ), Melkstell ( $f_{\text{milk}}$ ) und Weide ( $f_{\text{graz}}$ ) gegliedert:

Für die Melkdauer wird  $\tau_{\text{milk}} = 3,5 \text{ h d}^{-1}$  angenommen. Bzgl. der Daten zur Weidehaltung siehe Kapitel 3.4.3.2.3.

Für Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management gibt es keinen speziellen Melkstell-Emissionsfaktor. Daher wird für die Berechnung dieser Emissionen, die entsprechend dem N-Fluss-Schema parallel zur Berechnung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Tierhaltung erfolgt, die N-Ausscheidung in Stall und Melkstell zusammengefasst.

Die Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$  aus landwirtschaftlichen Böden infolge von tierischen N-Ausscheidungen auf der Weide erfolgt separat in Kapitel 11.2.

##### 4.3.7.5.2 Housing types and duration of grazing / Stalltypen und Dauer des Weidegangs

Information on the frequency distribution of the various housing systems and the duration of grazing is obtained from RAUMIS and the respective data supplied by the official statistics (see Chapter 3.4.3).

Die Angaben zur Verteilung der verschiedenen Stallformen und zur Dauer der Weidehaltung werden durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus der Agrarstatistik entnommen (siehe 3.4.3).

#### 4.3.7.5.3 Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“

Partial  $\text{NH}_3$  emission factors were fixed for all relevant housing systems, cf. Table 4.19. They are based on absolute data provided by Döhler et al. (2002) and converted into TAN related data by Dämmgen et al. (2010a).

Die für die relevanten Stallsysteme angesetzten partiellen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren beruhen auf absoluten Daten von Döhler et al. (2002), die von Dämmgen et al. (2010a) auf TAN-Bezug umgerechnet wurden, siehe Table 4.19.

Table 4.19: Dairy cows, partial emission factors for  $\text{NH}_3$ -N from housing (related to TAN)

| Housing type  |              | Haltungssystem |              | $EF_{\text{house}}$ (in $\text{kg kg}^{-1}$ ) |
|---------------|--------------|----------------|--------------|-----------------------------------------------|
| tied systems  | slurry based | Anbindehaltung | güllebasiert | 0.066                                         |
|               | straw based  |                | strohbasier  | 0.066                                         |
| loose housing | slurry based | Laufstall      | güllebasiert | 0.197                                         |
|               | straw based  |                | strohbasier  | 0.197                                         |

Source: see text

The EF for dairy parlour is assumed to equal that of loose housing ( $EF_{\text{milk}} = 0.197 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ).

Der EF für den Melkstand wird dem für Laufställe gleichgesetzt ( $EF_{\text{milk}} = 0.197 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ).

The  $\text{NH}_3$ -N emission factor for grazing is  $0.10 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , related to TAN excreted (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Für Weidegang beträgt der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene  $\text{NH}_3$ -N-Emissionsfaktor  $0.10 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

$\text{N}_2\text{O}$  and NO emissions resulting from animal excreta dropped during grazing are calculated according to Chapter 11.2. For further details see Chapters 3.3.4.3.4 and 4.3.7.5.1.

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$  und NO werden nach Kapitel 11.2 berechnet. Zu weiteren Einzelheiten siehe Kapitel 3.3.4.3.4 und 4.3.7.5.1.

#### 4.3.7.6 Emissions during storage / Emissionen aus dem Lager

Storage of slurry distinguishes storage underneath the slatted floor from storage in a separate slurry tank within the house as well as from several different outdoor storage systems. Emissions from separate slurry tanks within houses are dealt with in the same way as outdoor tanks with solid covers.

Bei der *Gülle-Lagerung* wird zwischen Lagerung im Stall unter dem Spaltenboden, der Lagerung im separaten Güllekeller unter dem Stall und zwischen mehreren Formen des Außenlagers unterschieden. Separate Güllekeller werden wie Außenlager mit fester Abdeckung behandelt.

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

The emission factors for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  from storage are given in Chapter 4.2.2 (Table 4.3 and Table 4.4).

Für die Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  aus dem Lager wird auf Kapitel 4.2.2 (Table 4.3 und Table 4.4) verwiesen.

#### 4.3.7.7 Emissions during spreading / Emissionen bei der Ausbringung

The emission factors of  $\text{NH}_3$  are given in Chapter 4.2.4 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Für die Emissionsfaktoren von  $\text{NH}_3$  für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird auf Kapitel 4.2.4 verwiesen.

The frequency distribution of spreading techniques and times before incorporation is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

Die Häufigkeitsverteilungen der Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

#### 4.3.7.8 Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren

The uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission factor characterizing the overall  $\text{NH}_3$  emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

For the uncertainties of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and  $\text{N}_2$  emission factors, the uncertainty of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

For the uncertainty of  $\text{NH}_3$  emissions originating from grazing, EMEP (2009)-4B-30 refers to a British investigation claiming  $\pm 136\%$  for "beef cattle grazing". As national data is not available, the uncertainties of the  $\text{NH}_3$  emission factors for all grazing animals of 2.5 is assumed, i.e.  $-60\%$  and  $+150\%$  as limits of the 95 % confidence interval. The unreasonable information " $-136\%$ " is ignored. A lognormal distribution is assumed. In accordance with the guidance for greenhouse gases in IPCC (2000), pg. 6.14, the total uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emissions in the German inventory is quantified in Chapter 13.6 using the larger of the two intervals [2,5 % percentile; mean] und [mean; 97,5 % percentile], i. e. 150 %.

The uncertainty of the activity (N excretion rate during grazing) is derived from the standard error of 10 % given in Dämmgen et al. (2009b). This leads to half a 95 % confidence interval of 20 %. Normal distribution is assumed.

Die Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene  $\text{NH}_3$ -Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

Zur Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors für Weidengang gibt EMEP (2009)-4B-30 lediglich das Ergebnis einer britische Studie an ( $\pm 136\%$  für „beef cattle grazing“). Mangels nationaler Daten zur Unsicherheit wird ausgehend von der EMEP-Angabe für alle weidenden Tiere ein  $\text{NH}_3$ -EF-Unsicherheitsfaktor von 2,5 angenommen, d.h.  $-60\%$  und  $+150\%$  als Grenzen für das 95 %-Konfidenzintervall. Dabei wird die unsinnige Angabe „ $-136\%$ “ ignoriert. Es wird eine lognormale Verteilung angenommen. Entsprechend der Vorgabe für Treibhausgase in IPCC (2000), S. 6.14, wird für die Gesamtsicherheitsberechnung des deutschen landwirtschaftlichen  $\text{NH}_3$ -Inventars in Kapitel 13.6 von den beiden Intervallen [2,5 %-Perzentil; Mittelwert] und [Mittelwert; 97,5 %-Perzentil] das größere, d. h. 150 % verwendet.

Die Unsicherheit des Aktivitätswertes (N-Ausscheidung auf der Weide) wird in Anlehnung an Dämmgen et al. (2009b) mit einem Standardfehler von 10 % angesetzt, was zu einem halben 95 %-Konfidenzintervall von 20 % führt. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.3.8 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The emission factors are listed in Table 4.20 (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10). For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in 4.3.7.5.3 and 4.3.7.7.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Die Emissionsfaktoren sind in Table 4.20 angegeben (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10). Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in den Kapiteln 4.3.7.5.3 und 4.3.7.7 entnommen.

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.20: Dairy cows, emission factors  $EF_{\text{PM}}$  for particle emissions from housing

| Housing type | Haltungssystem | Emission factor for $\text{PM}_{10}$<br>$\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ | Emission factor for $\text{PM}_{2.5}$<br>$\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ |
|--------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| straw based  | stroh basiert  | 0.36                                                                      | 0.23                                                                       |
| slurry based | güllebasiert   | 0.70                                                                      | 0.45                                                                       |

Source: EMEP(2009)-B4-27, Table 3-10

#### 4.3.9 Intercomparison of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables with those in neighbouring countries / Vergleich aggregierter Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärender Variablen mit denen benachbarter Staaten

German implied emission factors (IEF) and important emission explaining variables are compared with those of adjoining countries and countries, whose agricultural practice can be compared to German conditions. The data used and calculated in this inventory are compared with the latest published results.

Zum Vergleich der aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) mit wichtigen Einflussgrößen solcher Staaten, die benachbart sind oder deren landwirtschaftliche Praxis mit der deutschen vergleichbar ist, werden die deutschen Werte dieses Inventars den letzten veröffentlichten Daten gegenübergestellt.

##### 4.3.9.1 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

Table 4.21 allows for a comparison of implied emission factors for enteric fermentation and the data governing these emissions.

Table 4.21 zeigt die Vergleichsdaten für die Emissionen aus der Verdauung mit den sie beeinflussenden Kenngrößen.

Table 4.21: Dairy cows, 2010, intercomparison of emission explaining variables and CH<sub>4</sub> implied emission factor regarding enteric fermentation (ent)

|                            | <i>IEF</i> <sub>CH<sub>4</sub>, ent</sub>           | GE intake                           | milk yield                          | animal weight       | digestibility of energy | methane conversion rate |
|----------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|
|                            | kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> | MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | kg an <sup>-1</sup> | %                       | MJ MJ <sup>-1</sup>     |
| Austria                    | 115.97                                              | 294.69                              | 16.71                               | 700                 | 70.12                   | 0.06                    |
| Belgium                    | 126.03                                              | 321.02                              | 19.65                               | 600                 | 75.22                   | 0.06                    |
| Czech Republic             | 114.26                                              | 290.35                              | 18.91                               | 590                 | 67.00                   | 0.06                    |
| Denmark                    | 134.35                                              | 344.82                              | 23.29                               | 570                 | 71.00                   | 0.06                    |
| France                     | 118.72                                              | NA                                  | 17.62                               | NA                  | NA                      | NA                      |
| <b>Germany</b>             | <b>132.19</b>                                       | <b>314.34</b>                       | <b>19.41</b>                        | <b>647</b>          | <b>70.89</b>            | <b>0.06</b>             |
| Netherlands                | 128.70 <sup>a</sup>                                 | 333.20 <sup>a</sup>                 | NE                                  | NE                  | NE                      | 0.06                    |
| Poland                     | 97.36                                               | 247.40                              | 12.67                               | 500                 | 62.76                   | 0.06                    |
| Switzerland                | 122.29 <sup>a</sup>                                 | 310.76 <sup>a</sup>                 | 22.46                               | 650                 | 60.00                   | 0.06                    |
| United Kingdom             | 111.45                                              | 283.21                              | 20.04                               | NE                  | 73.59                   | 0.06                    |
| IPCC (1996)- 3- 4.11, 4.31 | 100                                                 | 254.7                               | 11.5                                | 550                 | 60                      | 0.06                    |
| IPCC (2000)-4.13-4.20      |                                                     | Equation 4.1-4.11                   |                                     |                     |                         | 0.06 ± 0.5              |
| IPCC (2006)- 10.29, 10.72  | 109                                                 | Equation 10.3-10.16                 | 16.44 <sup>b</sup>                  | 600                 | 70                      | 0.065 ± 0.01            |

Source: Germany: submission 2013; all other countries: UNFCCC (2012), CRF Table 4.A.

<sup>a</sup> reported for mature dairy cattle

<sup>b</sup> calculated from 6000 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>

Among the ten countries being so compared, Germany has the second-highest *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, ent</sub> with respect to animal place. As expected, the comparison shows a good linear correlation between *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, ent</sub> and GE intake ( $R^2=0.93$ ). The correlation between *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, ent</sub> and milk yield, which, along with the maintenance energy requirement, influences GE intake, is not as close ( $R^2=0.62$ ). At the same time, the German *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, ent</sub> with respect to milk yield is higher than average – for example, it is considerably higher than the Belgian value, a value tied to a comparable milk yield.

The *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, ent</sub> shows no clear correlation with animal weight.

In height the *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, ent</sub> for Germany is comparable to that for Denmark, although the Danish value is tied to a considerably higher GE intake and a higher milk yield.

Innerhalb der zehn Vergleichsländer hat Deutschland den zweithöchsten auf den Tierplatz bezogenen *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, ent</sub>. Der Vergleich zeigt erwartungsgemäß einen guten linearen Zusammenhang zwischen *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, ent</sub> und GE-Aufnahme ( $R^2=0,93$ ). Der Zusammenhang zwischen *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, ent</sub> und der die GE-Aufnahme neben dem Erhaltungsbedarf mitbeeinflussenden Milchleistung ist weniger eng ( $R^2=0,62$ ). Dabei ist der deutsche *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, ent</sub> bezogen auf die Milchleistung überdurchschnittlich hoch und z.B. deutlich höher als der belgische Wert bei vergleichbarer Milchleistung.

Der *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, ent</sub> zeigt keinen klaren Zusammenhang zum Tiergewicht.

In der Höhe ist der dänische Wert am ehesten mit dem deutschen *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, ent</sub> vergleichbar, auch wenn Ersterer auf einer deutlich höheren GE-Aufnahme und einer höheren Milchleistung beruht.

The discrepancy between the German  $IEF_{CH_4, ent}$  and the IPCC default values can be explained as a result of higher energy intake, tied to higher weight and higher milk yield, and of the higher methane-conversion factor used in the national method for calculation of  $CH_4$  emissions from enteric fermentation. Overall, it is likely that there are still considerable differences, at the European level, in the way  $CH_4$  emissions from enteric fermentation in dairy cattle are modelled.

Die Abweichung des deutschen  $IEF_{CH_4, ent}$  von den IPCC-Defaultwerten kann durch die höhere Energieaufnahme aufgrund des höheren Gewichts und der höheren Milchleistung sowie durch den höheren Methanumwandlungsfaktor erklärt werden, den das nationale Verfahren zur Berechnung der  $CH_4$ -Emissionen aus der Verdauung mit sich bringt. Insgesamt ist davon auszugehen, dass es auf europäischer Ebene noch erhebliche Unterschiede in der Modellierung der  $CH_4$ -Emissionen aus der Verdauung der Milchkühe gibt.

#### 4.3.9.2 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

Table 4.22 summarizes emissions from manure management and some important parameters influencing them.

Table 4.22 zeigt Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management und wichtige Einflussgrößen.

Table 4.22: Dairy cows, 2010, intercomparison of emission explaining variables and  $CH_4$  implied emission factor regarding manure management (MM)

|                                                       | $IEF_{CH_4, MM}$                           | VS excreted                            | Frequency of liquid systems | MCF for liquid systems |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                                                       | kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> $CH_4$ | kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> VS | %                           | %                      |
| Austria                                               | 9.00                                       | 4.25                                   | 31.95                       | 8.71                   |
| Belgium                                               | 16.66                                      | 3.96                                   | 11.67                       | 19.00                  |
| Czech Republic                                        | 14.00                                      | NA                                     | 27.00                       | NA                     |
| Denmark                                               | 33.23                                      | 6.23                                   | 87.43                       | 0.10                   |
| France                                                | 43.15                                      | 5.10                                   | 25.66                       | 45.00                  |
| <b>Germany</b>                                        | <b>20.98</b>                               | <b>3.99</b>                            | <b>73.57</b>                | <b>14.35</b>           |
| Netherlands                                           | 42.58 <sup>a</sup>                         | 4.56 <sup>a</sup>                      | 90.38 <sup>a</sup>          | 17.00 <sup>a</sup>     |
| Poland                                                | 13.76                                      | 4.59                                   | 10.79                       | 39.00                  |
| Switzerland                                           | 25.84 <sup>a</sup>                         | 6.20 <sup>a</sup>                      | 67.80 <sup>a</sup>          | 10.00 <sup>a</sup>     |
| United Kingdom                                        | 33.80                                      | 3.73                                   | 38.27                       | 39.00                  |
| IPCC (1996)-3-4.13, 4.43, Western Europe, cool region | 14                                         | 5.10                                   | 40.00                       | 10.00                  |
| IPCC (2000)-4.36                                      |                                            |                                        |                             | 39                     |
| IPCC (2006)-10.38, 10.77, Western Europe, cool region | 21 to 29                                   | 5.10                                   | 35.70                       | 17 to 25               |

Source: Germany: submission 2013; all other countries: UNFCCC (2012), CRF Table 4.B(a)

<sup>a</sup> reported for mature dairy cattle

Germany's  $IEF_{CH_4, MM}$  for management of dairy cattle manure falls into the lower section of the overall range. In addition, its VS-excretions figure is at the lower end of the overall range (and is comparable to that of Belgium). France, the Netherlands, Denmark, the UK and Switzerland have higher  $IEF_{CH_4, MM}$ , while the Czech Republic, Poland and Austria have figures that are considerably lower than Germany's. That said, it must be noted that the  $IEF_{CH_4, MM}$  values of the various European countries are only conditionally comparable, since they have been obtained from very different data for VS excretions, choices of liquid-manure systems and methane-conversion factors  $MCF$ . For the calculation of VS excretions see Chapter 3.3.3.1.

Significantly, the reason the German  $IEF_{CH_4, MM}$  is so low is that all liquid cattle manure fermented in Germany has been categorised as liquid manure from dairy cattle, with the result that the  $CH_4$  reductions achieved via fermentation have been allotted solely to the dairy cattle category (Chapter 3.3.4.4.1).

Deutschland liegt bzgl. des  $IEF_{CH_4, MM}$  aus dem Milchkuh-Wirtschaftsdünger-Management eher im unteren Bereich. Die VS-Ausscheidung liegt ebenfalls am unteren Ende (vergleichbar mit Belgien). Höhere  $IEF_{CH_4, MM}$  haben Frankreich, die Niederlande, Dänemark, Vereinigtes Königreich und die Schweiz, während Tschechische Republik, Polen und Österreich erheblich unter dem Niveau von Deutschland liegen. Allerdings sind die Werte des  $IEF_{CH_4, MM}$  der europäischen Länder nur bedingt miteinander vergleichbar, da sie aus sehr unterschiedlichen VS-Ausscheidungen, Häufigkeiten von Flüssigmistsystemen und Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  entstanden sind. Für das VS-Berechnungsverfahren siehe Kapitel 3.3.3.1.

Beim deutschen  $IEF_{CH_4, MM}$  ist zu berücksichtigen, dass er deshalb so niedrig ausfällt, weil die gesamte Rindergülle, die vergoren wurde, als Milchkuh-Gülle gewertet wurde, und damit die mit der Vergärung einhergehenden  $CH_4$ -Minderungen auch allein den Milchkühen zugute kamen (Kapitel 3.3.4.4.1).

The IPCC (1996) default  $IEF_{CH_4, MM}$  ranges at the lower end of the IEF table. Obviously, the factors proposed in IPCC (2006) are likely to describe the situation in Central Europe more adequately.

Der Defaultwert von IPCC (1996) liegt deutlich am unteren Ende der IEF-Skala, wohingegen der Defaultwertbereich nach IPCC (2006) die mitteleuropäischen Gegebenheiten offenbar besser beschreibt.

#### 4.3.9.3 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

A comparison of Germany's N excretions (Table 4.23) with those of neighbouring countries shows that Germany's level is about in the middle of the overall range for dairy cattle. The IPCC (1996b) default value for dairy cattle seems to be too low for central Europe.

However, Concerning the  $NH_3$ -Emissions resulting from N excretions Germany in comparison to the neighbouring countries is ranked in the upper range. The ratio of individual  $NH_3$  emission rates to N excretion rates serves as an indicator for the N efficiency and therefore allows for a comparison of the N efficiency of the manure management with respect to  $NH_3$  emissions. The German ratio is the second highest and thus reflects a poor N efficiency in comparison to the neighbouring countries. In contrast Denmark and the Netherlands show the best manure management N efficiency.

Obviously, the default value proposed by IPCC (1996) for dairy cow's N excretions and Central Europe is too small.

Der Vergleich der N-Ausscheidungen von Milchkühen (Table 4.23) mit denen der Nachbarländer zeigt, dass Deutschland ungefähr im Mittelfeld liegt. Der Defaultwert von IPCC (1996) für Milchkühe scheint für Mitteleuropa zu niedrig zu sein.

Die aus den N-Ausscheidungen resultierenden tierplatzbezogenen  $NH_3$ -Emissionen Deutschlands hingegen liegen tendenziell im oberen Bereich. Hinsichtlich des Verhältnisses von  $NH_3$ -Emissionen zu N-Ausscheidung, das als Indikator für die N-Effizienz des Wirtschaftsdüngermanagements dient, besitzt Deutschland den zweithöchsten Wert und somit die zweit schlechteste N-Effizienz im Vergleich mit den Nachbarländern. Dänemark und die Niederlande hingegen weisen die beste N-Effizienz des Wirtschaftsdüngermanagements auf.

Der Defaultwert von IPCC (1996) für die N-Ausscheidung von Milchkühen scheint für Mitteleuropa zu niedrig zu sein.

Table 4.23: Dairy cows, 2010, intercomparison of emission explaining variables and  $NH_3$  implied emission factor

|                               | N excreted <sup>a</sup><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N | number of animals <sup>a</sup><br>1000 pl | $NH_3$ emission <sup>a</sup><br>Gg a <sup>-1</sup> $NH_3$ | $IEF_{NH_3}$ <sup>a</sup><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> $NH_3$ | ratio of $NH_3$ emission<br>to N excreted<br>kg $NH_3$ (kg N) <sup>-1</sup> |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Austria                       | 97.40                                                            | 532.74                                    | 15.32                                                     | 28.77                                                                   | 0.30                                                                        |
| Belgium                       | 116.91                                                           | 466.94                                    | 11.08                                                     | 23.72                                                                   | 0.20                                                                        |
| Czech Republic                | 132.59                                                           | 383.52                                    | 13.51                                                     | 35.23                                                                   | 0.27                                                                        |
| Denmark                       | 138.63                                                           | 568.20                                    | 14.18                                                     | 24.95                                                                   | 0.18                                                                        |
| France                        | 113.19                                                           | 3732.94                                   | 128.44                                                    | 34.41                                                                   | 0.30                                                                        |
| <b>Germany</b>                | <b>115.27</b>                                                    | <b>4183.11</b>                            | <b>149.75</b>                                             | <b>35.80</b>                                                            | <b>0.31</b>                                                                 |
| Netherlands                   | 130.20 <sup>b</sup>                                              | 1478.64 <sup>b</sup>                      | 36.09                                                     | 24.41 <sup>b</sup>                                                      | 0.19 <sup>b</sup>                                                           |
| Poland                        | 86.70                                                            | 2655.70                                   | 55.89                                                     | 21.05                                                                   | 0.24                                                                        |
| Switzerland                   | 110.81 <sup>b</sup>                                              | 589.02 <sup>b</sup>                       | 24.47                                                     | 41.55 <sup>b</sup>                                                      | 0.37 <sup>b</sup>                                                           |
| United Kingdom                | 121.10                                                           | 1846.63                                   | 67.66                                                     | 36.64                                                                   | 0.30                                                                        |
| IPCC (1996)-3-4.99            | 100                                                              |                                           |                                                           |                                                                         |                                                                             |
| IPCC (2000)-B1090-9, B1090-30 | 100                                                              |                                           |                                                           | 28.5                                                                    | 0.06 to 0.5                                                                 |
| IPCC (2006)-10.59             | 105.12 <sup>c</sup>                                              |                                           |                                                           |                                                                         |                                                                             |
| EMEP (2009)-4.B-26, 60        | 105                                                              |                                           |                                                           | 28.7 to 39.3                                                            |                                                                             |

<sup>a</sup> Sources: Germany: submission 2013; all other countries: UNFCCC (2012), CRF Table 4.B(b); CEIP (2012), NFR

<sup>b</sup> reported for mature dairy cattle

<sup>c</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight



#### 4.3.9.4 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

Table 4.24 provides an international intercomparison of implied emission factors (IEF) for particulate matter.

The IEF differences illustrate the influence of the shares of straw-based and slurry-based systems which differ from country to country.

Table 4.24 ermöglicht einen internationalen Vergleich der aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) von Staub.

In den IEF-Unterschieden kommen von Land zu Land unterschiedliche Anteile stroh- und güllebasierter Systeme zum Ausdruck.

Table 4.24: Dairy cows, 2010, intercomparison of PM implied emission factors

|                    | $IEF_{PM_{10}}$<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>10</sub> | $IEF_{PM_{2.5}}$<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>2.5</sub> | $IEF_{TSP}$<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TSP <sup>a</sup> |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Austria            | IE                                                                      | IE                                                                        | IE                                                                  |
| Belgium            | 0.34                                                                    | 0.08                                                                      | 0.77                                                                |
| Czech Republic     | 0.57                                                                    | 0.01                                                                      | 1.28                                                                |
| Denmark            | 0.63                                                                    | 0.40                                                                      | 1.36                                                                |
| France             | 0.39                                                                    | 0.25                                                                      | 0.87                                                                |
| <b>Germany</b>     | <b>0.58</b>                                                             | <b>0.37</b>                                                               | <b>0.58<sup>b</sup></b>                                             |
| Netherlands        | 0.12 <sup>c</sup>                                                       | 0.03 <sup>c</sup>                                                         | 0.12 <sup>c</sup>                                                   |
| Poland             | 0.40                                                                    | 0.01                                                                      | 0.89                                                                |
| Switzerland        | 0.39                                                                    | 0.06                                                                      | 0.39                                                                |
| United Kingdom     | 0.16                                                                    | 0.03                                                                      | 1.07                                                                |
| EMEP (2009)-4.B-60 | 0.36                                                                    | 0.23                                                                      |                                                                     |

Source: Germany: submission 2013; all other countries: CEIP (2012), NFR, calculated from original data

<sup>a</sup> Total suspended particulate matter (TSP) refers to the entire range of ambient air matter that can be collected, from the sub-micron level up to 100 µm in *d* (EMEP(2009)-B1010-9).

<sup>b</sup> As Germany does not calculate TSP, TSP is approximated by PM<sub>10</sub>.

<sup>c</sup> other cattle included

#### 4.3.10 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 4.25: Dairy cows, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.01    |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.01    |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.01    |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.33    | EM1009.35    |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.129   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.01    |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.25    |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.01    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.01   |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.01   |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.01   |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.30   | IEF1009.32   |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.97   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.01   |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.23   |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005CAT.01 | AI1005CAT.26 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.01      | EXCR.05      |

#### 4.4 Calves / Kälber

Calves can be brought up for replacement and for fattening. Fattening calves grow faster than calves for replacement. Therefore they show higher emissions per animal and unit of time. Due to lack of data, the relative shares of both subcategories cannot be separated. In the inventory all calves are treated as fattening calves. This is a „worst case“ estimate.

The animal category „calves“ used in the inventory comprises all cattle with weights below 100 kg an<sup>-1</sup> up to an age of 2 months. In the inventory the animal category „calves“ is part of the category „other cattle“, see also Chapter 4.9.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 4.26.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Kälber können der Aufzucht oder der Mast dienen. Mastkälber wachsen schneller als Kälber zur Aufzucht und weisen damit auch höhere Emissionen pro Tier und Zeiteinheit auf. Mangels Daten können die relativen Anteile beider Gruppen nicht abgegrenzt werden. Im Inventar werden im Sinne einer „worst-case“-Schätzung alle Kälber als Mastkälber angesehen.

Die im Inventar verwendete Tierkategorie „Kälber“ umfasst dabei alle Rinder mit einem Gewicht unter 100 kg an<sup>-1</sup> und jünger als 2 Monate. Sie sind eine Untergruppe der Gruppe der „übrigen Rinder“, siehe auch Kapitel 4.9.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.26 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 4.26: Calves, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 2    | EMEP            | district            | district | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP            | district            | national | 1 a                |

##### 4.4.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

###### 4.4.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4).

German statistics do not differentiate between animals of different sex and destiny.

The properties of calves given in the description of categories in the German census and the data used to describe the feed disagree. This inventory deals with calves smaller than 100 kg an<sup>-1</sup> and younger than 2 months; therefore only one-third of the number given in the census is considered. The remaining two-thirds are attributed to the number of beef cattle (heifers and male beef cattle, see Chapters 4.5 and 4.6).

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4).

Die deutsche Statistik unterscheidet nicht nach Geschlecht und Bestimmung der Kälber.

Die statistischen Angaben der Anzahl der Kälber und die Beschreibung der Kälber hinsichtlich der Fütterung decken sich nicht. Da diese Rechnung nur Kälber unter 100 kg an<sup>-1</sup> und unter 2 Monaten berücksichtigt, wird die in der Statistik angegebene Kälberzahl nur zu einem Drittel berücksichtigt. Die übrigen zwei Drittel werden dem Mastvieh (Färsen und Männliche Mastrinder, siehe Kapitel 4.5 und 4.6) zugeschlagen.

$$n_{ca} = \frac{1}{3} \cdot n_A \quad (4.60)$$

where

$n_{ca}$  number of calves considered  
 $n_A$  number of calves in the German census (see Table 4.1)

From 2008 onwards, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. The HIT data base does not contain information on the type of the use of animals (e.g. replacement *versus* fattening, see chapter 4 of the report on data quality, Fachserie 3, Reihe 4.1). The number of dairy cows cannot be extracted directly from the HIT data base. A model estimate has to be performed to generate this number from the total cattle herd. However, the uncertainty of the results remains unknown.

Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Allerdings enthält HIT keine Informationen der Nutzungsrichtung. Aus HIT können also die zur Erstellung des Emissionsinventars erforderlichen Tierzahlen der verschiedenen Rinderkategorien nicht direkt entnommen werden. Sie werden mit Hilfe eines Schätzmodells aus der HIT-Rindergesamtzahl ermittelt. Der Fehler der dabei entsteht, ist nicht bekannt.

It is assumed that the standard error of cattle numbers is comparable to that of the important pig subcategories (sows, weaners, fatteners), i.e. 2 %. 50 % of the 95 % confidence intervall amount to 4 % uncertainty. A normal distribution is assumed.

Daher wird für das Emissionsinventar angenommen, dass der Standardfehler der Rinderzahlen mit dem bei den wichtigen Schweinekategorien (Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine) vergleichbar ist, d. h. 2 %. Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt demnach 4 %. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.4.1.2 *Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen*

The birth weight of calves is assumed to be 36 kg an<sup>-1</sup> (as deduced from production characteristics given in KTBL, 2006b, pg. 421). The final weight of the inventory category "calves" is defined by 100 kg an<sup>-1</sup>. The animal weight is only used for the calculation of an overall mean calf weight, not for the calculation of the energy requirements.

The mean live weight is estimated by the arithmetic mean (68 kg an<sup>-1</sup>).

Als Anfangsgewicht werden 36 kg an<sup>-1</sup> angenommen (abgeleitet aus Produktionskennzahlen KTBL, 2006b, S. 421), das Endgewicht der Inventarkategorie „Kälber“ wird mit 100 kg angesetzt. Das Tiergewicht geht nicht in die Energiebedarfsrechnung, sondern nur in die Berechnung des mittleren Kälbergewichts ein.

Das mittlere Gewicht wird durch arithmetische Mittelung geschätzt (68 kg an<sup>-1</sup>).

#### 4.4.2 *Energy requirements / Energiebedarf*

The metabolisable energy required during the first 8 to 9 weeks is 19 to 20 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, (KTBL, 2006b, pg. 422). Based on a daily requirement of 20 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> and a feeding period of 60 d ro<sup>-1</sup> the metabolisable energy required per round amounts to 1200 MJ pl<sup>-1</sup> ro<sup>-1</sup>.

The gross energy GE needed to meet the ME requirements depends on the metabolisability of the feed, see Chapter 4.4.3.

Der Bedarf an umsetzbarer Energie liegt für die ersten 8 bis 9 Wochen bei 19 bis 20 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (KTBL, 2006b, S. 423). Geht man von einem täglichen Bedarf von 20 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> und einer Fütterungsdauer von 60 d ro<sup>-1</sup> aus, ist pro Durchgang eine umsetzbare Energie von 1200 MJ pl<sup>-1</sup> ro<sup>-1</sup> erforderlich.

Die zur Deckung dieses ME-Bedarfs aufzunehmende Gesamtenergie GE ist von der Umsetzbarkeit des Futters abhängig, siehe Kapitel 4.4.3.

#### 4.4.3 *Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme*

The feed intake must be known to assess the amount of N excreted. However, for calves there is no need to calculate feed intake using energy requirements and the energy content of feed, because the amount of N excreted is given as standard value, cf. Chapter 4.4.6.1.

For the mean digestibility of the diet 0.65 MJ MJ<sup>-1</sup> is assumed (IPCC(1996)-3-4.32).

The mean metabolizability of feed is estimated based on the ME content of typical calf rearing diets (ca. 11 MJ kg<sup>-1</sup> according to Menke, 2010) and a GE content of 18.45 MJ kg<sup>-1</sup> (IPCC(1996)-3-4.21). These data lead to a metabolizability of ca. 0.6 MJ MJ<sup>-1</sup>.

The gross energy intake with the feed (GE) is calculated from the metabolisable energy requirements (Chapter 4.4.2) and the mean metabolisability of the diet. This leads to a mean daily gross energy intake of  $GE_{ca} = 33.3$  MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Die Futteraufnahme ist für die Ermittlung der ausgeschiedenen N-Menge von Bedeutung. Die Berechnung mit Hilfe von Energiebedarf und Energiegehalt des Futters entfällt hier allerdings, da für die ausgeschiedene N-Menge ein Standardwert eingesetzt wird, siehe Kapitel 4.4.6.1.

Die mittlere Verdaulichkeit des Futters wird mit 0,65 MJ MJ<sup>-1</sup> angesetzt (IPCC(1996)-3-4.32).

Für die Schätzung einer mittleren Umsetzbarkeit des Futters wird vom ME-Gehalt typischer Kälberaufzuchtfutter (ca. 11 MJ kg<sup>-1</sup> nach Menke, 2010) und einem GE-Gehalt von 18.45 MJ kg<sup>-1</sup> (IPCC(1996)-3-4.21) ausgegangen, woraus eine Umsetzbarkeit von ca. 0,6 MJ MJ<sup>-1</sup> folgt.

Die mit dem Futter aufgenommene Gesamtenergie GE berechnet sich aus der umsetzbaren Energie (Kapitel 4.4.2) und der mittleren Umsetzbarkeit des Futters. Es ergibt sich eine tägliche Gesamtenergieaufnahme von  $GE_{ca} = 33,3$  MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

#### 4.4.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 4.4.3) and the methane conversion factor  $\chi_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

Calves only gradually emerge as ruminants (Kirchgessner et. al., 2008, pg. 430 ff; Pennstate College of Agricultural Sciences, 2011). Under optimal conditions, the development of the rumen is completed between the 7<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> week of life, but may take several additional weeks (Kirchgessner et. al., 2008, pg. 432 - 434). During the development of the rumen, methane emissions from calves are markedly lower than those from other cattle. Hence, based on expert judgment by Flachowsky (Institute of Animal Nutrition, former FAL, Braunschweig), Germany uses a reduced methane conversion factor  $\chi_{\text{CH}_4, \text{ca}} = 0.02 \text{ MJ MJ}^{-1}$  for calves.

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is assumed to be 20 % according to IPCC(1996)-3-4.9. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.4.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $\chi_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Kälber entwickeln sich erst allmählich zu Wiederkäuern (Kirchgessner et. al., 2008, S. 430 ff; Pennstate College of Agricultural Sciences, 2011). Das Wachstum des Pansens ist im optimalen Fall zwischen der 7. und 9. Lebenswoche abgeschlossen, kann aber auch längere Zeit in Anspruch nehmen (Kirchgessner et. al., 2008, S. 432 - 434). Während der Pansenentwicklung ist die Methanemission deutlich niedriger als bei den übrigen Rindern. Daher verwendet Deutschland einem Expertenurteil zufolge (Flachowsky, Institut für Tierernährung der früheren FAL, Braunschweig) für Kälber einen reduzierten Methan-Umwandlungsfaktor von  $\chi_{\text{CH}_4, \text{ca}} = 0,02 \text{ MJ MJ}^{-1}$ .

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird nach IPCC(1996)-3-4.9 mit 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.4.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.3.4.1.

The improved calculation procedures for VS excretion rates as described in Dämmgen et al. (2011a) cannot be used due to the lack of some input data. Hence, the amounts of VS are calculated using the IPCC methodology (see Chapter 3.3.3.1). The digestibility needed for this approach is given in Chapter 3.3.3.1. The ash content ( $0.08 \text{ kg kg}^{-1}$ ) is provided in IPCC(2006)-10.73.

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.4.6.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Eine Verbesserung der VS-Ausscheidungsrechnung nach Dämmgen et al. (2011a) ist nicht möglich, da dafür nicht alle erforderlichen Eingangsdaten verfügbar sind. Die Menge des ausgeschiedenen VS wird daher nach dem IPCC-Ansatz berechnet (siehe Kapitel 3.3.3.1). Zur dafür erforderlichen Verdaulichkeit siehe Kapitel 4.4.3. Der Aschegehalt wird nach IPCC(2006)-10.73 mit  $0,08 \text{ kg kg}^{-1}$  angesetzt.

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (MCF) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.4.6 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.4.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $\text{N}_{\text{org}}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $\text{N}_{\text{org}}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

#### 4.4.6.1 *N excretion / N-Ausscheidung*

For the mean N excretion for calves up to 3 months  $14 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  is assumed with 4 animal rounds per year (KTBL, 2006b, pg. 428). Based on the number of rounds used in the inventory (ca. 6 rounds per year) the N excretion is recalculated, yielding ca.  $20.9 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . 60 % of the N excreted is TAN (Webb, 2001).

Für Kälber liegt bis zu einem Alter von 3 Monaten bei 4 Durchgängen pro Jahr die mittlere N-Ausscheidung bei  $14 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (KTBL 2006b, S. 428). Dies wird auf die im Inventar verwendete Durchgangszahl (ca. 6) umgerechnet, was eine N-Ausscheidung von ca.  $20,9 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ergibt. 60 % des ausgeschiedenen N sind TAN (Webb, 2001).

#### 4.4.6.2 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.3.4.3.2. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of straw is  $2.5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (KTBL, 2006b, pg. 425 ff) or  $12.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  N ( $6.2 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  TAN, respectively).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Menge der Einstreu beträgt  $2,5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh (KTBL, 2006b, S. 425 ff) bzw.  $12,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  N (entsprechend  $6,2 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  TAN).

#### 4.4.6.3 *Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide*

In earlier years calves were kept in straw based tied systems or in straw based loose housing systems. Since 2003 (ban of tied systems) calves are kept solely in loose housing systems. For these housing types the TAN related emission factors for dairy cows are used (see Table 4.19).

In the inventory it is assumed that calves do not graze.

Kälber wurden in früheren Jahren in strohbasierter Anbindehaltung oder im strohbasierten Laufstall gehalten. Seit 2003 erfolgt die Haltung aufgrund des Verbots der Anbindehaltung ausschließlich im strohbasierten Laufstall. Für diese Haltungssysteme werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren der Milchkühe verwendet (vgl. Table 4.19).

Weidegang ist im Inventar nicht vorgesehen.

#### 4.4.6.4 *Partial emission factors "storage" and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“*

For the emission factors for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  from storage see Table 4.3 and Table 4.4.

The emission factors of  $\text{NH}_3$  are given in Chapter 4.2.4 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Für die Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  aus dem Lager siehe Table 4.3 und Table 4.4.

Die Emissionsfaktoren von  $\text{NH}_3$  für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten gehen aus Kapitel 4.2.4 hervor.

#### 4.4.6.5 *Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren*

The uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission factor characterizing the overall  $\text{NH}_3$  emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

For the uncertainties of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and  $\text{N}_2$  emission factors, the uncertainty of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

Die Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene  $\text{NH}_3$ -Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktoren wird die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

#### 4.4.7 Emission of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The emission factors used for particulate matter are listed in Table 4.27 (EMEP, 2009-4B-27, Table 3-10). For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data required for calculations in Chapter 4.4.5.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Die Emissionsfaktoren (EMEP, 2009-4B-27, Table 3-10) sind in Table 4.27 zusammengestellt. Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 4.4.5 entnommen

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.27: Calves, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing

| Housing type | Haltungssystem | Emission factor for $PM_{10}$<br>$kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ | Emission factor for $PM_{2.5}$<br>$kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ |
|--------------|----------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| straw based  | strohbasierend | 0.24                                                   | 0.16                                                    |

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10

#### 4.4.8 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 4.28: Calves, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.02    |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.02    |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.02    |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.36    | EM1009.38    |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.130   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.02    |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.26    |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.02    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.02   |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.02   |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.02   |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.33   | IEF1009.35   |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.98   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.02   |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.24   |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005CAT.27 | AI1005CAT.47 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.06      | EXCR.08      |

## 4.5 Heifers / Färsen

Heifers are female cows that are heavier than 100 kg an<sup>-1</sup> and have not yet given birth to a calf. However, In the inventory, the animal category “heifers” also comprises female young cattle for slaughter, see Chapter 4.5.1.1. It should be noted that female cows for slaughtering were dealt with as heifers in all submissions prior to 2013. From the 2013 submission onwards they are treated like suckler cows in accordance with the categories formed by German official statistics.

In the inventory, the category “heifers” is a subcategory of „other cattle“.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 4.29.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Als Färsen werden die weiblichen Kühe bezeichnet, die schwerer als 100 kg an<sup>-1</sup> sind und noch nicht gekalbt haben. Im Inventar umfasst die Tierkategorie „Färsen“ zusätzlich auch junge weibliche Schlachttiere, siehe Kapitel 4.5.1.1. Anzumerken ist, dass die bis zur Submission 2012 einschließlich zu den Färsen gerechneten Schlacht- und Mastkühe ab Submission 2013 der Zählweise des Statistischen Bundesamtes entsprechend der Kategorie der Mutterkühe zugeschlagen werden.

Im Inventar ist die Kategorie „Färsen“ eine Unterkategorie der „übrigen Rinder“.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.29 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 4.29: Heifers, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |                | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF             | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation | 2    | IPCC / national | district            | federal states | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district       | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 3    | EMEP / national | district            | district       | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district       | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP            | district            | national       | 1 a                |

### 4.5.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 4.5.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The subcategory “heifers” in this inventory includes the census subcategories “female young between ½ and 1 year”, “female young cattle from 1 to 2 years for slaughtering”, “female young cattle from 1 to 2 years for replacement”, “female cattle over 2 years for slaughtering”, “female cattle over 2 years for replacement”.

Additionally, the female share of the calves not considered in Chapter 4.4.1.1 ( $n_A \cdot 2/3$ ) is taken into account. The calculation of this share is based on the assumption that the gender distribution be equal to that of young cattle between 6 and 12 months ( $n_B$ ,  $n_C$ ).

$$n_{bf} = \frac{2}{3} \cdot n_A \cdot \frac{n_C}{n_B + n_C} + n_C + n_E + n_F + n_H + n_I \quad (4.61)$$

where

$n_{bf}$  number of heifers considered  
 $n_A$  etc. animal numbers of type A (etc.) in the German census (see Table 4.1)

From 2008 onwards, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. The HIT data base does not contain information on the type of the use of animals (e.g. replacement *versus* fattening, see chapter 4 of the report on data quality, Fachserie 3, Reihe 4.1). The number of dairy cows cannot be extracted directly from the HIT data base. A model estimate has to be performed to generate this number from the total cattle herd.

Im Inventar umfasst die Tierkategorie „Färsen“ die Tierzahlen aus der Statistik für „Weibliches Jungvieh ½ bis 1 Jahr“, „Weibliches Jungvieh 1 bis 2 Jahre zum Schlachten“, „Weibliches Jungvieh 1 bis 2 Jahre als Zucht- und Nutztiere“, „Weibliche Rinder über 2 Jahre (Schlachtfärsen)“ sowie „Weibliche Rinder über 2 Jahre (Zucht- und Nutzfärsen)“.

Hinzu kommt der weibliche Anteil der in Kapitel 4.4.1.1 nicht berücksichtigten Kälber ( $n_A \cdot 2/3$ ), wobei angenommen wird, dass die Geschlechtsverteilung gleich der des Jungviehs zwischen einem halben und einem ganzen Jahr ( $n_B$ ,  $n_C$ ) ist.

Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Allerdings enthält HIT keine Informationen der Nutzungsrichtung. Aus HIT können also die zur Erstellung des Emissionsinventars erforderlichen Tierzahlen der verschiedenen Rinderkategorien nicht direkt entnommen werden. Sie werden mit Hilfe eines Schätzmodells aus der HIT-Rindergesamtzahl ermittelt.

However, the uncertainty of the results remains unknown. It is assumed that the standard error of cattle numbers is comparable to that of the important pig sub-categories (sows, weaners, fatteners), i.e. 2 %. 50 % of the 95 % confidence intervall amount to 4 % uncertainty. A normal distribution is assumed.

Der Fehler der dabei entsteht, ist nicht bekannt. Daher wird für das Emissionsinventar angenommen, dass der Standardfehler der Rinderzahlen mit dem bei den wichtigen Schweinekategorien (Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine) vergleichbar ist, d. h. 2 %. Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt demnach 4 %. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.5.1.2 *Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen*

Data of initial and final weights of heifers as well as of the duration of that phase of life, and consequently of the daily weight gain are hardly available in Germany. They have to be generated adequately as it is described in the two subsequent chapters.

Daten über Anfangs- und Endgewicht der Färsen sowie die Dauer der Haltung und demzufolge auch die tägliche Gewichtszunahme sind in Deutschland nur ausnahmsweise verfügbar. Sie sind, wie in den zwei folgenden Abschnitten beschrieben, in geeigneter Weise zu generieren.

##### 4.5.1.2.1 *Animal weights / Tiergewichte*

German census data differentiate between heifers for slaughter and for replacement and use. However, existing management data describe heifers without differentiation. About 5 % of the heifers above 1 a are considered to be slaughtered. As the decision to slaughter an animal or use it for replacement is made comparatively late, it is assumed that, on average, the animals are kept and fed in the same way.

The weight at the beginning of the period is fixed to 100 kg an<sup>-1</sup>, i.e. the final weight of calves.

The final live weight of heifers is calculated with the following equation provided by Dämmgen et al. (2010a) where the carcass weight is used as proxy data (for the definition of the term "carcass weight" see Chapter 3.1.2).

Die deutschen statistischen Daten unterscheiden zwischen Mastfärsen und Färsen für „Zucht und Nutzung“. Kennzahlen zu den Haltungsverfahren liegen allerdings nur für Färsen insgesamt vor. Etwa 5 % der Tiere, die älter als 1 a sind, werden als Schlachtfärsen gemeldet. Da die Entscheidung, ob ein Tier zur Remontierung dient oder nicht, relativ spät fällt, wird davon ausgegangen, dass die Tiere im Mittel einheitlich gehalten und ernährt werden.

Das Anfangsgewicht der Färsen wird auf 100 kg an<sup>-1</sup>, das Endgewicht der Kälber, festgelegt.

Das Lebendendgewicht der Färsen berechnet sich mittels einer von Dämmgen et al. (2010a) angegebenen Gleichung aus dem nach Bundesgesetzblatt 2008 Teil I Nr. 52 definierten Schlachtgewicht (siehe Kapitel 3.1.2):

$$w_{\text{fin,bf}} = a + b \cdot w_{\text{bf,cw}} \quad (4.62)$$

where

|                     |                                                        |
|---------------------|--------------------------------------------------------|
| $w_{\text{fin,bf}}$ | final live weight of heifers (in kg an <sup>-1</sup> ) |
| $a$                 | constant ( $a = 221 \text{ kg an}^{-1}$ )              |
| $b$                 | coefficient ( $b = 1.46 \text{ kg kg}^{-1}$ )          |
| $w_{\text{bf,cw}}$  | carcass weight of heifers (in kg an <sup>-1</sup> )    |

The carcass weights of heifers are compiled in Table 4.30.

The missing data for the New Länder and the year 1990 were replaced with the respective data for 1991. For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin those from Brandenburg.

Die Schlachtgewichte von Färsen sind in Table 4.30 zusammengestellt.

Für die fehlenden Daten im Jahr 1990 bei den Neuen Bundesländern werden die Daten von 1991 eingesetzt. Für die Stadtstaaten werden bei Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.



Table 4.30: Heifers, carcass weights (in kg an<sup>-1</sup>)

|      | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| BW   | 275  | 265  | 271  | 278  | 280  | 277  | 276  | 276  | 282  | 285  | 284  | 290  | 287  | 285  | 280  | 290  | 294  | 294  | 290  | 289  | 294  | 292  |
| BY   | 288  | 248  | 287  | 295  | 297  | 294  | 291  | 287  | 296  | 300  | 303  | 309  | 303  | 301  | 300  | 303  | 308  | 311  | 306  | 306  | 309  | 308  |
| BB   |      | 216  | 243  | 259  | 260  | 251  | 259  | 262  | 262  | 269  | 271  | 282  | 268  | 269  | 263  | 265  | 270  | 259  | 254  | 245  | 239  | 248  |
| HE   | 269  | 270  | 277  | 278  | 277  | 274  | 273  | 268  | 263  | 273  | 274  | 277  | 260  | 253  | 249  | 262  | 270  | 270  | 249  | 252  | 265  | 286  |
| MV   |      | 211  | 235  | 245  | 242  | 239  | 246  | 245  | 247  | 252  | 254  | 265  | 258  | 259  | 255  | 255  | 252  | 258  | 253  | 249  | 254  | 258  |
| NI   | 235  | 241  | 240  | 241  | 231  | 226  | 275  | 277  | 280  | 282  | 286  | 292  | 286  | 283  | 280  | 285  | 275  | 286  | 279  | 269  | 271  | 280  |
| NW   | 268  | 260  | 272  | 271  | 158  | 229  | 280  | 273  | 278  | 278  | 280  | 284  | 278  | 274  | 273  | 277  | 278  | 276  | 270  | 262  | 267  | 257  |
| RP   | 251  | 243  | 257  | 274  | 274  | 269  | 264  | 260  | 261  | 264  | 264  | 264  | 264  | 263  | 260  | 265  | 268  | 267  | 262  | 260  | 264  | 268  |
| SL   | 229  | 257  | 260  | 248  | 262  | 259  | 260  | 257  | 257  | 257  | 257  | 257  | 256  | 257  | 277  | 283  | 287  | 291  | 288  | 281  | 285  | 288  |
| SN   |      | 221  | 240  | 250  | 254  | 239  | 234  | 181  | 248  | 247  | 245  | 259  | 250  | 247  | 242  | 242  | 255  | 259  | 258  | 253  | 249  | 251  |
| ST   |      | 216  | 228  | 259  | 268  | 244  | 251  | 248  | 250  | 251  | 261  | 270  | 271  | 258  | 257  | 258  | 258  | 259  | 259  | 246  | 246  | 250  |
| SH   | 271  | 264  | 273  | 281  | 281  | 272  | 275  | 272  | 279  | 281  | 286  | 295  | 286  | 285  | 281  | 284  | 288  | 293  | 288  | 283  | 290  | 284  |
| TH   |      | 212  | 240  | 260  | 268  | 252  | 253  | 254  | 256  | 259  | 264  | 258  | 258  | 253  | 242  | 242  | 255  | 260  | 258  | 253  | 251  | 254  |
| StSt | 279  | 279  | 279  | 273  | 274  | 269  | 277  | 278  | 279  | 280  | 284  | 291  | 287  | 285  | 285  | 287  | 292  | 293  | 290  | 293  | 293  | 298  |

Source: Statistisches Bundesamt, Fachserie 3: Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung; Bundesgesetzblatt 2008 Teil I Nr. 52

## 4.5.1.2.2 Life span and mean weight gain / Dauer des Lebensabschnitts und mittlere Gewichtszunahme

The lifespan of a heifer is calculated from the time, when calves reach a weight of 100 kg an<sup>-1</sup>, and the age of first calving. For this inventory, it is assumed that the heifers' phase of life begins with about 60 days (see Chapter 4.4.1.1). The age of first calving is available as complete time series, as provided by the breeders' association (see s. Table 4.13).

However, no daily weight gain data are provided by the reference cited above. Hence they have to be estimated from weight data of slaughtered heifers: From the final weight of a calf, the final live weight of the heifer (as calculated from carcass weights) and the times mentioned above, the mean weight gain can be assessed as

Die Lebensabschnittsdauer ergibt sich aus dem Zeitpunkt, an dem Kälber das Endgewicht 100 kg an<sup>-1</sup> erreichen, und dem Erstkalbealter. Im Inventar wird angenommen, dass der Lebensabschnitt „Färsen“ mit etwa 60 Tagen beginnt (siehe Kapitel 4.4.1.1). Das Erstkalbealter ist als lückenlose Zeitreihe für ganz Deutschland aus Meldungen der Züchterverbände verfügbar (Table 4.13).

Tägliche Gewichtszunahmen werden durch die erwähnten Quellen nicht bereitgestellt und müssen geschätzt werden. Hierzu wird auf Daten aus dem Schlachtfärsenbereich zurückgegriffen: Aus dem Endgewicht der Kälberhaltung, den errechneten Lebendgewichten vor Schlachtung und den oben beschriebenen Zeitpunkten folgt die mittlere Gewichtszunahme:

$$\frac{\Delta w_{bf}}{\Delta t} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{w_{fin, bf} - w_{fin, ca}}{\tau_{calf} - \tau_{fin, ca}} \quad (4.63)$$

where

|                          |                                                                              |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| $\Delta w_{bf}/\Delta t$ | mean daily weight gain of a heifer (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) |
| $\alpha$                 | time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )            |
| $w_{fin, bf}$            | final live weight of a heifer (in kg an <sup>-1</sup> )                      |
| $w_{fin, ca}$            | final weight at the end of calf lifespan (in kg an <sup>-1</sup> )           |
| $\tau_{calf}$            | age at first calving (in a)                                                  |
| $\tau_{fin, ca}$         | end of calf lifespan (in a)                                                  |

#### 4.5.2 Energy requirements / Energiebedarf

Table 4.31 gives data on metabolisable energy ME required for maintenance and growth for various weight gains and animal weights between 150 kg an<sup>-1</sup> and 550 kg an<sup>-1</sup>.

Table 4.31 zeigt Daten zum Bedarf an metabolisierbarer Energie ME für Wachstum und Erhaltung bei verschiedenen Zuwachsraten und Tiergewichten zwischen 150 kg an<sup>-1</sup> und 550 kg an<sup>-1</sup>.

Table 4.31: Heifers, metabolisable energy required for maintenance and growth for various animal weights and weight gains (in MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)

| weight gain $\Delta w_{bf}$<br>in g an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | weight w<br>in kg an <sup>-1</sup> |      |      |      |      |      |      |      |       |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|                                                                      | 150                                | 200  | 250  | 300  | 350  | 400  | 450  | 500  | 550   |
| 400                                                                  |                                    |      | 41.6 | 47.5 | 53.2 | 58.9 | 64.6 | 70.1 | 75.5  |
| 500                                                                  | 30.5                               | 37.4 | 43.9 | 50.4 | 56.6 | 62.8 | 69.0 | 75.1 | 81.4  |
| 600                                                                  | 32.3                               | 39.6 | 46.7 | 53.6 | 60.5 | 67.3 | 74.2 | 81.0 | 88.0  |
| 700                                                                  | 34.1                               | 42.0 | 49.6 | 57.2 | 64.7 | 72.2 | 79.9 | 87.5 | 95.4  |
| 800                                                                  | 36.0                               | 44.3 | 52.6 | 60.9 | 69.1 | 77.5 | 86.0 | 94.5 | 103.2 |
| 900                                                                  |                                    | 46.6 | 55.8 | 64.6 | 73.7 | 83.2 | 92.7 | 102  | 111.6 |
| 1000                                                                 |                                    |      | 59   | 68.6 | 78.5 | 89.3 | 100  | 110  | 120.6 |

Source: GfE (2001), pg. 29, Table 1.5.3

The data in Table 4.31 exhibit linear relationships between energy requirements and weight. These relationships can be extrapolated down to the start weight of 100 kg an<sup>-1</sup> used for heifers in the inventory. From these functions the following equation can be derived (see Haenel et al., 2010, Chapter 4.5.2), which describes the total energy requirements for maintenance and growth cumulated over the heifer's lifespan:

Die Daten in Table 4.31 zeigen lineare Zusammenhänge zwischen Energiebedarf und Gewicht, die sich bis zu dem im Inventar für die Färsen verwendeten Startgewicht von 100 kg an<sup>-1</sup> extrapolieren lassen. Aus diesen Funktionen lässt sich die folgende Gleichung für den kumulativen, d. h. über die gesamte Haltungsdauer aufsummierten Energiebedarf für Erhaltung und Zuwachs ableiten (s. Haenel et al., 2010, Kapitel 4.5.2):

$$\Sigma ME_{bf} = (o_1 \cdot \Delta w_{bf} + o_2) \cdot w_{bf}^2 + (p_1 \cdot \Delta w_{bf} + p_2) \cdot w_{bf} + (q_1 \cdot \Delta w_{bf} + q_2) \quad (4.64)$$

where

|                  |                                                                                                                |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Sigma ME_{bf}$ | cumulative metabolisable energy requirement of a heifer for growth and maintenance (in MJ an <sup>-1</sup> ME) |
| $o_1$            | constant ( $o_1 = -0.22109 \text{ MJ kg}^{-3} \text{ an}^2 \text{ d}$ )                                        |
| $\Delta w_{bf}$  | mean daily weight gain of a heifer (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                                   |
| $o_2$            | constant ( $o_2 = 0.23129 \text{ MJ kg}^{-2} \text{ an}$ )                                                     |
| $w_{bf}$         | animal weight (in kg an <sup>-1</sup> )                                                                        |
| $p_1$            | constant ( $p_1 = -47.7613 \text{ MJ kg}^{-2} \text{ an d}$ )                                                  |
| $p_2$            | constant ( $p_2 = 50.0264 \text{ MJ kg}^{-1}$ )                                                                |
| $q_1$            | constant ( $q_1 = 6986.99 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}$ )                                                      |
| $q_2$            | constant ( $q_2 = -7290.72 \text{ MJ an}^{-1}$ )                                                               |

On the national scale, cumulative ME requirements for raising a heifer are about 40 GJ an<sup>-1</sup>. This agrees with the 35 to 46 GJ an<sup>-1</sup> reported in KTBL (2006), pg. 441. KTBL relates this energy amount to the time span ending with the first calving. Hence, it is assumed that the energy requirements (and as a result the further data provided in Table 4.31) comprise the energy required for the development of the conception products.

Der sich so ergebende kumulative ME-Bedarf liegt auf nationaler Ebene in der Größenordnung von 40 GJ pro aufgezogene Färse. Dies entspricht gut dem ME-Bereich von ca. 35 bis 46 GJ, wie er in KTBL (2006), S. 441, angegeben wird. Da die KTBL-Angaben bis zum Erstkalbealter reichen, wird davon ausgegangen, dass sie und somit auch die Daten in Table 4.31 den Energiebedarf zur Entwicklung des ersten Kalbes enthalten.

The mean ME requirements for heifers are calculated as follows:

Für den über die Lebensphase „Färse“ gemittelte täglichen ME-Bedarf folgt:

$$ME_{bf} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\Sigma ME_{bf}}{\tau_{fin,bf} - \tau_{fin,ca}} \quad (4.65)$$

where

|                  |                                                                                                                           |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_{bf}$        | mean daily metabolisable energy requirements of a heifer (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)                      |
| $\alpha$         | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                                          |
| $\Sigma ME_{bf}$ | cumulative metabolisable energy requirement of a heifer for growth and maintenance (in MJ an <sup>-1</sup> ME), see above |
| $\tau_{fin, bf}$ | date of first calving (in a), see Chapter 4.5.1.2.2                                                                       |
| $\tau_{fin, ca}$ | end of calf lifespan (in a), see Chapter 4.5.1.2.2                                                                        |

#### 4.5.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

The data provided in KTBL (2006), pg. 441, allow the derivation of a function quantifying the share of ME that is covered by the (annual) input of concentrates:

Aus den Daten in KTBL (2006, S. 441) lässt sich eine Funktion ableiten, die den Anteil an der pro Jahr aufzunehmenden ME-Menge beschreibt, die durch Kraftfutter gedeckt wird:

$$\Sigma ME_{conc} = \alpha \cdot ME_{bf} \cdot (r + s \cdot \alpha_m \cdot \tau_{fin,bf}) \quad (4.66)$$

where

|                    |                                                                                                                         |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Sigma ME_{conc}$ | share of $\Sigma ME_{bf}$ covered by concentrates (in MJ an <sup>-1</sup> ME)                                           |
| $\alpha$           | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                                        |
| $ME_{bf}$          | mean daily metabolisable energy requirements of a heifer (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME), see Chapter 4.5.2 |
| $r$                | constant ( $r = 0.7694 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ), derived from data in KTBL (2006), pg. 441                                 |
| $s$                | constant ( $s = 0.0231 \text{ MJ MJ}^{-1} \text{ month}^{-1}$ ), derived from data in KTBL (2006), pg. 441              |
| $\alpha_m$         | time units conversion factor ( $\alpha_m = 12 \text{ month a}^{-1}$ )                                                   |
| $\tau_{fin, bf}$   | date of first calving (in a), see Chapter 4.5.1.2.2                                                                     |

The remainder of the energy required is provided by roughage, consisting of pasture grass, grass silage and maize silage.

Der darüber hinaus gehende Energiebedarf wird aus dem Grundfutter bestritten. Er setzt sich zusammen aus Beiträgen aus Weidegras, Grassilage und Maissilage.

$$\Sigma ME_{rough} = \Sigma ME_{bf} - \Sigma ME_{conc} = \Sigma ME_{ma-s} + \Sigma ME_{gr-g} + \Sigma ME_{gr-s} \quad (4.67)$$

where

|                     |                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Sigma ME_{rough}$ | annual intake of metabolisable energy with roughage (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                                                                                        |
| $\Sigma ME_{bf}$    | mean annual total of intake of metabolisable energy per heifer place, defined by the requirements for growth, maintenance and pregnancy (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.5.2 |
| $\Sigma ME_{conc}$  | annual intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. (4.66)                                                                                    |
| $\Sigma ME_{gr-g}$  | annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                                                                            |
| $\Sigma ME_{gr-s}$  | annual intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                                                                                    |
| $\Sigma ME_{ma-s}$  | annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                                                                                    |

The share of ME covered with maize silage input is calculated as follows:

Der Energiebeitrag aus Maissilage wird wie folgt berechnet:

$$\Sigma ME_{ma-s} = (1 - x_{gr}) \cdot \Sigma ME_{rough} \quad (4.68)$$

where

|                     |                                                                                                               |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Sigma ME_{ma-s}$  | annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )             |
| $x_{gr}$            | share of ME contribution by grass and grass silage (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see below                       |
| $\Sigma ME_{rough}$ | annual intake of metabolisable energy with roughage (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. (4.67) |

The share of ME resulting from the input of pasture grass and grass silage is unknown. As an alternative, the share of the roughage dry matter taken in with pasture grass and grasssilage is used. This value is supplied with RAUMIS (Döhler et al., 2002).

The energy input with pasture grass is determined as follows:

$$\Sigma ME_{gr-g} = ME_{gr} \cdot \tau_{gr} \quad (4.69)$$

where

$\Sigma ME_{gr-g}$  annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\tau_{gr}$  duration of grazing (in d a<sup>-1</sup>), see above

with

$$ME_{gr} = u + v \cdot \alpha_m \cdot \tau_{fin,bf} \quad (4.70)$$

where

$ME_{gr}$  daily intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)  
 $u$  constant ( $u = 43.65$  MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), derived from data in KTBL (2006), pg. 441  
 $v$  constant ( $v = 0.4573$  MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> month<sup>-1</sup>), derived from data in KTBL (2006), pg. 441  
 $\alpha_m$  time units conversion factor ( $\alpha_m = 12$  month a<sup>-1</sup>)  
 $\tau_{fin,bf}$  date of first calving (in a), see Chapter 4.5.1.2.2

Accordingly, the share of ME supplied with grass silage is

Der ME-Beitrag aus Grassilage ergibt sich als Restglied:

$$\Sigma ME_{gr-s} = \Sigma ME_{rough} - \Sigma ME_{ma-s} - \Sigma ME_{gr-g} \quad (4.71)$$

where

$\Sigma ME_{gr-s}$  annual intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\Sigma ME_{rough}$  annual intake of metabolisable energy with roughage (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), see eq. (4.67)  
 $\Sigma ME_{ma-s}$  annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), see eq. (4.68)  
 $\Sigma ME_{gr-g}$  annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), see eq. (4.69)

The respective amounts of concentrates, maize silage, grass silage and pasture grass taken in to meet the ME requirements can be obtained from the specific ME contents of the various diet constituents. Concentrates serve as a example for the calculation procedure:

Die Mengen an Kraftfutter, Maissilage, Grassilage und Weidegras, die zur Deckung der oben beschriebenen ME-Anteile benötigt werden, ergeben sich mit Hilfe des spezifischen ME-Gehalts der jeweiligen Futterkomponente, wie nachfolgend beispielhaft für das Kraftfutter gezeigt wird:

$$\Sigma m_{F, DM} = \frac{\Sigma ME_{conc}}{\eta_{ME, conc}} \quad (4.72)$$

where

$\Sigma m_{F, DM}$  annual intake of dry matter with concentrates (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\Sigma ME_{conc}$  annual intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), see eq. (4.66)  
 $\eta_{ME, conc}$  content of metabolisable energy in concentrates, related to dry matter (in MJ kg<sup>-1</sup>), see Table 4.32

The feed constituent properties required for the inventory (ME content, digestibility, metabolizability, crude protein content) are compiled in Table 4.32. The data for pasture grass, grass silage and maize silage equal those used for dairy cows (see Table 4.16 and the references given therein). The properties of concentrates are the same as for male beef cattle (see Table 4.41 and the references given therein).

The data for raw protein contents are converted into data on N contents by multiplying the raw protein contents by 1/6.25 (IPCC(1996)-10.58).

Table 4.32 zeigt für die im Inventar verwendeten Futterkomponenten ME-Gehalt, Verdaulichkeit, Umsetzbarkeit und Rohproteingehalt. Die Angaben für Weidegras, Gras- und Maissilage entsprechen den Daten für Milchkühe in Table 4.16 (s. dort auch bzgl. Quellenangaben). Der Datensatz für Kraftfutter entspricht den bei männlichen Mastrindern verwendeten Angaben, siehe Table 4.41 (s. dort auch bzgl. Quellenangaben).

Die Angaben zum Rohproteingehalt werden mit dem Faktor 1/6.25 in N-Gehalte umgerechnet (IPCC(1996)-10.58).

Table 4.32: Heifers, diet constituent properties used in the inventory

( $\eta_{ME}$ : content of metabolizable energy, related to dry matter;  $X_{DE}$ : digestibility of energy;  $X_{ME}$ : metabolizability of energy;  $x_{XP}$ : raw protein content of feed, related to dry matter;  $X_{DOM}$ : digestibility of organic matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to dry matter)

|                 | $\eta_{ME}$<br>MJ (kg DM) <sup>-1</sup> | $X_{DE}$<br>MJ MJ <sup>-1</sup> | $X_{ME}$<br>MJ MJ <sup>-1</sup> | $x_{XP}$<br>kg (kg DM) <sup>-1</sup> | $X_{DOM}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $x_{ash, feed}$<br>kg kg <sup>-1</sup> |
|-----------------|-----------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|
| grass (pasture) | 10.0                                    | 0.689                           | 0.558                           | 0.180                                | 0.72                             | 0.125                                  |
| grass silage    | 10.0                                    | 0.672                           | 0.541                           | 0.162                                | 0.72                             | 0.099                                  |
| maize silage    | 10.2                                    | 0.693                           | 0.571                           | 0.080                                | 0.73                             | 0.082                                  |
| concentrates    | 12.3                                    | 0.778                           | 0.645                           | 0.250                                | 0.80                             | 0.055                                  |

Source: see text.

In summary, the mean dry matter intake with feed amounts to

Die mittlere tägliche Trockenmasse-Aufnahme über die Nahrung ergibt sich zu:

$$m_{F, DM} = \frac{1}{\alpha} \cdot \left( \frac{\Sigma ME_{conc}}{\eta_{ME, conc}} + \frac{\Sigma ME_{ma-s}}{\eta_{ME, ma-s}} + \frac{\Sigma ME_{gr-g}}{\eta_{ME, gr-g}} + \frac{\Sigma ME_{gr-s}}{\eta_{ME, gr-s}} \right) \quad (4.73)$$

where

|                    |                                                                                                                           |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{F, DM}$        | daily dry matter intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                                               |
| $\alpha$           | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                                          |
| $\Sigma ME_{conc}$ | annual intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. (4.66)         |
| $\eta_{ME, conc}$  | metabolisable energy content of concentrates, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Table 4.32             |
| $\Sigma ME_{ma-s}$ | annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. (4.68)         |
| $\eta_{ME, ma-s}$  | metabolisable energy content of maize silage, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Table 4.32             |
| $\Sigma ME_{gr-g}$ | annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. (4.69) |
| $\eta_{ME, gr-g}$  | metabolisable energy content of grass (grazing), related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Table 4.32          |
| $\Sigma ME_{gr-s}$ | annual intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. (4.71)         |
| $\eta_{ME, gr-s}$  | metabolisable energy content of grass silage, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Table 4.32             |

The total amount of nitrogen taken in with feed is obtained by multiplying each term in the equation given above with the respective  $x_N$  value according to Table 4.32.

The daily gross energy is derived from the metabolisable energy and the metabolisabilities of the various feed components (assuming constant conditions over time and space).

Die mit dem Futter aufgenommene Stickstoff-Menge erhält man, indem jeder Term in der vorstehenden Gleichung mit dem entsprechenden  $x_N$ -Wert nach Table 4.32 multipliziert wird.

Die tägliche Gesamtenergie wird aus der umsetzbaren Energie und den Umsetzbarkeiten der verschiedenen Futteranteile abgeleitet (zeitlich und örtlich konstante Standardwerte).

$$GE_{bf} = \frac{1}{\alpha} \cdot \left( \frac{\Sigma ME_{conc}}{X_{ME, conc}} + \frac{\Sigma ME_{ma-s}}{X_{ME, ma-s}} + \frac{\Sigma ME_{gr-g}}{X_{ME, gr-g}} + \frac{\Sigma ME_{gr-s}}{X_{ME, gr-s}} \right) \quad (4.74)$$

where

|                    |                                                                                                                            |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $GE_{bf}$          | daily gross energy intake for heifers (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                                            |
| $\alpha$           | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                                           |
| $\Sigma ME_{conc}$ | annual intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. ( 4.66)         |
| $X_{ME, conc}$     | mean metabolisability of concentrates (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Table 4.32                                            |
| $\Sigma ME_{ma-s}$ | annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. ( 4.68)         |
| $X_{ME, ma-s}$     | mean metabolisability of maize silage (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Table 4.32                                            |
| $\Sigma ME_{gr-g}$ | annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. ( 4.69) |
| $X_{ME, gr-g}$     | mean metabolisability of grass (grazing) (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Table 4.32                                         |
| $\Sigma ME_{gr-s}$ | annual intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. ( 4.71)         |
| $X_{ME, gr-s}$     | mean metabolisability of grass silage (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Table 4.32                                            |

The mean feed digestibility is obtained by averaging the digestibilities of the various feed components (see Table 4.32 ) weighted with the respective intakes of these feed components.

Die mittlere Verdaulichkeit des Futters ergibt sich aus der mit den einzelnen Futtermengen gewichteten Mittelung der Verdaulichkeiten der einzelnen Futterkomponenten, die in Table 4.32 aufgeführt sind.

#### 4.5.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 4.5.3) and the methane conversion factor  $\chi_{CH_4, GE}$  as input.

The methane conversion rate is used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12:  $\chi_{CH_4, bf} = 0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . This value exceeds that given in IPCC (1996) (0,06 MJ MJ<sup>-1</sup>). It is assumed to represent the German situation better than the IPCC (1996) value.

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{CH_4, ent}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.5.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $\chi_{CH_4, GE}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wird IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen. Er liegt mit 0,065 MJ MJ<sup>-1</sup> höher als der von IPCC (1996) angegebene Wert (0,06 MJ MJ<sup>-1</sup>) und repräsentiert besser die deutschen Verhältnisse.

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{CH_4, ent}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.5.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.3.4.1..

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

The necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents as listed in Table 4.32. The national mean digestibility of organic matter for 2010 is 0.729 kg kg<sup>-1</sup>, the national mean ash content for 2010 amounts to 0.098 kg kg<sup>-1</sup> (related to dry matter of feed).

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationskomponenten in Table 4.32. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei 0,729 kg kg<sup>-1</sup>, das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei 0,098 kg kg<sup>-1</sup> (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (MCF) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.4.6.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.4.6 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 4.5.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 4.5.6.1 N excretion / N-Ausscheidung

N excretion data are obtained from the N mass balance using the amounts of N intake, N retention due to growth and N retained in the first calf.

The N intake rate is assessed from the dry matter intake rate of the various diet constituents and their specific N contents (see Chapter 4.5.3).

The amount of N retained is calculated assuming an N content of the animals body of  $0.0272 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (LfL, 2006a, Table 8).

In analogy to the data used for the description of dairy cows, the calves' weight at birth is assumed to be  $36 \text{ kg an}^{-1}$ , its specific N content  $0.0296 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ .

The TAN content is calculated and is variable.

Die N-Ausscheidungen werden aus der Bilanz aus aufgenommenem, retiniertem und im ersten Kalb gespeicherten N berechnet.

Die N-Aufnahme ergibt sich aus der Trockenmasseaufnahme der einzelnen Rationskomponenten und deren spezifischen N-Gehalten (siehe Kapitel 4.5.3).

Der N-Retention liegt ein N-Gehalt des Tierkörpers von  $0,0272 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  zugrunde (LfL, 2006a, Tabelle 8).

Analog zur Vorgehensweise bei der Milchkuh wird für das Kalb ein Geburtsgewicht von  $36 \text{ kg an}^{-1}$  und ein spezifischer N-Gehalt von  $0,0296 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  angesetzt.

Der TAN-Gehalt wird berechnet und ist variabel.

##### 4.5.6.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts are given in Table 4.33. For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit Stroh berücksichtigt. Diese N-Mengen sind in Table 4.33 angegeben. (Stroheigenschaften: siehe Kapitel 3.3.4.3.2).

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

Table 4.33: Heifers, N inputs with straw in German heifer houses

| Housing type               | Haltungssystem               | straw input<br>$\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ | dry matter (DM)<br>$\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ | N input (in DM)<br>$\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ | TAN<br>$\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ |
|----------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| tied systems, straw based  | Anbindehaltung, strohbasiert | 2.0 <sup>a</sup>                                  | 1.7                                                   | $10.0 \cdot 10^{-3}$                                  | $5.0 \cdot 10^{-3}$                       |
| loose housing, straw based | Laufstall, strohbasiert      | 3.0 <sup>b</sup>                                  | 2.6                                                   | $15.0 \cdot 10^{-3}$                                  | $7.5 \cdot 10^{-3}$                       |

<sup>a</sup> Source: Expert judgement (B. Eurich-Menden, KTBL)

<sup>b</sup> Source: Expert judgement (B. Eurich-Menden, Sebastian Wulf, KTBL)

#### 4.5.6.3 Partial emission factors "housing and grazing" / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“

The TAN related emission factors for dairy cows are used (see Table 4.19).

The  $\text{NH}_3\text{-N}$  emission factor for grazing is  $0.06 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , related to TAN excreted ((EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

$\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  emissions resulting from animal excreta dropped during grazing are calculated according to Chapter 11.2. For further details see Chapters 3.3.4.3.4 and 4.3.7.5.1.

Es werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren der Milchkühe verwendet (vgl. Table 4.19).

Für Weidegang beträgt der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktor  $0,06 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NO}$  werden nach Kapitel 11.2 berechnet. Zu weiteren Einzelheiten siehe Kapitel 3.3.4.3.4 und 4.3.7.5.1.

#### 4.5.6.4 Partial emission factors "storage" and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“

For the emission factors for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  from storage see Table 4.3 and Table 4.4.

The emission factors of  $\text{NH}_3$  are given in Chapter 4.2.4 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Für die Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  aus dem Lager siehe Table 4.3 und Table 4.4.

Die Emissionsfaktoren von  $\text{NH}_3$  für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten gehen aus Kapitel 4.2.4 hervor.

#### 4.5.6.5 Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren

The uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission factor characterizing the overall  $\text{NH}_3$  emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

For the uncertainties of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emission factors, the uncertainty of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

The uncertainties of the  $\text{NH}_3$  emission factor for grazing and for the related activity (N excretion during grazing) see Chapter 4.3.7.8.

Die Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene  $\text{NH}_3$ -Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

Zu den Unsicherheiten des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors für Weidegang sowie des entsprechenden Aktivitätswertes ( $\text{N}$ -Ausscheidung auf der Weide) siehe Kapitel 4.3.7.8.

#### 4.5.7 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The emission factors (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) are listed in Table 4.34. For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in Chapter 4.5.5.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Zu den Emissionsfaktoren (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) siehe Table 4.34. Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme werden den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 4.5.5 entnommen.

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.34: Heifers, emission factors  $EF_{\text{PM}}$  for particle emissions from housing

| Housing type | Haltungssystem | Emission factor for $\text{PM}_{10}$<br>$\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ | Emission factor for $\text{PM}_{2.5}$<br>$\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ |
|--------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| slurry based | güllebasiert   | 0.32                                                                       | 0.21                                                                        |
| straw based  | strohbasiert   | 0.24                                                                       | 0.16                                                                        |

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10.



#### 4.5.8 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 4.35: Heifers, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.03    |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.03    |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.03    |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.39    | EM1009.41    |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.131   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.03    |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.27    |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.03    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.03   |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.03   |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.03   |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.36   | IEF1009.38   |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.99   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.03   |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.25   |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005CAT.48 | AI1005CAT.68 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.09      | EXCR.11      |

#### 4.6 Male beef cattle / Männliche Mastrinder

Male cattle above 100 kg and below 2 years are considered to be beef cattle. (Mature males > 2 years are counted separately, see Chapter 4.8.)

In the inventory the subcategory “male beef cattle” comprises the census categories “calves” (partly), “male young cattle ½ to 1 year” and “male young cattle 1 to 2 years”, see Chapter 4.8.1.1.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 4.36.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Als männliche Mastrinder werden männliche Tiere ab 100 kg bezeichnet und einem Alter bis zu 2 Jahren gezählt. (Männliche Rinder > 2 Jahre werden gesondert gezählt, siehe Kapitel 4.8.)

Im Inventar werden unter „Männliche Mastrinder“ die Kategorien „Kälber“ (teilweise), „Jungvieh männlich ½ bis unter 1 Jahr“ und „Jungvieh männlich 1 bis 2 Jahre“ zusammengefasst, siehe Kapitel 4.8.1.1.

Die Emissionen werden nach den in Table 4.36 zusammengestellten Methoden berechnet.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 4.36: Male beef cattle, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |                | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF             | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation | 2    | IPCC / national | district            | federal states | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district       | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 3    | EMEP / national | district            | district       | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district       | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP            | district            | national       | 1 a                |

##### 4.6.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

###### 4.6.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4).

Animal numbers for “male young cattle ½ to 1 year” and “male young cattle 1 to 2 years” are directly taken from the census.

Additionally, the male share of the calves not considered in Chapter 4.4.1.1 ( $n_A \cdot 2/3$ ) is taken into account. The calculation of this share is based on the assumption that the gender distribution be equal to that of young cattle between 6 and 12 months ( $n_B$ ,  $n_C$ ).

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4).

Die Zahlen für „Jungvieh männlich ½ bis unter 1 Jahr Monate“ und „Rinder männlich 1 bis 2 Jahre“ entstammen unverändert der Statistik.

Hinzu kommt von den in Kapitel 4.4.1.1 nicht berücksichtigten Kälbern ( $n_A \cdot 2/3$ ) der männliche Anteil, wobei angenommen wird, dass die Geschlechtsverteilung gleich der des Jungviehs zwischen einem halben und einem ganzen Jahr ( $n_B$ ,  $n_C$ ) ist.

$$n_{bm} = \frac{2}{3} \cdot n_A \cdot \frac{n_B}{n_B + n_C} + n_B + n_D \quad (4.75)$$

where

$n_{bm}$  number of male beef cattle considered  
 $n_A$  etc. animal numbers of type A (etc.) in the German census (see Table 4.1)

From 2008 onwards, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. The HIT data base does not contain information on the type of the use of animals (e.g. replacement *versus* fattening, see chapter 4 of the report on data quality, Fachserie 3, Reihe 4.1). The number of dairy cows cannot be extracted directly from the HIT data base. A model estimate has to be performed to generate this number from the total cattle herd. However, the uncertainty of the results remains unknown. It is assumed that the standard error of cattle numbers is comparable to that of the important pig subcategories (sows, weaners, fatteners), i.e. 2 %. 50 % of the 95 % confidence intervall amount to 4 % uncertainty. A normal distribution is assumed.

Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Allerdings enthält HIT keine Informationen der Nutzungsrichtung. Aus HIT können also die zur Erstellung des Emissionsinventars erforderlichen Tierzahlen der verschiedenen Rinderkategorien nicht direkt entnommen werden. Sie werden mit Hilfe eines Schätzmodells aus der HIT-Rindergesamtzahl ermittelt. Der Fehler der dabei entsteht, ist nicht bekannt. Daher wird für das Emissionsinventar angenommen, dass der Standardfehler der Rinderzahlen mit dem bei den wichtigen Schweine-kategorien (Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine) vergleichbar ist, d. h. 2 %. Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt demnach 4 %. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.6.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

The calculation procedure requires data on animal weights, animal weight gains and diet composition. German statistics do not provide any complete time series, nor do they resolve data with space.

German statistics outside the official census provide little information about animal weights. Therefore, assumptions had to be made for the weight at the beginning of the fattening period. With regard to feeding data available, the fattening period is subdivided into a phase between 100 and 125 kg an<sup>-1</sup> and another one above 125 kg an<sup>-1</sup>.

*Slaughter statistics* report on the number and the overall weight of carcasses produced in the abattoirs of the respective federal state. From these data the live weight at the time of slaughtering was calculated (for the method see Chapter 3.1.5) using a factor  $C_{w, mb} = \text{const} = 0.56 \text{ kg kg}^{-1}$  (Statistisches Bundesamt). This seems to be an adequate approximation.

The HIT system (*Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere*, StMELF, undated) was introduced in Germany in accordance with the EU (1997) to guarantee the knowledge of origin of animals and to safeguard the respective information. It provides the age of slaughtering and slaughter weights (carcass weights, to some extent weights before slaughtering) for male cattle since 1999 (inclusively). These data cover single districts and are complete.

The inventory uses up to 1998 the carcass weights calculated from the *slaughter statistics*. From 1999 onwards the carcass weights of the HIT data base are used. The available carcass weights are listed in Table 4.37.

Das Verfahren benötigt Tiergewichte, Gewichtszunahmen sowie die Futterzusammensetzung. Die deutschen Statistiken liefern in keinem Fall vollständige und örtlich aufgelöste Zeitreihen.

Die deutschen Statistiken unterhalb der amtlichen Statistik erfassen Tiergewichte nur in geringem Ausmaß, so dass Annahmen für die Gewichte bei Beginn des Mastprozesses erforderlich waren. Im Hinblick auf die für die Fütterung vorhandenen Daten werden die Lebensabschnitte von 100 bis 125 kg an<sup>-1</sup> und oberhalb von 125 kg an<sup>-1</sup> unterschieden.

Die *Schlachtstatistiken* erfassen die in einem Bundesland in Schlachthöfen geschlachteten Tiere und deren Schlachtkörpergewichte. Daraus wurden unter Verwendung des festen Faktors  $C_{w, mb} = 0,56 \text{ kg kg}^{-1}$  (Statistisches Bundesamt) für das Bundesland typische Lebendgewichte bei Schlachtung berechnet (s. dazu Kapitel 3.1.5). Dies dürfte in erster Näherung angemessen sein.

Das *Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere (HIT)* (StMELF, o.J.), das gemäß den Vorgaben der Europäischen Gemeinschaft (1997) eingerichtet wurde, liefert Schlachtalter und Schlachtgewicht für männliche Rinder aufgeschlüsselt nach Landkreisen und Jahren für den Zeitraum ab 1999 einschließlich. Diese Erfassung ist vollständig.

Das Inventar verwendet bis einschließlich 1998 die aus den Schlachtstatistiken abgeleiteten Schlachtgewichte und ab 1999 die Schlachtgewichte aus der HIT-Datenbank.

Zu den verfügbaren Schlachtkörpergewichten siehe Table 4.37.

Table 4.37: Male beef cattle, carcass weight (in kg an<sup>-1</sup>)

|      | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| BW   | 352  | 341  | 345  | 354  | 357  | 355  | 353  | 349  | 356  | 347  | 346  | 347  | 340  | 343  | 341  | 347  | 352  | 356  | 348  | 348  | 352  | 353  |
| BY   | 369  | 358  | 364  | 367  | 370  | 366  | 365  | 363  | 370  | 378  | 380  | 384  | 380  | 382  | 379  | 386  | 391  | 397  | 391  | 391  | 394  | 396  |
| BB   |      | 296  | 324  | 333  | 341  | 335  | 334  | 337  | 342  | 342  | 335  | 342  | 334  | 338  | 333  | 337  | 347  | 350  | 342  | 348  | 352  | 357  |
| HE   | 353  | 341  | 346  | 355  | 359  | 355  | 350  | 349  | 351  | 348  | 344  | 345  | 337  | 338  | 338  | 342  | 349  | 355  | 343  | 347  | 355  | 353  |
| MV   |      | 273  | 313  | 321  | 324  | 327  | 321  | 311  | 315  | 331  | 333  | 332  | 319  | 319  | 322  | 326  | 334  | 343  | 335  | 344  | 353  | 360  |
| NI   | 352  | 339  | 348  | 352  | 355  | 351  | 348  | 340  | 351  | 360  | 359  | 363  | 358  | 363  | 357  | 366  | 370  | 375  | 369  | 374  | 377  | 377  |
| NW   | 354  | 340  | 350  | 355  | 358  | 355  | 355  | 349  | 354  | 375  | 375  | 381  | 375  | 380  | 376  | 386  | 389  | 394  | 388  | 392  | 396  | 397  |
| RP   | 341  | 332  | 335  | 347  | 354  | 350  | 343  | 334  | 335  | 337  | 338  | 333  | 331  | 334  | 336  | 340  | 346  | 350  | 342  | 346  | 353  | 354  |
| SL   |      | 356  | 346  | 330  | 361  | 361  | 366  | 362  | 363  | 327  | 328  | 322  | 321  | 328  | 331  | 331  | 342  | 350  | 340  | 347  | 356  | 359  |
| SN   |      | 292  | 319  | 336  | 344  | 336  | 335  | 331  | 338  | 339  | 338  | 342  | 336  | 336  | 336  | 339  | 348  | 357  | 346  | 348  | 349  | 349  |
| ST   |      | 312  | 312  | 332  | 335  | 334  | 330  | 332  | 335  | 341  | 342  | 347  | 331  | 331  | 333  | 334  | 347  | 353  | 345  | 347  | 353  | 351  |
| SH   | 344  | 333  | 339  | 347  | 347  | 345  | 339  | 328  | 333  | 335  | 339  | 341  | 339  | 344  | 337  | 347  | 355  | 362  | 352  | 356  | 363  | 357  |
| TH   |      | 299  | 321  | 347  | 352  | 344  | 345  | 339  | 342  | 346  | 342  | 349  | 339  | 342  | 339  | 344  | 349  | 356  | 346  | 350  | 352  | 352  |
| StSt | 323  | 313  | 316  | 321  | 328  | 326  | 329  | 330  | 330  | 332  | 337  | 344  | 337  | 344  | 336  | 351  | 362  | 365  | 357  | 367  | 379  | 377  |

Source up to 1998: Statistisches Bundesamt. Fachserie 3: Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung

Source from 1999 onwards: HIT, communicated data set

In their annual reports, the *German association of cattle breeders (ADR)* publish data on beef cattle production including details regarding live weight before slaughtering, age at slaughtering and weight gains for a random sample of about 6000 to 7000 animals (ADR, 1993 ff).

The three data sets (calculation, HIT, ADR) are incompatible. Consequently, a method to achieve a data gap closure had to be developed. It is described in the following:

Die *Arbeitsgemeinschaft der Rinderzüchter Deutschlands (ADR)* beschreibt in ihren jährlichen Berichten Ergebnisse der Fleischleistungsprüfung mit Angaben zu Lebendgewicht bei Schlachtung, Schlachtalter und täglichen Zunahmen für eine Stichprobe von 6000 bis 7000 Tieren (ADR 1993 ff).

Die drei Datensätze (Berechnung, HIT, ADR) sind nicht ineinander überführbar. Folglich musste eine Methode zur Schließung der Datenlücken entwickelt werden. Sie ist im Folgenden beschrieben:

#### Weight before slaughtering

A comparison of the data calculated from official slaughter statistics with those provided by HIT shows that they do not differ much. Baden-Württemberg and Saarland are exceptions, where the number of animals slaughtered differs considerably from the number of animals produced.

#### Weight gains

From 1999 onwards, the data provided in the HIT data base allow for the derivation of mean weight gains in single federal states (see Table 4.38). No differentiation concerning races was made.

#### Lebendendgewichte

Die aus der Schlachtstatistik berechneten Lebendendgewichte und die HIT-Datensätze weichen nicht wesentlich voneinander ab. Ausnahmen sind Baden-Württemberg und Saarland. Dort weichen die Zahlen der im Land produzierten und der im Land geschlachteten Tiere stark voneinander ab.

#### Gewichtszunahmen

Die Datensätze der HIT-Datenbank erlauben die Ableitung von Gewichtszunahmen auf Bundeslandebene ab 1999, wie Table 4.38 zeigt. Eine Differenzierung nach Rassen wurde nicht vorgenommen.

Table 4.38: Male beef cattle, mean weight gains  $\Delta w_{bm, HIT}$  derived from HIT data (in  $g\ an^{-1}\ d^{-1}$ )

|         | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| BW      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1060 | 1058 | 1029 | 1014 | 1019 | 1029 | 1066 | 1076 | 1095 | 1069 | 1065 | 1075 | 1093 |
| BY      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1223 | 1230 | 1221 | 1202 | 1199 | 1200 | 1234 | 1236 | 1255 | 1254 | 1256 | 1267 | 1283 |
| BB      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1032 | 978  | 990  | 970  | 972  | 985  | 1005 | 1030 | 1032 | 1012 | 1032 | 1045 | 1069 |
| HE      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1025 | 1023 | 1002 | 974  | 970  | 981  | 1019 | 1035 | 1051 | 1009 | 1018 | 1042 | 1054 |
| MV      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1039 | 1027 | 1041 | 985  | 982  | 1014 | 1048 | 1064 | 1082 | 1056 | 1082 | 1109 | 1145 |
| NI      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1094 | 1098 | 1090 | 1069 | 1071 | 1071 | 1101 | 1096 | 1113 | 1108 | 1118 | 1132 | 1151 |
| NW      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1160 | 1169 | 1159 | 1130 | 1126 | 1140 | 1181 | 1184 | 1205 | 1196 | 1203 | 1223 | 1244 |
| RP      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1012 | 1019 | 969  | 956  | 966  | 986  | 1020 | 1037 | 1059 | 1016 | 1023 | 1052 | 1074 |
| SL      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 943  | 956  | 924  | 917  | 949  | 960  | 990  | 1019 | 1037 | 999  | 1019 | 1054 | 1067 |
| SN      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1063 | 1042 | 1029 | 1003 | 1006 | 1017 | 1032 | 1056 | 1079 | 1063 | 1066 | 1060 | 1075 |
| ST      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1049 | 1066 | 1050 | 998  | 963  | 990  | 999  | 1046 | 1068 | 1028 | 1025 | 1041 | 1065 |
| SH      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 971  | 1006 | 994  | 981  | 985  | 985  | 1013 | 1017 | 1031 | 1023 | 1028 | 1042 | 1046 |
| TH      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1072 | 1070 | 1059 | 1045 | 1041 | 1045 | 1068 | 1076 | 1103 | 1080 | 1093 | 1102 | 1106 |
| StSt    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 969  | 1029 | 1010 | 994  | 1021 | 998  | 1057 | 1078 | 1105 | 1107 | 1113 | 1183 | 1188 |
| Germany |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1119 | 1127 | 1113 | 1091 | 1090 | 1095 | 1130 | 1131 | 1149 | 1138 | 1145 | 1159 | 1178 |

Source: HIT, communicated data set

Dämmgen et al. (2009a) developed an approximation to complete the time series shown in Table 4.38 for the years before 1999. The data in the respective time series were aggregated to form national means. These were compared to weight gains deduced from ADR reports (see Table 4.39). The ADR data set comprises the results of sample surveys for all races.

Dämmgen et al. (2009a) entwickelten ein Näherungsverfahren, um die in Table 4.38 gezeigten Zeitreihen für die Jahre vor 1999 zu ergänzen. Dazu wurden die aus diesen Zeitreihen aggregierten nationalen Werte mit Gewichtszunahmen verglichen, die aus den ADR-Berichten abgeleitet wurden, siehe Table 4.39. Die ADR-Daten beruhen auf Stichproben über alle Rassen.

Table 4.39: Male beef cattle, mean weight gains  $\Delta w_{bm, ADR}$  (in  $g\ an^{-1}\ d^{-1}$ ) (calculated from ADR data (ADR, 1993 ff))

|         | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Germany |      |      | 1212 | 1219 | 1176 | 1223 | 1221 | 1247 | 1193 | 1196 | 1195 | 1229 | 1191 | 1279 | 1223 | 1217 | 1197 |

As demonstrated by Figure 4.4, the ADR data for 1999 to 2006 exceed the means deduced from HIT data by about  $100\ g\ an^{-1}\ d^{-1}$ .

Wie Figure 4.4 zeigt, liegen die ADR-Daten in den Jahren 1999 bis 2006 im Mittel um  $100\ g\ an^{-1}\ d^{-1}$  höher als die aus den HIT-Daten abgeleiteten Mittelwerte.

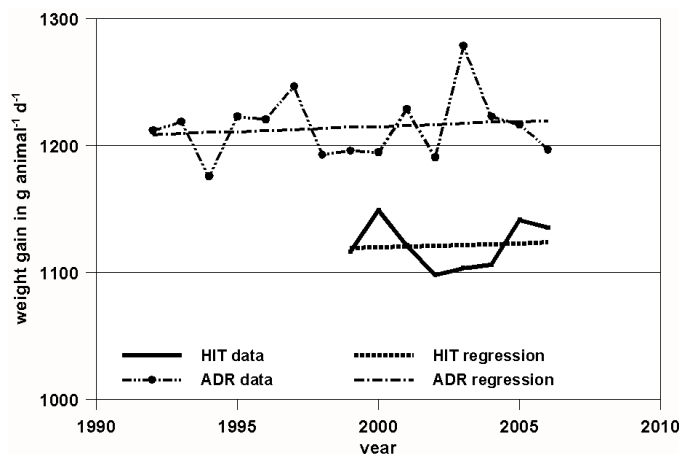


Figure 4.4: Male beef cattle, comparison of weight gain data (ADR and HIT data sets on the national level)

The HIT data set is based on a complete registration of all cattle, whereas the ADR data set is based on sample surveys. Hence it was decided to use the HIT data as target data for the gap closing procedure. The ADR data in Table 4.39 were corrected, and the weight gain reduced by  $100 \text{ g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . In addition, a factor  $f_j$  was introduced to specifically address and complete the data sets for each single federal state shown in Table 4.38 for the years prior to 1999.

Die HIT-Daten beruhen auf einer vollständigen Erfassung aller Rinder, während die aus den ADR-berichten abgeleiteten Daten auf Stichproben basieren. Daher wurde entschieden, die HIT-Daten als Zielgröße für das Lückenschlussverfahren zu verwenden und hierfür die ADR Daten aus Table 4.39 um  $100 \text{ g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  nach unten zu korrigieren, wobei das Ergebnis noch mit einem für jedes Bundesland spezifischen Faktor  $f_j$  zu multiplizieren ist, um die in Table 4.38 gezeigten Zeitreihen auf Bundeslandebene vor 1999 zu ergänzen:

$$\Delta w_{\text{bm}, i, j} = (\Delta w_{\text{bm}, \text{ADR}, i} - a) \cdot f_j \quad (4.76)$$

where

|                                       |                                                                                                                                          |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Delta w_{\text{bm}, i, j}$          | weight gain of male beef cattle in federal state $j$ for the years $i$ before 1999 in Table 4.38 (in $\text{g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) |
| $\Delta w_{\text{bm}, \text{ADR}, i}$ | weight gain of male beef cattle in year $i$ as derived from ADR data on national level (in $\text{g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )           |
| $a$                                   | correction term ( $a = 100 \text{ g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )                                                                           |
| $f_j$                                 | correction factor for federal state $j$ (see below)                                                                                      |

The correction factor was derived from the data shown in Table 4.38 for the years from 1999 to 2006 as ratio between the weight gains achieved in a federal state and the national mean weight gain. These ratios are collated in Table 4.40. They proved to be almost constant for each federal state. So, a mean of these annual ratios was formed (the very right column in Table 4.40) and used as correction factor  $f_j$ .

The still remaining gaps, i.e. the weight gains in the years 1990 and 1991 were closed by using the respective data for 1992.

Zur Ableitung des Korrekturfaktors  $f_j$  wurden die Daten in Table 4.38 für die Jahre 1999 bis 2006 bzgl. des Verhältnisses von bundeslandspezifischem Wert zu nationalem Mittelwert ausgewertet. Diese Verhältnisse, die in Table 4.40 gezeigt werden, erwiesen sich für die einzelnen Bundesländer über die Jahre als relativ konstant. Daher wurde der bundeslandspezifische zeitliche Mittelwert (ganz rechte Spalte in Table 4.40) als Korrekturfaktor  $f_j$  verwendet.

Für die damit in Table 4.38 noch verbliebenen Datenlücken in den Jahren 1990 und 1991 wurden die Daten von 1992 übernommen.

Table 4.40: Male beef cattle, mean weight gain before slaughtering as a fraction of national mean weight gains (based on data provided in Table 4.38)

|                        | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | mean (f <sub>i</sub> ) |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------|
| Baden-Württemberg      | 0.95 | 0.94 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.95 | 0.94                   |
| Bayern                 | 1.09 | 1.09 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.09 | 1.09 | 1.10                   |
| Brandenburg            | 0.92 | 0.87 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.90 | 0.89 | 0.91 | 0.89                   |
| Hessen                 | 0.92 | 0.91 | 0.90 | 0.89 | 0.89 | 0.90 | 0.90 | 0.92 | 0.90                   |
| Mecklenburg-Vorpommern | 0.93 | 0.91 | 0.93 | 0.90 | 0.90 | 0.93 | 0.93 | 0.94 | 0.92                   |
| Niedersachsen          | 0.98 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.97 | 0.97 | 0.98                   |
| Nordrhein-Westfalen    | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.04 | 1.03 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.04                   |
| Rheinland-Pfalz        | 0.90 | 0.90 | 0.87 | 0.88 | 0.89 | 0.90 | 0.90 | 0.92 | 0.90                   |
| Saarland               | 0.84 | 0.85 | 0.83 | 0.84 | 0.87 | 0.88 | 0.88 | 0.90 | 0.86                   |
| Sachsen                | 0.95 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.93 | 0.91 | 0.93 | 0.93                   |
| Sachsen-Anhalt         | 0.94 | 0.95 | 0.94 | 0.91 | 0.88 | 0.90 | 0.88 | 0.92 | 0.92                   |
| Schleswig-Holstein     | 0.87 | 0.89 | 0.89 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.89                   |
| Thüringen              | 0.96 | 0.95 | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95                   |
| Stadtstaaten           | 0.87 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.94 | 0.91 | 0.94 | 0.95 | 0.92                   |

#### 4.6.2 Energy requirements / Energiebedarf

The initial weight of the inventory subcategory “male beef cattle” is 100 kg an<sup>-1</sup> (final weight of the subcategory „calves“). The description of energy requirements in KTBL (2008), pp. 560 et seq., refers to beef bulls with an initial weight of 125 kg an<sup>-1</sup>.

Therefore, ME requirements are assessed in two phases. Fattening phase 1 comprises the life span between 100 and 125 kg an<sup>-1</sup> with a requirement subtotal  $\Sigma ME_1$ , phase 2 that of animals above 125 kg an<sup>-1</sup> with an ME subtotal  $\Sigma ME_2$ .

Following the weight gains in fattening phase 2 (see Table 4.38), a daily weight gain of 1000 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> was assumed, which results in a duration of phase 1 of 25 d. The data provided for calf production (KTBL, 2008, pg. 534) can be extrapolated and mean ME requirements of 35.4 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> can be deduced. This leads to cumulative ME requirements for phase 1,  $\Sigma ME_1$ , of 885 MJ an<sup>-1</sup>.

For fattening phase 2, Dämmgen et al. (2005) developed a relation to derive the cumulative metabolizable energy  $\Sigma ME_2$  as a function of the final weight of the animals:

Eine Beschreibung des Bedarfs an umsetzbarer Energie ME liegt für männliche Mastrinder erst ab einem Gewicht von 125 kg an<sup>-1</sup> vor (KTBL, 2008, S. 560 ff). In der Inventarkategorie „Männliche Mastrinder“ liegt dagegen das Anfangsgewicht bei 100 kg an<sup>-1</sup>, dem Endgewicht der Inventarkategorie „Kälber“.

Daher gliedert sich die Berechnung des ME-Bedarfs in zwei Phasen: Mastphase 1 (Lebensabschnitt von 100 bis 125 kg an<sup>-1</sup> Tiergewicht) mit einem Gesamt-ME-Bedarf  $\Sigma ME_1$  und Mastphase 2 mit Tiergewichten ab 125 kg an<sup>-1</sup> und einem Gesamt-ME-Bedarf  $\Sigma ME_2$ .

In Anlehnung an die Gewichtszunahmen in Mastphase 2 (siehe Table 4.38) wird für Mastphase 1 ein täglicher Gewichtszuwachs von 1000 g angesetzt. Dies impliziert für Mastphase 1 eine Dauer von 25 Tagen. Anhand von Daten zur Kälberaufzucht (KTBL, 2008, S. 534) lässt sich für diese Phase ein mittlerer täglicher ME-Bedarf von 35,4 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ableiten. Der kumulative ME-Bedarf  $\Sigma ME_1$  ergibt sich daraus zu 885 MJ an<sup>-1</sup>.

Für Mastphase 2 entwickelten Dämmgen et al. (2005) eine Formel zur Berechnung der kumulativen metabolisierbaren Energie  $\Sigma ME_2$  in Abhängigkeit vom Endgewicht:

$$\Sigma ME_2 = a \cdot w_{\text{fin}} - (b \cdot w_{\text{fin}} - c) \cdot \ln \left( \frac{\Delta w_{\text{mb}}}{\Delta w_{\text{unit,g}}} \right) - d \quad (4.77)$$

where

|                            |                                                                                             |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Sigma ME$                | cumulative metabolisable energy for fattening period 2 (in MJ an <sup>-1</sup> )            |
| $a$                        | constant ( $a = 444.6 \text{ MJ kg}^{-1}$ )                                                 |
| $w_{\text{fin}}$           | final live weight (in kg an <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.6.1.2                            |
| $b$                        | constant ( $b = 48.936 \text{ MJ kg}^{-1}$ )                                                |
| $c$                        | constant ( $c = 9020 \text{ MJ an}^{-1}$ )                                                  |
| $\Delta w_{\text{mb}}$     | mean live weight gain per day (in g an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.6.1.2 |
| $\Delta w_{\text{unit,g}}$ | unit weight gain ( $\Delta w_{\text{unit,g}} = 1 \text{ g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )        |
| $d$                        | constant ( $d = 91765 \text{ MJ an}^{-1}$ )                                                 |

#### 4.6.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

The overall ME requirements for fattening phase 2 as calculated according to Chapter 4.6.2 are covered by concentrates and roughage. The relative share of concentrates is described with the following relation, using a regression approach and the two variants of maize silage /concentrates provided in KTBL (2008), pg. 562 ( $R^2 = 0.9998$ ).

$$x_{F, ME, conc} = a - b \cdot w_{fin} \quad (4.78)$$

where

|                   |                                                                              |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| $x_{F, ME, conc}$ | share of total feed ME contributed by concentrates (in MJ MJ <sup>-1</sup> ) |
| $a$               | constant ( $a = 0.353 \text{ MJ MJ}^{-1}$ )                                  |
| $b$               | constant ( $b = 7.798 \cdot 10^{-5} \text{ MJ MJ}^{-1} \text{ an kg}^{-1}$ ) |
| $w_{fin}$         | final live weight (in kg an <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.6.1.2             |

Beef bulls are rarely grazed. However this topic has to be taken into account according to the results of the 2010 agricultural census (LZ2010). The calculation of ME requirements assumes that the ME input with roughage is proportional to the share of time during which the animals are grazed. ME is then taken in with pasture grass, whereas maize silage is the ME source for the remaining time.

These assumptions combined with the knowledge of ME and N contents of all diet constituents (including concentrates) allow for a quantification of the dry matter and nitrogen intake (see Chapter 4.5.3 for a detailed description of the general approach).

The properties of the diet constituents are listed in Table 4.41.

Der für Mastphase 2 nach Kapitel 4.6.2 berechnete Gesamtbedarf an ME wird durch Rindermastfutter sowie Raufutter gedeckt. Der relative Beitrag des Kraftfutters wird mit der nachstehenden Formel beschrieben, die mittels Regression aus Angaben in KTBL (2008), S. 562, zu zwei verschiedenen Rindermastfutter/Maissilage-Varianten abgeleitet wurde ( $R^2 = 0,9998$ ).

Weidegang von männlichen Mastrindern ist selten, muss aber nach den Ergebnissen der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) berücksichtigt werden. Dies erfolgt bei der ME-Bedarfsberechnung, indem der mit Raufutter aufzunehmende ME-Betrag proportional zur Weidedauer durch Weidegras gedeckt wird, während der Rest des Raufutter-ME aus Maissilage aufgenommen wird.

Damit sowie mit dem ME-Gehalt und dem N-Gehalt von Maissilage und Rindermastfutter lassen sich die mit dem Futter aufgenommenen Mengen von Trockenmasse und Stickstoff berechnen. (Zur prinzipiellen Vorgehensweise siehe Kapitel 4.5.3).

Die im Inventar verwendeten Futterkennwerte sind Table 4.41 zu entnehmen.

Table 4.41: Male beef cattle, diet characteristics used in the inventory

( $\eta_{ME}$ : content of metabolizable energy, related to dry matter;  $X_{DE}$ : digestibility of energy;  $X_{ME}$ : metabolizability of energy;  $x_{XP}$ : raw protein content of feed, related to dry matter;  $X_{DOM}$ : digestibility of organic matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to dry matter)

|                 | $\eta_{ME}$<br>MJ (kg DM) <sup>-1</sup> | $X_{DE}$<br>MJ MJ <sup>-1</sup> | $X_{ME}$<br>MJ MJ <sup>-1</sup> | $x_{XP}$<br>kg (kg DM) <sup>-1</sup> | $X_{DOM}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $x_{ash, feed}$<br>kg kg <sup>-1</sup> |
|-----------------|-----------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|
| grass (pasture) | 10.0 <sup>a</sup>                       | 0.689 <sup>a</sup>              | 0.558 <sup>a</sup>              | 0.180 <sup>a</sup>                   | 0.72 <sup>a</sup>                | 0.125 <sup>a</sup>                     |
| maize silage    | 10.2 <sup>a</sup>                       | 0.693 <sup>a</sup>              | 0.571 <sup>a</sup>              | 0.080 <sup>a</sup>                   | 0.73 <sup>a</sup>                | 0.082 <sup>a</sup>                     |
| concentrates    | 12.3 <sup>b</sup>                       | 0.778 <sup>c</sup>              | 0.645 <sup>c</sup>              | 0.250 <sup>b</sup>                   | 0.80 <sup>c</sup>                | 0.055 <sup>c</sup>                     |

<sup>a</sup> Source: Table 4.16

<sup>b</sup> Source: derived from "Rindermastfutter" in DLG (2005), pg. 13.

<sup>c</sup> Source: based on Beyer et al. (2004) with (in dry matter) 30 % barley (Beyer No. 6135), 30 % wheat (Beyer No. 6113) and 40 % rape groats (Beyer No. 7431), percentages obtained by optimizing the feed composition to obtain the ME content of 12.3 MJ kg<sup>-1</sup> in dry matter as well as the XP content in dry matter of 0.25 kg kg<sup>-1</sup> as implied by the data for "Rindermastfutter" in DLG (2005), pg. 13.

The information concerning pasture grass and maize silage equals those provided in Table 4.16

This data differs from the one used in previous submissions. They now guarantee an adequate supply with crude protein of male beef cattle.

The data for raw protein contents are converted into data on N contents by multiplying the raw protein contents by 1/6.25 (IPCC(1996)-10.58).

An equation for fattening phase 1 similar to the one provided for phase 2 (Equation (4.78)) does not exist. Hence Equation (4.78) is also used to describe fattening

Die Angaben für Weidegras und Maissilage in Table 4.41 entsprechen den Daten in Table 4.16. Diese Daten unterscheiden sich von den bis einschließlich Submission 2011 verwendeten Daten. Die Aktualisierung stellt die XP-Versorgung der männlichen Mastrinder sicher.

Die Angaben zum Rohproteingehalt werden mit dem Faktor 1/6.25 in N-Gehalte umgerechnet werden (IPCC(1996)-10.58).

In Ermangelung einer ähnlichen Formel wie Gl. (4.78) für Mastphase 2 wird Gl. (4.78) auch für die Mastphase 1 verwendet, für die angenommen wird, dass die

phase 1, which appears to be justified as the same diets are fed as in phase 2. Moreover, fattening phase 1 is short in comparison to fattening phase 2, hence the amounts of ME fed are relatively small.

The GE intake during the entire fattening period is calculated in analogy to the procedure described for heifers (see Chapter 4.5.3).

The mean feed digestibility is obtained by averaging the digestibilities of the various feed components (see Table 4.32) weighted with the respective intakes of these feed components.

#### 4.6.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 4.6.3) and the methane conversion factor  $\chi_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

The methane conversion rate was used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12:  $\chi_{\text{CH}_4, \text{bf}} = 0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . This value exceeds that given in IPCC (1996) (0,06 MJ MJ<sup>-1</sup>). It is assumed to represent the German situation better than the IPCC (1996) value.

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

#### 4.6.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

The necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents as listed in Table 4.41. The national mean digestibility of organic matter for 2010 is 0.75 kg kg<sup>-1</sup>, the national mean ash content (related to dry matter) for 2010 amounts to 0.076 kg kg<sup>-1</sup>.

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.4.6.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

gleichen Futterbestandteile wie in Mastphase verfüttert werden. Diese Annahmen erscheinen angesichts der Kürze von Mastphase 1 im Vergleich zu Mastphase 2 und dem entsprechend geringen ME-Beitrag als akzeptable Näherung.

Die Berechnung der über die gesamte Mastdauer gemittelten täglichen GE-Aufnahme erfolgt analog zur Vorgehensweise bei den Färsen, siehe Kapitel 4.5.3.

Die mittlere Verdaulichkeit des Futters ergibt sich aus der mit den einzelnen Futtermengen gewichteten Mittelung der Verdaulichkeiten der einzelnen Futterkomponenten, die in Table 4.32 aufgeführt sind.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.6.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $\chi_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wurde IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen. Er liegt mit 0,065 MJ MJ<sup>-1</sup> höher als der von IPCC (1996) angegebene Wert (0,06 MJ MJ<sup>-1</sup>) und repräsentiert besser die deutschen Verhältnisse.

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationskomponenten in Table 4.41. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei 0,75 kg kg<sup>-1</sup>, das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei 0,076 kg kg<sup>-1</sup> (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (MCF) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.4.6 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.



#### 4.6.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 4.6.6.1 N excretion / N-Ausscheidung

N excretions are calculated as difference between the amounts of N taken in and N retained.

The N intake rate is assessed from the dry matter intake rate of the various diet constituents and their specific N contents (see Chapter 4.5.3).

The amount of N retained is calculated assuming an N content of the animal body of  $0.0272 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (LfL, 2006a, Table 8).

The overall N excretion rates entering storage are obtained from the overall N excretion rates reduced by a share dropped during grazing that is proportional to the duration of grazing (see Chapter 11.2).

The TAN content is calculated and is variable.

Die N-Ausscheidungen werden aus der Bilanz aus aufgenommenem und retiniertem N berechnet.

Die N-Aufnahme ergibt sich aus der Trockenmasseaufnahme der einzelnen Rationskomponenten und deren spezifischen N-Gehalte (siehe Kapitel 4.5.3).

Der retinierten N-Menge liegt ein N-Gehalt des Tierkörpers von  $0,0272 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  zugrunde (LfL, 2006a, Tabelle 8).

Von der Gesamt-N-Ausscheidung wird ein zur Weidedauer proportionaler Anteil subtrahiert und der Berechnung der Emissionen aus Weidegang zugrundegelegt (siehe Kapitel 11.2).

Der TAN-Gehalt wird berechnet und ist variabel.

##### 4.6.6.2 Partial emission factors "housing and grazing" / Partielle Emissionsfaktoren "Stall und Weide"

The TAN related emission factors for dairy cows are used (see Table 4.19).

The  $\text{NH}_3\text{-N}$  emission factor for grazing is  $0.06 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , related to TAN excreted ((EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

$\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  emissions resulting from animal excreta dropped during grazing are calculated according to Chapter 11.2. For further details see Chapters 3.3.4.3.4 and 4.3.7.5.1.

Es werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren der Milchkühe verwendet (vgl. Table 4.19).

Für Weidegang beträgt der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktor  $0,06 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NO}$  werden nach Kapitel 11.2 berechnet. Zu weiteren Einzelheiten siehe Kapitel 3.3.4.3.4 und 4.3.7.5.1.

##### 4.6.6.3 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts are given in Table 4.42. For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit Stroh berücksichtigt, siehe Table 4.42. Zu Stroheigenschaften siehe Kapitel 3.3.4.3.2.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

Table 4.42: Male beef cattle, N inputs with straw in German male beef cattle houses

| Housing type                             | Haltungssystem                    | straw input                        | dry matter (DM)                    | N input (in DM)                    | TAN                                |
|------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                          |                                   | $\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ | $\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ | $\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ | $\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ |
| tied systems, straw based                | Anbindehaltung, strohbasiert      | 2.0 <sup>a</sup>                   | 1.7                                | $10.0 \cdot 10^{-3}$               | $5.0 \cdot 10^{-3}$                |
| loose housing, sloped floor, straw based | Laufstall, Tretmist, strohbasiert | 2.5 <sup>b</sup>                   | 2.2                                | $12.5 \cdot 10^{-3}$               | $6.2 \cdot 10^{-3}$                |

<sup>a</sup> Assumption: same value as for heifers, tied systems (cf. Table 4.33)

<sup>b</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 365

#### 4.6.6.4 *Partial emission factors “storage” and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“*

For the emission factors for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> from storage see Table 4.3 and Table 4.4.

The emission factors of NH<sub>3</sub> are given in Chapter 4.2.4 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Zu den Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Lager siehe Table 4.3 und Table 4.4.

Die Emissionsfaktoren von NH<sub>3</sub> für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten gehen aus Kapitel 4.2.4 hervor.

#### 4.6.6.5 *Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren*

The uncertainty of the NH<sub>3</sub> emission factor characterizing the overall NH<sub>3</sub> emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

For the uncertainties of the N<sub>2</sub>O emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and N<sub>2</sub> emission factors, the uncertainty of the N<sub>2</sub>O emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

The uncertainties of the NH<sub>3</sub> emission factor for grazing and for the related activity (N excretion during grazing) see Chapter 4.3.7.8.

Die Unsicherheit des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene NH<sub>3</sub>-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren wird die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

Zu den Unsicherheiten des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors für Weidegang sowie des entsprechenden Aktivitätswertes (N-Ausscheidung auf der Weide) siehe Kapitel 4.3.7.8.

#### 4.6.7 *Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub*

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The emission factors (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) are listed in Table 4.43. For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in Chapter 4.6.5.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Die Emissionsfaktoren (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) sind in Table 4.43 zusammengestellt. Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 4.6.5 entnommen.

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.43: Male beef cattle, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing (first estimates)

| Housing type | Haltungssystem | Emission factor for PM <sub>10</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | Emission factor for PM <sub>2.5</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> |
|--------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| slurry based | güllebasiert   | 0.32                                                                        | 0.21                                                                         |
| straw based  | strohbasert    | 0.24                                                                        | 0.16                                                                         |

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10

#### 4.6.8 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 4.44: Male beef cattle, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.04    |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.04    |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.04    |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.42    | EM1009.44    |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.132   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.04    |              |
|                        |                           | PM <sub>2,5</sub>                    | EM1010.28    |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.04    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.04   |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.04   |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.04   |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.39   | IEF1009.41   |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.100  |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.04   |              |
|                        |                           | PM <sub>2,5</sub>                    | IEF1010.26   |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005CAT.69 | AI1005CAT.89 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.12      | EXCR.14      |

#### 4.7 Suckler cows / Mutterkühe

Suckler cow herds serve the production of saleable calves. The cows are kept in the house or grazing all year round.

It should be noted that female cows for slaughtering were dealt with as heifers in all submissions prior to 2013. From the 2013 submission onwards they are treated like suckler cows in accordance with the categories formed by German official statistics.

The marginal importance of suckler cows with respect to their share in emissions in the subcategory „Other cattle“ justifies a comparatively simple treatment.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 4.45.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Mutterkuh-Herden dienen der Produktion von absetzbaren Kälbern. Mutterkühe werden im Stall als auch ganzjährig auf der Weide gehalten.

Anzumerken ist, dass die bis zur Submission 2012 einschließlich zu den Färsen gerechneten Schlacht- und Mastkühe ab Submission 2013 der Zählweise des Statistischen Bundesamtes entsprechend der Kategorie der Mutterkühe zugeschlagen werden.

Der geringe Anteil der Emissionen aus der Mutterkuh-Haltung an den Gesamtemissionen aus der Kategorie „übrige Rinder“ rechtfertigt eine vergleichsweise einfache Behandlung.

Die Emissionen werden nach den in Table 4.45 zusammengestellten Methoden berechnet.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 4.45: Suckler cows, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation | 2    | IPCC / national | district            | national | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 2    | EMEP / national | district            | district | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP            | district            | national | 1 a                |

##### 4.7.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

###### 4.7.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

In the emission inventory, the subcategory “suckler cows” comprises the animal categories “Ammen- und Mutterkühe” (suckler cows) and “Schlacht- und Mastkühe” (cows for slaughtering and fattening). Since 2008 these subcategories are united in the German statistics.

Animal numbers as provided by the statistical offices of the federal states (StatLA C III 1 – vj 4), i.e. the sum of  $n_K$  and  $n_L$  in Table 4.1, can be used as follows:

$$n_{sc} = n_K + n_L \quad (4.79)$$

where

|          |                                                               |
|----------|---------------------------------------------------------------|
| $n_{sc}$ | number of suckler cows considered                             |
| $n_K$    | animal numbers of type K in the German census (see Table 4.1) |
| $n_L$    | animal numbers of type L in the German census (see Table 4.1) |

From 2008 onwards, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. The HIT data base does not contain information on the type of the use of animals (e.g. replacement *versus* fattening, see chapter 4 of the report on data quality, Fachserie 3, Reihe 4.1). The number of dairy cows cannot be extracted directly from the HIT data base. A model estimate has to be performed to generate this number from the total cattle herd. However, the uncertainty of the results remains unknown.

Im Inventar umfasst die Tierkategorie „Mutterkühe“ die Tierzahlen aus der Statistik für „Ammen und Mutterkühe“, und „Schlacht- und Mastkühe“. Seit 2008 werden diese beiden Kategorien gemeinsam als „andere Kühe“ berichtet.

Die von den von den Statistischen Landesämtern (StatLA C III 1 – vj 4) bereitgestellten Tierzahlen  $n_K$  und  $n_L$  (s. Table 4.1) werden addiert.

Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Allerdings enthält HIT keine Informationen der Nutzungsrichtung. Aus HIT können also die zur Erstellung des Emissionsinventars erforderlichen Tierzahlen der verschiedenen Rinderkategorien nicht direkt entnommen werden. Sie werden mit Hilfe eines Schätzmodells aus der HIT-Rindergesamtzahl ermittelt. Der Fehler der dabei entsteht, ist nicht bekannt.

It is assumed that the standard error of cattle numbers is comparable to that of the important pig subcategories (sows, weaners, fatteners), i.e. 2 %. 50 % of the 95 % confidence interval amount to 4 % uncertainty. A normal distribution is assumed.

#### 4.7.1.2 *Animal weight / Tiergewicht*

KTBL (2008), pg. 584, states that suckler cow live weights range between 600 and 800 kg an<sup>-1</sup>, depending on the race. However, the lighter races are more frequent than the heavier ones. The inventory assumes a mean live weight of suckler cows of 650 kg an<sup>-1</sup>.

Daher wird für das Emissionsinventar angenommen, dass der Standardfehler der Rinderzahlen mit dem bei den wichtigen Schweinekategorien (Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine) vergleichbar ist, d. h. 2 %. Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt demnach 4 %. Es wird Normalverteilung angenommen.

Nach KTBL (2008), S. 584, liegt das Gewicht einer Mutterkuh je nach Rasse zwischen 600 und 800 kg an<sup>-1</sup>, wobei die leichteren Rassen bevorzugt werden. Das Inventar geht von einem mittleren Mutterkuhgewicht von 650 kg an<sup>-1</sup> aus.

#### 4.7.2 *Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme*

The inventory calculations for the category “suckler cows” require the knowledge of the metabolizable energy requirements of a suckler cow without consideration of the calf’s requirements (for the calf see Chapter 4.4.2). Hence, according to KTBL (2006b), S. 485, the annual requirements of a suckler cow (milk yield 10 l d<sup>-1</sup>) are taken to be approx. 36000 MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ME.

According to KTBL (2006b), S. 485, 1620 MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> of the overall annual metabolisable energy requirements ME are taken in with concentrates. The rest is composed of equal shares of grass (pasture) and grass silage. For ME contents, digestibilities and metabolizabilities of the various feed components see Table 4.32 in Chapter 4.5.3. (For concentrates see concentrates for animal weights above 125 kg an<sup>-1</sup>)

The daily intake of feed and gross energy is calculated by analogy to the procedure described for heifers, see Chapter 4.5.3.

As a result, one obtains a mean digestibility of the diet of 0.68 MJ MJ<sup>-1</sup>, a mean metabolisability of 0.54 MJ MJ<sup>-1</sup>, and a mean GE content of 18.2 MJ kg<sup>-1</sup>.

Für die Inventarberechnungen in der Kategorie „Mutterkühe“ wird der metabolisierbare Energiebedarf der Mutterkuh allein benötigt, also ohne den Bedarf des Kalbes (der in Kapitel 4.4.2 gesondert betrachtet wird). Daher wird nach KTBL (2006b), S. 485, der jährliche Bedarf einer Mutterkuh mit (gerundet) 36000 MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ME angesetzt.

Es wird davon ausgegangen, dass 1620 MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> der metabolisierbaren jährlichen Gesamtenergie ME auf Kraftfutter entfallen (KTBL, 2006b, S. 485), der Rest zu gleichen Teilen auf Weidegras und Grassilage. Zu ME-Gehalt, Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit der verschiedenen Komponenten der Futterration siehe Table 4.32 in Kapitel 4.5.3. (Es kommt das Kraftfutter für Tiergewichte oberhalb von 125 kg an<sup>-1</sup> zum Einsatz.)

Die Berechnung der täglichen Futter- und damit Gesamtenergie-Aufnahme erfolgt analog zur Vorgehensweise bei den Färsen, siehe Kapitel 4.5.3.

Als Ergebnis erhält man eine mittlere Verdaulichkeit des Futters von 0,68 MJ MJ<sup>-1</sup>, eine mittlere Umsetzbarkeit von 0,54 MJ MJ<sup>-1</sup> sowie einen mittleren GE-Gehalt von 18,2 MJ kg<sup>-1</sup>.

#### 4.7.3 *Methane from enteric fermentation /Methan aus der Verdauung*

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 4.7.2) and the methane conversion factor  $\chi_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

The methane conversion rate was used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12:  $\chi_{\text{CH}_4, \text{bf}} = 0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . This value exceeds that given in IPCC (1996) (0,06 MJ MJ<sup>-1</sup>). It is assumed to represent the German situation better than the IPCC (1996) value.

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.7.2) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $\chi_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wurde IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen. Er liegt mit 0,065 MJ MJ<sup>-1</sup> höher als der von IPCC (1996) angegebene Wert (0,06 MJ MJ<sup>-1</sup>) und repräsentiert besser die deutschen Verhältnisse.

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.7.4 *Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement*

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

The necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents, see Chapter 4.7.2. The national mean digestibility of organic matter for 2010 is 0.723 kg kg<sup>-1</sup>, the national mean ash content for 2010 amounts to 0.109 kg kg<sup>-1</sup> (related to dry matter of feed).

For the diet-related input data needed for the IPCC approach see Chapter 4.7.2. In accordance with IPCC(2006)-10.42, the ash content is assumed to be 0.08 kg kg<sup>-1</sup>.

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.4.6.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationskomponenten, siehe Kapitel 4.7.2. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei 0,723 kg kg<sup>-1</sup>, das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei 0,109 kg kg<sup>-1</sup> (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Die für den IPCC-Ansatz benötigten futterbezogenen Daten sind in Kapitel 4.7.2 angegeben. Für den Aschegehalt wird nach IPCC(2006)-10.42 0,08 kg kg<sup>-1</sup> angenommen.

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (MCF) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.4.6 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.7.5 *Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies*

##### 4.7.5.1 *N excretion / N-Ausscheidung*

As the daily milk yield averaged over all suckler cows is unknown, it is not possible to establish a N balance which would be the basis for the calculation of nitrogen excretions. Hence, in accordance with KTBL (2006b), pg. 490, the annual nitrogen excretion is assumed to amount to 82 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N, 60 % of which is assumed to be TAN (according to Webb, 2001).

Die tägliche Milchleistung im Mittel über alle Mutterkühe ist nicht bekannt. Daher kann keine N-Bilanz erstellt werden, womit die Grundlage für die Berechnung der N-Ausscheidungen fehlt. Daher wird nach KTBL (2006b), S. 490, eine jährlich N-Ausscheidung von 82 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N angenommen. Der TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen wird mit 60 % angesetzt (Webb, 2001).

##### 4.7.5.2 *N input with straw / N-Einträge mit Stroh*

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts are given in Table 4.46. For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit Stroh berücksichtigt, siehe Table 4.46. Zu Stroeigenschaften siehe Kapitel 3.3.4.3.2.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

Table 4.46: Suckler cows, N inputs with straw in German suckler cow houses

| Housing type                             | Haltungssystem                     | straw input<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | dry matter (DM)<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | N input (in DM)<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | TAN<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> |
|------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| tied systems, straw based                | Anbindehaltung, strohbasiert       | 5.0 <sup>a</sup>                                   | 4.3                                                    | 24.9·10 <sup>-3</sup>                                  | 12.5·10 <sup>-3</sup>                      |
| loose housing, deep bedding, straw based | Laufstall, Tiefstreu, strohbasiert | 8.0 <sup>b</sup>                                   | 6.9                                                    | 39.9·10 <sup>-3</sup>                                  | 20.0·10 <sup>-3</sup>                      |

<sup>a</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 221<sup>b</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 385

#### 4.7.5.3 Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“

For housing, the TAN related emission factors for dairy cows are used (see Table 4.19).

The NH<sub>3</sub>-N emission factor for grazing is 0.06 kg kg<sup>-1</sup> N, related to TAN excreted ((EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Für den Stall werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren der Milchkühe verwendet (vgl. Table 4.19).

Für Weidegang beträgt der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktor 0,06 kg kg<sup>-1</sup> N (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

#### 4.7.5.4 Partial emission factors “storage” and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“

For the emission factors for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> from storage see Table 4.3 and Table 4.4.

The emission factors of NH<sub>3</sub> are given in Chapter 4.2.4 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Für die Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Lager siehe Table 4.3 und Table 4.4.

Die Emissionsfaktoren von NH<sub>3</sub> für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten gehen aus Kapitel 4.2.4 hervor.

#### 4.7.5.5 Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren

The uncertainty of the NH<sub>3</sub> emission factor characterizing the overall NH<sub>3</sub> emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

For the uncertainties of the N<sub>2</sub>O emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and N<sub>2</sub> emission factors, the uncertainty of the N<sub>2</sub>O emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

The uncertainties of the NH<sub>3</sub> emission factor for grazing and for the related activity (N excretion during grazing) see Chapter 4.3.7.8.

Die Unsicherheit des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene NH<sub>3</sub>-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren wird die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

Zu den Unsicherheiten des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors für Weidegang sowie des entsprechenden Aktivitätswertes (N-Ausscheidung auf der Weide) siehe Kapitel 4.3.7.8.

#### 4.7.6 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The emission factors (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) are listed in Table 4.47. For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

For the frequency distributions of slurry and solid manure systems see Chapter 3.4.3.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Die Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird in Kapitel 3.3.4.5 beschrieben.

Die Emissionsfaktoren (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) sind in Table 4.47 zusammengestellt. Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

Zu den Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmistssysteme siehe Kapitel 3.4.3

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.47: Suckler cows, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing

| Housing type | Haltungssystem | Emission factor for $PM_{10}$<br>$kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ | Emission factor for $PM_{2.5}$<br>$kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ |
|--------------|----------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| slurry based | güllebasiert   | 0.32                                                   | 0.21                                                    |
| straw based  | strohbasierend | 0.24                                                   | 0.16                                                    |

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10.

#### 4.7.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 4.48: Suckler cows, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to            |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|---------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.05    |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.05    |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.05    |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.45    | EM1009.47     |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.133   |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.05    |               |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.29    |               |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.05    |               |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.05   |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.05   |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.05   |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.42   | IEF1009.44    |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.101  |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.05   |               |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.27   |               |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005CAT.90 | AI1005CAT.109 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.15      | EXCR.17       |



#### 4.8 Mature males > 2 years / Männliche Rinder > 2 Jahre

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 4.49.

As the contribution of mature males > 2 years to the overall emissions is very small, a comparatively simple treatment seems justified.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.49 zusammengestellten Verfahren.

Die relative Einfachheit der Beschreibung wird durch den geringen Beitrag der männlichen Rinder > 2 Jahre zur Gesamtemission gerechtfertigt.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 4.49: Mature males > 2 years, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | Enteric fermentation | 2    | IPCC / national | district            | national | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | Manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | Manure management    | 2    | EMEP / national | district            | district | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | Manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | Animal house         | 1    | EMEP            | district            | national | 1 a                |

##### 4.8.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

###### 4.8.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4), see  $n_G$  in Table 4.1. They can be used directly.

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4), s.  $n_G$  in Table 4.1. Sie werden unverändert übernommen.

$$n_{mm} = n_G \quad (4.80)$$

where

|          |                                                               |
|----------|---------------------------------------------------------------|
| $n_{mm}$ | number of mature males > 2 years considered                   |
| $n_G$    | animal numbers of type G in the German census (see Table 4.1) |

From 2008 onwards, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. The HIT data base does not contain information on the type of the use of animals (e.g. replacement *versus* fattening, see chapter 4 of the report on data quality, Fachserie 3, Reihe 4.1). The number of dairy cows cannot be extracted directly from the HIT data base. A model estimate has to be performed to generate this number from the total cattle herd. However, the uncertainty of the results remains unknown. It is assumed that the standard error of cattle numbers is comparable to that of the important pig subcategories (sows, weaners, fatteners), i.e. 2 %. 50 % of the 95 % confidence intervall amount to 4 % uncertainty. A normal distribution is assumed.

Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Allerdings enthält HIT keine Informationen der Nutzungsrichtung. Aus HIT können also die zur Erstellung des Emissionsinventars erforderlichen Tierzahlen der verschiedenen Rinderkategorien nicht direkt entnommen werden. Sie werden mit Hilfe eines Schätzmodells aus der HIT-Rindergesamtzahl ermittelt. Der Fehler der dabei entsteht, ist nicht bekannt. Daher wird für das Emissionsinventar angenommen, dass der Standardfehler der Rinderzahlen mit dem bei den wichtigen Schweine-kategorien (Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine) vergleichbar ist, d. h. 2 %. Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt demnach 4 %. Es wird Normalverteilung angenommen.

###### 4.8.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

The weight of mature males > 2 years is assumed to be 1000 kg per animal as given in KTBL (2004), pg. 350, for stud bulles.

The weight gain of the mature males > 2 years is considered negligible.

Für das Gewicht von männlichen Rindern > 2 Jahre wird das in KTBL (2004), S. 350, für Zuchtbullen angegebene Gewicht angesetzt: 1000 kg.

Das Wachstum der männlichen Rinder > 2 Jahre wird als vernachlässigbar angesehen.

#### 4.8.2 Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme

As the weight gain of the mature males > 2 years is considered negligible, only the energy requirements for maintenance have to be taken into account. It is assumed that these requirements can be represented by the requirements of a stud bull which, according to Kirchgessner et al. (2008), pg. 460, are 110 MJ  $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$  ME for an animal weight of 1000 kg  $\text{an}^{-1}$ .

For the inventory calculations data on digestibility and metabolizability of the feed is needed:

For the metabolizability no default IPCC value is given. However, Kirchgessner et al. (2008), pg. 461, present two examples of feed compositions which mostly consist of grass and maize silage (examples No. I and No. II). Using typical feed component properties (see e. g. Table 4.32), an order of magnitude of 55 % can be estimated for the metabolizability. This value is used in the inventory.

The digestibility of the feed is taken to be 60 % according to IPCC (1996)-3-4.33 und IPCC (2006)-10.73.

Then, assuming a feed intake according to the requirements, the ME requirements given in Chapter 4.8.2 lead to a daily gross energy intake of  $GE_{\text{mm}} = 200 \text{ MJ an}^{-1} \text{a}^{-1}$ .

As a default N excretion rate is used (see Chapter 4.8.5.1), there is no need to calculate feed intake.

Da das Wachstum der männlichen Rinder > 2 Jahre als vernachlässigbar angesehen wird, ist lediglich der Energiebedarf für Erhaltung von Bedeutung. Hierfür wird der Erhaltungsbedarf eines Zuchtbullen zugrunde gelegt, der nach Kirchgessner et al. (2008), S. 460, für ein Tiergewicht von 1000 kg  $\text{an}^{-1}$  mit 110 MJ  $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$  ME angenommen wird.

Für die Inventarberechnungen werden die Verdaulichkeit und die Umsetzbarkeit des Futters benötigt:

Für die Umsetzbarkeit existiert kein IPCC-Standardwert. Die von Gras- und Maisilage dominierten Rationsbeispiele I und II in Kirchgessner et al. (2008), S. 461, lassen unter Berücksichtigung von typischen Futterkennwerten (siehe u. a. Table 4.32) auf eine Umsetzbarkeit in der Größenordnung von 55 % schließen. Mit diesem Wert wird im Inventar gerechnet.

Die Verdaulichkeit des Futters wird nach IPCC (1996)-3-4.33 und IPCC (2006)-10.73 mit 60 % angesetzt.

Damit folgt aus dem täglichen ME-Bedarf nach Kapitel 4.8.2 bei der vorausgesetzten bedarfsgerechter Fütterung eine tägliche Gesamtenergie-Aufnahme von  $GE_{\text{mm}} = 200 \text{ MJ an}^{-1} \text{a}^{-1}$ .

Da mit einem Standardwert für die N-Ausscheidung gerechnet wird (siehe Kapitel 4.8.5.1), erübrigt sich die Berechnung der aufgenommen Futtermenge.

#### 4.8.3 Methane from enteric fermentation /Methan aus der Verdauung

For the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2 is used. It requires gross energy intake (see Chapter 4.8.2) and methane conversion factor  $\chi_{\text{CH}_4, \text{GE}}$ .

The methane conversion rate is used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12:  $\chi_{\text{CH}_4, \text{bf}} = 0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . This value exceeds that given in IPCC (1996) (0,06 MJ  $\text{MJ}^{-1}$ ). It is assumed to represent the German situation better than the IPCC (1996) value.

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.8.2) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $\chi_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wird IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen. Er liegt mit 0,065 MJ  $\text{MJ}^{-1}$  höher als der von IPCC (1996) angegebene Wert (0,06 MJ  $\text{MJ}^{-1}$ ) und repräsentiert besser die deutschen Verhältnisse.

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.8.4 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, see Chapter 3.3.4.1.

The amounts of "volatile solids" (VS) excreted are calculated according to IPCC (see Chapter 3.3.3.1). The improved calculation procedures for VS excretion rates as described in Dämmgen et al. (2011a) cannot be used as the necessary input data are not available.

In accordance with IPCC(2006)-10.42 the inventory assumes an ash content of 0.08 kg  $\text{kg}^{-1}$ . For the treatment of digestibility see Chapter 4.8.2.

Zur Bestimmung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die Berechnung der VS-Ausscheidung erfolgt weiterhin nach dem IPCC-Schema (siehe Kapitel 3.3.3.1), da die für die Anwendung des aktualisierten Verfahrens von Dämmgen et al. (2011a) erforderlichen Daten nicht zur Verfügung stehen.

Nach IPCC(2006)-10.42 wird für den Aschegehalt 0,08 kg  $\text{kg}^{-1}$  angenommen. Zur Verdaulichkeit siehe Kapitel 4.8.2.

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (*MCF*) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent *MCF* see Chapter 3.4.6.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (*MCF*) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen *MCF* benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.4.6 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 4.8.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 4.8.5.1 N excretion and N input with straw / N-Ausscheidung und –Eintrag mit Stroh

In accordance with KTBL (2006b), pg. 412, the nitrogen excretion is assumed to amount to  $84 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ , 60 % of which is assumed to be TAN (according to Webb, 2001).

N inputs with bedding material (straw) are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.3.4.3.2. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of straw is  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  or  $24.9 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$  ( $12.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ TAN}$ , respectively).

As no bedding is required during the grazing period, the amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

Mit KTBL (2006b), S. 412, werden N-Ausscheidungen von  $84 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  angenommen. Der TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen wird mit 60 % angesetzt (Webb, 2001).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Menge der Einstreu wird für alle Haltungssysteme gleich mit  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh angesetzt bzw.  $24.9 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$  (entsprechend  $12.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ TAN}$ ).

Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

##### 4.8.5.2 Partial emission factors “housing” and “grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ und „Weide“

By analogy to dairy cow husbandry (housing: tied systems), the partial emission factors for housing as given in Table 4.50 are applied.

The  $\text{NH}_3\text{-N}$  emission factor for grazing is  $0.06 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , related to TAN excreted ((EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

In Anlehnung an die Milchkuh-Haltung (Stall: Anbindehaltung) werden die in Table 4.50 angegebenen partiellen Emissionsfaktoren für den Stall angesetzt.

Für Weidegang beträgt der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktor  $0.06 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Table 4.50: Mature males >2 years, partial  $\text{NH}_3\text{-N}$  emission factors used for housing (related to TAN)

| Housing type                | Haltungssystem               | EF ( $\text{kg kg}^{-1}$ ) |
|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| tied systems, slurry based  | Anbindehaltung, güllebasiert | 0.066                      |
| tied systems, straw based   | Anbindehaltung, strohbasiert | 0.066                      |
| loose housing, slurry based | Laufstall, güllebasiert      | 0.197                      |
| loose housing, straw based  | Laufstall, strohbasiert      | 0.197                      |

#### 4.8.5.3 Partial emission factors for “storage” and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren für „Lager“ und „Ausbringung“

For the emission factors for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> from storage see Table 4.3 and Table 4.4.

The emission factors of NH<sub>3</sub> are given in Chapter 4.2.4 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Für die Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Lager siehe Table 4.3 und Table 4.4.

Die Emissionsfaktoren von NH<sub>3</sub> für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten gehen aus Kapitel 4.2.4 hervor.

#### 4.8.5.4 Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren

The uncertainty of the NH<sub>3</sub> emission factor characterizing the overall NH<sub>3</sub> emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

For the uncertainties of the N<sub>2</sub>O emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and N<sub>2</sub> emission factors, the uncertainty of the N<sub>2</sub>O emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

The uncertainties of the NH<sub>3</sub> emission factor for grazing and for the related activity (N excretion during grazing) see Chapter 4.3.7.8.

Die Unsicherheit des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene NH<sub>3</sub>-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

Zu den Unsicherheiten des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors für Weidegang sowie des entsprechenden Aktivitätswertes (N-Ausscheidung auf der Weide) siehe Kapitel 4.3.7.8.

#### 4.8.6 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The emission factors (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) are listed in Table 4.51. For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in Chapter 4.8.4.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Die Emissionsfaktoren (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) sind in Table 4.51 zusammengestellt. Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 4.8.4 entnommen

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.51: Mature males > 2 years, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing (first estimates)

| Housing type | Haltungssystem | Emission factor for PM <sub>10</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | Emission factor for PM <sub>2.5</sub><br>Kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> |
|--------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| slurry based | güllebasiert   | 0.32                                                                        | 0.21                                                                         |
| straw based  | strohbasert    | 0.24                                                                        | 0.16                                                                         |

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10

#### 4.8.7 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 4.52: Mature males &gt; 2 years, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from          | to            |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------|---------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.06     |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.06     |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.06     |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.48     | EM1009.50     |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.134    |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.06     |               |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.30     |               |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.06     |               |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.06    |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.06    |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.06    |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.45    | IEF1009.47    |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.102   |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.06    |               |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.28    |               |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005CAT.110 | AI1005CAT.129 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.18       | EXCR.20       |

#### 4.9 Aggregated data for cattle except dairy cows (other cattle) / Zusammenfassung: Rinder ohne Milchkühe (übrige Rinder)

In the following subchapters, the data for the animal categories Calves (Chapter 4.4), heifers (Chapter 4.5), male beef cattle (Chapter 4.6), suckler cows (Chapter 4.7) and mature males > 2 years (Chapter 4.8) are summarised as “other cattle” for reporting purposes. However, guidance documents do not provide explicit methods to derive mean properties. That is why the aggregation equations used are added in each case.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 4.53.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Daten der Tierkategorien Kälber (Kapitel 4.4), Färsen (Kapitel 4.5), männliche Mastrinder (Kapitel 4.6), Mutterkühe (Kapitel 4.7) und männliche Rinder > 2 Jahre (Kapitel 4.8) für die Berichterstattung als „übrige Rinder“ zusammengefasst. Da die Regelwerke keine expliziten Verfahren für die Berechnung mittlerer Eigenschaften aufweisen, werden die verwendeten Aggregationsgleichungen aufgeführt.

Die Emissionen werden nach den in Table 4.53 zusammengestellten Methoden berechnet.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 4.53: Other cattle, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |                | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF             | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation | 2    | IPCC / national | district            | federal states | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district       | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 2/3  | EMEP / national | district            | district       | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district       | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP            | district            | national       | 1 a                |

##### 4.9.1 Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten

###### 4.9.1.1 Cumulative animal numbers / Tierzahl-Summen

In some subcategories animal numbers differ from those of the official statistics. The overall number of other cattle is given by

Die Tierzahlen der Unterkategorien weichen teilweise von denen der amtlichen Statistik ab. Ihre Summe ist gegeben durch

$$\begin{aligned}
 n_{oc} &= n_{ca} + n_{bf} + n_{bm} + n_{sc} + n_{mm} \\
 &= n_A + n_B + n_C + n_D + n_E + n_F + n_G + n_H + n_I + n_J + n_K + n_L
 \end{aligned}
 \quad (4.81)$$

where

|             |                                                                                  |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| $n_{oc}$    | number of other cattle places (in pl)                                            |
| $n_{ca}$    | number of calf places, as described in Chapter 4.4.1.1 (in pl)                   |
| $n_{bf}$    | number of heifer places, as described in Chapter 4.5.1.1 (in pl)                 |
| $n_{bm}$    | number of male beef cattle places, as described in Chapter 4.6.1.1 (in pl)       |
| $n_{sc}$    | number of suckler cow places, as described in Chapter 4.7.1.1 (in pl)            |
| $n_{mm}$    | number of mature males > 2 years places, as described in Chapter 4.8.1.1 (in pl) |
| $n_A$ , etc | number of cattle places subcategory A, etc., as described in Table 4.1 (in pl)   |

This is equivalent to calculating the overall number of other cattle from the number of all cattle by subtracting the number of dairy cattle.

Dies entspricht der Summe aller Rinder abzüglich der Anzahl der Milchkühe.

From 2008 onwards, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. The uncertainty stemming from sample surveys that was characteristic for the years before 2008 is overcome.

Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Es gibt daher keinen stichprobenbedingten Fehler, wie es ihn in den Jahren vor 2008 gab.

The HIT data base does not contain information on the type of the use of animals (e.g. replacement *versus* fattening, see chapter 4 of the report on data quality, Fachserie 3, Reihe 4.1). The number of dairy cows cannot be extracted directly from the HIT data base. A model estimate has to be performed to generate this number from the total cattle herd.

Allerdings enthält HIT keine Informationen der Nutzungsrichtung. Aus HIT können also die zur Erstellung des Emissionsinventars erforderlichen Rinderzahlen nicht direkt entnommen werden. Sie werden mit Hilfe eines Schätzmodells ermittelt. Der Fehler der dabei entsteht, ist nicht bekannt.

However, the uncertainty of the results remains unknown. It is assumed that the standard error of cattle numbers is comparable to that of the important pig sub-categories (sows, weaners, fatteners), i.e. 2 %. 50 % of the 95 % confidence interval amount to 4 % uncertainty. A normal distribution is assumed.

Daher wird für das Emissionsinventar angenommen, dass der Standardfehler der Rinderzahlen mit dem bei den wichtigen Schweinekategorien (Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine) vergleichbar ist, d. h. 2 %. Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt demnach 4 %. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.9.1.2 Calculation of mean animal weights / Berechnung mittlerer Tiergewichte

The mean animal weights of “other cattle” are the weighted means of the mean weights of calves, heifers, female and male beef cattle, suckler cows and mature males > 2 years.

The numbers of animal places used for weighting are those derived from the official statistics, as described in the respective chapters dealing with the cattle subcategories (see the respective subchapters in the animal description chapters). The weighting by animal numbers results in a mean weight for other cattle that represents the mean weight at a qualifying date. As the ratio of the number animal place is assumed to be constant throughout the year, the mean animal weight is also constant within a year.

For the assessment of the mean weight, the mean weights of calves (69 kg an<sup>-1</sup>), mature males > 2 years (1000 kg an<sup>-1</sup>) and suckler cows (650 kg an<sup>-1</sup>) are assumed to be constant, whereas the mean weight of male beef cattle is the arithmetic mean of the final weight of calves (100 kg an<sup>-1</sup>) and the respective (variable) slaughter weight.

Das mittlere Gewicht aller übrigen Rinder zusammen ist das tierplatzzahlgewichtete Mittel der mittleren Gewichte von Kälbern, Färsen, männlichen Mastrindern, Mutterkühen und männlichen Rindern über 2 Jahre.

Die zur Wichtung verwendeten Tierplatzzahlen entsprechen den im Inventar verwendeten Tierplatzzahlen, die aus den Tierzahlen der Officialstatistik abgeleitet wurden (siehe entsprechende Unterkapitel in den Tierkapiteln). Durch die Tierzahlwichtung stellt das mittlere Gewicht aller übrigen Rinder einen auf einen Stichtag bezogenen Wert dar. Dieser ist in Analogie zu den im Inventar während eines Jahres als konstant angenommenen Tierplatzzahlen ebenfalls zeitlich konstant während dieses Jahres.

Zur Berechnung des mittleren Gewichts aller übrigen Rinder werden die mittleren Gewichte von Kälbern (68 kg an<sup>-1</sup>), männlichen Rindern über 2 Jahre (1000 kg an<sup>-1</sup>) und Mutterkühen (650 kg an<sup>-1</sup>) als konstant angesehen. Bei Färsen und männlichen Mastrindern wird das arithmetische Mittel zwischen Endgewicht der Kälber (100 kg an<sup>-1</sup>) und variablem Schlachtgewicht angesetzt.

$$w_{oc} = \frac{n_{ca} \cdot \frac{w_{start,ca} + w_{fin,ca}}{2} + n_{bf} \cdot \frac{w_{fin,ca} + w_{fin,bf}}{2} + n_{bm} \cdot \frac{w_{fin,ca} + w_{fin,bm}}{2} + n_{sc} \cdot w_{sc} + n_{mm} \cdot w_{mm}}{n_{ca} + n_{bf} + n_{bm} + n_{sc} + n_{mm}} \quad (4.82)$$

where

|                        |                                                                                   |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| $w_{oc}$               | mean animal weight in category other cattle (in kg an <sup>-1</sup> )             |
| $n_{ca}$ , etc.        | number of calf places, etc. (in pl)                                               |
| $w_{start, ca}$ , etc. | weight at the beginning of the lifespan of a calf, etc. (in kg an <sup>-1</sup> ) |
| $w_{fin ca}$ , etc.    | weight at the end of the lifespan of a calf, etc. (in kg an <sup>-1</sup> )       |

#### 4.9.1.3 Calculation of mean pregnancy rates / Berechnung mittlerer Trächtigkeitsraten

The calculation of mean pregnancy data considers adult female animals only. It was assumed that 30 % of the heifers younger than 2 a are pregnant, 100 % of all heifers older than 2 a and 90 % of the suckler cows (expert judgement Henning, FAL-TZ/FLI-ING).

City States were not considered for the calculation of the mean.

This data was provided for emission reporting on an informative basis. However, it was not used for emission calculations.

Die Berechnung der mittleren Trächtigkeit berücksichtigt nur erwachsene weibliche Tiere. Es wurde angenommen, dass 30 % der Färsen unter 2 a trächtig sind, alle Färsen älter als 2 a sowie 90 % der Mutterkühe (Expertenurteil Henning, FAL-TZ/FLI-ING).

Die Stadtstaaten wurden bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt.

Diese Daten werden informationshalber für die Berichterstattung bereitgestellt, sie werden aber nicht für die Emissionsberechnung benötigt.

#### 4.9.1.4 Calculation of mean digestibilities / Berechnung mittlerer Verdaulichkeiten

Mean digestibilities are the weighted means of the subcategories calculated as follows:

Die mittleren Verdaulichkeiten werden wie folgt als gewichtete Mittel berechnet:

$$X_{DE, oc} = \frac{n_{ca} \cdot X_{DE, ca} + n_{bf} \cdot X_{DE, bf} + n_{bm} \cdot X_{DE, bm} + n_{sc} \cdot X_{DE, sc} + n_{mm} \cdot X_{DE, mm}}{n_{ca} + n_{bf} + n_{bm} + n_{sc} + n_{mm}} \quad (4.83)$$

where

|                     |                                                                       |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| $X_{DE, oc}$        | mean digestibility of feed for other cattle (in MJ MJ <sup>-1</sup> ) |
| $n_{ca}$ , etc.     | number of calf places, etc. (in pl)                                   |
| $X_{DE, ca}$ , etc. | digestibility of calf feed (in MJ MJ <sup>-1</sup> )                  |

#### 4.9.2 Methan emissions from enteric fermentation / Methanemissionen aus der Verdauung

Mean emission factors are weighted means of the subcategories calculated as follows:

Die mittleren Emissionsfaktoren werden wie folgt als gewichtete Mittel berechnet:

$$EF_{CH4, ent, oc} = \frac{n_{ca} \cdot EF_{CH4, ent, ca} + n_{bf} \cdot EF_{CH4, ent, bf} + n_{bm} \cdot EF_{CH4, ent, bm} + n_{sc} \cdot EF_{CH4, ent, sc} + n_{mm} \cdot EF_{CH4, ent, mm}}{n_{ca} + n_{bf} + n_{bm} + n_{sc} + n_{mm}} \quad (4.84)$$

where

|                            |                                                                                                                                        |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $EF_{CH4, ent, oc}$        | mean emission factor for methane from enteric fermentation from other cattle (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> ) |
| $n_{ca}$ , etc.            | number of calf places, etc. (in pl)                                                                                                    |
| $EF_{CH4, ent, ca}$ , etc. | mean emission factor for methane from enteric fermentation from calves (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )       |

#### 4.9.3 Methane emissions from manure management systems / Methanemissionen aus Wirtschaftsdünger-Management

##### 4.9.3.1 Mean implied emission factors for methane from manure management / Mittlere aggregierte Emissionsfaktoren für Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

The calculation procedure to assess the mean implied emission factors is analogous to the procedure described in Chapter 4.9.2.

Das in Kapitel 4.9.2 beschriebene Rechenverfahren zur Ableitung mittlerer aggregierter Emissionsfaktoren wird hier sinngemäß angewandt.

##### 4.9.3.2 Mean VS excretion rates / Mittlere VS-Ausscheidungen

Weighted means are obtained by analogy to the procedure described in Chapter 4.9.2.

Die gewichtete Mittelung erfolgt in Analogie zum Verfahren in Kapitel 4.9.2.



#### 4.9.3.3 Mean methane conversion factors / Mittlere Methan-Umwandlungsfaktoren

The national mean of the methane conversion factor for other cattle in Germany is calculated as follows:

Der mittlere Methan-Umwandlungsfaktore für Rinder außer Milchkühen in Deutschland wird wie folgt berechnet:

$$MCF_{\text{liquid, mean}} = \frac{\sum_{i,j} (MCF_{\text{liquid},i,j} \cdot MS_{\text{liquid},i,j} \cdot VS_{\text{liquid},i,j} \cdot n_j)}{\sum_{i,j} (MS_{\text{liquid},i,j} \cdot VS_{\text{liquid},i,j} \cdot n_j)} \quad (4.85)$$

where

|                             |                                                                                                                 |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $MCF_{\text{liquid, mean}}$ | mean methane conversion factor for liquid systems (in kg kg <sup>-1</sup> )                                     |
| $MCF_{\text{liquid}, i, j}$ | methane conversion factor for a liquid system i and an animal subcategory j (in kg kg <sup>-1</sup> )           |
| $MS_{\text{liquid}, i, j}$  | frequency of a liquid system i and an animal subcategory j (in pl pl <sup>-1</sup> )                            |
| $VS_{\text{liquid}, i, j}$  | share of VS excreted in a liquid system i for an animal subcategory j (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ) |
| $n_j$                       | number of animal places in a subcategory j (in pl)                                                              |

#### 4.9.3.4 Mean N excretion rates / Mittlere N-Ausscheidungen

The calculation procedure to assess the mean implied emission factors is analogous to the procedure described in Chapter 4.9.2

Das in Kapitel 4.9.2 beschriebene Rechenverfahren zur Ableitung mittlerer aggregierter Emissionsfaktoren wird hier sinngemäß angewandt.

#### 4.9.3.5 Calculation of mean TAN contents / Berechnung mittlerer TAN-Gehalte

Mean TAN contents are calculated as follows:

Mittlere TAN-Gehalte werden für übrige Rinder wie folgt berechnet:

$$x_{\text{urine, oc, mean}} = \frac{\sum_{i,j} (m_{\text{excreted}, i, j} \cdot x_{\text{urine}, i, j} \cdot n_{i,j})}{\sum_{i,j} (m_{\text{excreted}, i, j} \cdot n_{i,j})} \quad (4.86)$$

where

|                              |                                                                                                    |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $x_{\text{urine, oc, mean}}$ | mean TAN content of excretions of other cattle (in kg kg <sup>-1</sup> )                           |
| $m_{\text{excreted}, i}$     | amount of N excreted by cattle subcategory i in region j (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ) |
| $x_{\text{urine}, i, j}$     | TAN content of excreta of subcategory i in region j (in kg kg <sup>-1</sup> )                      |
| $n_{i,j}$                    | number of animal places of subcategory i in region j (in pl)                                       |

#### 4.9.3.6 Mean implied emission factors for ammonia from manure management / Mittlere aggregierte Emissionsfaktoren für Ammoniak aus Wirtschaftsdünger-Management

The calculation procedure to assess the mean implied emission factors is analogous to the procedure described in Chapter 4.9.2.

Das in Kapitel 4.9.2 beschriebene Rechenverfahren zur Ableitung mittlerer aggregierter Emissionsfaktoren wird hier sinngemäß angewandt.

#### 4.9.3.7 Mean implied emission factors for particulate matter from manure management / Mittlere aggregierte Emissionsfaktoren für Stäube aus Wirtschaftsdünger-Management

The calculation procedure to assess the mean implied emission factors is analogous to the procedure described in Chapter 4.9.2.

Das in Kapitel 4.9.2 beschriebene Rechenverfahren zur Ableitung mittlerer aggregierter Emissionsfaktoren wird hier sinngemäß angewandt.

#### 4.9.4 *Intercomparison of implied emission factors and emission explaining variables with those in neighbouring countries / Vergleich von aggregierten Emissionsfaktoren und emissionserklärenden Variablen mit denen benachbarter Staaten*

In the following chapter, a comparison is made of implied emission factors between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions (latest published results) and German data in this inventory.

Zum Vergleich der aggregierten Emissionsfaktoren solcher Staaten, deren landwirtschaftliche Praxis der deutschen ähnlich ist, werden die deutschen Werte dieses Inventars den letzten veröffentlichten Daten gegenübergestellt.

##### 4.9.4.1 *Mean implied emission factors for methane from enteric fermentation and mean performance data / Mittlere aggregierte Emissionsfaktoren für Methan aus der Verdauung und mittlere Leistungsdaten*

The German IEF for other cattle lies in the midrange of the IEF figures given in Table 4.54, which show considerable variation. The GE intake values also show considerable variation, although that variation is not always consistent with that for the IEF figures. For example, the German GE-intake figure lies in the lower range, although the corresponding IEF is in the mid-range. With respect to IEF and GE intake as a pair, Germany is comparable to Belgium, while other countries, such as the UK and the Czech Republic, have considerably higher GE intake figures but IEF that are not far from the German value. Like Germany, Switzerland and the Netherlands have comparatively low GE intake figures, although for those two countries the low GE intake are reflected in IEF that are noticeably lower than Germany's. From these results, it is clear that there are still considerable differences, at the European level, in the way CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation in other cattle, and for the pertinent sub-categories of such cattle, are modelled.

Der deutsche IEF für die übrigen Rinder liegt im mittleren Bereich der in Table 4.54 angegebenen IEF-Werte, die eine erhebliche Streuung aufweisen. Eine große Streuung ist auch bei den Werten für die GE-Aufnahme zu finden, wenn auch nicht in jedem Fall konsistent mit den IEF-Werten. So liegt die deutsche GE-Aufnahme trotz des im Mittelfeld befindlichen IEF eher im unteren Bereich. Bzgl. des Wertepaares IEF und GE-Aufnahme ist Deutschland gut mit Belgien vergleichbar, während Länder wie das Vereinigte Königreich oder die Tschechische Republik deutliche höhere GE-Aufnahmen aufweisen, ohne dass ihr IEF allzu weit von dem deutschen Wert entfernt ist. Wie auch Deutschland weisen die Schweiz und die Niederlande eine vergleichsweise geringe GE-Aufnahme auf, was sich bei diesen Ländern aber auch in einem merklich niedrigeren IEF niederschlägt. Aus diesen Befunden ist zu schließen, dass es auf europäischer Ebene noch erhebliche Unterschiede in der Modellierung der CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung der übrigen Rinder bzw. deren Unterkategorien geben muss.

Table 4.54: Other cattle, 2010, of emission explaining variables and CH<sub>4</sub> implied emission factors regarding enteric fermentation (ent)

|                                                      | <i>IEF<sub>CH<sub>4</sub>, ent</sub></i>            | GE intake                           | mean animal weight  | digestibility | Methane conversion rate |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
|                                                      | kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> | MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | kg an <sup>-1</sup> | %             | MJ MJ <sup>-1</sup>     |
| Austria                                              | 56.21                                               | 142.83                              | 425.35              | 72.98         | 0.06                    |
| Belgium                                              | 45.24                                               | 112.08                              | 409.73              | 76.12         | 0.06                    |
| Czech Republic                                       | 47.91                                               | 121.74                              | NA                  | 65.00         | 0.06                    |
| Denmark                                              | 39.82                                               | 130.27                              | 320.00              | 71.00         | 0.06                    |
| France                                               | 50.28                                               | NA                                  | NA                  | NA            | NA                      |
| <b>Germany</b>                                       | <b>45.85</b>                                        | <b>109.4</b>                        | <b>330.02</b>       | <b>69.24</b>  | <b>0.062</b>            |
| Netherlands                                          | 35.73 <sup>b</sup>                                  | 90.56 <sup>b</sup>                  | NE                  | NE            | IE                      |
| Poland                                               | 49.21                                               | 125.05                              | 320.96              | 65.24         | 0.06                    |
| Switzerland                                          | 39.28 <sup>b</sup>                                  | 103.11 <sup>b</sup>                 | IE                  | 60.00         | IE                      |
| United Kingdom                                       | 43.25                                               | 128.45                              | NE                  | 65.00         | 0.06                    |
| IPCC (1996)-3-4.11, 4.32, 4.39, 4.44, Western Europe | 48.00                                               | 135.1                               | 405.00              | 60 to 65      | 0.06 <sup>c</sup>       |
| IPCC (2000)-4.13-4.20                                |                                                     | Equation 4.1-4.11                   |                     |               | 0.06 ± 0.5              |
| IPCC (2006)-10.29, 10.73, 10.78, Western Europe      | 57.00                                               |                                     | 420.00              | 60 to 65      | 0.065 ± 0.01            |

Source: Germany: submission 2013; all other countries: UNFCCC 2012, CRF Table 4.A

<sup>a</sup> The German pregnancy figure considers adult female animals only, see Chapter 4.9.1.3.

<sup>b</sup> calculated from original data supplied

<sup>c</sup> without calves

#### 4.9.4.2 Mean implied emission factors for methane from manure management and emission explaining variables / Mittlere aggregierte Emissionsfaktoren für Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management und emissionserklärende Variablen

The implied emission factor ( $IEF_{CH_4, MM}$ ) for calves, heifers, male beef cattle, suckler cows and mature males > 2 years is located in the middle of the range given in Table 4.55. The comparatively high French value results from coinciding high VS excretion rates and MCF values. The reduced frequency of slurry based systems cannot compensate for this. Furthermore, parts of France are located in the warm region.

However, the considerable scatter cannot be explained with the data provided.

The methane conversion factors (MCF) used by Poland and the United Kingdom are the default values provided by IPCC (2000).

The inclusion of the slurry digestion has no impact on the height of the German  $IEF_{CH_4, MM}$  for other cattle. This is due to the fact that all liquid cattle manure fermented in Germany has been categorised as liquid manure from dairy cattle (Chapter 3.3.4.4.1), with the result that the  $CH_4$  reductions achieved via slurry digestion have been allotted solely to the dairy cattle category (Chapter 4.3.9.2).

Der aggregierte Emissionsfaktor ( $IEF_{CH_4, MM}$ ) für Kälber, Färsen, männliche Mastrinder, Mutterkühe und männliche Rinder > 2 Jahre liegt im Mittelfeld der Tabelle (Table 4.55). Der hohe französische  $IEF_{CH_4, MM}$  beruht auf gleichzeitig hohen VS-Ausscheidungen und MCF-Werten, deren Wirkung durch die etwas geringere Häufigkeit an Flüssigmistsystemen nicht kompensiert wird. Überdies liegt Frankreich zum Teil in der warmen Region.

Die erhebliche Streuung insgesamt entzieht sich einer einfachen Deutung.

Auffällig ist, dass Polen und Großbritannien Default-Methan-Umwandlungsfaktoren (MCF) nach IPCC (2000) verwenden.

Die Aufnahme der Güllevergärung in das Inventar beeinflusst den deutschen  $IEF_{CH_4, MM}$  der übrigen Rinder nicht, da die gesamte Rindergülle, die vergoren wurde, als Milchkuh-Gülle gewertet wurde (Kapitel 3.3.4.4.1), und damit die mit der Vergärung einhergehenden  $CH_4$ -Minderungen auch allein den Milchkühen zugute kamen (Kapitel 4.3.9.2).

Table 4.55: Other cattle, 2010, intercomparison of emission explaining variables and  $CH_4$  implied emission factor regarding manure management (MM)

|                                                       | $IEF_{CH_4, MM}$<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> | VS excreted<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> VS | Frequency of<br>liquid systems<br>% | MCF for<br>liquid systems<br>% |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Austria                                               | 4.13                                                                    | 1.95                                                  | 22.90                               | 8.44                           |
| Belgium                                               | 2.61                                                                    | 1.35                                                  | 4.01                                | 19.00                          |
| Czech Republic                                        | 6.00                                                                    | NA                                                    | 52.00                               | NA                             |
| Denmark                                               | 9.49                                                                    | 2.76                                                  | 29.95                               | 0.10                           |
| France                                                | 14.64                                                                   | 2.70                                                  | 24.79                               | 45.00                          |
| <b>Germany</b>                                        | <b>8.33</b>                                                             | <b>1.47</b>                                           | <b>42.46</b>                        | <b>13.63</b>                   |
| Netherlands                                           | 7.49 <sup>a</sup>                                                       | 1.15 <sup>a</sup>                                     | 74.57 <sup>a</sup>                  | 15.97 <sup>a</sup>             |
| Poland                                                | 2.56                                                                    | 2.17                                                  | 48.35                               | 39.00                          |
| Switzerland                                           | 5.09 <sup>a</sup>                                                       | 2.03 <sup>a</sup>                                     | 46.75 <sup>a</sup>                  | 10.00 <sup>a</sup>             |
| United Kingdom                                        | 2.70                                                                    | 2.33                                                  | 3.55                                | 39.00                          |
| IPCC (1996)-3-4.39, 4.44, Western Europe, cool region | 6.00                                                                    | 2.65                                                  | 50.00                               | 10.00                          |
| IPCC (2000)-4.36                                      |                                                                         |                                                       |                                     | 39.00                          |
| IPCC (2006)-10.38, 10.78, Western Europe, cool region | 6 to 7                                                                  | 2.60                                                  | 25.20                               | 17 to 19                       |

Source: Germany: submission 2013; all other countries: UNFCCC 2012, CRF Table 4.B(a)

<sup>a</sup> calculated from original data supplied

4.9.4.3 Mean implied emission factors for ammonia and emission explaining variables / Mittlere aggregierte Emissionsfaktoren für Ammoniak und emissionserklärende Variablen

Table 4.56: Other cattle, 2010, intercomparison of N excretion rates  $m_{\text{excr. oc}}$  and  $\text{NH}_3$  implied emission factors

|                            | N excreted<br>$\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ | number of animals<br>1000 pl | $E_{\text{NH}_3}$<br>$\text{Gg a}^{-1} \text{ NH}_3$ | $IEF_{\text{NH}_3}$<br>$\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ NH}_3$ |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Austria                    | 46.67                                                      | 1480.55                      | 20.0                                                 | 13.51                                                                  |
| Belgium                    | 54.13                                                      | 2177.96                      | 17.8                                                 | 8.16                                                                   |
| Czech Republic             | 68.76                                                      | 965.76                       | 10.9                                                 | 11.32                                                                  |
| Denmark                    | 43.15                                                      | 1002.85                      | 6.5                                                  | 6.45                                                                   |
| France                     | 59.35                                                      | 15875.90                     | 201.3                                                | 12.68                                                                  |
| <b>Germany</b>             | <b>44.48</b>                                               | <b>8626.38</b>               | <b>128.7</b>                                         | <b>14.92</b>                                                           |
| Netherlands                | 44.78 <sup>a</sup>                                         | 2496.56 <sup>a</sup>         | 18.6                                                 | 7.45                                                                   |
| Poland                     | 58.12                                                      | 3068.30                      | 44.8                                                 | 14.60                                                                  |
| Switzerland                | 37.96 <sup>a</sup>                                         | 1002.21 <sup>a</sup>         | 14.4                                                 | 14.40                                                                  |
| United Kingdom             | 53.85                                                      | 8262.46                      | 50.8                                                 | 6.14                                                                   |
| IPCC (1996)-3-4.99         | 70                                                         |                              |                                                      |                                                                        |
| IPCC (2000)-4.45           | mature: 70,<br>1-2 years: 42,<br>0-1 years: 21             |                              |                                                      |                                                                        |
| IPCC (2006)-10.59          | 50.59 <sup>b</sup>                                         |                              |                                                      |                                                                        |
| EMEP (2009)-4.B-26, 60, 61 | 41                                                         |                              |                                                      | 9.2 to 13.4                                                            |

Sources: Germany: submission 2013; all other countries: UNFCCC 2012, Table 4.B(a); CEIP (2012)

<sup>a</sup> calculated from original data supplied

<sup>b</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight

Table 4.56 illustrates that the N excretions for Germany and this animal category are in the lower part of the range for Central Europe. The IPCC (2006) N excretion rate is almost equal to the arithmetic mean of all countries. The IPCC default excretion rate of  $70 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  (IPCC(1996)-3-4.99) appears to be unrealistically high. At present, only the Czech value is comparable to the IPCC (1996) figure.

Compared to the other states Germany shows high  $\text{NH}_3$  emissions in relation to the amount of N excretion.

Table 4.56 verdeutlicht, dass die mittleren N-Ausscheidungen dieser Tierkategorie für Deutschland im unteren Bereich der in Mitteleuropa üblichen Werte liegen. Die N-Ausscheidung nach IPCC (2006) ist nahezu gleich dem arithmetischen Mittel aller Länder. Der IPCC-Defaultwert von  $70 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  (IPCC(1996)-3-4.99) erscheint unrealistisch hoch. Nur der tschechische Wert kommt dem Wert von IPCC (1996) nahe.

Im Vergleich zu den anderen Staaten weist Deutschland in Relation zu den N-Ausscheidungen hohe  $\text{NH}_3$ -Emissionen auf.

#### 4.9.4.4 Mean implied emission factors for particulate matter / Mittlere aggregierte Emissionsfaktoren für Staub

Table 4.57 provides an international intercomparison of implied emission factors (IEF) for particulate matter.

The IEF differences illustrate the influence of the shares of straw-based and slurry-based systems which differ from country to country.

The agreement between national means of the emission factors for PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> with EMEP default factors is considered accidental. On the national scale, PM<sub>10</sub> emission factors range between 0.19 and 0.27 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, for PM<sub>2.5</sub> between 0.12 and 0.18 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Table 4.57 ermöglicht einen internationalen Vergleich der aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) von Staub.

In den IEF-Unterschieden kommen von Land zu Land unterschiedliche Anteile stroh- und güllebasierter Systeme zum Ausdruck.

Die Übereinstimmung der nationalen Mittelwerte der deutschen Emissionsfaktoren für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> mit den EMEP-Default-Emissionsfaktoren ist zufällig. Auf Bundeslandebene liegt der PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktor in einem Bereich von 0,19 bis 0,27 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, für PM<sub>2.5</sub> liegt der Emissionsfaktor zwischen 0,12 und 0,18 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Table 4.57: Other cattle, 2010, intercomparison of PM implied emission factors

|                        | IEF <sub>PM10</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>10</sub> | IEF <sub>PM2.5</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>2.5</sub> | IEF <sub>TSP</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TSP <sup>a</sup> |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Austria                | IE                                                                          | IE                                                                            | IE                                                                         |
| Belgium                | 0.27                                                                        | 0.06                                                                          | 0.61                                                                       |
| Czech Republic         | 0.33                                                                        | 0.01                                                                          | 0.73                                                                       |
| Denmark                | 0.20                                                                        | 0.13                                                                          | 0.44                                                                       |
| France                 | 0.14                                                                        | 0.09                                                                          | 0.31                                                                       |
| <b>Germany</b>         | <b>0.24</b>                                                                 | <b>0.16</b>                                                                   | <b>0.24<sup>b</sup></b>                                                    |
| Netherlands            | 0.05                                                                        | 0.01                                                                          | 0.05                                                                       |
| Poland                 | 0.40                                                                        | 0.01                                                                          | 0.89                                                                       |
| Switzerland            | 0.13                                                                        | 0.02                                                                          | 0.13                                                                       |
| United Kingdom         | 0.04                                                                        | 0.01                                                                          | 0.26                                                                       |
| EMEP (2009)-4.B-60, 61 | 0.24                                                                        | 0.16                                                                          |                                                                            |

Source: Germany: Submission 2013; allother countries: CEIP (2012), calculated from original data supplied

<sup>a</sup> Total suspended particulate matter (TSP) refers to the entire range of ambient air matter that can be collected, from the sub-micron level up to 100 µm in d (EMEP(2007)-B1010-9).

<sup>b</sup> As Germany does not calculate TSP, TSP is approximated by PM<sub>10</sub>.

#### 4.9.5 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Reference to information provided with the data CD is given subsequently in Table 4.58.

Hinweise auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen finden sich in der nachfolgenden Table 4.58.

Table 4.58: Other cattle, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from          | to            |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------|---------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.07     |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.07     |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.07     |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.51     | EM1009.53     |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.135    |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.07     |               |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.31     |               |
| Activity data          | Aktivitäten               | AC1005.07                            |               |               |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.07    |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.07    |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.07    |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.48    | IEF1009.50    |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.103   |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.07    |               |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.29    |               |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005CAT.130 | AI1005CAT.152 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.21       | EXCR.23       |

## 5 Pigs / Schweine

### 5.1 Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien

In CRF/NFR emissions are reported for pigs altogether. Differences in housing and feeding of the subcategories result in considerable differences in the respective emission generating processes. Therefore, emissions are calculated separately for each subcategory. The results obtained are finally aggregated (see Chapter 5.7).

Table 5.1 shows the pig subcategories used in the German census as well as their aggregation and disaggregation for the emission inventory. Sucking pigs do not constitute a distinct animal category in the inventory; there are accounted for together with the sows. For details see the subsequent chapters dealing with the different pig categories used in the inventory.

In CRF/NFR werden die Emissionen für Schweine insgesamt berichtet. Aufgrund unterschiedlicher Haltung und Fütterung weisen die Unterkategorien der Schweine ein unterschiedliches Emissionsverhalten auf. Daher erfolgt die Emissionsberechnung zunächst getrennt nach Unterkategorien. Die Ergebnisse werden anschließend aggregiert, siehe Kapitel 5.7.

Die Untergliederung der Schweine in der deutschen Tierzählung sowie ihre Aufteilung und Aggregation zum Zwecke der Emissionsberechnung gehen aus Table 5.1 hervor. Saugferkel bilden keine separate Tierkategorie im Inventar, sondern werden bei den Sauen mit berücksichtigt. Zu Details wird auf die nachfolgenden Kapitel zu den Schweine-Unterkategorien verwiesen.

Table 5.1: Pigs, categorisation and characterisation

| animal subcategory according to German census |                                            |                                           | animal subcategories used in this inventory |                |                                               |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------|
| type                                          | descriptor                                 |                                           | type                                        | category       | weight 1      weight 2                        |
| M                                             | Ferkel unter 20 kg                         | piglets                                   | *)                                          | suckling-pigs  | 1.5 kg an <sup>-1</sup> 8 kg an <sup>-1</sup> |
| N                                             | Jungschweine bis unter 50 kg Lebendgewicht | young pigs lighter than 50 kg live weight | we                                          | weaners        | 8 kg an <sup>-1</sup> $w_{fin, we}$           |
| O                                             | Mastschweine 50 bis 80 kg                  | fattening pigs 50 to 80 kg                | fp                                          | fattening pigs | $w_{fin, we}$ $w_{fin, fp}$                   |
| P                                             | Mastschweine 80 bis 110 kg                 | fattening pigs 80 to 110 kg               |                                             |                |                                               |
| Q                                             | Mastschweine 110 kg und mehr               | fattening pigs heavier than 110 kg        |                                             |                |                                               |
| R                                             | Jungsauen trächtig                         | young sows gestating                      | so                                          | sows           | 220 kg an <sup>-1</sup>                       |
| S                                             | Andere Sauen trächtig                      | other sows gestating                      |                                             |                |                                               |
| T                                             | Jungsauen nicht trächtig                   | young sows not gestating                  |                                             |                |                                               |
| U                                             | Andere Sauen nicht trächtig                | other sows not gestating                  |                                             |                |                                               |
| V                                             | Eber zur Zucht                             | boars                                     | bo                                          | boars          | 200 kg an <sup>-1</sup>                       |

weight 1: weight at the beginning of the respective period, weight 2: weight at the end of the respective period;  $w_{fin}$ : variable final weight  
 \*) Suckling-pigs do not constitute a separate animal category. They are accounted for within the calculations of energy and feed requirements of the sows.

### 5.2 Emission factors for all pigs / Emissionsfaktoren für alle Schweine

#### 5.2.1 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdünger-Management

The formation of methane from manure storage is characterized by two parameters (see Chapter 3.3.4.1): the animal-specific maximum methane formation capacity  $B_0$  and the storage-specific methane conversion factor  $MCF$ .  $MCF$  gives the fraction of  $B_0$  that is effectively produced in the various storage systems.

For cattle, a national value for  $B_0$  is used for the first time in the 2013 submission and subsequent submissions (Dämmgen et al., 2012a), siehe Table 4.2.

Table 4.2 also shows the  $MCF$  values derived for the most frequent storage systems for pigs. The  $MCF$  values assumed in Dämmgen et al. (2012a) are given in bold figures. They reflect the respective values in IPCC (2006)-10.44 et seq. for a mean annual temperature of  $\leq 10^\circ\text{C}$ . This temperature is representative for Germany.

Die Methanbildung wird durch zwei Parameter charakterisiert (siehe Kapitel 3.3.4.1): die tierspezifische maximale Methan-Bildungsrate  $B_0$  und den lagerspezifischen Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$ , der angibt, welcher Anteil von  $B_0$  in den verschiedenen Lagerungssystemen tatsächlich produziert wird.

Für Schweine wird ab der vorliegenden Submission 2013 erstmalig ein abgeleiteter nationaler  $B_0$ -Wert verwendet (Dämmgen et al., 2012a), siehe Table 5.2.

Table 5.2 zeigt überdies für die in Deutschland bei Schweinen häufigsten Lagerungsverfahren die im Inventar verwendeten  $MCF$ -Werte, wobei die nach Dämmgen et al. (2012a) angenommenen Werte fettgedruckt sind. Sie entsprechen den Angaben in IPCC (2006)-10.44ff für eine Jahresmitteltemperatur von  $\leq 10^\circ\text{C}$ , die repräsentativ für Deutschland ist.

For “deep litter”, the IPCC (2000) default *MCF* is used. “Slurry with solid cover” (including tent structures), “slurry with floating cover” and “leachate” (Jauche) are treated using a conservative approach. The same *MCF* is used as for “slurry without natural crust”. For slurry resulting from anaerobic digestion (see Chapter 6.1.3.6.5), Table 4.2 does not provide a *MCF* data as these are obtained from calculations (see Chapter 3.3.4.4.1) and are not constant.

Für „Tiefstreu“ wird der IPCC (2000)-Defaultwert verwendet. Für „Gülle mit fester Abdeckung“ (incl. Zeltstrukturen), „Gülle mit schwimmender Abdeckung“ und „Jauche“ wurde konservativ der *MCF* von „Gülle ohne natürliche Schwimmdecke“ übernommen. Die *MCF*-Werte für die Güllevergärung mit Gärrestelagerung (siehe Kapitel 6.1.3.6.5) sind in Table 5.2 nicht angegeben, da sie berechnet werden (siehe Kapitel 3.3.4.4.1) und nicht konstant sind.

Table 5.2: Pigs, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors (*MCF*)

| Maximum methane producing capacity $B_0$        |                                                   | 0.30 $\text{m}^3 \text{CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ |                                        |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Storage type                                    | Lagerungsart                                      |                                                   |                                        |
| <i>MCF</i> slurry (untreated)                   | <i>MCF</i> Gülle (unbehandelt)                    |                                                   |                                        |
| slurry (tank)                                   | Güllelager                                        |                                                   |                                        |
| open tank (without natural crust)               | offen (ohne natürliche Schwimmdecke)              | <b>0.25</b>                                       | $\text{m}^3 \text{m}^{-3} \text{CH}_4$ |
| solid cover (incl. tent structures)             | feste Abdeckung (inkl. Zelt)                      | <b>0.25</b>                                       | $\text{m}^3 \text{m}^{-3} \text{CH}_4$ |
| natural crust                                   | natürliche Schwimmdecke                           | <b>0.15</b>                                       | $\text{m}^3 \text{m}^{-3} \text{CH}_4$ |
| floating cover (chaff)                          | schwimmende Abdeckung (Strohhäcksels)             | 0.25                                              | $\text{m}^3 \text{m}^{-3} \text{CH}_4$ |
| floating cover (plastic film)                   | schwimmende Abdeckung (Folie)                     | 0.25                                              | $\text{m}^3 \text{m}^{-3} \text{CH}_4$ |
| underneath slatted floor > 1 month              | Lager unter Spaltenboden > 1 Monat                | <b>0.25</b>                                       | $\text{m}^3 \text{m}^{-3} \text{CH}_4$ |
| <i>MCF</i> slurry (digested), all storage types | <i>MCF</i> Gülle, (vergoren), alle Lagerungsarten |                                                   | see text                               |
| <i>MCF</i> solid manure (heap)                  | <i>MCF</i> Festmist (Misthaufen)                  | <b>0.03</b>                                       | $\text{m}^3 \text{m}^{-3} \text{CH}_4$ |
| <i>MCF</i> solid manure (deep bedding)          | <i>MCF</i> Festmist (Tiefstreu)                   | 0.25                                              | $\text{m}^3 \text{m}^{-3} \text{CH}_4$ |

Sources: see text

### 5.2.2 $\text{NH}_3$ emission factors for housing / $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für Ställe

The  $\text{NH}_3$  emission factors for housing can be found in the chapters describing the respective pig subcategories.

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für Ställe finden sich in den entsprechenden Unterkapiteln der verschiedenen Schweine-Unterkategorien.

### 5.2.3 $\text{NH}_3$ and $\text{N}_2\text{O}$ emission factors for storage / $\text{NH}_3$ - und $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktoren für die Lagerung

Except for the storage of residues from anaerobic digestion of slurry, the partial  $\text{NH}_3$ -N emission factors for the storage systems used in Germany are based on data of Döhler et. al. (2002, pg. 62f). They are valid for all pig subcategories. Dämmgen et al. (2010b) recalculated the emission factors and related them to TAN. By Döhler et al. (2002), the reference value of  $0.15 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  for the  $\text{NH}_3$  emission factor in Table 5.3 was related to total N. However, according to EAGER expert judgement it has to be related to TAN (cf. Reidy et al., 2008, Table 6).

The storage of residues from anaerobic digestion is assumed to occur in gas-tight oder open tanks (see Chapters 3.3.4.4.3 and 3.4.4.4). The emission factor for gas-tight stores is zero. For open tanks it is assumed that the biogas slurry can be treated in the same way as undigested slurry stored in the respective facility, and the emission factor is used accordingly.

Mit Ausnahme der Lagerung von Gärresten aus der anaeroben Güllevergärung beruhen die partiellen  $\text{NH}_3$ -N-Emissionsfaktoren für die in Deutschland üblichen Lagerverfahren auf Daten von Döhler et. al (2002, S. 62f). Sie gelten für alle Schweinekategorien. Dämmgen et al. (2010b) berechneten die Emissionsfaktoren neu und bezogen sie auf TAN, siehe Table 5.3. Der Referenzwert von  $0,15 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  für den  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor wurde bei Döhler et al (2002) auf das gesamte N bezogen. Nach EAGER-Expertenurteil ist dagegen TAN als Bezug zu wählen (vgl. Reidy et al., 2008, Table 6).

Für die Lagerung von Gärresten aus der Güllevergärung wird davon ausgegangen, dass die Gärreste entweder gasdicht oder in offenen Tanks gelagert werden, siehe Kapitel 3.3.4.4.3 und 3.4.4.4. Während für gasdichte Lager der Emissionsfaktor null ist, wird angenommen, dass für den offenen Gärreste-Tank der Emissionsfaktor des gleichen Lagertyps bei unbehandelter Gülle übernommen werden kann.

Table 5.3: Pigs, partial emission factors for NH<sub>3</sub>-N losses from storage (related to TAN)

| Storage type                        | Lagerungsart                         | Emission factor (kg kg <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| slurry (untreated)                  | Gülle (unbehandelt)                  |                                        |
| slurry tank                         | Güllelager                           |                                        |
| open tank (without natural crust)   | offen (ohne natürliche Schwimmdecke) | 0.15 <sup>a</sup>                      |
| solid cover (incl. tent structures) | feste Abdeckung (inkl. Zelt)         | 0.015 <sup>b</sup>                     |
| natural crust                       | natürliche Schwimmdecke              | 0.105 <sup>b</sup>                     |
| floating cover (chaff)              | schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel) | 0.030 <sup>b</sup>                     |
| floating cover (plastic film)       | schwimmende Abdeckung (Folie)        | 0.023 <sup>b</sup>                     |
| underneath slatted floor > 1 month  | Lager unter Spaltenboden > 1 Monat   | 0.105 <sup>a</sup>                     |
| slurry (digested)                   | Gülle (vergoren)                     |                                        |
| slurry tank                         | Güllelager                           |                                        |
| open tank (without natural crust)   | offen (ohne natürliche Schwimmdecke) | 0.15 <sup>c</sup>                      |
| gas tight                           | gasdicht                             | 0 <sup>d</sup>                         |
| leachate (solid cover)              | Jauche (feste Abdeckung)             | 0.030 <sup>a</sup>                     |
| solid manure (heap)                 | Festmist (Misthaufen)                | 0.60 <sup>a</sup>                      |
| solid manure (deep bedding)         | Festmist (Tiefstreu)                 | 0.60 <sup>a</sup>                      |

<sup>a</sup> estimated according to Dämmgen et al. (2010b)  
<sup>b</sup> calculated according to Döhler et al. (2002), Table 3.14  
<sup>c</sup> Assumption: Same EF as for storage of untreated slurry in open tanks  
<sup>d</sup> see Chapter 3.4.4.4

The N<sub>2</sub>O-N emission factors used in this inventory for the combination „housing/storage“ are listed in Table 5.4. They correspond to the values given for cattle (see Chapter 4.2.2) and are related to the total N input into storage, i.e. the sum of N excreted with faeces and urine and the input with bedding material.

Table 5.4 zeigt die im Inventar verwendeten N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktoren für die Kombination „Stall/Lager“. Sie entsprechen den für Rinder verwendeten Faktoren, siehe Kapitel 4.2.2, und beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem Stickstoff.

Table 5.4: Pigs, partial emission factors for N<sub>2</sub>O-N from housing and storage (related to N<sub>excr</sub> + N<sub>straw</sub>)

| Storage type                        | Lagerungsart                         | Emission factor (kg kg <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| slurry (untreated)                  | Gülle (unbehandelt)                  |                                        |
| slurry tank                         | Güllelager                           |                                        |
| open tank (without natural crust)   | offen (ohne natürliche Schwimmdecke) | 0.000 <sup>a</sup>                     |
| solid cover (incl. tent structures) | feste Abdeckung (inkl. Zelt)         | 0.005 <sup>b</sup>                     |
| natural crust                       | natürliche Schwimmdecke              | 0.005 <sup>a</sup>                     |
| floating cover (chaff)              | schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel) | 0.005 <sup>c</sup>                     |
| floating cover (plastic film)       | schwimmende Abdeckung (Folie)        | 0.000 <sup>d</sup>                     |
| underneath slatted floor > 1 month  | Lager unter Spaltenboden > 1 Monat   | 0.002 <sup>a</sup>                     |
| slurry (digested)                   | Gülle (vergoren)                     | 0.001 <sup>e</sup>                     |
| solid manure (heap)                 | Festmist (Misthaufen)                | 0.013 <sup>f</sup>                     |
| solid manure (deep bedding)         | Festmist (Tiefstreu)                 | 0.010 <sup>a</sup>                     |

<sup>a</sup> Source: IPCC(2006)-10.62 ff; for details see text  
<sup>b</sup> Assumption: As there is no data on the frequencies of a natural crust below solid covers the worst case (natural crust) is assumed.  
<sup>c</sup> Assumption (worst case) due to missing data: Floating covers produced by chaff act like natural crusts.  
<sup>d</sup> Assumption: In contrast to natural crusts, plastic films do not allow for the formation of N<sub>2</sub>O.  
<sup>e</sup> IPCC (2000), see Chapter 3.3.4.4.2  
<sup>f</sup> Source: Vandré et al. (2012).

In accordance with Chapter 3.3.4.3.4, the NO-N ison factor is assumed to amount to one tenth of the N<sub>2</sub>O-N emission factor, the N<sub>2</sub> emission factor is thrice the N<sub>2</sub>O-N emission factor. The emission factors for NO and N<sub>2</sub> are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

The uncertainty of the NH<sub>3</sub> emission factor characterizing the overall NH<sub>3</sub> emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

Entsprechend Kapitel 3.3.4.3.4 wird der NO-N-Emissionsfaktor mit einem Zehntel, der N<sub>2</sub>-Emissionsfaktor mit dem Dreifachen des N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktors angesetzt. Die Emissionsfaktoren für NO und N<sub>2</sub> beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Die Unsicherheit des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors, der die tierplatzbezogenen NH<sub>3</sub>-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.



For the uncertainties of the N<sub>2</sub>O emission factor see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and N<sub>2</sub> emission factors, the uncertainty of the N<sub>2</sub>O emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

Für die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

#### 5.2.4 Emission factors for spreading / Emissionsfaktoren für die Ausbringung

The following Tables (Table 5.5 bis Table 5.7) provide the partial emission factors used in the inventory for the spreading of cattle manure (Döhler et al., 2002). The emission reduction percentages listed in these tables refer to the reference system “broadcast” at air temperatures of 15° C.

No emission factors are available for the application of digested pig slurry. Therefore the emission factors of untreated slurry are used instead (Table 5.5). (Expert judgement H. Döhler, KTBL)

All emission factors Table 4.5 to Table 4.7 relate to TAN.

Special uncertainties for NH<sub>3</sub> emissions from pig husbandry are not given in EMEP (2007)-B1090-19. Thus the general uncertainty of about 30 % is likely. For the oxidised species, the order of magnitude is likely to be correct.

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, and N<sub>2</sub> from manure management are described in Chapters 13.3 to 13.4.

Die nachfolgenden Tabellen (Table 5.5 bis Table 5.7) beinhalten die im Inventar für Rinder eingesetzten partiellen Emissionsfaktoren für die Wirtschaftsdünger-Ausbringung (Döhler et al., 2002). Die Emissionsminderungen beziehen sich auf das Referenzsystem „Breitverteiler“ bei einer Lufttemperatur von 15° C.

Für die Ausbringung von Gärresten aus der Vergärung von Schweinegülle sind keine Emissionsfaktoren verfügbar. Daher wurden aufgrund eines Expertenurteils (H. Döhler, KTBL) für die Inventarberechnung die Emissionsfaktoren für die Ausbringung von unbehandelter Gülle (siehe Table 5.5) übernommen.

Alle Emissionsfaktoren in Table 4.5 bis Table 4.7 beziehen sich auf TAN.

Unsicherheiten für Schweine und NH<sub>3</sub> werden in EMEP (2007)-B1090-19 nicht gesondert betrachtet. Es wird die allgemein EF-Unsicherheit von 30 % angenommen. Für die oxidierten Spezies dürfte die Größenordnung richtig sein.

Die Unsicherheiten der aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 13.3 bis 13.4 beschrieben.

Table 5.5: Pigs, NH<sub>3</sub>-N emission factors for application of slurry (related to TAN)

| Application type                     | Ausbringungstechnik                       | Emission factor<br>(kg kg <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup> |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| broadcast, without incorporation     | Breitverteiler, ohne Einarbeitung         | 0.25 <sup>b</sup>                                      |
| broadcast, incorporation ≤ 1 h       | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h        | 0.04                                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 4 h       | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h        | 0.09                                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 6 h       | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 6 h        | 0.11                                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 8 h       | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 8 h        | 0.13                                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 12 h      | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h       | 0.16                                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 24 h      | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 24 h       | 0.21                                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 48 h      | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 48 h       | 0.25                                                   |
| broadcast, vegetation                | Breitverteiler, Vegetation                | 0.25                                                   |
| Broadcast, grassland                 | Breitverteiler, Grünland                  | 0.30                                                   |
| trailing hose, without incorporation | Schleppschlauch, ohne Einarbeitung        | 0.175                                                  |
| trailing hose, incorporation ≤ 1 h   | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 1 h       | 0.02                                                   |
| trailing hose, incorporation ≤ 4 h   | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 4 h       | 0.06                                                   |
| trailing hose, incorporation ≤ 6 h   | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 6 h       | 0.08                                                   |
| trailing hose, incorporation ≤ 8 h   | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 8 h       | 0.0925                                                 |
| trailing hose, incorporation ≤ 12 h  | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 12 h      | 0.11                                                   |
| trailing hose, incorporation ≤ 24 h  | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 24 h      | 0.14                                                   |
| trailing hose, incorporation ≤ 48 h  | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 48 h      | 0.17                                                   |
| trailing hose, short vegetation      | Schleppschlauch, kurze Vegetation         | 0.25                                                   |
| trailing hose, beneath vegetation    | Schleppschlauch, unterhalb der Vegetation | 0.125                                                  |
| trailing hose, grassland             | Schleppschlauch, Grünland                 | 0.21                                                   |
| trailing shoe                        | Schleppschuh                              | 0.12                                                   |
| injection (open slot)                | Schlitzverfahren (offener Schlitz)        | 0.06                                                   |
| grubber and injection                | Güllegrubber und Injektionsverfahren      | 0.025                                                  |

<sup>a</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.19 and pg. 69, except for broadcast/short vegetation (worst case assumption of “no reduction” as no standard emission factor available), broadcast or trailing hose with incorporation within 8 h (emission reduction factors estimated in agreement with KTBL).

Table 5.6: Pigs, NH<sub>3</sub>-N emission factors for application of leachate ("Jauche") (related to TAN)

| Application type                     | Ausbringungstechnik                  | Emission factor<br>(kg kg <sup>-1</sup> ) |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|
| broadcast, without incorporation     | Breitverteiler, ohne Einarbeitung    | 0.20 <sup>a</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 1 h       | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h   | 0.02 <sup>a</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 4 h       | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h   | 0.07 <sup>a</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 8 h       | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 8 h   | 0.116 <sup>b</sup>                        |
| broadcast, incorporation ≤ 12 h      | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h  | 0.144 <sup>b</sup>                        |
| broadcast, vegetation                | Breitverteiler, Vegetation           | 0.20 <sup>b</sup>                         |
| Broadcast, grassland                 | Breitverteiler, Grünland             | 0.20 <sup>a</sup>                         |
| trailing hose, without incorporation | Schleppschlauch, ohne Einarbeitung   | 0.18 <sup>b</sup>                         |
| trailing hose, incorporation ≤ 1 h   | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 1 h  | 0.01 <sup>b</sup>                         |
| trailing hose, incorporation ≤ 4 h   | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 4 h  | 0.05 <sup>b</sup>                         |
| trailing hose, incorporation ≤ 8 h   | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 8 h  | 0.09 <sup>b</sup>                         |
| trailing hose, incorporation ≤ 12 h  | Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 12 h | 0.12 <sup>b</sup>                         |
| trailing hose, vegetation            | Schleppschlauch, Vegetation          | 0.10 <sup>b</sup>                         |
| trailing hose, grassland             | Schleppschlauch, Grünland            | 0.14 <sup>c</sup>                         |
| trailing shoe                        | Schleppschuh                         | 0.08 <sup>c</sup>                         |
| Injection (open slot)                | Schlitzverfahren (offener Schlitz)   | 0.04 <sup>c</sup>                         |
| grubber and injection                | Güllegrubber und Injektionsverfahren | 0.02 <sup>d</sup>                         |

<sup>a</sup> calculated from data in Döhler et al. (2002), Table 3.20

<sup>b</sup> Source: emission factors estimated in agreement with KTBL, based on a emission decay curve as function of the duration of incorporation similar to that of pig slurry or by direct adoption of pig slurry emission factors (see Döhler et al., 2002, Table 3.19)

<sup>c</sup> estimated with the respective emission reduction factor for pig slurry (Döhler et al., 2002, Table 3.19)

<sup>d</sup> calculated from data in Döhler et al. (2002), pg. 69

Table 5.7: Pigs, NH<sub>3</sub>-N emission factors for application of solid manure (FYM) (related to TAN)

| Application type                 | Ausbringungstechnik                  | Emission factor<br>(kg kg <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|
| broadcast, without incorporation | Breitverteiler, ohne Einarbeitung    | 0.90 <sup>a</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 1 h   | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h   | 0.09 <sup>a</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 4 h   | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h   | 0.45 <sup>a</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 12 h  | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h  | 0.81 <sup>b</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 24 h  | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 24 h  | 0.90 <sup>a</sup>                         |
| broadcast, incorporation ≤ 48 h  | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 48 h  | 0.90 <sup>a</sup>                         |
| Broadcast, vegetation/ grassland | Breitverteiler, Vegetation/ Grünland | 0.90 <sup>a</sup>                         |

<sup>a</sup> calculated according to Döhler et al. (2002), Table 3.24

<sup>b</sup> estimated from data in Döhler et al. (2002), Table 3.24, in agreement with KTBL

### 5.3 Sows and suckling-pigs / Sauen und Saugferkel

The category “sows” covers all subcategories of sows for breeding irrespective of their age and weight. The calculation of energy and feed requirements includes the suckling-pigs as they do not constitute a separate animal category in the inventory.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 5.8.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Die Kategorie „Sauen“ umfasst alle Unterkategorien von Zuchtsauen unabhängig von ihrem Alter und Gewicht. Bei den Berechnungen zum Energie- und Futterbedarf werden die Saugferkel mit berücksichtigt. (Saugferkel bilden keine separate Tierkategorie im Inventar.)

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.8 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 5.8: Sows, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |                | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF             | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation | 2    | IPCC / national | district            | federal states | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district       | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 3    | EMEP / national | district            | district       | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district       | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP            | district            | national       | 1 a                |

#### 5.3.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

##### 5.3.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4). The overall number of sows used in the inventory is calculated as follows:

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4). Für das Inventar berechnet sich die Anzahl der Sauen gemäß:

$$n_{so} = n_R + n_S + n_T + n_U \quad (5.1)$$

where

$n_{so}$  number of sows considered  
 $n_R$  etc. animal numbers of type R (etc.) in the German census (see Table 5.1)

For the number of the piglets raised per sow see Chapter 5.3.2.

On the national scale, the standard error for the number of animal places of the subcategories “sows”, “weaners” and “fattening pigs” is lower than 2 % according to German official statistics. Larger standard errors may exist for single federal states. However, as emission reporting is on the national level, the standard error for subcategory “sows” is fixed to 2 %, accordingly the uncertainty as half the 95 % confidence interval to 4 %. A normal distribution is assumed.

Zur Anzahl der bei einer Sau zu berücksichtigen Saugferkel siehe Kapitel 5.3.2.

Auf Deutschlandebene wird der Standardfehler für diejenigen Tiere, die in die Inventarkategorien „Sauen“, „Aufzuchtferkel“ und „Mastschweine“ fallen, durch das Statistische Bundesamt mit „bis unter 2 %“ beziffert. In den einzelnen Bundesländern können auch höhere Standardfehler auftreten. Da die Emissionsberichterstattung auf nationaler Ebene erfolgt, wird für „Sauen“ ein Standardfehler von 2 % angesetzt, d. h. 4 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall (Normalverteilung).

##### 5.3.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

The peer review of Haenel et al. (2011a) recommended to use a mean live weight of 220 kg sow<sup>-1</sup>. This agrees with the data discussed in GfE (2006), pg. 74. The new estimate exceeds the previous estimate by 20 kg sow<sup>-1</sup>. Due to lack of information, the live weight of 220 kg sow<sup>-1</sup> is used for the whole time series from 1990 onwards.

Das mittlere Gewicht, das bis zur Submission 2011 mit 200 kg an<sup>-1</sup> angesetzt wurde, wird von nach dem Peer-Review der Publikation von Haenel et al. (2011a) auf Grundlage von Gewichtsdaten in GfE (2006), S. 74, mit 220 kg sow<sup>-1</sup> geschätzt. Mangels besserer Kenntnis wird dieser Wert für die zurückliegenden Jahre ab 1990 als konstant angesetzt.

The use of a mean live weight disregards the fact that the live weight of sows oscillates. However this cannot be reproduced in the inventory whose time steps are one year and hence exceed that of a reproduction cycle.

For piglets, the inventory is based on a birth weight of 1.5 kg piglet<sup>-1</sup>. This can be derived from feeding recommendations in DLG (2008), Table 4.1, where the piglet weight after the first week with a daily weight gain of 0.2 kg piglet<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> reaches 2.9 kg piglet<sup>-1</sup>.

Haenel et al. (2011a) also recommended to use a piglet weight of 8.0 kg piglet<sup>-1</sup> at weaning rather than the 8.5 kg piglet<sup>-1</sup> used in previous submissions. The age of the piglets at weaning is assumed to coincide with the duration of the lactation period (see Table Table 5.9 in Chapter 5.3.2).

Die in der Praxis zu beobachtenden Gewichtsänderungen können im Inventar nicht berücksichtigt werden, da der Inventar-Zeitschritt von einem Jahr erheblich länger als die Dauer eines Durchgangs ist.

Im Inventar werden als Geburtsgewicht der Ferkel 1,5 kg piglet<sup>-1</sup> angenommen. Dieser Wert ist den Fütterungsempfehlungen in DLG (2008, Tabelle 4.1, entnommen, in denen Ferkel nach einer Woche ein Gewicht von 2,9 kg piglet<sup>-1</sup> bei einer Gewichtszunahme von 0,2 kg piglet<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> aufweisen.

Das Absetzgewicht der Saugferkel wird nach der Publikation von Haenel et al. (2011a) mit einem mittleren Werte von 8,0 kg piglet<sup>-1</sup> angenommen (bis zur Submissionen 2011: 8.5 kg piglet<sup>-1</sup>). Für das Absetzalter der Saugferkel wird die Dauer der Laktationsphase angesetzt, siehe Table 5.9 in Kapitel 5.3.2.

### 5.3.1.3 Number of production cycles / Anzahl der Produktionszyklen pro Jahr

According to KTBL (2006), pg. 518, the number of production cycles range between 2.0 a<sup>-1</sup> and 2.5 a<sup>-1</sup>. Good agricultural praxis is close to 2.3 a<sup>-1</sup>. In the inventory, the number of production cycles is deduced from the duration of the various (feeding) phases (see Table 5.9 in Chapter 5.3.2) as follows:

Die Anzahl der Produktionszyklen pro Jahr liegt nach KTBL (2006), S. 518, im Bereich zwischen 2,0 a<sup>-1</sup> bis 2,5 a<sup>-1</sup>. (gute Praxis: 2,3 a<sup>-1</sup>). Für das Inventar wird die Anzahl der Produktionszyklen pro Jahr mit Hilfe der Zyklusdauer berechnet, die sich als Summe der verschiedenen Phasendauern (siehe Table 5.9 in Kapitel 5.3.2) ergibt.

$$n_{\text{round}} = \frac{\alpha}{\tau_{\text{so}}} \quad (5.2)$$

where

$n_{\text{round}}$  number of production cycles per year (in cy = an pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\tau_{\text{so}}$  duration of production cycle (in d ro<sup>-1</sup>), see Table 5.9

### 5.3.2 Energy requirements / Energiebedarf

For a number of years, the assessment of the inventory was based on energy requirements as described in GfE (1987) and KTBL (2006b) (cf. Dämmgen et al., 2009a). Energy requirements according to the current state of knowledge are provided in GfE (2006). To a large extent, the literature cited herein dates the period that is covered by the inventory. Hence it is assumed that the details provided in GfE (2006) are representative of the timeseries from 1990 onwards and that the methodology based on GfE (2006) can be applied to all years since 1990.

The data and methods provided in GfE (2006) had been incorporated into the inventory model as described in Haenel et al. (2010). They were partly revised in Haenel et al. (2011a). The results of this work are compiled in Table 5.9. These data are used in the inventory.

Die Inventarerstellung stützte sich lange Zeit (vgl. Dämmgen et al., 2009a) auf Energiebedarfsangaben aus GfE (1987), s. auch KTBL (2006 b), S. 519. Aktuelle Energiebedarfsangaben finden sich in GfE (2006), wobei die zugrunde liegende Literatur weitgehend aus demjenigen Zeitbereich stammt, über den im Inventar zu berichten ist. Es wird daher davon ausgegangen, dass die Angaben in GfE (2006) als repräsentativ für die Zeitreihen ab 1990 angesehen werden können, so dass das Verfahren für alle Jahre gleich angewendet werden kann.

Die Umsetzung der Vorgaben in GfE (2006) wurde in Haenel et al. (2010) erstmals beschrieben und im Rahmen der Pulikation von Haenel et al. (2011a) überarbeitet. Table 5.9 zeigt die ab Submission 2012 im Inventar verwendeten Kennwerte.

Table 5.9: Sows, requirements of metabolisable energy as used in the inventory  
(Mean sow weight 200 kg an<sup>-1</sup>. For further details see text.)

| period                       | duration in d <sup>a</sup> | number of piglets per sow per birth | energy requirements <sup>b</sup><br>in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME |
|------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| pregnancy phase 1            | 84                         |                                     | $ME_{\text{preg},1} = 33.3$                                                   |
| phase 2                      | 30                         |                                     | $ME_{\text{preg},1} = 40.7$                                                   |
| lactating                    | 28 <sup>c</sup>            | 8                                   | $ME_{\text{lact}} = 79.5$                                                     |
|                              |                            | 9                                   | 86.3                                                                          |
|                              |                            | 10                                  | 93.1                                                                          |
|                              |                            | 11                                  | 99.9                                                                          |
|                              |                            | 12                                  | 106.7                                                                         |
|                              |                            | 13                                  | 113.5                                                                         |
| weaning to covering          | 27                         |                                     | $ME_{\text{wlc}} = 40.7$                                                      |
| total ( $\tau_{\text{so}}$ ) | 169                        |                                     |                                                                               |

<sup>a</sup> Source: GfE (1987)

<sup>b</sup> Source: Haenel et al. (2011a), based on GfE (2006) data

<sup>c</sup> Source: Expert judgment E. Schulz (co-author of GfE, 2006)

The number of piglets raised per sow and litter can be derived from the number of piglets raised per sow and year:

Die Anzahl der Saugferkel pro Sau und Wurf lässt sich aus der Anzahl der pro Sau und Jahr aufgezogenen Ferkel ableiten:

$$n_{\text{piglets,birth}} = n_{\text{piglets,year}} \cdot \frac{\tau_{\text{round}}}{\alpha} \quad (5.3)$$

where

|                             |                                                                  |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|
| $n_{\text{piglets, birth}}$ | number of piglets raised per sow and litter (in piglet)          |
| $n_{\text{piglets, year}}$  | number of piglets raised per sow and year birth (in piglet)      |
| $\tau_{\text{round}}$       | duration of piglet production cycle (see Table 5.9)              |
| $\alpha$                    | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ ) |

The number of piglets raised per sow and year varies with time and region. The data available is compiled in Table 5.10.

Die Zahl der pro Sau und Jahr aufgezogenen Ferkel variiert örtlich und zeitlich. Table 5.10 fasst die verfügbaren Informationen zusammen.

Table 5.10: Sows, number of piglets raised per year,  $n_{\text{piglets, year}}$  (primary statistical information)

|    | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| BW |       |       |       |       |       |       |       |       | 19.20 | 19.10 | 18.20 | 18.67 | 18.90 | 17.89 |       | 20.00 | 20.50 | 21.10 | 21.10 | 21.50 | 22.10 | 22.60 |
| BY | 18.00 | 17.90 | 17.70 | 17.60 | 17.70 | 17.90 | 18.10 | 18.10 | 18.80 | 18.90 | 18.90 | 19.40 | 19.60 | 19.60 | 19.70 | 19.90 | 20.40 | 20.70 | 21.00 | 21.40 | 22.00 | 22.30 |
| BB |       |       |       |       |       |       |       |       | 17.80 | 18.20 | 18.90 | 19.50 | 19.70 |       | 20.30 | 20.80 | 21.70 | 22.20 | 22.50 | 22.80 | 23.30 | 24.50 |
| HE | 17.00 | 17.10 | 16.60 | 16.90 | 17.10 | 17.10 | 16.90 | 17.90 | 18.00 | 18.60 | 18.50 |       | 19.10 | 19.00 | 19.90 | 21.10 | 21.60 | 21.20 | 21.20 | 22.10 | 23.50 | 24.00 |
| MV |       |       |       |       |       |       |       |       | 19.10 | 19.60 | 20.80 | 21.10 |       | 21.30 |       |       |       | 23.29 | 23.84 | 24.55 | 25.60 | 26.00 |
| NI | 18.90 | 18.90 | 18.90 | 18.70 | 18.50 | 18.70 | 18.40 | 18.90 | 19.30 | 19.50 | 19.70 |       | 19.60 | 20.30 | 20.60 | 21.30 | 21.40 | 21.20 | 22.80 | 23.40 | 23.4  | 25.60 |
| NW | 19.00 | 17.80 | 18.40 | 18.90 | 19.00 | 18.90 | 19.10 | 19.70 | 20.10 | 20.20 | 20.30 | 20.40 | 20.30 | 20.30 | 21.80 | 22.10 |       | 22.60 | 23.70 | 24.30 | 24.3  | 25.80 |
| RP | 17.20 | 17.30 | 17.20 | 17.30 | 17.40 | 17.50 | 17.60 | 17.90 | 18.00 | 18.20 | 18.50 |       | 18.40 | 19.10 | 19.00 |       |       | 18.60 | 20.60 | 20.30 | 20.3  | 21.90 |
| SL | 17.20 | 17.30 | 17.20 | 17.30 | 17.40 | 17.50 | 17.60 | 17.90 | 18.00 | 18.20 | 18.50 |       | 18.40 | 19.10 | 19.00 |       |       |       |       |       |       |       |
| SN |       |       |       | 17.80 | 18.40 | 18.70 | 18.64 | 19.18 | 19.88 | 20.41 | 20.45 | 20.56 | 20.67 | 21.04 | 21.40 | 21.49 | 22.38 | 23.40 | 23.31 | 24.83 | 23.70 | 24.23 |
| ST |       |       |       |       |       |       |       |       | 18.50 | 18.50 | 19.90 | 20.00 | 19.60 | 20.66 | 20.52 | 21.01 | 21.46 | 22.00 | 22.26 | 22.99 | 23.13 | 23.90 |
| SH |       | 18.80 | 18.60 | 18.40 | 18.70 | 19.00 | 18.80 | 19.30 | 19.70 | 19.80 | 20.10 |       | 20.30 | 20.70 | 21.60 | 22.60 | 22.90 | 23.20 | 24.30 | 25.20 | 26.30 | 27.20 |
| TH |       |       |       |       |       |       |       |       | 18.30 | 19.00 | 20.10 | 20.45 | 21.23 | 20.43 | 21.25 | 20.78 | 21.66 | 22.19 | 22.72 | 23.28 | 23.94 | 24.69 |

Sources: Asse & Zacharias (2012); HMULV (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011); LfL (2004c, 2006b); LKV (2011), LKV-ST (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011); LSZ (2007, 2008b, 2009b, 2010); LWK-SH (2010, 2011); MLUR-BB (2002); MLUV-BB (2005, 2006, 2007, 2008); NMELF, various years; Segger (2005a); SMUL (2000, 2002, 2007, 2008, 2009, 2012); ThMLNU (2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2009); TLL (2011); TMLFUN (2011); ZDS, various years

Within a time series in Table 5.10, data gaps are closed by linear interpolation. Missing data at the end of a time series is generated by adopting the latest value reported. Data gaps at the beginning of a times series are closed as follows:

- New Bundesländer (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen): The number of piglets raised per sow and year in 1990 is assumed to be 17.0. In addition, a linear in-

Datenlücken innerhalb einer Zeitreihe in Table 5.10 werden durch lineare Interpolation geschlossen. Fehlende Werte am Ende einer Zahlenreihe werden durch Fortschreiben des letzten jeweils berichteten Wertes erzeugt. Fehlende Werte zu Beginn einer Zeitreihe werden wie folgt generiert:

- Neue Bundesländer (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen): Die Ferkelzahl pro Sau und Jahr 1990 wird mit

crease towards the earliest year of reporting is assumed (expert judgement Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

- Schleswig Holstein: For 1990 the value given for 1991 is used.
- Baden-Württemberg: Going backwards from the first value reported (1998), the absolute annual differences given by the times series of Bavaria are applied.

For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg.

In the inventory, the number of suckling-pigs raised per sow and year (Table 5.10, including data gap closure) is used when calculating the energy and feeding requirements of the unit sow/suckling-pigs.

In the following another suckling-pigs number is defined which is the annual mean of the suckling-pigs population (Haenel et al., 2011b):

$$n_{sp} = c_{sp} \cdot n_M \quad (5.4)$$

where

|          |                                                                                                     |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $n_{sp}$ | annual mean of piglets per sow as calculated from $n_M$ (piglet sow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ) |
| $c_{sp}$ | constant ( $c_{sp} = 0.5771$ piglet piglet <sup>-1</sup> ), see Haenel et al., (2011b)              |
| $n_M$    | number of piglets in German census, cf. Table 5.1                                                   |

The entity  $n_{sp}$  is used within the inventory to properly derive the number of weaners and fattening pigs from the officially reported animal numbers (see Chapter 5.4.1.1 and 5.5.1.1).

17,0 angenommen. Ein linearer Anstieg von 1990 bis zum jeweils ersten berichteten Jahr ist nach Expertenschätzung realistisch (Expertenschätzung Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

- Schleswig Holstein: Für 1990 wird der Wert von 1991 eingesetzt.
- Baden-Württemberg: Vom ersten berichteten Wert an (1998) werden rückwärts schreitend die Beträge der Jahresdifferenzen aus der Zeitreihe von Bayern subtrahiert.

Bei den Stadtstaaten werden für Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

Die Zahl der pro Sau pro Jahr aufgezogenen Saugferkel (Table 5.10, incl. Datenlückenschließung) wird im Inventar bei der Energie- und Futterbedarfsberechnung des Systems Sau/Saugferkel berücksichtigt.

Im Folgenden wird mit dem Jahresmittel der Saugferkel-Population eine andere Saugferkelzahl eingeführt (Haenel et al., 2011b):

Die mittlere Saugferkel-Population wird im Inventar zur Ableitung der Aufzuchtferkel- und der Mastschweinezahl aus offiziellen Daten benötigt (siehe Kapitel 5.4.1.1 und 5.5.1.1).

### 5.3.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Sows are fed phase-dependent. Typical feed properties are listed in Table 5.11.

The feed composition in the New Länder in the years after the German unification did not differ in principle from that listed in Table 5.11 (expert judgement Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

Sauen werden phasenabhängig gefüttert. Table 5.11 zeigt typische Futtereigenschaften.

In den neuen Bundesländern unterschied sich auch unmittelbar nach der Wende das Futter nicht von dem in Table 5.11 angegebenen (Expertenschätzung Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

Table 5.11: Sows, diets used in the inventory, and their properties

( $X_{DE}$ : digestibility of energy;  $X_{ME}$ : metabolisability;  $\eta_{ME}$ : content of metabolisable energy, related to dry matter;  $x_N$ : N content of normal feed, related to dry matter;  $x_{N, red}$ : N content of N reduced feed, related to dry matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to dry matter;  $X_{DOM}$ : digestibility of organic matter)

| feed type | phase                                          | major components                                                            | $X_{DE}^a$<br>MJ MJ <sup>-1</sup> | $X_{ME}^a$<br>MJ MJ <sup>-1</sup> | $\eta_{ME}^a$<br>MJ kg <sup>-1</sup> | $x_N^a$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $x_{N, red}^b$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $x_{ash}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $X_{DOM}^a$<br>kg kg <sup>-1</sup> |
|-----------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| A         | weaning to covering (wtc),<br>lactating (lact) | wheat bran, wheat,<br>barley, triticale,<br>peas, soybean meal              | 0.82948                           | 0.79616                           | 13.0                                 | 0.02829                        | 0.02688                               | 0.056                            | 0.81                               |
| B         | pregnancy 1 (preg 1),<br>pregnancy 2 (preg 2)  | wheat bran, wheat,<br>barley, triticale,<br>sunflower meal,<br>soybean meal | 0.78539                           | 0.74245                           | 12.0                                 | 0.02386                        | 0.02267                               | 0.065                            | 0.86                               |

<sup>a</sup> Source: Feed composition according to deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, privat communication; energy and protein/nitrogen contents according to Beyer et al. (2004) and LfL (2004b).

<sup>b</sup>  $x_N$  for N reduced feed: calculated as 95 % from  $x_N$  for normal feed (based on the 95 % relation which can be deduced from the data given in DLG (2005), pg. 41).

The inventory considers N reduced feeding of sows, see Chapter 3.4.5.1. For this purpose  $x_{N,red}$  is used instead of  $x_N$  (see Table 5.11).

From the data given in Table 5.9 und Table 5.11 the mean daily feed intake (dry matter) is calculated as follows:

$$m_{F, DM} = \frac{\frac{ME_{wtc} \cdot \tau_{wtc}}{\eta_{ME, wtc}} + \frac{ME_{grav,1} \cdot \tau_{preg,1}}{\eta_{ME, preg,1}} + \frac{ME_{preg,2} \cdot \tau_{grav,2}}{\eta_{ME, preg,2}} + \frac{ME_{lact} \cdot \tau_{lact}}{\eta_{ME, lact}}}{\tau_{wtc} + \tau_{preg,1} + \tau_{preg,2} + \tau_{lact}} \quad (5.5)$$

where

|                     |                                                                                                                            |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{F, DM}$         | daily feed intake of a sow, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                                           |
| $ME_{wtc}$          | daily metabolisable energy requirements between weaning and covering (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )             |
| $\tau_{wtc}$        | time between weaning and covering (in d)                                                                                   |
| $\eta_{ME, wtc}$    | specific metabolisable energy content of feed between weaning and covering (MJ kg <sup>-1</sup> ME), related to dry matter |
| $ME_{preg,1}$       | daily metabolisable energy requirements during pregnancy phase 1 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                 |
| $\tau_{preg,1}$     | duration of pregnancy phase 1 (in d)                                                                                       |
| $\eta_{ME, preg,1}$ | specific metabolisable energy content of feed during pregnancy phase 1 (MJ kg <sup>-1</sup> ME), related to dry matter     |
| $ME_{preg,2}$       | daily metabolisable energy requirements during pregnancy phase 2 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                 |
| $\tau_{preg,2}$     | duration of pregnancy phase 2 (in d)                                                                                       |
| $\eta_{ME, preg,2}$ | specific metabolisable energy content of feed during pregnancy phase 2 (MJ kg <sup>-1</sup> ME), related to dry matter     |
| $ME_{lact}$         | daily metabolisable energy requirements during lactation (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                         |
| $\tau_{lact}$       | duration of lactation period (in d)                                                                                        |
| $\eta_{ME, lact}$   | specific metabolisable energy content of feed during lactation (MJ kg <sup>-1</sup> ME), related to dry matter             |

By analogy, the mean digestibility is obtained as a weighted mean over all phases.

The amount of nitrogen taken in with feed is obtained by multiplying each term in the numerator of the previous equation with the respective  $x_N$  value given in Table 5.11.

By analogy to the determination of the daily feed intake, the amount of gross energy taken in daily with the feed is given by:

$$GE_{sow} = \frac{\frac{ME_{wtc} \cdot \tau_{wtc}}{X_{ME, wtc}} + \frac{ME_{preg,1} \cdot \tau_{preg,1}}{X_{ME, preg,1}} + \frac{ME_{preg,2} \cdot \tau_{preg,2}}{X_{ME, preg,2}} + \frac{ME_{lact} \cdot \tau_{lact}}{X_{ME, lact}}}{\tau_{wtc} + \tau_{preg,1} + \tau_{preg,2} + \tau_{lact}} \quad (5.6)$$

where

|                  |                                                                                                                |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $GE_{sow}$       | daily gross energy requirements of a sow (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                             |
| $ME_{wtc}$       | daily metabolisable energy requirements between weaning and covering (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) |
| $\tau_{wtc}$     | time between weaning and covering (in d)                                                                       |
| $X_{ME, wtc}$    | metabolisability of feed between weaning and covering (in MJ MJ <sup>-1</sup> )                                |
| $ME_{preg,1}$    | daily metabolisable energy requirements during pregnancy phase 1 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )     |
| $\tau_{preg,1}$  | duration of pregnancy phase 1 (in d)                                                                           |
| $X_{ME, preg,1}$ | metabolisability of feed during pregnancy phase 1 (in MJ MJ <sup>-1</sup> )                                    |
| $ME_{preg,2}$    | daily metabolisable energy requirements during pregnancy phase 2 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )     |
| $\tau_{preg,2}$  | duration of pregnancy phase 2 (in d)                                                                           |
| $X_{ME, preg,2}$ | metabolisability of feed during pregnancy phase 2 (in MJ MJ <sup>-1</sup> )                                    |
| $ME_{lact}$      | daily metabolisable energy requirements during lactation (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )             |
| $\tau_{lact}$    | duration of lactation period (in d)                                                                            |
| $X_{ME, lact}$   | metabolisability of feed during lactation (in MJ MJ <sup>-1</sup> )                                            |

Das Inventar berücksichtigt für Sauen die N-reduzierte Fütterung, siehe Kapitel 3.4.5.1. Dafür kommt  $x_{N,red}$  anstelle von  $x_N$  zum Einsatz (siehe Table 5.11).

Mit den Daten in Table 5.9 und Table 5.11 wird die durchschnittliche tägliche Futtermenge (Trockenmasse) wie folgt berechnet:

Die durchschnittliche Verdaulichkeit  $X_{DE}$  ergibt sich analog als gewichtetes Mittel über alle Phasen.

Die mit dem Futter aufgenommene Stickstoffmenge erhält man, indem jeder Term im Zähler der vorstehenden Gleichung mit dem entsprechenden  $x_N$ -Wert nach Table 5.11 multipliziert wird.

Analog zur Vorgehensweise zur Futtermengenberechnung ergibt sich die mit dem Futter täglich aufgenommene Gesamtenergie:

### 5.3.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 5.3.3) and the methane conversion factor  $\chi_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

The methane conversion rate for pigs in developed countries of  $0.006 \text{ MJ MJ}^{-1}$  is given in IPCC(1996)-3-4.35. (IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. Normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 5.3.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $\chi_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor von  $0.006 \text{ MJ MJ}^{-1}$  ist IPCC(1996)-3-4.35 (Schweine, entwickelte Staaten) entnommen. (Ein entsprechender Faktor wird in IPCC(2006) nicht bereitgestellt.)

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 5.3.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

A Tier 2 approach is used to treat  $\text{CH}_4$  emissions from manure management (cf. Chapter 3.3.4.1).

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

The necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents as listed in Table 5.11. The national mean digestibility of organic matter for 2010 is  $0.83 \text{ kg kg}^{-1}$ , the national mean ash content (related to dry matter) for 2010 amounts to  $0.06 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 5.2 (see Chapter 5.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.4.6.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Bestimmung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationen in Table 5.11. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei  $0.83 \text{ kg kg}^{-1}$ , das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei  $0.06 \text{ kg kg}^{-1}$  (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren (MCF) für die einzelnen Lagerungssysteme sind Table 5.2 in Kapitel 5.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.4.6 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 5.3.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $\text{N}_{\text{org}}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $\text{N}_{\text{org}}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.



5.3.6.1 *N excretion / N-Ausscheidung*

Mass conservation allows the amount of nitrogen excreted to be assessed:

Unter Voraussetzung des Massenerhalts berechnet sich die N-Ausscheidung über:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{F, DM}} \cdot [x_{\text{N}} \cdot (1 - x_{\text{reduced}}) + x_{\text{N, red}} \cdot x_{\text{reduced}}] - m_{\text{g, sow}} - m_{\text{g, piglet}} \quad (5.7)$$

where

|                        |                                                                                                     |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{excr}}$      | amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                              |
| $m_{\text{F, DM}}$     | daily feed intake of a sow, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.3.3 |
| $x_{\text{N}}$         | nitrogen content of normal diet (in kg kg <sup>-1</sup> N), see Chapter 5.3.3                       |
| $x_{\text{N, red}}$    | nitrogen content of N reduced diet (in kg kg <sup>-1</sup> N), see Chapter 5.3.3                    |
| $x_{\text{reduced}}$   | share of population fed with a N reduced diet (in pl pl <sup>-1</sup> ), see below                  |
| $m_{\text{g, sow}}$    | amount of N retained in the sow (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N), see below               |
| $m_{\text{g, piglet}}$ | amount of N retained in piglets (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N), see below               |

The inventory considers N reduced feeding of sows in the same districts and with the same frequencies as for the N reduced feeding of fattening pigs (see Chapter 5.5.3).

The temporal variation during a production cycle of sows' weight cannot be incorporated in the inventory. However, the mean net weight gain can be taken into account. According to GfE (2006), pg. 74, and DLG (2008), pgs 13 and 14, this can be estimated to be 35 kg an<sup>-1</sup> ro<sup>-1</sup>, a fact that has to be taken into account for the calculation of the N balance of the system sow-pigs.

Das Inventar berücksichtigt für Sauen die N-reduzierte Fütterung in den gleichen Kreisen mit den gleichen Häufigkeiten wie für die Mastschweine-Fütterung (siehe Kapitel 5.5.3).

Die zeitlich variable Gewichtsentwicklung einer Sau während eines Durchganges kann im Inventar zwar nicht berücksichtigt werden; dagegen ist das mittlere Nettowachstum einer Sau, das nach GfE (2006), S. 74, und DLG (2008), S. 13 f. in konservativer Weise zu rund 35 kg an<sup>-1</sup> ro<sup>-1</sup> geschätzt wird, bei der Berechnung der N-Bilanz des Systems Sau/Ferkel zu berücksichtigen:

$$m_{\text{g, sow}} = n_{\text{round}} \cdot \Delta w_{\text{round}} \cdot x_{\text{N, sow}} \quad (5.8)$$

where

|                           |                                                                                                     |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{g, sow}}$       | amount of N retained in the sow (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                          |
| $n_{\text{round}}$        | number of production cycles per year (in cy = an pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                 |
| $\Delta w_{\text{round}}$ | net weight gain of a sow during one round (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N), see above     |
| $x_{\text{N, pig}}$       | nitrogen content of a pig's body ( $x_{\text{N, pig}} = 0.0256$ kg kg <sup>-1</sup> N) (LFL, 2004a) |

The N balance has also to account for the amounts of N  $m_{\text{g}}$  retained in the piglets between birth and weaning. It is derived from the weight gained between birth and weaning and the mean N content of pigs as follows:.

Ebenfalls in der N-Bilanz des Systems Sau/Ferkel zu berücksichtigen ist die bis zum Absetzen in den Saugferkeln gebundene N-Menge  $m_{\text{g}}$ . Sie wird aus dem Gewicht der Konzeptionsprodukte sowie der Differenz von Absetzgewicht und Geburtsgewicht sowie dem mittleren N-Gehalt von Schweinen berechnet.

$$m_{\text{g, piglets}} = n_{\text{sp}} \cdot [a_{\text{cp}} + (w_{\text{piglet, w}} - w_{\text{piglet, b}})] \cdot x_{\text{N, pig}} \quad (5.9)$$

where

|                         |                                                                                                             |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{g, piglets}}$ | amount of N retained in conception products and growing piglets (in kg sow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $n_{\text{sp}}$         | annual mean of piglets per sow (piglet sow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.3.2               |
| $a_{\text{cp}}$         | mass of conception products developed per piglet (in kg piglet <sup>-1</sup> ), see below                   |
| $w_{\text{piglet, w}}$  | weaning weight of a piglet (in kg piglet <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.3.1.2                               |
| $w_{\text{piglet, b}}$  | birth weight of a piglet (in kg piglet <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.3.1.2                                 |
| $x_{\text{N, pig}}$     | nitrogen content of a pig's body ( $x_{\text{N, pig}} = 0.0256$ kg kg <sup>-1</sup> N) (LFL, 2004a)         |

The mass of conception products has to be related to the number of piglets raised. According to DLG (2008), pg. 13, the overall mass of the conception products is 25 kg sow<sup>-1</sup> ro<sup>-1</sup>, the number of piglets is 13 per litter. Hence, the resulting mass per piglet ( $a_{\text{cp}}$ ) is the ratio of the mass of overall and the number of piglets, i.e.  $a_{\text{cp}} = 1.923$  kg piglet<sup>-1</sup>.

Based on the digestibilities provided in Table 5.11 the calculation of the TAN content of excreta yields 77 % of total N excreted (see Chapter 3.3.4.3.4).

Die auf das einzelne Ferkel bezogene Masse der Konzeptionsprodukte ( $a_{\text{cp}}$ ) ist der Quotient aus der typischerweise insgesamt angesetzten Masse der Konzeptionsprodukte (25 kg sow<sup>-1</sup> ro<sup>-1</sup>, see DLG, 2008, S. 13) und der dazu konsistenten Anzahl an Ferkeln pro Wurf (13 piglets sow<sup>-1</sup> ro<sup>-1</sup>, see GfE, 2006, pg. 74). In diesem Fall erhält man  $a_{\text{cp}} = 1,923$  kg Ferkel<sup>-1</sup>.

Mit den Verdaulichkeiten nach Table 5.11 errechnet sich ein TAN-Gehalt der Ausscheidungen von 77 % der Gesamt-N-Ausscheidung (siehe Kapitel 3.3.4.3.4).

### 5.3.6.2 Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.3.4.3.2. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

For sows, KTBL provides amounts of straw between 0.4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> and 0.7 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (e. g. KTBL, 2006a, pg. 469 and pg. 461). Bedding in sow housings with a special piglets' nest („Ferkelnest“) amounts to 0.5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (KTBL, 2006a, pg. 499 and pg. 507). However, as no frequency distributions are available, there is no distinction between various sow housing types. Hence the inventory calculations are based on a straw input of 0.5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> equivalent to  $2.5 \cdot 10^{-3}$  kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N ( $1.25 \cdot 10^{-3}$  kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN, respectively).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

KTBL gibt für Sauen Strohmenngen zwischen 0,4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> und 0,7 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> an (z. B. KTBL, 2006a, S. 469 und S. 461). In der Sauenhaltung mit Ferkelnestern wird nach KTBL (2006a), S. 499 und S. 507, von 0,5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ausgegangen. Da im Inventar verschiedene Haltungsformen mangels Häufigkeitsverteilungen nicht unterschieden werden können, wird generell mit einer Strohmenge von 0,5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> bzw.  $2,5 \cdot 10^{-3}$  kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (entsprechend  $1,25 \cdot 10^{-3}$  kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN) gerechnet.

### 5.3.6.3 Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“

According to Dämmgen et al. (2010b, Table 1), national partial NH<sub>3</sub>-N emission factors are used, which are related to TAN, see Table 5.12.

Es werden nationale NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktoren nach Dämmgen et al. (2010b, Table 1) verwendet, die sich auf TAN beziehen, s. Table 5.12.

Table 5.12: Sows, partial emission factors for NH<sub>3</sub>-N from housing (related to TAN)

| Housing type | Haltungssystem | EF <sub>house</sub> (kg kg <sup>-1</sup> ) |
|--------------|----------------|--------------------------------------------|
| slurry based | güllebasiert   | 0.34                                       |
| straw based  | strohbasert    | 0.34                                       |

Source: Dämmgen et al. (2010b)

The mitigation of NH<sub>3</sub> emissions by air scrubbers is taken into account in districts with air scrubber-equipped pig husbandry, see Chapter 3.4.5.2.

Die NH<sub>3</sub>-mindernde Wirkung von in manchen Kreisen in der Schweinehaltung vorhandenen Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, siehe Kapitel 3.4.5.2.

### 5.3.6.4 Partial emission factors „storage“ for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> und „Ausbringung“

These emission factors are the same for all pig categories. They are listed in Chapter 5.2.

Die Emissionsfaktoren sind für alle Schweinekategorien gleich, siehe Kapitel 5.2.

### 5.3.7 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The emission factors are listed in Table 5.13 (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10). For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in 4.3.7.5.3 and 4.3.7.7.

The mitigation of PM emissions by air scrubbers is taken into account in districts with air scrubber-equipped pig husbandry, see Chapter 3.4.5.2.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Die Emissionsfaktoren sind in Table 5.13 angegeben (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10). Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in den Kapiteln 4.3.7.5.3 und 4.3.7.7 entnommen.

Die PM-Emissionen mindernde Wirkung von in manchen Kreisen in der Schweinehaltung vorhandenen Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, siehe Kapitel 3.4.5.2.

Table 5.13: Sows, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing

| Housing type | Haltungssystem | Emission factor for PM <sub>10</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | Emission factor for PM <sub>2.5</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> |
|--------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| straw based  | stroh basiert  | 0.58                                                                        | 0.09                                                                         |
| slurry based | güllebasiert   | 0.45                                                                        | 0.07                                                                         |

Source: EMEP(2009)-4B-26, Table 3-10

### 5.3.8 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 5.14: Sows, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.09    |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.09    |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.09    |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.57    | EM1009.59    |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.137   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.09    |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.33    |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.09    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.09   |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.09   |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.08   |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.51   | IEF1009.53   |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.104  |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.08   |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.30   |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005PSH.01 | AI1005PSH.22 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.29      | EXCR.31      |

## 5.4 Weaners / Aufzuchtferkel

Weaners are young pigs between weaning and the begin of fattening.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 5.15.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Aufzuchtferkel sind die jungen Schweine nach dem Absetzen von der Sau bis zum Beginn der Mast.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.15 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 5.15: Weaners, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |                | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF             | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation | 2    | IPCC / national | district            | federal states | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district       | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 3    | EMEP / national | district            | district       | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district       | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP            | district            | national       | 1 a                |

### 5.4.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 5.4.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The piglet numbers  $n_M$  (siehe Table 5.1) provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4) include all animals with live weights up to 20 kg an<sup>-1</sup>. In the inventory, this number cannot be used directly as the number of weaners, as it comprises the suckling-pigs (these are considered together with the sows, see Chapter 5.3.2) and does not cover those weaners heavier than 20 kg an<sup>-1</sup>. (For the end weight data of the piglet production cycle see Chapter 5.4.1.2 unterhalb.) Weaners exceeding the weight of 20 kg an<sup>-1</sup> are contained in the number of “young pigs” (Jungschweine,  $n_N$  in Table 5.1 ) in the official statistics. The number ( $n_{\text{piglets}+}$ ) is derived below.

These considerations immediately lead to the approach for the calculation of the number of animals in the inventory category “weaners” (Haenel et al., 2011a).

Die Ferkelzahlen  $n_M$  der Statistischen Landesämtern (StatLA C III 1 – vj 4), siehe Table 5.1, umfassen die Ferkel bis 20 kg an<sup>-1</sup> Gewicht. Diese Zahl kann nicht unmittelbar als Zahl der Aufzuchtschweine im Inventar verwendet werden, da sie einerseits die bei den Sauen berücksichtigte Saugferkel-Population ( $n_{\text{sp}}$ , siehe Kapitel 5.3.2) einschließt, andererseits aber nicht diejenigen Aufzuchtferkel erfasst, die schwerer als 20 kg an<sup>-1</sup> sind. (Zum Endgewicht der Ferkelaufzucht-Phase siehe Kapitel 5.4.1.2 unten). Die Aufzuchtschweine, die schwerer als 20 kg an<sup>-1</sup> sind, sind in der offiziellen Statistik der Jungschweine ( $n_N$ , siehe Table 5.1) enthalten. Ihre Anzahl wird im Folgenden mit  $n_{\text{piglets}+}$  bezeichnet.

Aus diesen Überlegungen resultiert unmittelbar der Ansatz zur Berechnung der Anzahl der Aufzuchtschweine für das Inventar (Haenel et al., 2011a):

$$n_{\text{we}} = n_M - n_{\text{sp}} + n_{\text{piglets}+} \quad (5.10)$$

where

|                       |                                                                                              |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| $n_{\text{we}}$       | number of weaners in the inventory (in pl)                                                   |
| $n_{\text{sp}}$       | number of suckling-pigs, see Chapter 5.3.2 (in pl)                                           |
| $n_M$                 | number of piglets in German census, see Table 5.1 (in pl)                                    |
| $n_{\text{piglets}+}$ | number of weaners contained in the official pig category “young pigs”, see Table 5.1 (in pl) |

with

$$n_{\text{piglets}+} = x_{\text{pN}} \cdot n_N \quad (5.11)$$

where

|                       |                                                                                              |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| $n_{\text{piglets}+}$ | number of weaners contained in the official pig category “young pigs”, see Table 5.1 (in pl) |
| $x_{\text{pN}}$       | fraction of young pigs to be regrouped into the category of weaner (in pl pl <sup>-1</sup> ) |
| $n_N$                 | number of young pigs in German census, see Table 5.1 (in pl)                                 |

The fraction of young pigs (Jungschweine),  $x_{\text{pN}}$ , in the inventory attributed to the category of weaners, is estimated from weight data as follows:

Der relative Anteil  $x_{\text{pN}}$  der Jungschweine, die im Inventar der Kategorie der Aufzuchtferkel zugeordnet werden, wird mit Hilfe von Gewichtsdaten geschätzt:

$$x_{pN} = \frac{w_{we, fin} - w_{yp, start}}{w_{yp, fin} - w_{yp, start}} \quad (5.12)$$

where

|                 |                                                                                                                         |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $x_{pN}$        | fraction of young pigs to be regrouped into the category of weaner (in pl pl <sup>-1</sup> )                            |
| $w_{we, fin}$   | weaner weight at the end of the production period (in pl), see Chapter 5.4.1.2                                          |
| $w_{yp, start}$ | lower weight boundary of the official category of young pigs ( $w_{yp, start} = 20 \text{ kg an}^{-1}$ , see Table 5.1) |
| $w_{yp, fin}$   | upper weight boundary of the official category of young pigs ( $w_{yp, start} = 50 \text{ kg an}^{-1}$ , see Table 5.1) |

On the national scale, the standard error for the number of animal places of the subcategories “sows”, “weaners” and “fattening pigs” is lower than 2 % according to German official statistics. Larger standard errors may exist for single federal states. However, as emission reporting is on the national level, the standard error for subcategory “weaners” is fixed to 2 %, accordingly the uncertainty as half the 95 % confidence intervall to 4 %. A normal distribution is assumed.

Auf Deutschlandebene wird der Standardfehler für diejenigen Tiere, die in die Inventarkategorien „Sauen“, „Aufzuchtferkel“ und „Mastschweine“ fallen, durch das Statistische Bundesamt mit „bis unter 2 %“ beziffert. In den einzelnen Bundesländern können auch höhere Standardfehler auftreten. Da die Emissionsberichterstattung auf nationaler Ebene erfolgt, wird für „Aufzuchtferkel“ ein Standardfehler von 2 % angesetzt, d. h. 4 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall (Normalverteilung).

#### 5.4.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

The initial weaner weight is the weight of a suckling-pig at the end of the lactation period (8 kg an<sup>-1</sup>, see Chapter 5.3.1.2. The final weaner weight is identical to the initial fattening pig weight (25 – 33 kg an<sup>-1</sup>, see Table 5.21 in Chapter 5.5.1.2).

The duration of weaner production ( $\tau_{we}$ ) is obtained by dividing the total weight gain by the average daily weight gain rate.

$$\tau_{we} = \frac{w_{we, fin} - w_{we, start}}{\beta \cdot \frac{\Delta w_{we}}{\Delta t}} \quad (5.13)$$

where

|                          |                                                                                                                                                 |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\tau_{we}$              | duration of weaner production (in d)                                                                                                            |
| $w_{we, fin}$            | weaner weight at the end of the production period (in g animal <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see above                                       |
| $w_{we, start}$          | weaner weight at the beginning of the production period, i. e. piglet weight at weaning (in g animal <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see above |
| $\beta$                  | mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-3} \text{ kg g}^{-1}$ )                                                                            |
| $\Delta w_{we}/\Delta t$ | mean daily weight gain of weaners (in g animal <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                                                                  |

No data is available on the spatial and temporal distribution of the mean daily weight gain. Thus, the daily weight gain has to be estimated. For this purpose, it is assumed that the weight gain rates of weaners and fattening pigs have developed similarly in given areas and years.

Da regional und zeitlich differenzierte Daten des mittleren täglichen Zuwachses nicht verfügbar sind, muss der tägliche Gewichtszuwachs geschätzt werden. Dazu wird angenommen, dass sich die Gewichtszuwächse von Aufzuchtferkeln und Mastschweinen regional und zeitlich ähnlich entwickelt haben:

$$\frac{\Delta w_{we}}{\Delta t} = c_{we} \cdot \frac{\Delta w_{fp}}{\Delta t} \quad (5.14)$$

where

|                          |                                                                                                        |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Delta w_{we}/\Delta t$ | mean daily weight gain of weaners (in g an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                             |
| $c_{we}$                 | constant, see below                                                                                    |
| $\Delta w_{fp}/\Delta t$ | mean daily weight gain of fattening pigs (in g an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.5.1.2 |

The daily weight gain rate is a function of time and therefore of animal weight as is shown exemplarily in Figure 5.1. However, example calculations showed that the total energy requirements of weaners during one round can well be calculated by using a constant mean daily weight gain. Hence, it seems appropriate to use a constant mean daily weight gain also in Equation ( 5.14).

Dieser Ansatz berücksichtigt nicht, dass die Gewichtszunahme eine Funktion der Lebenszeit und damit des Tiergewichtes ist, wie in Figure 5.1 beispielhaft gezeigt wird. Beispielrechnungen haben auch gezeigt, dass der Gesamtenergiebedarf mit hinreichender Genauigkeit auch durch Annahme einer konstanten mittleren Gewichtszunahme berechnet werden kann. Diesen Ansatz verfolgt das Inventar (siehe Gleichung ( 5.14)).

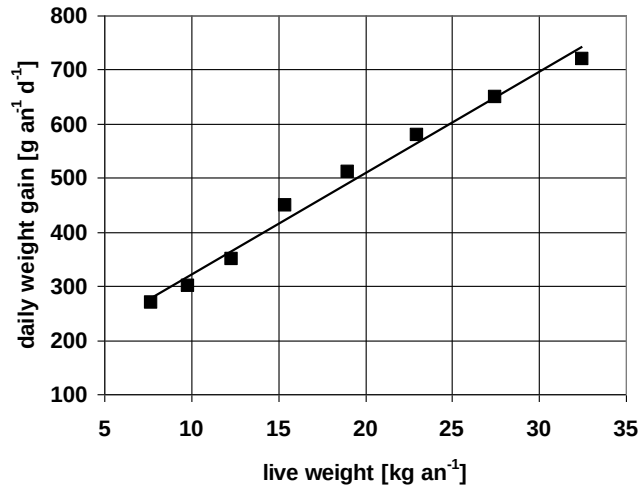


Figure 5.1: Weaners, weight gain as a function of live weight.  
Variable data: LfL (2004b); solid line: linear approximation.

The constant of proportionality,  $c_{we}$ , is obtained as  $c_{we} = 0.6216$  from the following data evaluation:

Die Proportionalitätskonstante  $c_{we}$  lässt sich aus einer Datenauswertung zu  $c_{we} = 0,6216$  errechnen:

$$c_{we} = \frac{1}{\Delta t_{we, KTBL}} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( w_{we, fin, i} - w_{we, start, i} \right) \cdot \left( \frac{\Delta w_{fp}}{\Delta t} \right)_i^{-1} \quad (5.15)$$

where

|                          |                                                                                                                                                           |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $c_{we}$                 | constant                                                                                                                                                  |
| $n$                      | total number of original data sets available from the federal-state data base for the years 1990 to 2008                                                  |
| $i$                      | running index                                                                                                                                             |
| $w_{we, fin, i}$         | weaner weight at the end of the production period (in kg animal <sup>-1</sup> ), see above                                                                |
| $w_{we, start, i}$       | weaner weight at the beginning of the production period, i. e. piglet weight at weaning (in kg animal <sup>-1</sup> ), see Table 1                        |
| $\Delta t_{we, KTBL}$    | typical duration of weaner production period (national mean, excluding service times) as provided by KTBL (2004), pg. 466 ( $\Delta t_{we, KTBL} = 48$ d) |
| $\Delta w_{fp}/\Delta t$ | mean daily weight gain of fattening pigs (in g animal <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see above                                                          |

Using  $c_{we} = 0.6216$ , the daily weaner weight gain rates vary between 377 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> and 466 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, depending on federal state and year. The national mean for 1990 to 2006 is 420 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, which is identical with the typical value given by KTBL (2004), pg. 465.

Setzt man  $c_{we} = 0,6216$ , so ergeben sich als tägliche Gewichtszunahmen für Aufzuchtferkel Werte zwischen 377 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> und 466 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> in Abhängigkeit von Bundesland und Jahr. Als Mittelwert für die gesamte Bundesrepublik und die Jahre 1990 bis 2006 ergeben sich 420 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Dieser Wert wird in KTBL (2004), S. 465 als typischer Wert angesehen.

The calculated duration of weaner production,  $\tau_{we}$ , is between 40 and 59 d ro<sup>-1</sup> (for the original data without data gap closure), a range similar to that reported by KTBL (2004), pg. 466, of 45 to 60 d ro<sup>-1</sup>.

Die berechnete Dauer der Aufzuchtferkelproduktion  $\tau_{we}$  beträgt 40 bis 59 d ro<sup>-1</sup> (Originaldaten ohne Schließung der Datenlücken). Dies entspricht dem in KTBL (2004), S. 466, angegebenen Wert von 45 bis 60 d ro<sup>-1</sup>.

### 5.4.1.3 Number of production cycles per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr

The number of production cycles per year,  $n_{\text{round}}$ , results from the duration of the fattening period and the time for disinfection. The latter is assumed to last for 8 d  $\text{ro}^{-1}$  (KTBL, 2004, pg. 465).

$$n_{\text{round}} = \frac{\alpha}{\tau_{\text{we}} + \tau_{\text{service}}} \quad (5.16)$$

where

|                         |                                                                                   |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| $n_{\text{round}}$      | number of animal rounds (in $\text{cy} = \text{an pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )       |
| $\tau_{\text{we}}$      | duration of weaner production cycle (in $\text{d ro}^{-1}$ ), see Chapter 5.4.1.2 |
| $\tau_{\text{service}}$ | duration of cleansing period (in $\text{d ro}^{-1}$ ), see above                  |

### 5.4.2 Energy requirements / Energiebedarf

For weaners, the metabolic energy (ME) requirements comprise the requirements for both maintenance and growth. The calculation in the inventory is based on the recommendations in GfE (2006). These recommendations can be combined to a general formula describing the total ME requirements for the growth between two animal weights  $w_{\text{we},0}$  und  $w_{\text{we},1}$  (Haenel, 2011a):

Bei Aufzuchtferkeln umfasst der Bedarf an umsetzbarer Energie (ME) den Bedarf für Erhaltung und Zuwachs. Der Berechnung im Inventar liegen die Empfehlungen von GfE (2006) zugrunde. Diese können zu einer allgemeinen Formel kombiniert werden, die den ME-Gesamtbeford für das Wachstum zwischen zwei Tiergewichten  $w_{\text{we},0}$  und  $w_{\text{we},1}$  beschreibt (Haenel, 2011a):

$$\Sigma \text{ME}_{\text{we}}(w_{\text{we},0}, w_{\text{we},1}) = \eta_{\text{ME}, \text{m}, \text{we}} \cdot \frac{w_{\text{unit}}^2}{1.75 \cdot (\Delta w / \Delta t)_{\text{we}}^*} \cdot \left[ \left( \frac{w_{\text{we},1}}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} - \left( \frac{w_{\text{we},0}}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} \right] + \eta_{\text{ME}, \text{g}, \text{we}}^* \cdot (w_{\text{we},1} - w_{\text{we},0}) \quad (5.17)$$

where

|                                         |                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Sigma \text{ME}(w_0, w_1)$            | ME required for the fattening phase between the weights $w_0$ and $w_1$ (in $\text{MJ an}^{-1} \text{ME}$ )                                                                  |
| $\eta_{\text{ME}, \text{m}, \text{we}}$ | specific metabolisable energy required for maintenance ( $\eta_{\text{ME}, \text{m}, \text{we}} = 1.25 \cdot 0.44 \text{ MJ kg}^{-1} \text{d}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 23) |
| $w_{\text{unit}}$                       | unit weight ( $w_{\text{unit}} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )                                                                                                                     |
| $w_{\text{we},0}, w_{\text{we},1}$      | animal weights limiting a special fattening phase, with $w_{\text{we},0} < w_{\text{we},1}$ (in $\text{kg an}^{-1} \text{ME}$ )                                              |
| $(\Delta w / \Delta t)_{\text{we}}^*$   | mean daily weight gain during the entire fattening period (in $\text{kg an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )                                                                            |

and

$$\eta_{\text{ME}, \text{g}, \text{we}}^* = \frac{\alpha_{\text{p}, \text{we}}}{k_{\text{p}, \text{we}}} \cdot P_{\text{we}} + \frac{\alpha_{\text{f}, \text{we}}}{k_{\text{f}, \text{we}}} \cdot \left( a_{\text{F}, \text{we}} + b_{\text{F}, \text{we}} \cdot \frac{w_{\text{we},0} + w_{\text{we},1}}{2} \right) \quad (5.18)$$

where

|                                           |                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\eta_{\text{ME}, \text{g}, \text{we}}^*$ | effective specific metabolizable energy required for growth, to be used for the entire fattening period (in $\text{MJ kg}^{-1} \text{ME}$ ) |
| $\alpha_{\text{p}, \text{we}}$            | energy content of protein ( $\alpha_{\text{p}, \text{we}} = 23.8 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ME}$ , see GfE, 2006, pg. 32)                     |
| $\alpha_{\text{f}, \text{we}}$            | energy content of fat ( $\alpha_{\text{f}, \text{we}} = 39.7 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ME}$ , see GfE, 2006, pg. 33)                         |
| $k_{\text{p}, \text{we}}$                 | partial efficiency ( $k_{\text{p}, \text{we}} = 0.7 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 33)                                            |
| $k_{\text{f}, \text{we}}$                 | partial efficiency ( $k_{\text{f}, \text{we}} = 0.7 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2000, pg. 33)                                            |
| $P_{\text{we}}$                           | constant ratio of protein gain to weight gain ( $P_{\text{we}} = 0.17 \text{ kg kg}^{-1}$ , see GfE, 2000, pg. 29)                          |
| $a_{\text{F}, \text{we}}$                 | constant ( $a_{\text{F}, \text{we}} = 0.08 \text{ kg kg}^{-1}$ )                                                                            |
| $b_{\text{F}, \text{we}}$                 | constant ( $b_{\text{F}, \text{we}} = 0.003 \text{ kg}^{-1} \text{an}$ )                                                                    |
| $w_{\text{we},0}, w_{\text{we},1}$        | animal weights limiting a special fattening phase, with $w_{\text{we},0} < w_{\text{we},1}$ (in $\text{kg an}^{-1} \text{ME}$ )             |

Note that the above given procedure to calculate the cumulative ME requirements is based on the assumption that, other than displayed in Figure 5.1, the daily weight gain rate is not a function of the animal weight and can be taken as a constant mean value. Exemplary calculations have shown that the effect of this simplification is negligible.

Zu beachten ist, dass die oben angegebene Prozedur zur Berechnung des kumulativen ME-Bedarfs auf der Annahme einer konstanten, d. h. im Gegensatz zu in Figure 5.1 nicht vom Lebendgewicht abhängigen mittleren täglichen Gewichtszunahme beruht. Beispielrechnungen haben aber gezeigt, dass die Auswirkung dieser Vereinfachung vernachlässigbar ist.

#### 5.4.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Weaners are fed in two phases. The change from phase 1 to phase 2 is at an approximate weight of 12 kg an<sup>-1</sup>.

Typical properties of the phase feeding are listed in Table 5.16.

The feed composition in the New Länder in the years after the German unification did not differ in principle from that listed in Table 5.16 (expert judgement Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

N reduced feeding of fattening pigs is possible. However, it is of minor relevance (Expert judgement Küster, LWK Niedersachsen) and no reliable data are available. Hence, N reduced feed is not considered in the inventory.

Aufzuchtferkel werden in zwei Phasen gefüttert. Die Grenze zwischen den beiden Phasen wird durch ein Tiergewicht von 12 kg an<sup>-1</sup> definiert.

Typische Eigenschaften der Phasenfütterung gehen aus Table 5.16 hervor.

In den neuen Bundesländern unterschied sich auch unmittelbar nach der Wende das Futter nicht von dem in Table 5.16 angegebenen (Expertenschätzung Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

Eine mögliche N-reduzierte Fütterung von Aufzuchtferkeln wird wegen geringer Bedeutung (Expertenurteil Küster, LWK Niedersachsen) und entsprechend unsicherer Datenlage im Inventar nicht berücksichtigt.

Table 5.16: Weaners, diets used in the inventory, and their properties

( $X_{DE}$ : digestibility of energy;  $X_{ME}$ : metabolisability;  $\eta_{ME}$ : content of metabolisable energy, related to dry matter;  $X_{DOM}$ : digestibility of organic matter;  $x_N$ : N content of normal feed, related to dry matter;  $x_{N, red}$ : N content of N reduced feed, related to dry matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to dry matter)

| Feed type | Phase | Major components                                       | $X_{DE}^a$<br>in MJ MJ <sup>-1</sup> | $X_{ME}^a$<br>in MJ MJ <sup>-1</sup> | $\eta_{ME}^a$<br>MJ kg <sup>-1</sup><br>ME | $x_N^a$<br>in kg kg <sup>-1</sup> | $x_{N, red}$<br>in kg kg <sup>-1</sup> | $X_{DOM}^a$<br>in kg kg <sup>-1</sup> | $x_{ash}^a$<br>in kg kg <sup>-1</sup> |
|-----------|-------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| weaners A | 1     | wheat, barley, soybeans and soybean meal, maize        | 0.8626                               | 0.8524                               | 14.0                                       | 0.0290                            | -                                      | 0.89                                  | 0.058                                 |
| weaners B | 2     | wheat, barley, soybeans (full fat), maize, soybean oil | 0.8498                               | 0.8064                               | 13.8                                       | 0.0266                            | -                                      | 0.88                                  | 0.057                                 |

<sup>a</sup> Source: Feed composition according to deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, private communication; energy and protein/nitrogen contents according to Beyer et al. (undated) and LfL (2004b).

The daily intakes of feed, nitrogen, and gross energy ( $GE_{we}$ ) are averaged over both feeding phases by analogy to the method described in Chapter 5.3.3. Digestibility  $X_{DE}$  and metabolizability  $X_{ME}$  are obtained by analogy.

Die über beide Phasen gemittelte tägliche Aufnahme an Futter, Stickstoff und Gesamtenergie  $GE_{we}$  analog zu Kapitel 5.3.3 beschrieben berechnet. Entsprechendes gilt auch für die Verdaulichkeit  $X_{DE}$  und die Umsetzbarkeit  $X_{ME}$ .

#### 5.4.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2 is used. This methods needs the gross energy intake (see Chapter 5.4.3) and the methane conversion factor  $x_{CH_4, GE}$  as input.

The methane conversion rate for pigs in developed countries of 0.006 MJ MJ<sup>-1</sup> is given in IPCC(1996)-3-4.35. (IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{CH_4, ent}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. Normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 5.4.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{CH_4, GE}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor von 0,006 MJ MJ<sup>-1</sup> ist IPCC(1996)-3-4.35 (Schweine, entwickelte Staaten) entnommen. (Ein entsprechender Faktor wird in IPCC(2006) nicht bereitgestellt.)

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{CH_4, ent}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.



#### 5.4.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

A Tier 2 approach is used to treat CH<sub>4</sub> emissions from manure management (cf. Chapter 3.3.4.1).

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

The necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents as listed in Table 5.16. The national mean digestibility of organic matter for 2010 is 0.88 kg kg<sup>-1</sup>, the national mean ash content (related to dry matter) für 2010 amounts to 0.057 kg kg<sup>-1</sup>.

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 5.2 (see Chapter 5.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.4.6.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationen in Table 5.16. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei 0,88 kg kg<sup>-1</sup>, das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei 0,057 kg kg<sup>-1</sup> (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren (MCF) für die einzelnen Lagerungssysteme sind Table 5.2 in Kapitel 5.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.4.6 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 5.4.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of N<sub>org</sub> and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von N<sub>org</sub> und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 5.4.6.1 N excretion / N-Ausscheidung

The amount of N taken in with feed is calculated using typical diet composition and amounts of feed. The amount of N retained is subtracted (N content of weaners' bodies: 0.0256 kg kg<sup>-1</sup>; LfL, 2004a).

Die mit dem Futter aufgenommene N-Menge wird für typische Futterzusammensetzungen und –mengen leistungsbezogen berechnet. Hiervon wird die im Körper verbleibende N-Menge abgezogen (N-Gehalt des Gesamtkörpers 0,0256 kg kg<sup>-1</sup>; LfL, 2004a).

$$m_{\text{excr}} = n_{\text{round}} \cdot (m_{\text{F, FD}} \cdot x_{\text{N}} - \Delta w_{\text{we}} \cdot x_{\text{N, pig}}) \quad (5.19)$$

where

|                        |                                                                                                             |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{excr}}$      | amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                       |
| $n_{\text{round}}$     | number of animal rounds (in cy = an pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.4.1.3                 |
| $m_{\text{F, DM}}$     | daily feed intake of a sow, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.4.3         |
| $x_{\text{N}}$         | nitrogen content of normal diet (in kg kg <sup>-1</sup> N), see Chapter 5.4.3                               |
| $\Delta w_{\text{we}}$ | weight gain (in kg an <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.4.1.2                                                  |
| $x_{\text{N, pig}}$    | nitrogen content of a pig's body ( $x_{\text{N, pig}} = 0.0256 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ) (LfL, 2004a) |

The content of ammoniacal N (TAN) is calculated (see Chapter 3.3.4.3.4). It amounts to about the value given by Döhler et al. (2002), which is 66 % of the N excreted.

Der TAN-Gehalt wird berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.3.4). Er liegt im Bereich des von Döhler et al. (2002) angegebenen Wertes von 66 % der ausgeschiedenen N-Menge.

#### 5.4.6.2 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts are given in Table 5.17. For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Die eingetragenen N-Mengen sind in Table 5.17 angegeben. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Table 5.17: Weaners, N inputs with straw in German weaner houses (straw based systems)

| Housing type              | Haltungssystem          | straw input <sup>a</sup><br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | dry matter (DM)<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | N input (in DM)<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | TAN<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| straw based system        | strohbasierendes System | 0.15 <sup>a, b</sup>                                            | 0.13                                                   | $0.75 \cdot 10^{-3}$                                   | $0.37 \cdot 10^{-3}$                       |
| deep bedding, straw based | Tiefstreu, strohbasiert | 0.20 <sup>c</sup>                                               | 0.17                                                   | $1.0 \cdot 10^{-3}$                                    | $0.50 \cdot 10^{-3}$                       |

<sup>a</sup> KTBL (2006a), pg. 577; <sup>b</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 581; <sup>c</sup> KTBL (2006a), pg. 585

#### 5.4.6.3 *Frequency distribution of housing systems / Häufigkeitsverteilung der Stalltypen*

The frequency distribution of housing, storage and application methods is the same as for fattening pigs (see Chapter 5.5.5).

Die Häufigkeit der Haltungsverfahren, der Lagerungsverfahren und der Ausbringungsverfahren entspricht der von Mastschweinen (siehe Kapitel 5.5.5).

#### 5.4.6.4 *Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“*

For the specific housing systems, national NH<sub>3</sub> emission factors are adopted from fattening pig housing systems (see Chapter 5.5.6.3).

Es werden nationale haltungsspezifische NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren aus der Mastschweinehaltung übernommen (siehe Kapitel 5.5.6.3).

The mitigation of NH<sub>3</sub> emissions by air scrubbers is taken into account in districts with air scrubber-equipped pig husbandry, see Chapter 3.4.5.2.

Die NH<sub>3</sub>-Emissionen mindernde Wirkung von in manchen Kreisen in der Schweinehaltung vorhandenen Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, siehe Kapitel 3.4.5.2.

#### 5.4.6.5 *Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“*

The partial emission factors for storage and application (spreading) are the same for all pig sub-categories (see Table 5.3 to Table 5.7).

Die partiellen Emissionsfaktoren für die Lagerung und Ausbringung sind für alle Schweine gleich (vgl. Table 5.3 bis Table 5.7).

#### 5.4.7 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

EMEP(2009) does not provide PM emission factors for weaners. Hence, the values given in EMEP(2007)-B1100-5 are retained, see Table 5.18. For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in 4.3.7.5.3 and 4.3.7.7.

The mitigation of PM emissions by air scrubbers is taken into account in districts with air scrubber-equipped pig husbandry, see Chapter 3.4.5.2.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

EMEP(2009) gibt für Aufzuchtferkel keine PM-Emissionsfaktoren an. Deshalb werden die in EMEP(2007)-B1100-5 vorgeschlagenen Werte weiter verwendet, siehe Table 5.18. Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in den Kapiteln 4.3.7.5.3 und 4.3.7.7 entnommen.

Die PM-Emissionen mindernde Wirkung von in manchen Kreisen in der Schweinehaltung vorhandenen Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, siehe Kapitel 3.4.5.2.

Table 5.18: Weaners, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing

| Housing type | Haltungssystem | Emission factor for PM <sub>10</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | Emission factor for PM <sub>2.5</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> |
|--------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| straw based  | strohbasierend | n.a.                                                                        | n.a.                                                                         |
| slurry based | güllebasiert   | 0.18                                                                        | 0.029                                                                        |

Source: EMEP(2007)-B1100-5

#### 5.4.8 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 5.19: Weaners, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.10    |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.10    |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.10    |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.60    | EM1009.62    |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.138   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.10    |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.34    |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.11    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.10   |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.10   |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.09   |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.54   | IEF1009.56   |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.105  |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.09   |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.31   |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005PSH.23 | AI1005PSH.44 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.32      | EXCR.34      |

## 5.5 Fattening pigs / Mastschweine

Fattening pigs are all pigs in the final fattening stages, i.e. with weights above about 28 kg an<sup>-1</sup> till slaughtering (ca. 105 bis 120 kg an<sup>-1</sup> live weight).

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 5.20.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Als Mastschweine werden alle Schweine bezeichnet, die von Gewichten ab größenordnungsmäßig 28 kg an<sup>-1</sup> bis zur Schlachtreife (etwa 105 bis 120 kg an<sup>-1</sup>) gehalten werden.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.20 zusammengestellten Methode.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 5.20: Fattening pigs, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation | 2    | IPCC / national | district            | states   | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 3    | EMEP / national | district            | district | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP            | district            | national | 1 a                |

### 5.5.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 5.5.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The animal numbers relevant for the inventory can be obtained from the statistical data available (StatLA C III 1 –vj 4) taking into account that the number of piglets of a weight greater than or equal to the officially given value of 20 kg has to be subtracted (Haenel et al, 2011b):

Die im Inventar zu verwendenden Tierzahlen können aus den statistisch verfügbaren Daten (StatLA C III 1 –vj 4) berechnet werden, wobei allerdings noch die Anzahl der Ferkel mit einem Gewicht größer oder gleich der offiziellen Tiergewichtsgrenze von 20 kg zu subtrahieren ist (Haenel et al., 2011b):

$$n_{fp} = n_N + n_O + n_P + n_Q - n_{\text{piglets}+} \quad (5.20)$$

where

|                       |                                                                                         |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| $n_{fp}$              | number of fattening pigs considered                                                     |
| $n_N$ etc.            | animal numbers of type N (etc.) in the German census (see Table 5.1)                    |
| $n_{\text{piglets}+}$ | number of piglets exceeding the piglet number in the German census, see Chapter 5.4.1.1 |

On the national scale, the standard error for the number of animal places of the subcategories “sows”, “weaners” and “fattening pigs” is lower than 2 % according to German official statistics. Larger standard errors may exist for single federal states. However, as emission reporting is on the national level, the standard error for subcategory “fattening pigs” is fixed to 2 %, accordingly the uncertainty as half the 95 % confidence intervall to 4 %. A normal distribution is assumed.

Auf Deutschlandebene wird der Standardfehler für diejenigen Tiere, die in die Inventarkategorien „Sauen“, „Aufzuchtferkel“ und „Mastschweine“ fallen, durch das Statistische Bundesamt mit „bis unter 2 %“ beziffert. In den einzelnen Bundesländern können auch höhere Standardfehler auftreten. Da die Emissionsberichterstattung auf nationaler Ebene erfolgt, wird für „Mastschweine“ ein Standardfehler von 2 % angesetzt, d. h. 4 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall (Normalverteilung).

#### 5.5.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

Official German statistics do not report weights (initial and final live weight) and weight gains of fattening pigs.

Hence, the inventory uses data published by pig producers' associations and data available in agricultural reports of the various federal states (Table 5.21 to Table 5.23). These times series partially exhibit data gaps, especially in the new federal states. No data is available for the City States Hamburg, Bremen and Berlin.

Tiergewichte (Anfangs- und Endgewicht) und Gewichtszunahmen von Mastschweinen werden von der offiziellen deutschen Statistik nicht berichtet.

Daher werden die von den Schweineproduzenten veröffentlichten Daten sowie Daten aus Agrarberichten der verschiedenen Bundesländern verwendet (Table 5.21 bis Table 5.23). Diese Zeitreihen weisen teilweise Lücken auf (vor allem in den neuen Bundesländern). Für die Stadtstaaten Hamburg, Bremen und Berlin sind keine Daten verfügbar.

Table 5.21: Fattening pigs, weight at beginning of the fattening period (in kg an<sup>-1</sup>)

|    | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| BW | 28   | 28   | 28   | 28   | 29   | 29   | 30   | 29   | 29.3 |      | 29.9 |      | 29.5 |      | 30   | 30   | 30.9 | 32.3 | 32.3 | 31.4 | 31.7 | 32.2 |
| BY | 27   | 28   | 28   | 28   | 29   | 29   | 29   | 29   | 29   | 29   | 29.4 | 29.6 | 29.8 | 28.3 |      |      | 30.4 | 30   | 30.8 |      | 30.7 | 30.8 |
| BB |      |      |      |      |      |      |      | 27   | 27   | 27   | 27   | 27   | 27   |      |      |      | 28   | 28   | 28.2 |      |      |      |
| HE | 26   | 27   | 27   | 27   | 27   | 28   | 28   | 28   | 28   | 29   | 29   | 29   | 30   |      |      |      | 30   | 30   | 31   | 30   | 30   | 31   |
| MV |      |      |      |      |      |      |      | 28   | 27   | 27   | 27   | 27   | 27   |      |      |      | 28.8 | 29   | 29.8 |      |      | 29.3 |
| NI | 25.5 | 26   | 26   | 27   | 28   | 28.5 | 28.5 | 28.5 | 28.5 | 29   | 29   | 29   | 28.5 | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30.3 | 29.8 | 29.8 | 30.0 |
| NW | 24   | 24   | 25   | 26   | 27   | 27   | 27   | 28   | 28   | 28   | 28   | 28   | 28   | 28   | 28   | 29   | 29.1 | 30   | 29.2 | 28.9 | 28.9 | 29.1 |
| RP | 25   | 26   | 26   | 27   | 28   | 28   | 28   | 29   | 28   | 29   | 30   | 31   | 33   | 31   | 32   | 32.3 | 33.5 | 33.5 | 32.9 | 33.9 | 33.9 | 32   |
| SL | 25   | 26   | 26   | 27   | 28   | 28   | 28   | 29   | 28   | 29   | 30   | 31   | 33   | 31   |      |      |      |      |      |      |      |      |
| SN |      |      |      | 28   | 27   |      |      | 28   | 28   | 28   | 27   | 27   | 27   |      |      |      | 28.8 | 29.8 | 28.5 |      |      | 30.0 |
| ST |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 27.5 | 28.6 |      | 29.2 |
| SH | 25   | 25   | 26   | 26   | 27   | 28   | 28   | 28   | 28   | 28   | 28   | 28   | 28   | 29   | 29   | 29.5 | 29.8 | 30   | 30.7 | 30.6 | 30.6 | 30.9 |
| TH |      |      |      |      |      |      | 28   | 27   | 28   | 28   | 28   | 27   | 27   |      |      |      | 28.0 | 28.5 | 27.5 | 28.9 | 29.8 | 29.1 |

Sources: Asse & Zacharias (2011); BD (2011); LKV (2003, 2011); LKV-ST (2011); LSZ (2007, 2008a, 2009a); LWK-SH (2010, 2011); Scholz & Zacharias (2008); SMUL (2008, 2009) ThLMNU (2002, 2009), TLL (2011); ZDS, various years

Table 5.22: Fattening pigs, final weight after fattening (live weight, in kg an<sup>-1</sup>)

|    | 1990  | 1991 | 1992  | 1993  | 1994 | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  |
|----|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| BW | 106   | 106  | 106   | 109   | 110  | 110   | 112   | 112   | 113   | 114   | 113   | 114   | 116   | 117   | 118   |       | 119   | 119   | 119   | 119.4 | 120   | 120.3 |
| BY | 105   | 106  | 106   | 108   | 109  | 111   | 111   | 113   | 114   | 115   | 114.4 | 114.9 | 116   | 116.3 | 117   | 117   | 118   | 118   | 117.6 | 118   | 118.5 | 120.5 |
| BB |       |      |       |       |      |       |       | 115   | 113   | 114   | 113   | 115   | 114   |       |       |       | 115   | 115   | 115.6 | 115.7 | 116   | 117.1 |
| HE | 107   | 106  | 109   | 112   | 111  | 114   | 114   | 113   | 116   | 116   | 116   | 117   | 119   |       |       |       | 121   |       | 121   | 121   | 121   | 122   |
| MV |       |      |       |       |      |       |       | 113   | 113   | 115   | 115   | 116   | 117   |       |       |       | 117   | 117   | 116.2 | 116.8 | 117.5 | 117.8 |
| NI | 109.5 | 110  | 110.5 | 112.5 | 116  | 116.5 | 117   | 117   | 118   | 117   | 116   | 116.5 | 117.5 | 118   | 118.5 | 118.6 | 119.7 |       | 119   | 119.5 | 119.5 | 120.7 |
| NW | 109   | 111  | 112   | 114   | 115  | 117   | 118   | 119   | 119   | 118   | 118   | 119   | 120   | 120   | 120   | 119.8 | 119.8 | 120   | 120   | 120.9 | 120.9 | 121.4 |
| RP | 106   | 107  | 107   | 107   | 109  | 110   | 111   | 113   | 114   | 115   | 114   | 114   | 117   | 117   | 118   | 118   | 119.1 | 119   | 116.4 | 116.9 | 116.9 | 119.0 |
| SL | 106   | 107  | 107   | 107   | 109  | 110   | 111   | 113   | 114   | 115   | 114   | 114   | 117   | 117   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| SN |       |      |       | 116   | 109  |       | 111.3 | 113.4 | 114.4 | 113.9 | 114.6 | 114.5 | 115.0 | 116.2 | 115.7 | 115.7 | 116.4 | 116.8 | 116.8 | 117.5 | 118.3 | 118.8 |
| ST |       |      |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 117.5 | 117.5 | 117.9 |       |
| SH | 106   | 109  | 110   | 112   | 114  | 117   | 117   | 117   | 117   | 117   | 116   | 117   | 117   | 118   | 118   | 118.4 | 119   | 119   | 118.3 | 119.1 | 120.2 | 119.9 |
| TH |       |      |       |       |      |       | 113   | 112   | 119   | 113   | 113   | 116   | 115   |       |       |       | 117   | 118   | 116.1 | 118.3 | 119.2 | 117.7 |

Sources: Asse & Zacharias (2011); BD (2011); LKV (2003, 2011); LKV-ST (2009, 2010, 2011); LSZ (2007, 2008a, 2009a); LWK-SH (2010, 2011); MLUR-BB (2002); Scholz & Zacharias (2008); Segger (2005b); SLL (2004); SMUL (2002, 2008, 2009, 2010, 2012); ThMLNU (2002, 2009), TLL (2011); TMLFUN (2011); ZDS, various years

Table 5.23: Fattening pigs, weight gain during fattening (in g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)

|    | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| BW | 627  | 627  | 623  | 634  | 638  | 632  | 641  | 643  | 660  | 670  | 671  | 681  | 684  |      | 688  | 679  | 688  | 701  | 701  | 708  | 708  | 723  |
| BY | 653  | 656  | 651  | 649  | 653  | 656  | 658  | 664  | 672  | 685  | 684  | 695  | 699  | 697  | 695  | 702  | 705  | 705  | 709  | 725  | 740  | 758  |
| BB |      |      |      |      |      |      | 620  | 647  | 647  | 652  | 654  | 671  | 675  |      |      | 689  | 704  | 709  | 718  | 734  | 750  | 767  |
| HE | 651  | 650  | 641  | 647  | 665  | 657  | 661  | 645  | 665  | 675  | 683  | 695  | 695  |      | 702  | 704  | 715  | 721  | 719  | 117  | 743  | 744  |
| MV |      |      |      |      |      |      |      | 656  | 656  | 677  | 676  | 683  | 689  |      |      |      | 749  | 749  | 752  | 771  | 796  | 799  |
| NI | 647  | 645  | 648  | 656  | 651  | 653  | 671  | 672  | 685  | 693  | 704  | 711  | 702  | 696  | 700  | 717  | 724  |      | 730  | 747  | 747  | 776  |
| NW | 638  | 637  | 641  | 650  | 658  | 664  | 671  | 687  | 704  | 716  | 722  | 728  | 716  | 720  | 721  | 729  | 728  | 724  | 732  | 752  | 752  | 764  |
| RP | 643  | 648  | 643  | 627  | 645  | 646  | 647  | 656  | 665  | 688  | 707  | 707  | 683  | 693  | 707  | 694  | 721  | 721  | 708  | 731  | 731  | 735  |
| SL | 643  | 648  | 643  | 627  | 645  | 646  | 647  | 656  | 665  | 688  | 707  | 707  | 683  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| SN |      |      |      | 607  | 621  |      | 627  | 647  | 668  | 680  | 699  | 697  | 709  | 716  | 711  | 729  | 749  | 766  | 781  | 789  | 814  | 825  |
| ST |      |      |      |      |      |      |      | 676  | 684  | 686  | 681  | 687  | 671  | 687  | 704  | 724  | 721  | 735  | 734  | 782  | 740  | 797  |
| SH | 634  | 641  | 647  | 651  | 666  | 675  | 688  | 697  | 708  | 726  | 732  | 738  | 740  | 735  | 731  | 735  | 750  | 750  | 760  | 775  | 792  | 788  |
| TH |      |      |      |      |      |      | 653  | 646  | 657  | 658  | 671  | 675  | 691  |      |      |      | 737  | 752  | 773  | 788  | 807  | 818  |

Sources: Asse & Zacharias (2011); BD (2011); HMULV (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011); LKV (2003, 2011); LKV-ST (2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011); LSZ (2007, 2008a, 2009a); LWK-SH (2010, 2011); MLUR-BB (2002); MLUV-BB (2007, 2008); Scholz & Zacharias (2008); Segger (2005b); SLL (2004); SMUL (2002, 2008, 2009, 2010, 2012); ThMLNU (2002, 2009); TLL (2011); TMLFUN (2011); ZDS, various years

Data gaps within and at the end of a time series are closed by keeping the last given value. The completely missing time series for Sachsen-Anhalt is replaced by that of Thüringen, as fattening conditions are similar in both federal states. The same applies to Saarland where data from Rheinland-Pfalz are used for gap closing.

Datenlücken innerhalb und am Ende einer Zeitreihe werden durch Fortschreibung geschlossen. Die komplett fehlende Zeitreihe für Sachsen-Anhalt wird durch Übernahme der Zeitreihe von Thüringen generiert, da die Schweinemast in beiden Bundesländern vergleichbar ist. Anloges gilt für die Zeitreihe des Saarlandes durch die Übernahme der Daten von Rheinland-Pfalz.

Data gaps for the new federal states (Neue Bundesländer) at the beginning of the time series are closed as follows: In the year 1990, initial and final animal weights exceeded those in the old federal states (Alte Bundesländer), but the weight gains were smaller. An expert judgement (Schnabel, Rönsch, Bodenstein) was necessary, as official data were misleading. For 1990, a uniform weight of 35 kg an<sup>-1</sup> was assumed for the beginning of fattening together with a final weight of 115 kg an<sup>-1</sup>. The weight gain was set to 550 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. From 1991 onwards until official data was available again, the data of Hessen were applied to describe the situation in the new federal states.

For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg.

Die Datenlücken zu Beginn der Zeitreihen in den neuen Bundesländern werden wie folgt geschlossen: Die Schweinemast in diesen Bundesländern änderte sich nach 1990 erheblich. Im Jahre 1990 waren die Tiergewichte am Anfang und am Ende der Mast in diesen Ländern deutlich höher als in den alten Bundesländern, die Gewichtszunahmen deutlich geringer. Daher wurden für 1990 einheitlich 35 kg an<sup>-1</sup> für den Anfang der Mast und 115 kg an<sup>-1</sup> für das Ende der Mast angenommen (typische Gewichtszunahme: 550 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>). Von 1991 an bis zur Verfügbarkeit eigener Werte werden die Daten für Hessen für alle neuen Bundesländer übernommen. (Expertenurteil Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

Für die Stadtstaaten werden bei Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

### 5.5.1.3 Number of rounds per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr

Up to submission 2011 (see Rösemann et al., 2011), the annual number of production rounds was calculated from initial and final weights, mean daily weight gain and an assumption for the cleansing time between subsequent production rounds. This was necessary as no data were available on the number of production rounds.

According to a survey on federal state level in 2010 (Dämmgen et al., 2011b), the actual numbers of production rounds are lower than the values calculated earlier. Table 5.24 displays the numbers of production rounds (aggregated on national level) for Submission 2011 as well as Submission 2012 (the latter representing also later submissions).

Bis einschließlich Submission 2011 (siehe Rösemann et al., 2011) wurde die jährliche Anzahl an Mastdurchgängen aus Anfangsgewicht, Mastendgewicht, mittlere tägliche Zunahme und angenommener Stallreinigungsdauer zwischen aufeinanderfolgenden Durchgängen berechnet, da keine Daten zur Durchgangszahl vorlagen.

Nach einer im Jahr 2010 vorgenommenen Umfrage in den Bundesländern (Dämmgen et al., 2011b) sind die tatsächlichen Durchgangszahlen niedriger als die früher berechneten Werte. Table 5.24 zeigt die auf Bundesebene aggregierten Durchgangszahlen für Submission 2011 sowie Submission 2012 (stellvertretend für alle späteren Submissionen).

Table 5.24: Fattening pigs, national mean of annual number of production cycles (in ro a<sup>-1</sup>) in Submissions 2011 and 2012

|          | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sub 2011 | 2.64 | 2.81 | 2.75 | 2.68 | 2.74 | 2.69 | 2.68 | 2.70 | 2.70 | 2.77 | 2.82 | 2.81 | 2.79 | 2.78 | 2.79 | 2.81 | 2.87 | 2.89 | 2.92 | 2.95 |
| Sub 2012 | 2.40 | 2.45 | 2.43 | 2.42 | 2.44 | 2.41 | 2.44 | 2.45 | 2.49 | 2.50 | 2.56 | 2.57 | 2.56 | 2.52 | 2.56 | 2.56 | 2.59 | 2.61 | 2.63 | 2.63 |

Sources: see text.

The differences displayed in Table 5.24 lead to a decrease of total emissions.

For the emission calculations from 2009 onwards the time series of the numbers of production rounds on federal state level will be completed by adoption of the respective 2009 data. This approach assumes that the husbandry conditions do not change significantly compared to the 2009 situation.

Daraus ergibt sich im Vergleich zur früheren Modellversion eine Verringerung der Gesamtemissionen.

Zur Emissionsberechnung über das Jahr 2009 hinaus werden (bis zu einer Folgerhebung) die Zeitreihen der in den Bundesländern erhobene Durchgangsdauern durch Übernahme der Werte von 2009 ergänzt. Dieser Ansatz beruht auf der Annahme, dass sich die Mastbedingungen von Jahr zu Jahr nicht wesentlich ändern.

### 5.5.2 Energy requirements / Energiebedarf

The energy requirements of fattening pigs are calculated according to the recommendations in GfE (2006), cf. Haenel et al. (2011a). These recommendations refer to animal weights from 30 kg an<sup>-1</sup> to 100 kg an<sup>-1</sup>, but are used in the inventory for all fattening pigs ( $\leq 30$  kg an<sup>-1</sup> bis  $\geq 100$  kg an<sup>-1</sup>).

Metabolic energy (ME) requirements comprise the requirements for both maintenance and growth:

Der Energiebedarf von Mastschweinen wird nach den Empfehlungen in GfE (2006) berechnet, vgl. Haenel et al. (2011a). Die Angaben in GfE (2006) gelten für Tiergewichte von 30 kg an<sup>-1</sup> bis 100 kg an<sup>-1</sup> werden im Inventar aber für alle Mastschweine verwendet ( $\leq 30$  kg an<sup>-1</sup> bis  $\geq 100$  kg an<sup>-1</sup>).

Der Bedarf an umsetzbarer Energie (ME) umfasst den Bedarf für Erhaltung und Zuwachs:

$$\Sigma ME = \sum_{j=1}^{k_{fin}} \tau_{day} \cdot ME_{m,j} + \sum_{j=1}^{k_{fin}} \tau_{day} \cdot ME_{g,j} \quad (5.21)$$

where

|                                    |                                                                                                     |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Sigma ME$                        | total metabolizable energy for the fattening-period (in MJ an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ME)    |
| $\tau_{day}$                       | unit time period ( $\tau_{day} = 1 \text{ d ro}^{-1}$ )                                             |
| $ME_j$                             | total metabolizable energy requirements for day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)       |
| j                                  | index of day                                                                                        |
| $k_{fin}$                          | number of final day of fattening period                                                             |
| $\Sigma \tau_{day} \cdot ME_{m,j}$ | fattening-period total of $ME_{m,j}$ (in MJ an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ME)                   |
| $ME_{m,j}$                         | metabolizable energy required for maintenance for day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME) |
| $\Sigma \tau_{day} \cdot ME_{g,j}$ | fattening-period total of $ME_{g,j}$ (in MJ an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ME)                   |
| $ME_{g,j}$                         | metabolizable energy required for growth for day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)      |

The maintenance energy is given by:

Für die Erhaltungsenergie gilt:

$$ME_{m,j} = \eta_{ME,m} \cdot w_{unit} \cdot \left( \frac{w_j}{w_{unit}} \right)^{0.75} \quad (5.22)$$

where

|               |                                                                                                             |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_{m,j}$    | metabolisable energy required for maintenance for day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )           |
| $\eta_{ME,m}$ | specific metabolisable energy required for maintenance (in MJ kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> , see below) |
| $w_j$         | live weight on day j (in kg an <sup>-1</sup> )                                                              |
| $w_{unit}$    | unit weight ( $w_{unit} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )                                                           |

According to GfE (2006), pg. 23, the specific energy for maintenance is given by:

Die spezifische Erhaltungsenergie ist nach GfE (2006), S. 23, gegeben durch:

$$\eta_{ME,m} = \eta_{ME,m,n} \cdot \left( a_m - b_m \cdot \frac{w_j - w_n}{w_x - w_n} \right) \quad (5.23)$$

where

|                 |                                                                                                                                                   |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\eta_{ME,m}$   | specific metabolisable energy required for maintenance (in MJ kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                                                  |
| $\eta_{ME,m,n}$ | reference value of specific metabolisable energy for maintenance ( $\eta_{ME,m,n} = 0.44 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , GfE, 2006, pg. 23)) |
| $a_m$           | constant ( $a_m = 1.25 \text{ MJ MJ}^{-1}$ )                                                                                                      |
| $b_m$           | constant ( $b_m = 0.25 \text{ MJ MJ}^{-1}$ )                                                                                                      |
| $w_j$           | live weight on day j (in kg an <sup>-1</sup> )                                                                                                    |
| $w_n$           | lower threshold of animal weight (in kg an <sup>-1</sup> , see below)                                                                             |
| $w_x$           | upper threshold of animal weight (in kg an <sup>-1</sup> , see below)                                                                             |

GfE (2006) uses  $w_n = 30 \text{ kg an}^{-1}$  and  $w_x = 100 \text{ kg an}^{-1}$ . For animal weights lower than  $w_n$  the term in brackets is set equal to  $a_m$ , while for weights greater than  $w_x$  it equals  $a_m - b_m$ .

The energy required for growth is calculated according to:

GfE (2006) setzt  $w_n = 30 \text{ kg an}^{-1}$  und  $w_x = 100 \text{ kg an}^{-1}$ , wobei für Tiergewichte kleiner als  $w_n$  der Wert der Klammer gleich  $a_m$  und für Tiergewichte größer als  $w_x$  gleich  $a_m - b_m$  gesetzt wird.

Die für Zuwachs benötigte Energie wird wie folgt berechnet:

$$ME_{g,j} = \eta_{ME,g,j} \cdot \left( \frac{\Delta w}{\Delta t} \right)_j \quad (5.24)$$

where

|                           |                                                                                                     |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_{g,j}$                | metabolizable energy required for daily growth on day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME) |
| j                         | index of day                                                                                        |
| $\eta_{ME,g,j}$           | specific metabolizable energy required for growth on day j (in MJ kg <sup>-1</sup> ME, see below)   |
| $(\Delta w / \Delta t)_j$ | daily weight gain per animal and day j (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                    |

The specific energy requirements for growth,  $\eta_{ME,g,j}$ , is a function of protein and fat gain, which means it is a function of life time:

Der spezifische Energiebedarf für Zuwachs,  $\eta_{ME,g,j}$ , ist von Protein- und Fettzunahme und damit von der Lebenszeit abhängig:

$$\eta_{ME, g, j} = \frac{\alpha_p}{k_p} \cdot P_j + \frac{\alpha_f}{k_f} \cdot F_j \quad (5.25)$$

where

|                   |                                                                                              |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\eta_{ME, g, j}$ | day-dependent specific metabolizable energy required for growth (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)  |
| $j$               | index of day                                                                                 |
| $\alpha_p$        | energy content of protein ( $\alpha_p = 23.8$ MJ kg <sup>-1</sup> ME, see GfE, 2006, pg. 32) |
| $\alpha_f$        | energy content of fat ( $\alpha_f = 39.7$ MJ kg <sup>-1</sup> ME, see GfE, 2006, pg. 33)     |
| $k_p$             | partial efficiency ( $k_p = 0.56$ MJ MJ <sup>-1</sup> , see GfE, 2006, pg. 33)               |
| $k_f$             | partial efficiency ( $k_f = 0.74$ MJ MJ <sup>-1</sup> , see GfE, 2006, pg. 33)               |
| $P_j$             | day-dependent ratio of protein gain to weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> , see below)      |
| $F_j$             | day-dependent ratio of fat gain to weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> , see below)          |

The relative protein gain  $P$  can be obtained by differentiation of Equation 8 in GfE (2006), pg. 30, with respect to animal weight.

Die relative Proteinzunahme  $P$  erhält man durch Differenzieren von Gleichung 8 in GfE (2006), S. 30, nach dem Tiergewicht:

$$P_j = a_p - b_p \cdot w_j \quad (5.26)$$

where

|       |                                                                                         |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| $P_j$ | day-dependent ratio of protein gain to weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> , see below) |
| $j$   | index of day                                                                            |
| $a_p$ | constant ( $a_p = 0.168$ kg kg <sup>-1</sup> )                                          |
| $b_p$ | constant ( $b_p = 2 \cdot 0.0000914$ kg <sup>-1</sup> an)                               |
| $w_j$ | live weight on day $j$ (in kg an <sup>-1</sup> )                                        |

Differentiation of Equation 9 in GfE (2006), pg. 30 with respect to animal weight and the introduction of a reduction factor 0.94 kg kg<sup>-1</sup> (GfE, 2006, pp. 28 and 31) yields the relative fat gain  $F$ :

Die Differenzierung von Gleichung 9 in GfE (2006), S. 30, nach dem Tiergewicht sowie die Berücksichtigung eines Reduktionsfaktors von 0,94 kg kg<sup>-1</sup> (GfE, 2006, S. 28 und 31) ergibt die relative Fettzunahme  $F$ :

$$F_j = a_F \cdot (b_F + c_F \cdot w_j) \quad (5.27)$$

where

|       |                                                                          |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| $F_j$ | day-dependent ratio of fat gain to weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> ) |
| $j$   | index of day                                                             |
| $a_F$ | constant ( $a_F = 0.94$ kg kg <sup>-1</sup> )                            |
| $b_F$ | constant ( $b_F = 0.1162$ kg kg <sup>-1</sup> )                          |
| $c_F$ | constant ( $c_F = 2 \cdot 0.001389$ kg <sup>-1</sup> an)                 |
| $w_j$ | live weight on day $j$ (in kg an <sup>-1</sup> )                         |

By analogy to the procedure used for weaners (see Chapter 5.4.2) the summation formula given above is transformed into an equation, which allows to calculation of the cumulative metabolisable energy from two limiting animal weights, either the start weight and the live end weight, or the weights limiting a specific feeding phase.

For this purpose the summation formula is transformed into an integral equation as described by Haenel et al. (2011a). In order to account for the fact that the specific metabolisable energy  $\eta_{ME, m}$  is defined separately for the animal weight intervals „lower than 30 kg an<sup>-1</sup>“, „30 to 100 kg an<sup>-1</sup>“ und „greater than 100 kg an<sup>-1</sup>“, the integration has to be performed separately for these three intervals.

Like for the weaners (Chapter 5.4.2), the integration is performed under the assumption of a constant (i. e. mean) weight gain rate, cf. also Dämmgen et al. (2009a), pg. 178.

Wie bei den Aufzuchtferkeln (siehe Kapitel 5.4.2) wird die obige Summenformel in eine Gleichung umgewandelt, mit deren Hilfe der kumulative Energiebedarf zwischen zwei Tiergewichten berechnet werden kann, die entweder Anfangs- und Endgewicht der Mastphase darstellen oder aber auch nur eine Fütterungsphase begrenzen können.

Zu diesem Zweck erfolgt wie Haenel et al. (2011a) beschrieben eine Transformation der Summengleichung in eine Integralgleichung. Zur Berücksichtigung der stückweise linear definierten spezifischen metabolisierbaren Energie  $\eta_{ME, m}$  (siehe oben) ist die Integration allerdings getrennt für die Tiergewichtbereiche „kleiner als 30 kg an<sup>-1</sup>“, „30 bis 100 kg an<sup>-1</sup>“ und „größer als 100 kg an<sup>-1</sup>“ durchzuführen.

Wie bei den Aufzuchtferkeln (Kapitel 5.4.2) erfolgt die Integration unter der Annahme einer konstanten (d. h. mittleren) täglichen Wachstumsrate, vgl. auch Dämmgen et al. (2009a), S. 178.



Integration then leads to a formula for the ME amount required for the growth between animal weights  $w_0$  and  $w_1$ . Application of this equation requires  $w_0 < w_B$  und  $w_1 > w_A$ :

Damit ergibt sich eine Formel für den Bedarf an ME, der benötigt wird, um von einem Gewicht  $w_0$  zu einem Gewicht  $w_1$  zu gelangen (Voraussetzung:  $w_0 < w_B$  und  $w_1 > w_A$ ):

$$\Sigma ME_{fp}(w_0, w_1) = \eta_{ME, m, n} \cdot \left[ \frac{\varphi_1(w_0, w_1, w_A) + \varphi_2(w_0, w_1, w_A, w_B) + \varphi_3(w_0, w_1, w_B)}{(\Delta w / \Delta t)^*} \right] + \eta_{ME, g}^* \cdot (w_1 - w_0) \quad (5.28)$$

where

$\Sigma ME_{fp}(w_0, w_1)$  ME required for the fattening phase between the weights  $w_0$  and  $w_1$  (in MJ  $\text{an}^{-1}$  ME)  
 $\eta_{ME, m, n}$  reference value of specific metabolisable energy for maintenance ( $\eta_{ME, m, n} = 0.44 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , GfE, 2006, pg. 23)  
 $w_0, w_1$  animal weights limiting a special fattening phase, with  $w_0 < w_1$  (in kg  $\text{an}^{-1}$  ME)  
 $w_A$  reference weight according to GfE (2006, pg. 23) ( $w_A = 30 \text{ kg an}^{-1}$ )  
 $w_B$  reference weight according to GfE (2006, pg. 23) ( $w_B = 100 \text{ kg an}^{-1}$ )  
 $(\Delta w / \Delta t)^*$  mean weight gain during the entire fattening period (in kg  $\text{an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )

and

$$\varphi_1 = \frac{a_m \cdot w_{unit}^2}{1.75} \cdot \left[ \left( \frac{\min(w_1, w_A)}{w_{unit}} \right)^{1.75} - \left( \frac{\min(w_0, w_A)}{w_{unit}} \right)^{1.75} \right] \quad (5.29)$$

$$\varphi_2 = \left\{ \frac{w_{unit}^2}{1.75} \cdot \left( a_m + \frac{b_m \cdot w_A}{w_B - w_A} \right) \cdot \left[ \left( \frac{\max(w_A, \min(w_1, w_B))}{w_{unit}} \right)^{1.75} - \left( \frac{\min(w_B, \max(w_0, w_A))}{w_{unit}} \right)^{1.75} \right] - \frac{b_m \cdot w_{unit}^3}{2.75 \cdot (w_B - w_A)} \cdot \left[ \left( \frac{\max(w_A, \min(w_1, w_B))}{w_{unit}} \right)^{2.75} - \left( \frac{\min(w_B, \max(w_0, w_A))}{w_{unit}} \right)^{2.75} \right] \right\} \quad (5.30)$$

$$\varphi_3 = \frac{w_{unit}^2}{1.75} \cdot \left[ \left( \frac{\max(w_1, w_B)}{w_{unit}} \right)^{1.75} - \left( \frac{\max(w_0, w_B)}{w_{unit}} \right)^{1.75} \right] \quad (5.31)$$

$$\eta_{ME, g}^* = \frac{\alpha_p}{k_p} \cdot \left( a_p - b_p \cdot \frac{w_0 + w_1}{2} \right) + \frac{\alpha_f}{k_f} \cdot a_F \cdot \left( b_F + c_F \cdot \frac{w_0 + w_1}{2} \right) \quad (5.32)$$

where

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  functions of  $w_0, w_1, w_A$ , and  $w_B$  (in  $\text{kg}^2 \text{an}^{-2}$ )  
 $w_0, w_1$  animal weights limiting a special fattening phase, with  $w_0 < w_1$  (in kg  $\text{an}^{-1}$  ME)  
 $w_A$  reference animal according to GfE (2006, pg. 23) ( $w_A = 30 \text{ kg an}^{-1}$ )  
 $w_B$  reference animal according to GfE (2006, pg. 23) ( $w_B = 100 \text{ kg an}^{-1}$ )  
 $w_{unit}$  unit weight ( $w_{unit} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )  
 $a_m$  constant ( $a_m = 1.25 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , GfE, 2006, pg. 23)  
 $b_m$  constant ( $b_m = 0.25 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , GfE, 2006, pg. 23)  
 $\eta_{ME, g}^*$  effective specific metabolizable energy required for growth, see below (in MJ  $\text{kg}^{-1}$  ME)  
 $\alpha_p$  coefficient ( $\alpha_p = 23.8 \text{ MJ kg}^{-1}$  ME, see GfE, 2006, pg. 32)  
 $k_p$  coefficient ( $k_p = 0.56 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 33)  
 $a_p$  constant ( $a_p = 0.168 \text{ kg kg}^{-1}$ , see above)  
 $b_p$  constant ( $b_p = 2 \cdot 0.0000914 \text{ kg}^{-1} \text{ an}$ , see above)  
 $\alpha_f$  coefficient ( $\alpha_f = 39.7 \text{ MJ kg}^{-1}$  ME, see GfE, 2006, pg. 33)  
 $k_f$  coefficient ( $k_f = 0.74 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2000, pg. 33)  
 $a_F$  constant ( $a_F = 0.94 \text{ kg kg}^{-1}$ , see above)  
 $b_F$  constant ( $b_F = 0.1162 \text{ kg kg}^{-1}$ , see above)  
 $c_F$  constant ( $c_F = 2 \cdot 0.001389 \text{ kg}^{-1} \text{ an}$ , see above)

### 5.5.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

In the inventory fattening pigs are fed in two phases. The change from phase 1 to phase 2 is at an approximate weight of 60 kg an<sup>-1</sup>. The properties of typical diet compositions are listed in Table 5.25 (Expert judgement Dr. Uwe Klar, LWK Uelzen, 2009).

The inventory considers N reduced feeding of fattening pigs, see Chapter 3.4.5.1. For this purpose  $x_{N,red}$  is used instead of  $x_{N,red}$  (see Table 5.25).

Mastschweine werden im Inventar in zwei Phasen gefüttert. Die Grenze zwischen den beiden Phasen wird durch ein Tiergewicht von 60 kg an<sup>-1</sup> definiert (Experturteil Dr. Uwe Klar, LWK Uelzen, 2009). Die Kennwerte typischer Futterzusammensetzungen sind in Table 5.25 wiedergegeben.

Das Inventar berücksichtigt für Mastschweine die N-reduzierte Fütterung, siehe Kapitel 3.4.5.1. Dafür kommt  $x_{N,red}$  anstelle von  $x_{N,red}$  zum Einsatz (siehe Table 5.25).

Table 5.25: Fattening pigs, diets used, related energies, and nitrogen contents.

( $X_{DE}$ : digestibility of energy;  $X_{ME}$ : metabolisability;  $\eta_{ME}$ : content of metabolisable energy, related to dry matter;  $X_{DOM}$ : digestibility of organic matter;  $x_N$ : N content of normal feed, related to dry matter;  $x_{N,red}$ : N content of N reduced feed, related to dry matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to dry matter)

| feed type   | weight range<br>in kg an <sup>-1</sup> | major components                                                      | $X_{DE}^a$<br>in MJ MJ <sup>-1</sup> | $X_{ME}^a$<br>in MJ MJ <sup>-1</sup> | $\eta_{ME}^a$<br>MJ kg <sup>-1</sup><br>ME | $x_N$<br>in kg kg <sup>-1</sup> | $x_{N,red}$<br>in kg kg <sup>-1</sup> | $X_{DOM}^a$<br>in kg kg <sup>-1</sup> | $x_{ash}^a$<br>in kg kg <sup>-1</sup> |
|-------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| fatteners A | up to 60                               | wheat, rye, wheat gluten meal, soybean meal, triticale, rapeseed meal | 0.8307                               | 0.8119                               | 13.4                                       | 0.0280 <sup>a</sup>             | 0.0272 <sup>b</sup>                   | 0.86                                  | 0.053                                 |
| fatteners B | above 60                               |                                                                       | 0.8170                               | 0.7907                               | 13.0                                       | 0.0275 <sup>a</sup>             | 0.0227 <sup>c</sup>                   | 0.84                                  | 0.057                                 |

<sup>a</sup> Source: Feed composition according to deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, privat communication; energy and protein/nitrogen contents according to Beyer et al. (2004) and LfL (2004b).

<sup>b</sup>  $x_N$  for N reduced feed: calculated as 97.2 % from  $x_N$  for normal feed (based on the 97.2 % relation which can be deduced from the data given in DLG (2005), pg. 41).

<sup>c</sup>  $x_N$  for N reduced feed: calculated as 82.4 % from  $x_N$  for normal feed (based on the 82.4 % relation which can be deduced from the data given in DLG (2005), pg. 41).

The intake of dry matter during phase A is calculated from the requirements of metabolizable energy and the ME content of phase A feed:

Die in Phase A aufgenommene Futtertrockenmasse berechnet sich aus dem Bedarf an umsetzbarer Energie und dem ME-Gehalt des Futters in Phase A:

$$m_{F, DM, A} = \frac{\Sigma ME_A}{\eta_{ME, A}} \quad (5.33)$$

where

$m_{F, DM, A}$  amount of feed intake (dry matter) in phase A (in kg pl<sup>-1</sup>)  
 $\Sigma ME_A$  total of ME intake during phase A (in MJ ME)  
 $\eta_{ME, A}$  ME content of feed in phase A, related to dry matter (in MJ kg<sup>-1</sup> ME), see Table 5.25

The calculations for phase B are done by analogy.

Die Berechnung für Phase B erfolgt analog.

The annual mean of the daily intake of gross energy is obtained as follows:

Die übers Jahr gemittelte tägliche Gesamtenergie-Aufnahme ergibt sich aus der folgenden Gleichung:

$$GE_{fp} = \frac{(m_{F, DM, A} \cdot \eta_{GE, A} + m_{F, DM, B} \cdot \eta_{GE, B}) \cdot n_{round}}{\alpha} \quad (5.34)$$

where

$GE_{fp}$  mean daily gross energy requirements of a fattening pig (in MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)  
 $m_{F, DM, A}$  amount of feed intake (dry matter) in phase A (in kg pl<sup>-1</sup>), see above  
 $m_{F, DM, B}$  amount of feed intake (dry matter) in phase B (in kg pl<sup>-1</sup>), see above  
 $\eta_{GE, A}$  GE content of feed in phase A, related to dry matter (in MJ kg<sup>-1</sup> ME), see below  
 $\eta_{GE, B}$  GE content of feed in phase B, related to dry matter (in MJ kg<sup>-1</sup> ME), see below  
 $n_{round}$  number of animal rounds (in cy = an pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), see Chapter 5.5.1.3

The GE content of phase A feed can be derived from the data provided in Table 5.25 as is described by the subsequent equation which applies to phase B as well.

$$\eta_{\text{GE, A}} = \frac{\eta_{\text{ME, A}}}{X_{\text{ME, A}}} \quad (5.35)$$

where

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\eta_{\text{GE, A}}$ | GE content of feed in phase A, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)                 |
| $\eta_{\text{ME, A}}$ | ME content of feed in phase A, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ME), see Table 5.25 |
| $X_{\text{ME, A}}$    | metabolizability of feed in phase A (in MJ MJ <sup>-1</sup> )                                    |

#### 5.5.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 5.5.3) and the methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

The methane conversion rate for pigs in developed countries of 0.006 MJ MJ<sup>-1</sup> is given in IPCC(1996)-3-4.35. IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. Normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 5.5.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor von 0,006 MJ MJ<sup>-1</sup> ist IPCC(1996)-3-4.35 (Schweine, entwickelte Staaten) entnommen. (Ein entsprechender Faktor wird in IPCC(2006) nicht bereitgestellt.)

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 5.5.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

A Tier-2 approach is used to treat CH<sub>4</sub> emissions from manure management of dairy cows (cf. Chapter 3.3.4.1).

VS excretions are calculated according to the method described in Dämmgen et al. (2011a) which differs from the method given in IPCC, see Chapter 3.3.3.1.

This modified method requires data on the digestibility of organic matter and the ash content of feed. These entities are obtained as weighted means from the data sets provided in Table 5.25. In 2010, the national mean digestibility of organic matter is 0.84 kg kg<sup>-1</sup> while the national mean of the ash content is 0,056 kg kg<sup>-1</sup> (related to dry matter).

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 5.2 (see Chapter 5.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3.).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.4.6.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationen in Table 5.25. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei 0,84 kg kg<sup>-1</sup>, das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei 0,056 kg kg<sup>-1</sup> (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren (MCF) für die einzelnen Lagerungssysteme sind Table 5.2 in Kapitel 5.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.4.6 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 5.5.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

#### 5.5.6.1 N excretion / N-Ausscheidung

The amount of N taken in with feeds is calculated for typical diet composition and rations in accordance with performance data. The amount of N retained is subtracted.

Normal diet and N reduced diet are differentiated.

Die mit dem Futter aufgenommene N-Menge wird für typische Futterzusammensetzungen und -mengen leistungsbezogen berechnet. Hiervon wird die im Körper verbleibende N-Menge abgezogen.

Es wird zwischen normaler und N-reduzierter Fütterung unterschieden.

$$m_{\text{excr}} = \left\{ \left[ (m_{F, DM, A} \cdot x_{N, A} + m_{F, DM, B} \cdot x_{N, B}) \cdot (1 - x_{\text{red}}) + (m_{F, DM, A} \cdot x_{N, \text{red}, A} + m_{F, DM, B} \cdot x_{N, \text{red}, B}) \cdot x_{\text{red}} \right] - \Delta w \cdot x_{N, \text{pig}} \right\} \cdot n_{\text{round}} \quad (5.36)$$

where

|                        |                                                                                                                  |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{excr}}$      | amount of nitrogen excreted (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )                                              |
| $m_{F, DM, A}$         | amount of feed intake (dry matter) in phase A (in $\text{kg pl}^{-1}$ ), see Chapter 5.5.3                       |
| $m_{F, DM, B}$         | amount of feed intake (dry matter) in phase B (in $\text{kg pl}^{-1}$ ), see Chapter 5.5.3                       |
| $x_{N, A}$             | N content of normal feed in phase A, related to dry matter (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}$ ), see Table 5.25    |
| $x_{N, B}$             | N content of normal feed in phase B, related to dry matter (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}$ ), see Table 5.25    |
| $x_{N, \text{red}, A}$ | N content of N reduced feed in phase A, related to dry matter (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}$ ), see Table 5.25 |
| $x_{N, \text{red}, B}$ | N content of N reduced feed in phase B, related to dry matter (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}$ ), see Table 5.25 |
| $x_{\text{red}}$       | share of pigs fed with N reduced diet (in $\text{pl pl}^{-1}$ ), see Table 5.25                                  |
| $\Delta w$             | total weight gain during fattening (in $\text{kg an}^{-1}$ )                                                     |
| $x_{N, \text{pig}}$    | nitrogen content of a pig's body ( $x_{N, \text{pig}} = 0.0256 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ ) (LFL, 2004a)       |
| $n_{\text{round}}$     | number of animal rounds (in $\text{cy} = \text{an pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ ), see Chapter 5.5.1.3                 |

Typical N excretions are between  $16.0 \text{ kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  and  $16.5 \text{ kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  for normal feed and between  $13 \text{ kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  and  $13.5 \text{ kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  for protein reduced feed.

The TAN content varies with the feed composition. More than 70 % of the N excreted is ammoniacal N (TAN), which is somewhat higher than the value of 66 % given by Döhler et al. (2002).

Typische N-Ausscheidungen bewegen sich zwischen  $16 \text{ kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  und  $16,5 \text{ kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  für normale Fütterung und zwischen  $13 \text{ kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  und  $13 \text{ kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  bei N-reduzierter Fütterung.

Die TAN-Gehalte der Ausscheidungen sind in Abhängigkeit von der Futter-Zusammensetzung variabel. Sie liegen über 70 % und damit höher als der von Döhler et al. (2002) angegebene Wert von 66 %.

### 5.5.6.2 Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts are given in Table 5.26. For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt, siehe Table 5.26. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Table 5.26: Fattening pigs, N inputs with straw in German fattening pig houses (straw based systems)

| Housing type              |                          | straw input<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | dry matter (DM)<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | N input (in DM)<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | TAN<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> |
|---------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| straw based system        | plane floor with bedding | 0.3 <sup>a</sup>                                   | 0.26                                                   | 1.5·10 <sup>-3</sup>                                   | 0.75·10 <sup>-3</sup>                      |
| deep bedding, straw based | deep bedding             | 1.0 <sup>b</sup>                                   | 0.86                                                   | 5.0·10 <sup>-3</sup>                                   | 2.5·10 <sup>-3</sup>                       |

<sup>a</sup> expert judgment B. Eurich-Menden/KTBL on the basis of housing system MS0007 in KTBL (2006a)  
<sup>b</sup> housing system MS0006 in KTBL (2006a)

### 5.5.6.3 Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“

The emission factors used for housing (see Table 5.27) relate to TAN. They are derived from national data (Dämmgen et al., 2010b).

The frequency distributions of housing types are supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

Es werden nationale Werte für die partiellen NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren verwendet, die sich auf TAN beziehen (Dämmgen et al., 2010b), siehe Table 5.27.

Die Häufigkeitsverteilungen der Haltungssysteme werden durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Table 5.27: Fattening pigs, partial emission factors for NH<sub>3</sub>-N from housing (related to TAN)

| Housing system                     | Haltungssystem                 | EF <sub>house</sub> (kg kg <sup>-1</sup> ) |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|
| fully slatted floor, slurry based  | Vollspaltenboden, güllebasiert | 0.3                                        |
| partly slatted floor, slurry based | Teilspaltenboden, güllebasiert | 0.3                                        |
| straw based system                 | Haltungssystem, strohbasiert   | 0.4                                        |
| deep bedding, straw based          | Tiefstreu, strohbasiert        | 0.4                                        |

Source: Dämmgen et al. (2010b)

The mitigation of NH<sub>3</sub> emissions by air scrubbers is taken into account in districts with air scrubber-equipped pig husbandry, see Chapter 3.4.5.2.

Die NH<sub>3</sub>-Emissionen mindernde Wirkung von in manchen Kreisen in der Schweinehaltung vorhandenen Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, siehe Kapitel 3.4.5.2.

### 5.5.6.4 Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“

The frequency distributions of the storage and spreading systems types are supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

The partial emission factors for storage and application (spreading) are the same for all pig sub-categories (see Table 5.5 to Table 5.7).

The assumption of EMEP (2007)-B1090-19 giving an uncertainty of 30 % for NH<sub>3</sub> is also valid for fattening pigs.

As for dairy cattle, N<sub>2</sub>O and NO are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

Die Häufigkeitsverteilungen der Lager- und Ausbringungsverfahren werden durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Die partiellen Emissionsfaktoren für die Lagerung und Ausbringung sind für alle Schweine gleich (vgl. Table 5.3 bis Table 5.7).

Auch für Mastschweine gilt nach EMEP (2007)-B1090-19, dass die Unsicherheit für NH<sub>3</sub> die Größenordnung von 30 % hat.

Für N<sub>2</sub>O und NO wird wie bei Milchkühen eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

### 5.5.7 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The emission factors are listed in Table 5.28 (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10). For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in 4.3.7.5.3 and 4.3.7.7.

The mitigation of PM emissions by air scrubbers is taken into account in districts with air scrubber-equipped pig husbandry, see Chapter 3.4.5.2.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Die Emissionsfaktoren sind in Table 5.28 angegeben (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10). Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in den Kapiteln 4.3.7.5.3 und 4.3.7.7 entnommen.

Die PM-Emissionen mindernde Wirkung von in manchen Kreisen in der Schweinehaltung vorhandenen Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, siehe Kapitel 3.4.5.2.

Table 5.28: Fattening pigs, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing

| Housing type | Haltungssystem | Emission factor for $PM_{10}$<br>$kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ | Emission factor for $PM_{2.5}$<br>$kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ |
|--------------|----------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| straw based  | strohbasierend | 0.50                                                   | 0.08                                                    |
| slurry based | güllebasierend | 0.42                                                   | 0.07                                                    |

Source: EMEP(2009)-4B-26, Table 3-10

### 5.5.8 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 5.29: Fattening pigs, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.11    |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.11    |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.11    |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.63    | EM1009.65    |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.139   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.11    |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.35    |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.12    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.11   |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.11   |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.10   |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.57   | IEF1009.59   |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.106  |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.10   |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.32   |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005PSH.45 | AI1005PSH.69 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.35      | EXCR.39      |

## 5.6 Breeding boars / Zuchteber

Breeding boars form an own subcategory in the German census.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 5.30.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Zuchteber sind alle als solche in der Statistik bezeichneten männlichen Schweine.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.30 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 5.30: Boars, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation | 2    | IPCC / national | district            | national | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 2    | EMEP / national | district            | national | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP            | district            | national | 1 a                |

### 5.6.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 5.6.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4). They can be used without any further transformation.

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4) und sind ohne Umrechnung verwendbar.

$$n_{bo} = n_v \quad (5.37)$$

where

$n_{bo}$                       number of boars  
 $n_v$                         animal numbers of type V in the German census (see Table 5.1)

On the national scale, the standard error for the number of animal places of the subcategory “breedings boars” is “about 5 to 10 %” according to German official statistics. Larger standard errors may exist for single federal states. However, as emission reporting is on the national level, the standard error for subcategory “breeding boars” is fixed to 10 %, accordingly the uncertainty as half the 95 % confidence intervall to 20 %. A normal distribution is assumed.

Auf Deutschlandebene wird der Standardfehler für diejenigen Tiere, die in die Inventarkategorie „Eber“ fallen, mit „5 bis 10 %“ angegeben. In den einzelnen Bundesländern können auch höhere Standardfehler auftreten. Da die Emissionsberichterstattung auf nationaler Ebene erfolgt, werden für „Zuchteber“, „Aufzuchtferkel“ und „Mastschweine“ ein Standardfehler von 10 % angesetzt, d. h. 20 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall (Normalverteilung).

#### 5.6.1.2 Animal weight / Tiergewicht

According to expert judgement (see Haenel et al., 2011a), the mean animal weight is assumed to be 200 kg an<sup>-1</sup>. The animal weight is not used in the calculation of the energy requirements. It is only used for the calculation of an overall mean pig weight.

Das mittlere Tiergewicht wird nach Expertenurteil (siehe Haenel et al., 2011a) mit 200 kg an<sup>-1</sup> angesetzt. Das Tiergewicht geht nicht in die Energiebedarfsrechnung, sondern nur in die Berechnung des mittleren Schweinegewichts ein.

### 5.6.2 Energy requirements / Energiebedarf

For breeding boars, the metabolic energy requirements comprise the requirements for both maintenance and growth. However, as the contribution of boars to the overall emissions from pig husbandry is almost negligible, the inventory simply assumes all boars counted by the official census to be adult boars the weight gain of which is restricted (GfE, 2006, pg. 84).

Für Zuchteber umfasst der Bedarf an umsetzbarer Energie den Bedarf für Erhaltung und Zuwachs. Da der Beitrag der Zuchteber zur Gesamtemission aus der Schweinehaltung nahezu vernachlässigbar ist, wird für das Inventar vereinfachend angenommen, dass alle in der Offizialstatistik erfassten Eber erwachsene Tiere mit begrenzter Gewichtszunahme sind (GfE, 2006, pg. 84).

Due to the boars' limited importance and the scarcity of data (GfE, 2006, pg. 84) the inventory does not attempt to model energy requirements of boars. While GfE (1987), pg. 68, suggested mean ME requirements of  $30 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , GfE (2006), pg. 84, recommends a range of 30 to  $35 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . A rough estimate based on the data provided in GfE (2006), pg. 83, and the use of ME calculation approach for fattening pigs (see Chapter 5.5.2) indicates that the value of  $35 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  better matches a mean boar weight of  $200 \text{ kg an}^{-1}$  than  $30 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . Hence the inventory assumes daily ME requirements of  $35 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  leading to cumulative annual ME requirements of  $12775 \text{ MJ an}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

Aufgrund der begrenzten Bedeutung der Eber und dem Mangel an Daten (GfE, 2006, pg. 84) verzichtet das Inventar darauf, den Energiebedarf zu berechnen. Während GfE (1987), S. 68, einen mittleren ME-Bedarf von  $30 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  empfiehlt, wird in GfE (2006), S. 84, ein Bereich von 30 bis  $35 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  angegeben. Eine Überschlagsrechnung mit Hilfe der in GfE (2006), S. 83, angegebenen Daten und der Berechnungsmethode für Mastschweine (siehe Kapitel 5.5.2) zeigt, dass ein Wert von  $35 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  besser zu einem Ebergewicht von  $200 \text{ kg an}^{-1}$  passt als  $30 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . Das Inventar geht daher von  $35 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  aus, was zu einem kumulativen ME-Bedarf von  $12775 \text{ MJ an}^{-1} \text{ a}^{-1}$  führt.

### 5.6.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Neither GfE (1987) nor GfE (2006) recommend specific feeds for boars. The inventory uses the feed fed to sows during Phase A. For the feed properties see Chapter 5.3.3, Table 5.11.

The daily intake of feed and gross energy is calculated by analogy to the method described in Chapter 5.3.3. The daily feed intake is  $2.7 \text{ kg an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , the daily gross energy intake amounts to  $GE_{bo} = 44 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

Weder GfE (1987) noch GfE (2006) geben spezielle Ernährungsempfehlungen für Eber an. Das Inventar geht von der Futterzusammensetzung für Sauen in der Phase A aus (siehe Kapitel 5.3.3, Table 5.11).

Die tägliche Futtermenge sowie die damit aufgenommene tägliche Gesamtenergie  $GE_{bo}$  wird sinngemäß wie in Kapitel 5.3.3 beschrieben berechnet. Die tägliche Futteraufnahme liegt bei  $2,7 \text{ kg an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , die tägliche GE-Aufnahme  $GE_{bo}$  bei  $44 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

### 5.6.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 5.6.3) and the methane conversion factor  $\chi_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

The methane conversion rate for pigs in developed countries of  $0.006 \text{ MJ MJ}^{-1}$  is given in IPCC(1996)-3-4.35. (IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. Normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 5.6.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $\chi_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor von  $0,006 \text{ MJ MJ}^{-1}$  ist IPCC(1996)-3-4.35 (Schweine, entwickelte Staaten) entnommen. (Ein entsprechender Faktor wird in IPCC(2006) nicht bereitgestellt.)

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 5.6.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

A Tier-2 approach is used to treat  $\text{CH}_4$  emissions from manure management of dairy cows (cf. Chapter 3.3.4.1).

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

For the necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained see Chapter 5.6.3; Therefore the national mean digestibility of organic matter is  $0.81 \text{ kg kg}^{-1}$ , the national mean ash content (related to dry matter) amounts to  $0.056 \text{ kg kg}^{-1}$ .

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

Zur Bestimmung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1).

Zu den dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter siehe Kapitel 5.6.3; bundesweit werden danach die Verdaulichkeit mit  $0,81 \text{ kg kg}^{-1}$  und der Aschegehalt mit  $0,056 \text{ kg kg}^{-1}$  (bezogen auf die Futtertrockenmasse) angesetzt.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.



For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.4.6.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be about 20 %. The data base for boars is less detailed than for other pigs. However, due to the small animal numbers, the overall uncertainty is not affected. German data do not exist yet.

The inventory assumes an uncertainty of 20 % interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.4.6 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit eines Stufe-2-Verfahrens auf 20 %. Die Datenbasis für Eber ist schlechter als die für die anderen Schweine; die Unsicherheiten sind insgesamt jedoch wegen der geringen Tierzahlen unbedeutend.

Das Inventar geht von einer Unsicherheit von 20 % aus und interpretiert diese als Standardfehler. Es wird eine normalverteilung angenommen.

## 5.6.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

### 5.6.6.1 N excretion / N-Ausscheidung

The N excretion calculation is based on the ME requirements (see Chapter 5.6.2) and the ME and N contents of the feed (see Chapter 5.6.3). No N retention is considered. The N excretion calculation yields N excretions of  $27.8 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ . TAN is calculated as well and amounts to ca. 83 %.

The assumption of EMEP (2007)-B1090-19 giving an uncertainty of 30 % for  $\text{NH}_3$  is also valid for boars.

$\text{N}_2\text{O}$  and NO are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

Die Berechnung der N-Ausscheidung beruht auf dem ME-Bedarf (siehe Kapitel 5.6.2) sowie dem ME- und dem N-Gehalt des Futters (siehe Kapitel 5.6.3). Eine N-Retention wird nicht berücksichtigt. Es ergibt sich eine N-Ausscheidung von  $27,8 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ . Der TAN-Gehalt wird ebenfalls berechnet und beläuft sich auf ca. 83 %.

Auch für Eber gilt nach EMEP (2007)-B1090-19, dass die Unsicherheit für  $\text{NH}_3$  die Größenordnung von 30 % hat.

Für  $\text{N}_2\text{O}$  und NO wird eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

### 5.6.6.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.3.4.3.2. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of straw is  $0.5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  or  $2.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  ( $1.25 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  TAN, respectively).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Einstreumenge ist  $0,5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh bzw.  $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$  und  $1,25 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  TAN.

### 5.6.6.3 Housing and storage types / Stall- und Lager-Typen

For boars the distributions of housing and manure management systems are assumed to be the same as for sows.

Für Eber werden die gleichen Haltungsverfahren wie für Sauen angenommen.

### 5.6.6.4 Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“

It is assumed that sows and boars are housed in similar houses (see Chapter 5.6.6.3). Hence, the partial emission factors for  $\text{NH}_3\text{-N}$  used for sow houses (see Chapter 5.3.6.3, Table 5.12) are also applied to describe boar houses.

Wegen der Annahme vergleichbarer Haltungsverfahren für Sauen und Eber (siehe Kapitel 5.6.6.3) werden die partiellen Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3\text{-N}$  aus dem Stall von der Sauen-Haltung übernommen, siehe Kapitel 5.3.6.3 (Table 5.12).

#### 5.6.6.5 Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“

The partial emission factors for storage and application (spreading) are the same for all pig sub-categories (see Table 5.5 to Table 5.7).

Die partiellen Emissionsfaktoren für die Lagerung und Ausbringung sind für alle Schweine gleich (vgl. Table 5.3 bis Table 5.7).

#### 5.6.7 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

For boars, no specific emission factors have been reported. As it is assumed that boars and sows are housed in similar houses, the emission factors for sows are used instead (see Chapter 5.3.7). For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in 4.3.7.5.3 and 4.3.7.7.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Eigene Emissionsfaktoren für Eber existieren nicht. Wegen der angenommenen Vergleichbarkeit der Haltungsvorfahren werden die Emissionsfaktoren für Sauen übernommen (siehe Kapitel 5.3.7). Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in den Kapiteln 4.3.7.5.3 und 4.3.7.7 entnommen.

#### 5.6.8 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 5.31: Boars, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.12    |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.12    |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.12    |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.66    | EM1009.68    |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.140   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.12    |              |
|                        |                           | PM <sub>2,5</sub>                    | EM1010.36    |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.13    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.12   |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.12   |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.11   |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.60   | IEF1009.62   |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.107  |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.11   |              |
|                        |                           | PM <sub>2,5</sub>                    | IEF1010.33   |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005PSH.70 | AI1005PSH.89 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.40      | EXCR.42      |

### 5.7 Pigs – collective description / Schweine – zusammenfassende Daten

For greenhouse gases, emissions have to be reported for pigs as a single category.

IPCC does not provide methods for the aggregation of data calculated for the animal subcategories.

In the German inventory, the aggregation of emissions and emission explaining data has to take into account that suckling-pigs do not represent a separate animal subcategory, but are integrated into the calculations for sows (cf. Chapters 5.1 and 5.3).

Hence, with exception of mean animal weight and pregnancy, the data aggregation is to be based on the data of the four separate animal subcategories sows, weaners, fateening pigs and boars.

Hinsichtlich der Treibhausgase sind Schweine zusammengefasst als eine Kategorie zu berichten.

IPCC gibt keine Verfahren zur Aggregierung der Daten aus den einzelnen Tierkategorien an.

Die Aggregierung von Emissionen und emissionserklärenden Daten im deutschen Inventar muss berücksichtigen, dass die Saugferkel nicht als separate Kategorie geführt werden, sondern bei den Sauen mitgerechnet werden (siehe dazu Kapitel 5.1 und 5.3).

Daher ist, mit Ausnahme des mittleren Tiergewichtes und der Trächtigkeit, die Aggregierung allein auf die Daten der vier Berichtskategorien Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine und Eber zu stützen.

Total emissions as well as amounts of bedding material are calculated by addition. The aggregation of emission explaining data is described in Chapter 5.7.2.

It is combined with the definition of an inventory-specific total number of pigs, which deviates from the total number of pigs reported by the German census, see Chapter 5.7.1.

Averaging procedures in former German inventories (cf. e. g. Haenel et al, 2010) were inconsistent with respect to the needs formulated above. In general, the values of the means were considerably underestimated, because the number of suckling-pigs was used only in the denominators of the weighting equations but not in the nominators.

Hence, after consultation with the persons in charge at the German Federal Environmental Agency, the aggregation methods have been revised as is described in the following.

### 5.7.1 *Animal numbers /Tierzahlen*

The total number of all pigs reported from the German census is given by:

$$n_{\text{pigs,official}} = n_M + n_N + n_O + n_P + n_Q + n_R + n_S + n_T + n_U + n_V \quad (5.38)$$

where

$n_M$  etc.      number of animals in census subcategory M, etc. (see Table 5.1)

In the German inventory, part of the piglets counted in the official category M is not represented explicitly, but is integrated into the calculations for sows. Hence, the total number of pigs in the German inventory is lower than the total number counted in the German census:

$$n_{\text{pigs,inventory}} \left\{ \begin{array}{l} = (n_M - n_{\text{sp}}) + n_N + n_O + n_P + n_Q + n_R + n_S + n_T + n_U + n_V \\ = n_{\text{so}} + n_{\text{we}} + n_{\text{fp}} + n_{\text{bo}} \end{array} \right. \quad (5.39)$$

where

$n_M$  etc.      number of animals in census subcategory M, etc. (see Table 5.1)  
 $n_{\text{sp}}$       annually averaged population of suckling-pigs (in piglet), see Chapter 5.3.2  
 $n_{\text{so}}$       number of sows used in this inventory, see Chapter 5.3.1  
 $n_{\text{we}}$       number of weaners used in this inventory, see Chapter 5.4.1  
 $n_{\text{fp}}$       number of fattening pigs used in this inventory, see Chapter 5.5.1  
 $n_{\text{bo}}$       number of boars used in this inventory, see Chapter 5.6.1

For the uncertainties of the animal numbers see the respective animal subchapters.

Gesamtemissionen und Einstreumengen werden dabei durch jeweilige Addition berechnet. Auf die Aggregation von emissionserklärenden Daten geht Kapitel 5.7.2 ein.

Damit verbunden ist eine Definition der im Inventar zu berichtenden Schweinegesamtzahl, die von der offiziellen Schweinegesamtzahl abweicht, siehe Kapitel 5.7.1.

Die im deutschen Inventar (s. z. B. Haenel et al., 2010) bislang verwendeten Mittelungsansätze wiesen im Hinblick auf die o. g. Anforderungen Inkonsistenzen auf. Die tatsächlichen Mittelwerte wurden in der Regel beträchtlich unterschätzt, da die Saugferkelzahl nur im Nenner der Mittelungsvorschrift und nicht im Zähler auftrat.

Nach Rücksprache mit den Verantwortlichen beim deutschen Umweltbundesamt wurden die Methoden - wie im Folgenden beschrieben - für das vorliegende Inventar überarbeitet.

Die Summe aller Schweine aus der amtlichen Statistik ist wie folgt gegeben:

Da im deutschen Inventar ein Teil der in der offiziellen Kategorie M gezählten Ferkel als Saugferkel in der Inventarkategorie Sauen berücksichtigt werden, ist die im Inventar verwendete Gesamtzahl aller Schweine kleiner als die Gesamtzahl nach der amtlichen Tierzählung:

Zur Unsicherheiten der Tierzahlen wird auf die Angaben in den Tier-Unterkapiteln verwiesen.

## 5.7.2 Aggregation of emission explaining data / Aggregierung emissionserklärender Daten

### 5.7.2.1 General approach / Allgemeiner Ansatz

From the present inventory on the emission explaining data for the comprehensive category of pigs are based on the results of the four inventory categories “Sow/suckling-pigs”, “weaners”, “fattening pigs” and “boars” which are averaged according to the following general approach (exceptions: national mean weight of all pigs, see Chapter 5.7.2.2, and pregnancy, see Chapter 5.7.2.3). For this it is taken into account that suckling-pigs are part of the system “sow/suckling-pigs” and therefore are not separately considered.

Die emissionserklärenden Daten (Ausnahmen: nationales Mittel des Gewichtes aller Schweine, siehe Kapitel 5.7.2.2, sowie Trächtigkeit, siehe Kapitel 5.7.2.3) werden für die Gesamtkategorie Schweine nach dem folgenden allgemeinen Ansatz aus den Teilergebnissen Ergebnissen der vier Inventarkategorien „Sau/Saugferkel“, „Aufzuchtsschweine“, „Mastschweine“ und „Eber“ ermittelt. Dabei wird berücksichtigt, dass die Saugferkel Bestandteil des Systems „Sau/Saugferkel“ sind und somit hier nicht gesondert auftreten:

$$\varphi_{\text{mean, pigs, inventory}} = \frac{n \cdot \varphi_{\text{so}} + n_{\text{we}} \cdot \varphi_{\text{we}} + n_{\text{fp}} \cdot \varphi_{\text{fp}} + n_{\text{bo}} \cdot \varphi_{\text{bo}}}{n_{\text{so}} + n_{\text{we}} + n_{\text{fp}} + n_{\text{bo}}} \quad (5.40)$$

where

|                                          |                                                                           |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| $\varphi_{\text{mean, pigs, inventory}}$ | emission explaining variable reported for the aggregated category of pigs |
| $n_{\text{so}}$                          | total number of sows (in pl), see Chapter 5.7.1                           |
| $\varphi_{\text{so}}$                    | emission explaining variable for sows                                     |
| etc.                                     |                                                                           |

This equation is used for the following emission explaining entities:

- shares of housing types
- shares of manure management types
- digestibility of feed ( $X_{\text{DE}}$ )
- intake of gross energy ( $GE$ )
- methane conversion factors ( $MCF$ )
- methane production capacity ( $B_o$ )
- VS excretions
- N and TAN excretions
- implied emission factors ( $IEF$ )

Diese Gleichung wird bei folgenden emissionserklärenden Größen angewendet:

- relative Haltungsformen-Anteile
- relative Wirtschaftsdüngersysteme-Anteile
- Verdaulichkeit des Futters ( $X_{\text{DE}}$ )
- Aufnahme von Futter-Gesamtenergie ( $GE$ )
- Methan-Umwandlungsfaktoren ( $MCF$ )
- Methanbildungskapazität ( $B_o$ )
- VS-Ausscheidung
- N- und TAN-Ausscheidung
- Aggregierte Emissionsfaktoren ( $IEF$ )

### 5.7.2.2 Animal weight / Tiergewicht

The mean weight of pigs is calculated as weighted mean of all pigs alive at the qualifying date. This approach means that changes in the population in the course of the year are not taken into account. I.e., the ratio of animal numbers in the subcategories is taken to be constant over the year.

Other than in Chapter 5.7.2.1 the suckling-pigs have to be taken into account explicitly. The weighted averaging is based on the animal numbers (= numbers of animal places) as derived for the inventory calculations from officially counted animal numbers (see the respective pig chapters).

For the mean population of suckling pigs  $n_{\text{sp}}$  see Chapter 5.3.2; this population is the difference between the total number of pigs and the sum of the subcategories “sows”, “weaners”, “fattening pigs” and “boars” that are provided in the official statistics.

Das mittlere Schweinegewicht für Deutschland wird aus dem Gewicht aller zu einem Stichtag vorhandenen Schweine gebildet. (Dieser Ansatz berücksichtigt keine Populationsschwankungen innerhalb eines Jahres berücksichtigt, d. h. dass das Verhältnis der zu einem Stichtag vorhandenen Tierzahlen in den Unterkategorien als konstant für das gesamte Jahr angesehen werden.)

Im Gegensatz zur Vorgehensweise in Kapitel 5.7.2.1 müssen die Saugferkel explizit berücksichtigt werden. Für die Mittelung werden die Tierzahlen (= Tierplatzzahlen) zugrunde gelegt, wie sie in den entsprechenden Tierkapiteln für die Inventarberechnungen aus den offiziellen Tierzahlen abgeleitet wurden.

Zur mittleren Population der Saugferkel  $n_{\text{sp}}$  siehe Kapitel 5.3.2; sie entspricht der Differenz zwischen der offiziellen Schweine-Gesamtzahl des Statistischen Bundesamtes und der Tierzahlsumme der im Inventar verwendeten Kategorien „Sauen“, „Aufzuchtferkel“, „Mastschweine“ und „Eber“.

The following weights are considered for the weighted averaging:

- sow, boar: the respective mean weights used for the calculation of the inventory (see Chapters 5.3.1.2 and 5.6.1.2)
- suckling-pigs, weaners and fattening pigs: the respective arithmetic mean derived from start and final weights (see Chapters 5.3.1.2, 5.4.1.2 and 5.5.1.2).

Die in die gewichtete Mittelung der Tiergewichte eingehenden Gewichte werden wie folgt angesetzt:

- Sau, Eber: jeweils das für die Inventarberechnung angesetzte mittlere Tiergewicht (siehe Kapitel 5.3.1.2 und 5.6.1.2).
- Saugferkel, Aufzuchtferkel und Mastschwein: jeweils das arithmetische Mittel aus Anfangs- und Endgewicht (siehe Kapitel 5.3.1.2, 5.4.1.2 und 5.5.1.2).

### 5.7.2.3 Pregnancy / Trächtigkeit

Germany reports the mean share of pregnant sows which is obtained from the German census. This data was provided for emission reporting on an informative basis. However, it was not used for reporting.

Deutschland berichtet die mittlere Trächtigkeit der Sauen. Diese Angabe wurde der deutschen Tierzählungsstatistik entnommen. Diese Daten werden informationshalber für die Berichterstattung bereitgestellt, sie werden aber nicht für die Emissionsberechnung benötigt.

### 5.7.3 Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich aggregierter Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten

In Table 5.32 a comparison is made of implied emission factors (*IEF*) and emission explaining variables between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions and German data.

Table 5.32 vergleicht deutsche aggregierte Emissionsfaktoren (*IEF*) und emissionserklärende Variablen mit denen benachbarter bzw. landwirtschaftlich vergleichbarer Länder.

Table 5.32: Pigs, 2010, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors regarding enteric fermentation (ent) and manure management (MM)

|                                                                                   | mean<br>animal<br>weight | GE<br>intake                        | VS<br>excretion                     | N<br>excretion                      | <i>IEF</i>                          |                                     |                                     |                                     |                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                                                   |                          |                                     |                                     |                                     | CH <sub>4, ent</sub>                | CH <sub>4, MM</sub>                 | NH <sub>3</sub>                     | N <sub>2</sub> O                    | NO                                  |
|                                                                                   | kg an <sup>-1</sup>      | kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> |
| Austria                                                                           | 82.00                    | 38.00                               | 0.27                                | 9.50                                | 1.50                                | 1.18                                | 3.6                                 |                                     |                                     |
| Belgium                                                                           | 64.99                    | NE                                  | 0.49                                | 10.01                               | 1.50                                | 9.69                                | 3.5                                 |                                     |                                     |
| Czech Republic                                                                    | NA                       | NA                                  | NA                                  | 20.00                               | 1.50                                | 3.00                                | 7.0                                 |                                     |                                     |
| Denmark                                                                           | 107.00                   | 40.27                               | 0.20                                | 7.65                                | 1.05                                | 2.20                                | 2.1                                 |                                     |                                     |
| France                                                                            | NA                       | NA                                  | 0.50                                | 7.02                                | 0.87                                | 15.17                               | 3.4                                 |                                     |                                     |
| <b>Germany</b>                                                                    | <b>72.46</b>             | <b>30.00</b>                        | <b>0.26</b>                         | <b>11.90</b>                        | <b>1.18</b>                         | <b>3.51</b>                         | <b>4.8</b>                          | <b>0.07</b>                         | <b>0.010</b>                        |
| Netherlands                                                                       | NE                       | NE                                  | 0.22                                | 8.61                                | 1.50                                | 4.13                                | 1.9                                 |                                     |                                     |
| Poland                                                                            | 82.00                    | NA                                  | 0.50                                | 13.56                               | 1.50                                | 5.97                                | 4.6                                 |                                     |                                     |
| Switzerland                                                                       | NA                       | 34.04                               | 0.50                                | 9.12                                | 1.34                                | 5.43                                | 4.9                                 |                                     |                                     |
| United Kingdom                                                                    | NE                       | NE                                  | 0.50                                | 10.39                               | 1.50                                | 5.50                                | 3.6                                 |                                     |                                     |
| IPCC (1996)-3-4.10, 4.13, 4.46, 4.99, Western Europe, cool region                 | 82.00                    | 38.00                               | 0.50                                | 20.00                               | 1.50                                | 3.00                                |                                     |                                     |                                     |
| IPCC (2000)-4.45                                                                  |                          |                                     |                                     | mature: 20<br>0-1 years: 10         |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |
| IPCC (2006)-10.15, 10.21, 10.28, 10.59, 10.80, 10.81, Western Europe, cool region |                          | Equations<br>10.3-<br>10.16         | 0.30 /<br>0.46                      | 9.31 /<br>30.35 <sup>a</sup>        | 1.50                                | 6 to 10                             |                                     |                                     |                                     |
| EMEP (2009)-4.B-26, 62, 63                                                        |                          |                                     |                                     | 12.1/<br>34.5                       |                                     |                                     | 6.5 to<br>18.2                      |                                     | 0.001 to<br>0.132                   |

Sources: Germany: submission 2013; all other countries: UNFCCC 2012, CRF Tables 4.A, 4B; CEIP (2012) NFR

<sup>a</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight

The national mean pig weight is lower than the IPCC default value who is only used by Austria and Poland. Denmark reports a considerable higher mean pig weight than Germany whereas in comparison Belgium features the lowest value.

Das mittlere Schweinegewicht in Deutschland ist niedriger als der IPCC-Defaultwert, der von Österreich und Polen verwendet wird. Dänemark berichtet ein erheblich höheres Mittelgewicht, während Belgien noch deutlich unter dem deutschen Wert liegt.

Concerning the methane emissions from enteric fermentation it is conspicuous that some countries use the IPCC (1996, 2006) default value ( $1.50 \text{ kg place}^{-1} \text{ year}^{-1} \text{ CH}_4$ ). This value is distinctly higher than the values of the other countries explicitly calculating the  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation. Presumably the IPCC (1996, 2006) default value is not applicable to describe the situation of Central Europe. France reports the lowest  $\text{CH}_{4, \text{ent}}$ . Denmark also reports a low  $\text{CH}_{4, \text{ent}}$  simultaneously with a very high GE intake. That leads to the conclusion that Denmark uses a comparatively low methane conversion factor for enteric fermentation of pigs. In contrast Switzerland applies a similar conversion factor to Germany. Therefore the results of Switzerland and Germany can nearly directly be converted into one another. To carry out further comparisons is not feasible due to the data gaps in Table 5.32.

Concerning the methane emissions from manure management the German  $\text{CH}_{4, \text{MM}}$  falls into the lower part of the range in comparison to the other nations. It must be noted that those countries that calculate VS excretions (such as Germany) obtain excretion levels that are considerably below the pertinent default value of the IPCC (1996). Such low-tending excretion figures correlate with the correspondent  $\text{CH}_{4, \text{MM}}$  values.

The high emission factor of France is caused by a contemporaneously high VS excretion and MCF value. This fact can not be compensated by the relative low frequency of slurry based systems. Furthermore, parts of France are located in the warm region. As Austria applies a very low MCF value their  $\text{CH}_{4, \text{MM}}$  turns out to be the lowest.

In comparison to the other nations Germany's N excretion rate per animal place and year turns out to be in the middle range. Nevertheless only the Polish and Czech values exceed the German one. In the case of the Czech Republic the nation seems to have picked a fare too high IPCC (1996) default value that results in a accordingly high  $\text{NH}_3$  emission per animal place and year. Concerning the  $\text{NH}_3$  emission the German value turns out to be in the middle range. In proportion to the N excretions Denmark and the Netherlands report low  $\text{NH}_3$  emissions. This is due to the efficient N management in pig production. France reports in contrast to relatively low N excretions high  $\text{NH}_3$  emissions.

Bzgl. der Methanemission aus der Verdauung fällt auf, dass einige Länder mit dem Default-IEF von IPCC (1996, 2006) rechnen ( $1,50 \text{ kg Platz}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$ ), der merklich höher ist als die Werte, die von denjenigen Ländern angegeben werden, die den IEF explizit berechnen. Vermutlich ist der Default-IEF von IPCC (1996, 2006) nicht geeignet, die mitteleuropäische Situation für Schweine adäquat zu beschreiben. Die niedrigsten  $\text{CH}_{4, \text{ent}}$  werden dabei von Frankreich und Dänemark berichtet. Die gleichzeitig sehr hohe GE-Aufnahme in Dänemark lässt darauf schließen, dass ein vergleichsweise niedriger Methan-Umwandlungsfaktor für die Verdauung bei Schweinen angesetzt wird. Die Schweiz rechnet dagegen mit einem dem deutschen sehr ähnlichen Umwandlungsfaktor, so dass die deutschen und schweizerischen Resultate nahezu ineinander umgerechnet werden können. Weitere Vergleiche sind wegen der Datenlücken in Table 5.32 nicht möglich.

Bei den Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegt der deutsche  $\text{CH}_{4, \text{MM}}$  im unteren Bereich der Werte aus den Nachbarstaaten. Dabei fällt auf, dass diejenigen Länder, die die VS-Ausscheidungen berechnen (z. B. Deutschland), damit Ausscheidungswerte erhalten, die merklich unter dem Defaultwert von IPCC (1996) liegen. Diese niedrigeren Ausscheidungswerte korrelieren mit der Höhe der  $\text{CH}_{4, \text{MM}}$ .

Die hohen französischen  $\text{CH}_{4, \text{MM}}$  beruhen auf gleichzeitig hohen VS-Ausscheidungen und MCF-Werten, deren Wirkung durch die etwas geringere Häufigkeit an Flüssigmistsystemen nicht kompensiert wird. Überdies liegt Frankreich zum Teil in der warmen Region. Der niedrige österreichische  $\text{CH}_{4, \text{MM}}$  erklärt sich durch den sehr niedrigen österreichischen MCF-Wert.

Die für Deutschland berichtete N-Ausscheidung pro Tierplatz und Jahr liegt im mittleren Bereich der Werte der Nachbarländer. Dennoch liegen nur der polnische und der tschechische Wert höher, wobei Tschechien den offenbar deutlich zu hohen IPCC (1996)-Defaultwert verwendet, der sich in einer entsprechend hohen tierplatzbezogenen  $\text{NH}_3$ -Emission widerspiegelt. Die deutschen  $\text{NH}_3$ -Emissionen liegen ebenfalls im Mittelfeld. Die vergleichsweise geringen  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus den N-Ausscheidungen weisen auf ein besonders effizientes N-Management in der dänischen und niederländischen Schweinehaltung hin. Frankreich weist bei einer niedrigen N-Ausscheidung eine hohe  $\text{NH}_3$ -Emission auf.

The German emission factors for PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> are within the range of the neighbouring countries, see Table 5.33

Die deutschen Emissionsfaktoren für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> liegen im Bereich der Nachbarländer, siehe Table 5.33

Table 5.33: Pigs, 2010, intercomparison of PM implied emission factors

|                            | $IEF_{PM_{10}}$<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>10</sub> | $IEF_{PM_{2.5}}$<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>2.5</sub> | $IEF_{TSP}$<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TSP <sup>a</sup> |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Austria                    | IE                                                                      | IE                                                                        | IE                                                                  |
| Belgium                    | 0.20                                                                    | 0.046                                                                     | 0.47                                                                |
| Czech Republic             | 0.39                                                                    | 0.009                                                                     | 0.87                                                                |
| Denmark                    | 0.29                                                                    | 0.047                                                                     | 0.65                                                                |
| France                     | 0.36                                                                    | 0.059                                                                     | 0.81                                                                |
| <b>Germany<sup>b</sup></b> | <b>0.36</b>                                                             | <b>0.060</b>                                                              | <b>0.36</b>                                                         |
| Netherlands                | 0.11                                                                    | 0.005                                                                     | 0.11                                                                |
| Poland                     | 0.27                                                                    | 0.006                                                                     | 0.60                                                                |
| Switzerland                | 0.73                                                                    | 0.109                                                                     | 0.73                                                                |
| United Kingdom             | 0.25                                                                    | 0.045                                                                     | 1.66                                                                |
| EMEP (2009)-4.B-62, 63     | 0.5 / 0.58                                                              | 0.08 / 0.09                                                               |                                                                     |

Source: Germany: submission 2013; all other countries: CEIP (2012), NFR, calculated from original data supplied

<sup>a</sup> Total suspended particulate matter (TSP) refers to the entire range of ambient air matter that can be collected, from the sub-micron level up to 100 µm in *d* (EMEP(2007)-B1010-9).

<sup>b</sup> As Germany does not calculate TSP, TSP is approximated by PM<sub>10</sub>

#### 5.7.3.1 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 5.34: Pigs, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to            |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|---------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.13    |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.13    |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.13    |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.69    | EM1009.71     |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.141   |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.13    |               |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.37    |               |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.14    |               |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.13   |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.13   |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.12   |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.63   | IEF1009.65    |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.108  |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.12   |               |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.34   |               |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005PSH.90 | AI1005PSH.111 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.43      | EXCR.47       |

## 6 Small ruminants / Kleine Wiederkäuer

### 6.1 Small ruminants, formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien bei kleinen Wiederkäuern

The term “small ruminants” comprehends sheep and goats. The inventory reports about both species separately. However, calculation procedures are similar.

Unter kleinen Wiederkäuern werden Schafe und Ziegen verstanden. Im Inventar wird über beide Arten getrennt berichtet; die Rechenverfahren sind ähnlich.

### 6.2 Sheep – all subcategories / Schafe insgesamt

The inventory goes along with the recommendation of IPCC(2006)-10.08 to form subcategories, wherever possible and useful. Thus, sheep are subdivided into lambs and sheep without lambs, which reflects different excretion rates and housing. This is of importance for the derivation of emissions of nitrogen species in particular. However, methane emissions are calculated for sheep as a whole.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 6.1.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Das Inventar folgt der Empfehlung, Subkategorien einzuführen, wenn dies möglich und dienlich ist (IPCC(2006)-10.08). Schafe werden deshalb wegen der unterschiedlichen Ausscheidungen und Haltungsverfahren bei der Berechnung der Emissionen der Stickstoff-Spezies nach Lämmern und anderen Schafen unterteilt. Die Berechnung der Methanemissionen erfolgt nur für Schafe insgesamt.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.1 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 6.1: Sheep, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied           | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|--------------------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                          | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation | 1    | IPCC / national          | district            | national | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national          | district            | national | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    |      | see Chapters 6.3 and 6.4 |                     |          |                    |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    |      | see Chapters 6.3 and 6.4 |                     |          |                    |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         |      |                          |                     |          |                    |

#### 6.2.1 Animal numbers and correction procedure / Tierzahlen und Korrekturverfahren

For the years prior to 1999, German official statistics counted sheep and lambs in each single federal state in June. From 1999 onwards, official statistics published data on the sheep population for different dates ((StatBA FS3 R4.1). The details of these censuses are described in Chapter 3.4.2.1. The existing data gaps were closed by continuation.

The sheep population varies with time; numbers established for different seasons reflect different shares of subcategories. This contributes to the uncertainty of the activity data. A standard error of 5 % is assumed. Accordingly, half the 95 % confidence interval amounts to 10 %. A normal distribution is assumed.

Für die Jahre vor 1999 wurden durch das Statistische Bundesamt auf Länderebene für den Monat Juni Zahlen für Schafe insgesamt sowie für Lämmer bereitgestellt. Ab 1999 wurden die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Schafzahlen mit wechselnden Erhebungsterminen verwendet (StatBA FS3 R4.1). Zu Erhebungsdetails siehe Kapitel 3.4.2.1. Datenlücken wurden durch Fortschreibung geschlossen.

Aufgrund einer im Jahresverlauf deutlich schwankenden Schafpopulation und variierenden Erhebungsterminen nimmt das Inventar einen Standardfehler der Schafzahlen von 5 % an. Dementsprechend wird das halbe 95 %-Konfidenzintervall mit 10 % angesetzt. Es wird Normalverteilung der Unsicherheit angenommen.

#### 6.2.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

Methane emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.3.2). The default emission factor is  $EF_{CH_4, \text{ent, sh}} = 8 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than  $\pm 30 \%$  and may be uncertain to  $\pm 50 \%$ .

Die Methanemissionen aus der Verdauung werden nach dem Stufe-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet. Der default-Emissionsfaktor  $EF_{CH_4, \text{ent, sh}}$  ist  $8 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als 30 %, wobei auch Werte bis 50 % für denkbar gehalten werden.



The inventory assumes an uncertainty of 30 % which is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 30 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

### 6.2.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.3.4.1.

The calculation procedure is based on default VS excretion: 0.4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> VS according to IPCC(1996)-3-4.47 und IPCC(2006)-10.82.

Methane producing capacity  $B_0$  and the Methane conversion factors  $MCF$  for the relevant husbandry systems (see Chapters 6.3.1.2 and 6.4.1.2) are listed in Table 6.2.

Grazing data are derived from the official 2010 data (see Chapter 3.4.3). It is not possible to establish create a time series from 1990 onwards. Therefore the 2010 data are used for all years from 1990 onwards.

Only straw based housing occurs.

The maximum methane producing capacity provided by IPCC (2006) equals that of IPCC (1996).

The methane conversion factor for solid storage given in IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996), the  $MCF$  for pasture equals that of IPCC (1996).

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Das Rechenverfahren verwendet dazu default-VS-Ausscheidungen: 0,4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> VS nach IPCC(1996)-3-4.47 und IPCC(2006)-10.82.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  für die relevanten Haltungsverfahren (siehe Kapitel 6.3.1.2 und 6.4.1.2) sind in Table 6.2 aufgelistet.

Die Daten zum Weidegang wurden aus offiziellen Daten (siehe Kapitel 3.4.3) für 2010 abgeleitet. Eine Zeitreihe ab 1990 lässt sich nicht erstellen. Daher werden die Daten von 2010 für alle Jahre ab 1990 eingesetzt.

Die Haltung im Stall erfolgt ausschließlich auf Stroh.

Die maximalen Methan-Freisetzungskapazitäten in IPCC (2006) und IPCC (1996) sind gleich. Der Methan-Umwandlungsfaktor für Festmist in IPCC (2006) ist größer als der in IPCC (1996) angegebene, der Faktor für Weidegang ist in IPCC (1996) und IPCC (2006) gleich groß.

Table 6.2: Sheep, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) for German temperature conditions

| maximum methane producing capacity $B_0$ | maximale Methanbildungs-Kapazität $B_0$  | 0.19 | m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> (kg VS) <sup>-1</sup> |
|------------------------------------------|------------------------------------------|------|------------------------------------------------------|
| $MCF$ storage type solid manure (heap)   | $MCF$ Lagerungsart Festmist (Misthaufen) | 0.02 | m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> CH <sub>4</sub>       |
| $MCF$ pasture                            | $MCF$ Weide                              | 0.01 | m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> CH <sub>4</sub>       |

Source: IPCC(2006)-10.82 f and 10.44 ff

With respect to the uncertainty of the emission factor calculated it has to be considered that the calculation procedure relies on default VS excretion, which is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of 30 %. It is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Für Stufe-1-Verfahren gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 30 % an. Diese wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

### 6.2.4 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The assessment is carried out separately for lambs and all sheep except lambs (see Chapters 6.3 and 6.4). The emission factors are:

**Housing and storage:** The NH<sub>3</sub> emission factors are 0.22 kg kg<sup>-1</sup> (housing) and 0.28 kg kg<sup>-1</sup> (storage), related to TAN (EMEP (2009)-4.B-26). The N<sub>2</sub>O emission factor for housing and storage is 0.013 kg kg<sup>-1</sup> (Vandré et al., 2012). According to Chapter 3.3.4.3.4, the emission factors for NO and N<sub>2</sub> are calculated as 0.0013 and 0.039 kg kg<sup>-1</sup> N, respectively. The emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

Die Berechnungen erfolgen für Lämmer und Schafe ohne Lämmer getrennt (siehe Kapitel 6.3 und 6.4). Die Emissionsfaktoren sind:

**Stall und Lager:** Die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren betragen 0,22 kg kg<sup>-1</sup> (Stall) bzw. 0,28 kg kg<sup>-1</sup> (Lager), bezogen auf TAN (EMEP (2009)-4.B-26). Der N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor für Stall und Lager beträgt 0,013 kg kg<sup>-1</sup> (Vandré et al., 2012). Nach Kapitel 3.3.4.3.4 berechnen sich die Emissionsfaktoren für NO und N<sub>2</sub> zu 0,0013 bzw. 0,039 kg kg<sup>-1</sup> N. Die Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

*Spreading:* The  $\text{NH}_3$  emission factor is  $0.9 \text{ kg kg}^{-1}$ , related to TAN (EMEP (2009)-4.B-26).

*Grazing:* The  $\text{NH}_3$  emission factor for grazing is  $0.09 \text{ kg kg}^{-1}$ , related to TAN excreted (EMEP (2009)-4.B-26). The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are given in Chapter 11.2.2.2.

The uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission factor characterizing the overall  $\text{NH}_3$  emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

For the uncertainties of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and  $\text{N}_2$  emission factors, the uncertainty of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

The uncertainties of the  $\text{NH}_3$  emission factor for grazing and for the related activity (N excretion during grazing) see Chapter 4.3.7.8.

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO, and  $\text{N}_2$  from manure management are described in Chapters 13.3 to 13.4.

*Ausbringung:* Der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor beträgt  $0,9 \text{ kg kg}^{-1}$  bezogen auf TAN (EMEP (2009)-4.B-26).

*Weide:* Der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor beträgt  $0,09 \text{ kg kg}^{-1}$  bezogen auf TAN (EMEP (2009)-4.B-26). Für die Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  wird auf Kapitel 11.2.2.2 verwiesen.

Die Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene  $\text{NH}_3$ -Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

Zu den Unsicherheiten des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors für Weidegang sowie des entsprechenden Aktivitätswertes (N-Ausscheidung auf der Weide) siehe Kapitel 4.3.7.8.

Die Unsicherheiten der aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 13.3 bis 13.4 beschrieben.

#### 6.2.5 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

No emission factors have been proposed yet (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). As a result, emissions are not calculated.

Emissionsfaktoren sind nicht bekannt (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). Eine Berechnung entfällt daher.

### 6.3 Lambs / Lämmer

All sheep younger than 1 a are considered to be lambs.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 6.3.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Lämmer sind dabei alle die Schafe, die jünger als 1 a sind.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.3 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 6.3: Lambs, calculation methods applied

| Species                                 | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |          | Resolution in time |
|-----------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                         |                      |      |                 | activities          | EF       | EF                 |
| $\text{CH}_4$                           | enteric fermentation |      | see Chapter 6.2 |                     |          |                    |
| $\text{CH}_4$                           | manure management    |      | see Chapter 6.2 |                     |          |                    |
| $\text{NH}_3$                           | manure management    | 2    |                 | district            | national | 1 a                |
| $\text{N}_2\text{O}$ , NO, $\text{N}_2$ | manure management    | 2    |                 | district            | national | 1 a                |
| $\text{PM}_{10}$ , $\text{PM}_{2.5}$    | animal house         |      |                 |                     |          |                    |

### 6.3.1 *Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails*

#### 6.3.1.1 *Animal numbers and animal weight/ Tierzahlen und Tiergewicht*

The number of lambs per ewe varies with races. At present, it seems impossible to construct a time series.

This inventory uses on district level animal numbers of lambs as corrected according to Dämmgen (2005) (see Chapter 6.2.1 for details).

The final weight of lambs after fattening is taken to 45 kg an<sup>-1</sup> (Jilg, 2009). If one assumes 50 % of this value to be the annual mean weight on each lamb rearing place counted by official census, one obtains an estimate of the mean lamb weight: 22.5 kg an<sup>-1</sup>. As Germany uses a Tier 1 approach at present, these data are not used for emission reporting.

Die Anzahl der pro Mutterschaf geborenen Lämmer variiert mit den Rassen. Die Formulierung von Zeitreihen erscheint derzeit unmöglich.

Auf Landkreisebene werden die nach Dämmgen (2005) korrigierten Tierzahlen für Lämmer verwendet (zu Einzelheiten vgl. Kapitel 6.2.1).

Das Endgewicht von Mastlämmern kann nach Jilg (2009) mit 45 kg an<sup>-1</sup> angesetzt werden. Nimmt man davon 50 % als Anhaltspunkt für das mittlere Jahresgewicht je gezählten Lämmerplatz, so ergibt sich ein mittleres Lammgewicht von 22,5 kg an<sup>-1</sup>. Dieser Wert geht wegen der derzeit verwendeten einfachen Methodik aber nicht in die Emissionsberechnung ein.

#### 6.3.1.2 *Production details and animal performance / Tierhaltung und Leistungsdaten*

In Germany, 71 % of the lambs produced for slaughter are fattened in the house all the time, 24 % for the final phase of fattening, and 5 % are fattened on pastures. (LKV, 2003; Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof).

In the official agricultural census (LZ2010, see Chapter 3.4.3.2.4) the grazing periods of sheep were surveyed for the first time. According to this census grazing time of lambs is about 41 % of the year. The previously used share of 10 % had been replaced by the share of 41 % for the complete time series.

In the house sheep are kept on bedding.

In Deutschland stammen 71 % der Schlachtlämmer aus Stallmast, 24 % aus Stallendmast und 5 % aus Weidemast (LKV, 2003; Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, Privatmitteilung Rolf Lückhof).

In der Landwirtschaftszählung LZ2010 (siehe Kapitel 3.4.3.2.4) wurden erstmals die Weidezeiten von Schafen erhoben. Danach befinden sich Lämmer durchschnittlich 41% der Zeit auf der Weide (bisher 10%). Die Weidedaten wurden für die gesamte Zeitreihe übernommen.

Im Stall befinden sich die Tiere auf eingestreuten Böden.

### 6.3.2 *Methane emissions / Methanemissionen*

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation and manure management see Chapter 6.2.2 and 6.2.3.

Zur Berechnung der Methanemissionen aus der Verdauung und aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 6.2.2 und 6.2.3.

### 6.3.3 *Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies*

Lambs fattened in the house excrete 3 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (KTBL, 2004, pg. 227), while grazing lambs excrete 5 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N. The inventory uses the mean of these data (4 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N).

50 % of the N excreted is assumed to be TAN (EMEP (2009)-4.B-26).

For lambs, an amount of straw of 0.16 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> is used (Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof). This corresponds to 0.8·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N and 0.4·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN.

The properties of straw are given in Chapter 3.3.4.3.2. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

For management details see Chapter 6.2.3.

For the emission factors see Chapter 6.2.4.

Lämmer in Intensivmast scheiden 3 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N aus (KTBL, 2004, S. 427). Lämmer mit Weidemast scheiden 5 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N aus. Das Inventar rechnet mit einer mittleren Ausscheidungsrate von 4 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N.

50 % der N-Ausscheidungen werden als TAN angesehen (EMEP (2009)-4.B-26).

Die tägliche Einstreuemenge wird für Lämmer mit 0,16 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Stroh angesetzt (Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, Privatmitteilung Rolf Lückhof). Dies entspricht 0,8·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N und 0,4·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN.

Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 6.2.3.

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 6.2.4.

For adult sheep, an amount of straw of  $0.4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  is used (Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof). This corresponds to  $2.0 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  and  $1.0 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ . As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

The properties of straw are given in Chapter 3.3.4.3.2. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Die tägliche Einstreumenge wird für erwachsne Schafe mit  $0,4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh angesetzt (Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, Privatmitteilung Rolf Lückhof). Dies entspricht  $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  und  $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ . Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

#### 6.3.4 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 6.4: Lambs, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                                                                                                                                                 | from                                 | To            |
|------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation<br>CH <sub>4</sub> manure management<br>NH <sub>3</sub><br>N <sub>2</sub> O<br>NO<br>PM <sub>10</sub><br>PM <sub>2.5</sub> | EM1009.15<br>EM1009.75<br>EM1009.143 | EM1009.77     |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                                                                                                                                                 | AC1005.18                            |               |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation<br>CH <sub>4</sub> manure management<br>NH <sub>3</sub><br>N <sub>2</sub> O<br>NO<br>PM <sub>10</sub><br>PM <sub>2.5</sub> |                                      |               |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                                                                                                                                                 | AI1005PSH.122                        | AI1005PSH.142 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                                                                                                                                               | EXCR.51                              | EXCR.53       |

## 6.4 Adult sheep / Erwachsene Schafe

All sheep elder than 1 a are considered to be adult sheep.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 6.5.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Als erwachsene Schafe gelten die Tiere, die älter als 1 a sind.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.5 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 6.5: Adult sheep, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation |      | see Chapter 6.2 |                     |          |                    |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    |      | see Chapter 6.2 |                     |          |                    |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 2    |                 | district            | national | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    |                 | district            | national | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         |      |                 |                     |          |                    |

### 6.4.1 Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails

#### 6.4.1.1 Animal numbers and animal weight / Tierzahlen und Tiergewicht

This inventory uses on district level animal numbers of sheep without lambs as corrected according to Dämmgen (2005) (see Chapter 6.2.1 for details).

IPCC (2006) give contradictory values for sheep live weights. Whereas IPCC (2006)-10.28 mentions 65 kg an<sup>-1</sup>, IPCC (2006)-10.82 states 48.5 kg an<sup>-1</sup>. The value 65 kg an<sup>-1</sup> is regarded applicable to the German situation (cf. KTBL, 2004, pp. 423 and 425). As Germany uses a Tier 1 approach at present, these data are not used for emission reporting.

Auf Landkreisebene werden die nach Dämmgen (2005) korrigierten Tierzahlen für Schafe ohne Lämmer verwendet (zu Einzelheiten vgl. Kapitel 6.2.1).

IPCC (2006)- gibt für Schafe unterschiedliche Gewichte an: 65 kg an<sup>-1</sup> in IPCC (2006)-10.28, 48,5 kg in IPCC (2006)-10.82. Der Wert von 65 kg an<sup>-1</sup> wird für Deutschland als zutreffend für erwachsene Schafe angesehen (vgl. KTBL, 2004, S. 423 und S. 425). Dieser Wert geht wegen der derzeit verwendeten einfachen Methodik aber nicht in die Emissionsberechnung ein.

#### 6.4.1.2 Production details and animal performance / Tierhaltung und Leistungsdaten

In the official agricultural census (LZ2010, see Chapter 3.4.3.2.4) the grazing periods of sheep were surveyed for the first time. According to this census grazing time of adult sheep is about 54 % of the year. The previously used share of 82 % had been replaced by the share of 54 % for the complete time series.

In the house sheep are kept on bedding.

In der LZ2010 (siehe Kapitel 3.4.3.2.4) wurden erstmals die Weidezeiten von Schafen erhoben. Danach befinden sich erwachsene Tiere durchschnittlich 54% der Zeit auf der Weide (bisher 82%). Die Weidedaten wurden für die gesamte Zeitreihe übernommen.

Im Stall befinden sich die Tiere auf eingestreuten Böden.

### 6.4.2 Methane emissions / Methanemissionen

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation and manure management see Chapter 6.2.2 and und 6.2.3.

Zur Berechnung der Methanemissionen aus der Verdauung und aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 6.2.2 und 6.2.3.

### 6.4.3 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

In Germany, an N excretion of 10 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> is assumed for a ewe without lambs (KTBL, 2004, pg. 427). This value is also used for the other adult sheep.

A fraction of 50 % of the nitrogen excreted is assumed to be TAN (EMEP (2009)-4.B-26).

For adult sheep, an amount of straw of 0.4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> is used (Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof). This corresponds to 2.0·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N and 1.0·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN. As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual

Für ein Mutterschaf ohne Lämmer wird in Deutschland eine N-Ausscheidung von 10 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> angesetzt (KTBL, 2004, S. 427). Dieser Wert wird auch für alle anderen erwachsenen Schafe verwendet.

Der TAN-Gehalt beträgt 50 % (EMEP (2009)-4.B-26).

Die tägliche Einstreuemenge wird für erwachsene Schafe mit 0,4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Stroh angesetzt (Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, Mitteilung Rolf Lückhof). Dies entspricht 2,0·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N und 1,0·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN. Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt

amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

The properties of straw are given in Chapter 3.3.4.3.2. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

For management details see Chapter 6.2.3.

For the emission factors see Chapter 6.2.4.

die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 6.2.3.

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 6.2.4.

#### 6.4.4 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 6.6: Sheep without lambs, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                                                                                                                                                 | from                                 | To            |
|------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation<br>CH <sub>4</sub> manure management<br>NH <sub>3</sub><br>N <sub>2</sub> O<br>NO<br>PM <sub>10</sub><br>PM <sub>2.5</sub> | EM1009.14<br>EM1009.72<br>EM1009.142 | EM1009.74     |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                                                                                                                                                 | AC1005.17                            |               |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation<br>CH <sub>4</sub> manure management<br>NH <sub>3</sub><br>N <sub>2</sub> O<br>NO<br>PM <sub>10</sub><br>PM <sub>2.5</sub> |                                      |               |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                                                                                                                                                 | AI1005PSH.112                        | AI1005PSH.141 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                                                                                                                                               | EXCR.48                              | EXCR.50       |

### 6.5 Sheep – collective description / Schafe - zusammenfassende Daten

#### 6.5.1 Mean animal weight / Mittleres Tiergewicht

The mean weight of sheep in Germany can be estimated as follows: The mean weight for adult sheep (65 kg an<sup>-1</sup>, see Chapter 6.4.1.1) and the mean weight for lambs (22.5 kg an<sup>-1</sup>, see Chapter 3.1.1) are combined using a ratio of 2 to 1 between the numbers of adult sheep and lambs, resulting in a mean sheep weight of ca. 50 kg an<sup>-1</sup>. However, as Germany uses a Tier 1 approach at present, this value is not used for emission reporting.

Das mittlere Schafgewicht wird aus den mittleren Gewichten von 65 kg an<sup>-1</sup> für erwachsene Schafe (siehe Kapitel 6.4.1.1) und 22,5 kg an<sup>-1</sup> für Lämmer (siehe Kapitel 6.3.1.1) ermittelt, indem von einem Tierzahl-Verhältnis von ca. 2:1 von erwachsenen Tieren zu Lämmern ausgegangen wird. Daraus folgt ein mittleres Schafgewicht von ca. 50 kg an<sup>-1</sup>, das aber wegen der derzeit verwendeten einfachen Methodik nicht in die Emissionsberechnung eingeht.

#### 6.5.2 Mean N excretion rate / Mittlere N-Ausscheidungen

The total of N excretions of lambs and sheep without lambs is divided by the total number of sheep:

Die Summe der N-Ausscheidungen von Lämmern und Schafen ohne Lämmer wird durch die Gesamtzahl der Schafe dividiert:

$$m_{\text{excr, mean, sh}} = \frac{n_{\text{la}} \cdot m_{\text{excr, mean, la}} + n_{\text{ew}} \cdot m_{\text{excr, mean, ew}}}{n_{\text{la}} + n_{\text{ew}}} \quad (6.1)$$

where

$m_{\text{excr, mean, sh}}$  mean amount of N excreted by sheep (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N)  
 $n_{\text{la}}$  number of lambs (in pl)  
 $m_{\text{excr, mean, la}}$  mean amount of N excreted by lambs (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N)  
 $n_{\text{ew}}$  number of ewes and other adult sheep (in pl)

### 6.5.3 Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) mit denen benachbarter Staaten

In Table 6.7 a comparison is made of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions.

In Table 6.7 erfolgt eine Gegenüberstellung aggregierter Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärender Variablen für Deutschland und Länder, deren Landwirtschaft der deutschen ähnlich ist.

Table 6.7: Sheep, 2010, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors regarding enteric fermentation (ent) and manure management (MM)

|                                                                                          | mean animal weight<br>kg an <sup>-1</sup> | VS excretion<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | N excretion<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | IEF                                                          |                                                             |                                                        |                                                         |                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                          |                                           |                                                     |                                                    | CH <sub>4</sub> , ent<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | CH <sub>4</sub> , MM<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | NH <sub>3</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | N <sub>2</sub> O<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | NO<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> |
| Austria                                                                                  | 43.00                                     | 0.40                                                | 13.10                                              | 8.00                                                         | 0.19                                                        | 0.46                                                   |                                                         |                                           |
| Belgium                                                                                  | 50.00                                     | 0.46                                                | 7.58                                               | 8.00                                                         | 0.63                                                        | 1.02                                                   |                                                         |                                           |
| Czech Republic                                                                           | NA                                        | NA                                                  | 20.00                                              | 8.00                                                         | 0.19                                                        | 0.86                                                   |                                                         |                                           |
| Denmark                                                                                  | 66.85                                     | 1.03                                                | 15.23                                              | 16.23                                                        | 2.42                                                        | 1.16                                                   |                                                         |                                           |
| France                                                                                   | NA                                        | 0.40                                                | 16.73                                              | 9.47                                                         | 0.28                                                        | 2.54                                                   |                                                         |                                           |
| <b>Germany</b>                                                                           | <b>50.00</b>                              | <b>0.40</b>                                         | <b>8.22</b>                                        | <b>8.00</b>                                                  | <b>0.27</b>                                                 | <b>1.69</b>                                            | <b>0.09</b>                                             | <b>0.012</b>                              |
| Netherlands                                                                              | NE                                        | 0.50                                                | 6.97                                               | 8.00                                                         | 0.16                                                        | 0.38                                                   |                                                         |                                           |
| Poland                                                                                   | 63.00                                     | 0.35                                                | 6.79                                               | 7.86                                                         | 0.16                                                        | 1.46                                                   |                                                         |                                           |
| Switzerland                                                                              | NA                                        | 0.40                                                | 8.48                                               | 10.02                                                        | 1.21                                                        | 1.93                                                   |                                                         |                                           |
| United Kingdom                                                                           | NE                                        | 0.40                                                | 5.37                                               | 4.75                                                         | 0.14                                                        | 0.09                                                   |                                                         |                                           |
| IPCC (1996)-3-4.10, 4.12, 4.47, 4.99, Western Europe, cool region, developed countries   | 43.00                                     | 0.40                                                | 20.00                                              | 8.00                                                         | 0.19                                                        |                                                        |                                                         |                                           |
| IPCC (2000)-4.45                                                                         |                                           |                                                     | mature: 20<br>0-1 year: 10                         |                                                              |                                                             |                                                        |                                                         |                                           |
| IPCC (2006)-10.28, 10.40, 10.59, 10.82, Western Europe, cool region, developed countries | Tier 1: 65<br>Tier 2: 48.5                | 0.40                                                | 20.17 <sup>a</sup>                                 | 8.00                                                         | 0.19                                                        |                                                        |                                                         |                                           |
| EMEP (2009)-4.B-26, 61                                                                   |                                           |                                                     | 15.5                                               |                                                              |                                                             | 1.4                                                    |                                                         | 0.005                                     |

Sources: Germany: submission 2013; UNFCCC (2012), CRF Table 4.A, 4.B; CEIP (2012) NFR

<sup>a</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight

Germany uses IPCC default VS excretions, as most other countries do. The Danish VS excretions exceed the default value by far.

N excretions show a very wide variation which cannot be explained. Only the Czech Republic uses the IPCC default N excretion of 20 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (IPCC(1996)-3-4.99).

A number of countries use the IPCC default value for CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation (CH<sub>4</sub>, ent). Except for the UK and Poland, this value is lower than the values calculated by the other countries.

For CH<sub>4</sub> from manure management CH<sub>4</sub>, MM, the German emission factor derived is somewhat larger than the default value, but considerably smaller than that used in Denmark and Switzerland.

In comparison to the other nations the German as well as the Swiss NH<sub>3</sub> emission factor is ranked in the upper range.

Deutschland nutzt wie die meisten anderen Staaten den IPCC-Defaultwert für VS-Ausscheidungen. Der dänische VS-Wert liegt erheblich darüber.

Der Vergleich der N-Ausscheidungen zeigt deutliche und kaum erklärbare Unterschiede. Nur die Tschechische Republik verwendet den IPCC-default-Wert von 20 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (IPCC(1996)-3-4.99).

Der CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktor für Verdauung (CH<sub>4</sub>, ent) ist in einer Reihe von Ländern der IPCC-Default-Faktor. Dieser ist (mit Ausnahme des britischen und polnischen Wertes) niedriger als die berechneten Werte in den übrigen Ländern.

Für CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management (CH<sub>4</sub>, MM) wurde für Deutschland ein Emissionsfaktor ermittelt, der etwas über dem Default-Wert liegt, aber deutlich kleiner als der von Dänemark und der Schweiz ist.

Bei den NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren liegt der deutsche Wert zusammen mit dem Wert der Schweiz am oberen Ende der Skala.

#### 6.5.4 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 6.8: Sheep, collective description, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from          | to            |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------|---------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.14     |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.14     |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.16     |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.78     | EM1009.80     |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.144    |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     |               |               |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    |               |               |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.19     |               |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.14    |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.14    |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.13    |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF.1009.66   | IEF.1009.68   |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.109   |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     |               |               |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    |               |               |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005PSH.113 | AI1005PSH.148 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.54       | EXCR.56       |

## 6.6 Goats / Ziegen

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 6.9.

The limited data availability in Germany allows only for the calculation of national total emissions.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.9 zusammengestellten Methoden.

Die begrenzte Datenlage lässt nur die Berechnung von nationalen Gesamtemissionen zu.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 6.9: Goats, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                | Activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation | 1    | IPCC           | national            | national | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 1    | IPCC           | national            | national | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 1    | EMEP           | national            | national | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 1    | IPCC           | national            | national | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         |      |                |                     |          |                    |

### 6.6.1 Animal number and animal performance / Tierzahlen und Leistungsdaten

#### 6.6.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers for goats were officially counted the first time in 2010. For the years before 2005 the data provided by BMELV (Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer protection) are used, the data for the years from 2005 onwards until 2010 were estimated by the Statistisches Bundesamt. For 2010 the animal numbers are used which were counted during the LZ 2010 (see Chapter 3.4.2). They are about one third lower than the animal numbers estimated for 2009 by the Statistisches Bundesamt. As communicated by the Statistisches Bundesamt (Maria Dieterle, 14 July 2011) the estimates for the years before 2010 will not be corrected in order to keep data consistency with the data by Eurostat. No official animal numbers are available for 2011. German statistics suggest to use the data for 2010 instead.

Tierzahlen für Ziegen wurden erstmals 2010 offiziell erfasst. Für die Jahre vor 2005 wird die offizielle Schätzung des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMELV), ab 2005 die des Statistischen Bundesamtes verwendet. Für 2010 stammt die Tierzahl aus der Landwirtschaftszählung 2010 (siehe Kapitel 3.4.2). Sie ist um etwa ein Drittel kleiner als die zuletzt für 2009 durch das Statistische Bundesamt geschätzte Zahl. Wie das Statistische Bundesamt mitteilte (Maria Dieterle, 14.07.2011) werden die Schätzungen für die Jahre vor 2010 zur Wahrung der Konsistenz u.a. mit den Daten von Eurostat nicht revidiert. Für 2011 liegen keine offiziellen Ziegenzahlen vor. Nach Einschätzung des Statistische Bundesamtes kann die Zahl von 2010 übernommen werden.



The animal numbers are reported as ten thousands of animals, which in itself contains an uncertainty of about 7 %. For this inventory, an uncertainty (standard error) of 10 % is assumed, distribution normal. In accordance half the 95 % confidence interval is fixed to 20 %.

#### 6.6.1.2 *Animal weights/ Tiergewicht*

No performance data is available.

IPCC (2006) reports contradictory weights for goats, 40 kg an<sup>-1</sup> in IPCC (2006)-10.28 and 38.5 kg an<sup>-1</sup> in IPCC (2006)-10.82. The weight of 40 kg appears to be applicable to the German situation. However, due to the use of a Tier 1 approach, the animal weight is not used to perform emission calculations at present.

#### 6.6.1.3 *Management details / Haltungsdetails*

As no data is available it is assumed that 50 % of the animals are housed permanently, whereas 50 % are grazing all day (grazing period: 250 d a<sup>-1</sup>). (Source: Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof).

In the house sheep are kept on bedding.

Die Angaben zu den Tierzahlen erfolgen in zehntausenden Tieren. Hierin begründet sich bereits eine Unsicherheit von etwa 7 %. Angenommen wird für dieses Inventar eine Unsicherheit (Standardfehler) von 10 % bei normaler Verteilung. Dementsprechend wird das halbe 95 %-Konfidenzintervall mit 20 % angesetzt.

Leistungsdaten sind nicht verfügbar.

IPCC (2006) gibt für Ziegen unterschiedliche Gewichte an: 40 kg an<sup>-1</sup> in IPCC (2006)-10.28, 38,5 kg an<sup>-1</sup> in IPCC (2006)-10.82. Für deutsche Verhältnisse erscheinen 40 kg pro Tier angemessen. Das Ziegengewicht geht aber derzeit nicht in die deutschen Emissionsberechnungen ein, da ein Stufe-1-Verfahren verwendet wird.

Da keine Daten verfügbar sind, wird angenommen, dass 50 % der Ziegen nur im Stall sind, 50 % ganztägig auf der Weide. Die Weideperiode beträgt 250 d a<sup>-1</sup>. (Quelle: Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, Privatmitteilung Rolf Lückhof).

Im Stall befinden sich die Tiere auf eingestreuten Böden.

### 6.6.2 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

Methane emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.3.2). The default emission factor is  $EF_{CH_4, \text{ent, sh}} = 5 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than  $\pm 30 \%$  and may be uncertain to  $\pm 50 \%$ .

The inventory assumes an uncertainty of 30 % which is interpreted as the standard error.

Die Methanemissionen aus der Verdauung werden nach dem Stufe-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet. Der default-Emissionsfaktor  $EF_{CH_4, \text{ent, sh}}$  ist 5 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als 30 %, wobei auch Werte bis 50 % für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 30 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

### 6.6.3 *Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the equation of the Tier 2 methodology, see Chapter 3.3.4.1.

The calculation is based on default values of VS excretion rate and  $B_0$  given in IPCC (2006) and combines them with German manure management system frequency distributions in order to calculate the emission factor.

According to Table 10A-9 in IPCC (2006) the default VS excretion is taken to be 0.30 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (which is higher than the default value of 0.28 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> provided in IPCC (1996), Table B-7. Methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factors  $MCF$  for the relevant husbandry systems (see Chapter 6.6.4) are listed in Table 6.10.

Die Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management erfolgt mit der Gleichung des Stufe-2-Verfahrens (siehe Kapitel 3.3.4.1).

Dabei werden Standard-VS-Ausscheidung und Standard- $B_0$  nach IPCC (2006) mit nationalen Daten für das Wirtschaftsdünger-Management kombiniert, um den Emissionsfaktor zu berechnen.

Für die VS-Ausscheidung wird nach IPCC (2006), Table 10A-9, ein Wert von 0,30 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> angesetzt, der höher als der Wert nach IPCC (1996), Table B-7, ist (0,28 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>). Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  für die relevanten Haltingsverfahren (siehe Kapitel 6.6.4) sind in Table 6.10 aufgelistet.

Table 6.10: Goats, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors (MCF) for German temperature conditions

|                                          |                                         |                                                   |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|
| maximum methane producing capacity $B_0$ | maximale Methanbildungs-Kapazität $B_0$ | 0.18 $\text{m}^3 \text{CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ |
| MCF storage type solid manure (heap)     | MCF Lagerungsart Festmist (Misthaufen)  | 0.02 $\text{m}^3 \text{m}^{-3} \text{CH}_4$       |
| MCF pasture                              | MCF Weide                               | 0.01 $\text{m}^3 \text{m}^{-3} \text{CH}_4$       |

Source: IPCC(2006)-10.82 f and 10.44 ff

$B_0$  according to IPCC (2006) exceeds the value suggested by IPCC (1996), pg. 4.47, which is  $0.17 \text{ m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$ .

With respect to the uncertainty of the emission factor calculated it has to be considered that the calculation procedure relies on default VS excretion, which is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of 30 %. It is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

$B_0$  nach IPCC (2006) ist größer als der von IPCC (1996), S. 4.4.7, vorgeschlagene Wert von  $0,17 \text{ m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$ .

Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Für Stufe-1-Verfahren gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 30 % an. Diese wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 6.6.4 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The data on N excretion available for Germany is  $11 \text{ kg an}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  for all goats (LfL, 2004a). All calculations are based on this figure. A fraction of 50 % of the nitrogen excreted is assumed to be TAN (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

For goats no data on bedding material input is available. Hence the inventory assumes the same amount like for adult sheep:  $0.4 \text{ kg pl}^{-1} \text{d}^{-1}$  (corresponding to  $2.0 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  and  $1.0 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{TAN}$ ). As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

The properties of straw are given in Chapter 3.3.4.3.2. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The manure is stored in a heap. The inventory assumes that there is no incorporation after application.

According to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, the  $\text{NH}_3$  emission factors of sheep are adopted, see Chapter 6.2.4. For emission factors of  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  see also Chapter 6.2.4.

Offiziell verfügbare deutsche Zahlen (LfL, 2004a) sehen für alle Ziegen eine einheitliche Ausscheidung von  $11 \text{ kg an}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  vor. Dieser Wert wird in den Rechnungen verwendet. Der TAN-Gehalt wird mit 50 % angesetzt (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

In Ermangelung ziegenspezifischer Daten wird die tägliche Einstreumenge wie für erwachsene Schafe mit  $0,4 \text{ kg pl}^{-1} \text{d}^{-1}$  Stroh angesetzt (bzw.  $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  und  $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{TAN}$ ). Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Der Mist wird im Haufen gelagert. Das Inventar geht davon aus, dass keine Einarbeitung nach der Ausbringung erfolgt.

Entsprechend EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, werden die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren von Schafen übernommen, siehe Kapitel 6.2.4. Für die Emissionsfaktoren von  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  siehe ebenfalls Kapitel 6.2.4.

#### 6.6.5 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

No emission factors have been proposed yet (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-10: NA). As a result, emissions are not calculated.

Emissionsfaktoren sind nicht bekannt (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-10: NA). Eine Berechnung entfällt daher.

### 6.6.6 Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) mit denen be-nachbarter Staaten

In Table 6.11 a comparison is made of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions.

In Table 6.11 erfolgt eine Gegenüberstellung aggregierter Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärender Variablen für Deutschland und Länder, deren Landwirtschaft der deutschen ähnlich ist.

Table 6.11: Goats, 2010, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors regarding enteric fermentation (ent) and manure management (MM)

|                                                                                          | mean animal weight<br>kg an <sup>-1</sup> | VS excretion<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | N excretion<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | IEF                                                          |                                                             |                                                        |                                                         |                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                          |                                           |                                                     |                                                    | CH <sub>4</sub> , ent<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | CH <sub>4</sub> , MM<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | NH <sub>3</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | N <sub>2</sub> O<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | NO<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> |
| Austria                                                                                  | 30.00                                     | 0.28                                                | 12.30                                              | 5.00                                                         | 0.12                                                        | 0.46                                                   |                                                         |                                           |
| Belgium                                                                                  | 50.00                                     | 0.55                                                | 8.50                                               | 5.00                                                         | 0.76                                                        | 1.63                                                   |                                                         |                                           |
| Czech Republic                                                                           | NA                                        | NA                                                  | 25.00                                              | 5.00                                                         | 0.12                                                        | 0.91                                                   |                                                         |                                           |
| Denmark                                                                                  | 60.00                                     | 1.07                                                | 16.40                                              | 13.06                                                        | 2.45                                                        | 1.25                                                   |                                                         |                                           |
| France                                                                                   | NA                                        | 0.28                                                | 14.51                                              | 11.82                                                        | 0.18                                                        | 2.74                                                   |                                                         |                                           |
| <b>Germany</b>                                                                           | <b>40.00</b>                              | <b>0.30</b>                                         | <b>11.00</b>                                       | <b>5.00</b>                                                  | <b>0.22</b>                                                 | <b>3.02</b>                                            | <b>0.16</b>                                             | <b>0.0215</b>                             |
| Netherlands                                                                              | NE                                        | 0.65                                                | 11.01                                              | 5.00                                                         | 0.37                                                        | 2.93                                                   |                                                         |                                           |
| Poland                                                                                   | 30.00                                     | 0.28                                                | 6.70                                               | 5.00                                                         | 0.12                                                        | 1.46                                                   |                                                         |                                           |
| Switzerland                                                                              | NA                                        | 0.28                                                | 10.57                                              | 10.24                                                        | 1.09                                                        | 3.05                                                   |                                                         |                                           |
| United Kingdom                                                                           | NE                                        | 0.28                                                | 20.60                                              | 5.00                                                         | 0.12                                                        | IE                                                     |                                                         |                                           |
| IPCC (1996)-3-4.10, 4.12, 4.47, Western Europe, cool region, developed countries         | 30.00                                     | 0.28                                                |                                                    | 5.00                                                         | 0.12                                                        |                                                        |                                                         |                                           |
| IPCC (2000)-B1090-9                                                                      |                                           |                                                     | 20.00                                              |                                                              |                                                             | 1.34                                                   |                                                         |                                           |
| IPCC (2006)-10.28, 10.40, 10.59, 10.82, Western Europe, cool region, developed countries | 40 (Tier 1)<br>38.50 (Tier 2)             | 0.30                                                | 18.69 <sup>a</sup>                                 | 5.00                                                         | 0.13                                                        |                                                        |                                                         |                                           |
| EMEP (2009)-4.B-26                                                                       |                                           |                                                     | 15.5                                               |                                                              |                                                             |                                                        |                                                         |                                           |

Sources: Germany: submission 2013; all other countries: UNFCCC (2012), CRF Table 4.A, 4.B; CEIP (2012) NFR

<sup>a</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight

Germany in contrast to most of the other countries uses the IPCC (2006) default value for VS excretions. The Belgium, Danish and Netherlands VS excretions are national values that exceed the IPCC default value by far.

N excretions show a very wide variation which cannot be explained.

Germany and most of the other countries calculate CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation with the IPCC default value. This value is lower than the national values of the other countries.

For CH<sub>4</sub> from manure management (CH<sub>4</sub>, MM), the German emission factor derived is somewhat larger than the default value, but considerably smaller than that used in Denmark and Switzerland.

In comparison to the other nations the German as well as the Swiss NH<sub>3</sub> emission factor is ranked in the upper range.

Deutschland nutzt im Gegensatz zu den meisten anderen Staaten den Default-Wert von IPCC (2006) für VS-Ausscheidungen. Belgien, Dänemark und die Niederlande verwenden nationale VS-Ausscheidungen, die deutlich über den IPCC-Defaultwerten liegen.

Der Vergleich der N-Ausscheidungen zeigt deutliche und kaum erklärbare Unterschiede.

Deutschland und die meisten anderen Länder berechnen CH<sub>4</sub> aus der Verdauung mit dem IPCC-Default-Faktor. Dieser ist niedriger als die nationalen Werte in den übrigen Ländern.

Für CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management (CH<sub>4</sub>, MM) wurde für Deutschland ein Emissionsfaktor ermittelt, der etwas über dem Default-Wert liegt, aber deutlich kleiner als der von Dänemark und der Schweiz ist.

Bei den NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren liegt der deutsche Wert zusammen mit dem Wert der Schweiz am oberen Ende der Skala.

**6.6.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD  
zusammengestellten Informationen**

Table 6.12: Goats, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.15    |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.15    |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.17    |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.81    | EM1009.83    |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.145   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     |              |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    |              |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.20    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.15   |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.15   |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.14   |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.69   | IEF1009.71   |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.110  |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     |              |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    |              |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005GBU.01 | AI1005GBU.04 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.57      | EXCR.59      |

## 7 Horses, mules and asses / Pferde, Maultiere und Esel

### 7.1 Horses, formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien bei Pferden

Due to their different emissions, the category „horses“ is subdivided in the subcategories “heavy horses” (see Chapter 7.2) and “light horses and ponies” (see Chapter 7.3). The emissions of these subcategories are calculated separately. As emissions from “horses” are to be reported, the data is aggregated in Chapter 7.4.

Wegen der unterschiedlich hohen Emissionen von Großpferden einerseits (siehe Kapitel 7.2) und Kleinpferden und Ponys andererseits (siehe Kapitel 7.3) erfolgt die Emissionsberechnung getrennt nach diesen Unterkategorien. Da die Emissionen für alle Pferde insgesamt zu berichten sind, erfolgt in Kapitel 7.4 eine Aggregation der Teilergebnisse.

#### 7.1.1 Animal numbers and husbandry details / Tierzahlen und Haltungsdetails

##### 7.1.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

For the inventory calculations only those horses are relevant that are reported in agricultural statistics (StatLA C III 1 – vj 4). From 2010 onwards horses are officially surveyed in one unit (equidae) along with asses and mules. For 2011 no official equidae numbers are available. The next survey of equidae numbers will not take place until the middle of the decade.

It is not possible to separate the number of asses and mules from the number of equidae. This is due to the fact that the number of asses and mules is estimated on a national level (see Chapter 7.5.1.1) and cannot be subtracted from the number of equidae that are surveyed on the level of federal states. The error that arises from this fact is of minor importance due to the low number of asses and mules and is therefore negligible.

From 2007 onwards the distribution of horses in the categories “heavy horses” and “light horses” as required for the inventory is the same as in 2007 occurred. Similarly, separate numbers of ponies and heavy horses for 2005 were derived using the ratio of heavy to light horses given for 2003.

Data gaps are closed using interpolation respectively extrapolation. The downward trend with respect to animal numbers of horses observed between 2007 and 2010 is not extrapolated in the emission inventory as it is likely that it leads to an underestimation of the activity. Instead, the data gap in 2011 is closed by continuation of the 2010 data set.

The uncertainty of the animal numbers is assumed to be 5 % (standard error), and hence 10 % for half the 95 % confidence interval, with normal distribution.

Den Inventarberechnungen werden lediglich diejenigen Pferde zugrunde gelegt, die in den landwirtschaftlichen Statistiken (StatLA C III 1 – vj 4) ausgewiesen werden. Ab 2010 wird zusammenfassend lediglich der Bestand der Equiden (Pferde, Esel und Maultiere) amtlich erfasst. Für 2011 steht keine offizielle Equidenzahl zur Verfügung. Die nächste Erfassung des Equidenbestandes wird erst Mitte des Jahrzehnts erfolgen.

Die Equidenzahl wird im Inventar als Anzahl der Pferde interpretiert, da es nicht möglich ist, die nur auf Bundesebene geschätzte Anzahl der Esel und Maultiere (siehe Kapitel 7.5.1.1) von der Anzahl Equiden auf Bundeslandebene zu subtrahieren. Der damit verbundene Fehler (Überschätzung der Pferdezahlen) ist wegen der im Vergleich zur Equidengesamtzahl geringen Anzahl der Esel und Maultiere vernachlässigbar.

Die Aufteilung der Pferdegesamtzahl in die für die Inventarerstellung erforderlichen zwei Kategorien „Großpferde“ und „Kleinpferde/Ponys“ erfolgt ab 2007 anhand des Verhältnisses von 2007. Ähnliches gilt für das Jahr 2005, indem das Verhältnis von Pony- zu Großpferdezahl von 2003 zugrunde gelegt wurde.

Datenlücken innerhalb der Zeitreihe werden durch Interpolation geschlossen. Um den merklichen Abwärtstrend der Pferdezahlen zwischen 2007 und 2010 nicht in unzulässiger Weise für die Jahre nach 2011 fortzuschreiben, wird die Datenlücke am Ende der Zeitreihe nicht durch Extrapolation, sondern durch Beibehalten des Wertes von 2010 geschlossen.

Die Unsicherheit der Tierzahlen wird mit 5 % (Standardfehler) bzw. 10 % (halbes 95 %-Konfidenzintervall) bei normaler Verteilung geschätzt.

##### 7.1.1.2 Management details / Haltungsdetails

For all horses the duration of the grazing period is assumed to be 180 d a<sup>-1</sup>, with a daily grazing time of 10 h d<sup>-1</sup>.

In the house sheep are kept on bedding.

Für alle Pferde wird von einer Weideperiode von 180 d a<sup>-1</sup> mit einer täglichen Weidedauer von 10 h d<sup>-1</sup> ausgegangen.

Im Stall befinden sich die Tiere auf eingestreuten Böden.

### 7.1.2 Methane from manure management – characteristic values / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management - charakteristische Größen

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 equation, see Chapter 3.3.4.1.

For the input data used for the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the  $MCF$  see the subsequent table. For the VS excretion used see the respective subchapters for heavy horses and light horses/Ponies.

For management details see Chapter 7.1.1.2.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird die Gleichung des Stufe-2-Verfahrens verwendet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Zu den verwendeten Daten für die maximale Methan-Produktionskapazität  $B_0$  und den  $MCF$  siehe nachfolgende Tabelle. Zur VS-Ausscheidung siehe entsprechendes Unterkapitel bei den Großpferden sowie bei den Kleinpferden und Ponys.

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 7.1.1.2.

Table 7.1: Horses, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ )

|                                          |                                          |      |                                              |
|------------------------------------------|------------------------------------------|------|----------------------------------------------|
| maximum methane producing capacity $B_0$ | maximale Methanbildungs-Kapazität $B_0$  | 0.3  | $\text{m}^3 \text{CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ |
| $MCF$ storage type solid manure (heap)   | $MCF$ Lagerungsart Festmist (Misthaufen) | 0.02 | $\text{m}^3 \text{m}^{-3} \text{CH}_4$       |
| $MCF$ pasture                            | $MCF$ Weide                              | 0.01 | $\text{m}^3 \text{m}^{-3} \text{CH}_4$       |

Source: IPCC(2006)-10.82 f and 10.44 ff

The maximum methane producing capacity provided by IPCC (2006) falls slightly below that of IPCC (1996). The methane conversion factor  $MCF$  for solid storage given in IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996), the  $MCF$  for pasture equals that of IPCC (1996). The resulting German CH<sub>4</sub> emission exceeds that obtained from the application of IPCC 1996 parameters.

Die in IPCC (2006) angegeben maximale Methan-Freisetzungskapazität ist ein wenig geringer als die in IPCC (1996) vorgeschlagene. Der in IPCC (2006) angegebene Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für Festmist ist größer als der in IPCC (1996); für Weidegang geben beide Richtlinien den gleichen Wert. Die resultierenden deutschen CH<sub>4</sub>-Emissionen sind größer, als wenn sie nach IPCC (1996) berechnet würde.

### 7.1.3 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The emission factors of N species do not depend on which horse category is considered.

For storage, the NH<sub>3</sub>-N emission factors used for cattle (cf. Chapter 4.2), i. e. 0.6 kg kg<sup>-1</sup> (solid manure/heap) and 0.013 kg kg<sup>-1</sup> (leachate/solid cover) are adopted. They are related to TAN.

The NH<sub>3</sub> emission factors for grazing (0.35 kg kg<sup>-1</sup> N) and housing (0.22 kg kg<sup>-1</sup> N) are taken from EMEP(2009)-4B-26. They relate to TAN.

The N<sub>2</sub>O emission factor for housing and storage is 0.013 kg kg<sup>-1</sup> (Vandré et al., 2012). According to Chapter 3.3.4.3.4, the emission factors for NO and N<sub>2</sub> are calculated as 0.0013 and 0.039 kg kg<sup>-1</sup> N, respectively. The emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

For management details see Chapter 7.1.1.2.

For spreading it is assumed that solid manure is broadcast to bare arable land without incorporation, and that leachate is broadcast to grassland. It is assumed that the emission factors used for cattle can be adopted. This leads, according to Chapter 4.2, to NH<sub>3</sub> emission factors of 0.9 kg kg<sup>-1</sup> N (solid manure) and 0.20 kg kg<sup>-1</sup> N (leachate), both related to TAN.

Bei den Emissionsfaktoren von N-Spezies wird nicht nach Groß- und Kleinpferden unterschieden.

Für das Lager werden wie bei den Rindern (vgl. Kapitel 4.2) ein NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktor von 0,6 kg kg<sup>-1</sup> (Misthaufen) bzw. 0,013 kg kg<sup>-1</sup> (abgedeckter Jauchebehälter), bezogen auf TAN, angenommen.

Die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für Weide (0,35 kg kg<sup>-1</sup> N) und Stall (0,22 kg kg<sup>-1</sup> N), jeweils bezogen auf TAN, werden EMEP(2009)-4B-26 entnommen.

Der N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor für Stall und Lager beträgt 0,013 kg kg<sup>-1</sup> (Vandré et al., 2012). Nach Kapitel 3.3.4.3.4 berechnen sich die Emissionsfaktoren für NO und N<sub>2</sub> zu 0,0013 bzw. 0,039 kg kg<sup>-1</sup> N. Die Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 7.1.1.2.

Für die Ausbringung wird angenommen, dass der Festmist mit dem Breitverteiler ohne Einarbeitung auf unbedeckte Ackerflächen und die Jauche mit dem Breitverteiler auf Grünland ausgebracht werden., und dass die Emissionsfaktoren von den Rindern übernommen werden können (Kapitel 4.2). Daraus ergeben sich für die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren 0,9 kg kg<sup>-1</sup> N (Mist) und 0,20 kg kg<sup>-1</sup> N (Jauche), jeweils bezogen auf TAN.

The uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission factor characterizing the overall  $\text{NH}_3$  emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

For the uncertainty of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emission factors, the uncertainty of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

For the uncertainties of the  $\text{NH}_3$  emission factor for grazing and for the related activity (N excretion during grazing) see Chapter 4.3.7.8.

Die Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene  $\text{NH}_3$ -Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

Zu den Unsicherheiten des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors für Weidegang sowie des entsprechenden Aktivitätswertes (N-Ausscheidung auf der Weide) siehe Kapitel 4.3.7.8.

#### 7.1.4 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

For light horses and ponies, no specific emission factors are reported.

The emission factors used are listed in Table 7.2 (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10). For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Es existieren keine separaten Emissionsfaktoren für Kleinpferde und Ponys.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 7.2 zusammengestellt (EMEP(2009)-4B-27, Tabel 3-10). Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

Table 7.2: Horses and mules/asses, emission factors for particle emissions from housing

| Housing type       | Haltungssystem               | Emission factor for $\text{PM}_{10}$<br>$\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ | Emission factor for $\text{PM}_{2.5}$<br>$\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ |
|--------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Straw based system | Haltungssystem, strohbasiert | 0.18                                                                      | 0.12                                                                       |

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10

#### 7.1.5 Uncertainties of the implied emission factors (IEF) for $\text{NH}_3$ , $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{NO}$ , and $\text{N}_2$ from manure management / Unsicherheiten der aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) für $\text{NH}_3$ , $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{NO}$ und $\text{N}_2$ aus dem Wirtschaftsdünger-Management

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ , and  $\text{N}_2$  from manure management are described in Chapters 13.3 to 13.4.

Die Unsicherheiten der aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 13.3 bis 13.4 beschrieben.

#### 7.2 Heavy horses / Großpferde

All horses whose size as measured from the top of the withers to the ground exceeds 14 hands or 148 cm are called heavy horses.

The emissions are calculated according to the methods procedures compiled in Table 7.3.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Großpferde sind alle Pferde mit einem Stockmaß von 148 cm und mehr.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 7.3 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 7.3: Heavy horses, calculation methods applied

| Species                                           | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space<br>activities | Resolution in space<br>EF | Resolution in time<br>EF |
|---------------------------------------------------|----------------------|------|-----------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| $\text{CH}_4$                                     | enteric fermentation | 2    | IPCC / national | district                          | national                  | 1 a                      |
| $\text{CH}_4$                                     | manure management    | 2    | IPCC / national | district                          | national                  | 1 a                      |
| $\text{NH}_3$                                     | manure management    | 2    | EMEP / national | district                          | national                  | 1 a                      |
| $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{NO}$ , $\text{N}_2$ | manure management    | 2    | IPCC / national | district                          | national                  | 1 a                      |
| $\text{PM}_{10}$ , $\text{PM}_{2.5}$              | animal house         |      |                 |                                   |                           |                          |

### 7.2.1 *Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme*

The mean weight is assumed to be  $550 \text{ kg a}^{-1}$  (mean value for riding horses, see DLG, 2005, pg. 54).

Due to this mean weight, the animal category of German heavy horses corresponds to the category of horses described in IPCC (2006) with an gross energy intake (GE) of  $110 \text{ MJ a}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (IPCC(2006)-10.28, Table 10.10; Blum, 2002).

According to DLG (2005), pg. 54, the annual intake of metabolisable energy is  $32.5 \text{ GJ a}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . This value transforms into a daily intake of  $89 \text{ MJ a}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

Animal weight and energy intake are, due to the simple calculation methods used, without influence on the emission results.

Als mittleres Gewicht werden  $550 \text{ kg a}^{-1}$  angesetzt (Mittelwert für Reitpferde nach DLG, 2005, S. 54).

Mit diesem Gewicht entsprechen die deutschen Großpferde der in IPCC (2006) beschriebenen Kategorie „Pferde“ mit einer Gesamtenergieaufnahme (GE) von  $110 \text{ MJ a}^{-1} \text{ d}^{-1}$  angesetzt (IPCC(2006)-10.28, Table 10.10; Blum, 2002).

Die jährliche Aufnahme von umsetzbarer Energie wird nach DLG (2005) S. 54, mit  $32,5 \text{ GJ a}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (d. h. täglich  $89 \text{ MJ a}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) angenommen.

Gewicht und Energieaufnahme sind wegen der Einfachheit der verwendeten Methoden ohne Einfluss auf die Emissionsberechnung.

### 7.2.2 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

Methane emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.3.2). The default emission factor for horses with a mean weight of  $550 \text{ kg a}^{-1}$  is  $EF_{\text{CH}_4, \text{ent, sh}} = 18 \text{ kg a}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than  $\pm 30 \%$  and may be uncertain to  $\pm 50 \%$ .

The inventory assumes an uncertainty of  $30 \%$  which is interpreted as the standard error.

Die Methanemissionen aus der Verdauung werden nach dem Stufe-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet. Der default-Emissionsfaktor  $EF_{\text{CH}_4, \text{ent, sh}}$  ist für Pferde, für die ein mittleres Gewicht von  $550 \text{ kg a}^{-1}$  unterstellt wird,  $18 \text{ kg a}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als  $30 \%$ , wobei auch Werte bis  $50 \%$  für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von  $30 \%$  ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

### 7.2.3 *Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management*

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using the Tier 2 procedure, see Chapter 3.3.4.1.

The calculation procedure is based on default VS excretion:  $2.13 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  according to IPCC(2006)-10.82.

Methane producing capacity  $B_0$  and the Methane conversion factors  $MCF$  are listed in Table 7.1 (Chapter 7.1.2).

With respect to the uncertainty of the emission factor calculated it has to be considered that the calculation procedure relies on default VS excretion, which is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of  $30 \%$ . It is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Bestimmung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.4.1) angewandt.

Das Rechenverfahren verwendet default-VS-Ausscheidungen:  $2,13 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  nach IPCC(2006)-10.82.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  sind in Table 7.1 (Kapitel 7.1.2) aufgelistet.

Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Für Stufe-1-Verfahren gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von  $30 \%$  an. Diese wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.



### 7.2.4 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

According to DLG (2005), pg 55, saddle-horses with a weight of 500 to 600 kg an<sup>-1</sup> with mixed stabling and grazing and occasional work excrete 53.6 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N. A fraction of 0.6 kg kg<sup>-1</sup> is assumed to be TAN (EMEP(2009)- 4B-26).

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.3.4.3.2. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

In the Inventory, the amount of straw is 8 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (KTBL, 2006b, pg. 640) or 39.9·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (20.0·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN, respectively).

As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

For the emission factors see Chapter 7.1.3.

Nach DLG (2005), S. 55, werden von Reitpferden bei gemischter Stall-/Weidehaltung (Gewicht 500 bis 600 kg an<sup>-1</sup>) und leichter Arbeit 53,6 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N ausgeschieden. Der TAN-Anteil beträgt 0,6 kg kg<sup>-1</sup> (EMEP(2009)- 4B-26).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Menge der Einstreu beträgt im Inventar 8 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Stroh (KTBL, 2006b, S. 640) bzw. 39,9·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (entsprechend 20,0·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN).

Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 7.1.3.

### 7.2.5 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The emission factors used are listed in Table 7.2 (EMEP(2007) B1100).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 7.2 zusammengestellt.

### 7.2.6 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 7.4: Heavy horses, related tables provided with the data CD

|                        |                           | from                                 | to            |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.16     |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.16     |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.18     |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.84     |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.146    |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     |               |
|                        |                           | PM <sub>2,5</sub>                    | EM1009.86     |
| Activity data          | Aktivitäten               | AC1005.21                            |               |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.16    |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.16    |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.15    |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.72    |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.111   |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     |               |
|                        |                           | PM <sub>2,5</sub>                    | IEF1009.74    |
| Additional information | zusätzliche Informationen | AI1005PSH.149                        | AI1005PSH.157 |

### 7.3 Light horses and ponies / Kleinpferde und Ponys

All horses whose size measured from the top of the withers to the ground falls below 14 hands or 148 cm are called light horses.

IPCC (1996) and (2006) fail to provide an adequate description for light horses and ponies. The definition of horses given in IPCC (1996) and (2006) applies to heavy horses (weight, energy requirements). This inventory differentiates light horses and ponies with respect to their different properties.

Kleinpferde und Ponys sind alle Pferde mit einem Stockmaß von weniger als 148 cm.

Weder IPCC (1996) noch IPCC (2006) bieten eine adequate Beschreibung von Kleinpferden und Ponys an. Die in IPCC (1996) und (2006) verwendeten Definitionen (Gewicht, Energiebedarf) beziehen sich ausschließlich auf Großpferde. Das Inventar differenziert zwischen Groß- und Kleinpferden, um die Eigenschaftsunterschiede zu berücksichtigen.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 7.5.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 7.5 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 7.5: Light horses and ponies, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation | 2    | IPCC / national | district            | national | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | national | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 2    | EMEP / national | district            | national | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | national | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         |      |                 |                     |          |                    |

### 7.3.1 Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme

The mean weight of light horses is assumed to be 300 kg an<sup>-1</sup> corresponding to the weight of German riding ponies given in DLG (2005), S. 54.

According to DLG (2005), pg. 54, the annual intake of metabolisable energy is 21.0 GJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. This value transforms into a daily intake of ca. 58 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

According to the difference of energy requirements of heavy and light horses (see Chapter 7.2.1) it is assumed that the gross energy (GE) intake of light horses is about one third lower than for heavy horses: ca. 73 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Animal weight and energy intake are, due to the simple calculation methods used, without influence on the emission results.

Als mittleres Gewicht für Kleinpferde wird das gewicht von deutschen Reitponys angesetzt (300 kg an<sup>-1</sup> nach DLG, 2005, S. 54).

Die jährliche Aufnahme von umsetzbarer Energie wird nach DLG (2005) S. 54, mit 21,0 GJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (d. h. täglich ca. 58 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) angenommen.

Entsprechend dem Unterschied im Bedarf an verdaulicher Energie wird für Kleinpferde und Ponys eine gegenüber Großpferden (siehe Kapitel 7.2.1) um ein Drittel geringere Aufnahme an Gesamtenergie (GE) angenommen: ca. 73 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Gewicht und Energieaufnahme sind wegen der Einfachheit der verwendeten Methoden ohne Einfluss auf die Emissionsberechnung.

### 7.3.2 Methane from enteric fermentation / Methane aus der Verdauung

Methane emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.3.2).

According to the ratio of digestible energy requirements for light horses and ponies (see Chapter 7.3.1), a reduced energy intake (two thirds of heavy horses) is assumed and a reduced emission factor of 12 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> is used.

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than  $\pm 30\%$  and may be uncertain to  $\pm 50\%$ .

The inventory assumes an uncertainty of 30 % which is interpreted as the standard error.

Die Methanemissionen aus der Verdauung werden nach dem Stufe-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet.

Entsprechend dem Verhältnis im Bedarf an verdaulicher Energie (siehe Kapitel 7.3.1) wird für Kleinpferde und Ponys eine gegenüber Großpferden um ein Drittel geringere Energieaufnahme und entsprechend ein Emissionsfaktor von 12 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> angenommen.

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als 30 %, wobei auch Werte bis 50 % für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 30 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

### 7.3.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 procedure, see Chapter 3.3.4.1.

The VS excretion rate is derived from that of heavy horses (see Chapter 7.2.3) according to the reduction of the energy input (see Chapter 7.3.1) and amounts to 1.38 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> VS.

Methane producing capacity  $B_0$  and the Methane conversion factors  $MCF$  are listed in Table 7.1 (Chapter 7.1.2).

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.4.1) angewandt.

Die VS-Ausscheidungen werden analog zur Reduktion des Energiebedarfs (siehe Kapitel 7.3.1) aus den VS-Ausscheidungen der Großpferde (siehe Kapitel 7.2.3) abgeleitet und betragen 1,38 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> VS.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  sind in Table 7.1 (Kapitel 7.1.2) aufgelistet.

With respect to the uncertainty of the emission factor calculated it has to be considered that the calculation procedure relies on default VS excretion, which is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of 30 %. It is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Für Stufe-1-Verfahren gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 30 % an. Diese wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

### 7.3.4 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

According to DLG (2005), pg 55, light horses with a weight of 300 kg  $\text{an}^{-1}$  with mixed stabling and grazing and occasional work excrete 33.4 kg  $\text{an}^{-1}$  a $^{-1}$  N. 0.40 kg  $\text{kg}^{-1}$  are assumed to be TAN. A fraction of 0.6 kg  $\text{kg}^{-1}$  is assumed to be TAN (EMEP(2009)- 4B-26).

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.3.4.3.2. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Due to lack of data, assumptions have to be made for the amount of bedding material. In relation to the amount used with heavy horses (8 kg  $\text{pl}^{-1}$  d $^{-1}$  straw), 5 kg  $\text{pl}^{-1}$  d $^{-1}$  straw containing  $24.9 \cdot 10^{-3}$  kg  $\text{pl}^{-1}$  a $^{-1}$  N or  $12.5 \cdot 10^{-3}$  kg  $\text{pl}^{-1}$  a $^{-1}$  TAN are used.

As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

For the emission factors see Chapter 7.1.3.

Nach DLG (2005), S. 55, werden von Reitponys bei gemischter Stall-/Weidehaltung (Gewicht 300 kg  $\text{an}^{-1}$ ) und leichter Arbeit 33,4 kg  $\text{an}^{-1}$  a $^{-1}$  N ausgeschieden. Der TAN-Anteil beträgt 0,6 kg  $\text{kg}^{-1}$  (EMEP (2009)- 4B-26).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

In Ermangelung von Daten wird für die Menge der Einstreu (in Relation zu 8 kg  $\text{pl}^{-1}$  d $^{-1}$  bei Großpferden) 5 kg  $\text{pl}^{-1}$  d $^{-1}$  Stroh bzw.  $24,9 \cdot 10^{-3}$  kg  $\text{pl}^{-1}$  a $^{-1}$  N angenommen (entsprechend  $12,5 \cdot 10^{-3}$  kg  $\text{pl}^{-1}$  a $^{-1}$  TAN).

Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 7.1.3.

### 7.3.5 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The emission factors used are listed in Table 7.2 (EMEP(2007) B1100).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 7.2 zusammengestellt.

### 7.3.6 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 7.6: Light horses and ponies, related tables provided with the data CD

| Emissions              | Emissionen                |                                      | from          | to            |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------|---------------|
|                        |                           |                                      |               |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.17     |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.17     |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.19     |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.87     | EM1009.89     |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.147    |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     |               |               |
|                        |                           | PM <sub>2,5</sub>                    |               |               |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.22     |               |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.17    |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.17    |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.16    |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.75    | IEF1009.77    |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.112   |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     |               |               |
|                        |                           | PM <sub>2,5</sub>                    |               |               |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005PSH.158 | AI1005PSH.166 |

## 7.4 Horses – collective description / Pferde - zusammenfassende Daten

### 7.4.1.1 Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme

The mean weight of all horses is derived from the weights of heavy horses and light horses weighted with the respective animal numbers. The mean weight varies only very slightly from year to year. Averaging over the years from 1990 onwards yields 490 kg an<sup>-1</sup>.

The mean gross energy (GE) intake of all horses is calculated in analogy to the above described approach. The result is a value of 101 MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

These mean value are, due to the simple calculation methods used, without influence on the emission results.

Das mittlere Gewicht aller Pferde ergibt sich aus der tierzahlgewichteten Mittelung über Großpferde sowie Kleinpferde und Ponys. Die Variation des mittleren Gewichtes von Jahr zu Jahr ist sehr gering. Der Mittelwert über den gesamten Berichtszeitraum beträgt 490 kg an<sup>-1</sup>.

In analoger Weise erhält man als mittlere Aufnahme an Gesamtenergie (GE) aller Pferde von 101 MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Diese Mittelwerte sind wegen der Einfachheit der verwendeten Methoden ohne Einfluss auf die Emissionsberechnung.

### 7.4.1.2 Mean VS and N excretion rates / Mittlere VS- und N-Ausscheidungen

The total of VS and N excretions is divided by the total number of horses:

Die Summe aller VS- und N-Ausscheidungen wird durch die Gesamtzahl der Pferde dividiert:

$$VS_{\text{mean, horses}} = \frac{n_{\text{ho}} \cdot VS_{\text{mean, ho}} + n_{\text{po}} \cdot VS_{\text{mean, po}}}{n_{\text{ho}} + n_{\text{po}}} \quad (7.1)$$

$$m_{\text{excr, mean, horses}} = \frac{n_{\text{ho}} \cdot m_{\text{excr, mean, ho}} + n_{\text{po}} \cdot m_{\text{excr, mean, po}}}{n_{\text{ho}} + n_{\text{po}}} \quad (7.2)$$

where

|                                 |                                                                                                 |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $VS_{\text{mean, horses}}$      | mean amount of VS excreted by horses (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> VS)                |
| $n_{\text{ho}}$                 | number of heavy horses (in pl)                                                                  |
| $VS_{\text{mean, ho}}$          | mean amount of V excreted by heavy horses (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)            |
| $VS_{\text{mean, po}}$          | mean amount of V excreted by light horses and ponies (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $n_{\text{po}}$                 | number of light horses and ponies (in pl)                                                       |
| $m_{\text{excr, mean, horses}}$ | mean amount of N excreted by horses (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                  |
| $m_{\text{excr, mean, ho}}$     | mean amount of N excreted by heavy horses (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)            |
| $m_{\text{excr, mean, po}}$     | mean amount of N excreted by light horses and ponies (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |

### 7.4.1.3 Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) mit denen benachbarter Staaten

In Table 7.7 a comparison is made of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions.

The German VS excretion lies in between the 1996 and the 2006 IPCC default value. Apart from Denmark, Belgium and Netherlands with their unreproducible high values all other countries use the 1996 IPCC default value of VS excretions.

The reported N excretions vary considerably. The German value is one of the highest. The differences can not be explained.

The comparison of the IEF for CH<sub>4</sub> from enteric fermentation (CH<sub>4, ent</sub>) reveals that German data fall below all other data. This results from the fact that a considerable number of German horses is rated as light horses or ponies, while the data underlying the respective default emission factor value applies to heavy horses only.

CH<sub>4</sub> emission factors from manure management (CH<sub>4, MM</sub>) and NH<sub>3</sub> emission factors differ considerably between the various states.

In Table 7.7 erfolgt eine Gegenüberstellung aggregierter Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärender Variablen für Deutschland und Länder, deren Landwirtschaft der deutschen ähnlich ist.

Die deutsche VS-Ausscheidung liegt zwischen den Defaultwerten von IPCC (1996) und IPCC (2006). Abgesehen von den an dieser Stelle nicht nachvollziehbar hohen dänischen, belgischen und niederländischen Werten verwenden die übrigen Staaten, die die VS-Ausscheidungen angeben, den IPCC (1996)-Defaultwert.

Die N-Ausscheidungen variieren stark, wobei Deutschland am oberen Ende der Skala liegt. Eine Erklärung dieser Unterschiede ist nicht möglich.

Der IEF für CH<sub>4</sub> aus der Verdauung (CH<sub>4, ent</sub>) ist in Deutschland geringer als in den benachbarten Ländern. Dies ergibt sich daraus, dass in Deutschland eine erheblicher Anteil der Pferde aus Kleinpferden und Ponys besteht, während die den Default-Werten zu Grunde liegenden Leistungsdaten nur für Großpferde zutreffen.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren für Wirtschaftsdünger-Management (CH<sub>4, MM</sub>) und die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren der einzelnen Staaten unterscheiden sich erheblich.

Table 7.7: Horses, 2010, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors regarding enteric fermentation (ent) and manure management (MM)

|                                                                                          | mean animal weight<br>kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | VS excretion<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | N excretion<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | IEF                                                        |                                                           |                                                        |                                                         |                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                          |                                                           |                                                     |                                                    | CH <sub>4,ent</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | CH <sub>4,MM</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | NH <sub>3</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | N <sub>2</sub> O<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | NO<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> |
| Austria                                                                                  | 238                                                       | 1.72                                                | 47.90                                              | 18.00                                                      | 1.28                                                      | 5.10                                                   |                                                         |                                           |
| Belgium                                                                                  | 500                                                       | 5.00                                                | 58.32                                              | 18.00                                                      | 3.47                                                      | 5.73                                                   |                                                         |                                           |
| Czech Republic                                                                           | NA                                                        | NA                                                  | 25.00                                              | 18.00                                                      | 1.39                                                      | 8.00                                                   |                                                         |                                           |
| Denmark                                                                                  | 600                                                       | 3.65                                                | 39.56                                              | 21.81                                                      | 2.95                                                      | 6.14                                                   |                                                         |                                           |
| France                                                                                   | NA                                                        | 1.72                                                | 52.43                                              | 21.80                                                      | 2.08                                                      | 12.89                                                  |                                                         |                                           |
| <b>Germany</b>                                                                           | <b>490</b>                                                | <b>1.96</b>                                         | <b>49.00</b>                                       | <b>16.63</b>                                               | <b>2.58</b>                                               | <b>19.1</b>                                            | <b>0.95</b>                                             | <b>0.129</b>                              |
| Netherlands                                                                              | NE                                                        | 3.33                                                | 49.30                                              | 18.00                                                      | 2.86                                                      | 2.73                                                   |                                                         |                                           |
| Poland                                                                                   | 238                                                       | 1.72                                                | 28.03                                              | 18.00                                                      | 1.39                                                      | 9.73                                                   |                                                         |                                           |
| Switzerland                                                                              | NA                                                        | 1.72                                                | 43.72                                              | 22.81                                                      | 1.39                                                      | 10.84                                                  |                                                         |                                           |
| United Kingdom                                                                           | NE                                                        | 1.72                                                | 50.00                                              | 18.00                                                      | 1.39                                                      | 12.75                                                  |                                                         |                                           |
| IPCC (1996)-3-4.10, 4.12, 4.47,<br>Western Europe, cool region, devel-<br>oped countries | 238                                                       | 1.72                                                |                                                    | 18.00                                                      | 1.39                                                      |                                                        |                                                         |                                           |
| IPCC (2000)-4.45                                                                         |                                                           |                                                     | 50.00                                              |                                                            |                                                           | 8.0                                                    |                                                         |                                           |
| IPCC (2006)-10.28, 10.59, 10.82,<br>Western Europe, cool region, devel-<br>oped          | 550 (Tier 1)<br>377 (Tier 2)                              | 2.13                                                | 52.2 <sup>a</sup>                                  | 18.00                                                      | 1.56                                                      |                                                        |                                                         |                                           |
| EMEP (2009)-4.B.-26, 62                                                                  |                                                           |                                                     | 47.5                                               |                                                            |                                                           | 14.8                                                   |                                                         | 0.131                                     |

Sources: Germany: submission 2013; all other countries: UNFCCC (2012), CRF Table 4.A, 4.B; CEIP (2012) NFR

<sup>a</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight

#### 7.4.2 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 7.8: Horses, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from          | to            |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------|---------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.18     |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.18     |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.20     |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.90     | EM1009.92     |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.148    |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.14     |               |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.38     |               |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.23     |               |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.18    |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.18    |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.17    |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.78    | IEF1009.80    |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.113   |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.13    |               |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.35    |               |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005PSH.167 | AI1005PSH.184 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.60       | EXCR.62       |

## 7.5 Mules and asses / Maultiere und Esel

Due to their small populations and the lack of importance, mules and asses are not registered in the German official statistics. National animal numbers have to be obtained from the “Interessengemeinschaft Esel und Maultiere” (IGEM)<sup>18</sup>.

Information on management systems and animal performance data are not available also.

This inventory follows the recommendations of the Expert Review Team (Centralized Review 2008; UNFCCC, 2009) to treat mules and asses in the same way as light horses and ponys.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 7.5.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Maultiere und Esel werden wegen ihrer geringen Verbreitung und Bedeutung in Deutschland nicht durch die offiziellen Statistiken erfasst, so dass auf die nationalen Tierzahlen der Interessengemeinschaft für Esel und Maultiere (IGEM)<sup>18</sup> zurückgegriffen werden muss.

Beschreibungen von Haltungsformen und Leistungsdaten sind ebenfalls nicht verfügbar.

Dem Vorschlag des Expert Review Teams im Centralized Review 2008 (UNFCCC, 2009) folgend werden Maultiere und Esel im Inventar wie Kleinpferde behandelt.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 7.5 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 7.9: Mules and asses, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation | 2    | IPCC / national | national            | national | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national | national            | national | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 2    | EMEP / national | national            | national | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC / national | national            | national | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         |      |                 |                     |          |                    |

### 7.5.1 Activity and performance data, energy requirements /Aktivitäts- und Leistungsdaten, Energiebedarf

#### 7.5.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Due to lack of official data, it is not possible to establish a times series of animal numbers. According to the “Interessengemeinschaft Esel und Maultiere” (IGEM) as communicated by Deutsches Eselstammbuch (private communication, 2003) the number of asses were 6000 to 8000 and the number of mules about 500. More recent data (IGEM, B. Schmutz, private communication, September 2009) suggest remarkably lower animal numbers which, however, are highly uncertain. Hence, this inventory is based on the assumption of 8500 mules and asses. This number is assumed to be constant within in the period of reporting due to lack of information.

The uncertainty of the animal numbers used is unknown.

This inventory presupposes a lognormal distribution of animal numbers. The application of a factor of 2 to define the upper limit of the 95 % confidence interval means that the difference between upper limit and the animal number applied is 100 %. The difference between the lower limit and the animal number applied is taken to be 50 %.

According to the recommendation in IPCC (2000)-6.14 for the calculation of the overall uncertainties for greenhouse gas and ammonia inventories based on Tier 1 approaches (see Chapters 15.6 and 15.7) the larger number is used to characterize the uncertainty. Hence, 100 % is used in this case.

Tierzahlen für Esel und Maultiere werden in der deutschen Agrarstatistik nicht erfasst. Daher ist keine Zeitreihe verfügbar. Nach Angaben der Interessengemeinschaft für Esel und Maultiere (IGEM) beläuft sich für 2003 die Zahl der in Deutschland gehaltenen Tiere auf etwa 6000 bis 8000 Esel und ca. 500 Maultiere und Maulesel (Deutsches Eselstammbuch, 2003, persönliche Mitteilung). Neuere Zahlen aus dem Deutschen Eselstammbuch liegen deutlich niedriger, weisen aber große Unsicherheiten auf (IGEM, B. Schmutz, persönliche Mitteilung, September 2009). Daher wird vorerst zeitlich konstant die Anzahl der Esel und Maultiere mit 8500 angenommen.

Die Unsicherheit der verwendeten Tierzahl ist nicht bekannt. Für das Inventar wird von einer lognormalen Verteilung der Tierzahlen ausgegangen, mit der oberen Grenze des 95 %-Konfidenzintervalles beim Zweifachen und der unteren Grenze bei der Hälfte der verwendeten Tierzahl. Somit liegt die Differenz zwischen oberer Grenze und verwendeter Tierzahl bei 100 % der verwendeten Tierzahl, die Differenz zwischen verwendeter Tierzahl und unterer Grenze bei 50 % der verwendeten Tierzahl.

Entsprechend der Empfehlung in IPCC (2000)-6.14, wird im Zusammenhang mit dem Stufe-1-Verfahren zur Berechnung der Gesamtunsicherheit der Treibhausgas- und Ammoniakinventare (siehe Kapitel 13.5 und 13.6) die größere Prozentzahl zur Charakterisierung der Unsicherheit verwendet, d. h. 100 %.

<sup>18</sup> Asses and Mules Society

### 7.5.1.2 *Animal performance and energy intake / Leistungsdaten und Energieaufnahme*

In Germany, no official data are available for the live weight of mules and asses.

IPCC (1996) does not provide relevant information. In IPCC (2006) two weights are mentioned: 245 kg an<sup>-1</sup> (IPCC, 2006-10.28) und 130 kg an<sup>-1</sup> (IPCC, 2006-10.82). The larger is assumed to be applicable to the German situation. However, for the time being, animal weights are not considered in emission calculations.

IPCC (1996)-4.35 quotes daily GE requirements of 60 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. This value is also not used in emission calculations (see Chapter 7.5.2).

As no descriptions of animal performance and manure management and their variation in time and space are available, the data describing horses are used instead: It is assumed that mules and asses graze 180 days per year and 10 hours per day.

With respect to the share of pregnant animals, no information is available (NE).

Für das mittlere Gewicht von Maultieren und Eseln in Deutschland gibt es keine offizielle Angabe.

IPCC(1996) macht dazu ebenfalls keine Angabe. In IPCC(2006) finden sich zwei verschiedene Werte: 245 kg an<sup>-1</sup> (IPCC, 2006-10.28) und 130 kg an<sup>-1</sup> (IPCC, 2006-10.82). Der höhere dieser beiden Werte wird als der plausible eingeschätzt. Eine genauere Bestimmung erübrigt sich zurzeit, da das Gewicht nicht in die Emissionsberechnung eingeht.

IPCC (1996)-4.35 gibt für den täglichen GE-Bedarf 60 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> an. Mit diesem Wert wird ebenfalls nicht gerechnet, siehe Kapitel 7.5.2.

Mangels Daten zu Haltungsformen und Leistung, werden die Daten für Pferde übernommen: Es werden 180 Tage Weidegang im Jahr mit 10 Stunden pro Tag angenommen.

Angaben zum Anteil trächtiger Tiere liegen nicht vor (NE).

### 7.5.2 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

Methane emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.3.2). IPCC (1996) fails to give an emission factor. IPCC (2006)-10.28 recommends an emission factor of 10 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>. This factor is used in the inventory.

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than ± 30 % and may be uncertain to ± 50 %.

The inventory assumes an uncertainty of 30 % which is interpreted as the standard error.

Die Methanemissionen aus der Verdauung werden nach dem Stufe-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet. IPCC (1996) gibt keinen Emissionsfaktor an. Daher wird nach IPCC (2006)-10.28 ein Emissionsfaktor von 10 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> angenommen.

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als 30 %, wobei auch Werte bis 50 % für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 30 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

### 7.5.3 *Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management*

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 procedure, see Chapter 3.3.4.1. The input data set is described in the following.

The calculation procedure is based on default VS excretion: 0.94 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> according to IPCC(2006)-10.82.

The amounts of daily excreted volatile solids (VS) are taken from IPCC (2006)-10.82:  $B_0 = 0.33 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ .

In agreement with the treatment of other herbivores, a methane conversion factor (MCF) of 0.02 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> is assumed. For grazing, the value of 0.01 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> for grazing as proposed in IPCC (2006)-10.82 is used.

For management details see Chapter 7.5.1.2.

The calculations yield a German emission factor that exceeds that given by IPCC.

As the calculation procedure for CH<sub>4</sub> emissions relies on default VS excretion, it is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of 30 %. It is interpreted as the standard error.

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.4.1) angewandt. Die Eingangsgrößen werden nachstehend beschrieben.

Das Rechenverfahren verwendet default-VS-Ausscheidungen: 0,94 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> nach IPCC(2006)-10.82.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität ( $B_0$ ) wird aus IPCC(2006)-10.82 entnommen:  $B_0 = 0,33 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ .

Konsistent mit den anderen Pflanzenfressern wird für Festmistsysteme ein Methan-Umwandlungsfaktor von  $MCF = 0,02 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  angenommen. Der in IPCC (2006)-10.82 angegebene Wert von  $0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  wird für Weidegang verwendet.

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 7.5.1.2.

Der damit für Deutschland berechnete Emissionsfaktor ist größer als der von IPCC angegebene.

Das Rechenverfahren für CH<sub>4</sub>-Emissionen verwendet default-VS-Ausscheidungen. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Hierfür gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 30 % an. Diese wird als Standardfehler interpretiert.

#### 7.5.4 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

For mules and asses, no data is available for N excretion rates. Hence, the data used for light horses and ponys are used instead (see Chapter 7.3.4): N excretion is  $33.4 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , the share of TAN is  $0.6 \text{ kg kg}^{-1}$ .

The N intake with bedding (straw) is taken into account. For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2. Straw N is considered as organic N, 50 % of which can be mineralized during storage.

The amount of straw ist he same as fot light horses and ponys (see Chapter 7.3.4), i.e.  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  straw with  $24.9 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  or  $12.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ .

As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

Due to the fact that no specific information is available for the application of manure, the assumptions for horses are applied (see Chapter 7.1.3).

The emission factors are adopted from horses, see Chapter 7.1.3.

Für Maultiere und Esel sind keine Angaben zur N-Ausscheidung verfügbar. Daher werden die für Kleinpferde und Ponys angesetzten Werte (Kapitel 7.3.4) übernommen: N-Ausscheidung  $33,4 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ , TAN-Anteil  $0,6 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Menge der Einstreu wird wie für Kleinpferde und Ponys (siehe Kapitel 7.3.4) mit  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh bzw.  $24,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  angenommen (entsprechend  $12,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ ).

Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

Da keine Angaben zu Art und Weise der Ausbringung verfügbar sind, werden die für Pferde getroffenen Annahmen übernommen, siehe Kapitel 7.1.3.

Die Emissionsfaktoren werden von den Pferden übernommen, siehe Kapitel 7.1.3.

#### 7.5.5 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The emission factors used are listed in Table 7.2 (EMEP(2007) B1100).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 7.2 zusammengestellt.

#### 7.5.6 Compilation of emission results, activity data, and implied emisison factors / Zusammenstellung von Emissionsergebnissen, Aktivität und effektiven Emissionsfaktoren,

Table 7.10: Mules and asses, compilation of input data and national emission results (constant in time)

|                          |                             |                                      |         |                    |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------|--------------------|
| Emissions                | Emissionen                  | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | 0.085   | Gg a <sup>-1</sup> |
|                          |                             | CH <sub>4</sub> manure management    | 0.012   | Gg a <sup>-1</sup> |
|                          |                             | NH <sub>3</sub>                      | 0.080   | Gg a <sup>-1</sup> |
|                          |                             | N <sub>2</sub> O                     | 0.0021  | Gg a <sup>-1</sup> |
|                          |                             | NO                                   | 0.00028 | Gg a <sup>-1</sup> |
|                          |                             | PM <sub>10</sub>                     | 0.0012  | Gg a <sup>-1</sup> |
|                          |                             | PM <sub>2,5</sub>                    | 0.00081 | Gg a <sup>-1</sup> |
| Activity data            | Aktivitäten                 |                                      | 8500    | heads              |
| Implied Emission factors | Effektive Emissionsfaktoren | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | 10      | kg a <sup>-1</sup> |
|                          |                             | CH <sub>4</sub> manure management    | 1.36    | kg a <sup>-1</sup> |
|                          |                             | NH <sub>3</sub>                      | 9.43    | kg a <sup>-1</sup> |
|                          |                             | N <sub>2</sub> O                     | 0.241   | kg a <sup>-1</sup> |
|                          |                             | NO                                   | 0.033   | kg a <sup>-1</sup> |
|                          |                             | PM <sub>10</sub>                     | 0.14    | kg a <sup>-1</sup> |
|                          |                             | PM <sub>2,5</sub>                    | 0.10    | kg a <sup>-1</sup> |

Due to lack of information on the variation in time and space, emissions can only be calculated on the national scale. Emission factors are assumed to be constant with time. Table 7.10 compiles the data used in this inventory, i.e. emissions, activities and implied emission factors (IEF).

In Ermangelung von räumlich und zeitlich aufgelösten Eingabedaten können jährliche Emissionsergebnisse nur auf nationaler Ebene und konstant für den gesamten Berichtszeitraum berechnet werden. Table 7.10 zeigt die Zusammenstellung von Emissionsergebnissen, Aktivität und aggregierten Emissionsfaktoren (Implied Emission Factors, IEF).



**7.5.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen**

Table 7.11: Mules and asses, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from          | to            |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------|---------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | EM1004.19     |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.19     |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.21     |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.93     | EM1009.95     |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.149    |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.15     |               |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.39     |               |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.24     |               |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation | IEF1004.19    |               |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.19    |               |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.18    |               |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.81    | IEF1009.83    |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.114   |               |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.14    |               |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.36    |               |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005PSH.185 | AI1005PSH.189 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.63       | EXCR.64       |

## 8 Buffalo / Büffel

Due to the low number of buffalo kept in Germany, their overall emissions are comparatively low. However, the number of buffalo kept in Germany has been increasing steadily. In 2009, the total buffalo numbers in Germany exceeded for the first time the threshold of 2000 animals.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 8.1.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Die Gesamtemissionen aus der Büffelhaltung sind wegen der kleinen Zahl der in Deutschland gehaltenen Büffel vergleichsweise gering, auch wenn diese stetig zunimmt. Die Büffelnzahlen überstiegen erstmals 2009 die Schwelle von 2000 Tieren in ganz Deutschland.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 8.1 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 8.1: Buffalo, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                | Activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation | 1    | IPCC           | state               | national | 1 a                |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 1    | IPCC           | state               | national | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 1    | EMEP           | state               | national | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 1    | IPCC           | state               | national | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         |      |                |                     |          |                    |

### 8.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 8.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are supplied by German Buffalo Society (M. Thiele, personal communication) as no data are reported by the the Federal Statistical Office.

The data is known from the year 2000 onwards for each federal state. On the recommendation of the final report of the „Initial Review under the Kyoto Protocol and Annual 2006 Review under the Convention“ and in agreement with German Statistics, department VII A, the animal numbers were extrapolated on a national base to yield the respective data for the years previous to the year 2000. The process produced negative animal numbers for the years from 1990 to 1995 which were replaced by zero.

The animal numbers after 2000 are likely to be exact numbers. The uncertainty of the animal numbers obtained by extrapolation for the years before 2000 is unknown.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 13.5 and 13.6), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 10 % of the mean (standard error).

Die Tierzahlen wurden vom Deutschen Büffelverband bereitgestellt (M. Thiele, pers. Mitteilung), da das Statistische Bundesamt keine Büffelnzahlen berichtet.

Die Daten liegen für einzelne Bundesländer und seit dem Jahr 2000 vor. Aufgrund der Empfehlung im Abschlussbericht zum „Initial Review under the Kyoto Protocol and Annual 2006 Review under the Convention“ wurden für die Jahre vor 2000 die nationalen Büffelnzahlen in Absprache mit dem Statistischen Bundesamt, Referat VII A, durch lineare Extrapolation vervollständigt. Für die Jahre 1990 bis 1995 ergaben sich dabei rechnerisch negative Tierzahlen, die durch Nullen ersetzt wurden.

Die Angaben für die Tierzahlen ab 2000 sind wahrscheinlich exakt. Die Unsicherheit der durch Extrapolation für die Zeit vor 2000 gewonnenen Tierzahlen ist unbekannt.

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (siehe Kapitel 13.5 und 13.6) wird eine für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 10 % vom Mittelwert angenommen (Standardfehler).

#### 8.1.2 Animal performance / Leistungsdaten

The live weight of adult buffalo cows is 600 to 800 kg an<sup>-1</sup>, that of adult bulls up to 1100 kg an<sup>-1</sup>. In Germany, suckler buffalo herds predominate. Hence, a mean animal weight of 700 kg an<sup>-1</sup> is assumed for Germany. However, due to the simplicity of the emission calculation methodology used for buffalo, this mean animal weight does not affect the amount of the emissions obtained.

Detailed information on performance data is not available.

Die Lebendmasse ausgewachsener Kühe beträgt 600 bis 800 kg an<sup>-1</sup>, die ausgewachsener Bullen 800 bis 1100 kg an<sup>-1</sup>. In Deutschland überwiegt die Mutterkuhhaltung. Für Deutschland wird daher ein mittleres Büffelngeicht von 700 kg an<sup>-1</sup> angenommen. Dieser Wert ist wegen der Einfachheit der Emissionsberechnungen bei Büffeln ohne Einfluss auf die Emissionshöhe im Inventar.

Es stehen keine detaillierten Leistungsdaten zur Verfügung.

### 8.1.3 Management details / Haltungsdetails

The majority of the animals is kept outdoors throughout the year. For the time being, it is assumed that all buffalo graze about 140 days per year and 10 hours per day.

The inventory assumes the animals to be in the dairy parlour for  $3.5 \text{ h d}^{-1}$ .

As no data on the frequency distributions of housing and storage systems is available, it is assumed that 50 % of the buffalo population is kept in slurry based systems and 50 % in straw based systems. The straw amount supplied in straw based systems is assumed to be  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

The inventory is based on storage of slurry in open tanks with natural crust.

Slurry and manure are broadcast on grassland and arable land without incorporation.

Ein großer Teil der Tiere wird ganzjährig im Freien gehalten. Für alle Tiere wird vorläufig angenommen, dass sie 140 Tage im Jahr 10 Stunden pro Tag auf der Weide sind.

Im Inventar wird davon ausgegangen, dass die Tiere sich effektiv  $3,5 \text{ h d}^{-1}$  im Melkstall aufhalten.

In Ermangelung von Daten wird für die Häufigkeitsverteilungen von Stall- und Lagersystemen angenommen, dass 50 % der Tiere in güllebasierten und 50 % in strohbasierten Systemen gehalten werden. Die Einstreumenge in den in strohbasierten Systemen wird mit  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  angenommen.

Gülle wird im Inventar im offenen Tank mit natürlicher Schwimmdecke gelagert.

Die Ausbringung erfolgt mit Breitverteiler auf Grünland und Ackerland ohne Einarbeitung.

## 8.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

Methane emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.3.2). The default emission factor is  $EF_{\text{CH}_4, \text{ent, sh}} = 55 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than  $\pm 30 \%$  and may be uncertain to  $\pm 50 \%$ .

The inventory assumes an uncertainty of 30 % which is interpreted as the standard error.

Die Methanemissionen aus der Verdauung werden nach dem Stufe-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet. Der default-Emissionsfaktor  $EF_{\text{CH}_4, \text{ent, sh}}$  ist  $55 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als 30 %, wobei auch Werte bis 50 % für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 30 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

## 8.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using the Tier 2 equation, see Chapter 3.3.4.1.

Both IPCC (1996), Table B5, and IPCC(2006)-10.79, propose for Western European buffalo a default VS excretion of  $3.9 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

The maximum methane producing capacity  $B_0$  is  $0.1 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$  according to both IPCC (1996), Table B5, and IPCC (2006), Table 10A-6. The methane conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are adopted from dairy cows (see Table 4.2). The methane conversion factor for slurry equals that given in IPCC (1996). The methane conversion factor for solid storage given in IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996). The value given by IPCC (2006) is used. The MCF for pasture equals that of IPCC (1996).

For management details see Chapter 8.1.3.

The resulting German emission factor (IEF) exceeds the value calculated from IPCC 1996 input data which is  $2.67 \text{ kg place}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$ .

With respect to the uncertainty of the emission factor calculated it has to be considered that the calculation procedure relies on default VS excretion, which is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach.

Die  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit der Gleichung des Stufe-2-Verfahrens berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Sowohl IPCC (1996), Table B5, als auch IPCC(2006)-10.79 geben für Büffel in Westeuropa eine default-VS-Ausscheidung von  $3,9 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  an.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  wird von IPCC (1996), Table B5, und IPCC (2006), Table 10A-6 mit  $0,1 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$  angegeben. Die Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (MCF) werden von den Milchkühen übernommen (siehe Table 4.2). Für Gülle ist der in IPCC (2006) vorgeschlagene Methan-Umwandlungsfaktor (MCF) gleich dem Wert in IPCC (1996), während er für Festmist größer als der in IPCC (1996) vorgeschlagene Wert ist. Der MCF für Weide ist dergleiche in IPCC (2006) und IPCC (1996).

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 8.1.3.

Der deutsche aggregierte Emissionsfaktor (IEF) ist größer als der Wert  $2,67 \text{ kg place}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$ , den man nach IPCC (1996) erhält.

Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren.

In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of 30 %. It is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Für Stufe-1-Verfahren gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 30 % an. Diese wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 8.4 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

##### 8.4.1 N excretion and N input with bedding / N-Ausscheidung und N aus der Einstreu

As no detailed information on animal performance is available, the N excretion is estimated using the simple procedure supplied in IPCC(2006)-10.59:

Da keine detaillierten Leistungsdaten zur Verfügung stehen, werden die Ausscheidungen vereinfacht nach IPCC(2006)-10.59 geschätzt:

$$m_{\text{excreted, bu}} = w_{\text{bu}} \cdot x_{\text{N, bu}} \cdot \alpha \cdot \beta \quad (8.1)$$

where

|                           |                                                                                                                            |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{excreted, bu}}$ | amount of nitrogen excreted (buffalo) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                           |
| $w_{\text{bu}}$           | animal weight (buffalo) ( $w_{\text{bu}} = 700 \text{ kg an}^{-1}$ , see Chapter 8.1.2)                                    |
| $x_{\text{N, bu}}$        | default value for the N excretion rate (buffalo) ( $x_{\text{N, bu}} = 0.32 \text{ kg Mg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$ ) |
| $\alpha$                  | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                                           |
| $\beta$                   | mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-3} \text{ Mg kg}^{-1}$ )                                                      |

Using the mean weight given in Chapter 8.1.2 one obtains  $m_{\text{excr}} = 82 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ .

Mit dem in Kapitel 8.1.2 angegebenen mittleren Gewicht ergibt sich  $m_{\text{excr}} = 82 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ .

In reference to dairy cow data, the TAN content is assumed to be  $0.6 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ .

Der TAN-Gehalt wird in Anlehnung an Milchkühe mit  $0,6 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  angenommen.

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.3.4.3.2. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

The amount of straw is  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (see Chapter 8.3) or  $24.9 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  ( $12.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ , respectively).

Die Menge der Einstreu beträgt  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh (siehe Kapitel 8.3) bzw.  $24,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  (entsprechend  $12,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ ).

As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

##### 8.4.2 Emissions factors / Emissionsfaktoren

By analogy to dairy cow husbandry (cf. Chapters 4.2.2 and 4.3.7.5.3), the following partial emission factors for housing and storage are applied:

In Anlehnung an die Milchkuh-Haltung (Kapitel 4.2.2 und 4.3.7.5.3) werden die folgenden partiellen Emissionsfaktoren für Stall und Lager angesetzt:

Table 8.2: Buffalo, partial emission factors used in the inventory

|                |                  |                             |                                      | EF (kg kg <sup>-1</sup> ) | related to                             |
|----------------|------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|
| housing type   | NH <sub>3</sub>  | slurry based                | güllebasiert                         | 0.197 <sup>a</sup>        | TAN                                    |
| Haltungssystem | NH <sub>3</sub>  | straw based                 | strohbasierend                       | 0.197 <sup>a</sup>        | TAN                                    |
| storage type   | NH <sub>3</sub>  | slurry tank (natural crust) | Güllelager (natürliche Schwimmdecke) | 0.045 <sup>b</sup>        | TAN                                    |
| Lagerungsart   | NH <sub>3</sub>  | solid manure (heap)         | Festmist (Misthaufen)                | 0.600 <sup>c</sup>        | TAN                                    |
|                | N <sub>2</sub> O | slurry, natural crust       | Güllelager (natürliche Schwimmdecke) | 0.005 <sup>d</sup>        | N <sub>excr</sub> + N <sub>straw</sub> |
|                | N <sub>2</sub> O | solid manure, heap          | Festmist (Misthaufen)                | 0.013 <sup>e</sup>        | N <sub>excr</sub> + N <sub>straw</sub> |
|                | NO               | slurry, natural crust       | Güllelager (natürliche Schwimmdecke) | 0.0005 <sup>f</sup>       | N <sub>excr</sub> + N <sub>straw</sub> |
|                | NO               | solid manure, heap          | Festmist (Misthaufen)                | 0.0013 <sup>f</sup>       | N <sub>excr</sub> + N <sub>straw</sub> |
|                | N <sub>2</sub>   | slurry, natural crust       | Güllelager (natürliche Schwimmdecke) | 0.015 <sup>f</sup>        | N <sub>excr</sub> + N <sub>straw</sub> |
|                | N <sub>2</sub>   | solid manure, heap          | Festmist (Misthaufen)                | 0.039 <sup>f</sup>        | N <sub>excr</sub> + N <sub>straw</sub> |

<sup>a</sup> estimated according to Döhler et al. (2002) and Dämmgen et al. (2010a), see text Chapter 4.3.7.5.3

<sup>b</sup> calculated according to Döhler et al. (2002), Table 3.14

<sup>c</sup> estimated according to Dämmgen et al. (2010a)

<sup>d</sup> IPCC(2006)-10.62 ff; for details see text Chapter 4.2.2

<sup>e</sup> Vandré et al. (2012)

<sup>f</sup> see text Chapter 4.2.2

The emission factors for spreading are adopted from dairy cow husbandry, see Chapter 4.2.4.

According to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, the  $\text{NH}_3$  emission factor for grazing is  $0.13 \text{ kg kg}^{-1}$ , related to TAN excreted.

For management details see Chapter 8.1.3.

The uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission factor characterizing the overall  $\text{NH}_3$  emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

For the uncertainties of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and  $\text{N}_2$  emission factors, the uncertainty of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

For the uncertainties of the  $\text{NH}_3$  emission factor for grazing and for the related activity (N excretion during grazing) see Chapter 4.3.7.8.

Die Emissionsfaktoren für Ausbringung werden von den Milchkühen übernommen (Kapitel 4.2.4).

Für Weidegang beträgt der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor  $0,13 \text{ kg kg}^{-1}$  bezogen auf ausgeschiedenes TAN (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 8.1.3.

Die Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene  $\text{NH}_3$ -Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

Zu den Unsicherheiten des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors für Weidegang sowie des entsprechenden Aktivitätswertes (N-Ausscheidung auf der Weide) siehe Kapitel 4.3.7.8.

## 8.5 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

No emission factors have been proposed yet (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). As a result, emissions are not calculated.

Emissionsfaktoren sind nicht bekannt (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). Eine Berechnung entfällt daher.

## 8.6 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 8.3: Buffalo, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                    | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | $\text{CH}_4$ enteric fermentation | EM1004.20    |              |
|                        |                           | $\text{CH}_4$ manure management    | EM1005.29    |              |
|                        |                           | $\text{NH}_3$                      | EM1009.31    |              |
|                        |                           | $\text{N}_2\text{O}$               | EM1009.123   | EM1009.125   |
|                        |                           | NO                                 | EM1009.159   |              |
|                        |                           | $\text{PM}_{10}$                   |              |              |
|                        |                           | $\text{PM}_{2,5}$                  |              |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                    | AC1005.37    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | $\text{CH}_4$ enteric fermentation | IEF1004.20   |              |
|                        |                           | $\text{CH}_4$ manure management    | IEF1005.29   |              |
|                        |                           | $\text{NH}_3$                      | IEF1009.29   |              |
|                        |                           | $\text{N}_2\text{O}$               | IEF1009.94   | IEF1009.96   |
|                        |                           | NO                                 | IEF1009.125  |              |
|                        |                           | $\text{PM}_{10}$                   |              |              |
|                        |                           | $\text{PM}_{2,5}$                  |              |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                    | AI1005GBU.05 | AI1005GBU.08 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                  | EXCR.68      | EXCR.70      |

## 9 Poultry / Geflügel

### 9.1 Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien

For greenhouse gases, emissions have to be reported for poultry as a single category. For air pollutants, a differentiation has to be made between laying hens, broilers and “other poultry”.

Differences in housing and feeding of the subcategories result in considerable differences in the respective emission generating processes within poultry production. Therefore, emissions are calculated separately for each subcategory. In addition, for turkeys, male and female animals are considered. The results obtained are finally aggregated to serve the reporting obligations (see Chapter 9.9).

Treibhausgasemissionen sind für Geflügel insgesamt zu berichten. Bei den luftverschmutzenden Gasen und Stoffen ist nach Legehennen, Masthähnchen und -hühnchen sowie „anderes Geflügel“ zu unterscheiden.

Bedingt durch unterschiedliche Haltung und Fütterung weisen alle Geflügel-Unterkategorien ein unterschiedliches Emissionsverhalten auf. Um diesem Umstand gerecht zu werden, erfolgt die Emissionsberechnung zunächst getrennt nach Unterkategorien, wobei zusätzlich noch zwischen männlichen und weiblichen Puten unterschieden wird. Die Ergebnisse werden anschließend den Berichtspflichten entsprechend aggregiert, siehe Kapitel 9.9.

Table 9.1: Poultry, categorisation and characterisation

| Animal category according to German census |                                                                                                |                                                | Animal categories used in this inventory |                         |                        |                        |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| type                                       |                                                                                                | category                                       | type                                     | category                | weight 1               | weight 2               |
| AA                                         | Legehennen (6 Monate und älter)                                                                | laying hens $\geq$ 6 months                    | lh                                       | laying hens             | $w_{\text{start, lh}}$ | $w_{\text{fin, lh}}$   |
| AB                                         | Junghennen (Jung- und Legehennen bis 6 Monate)                                                 | pullets (pullets and laying hens $<$ 6 months) | pu                                       | pullets                 | $45 \text{ g an}^{-1}$ | $w_{\text{start, lh}}$ |
| AC                                         | Schlacht- und Masthähne und -hühner sowie sonstige Hähne einschl. der hierfür bestimmten Küken | hens and cocks produced for slaughtering       | br                                       | broilers                | $42 \text{ g an}^{-1}$ | $w_{\text{fin, br}}$   |
| AD                                         | Gänse                                                                                          | geese                                          | ge                                       | geese                   | $7 \text{ kg an}^{-1}$ |                        |
| AE                                         | Enten                                                                                          | ducks                                          | du                                       | ducks<br>(Peking ducks) | $3 \text{ kg an}^{-1}$ |                        |
| AF                                         | Truthühner                                                                                     | turkeys                                        | tm                                       | turkeys, males          | $60 \text{ g an}^{-1}$ | $w_{\text{fin, tm}}$   |
|                                            |                                                                                                |                                                | tf                                       | turkeys, females        |                        | $w_{\text{fin, tf}}$   |

weight 1: weight at the beginning of the respective period, weight 2: weight at the end of the respective period;  $w_{\text{start}}$ : variable start weight, weight  $w_{\text{fin}}$ : variable final weight

### 9.2 Emission factors used for all poultry subcategories / Für alle Geflügel-Unterkategorien gültige Emissionsfaktoren

The partial emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  from storage, which are used for all poultry categories in the inventory, are listed in Table 9.2. Note that the emission factors for NO and  $\text{N}_2$  are derived from the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factors, see Chapter 3.3.4.3.4.

The  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is a combined factor for house and storage. The data used are taken from IPCC(2006)-10.63, because IPCC(1996) does not provide specific emission factors for poultry, but extrapolates inappropriately from dry lot conditions for cattle. Results from storage systems of poultry manure in the United Kingdom confirm that using the IPCC (2006) default value does not lead to a underestimation of emissions (see Table 1 in Freibauer, 2003).

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

Die im Inventar für alle Geflügelkategorien einheitlichen partiellen Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  aus der Lagerung sind in Table 9.2 angegeben. Die Emissionsfaktoren für NO und  $\text{N}_2$  werden dabei aus den  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktoren abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.4.3.4.

Der Emissionsfaktor für  $\text{N}_2\text{O}$  fasst die Emissionen aus Stall und Lager zusammen. Die Daten sind IPCC(2006)-10.63 entnommen, da IPCC(1996) keine spezifischen Emissionsfaktoren für Geflügel kennt und statt dessen unangemessen dry-lot-Emissionsfaktoren (für Rinder) übernimmt. Ergebnisse aus Geflügelkot-Lagerungssystemen im Vereinigten Königreich bestätigen, dass die Verwendung des Default-Emissionsfaktors von IPCC (2006) nicht zu einer Unterschätzung der Emissionen führt (see Table 1 in Freibauer, 2003).

Die Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Table 9.2: Poultry, partial emission factors for N<sub>2</sub>O-N, NO-N, and N<sub>2</sub>-N from storage of poultry excreta (related to N<sub>excr</sub> + N<sub>straw</sub>)

|                  |                           |                           |        |                     |
|------------------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------|
| N <sub>2</sub> O | storage of poultry manure | Lagerung von Geflügelmist | 0.001  | kg kg <sup>-1</sup> |
| NO               | storage of poultry manure | Lagerung von Geflügelmist | 0.0001 | kg kg <sup>-1</sup> |
| N <sub>2</sub>   | storage of poultry manure | Lagerung von Geflügelmist | 0.003  | kg kg <sup>-1</sup> |

Source: see text

The partial NH<sub>3</sub> emission factors for storage are different for each of the various poultry categories. Therefore they are specified in the accordingly chapters.

The partial NH<sub>3</sub> emission factors for spreading are similar for each of the various poultry categories (see Table 9.3). They refer to UAN which is in the inventory equated with TAN (see Chapter 3.3.3.2).

Die partiellen NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für die Lagerung sind für die verschiedenen Geflügelkategorien unterschiedlich und werden daher in den entsprechenden nachfolgenden Kapiteln angegeben.

Die partiellen NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für die Ausbringung sind für die verschiedenen Geflügelkategorien gleich, siehe Table 9.3. Sie beziehen sich auf UAN, welches im Inventar mit TAN gleich gesetzt wird, siehe Kapitel 3.3.3.2.

Table 9.3: Poultry, emission factors for NH<sub>3</sub> from application of poultry manure (related to UAN)

| Application type                 | Ausbringungstechnik                 | Emission factor (kg kg <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|
| broadcast, without incorporation | Breitverteiler, ohne Einarbeitung   | 0.90                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 1 h   | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h  | 0                                      |
| broadcast, incorporation ≤ 4 h   | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h  | 0.18                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 12 h  | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h | 0.40                                   |
| broadcast, incorporation ≤ 24 h  | Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 24 h | 0.45                                   |

calculated according to Döhler et al. (2002), S. 78, completed (expert judgment KTBL)

For the uncertainty of the NH<sub>3</sub> emission factors, the uncertainties given in EMEP(2007)-B-1090.19, i.e. 30 %, are assumed.

For the N<sub>2</sub>O emission factor, IPCC(2006)-10.63 propose a factor of 2. Thus, in this inventory, an uncertainty of 100 % is assumed with a lognormal distribution. This applies also to the emission factors of NO and N<sub>2</sub>.

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, and N<sub>2</sub> from manure management are described in Chapters 13.3 to 13.4.

Für die Unsicherheit der NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren wird der in EMEP(2003)-B-1090.19 angegebene Wert von 30 % angenommen.

IPCC(2006)-10.63 beschreibt den Unsicherheitsbereich des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors mit einem Faktor 2. Angenommen wird deshalb eine Unsicherheit von 100 % bei lognormaler Verteilung. Dies wird auch für die Emissionsfaktoren von NO und N<sub>2</sub> angenommen.

Die Unsicherheiten der aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 13.3 bis 13.4 beschrieben.

### 9.3 Laying hens / Legehennen

Female chickens in their reproductive phase are called laying hens.

The laying period of hens begins when they are about 18 weeks old. The lifespan before is dealt with in Chapter 9.5 (pullets).

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 9.4.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Weibliche Hühner in der reproduktiven Phase werden als Legehennen bezeichnet.

Die Legeperiode von Hennen beginnt, wenn sie etwa 18 Wochen alt sind. Zuvor werden die Tiere als Junghehennen bezeichnet (siehe Kapitel 9.5)

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.4 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 9.4: Laying hens, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation |      | no method       |                     |          |                    |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 2    | EMEP / national | district            | district | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP            | district            | national | 1 a                |

#### 9.3.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers have been surveyed in each census, i.e. until 1996 in each even year, and from 1999 onwards in each odd year (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Instead of 2009, animal numbers were surveyed in 2010 by the Agricultural Census 2010 (Landwirtschaftszählung 2010).

For 2011 no official animal numbers are available. The reduction of animal places observed in 2010 as a result of the banning of cages cannot be transferred to 2011. Hence the 2011 numbers are not generated by extrapolation but rather by continuation of the 2010 data.

Data gaps within the time series are closed by interpolation.

The German census differentiates hen places according to animal age; differentiating between those younger than 0.5 a and those older than 0.5 a. (See Table 9.1 for details.) Thus class AB in this table comprises those hens which are not yet in production. However, emission calculations presuppose animal categories which are homogeneous with respect to feeding and excretion. Therefore, a correction of the respective numbers is needed. This correction assumes that the number of pullets produced equals the number of hens slaughtered. In addition, the sum of categories AA and AB in Table 9.1 is to equal the sum of pullets and hens. This leads to the following equation for laying hen places  $n_{lh}$ :

Tierplatzzahlen wurden in jeder Tierzählung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren und ab 1999 in allen ungeraden Jahren (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Statt 2009 erfolgte eine Erhebung im Jahr 2010 im Rahmen der Landwirtschaftszählung 2010.

Für 2011 stehen keine offiziellen Tierplatzzahlen zur Verfügung. Um die für 2010 festzustellende Abnahme der Tierplatzzahlen in Folge des Käfigverbotes nicht verstärkt auf 2011 zu übertragen, werden für 2011 die Tierplatzzahlen nicht durch Extrapolation, sondern durch Fortschreibung des Wertes von 2010 geschätzt.

Datenlücken innerhalb der Zeitreihe werden durch Interpolation geschlossen.

Die Anzahl der besetzten Legehennenplätze wird in Deutschland danach erhoben, ob die Tiere jünger oder älter als ein halbes Jahr sind (vgl. Table 9.1). Die jüngere Altersklasse AB umfasst dabei auch die noch nicht im Legeprozess befindlichen Junghennen. Für eine an der Leistung orientierte Emissionsberechnung ist daher eine Modifizierung der gegebenen Tierzahlen erforderlich. Sie beruht auf der Annahme, dass genau so viele Junghennen aufgezogen werden, dass frei werdende Legehennenplätze wieder besetzt werden können. Außerdem sollen die modifizierten Zahlen von Jung- und Legehennen in der Summe den Tierzahlen der Kategorien AA und AB in Table 9.1 entsprechen. Daraus resultiert für die Legehennenanzahl  $n_{lh}$ :



$$n_{lh} = (n_{AA} + n_{AB}) \cdot \frac{\tau_{round,lh}}{\tau_{round,lh} + \tau_{round,pu}} \quad (9.1)$$

where

|                    |                                                                                  |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| $n_{lh}$           | number of laying hen places considered                                           |
| $n_{AA}$           | animal place numbers of type AA in the German census (see Table 9.1)             |
| $n_{AB}$           | animal place numbers of type AB in the German census (see Table 9.1)             |
| $\tau_{round, pu}$ | duration of round for pullets ( $\tau_{round, pu} = 142 \text{ d ro}^{-1}$ )     |
| $\tau_{round, lh}$ | duration of round for laying hens ( $\tau_{round, lh} = 441 \text{ d ro}^{-1}$ ) |

For poultry numbers a standard error of 5 % is assumed (normal distribution). Then half the 95 % confidence interval is 10 %.

Für Geflügelzahlen wird ein Standardfehler von 5 % angenommen (Normalverteilung). Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt 10 %.

### 9.3.2 Data on laying hen husbandry and egg production / Haltungs- und Legeleistungsdaten

KTBL (2004, pg. 481) quantifies  $\tau_{round}$  ( $\tau_{round} = 441 \text{ d ro}^{-1}$ ). In this inventory this value is assumed to be constant as no variation of this value has been documented.  $\tau_{round}$  comprises the duration of the egg production period ( $434 \text{ d ro}^{-1}$ ) and the service time  $\tau_{service}$ , which – according to KTBL (2004, pg. 481) – is normally  $7 \text{ d ro}^{-1}$ .

Table 9.5 shows the data available on starting weight and final live weight as well as on egg production rates and egg weights. A spatial differentiation is not possible. Hence, the data set is used as constant on the national level.

KTBL (2004, S. 481) gibt die Durchgangsdauer mit  $\tau_{round} = 441 \text{ d ro}^{-1}$  an, was im vorliegenden Inventar als Konstante angenommen wird, da Abweichungen nicht im erforderlichen Umfang dokumentiert sind.  $\tau_{round}$  setzt sich zusammen aus der reinen Lebensdauer ( $\tau_{lifespan}$ ) mit  $434 \text{ d ro}^{-1}$  und der Reinigungszeit  $\tau_{service}$  mit  $7 \text{ d ro}^{-1}$  (KTBL, 2004, S. 481).

Table 9.5 zeigt die verfügbaren Daten zu Anfangs- und Endgewicht sowie zu Legeleistung und Eigewicht. Eine räumliche Differenzierung ist nicht möglich, weshalb die Daten im Inventar bundesweit verwendet werden.

Table 9.5: Laying hens, performance data  
(live weights in  $\text{kg a}^{-1}$ ; average number of eggs produced per hen in  $\text{eg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ; mean egg weight, in  $\text{g eg}^{-1}$ )

|               | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $w_{start}$   | 1.550 | 1.560 | 1.520 | 1.440 | 1.370 | 1.400 | 1.360 | 1.390 |       |       | 1.276 |       | 1.245 |       | 1.303 |       |       |       |       | 1.323 | 1.276 |       |
| $w_{fin}$     | 2.070 | 2.120 | 2.070 | 2.000 | 1.960 | 2.030 | 1.860 | 1.920 |       |       | 1.799 |       | 1.733 |       | 2.026 | 1.945 | 1.927 | 1.933 | 1.887 | 1.903 | 1.817 |       |
| eggs produced | 269.9 | 269.3 | 273.9 | 278.2 | 275.9 | 276.9 | 282.5 | 284.6 | 286.2 | 289.2 | 289.4 | 288.4 | 288.1 | 289.4 | 291.4 | 289.0 | 291.6 | 296.0 | 298.7 | 293.1 | 294.4 | 297.5 |
| egg weight    | 64.6  | 66.2  | 65.4  | 65.1  | 64.4  | 64.1  | 63.1  | 63.1  |       |       | 62.6  |       | 63.8  |       | 65.3  | 66.0  | 64.0  | 63.4  | 62.8  | 64.4  | 64.0  |       |

Sources: Egg production rates are primary statistical data (for 1990, 1991, and 1992 from the old Länder only), taken from annual reports (StatBA FS 3, R 4). All other data are taken from official laying hens performance contests or similar publications: Hartmann and Heil (1992), Heil and Hartmann (1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 2000), Anonymus (2001a, 2003, 2005, 2007a, 2007b, 2007c), Wiedmann and Damme (2008), Damme (2009), Urselmans and Damme (2011)

Final live weight data gaps are closed by interpolation. Missing start weight data are reconstructed by use of the linear regression displayed in Figure 9.1, while the gaps in the time series of mean egg weights are closed by the linear regression derived in Figure 9.2. The gap at the end of the times series is not closed by extrapolation but by continuation of the 2009 data. This avoids the adverse effect of interannual variations for the subsequent years.

Die Lücken der Endgewichte werden durch Interpolation gefüllt. Der Ersatz der fehlenden Angaben bei den Anfangsgewichten beruht auf der in Figure 9.1 gezeigten Regression. Lücken in der Zeitreihe der mittleren Eigewichte werden mit Hilfe der Regression aus Figure 9.2 geschlossen. Lücken am Ende der Zeitreihen werden, um interannuelle Schwankungen in nachfolgenden Jahren nicht zu verstärken, nicht durch Extrapolation, sondern durch Fortschreibung geschätzt.

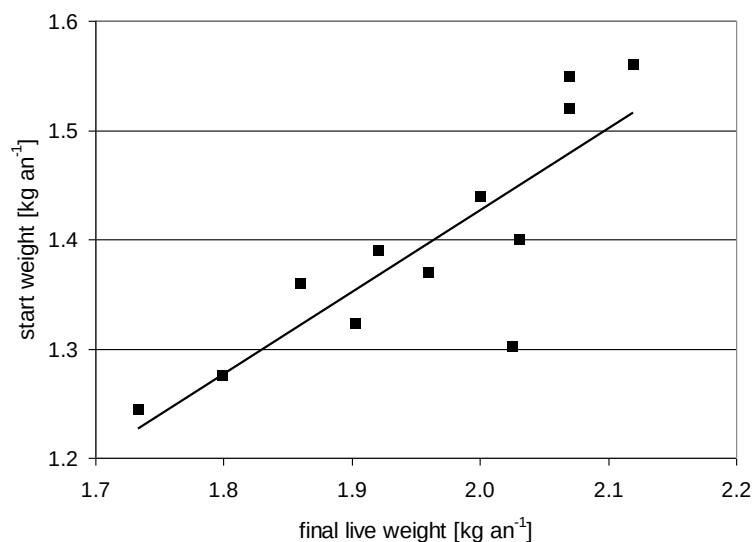


Figure 9.1: Laying hens, relation between weight at the beginning of egg production period and final live weight (data taken from Table 9.5 for 1990 - 2009; linear regression: slope 0.7487 kg kg<sup>-1</sup>, intercept = -0.071 kg, R<sup>2</sup> = 0.707)

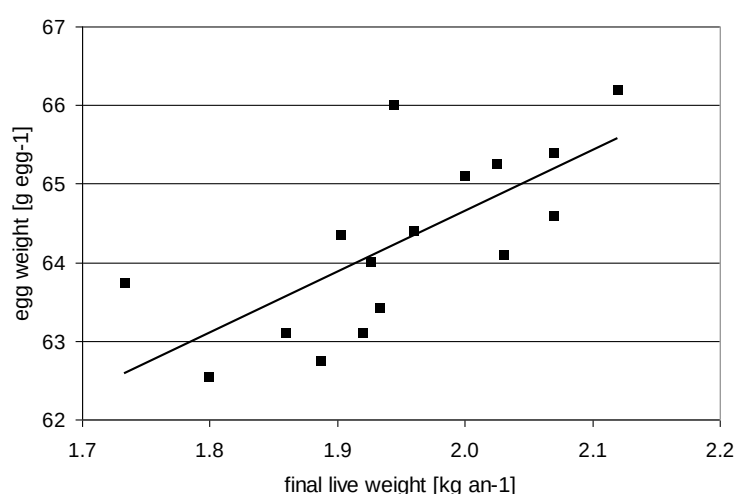


Figure 9.2: Laying hens, relation between mean egg weight and final live weight (data taken from Table 9.5 for 1990 - 2009; linear regression: slope 7.7205 g kg<sup>-1</sup>, intercept = 49.209 kg, R<sup>2</sup> = 0.50)

### 9.3.3 Energy requirements / Energiebedarf

#### 9.3.3.1 Metabolisable energy / Umsetzbare Energie

The overall requirements of daily metabolisable energy requirements per place (averaged over all days of one round) are given by the following relation:

Für den über alle Tage eines Durchganges (einschließlich der Reinigungszeit) gemittelte Tagesbedarf an metabolisierbarer Energie pro Tierplatz gilt:

$$ME_{lh} = ME_m + ME_f + ME_{egg} + ME_g \quad (9.2)$$

where

|            |                                                                                                 |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_{lh}$  | daily requirements of metabolisable energy (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)          |
| $ME_m$     | daily metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME) |
| $ME_f$     | daily metabolisable energy needed to obtain food (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)    |
| $ME_{egg}$ | daily metabolisable energy for egg production (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)       |
| $ME_g$     | daily metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)      |

The subsequent detailed calculations of  $ME_m$ ,  $ME_f$ ,  $ME_{egg}$ , and  $ME_g$  are based on information provided in GfE (2000, in particular equation 1.2.4.1 and context).

Die nachstehend beschriebene Berechnung der Teilenergien  $ME_m$ ,  $ME_f$ ,  $ME_{egg}$  und  $ME_g$  beruht auf Angaben in GfE (2000, s. Gl. 1.2.4.1 und Kontext).

### 9.3.3.2 Metabolisable energy required for maintenance / Erhaltungsenergie

The calculation of  $ME_m$  takes ambient temperatures into account.  $ME_m$  is calculated as follows:

Die Berechnung von  $ME_m$  erfolgt in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur gemäß

$$ME_m = (\eta_{ME, m} + \eta_{ME, mt}) \cdot \frac{1}{\tau_{round}} \cdot \Sigma W \quad (9.3)$$

where

|                 |                                                                                                                                                                 |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_m$          | daily metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)                                                                 |
| $\eta_{ME, m}$  | specific metabolisable energy required for daily maintenance ( $\eta_{ME, m} = 0,48 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ , cf. GfE, 2000, eq. 1.2.4.1) |
| $\eta_{ME, mt}$ | specific metabolisable energy required for daily maintenance under low temperature conditions (in MJ kg d <sup>-1</sup> ME), see below                          |
| $\tau_{round}$  | duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.3.2                                                                                        |
| $\Sigma W$      | cumulative metabolic weight (in kg d an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> = kg d pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )                                               |

With  $\eta_{ME, mt} > 0$  it is possible to account for an increased energy requirement due to low ambient temperatures (GfE, 2000, p. 28; Haenel et al., 2010, p. 275). However, as laying hens in Germany are predominantly kept in insulated houses with forced ventilation, the inventory uses  $\eta_{ME, mt} = 0$ .

Mit  $\eta_{ME, mt} > 0$  kann ein Mehrbedarf an Energie bei niedrigen Umgebungstemperaturen berücksichtigt werden (GfE, 2000, p. 28; Haenel et al., 2010, p. 275). Da der bei weitem überwiegende Teil der Legehennen in Deutschland in wärmeisolierten und zwangsbelüfteten Ställen lebt, wird im Inventar mit  $\eta_{ME, mt} = 0$  gerechnet.

According to Haenel and Dämmgen (2007 b),  $\Sigma W$  is a function of  $w_{start, lh}$  and  $w_{fin, lh}$ , combined with a characteristic time parameter  $\tau_{char, g, lh}$  ( $\tau_{char, g, lh} = 56 \text{ d ro}^{-1}$ ).  $\tau_{char, g, lh}$  is based on a duration of a round  $\tau_{round} = 441 \text{ d ro}^{-1}$ .

Nach Haenel und Dämmgen (2007 b) wird  $\Sigma W$  als Funktion von Start- und Endgewicht mit Hilfe eines charakteristischen Zeitparameters ( $\tau_{char, g, lh} = 56 \text{ d ro}^{-1}$ ) berechnet, der sich auf die Durchgangsdauer  $\tau_{round} = 441 \text{ d ro}^{-1}$  bezieht.

$$\Sigma W = w_{m, ref} \cdot \left[ \tau_{char, g, lh} \cdot \left( \frac{w_{start}}{w_{ref}} \right)^{0.75} + (\tau_{lifespan} - \tau_{char, g, lh}) \cdot \left( \frac{w_{fin}}{w_{ref}} \right)^{0.75} \right] \quad (9.4)$$

where

|                      |                                                                                                                   |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Sigma W$           | cumulative metabolic weight (in kg d an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> = kg d pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ) |
| $w_{m, ref}$         | reference weight ( $w_{m, ref} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )                                                          |
| $\tau_{char, g, lh}$ | characteristic time scale of growth (d ro <sup>-1</sup> )                                                         |
| $w_{start}$          | animal weight at the beginning of the round (in kg an <sup>-1</sup> )                                             |
| $\tau_{lifespan}$    | lifespan of laying hens (d ro <sup>-1</sup> )                                                                     |
| $w_{fin}$            | animal weight at the end of the round (in kg an <sup>-1</sup> )                                                   |

The recommended temperatures for laying hen houses are between 16 and 18 °C. Predominantly, laying hens in Germany are kept in insulated houses with forced ventilation. Consequently, a temperature dependent calculation on  $ME_m$  seems to be unnecessary at present.

Die Richttemperaturen für Hühnerställe liegen bei 16 bis 18 °C. Da der bei weitem überwiegende Teil der Legehennen in Deutschland in wärmeisolierten und zwangsbelüfteten Ställen lebt, wird auf eine temperaturabhängige Berechnung von  $ME_m$  vorerst verzichtet.

### 9.3.3.3 Metabolisable energy needed to obtain food / Energiebedarf für Nahrungsaufnahme

Net energy requirements for obtaining food  $ME_f$  are a function of the mobility of the animals in the respective house. It is reflected by a factor  $c_{\text{house}}$  which expresses the surplus in comparison to cages or small group housing systems.

Bei Legehennen wird der Energiebedarf  $ME_f$  für die Nahrungsaufnahme mit der Bewegungsmöglichkeit in dem jeweiligen Haltungssystem verbunden und als Mehrbedarf gegenüber einer Käfighaltung bzw. Kleingruppenhaltung ausgedrückt:

$$ME_f = c_{\text{system}} \cdot (ME_m + ME_{\text{egg}} + ME_g) \quad (9.5)$$

where

|                     |                                                                                           |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_f$              | metabolisable energy needed to obtain food (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)    |
| $c_{\text{system}}$ | correction factor for different housing systems (in MJ MJ <sup>-1</sup> )                 |
| $ME_m$              | metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME) |
| $ME_{\text{egg}}$   | metabolisable energy for egg production (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)       |
| $ME_g$              | metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)      |

According to GfE (2000, pg. 29),  $c_{\text{system}} = 1.00$  MJ MJ<sup>-1</sup> for tempered cages or small group housing systems, 1.10 MJ MJ<sup>-1</sup> for a deep bedding house, and 1.15 MJ MJ<sup>-1</sup> for free range hens. For aviaries no values are known. Any correction should be similar to the one used for deep bedding houses. Thus, a factor  $c_{\text{system}} = 1.10$  MJ MJ<sup>-1</sup> is used for aviaries.

Der Faktor  $c_{\text{system}}$  beträgt nach GfE (2000, S. 29) 1,00 MJ MJ<sup>-1</sup> für temperierte Käfighaltung bzw. Kleingruppenhaltung, 1,10 MJ MJ<sup>-1</sup> für Bodenhaltung und 1,15 MJ MJ<sup>-1</sup> für Freilandhaltung. Für Volierenhaltung ist kein Wert bekannt. Er dürfte dem der Bodenhaltung am nächsten kommen und wird deshalb mit 1,10 MJ MJ<sup>-1</sup> angesetzt.

### 9.3.3.4 Metabolisable energy needed for egg production / Energiebedarf für Eiproduktion

The calculation is based on the mean weight per egg, the number of eggs laid and the specific energy requirement per egg  $\eta_{\text{egg}}$ :

Der Bedarf berechnet sich aus der mittleren Masse eines Eies, der Eizahl und einem spezifischen Energiebedarf  $\eta_{\text{egg}}$  nach:

$$ME_{\text{egg}} = \eta_{\text{ME, egg}} \cdot n_{\text{eggs}} \cdot m_{\text{egg}} \quad (9.6)$$

where

|                         |                                                                                                                                               |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_{\text{egg}}$       | metabolisable energy required for egg production (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)                                                  |
| $\eta_{\text{ME, egg}}$ | specific metabolisable energy required for egg production ( $\eta_{\text{ME, egg}} = 9.6$ MJ kg <sup>-1</sup> ME, cf. GfE, 2000, eq. 1.2.4.1) |
| $n_{\text{eggs}}$       | number of eggs per place and day (in eg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Table 9.5                                                     |
| $m_{\text{egg}}$        | average mass of one egg (in kg eg <sup>-1</sup> ), see Table 9.5                                                                              |

### 9.3.3.5 Metabolisable energy for growth / Energiebedarf für Wachstum

The requirements result from a mean weight gain and a specific energy consumption for growth:

Der Bedarf ergibt sich aus der mittleren Gewichtszunahme und einem spezifischen Energiebedarf nach:

$$ME_g = \eta_{\text{ME, g}} \cdot (\Delta w_d)_{\text{ave}} = \eta_{\text{ME, g}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{round}}}{\tau_{\text{round}}} \quad (9.7)$$

where

|                             |                                                                                                                                    |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_g$                      | metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)                                               |
| $\eta_{\text{ME, g}}$       | specific metabolisable energy required for growth ( $\eta_{\text{ME, g}} = 23$ MJ kg <sup>-1</sup> ME, cf. GfE, 2000, eq. 1.2.4.1) |
| $(\Delta w_d)_{\text{ave}}$ | average animal weight gain per place and day (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )                                             |
| $\Delta w_{\text{round}}$   | animal weight gain per place and round according to Chapter 3.1.6 (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ) |

### 9.3.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Feed requirements are derived from the postulation that the energy intake with feed meet the energy requirements of the animal. The feed characteristics used in this inventory are collated in Table 9.6 (adopted from Haenel and Dämmgen, 2007b). These data represent a typical single-phase diet composition (except for NP reduced feed). Due to the lack of frequency distribution data, multi-phase feeding cannot be accounted for in the inventory. The same holds for the use of NP reduced feed.

Der Futterbedarf berechnet sich aus der Forderung, dass die mit dem Futter aufgenommenen Energie dem tierischen Energiebedarf entsprechen soll. Zu den im Inventar verwendeten Futterkennwerte siehe Table 9.6 (entnommen aus Haenel und Dämmgen, 2007b). Es handelt sich, mit Ausnahme des Rohproteingehaltes bei NP-reduzierter Fütterung, um Kennwerte eines typischen Einphasen-Futters. Mehrphasenfütterung kann im Inventar mangels Daten zur Verbreitung nicht berücksichtigt werden. Das Gleiche gilt für die NP-reduzierte Fütterung.

Table 9.6: Laying hens, diets used in laying hen feeding, related energies and crude protein content

The specific energies  $\eta_{GE}$  (gross energy),  $\eta_{DE}$  (digestible energy) and  $\eta_{ME}$  (metabolizable energy) as well as the contents of crude protein ( $X_{XP}$ ) and ash ( $x_{ash}$ ) are related to dry matter.  $X_{DOM}$  is the digestibility of organic matter.

| Major components                                            | $\eta_{GE}$<br>in MJ kg <sup>-1</sup> | $\eta_{DE}$<br>in MJ kg <sup>-1</sup> | $\eta_{ME}$<br>in MJ kg <sup>-1</sup> | $X_{XP}$ , normal feed<br>in kg kg <sup>-1</sup> | $X_{XP}$ , N reduced<br>feed<br>in kg kg <sup>-1</sup> | $X_{DOM}$<br>in kg kg <sup>-1</sup> | $x_{ash}$<br>in kg kg <sup>-1</sup> |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| wheat, soybean meal,<br>maize, wheat bran,<br>vegetable fat | 15.37                                 | 12.15                                 | 11.26                                 | 0.172                                            | 0.165                                                  | 0.713                               | 0.145                               |

Sources:

- Feed composition and overall ash content: deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG (Kleine-Klausing, private communication)
- Energy content, XP content, ash content and digestibility of organic matter in normal feed components: Beyer et al. (2004)
- XP content of N reduced feed: KTBL (2004), cf. discussion in Haenel and Dämmgen (2007b)

Due to lack of information, the values presented in Table 9.6 are assumed to be constant with time and space.

From the data in Table 9.6 follows a digestibility of energy  $X_{DE, lh} = 0.791 \text{ MJ MJ}^{-1}$  and a metabolisability of energy  $X_{ME, lh} = 0.733 \text{ MJ MJ}^{-1}$ .

The specific N content of the feed is obtained by dividing the XP content by 6.25.

Due to the lack of temporal and spatial distribution data the use of adequate N feeding ("N reduced feed") can not be accounted for in the inventory.

The daily feed intake (dry matter) as a mean over all days in one round is calculated as follows:

$$m_{F, DM} = \frac{ME_{lh}}{\eta_{ME, feed}} \quad (9.8)$$

where

|                   |                                                                                                        |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{F, DM}$       | daily feed intake, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)                              |
| $ME_{lh}$         | daily requirements of metabolisable energy (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)                 |
| $\eta_{ME, feed}$ | content of metabolisable energy in feed, related to dry matter (MJ kg <sup>-1</sup> ME), see Table 9.6 |

The inventory does not calculate the amount of gross energy GE as is not needed for the VS calculation method used in the present inventory.

Mangels detaillierterer Informationen werden die in Table 9.6 angegebenen Werte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

Mit den Daten in Table 9.6 ergibt sich für die Energie-Verdaulichkeit  $X_{DE, lh} = 0,791 \text{ MJ MJ}^{-1}$  und die Energie-Umsetzbarkeit  $X_{ME, lh} = 0,733 \text{ MJ MJ}^{-1}$ .

Der spezifische N-Gehalt des Futters ergibt sich aus dem XP-Gehalt (Division durch 6.25).

Zur zeitlichen und räumlichen Verbreitung der N-angepassten Fütterung („N reduced feed“) liegen keine Daten vor, so dass sie im Inventar nicht berücksichtigt werden kann.

Die über alle Tage eines Durchganges gemittelte tägliche Futteraufnahme (Trockenmasse) pro Tierplatz wird wie folgt berechnet:

Die GE-Aufnahme mit dem Futter wird im Inventar nicht berechnet, da sie für die aktuell verwendete VS-Berechnungsmethode nicht benötigt wird.

### 9.3.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

### 9.3.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

For the required data see Chapter 9.3.4.

The manure of laying hens is stored as solid.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factor  $MCF$  are  $0,39 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$  and  $0,015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  respectively. (IPCC 1996 does not differentiate between various species among poultry.)

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Für die dafür erforderlichen Daten siehe Kapitel 9.3.4.

Legehennen-Mist wird trocken gelagert.

Nach IPCC(2006)-10.82 betragen die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$   $0,39 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$  und der Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für alle in Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen  $0,015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . (In IPCC(1996) finden sich keine nach Geflügelart differenzierten Angaben.)

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 9.3.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions is based on the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of N<sub>org</sub> in UAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von N<sub>org</sub> in UAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

#### 9.3.7.1 N excretion / N-Ausscheidung

N excretions are calculated as a function of performance and feed properties.

Mass conservation allows the determination of the amount of N excreted annually as the difference between N intakes with feed, N used for egg production and for growth, the calculation of which is described in the subsequent chapters.

Die Ausscheidungen werden in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung berechnet.

Unter Berücksichtigung der Massenerhaltung lässt sich die Menge der jährlichen N-Ausscheidungen pro Tierplatz als Differenz von N-Aufnahme durch Nahrung und N-Verbrauch für Eiproduktion und Zuwachs berechnen (siehe hierzu die nachfolgenden Kapitel):

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{eggs}} - m_{\text{g}} \quad (9.9)$$

where

|                   |                                                                                            |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{excr}}$ | amount of nitrogen excreted (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )             |
| $m_{\text{feed}}$ | amount of nitrogen intake with feed (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )     |
| $m_{\text{eggs}}$ | amount of nitrogen exported with eggs (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )   |
| $m_{\text{g}}$    | amount of nitrogen retained with growth (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ ) |

The contents of uric acid and ammonium N (UAN) are calculated. The results are close to the standard value of 70 % (EMEP, 2009, S. 26).

Der Gehalt an Harnsäure- und Ammonium-N (UAN) wird berechnet und liegt dicht bei den als Standardwert angenommenen 70 % (EMEP, 2009, S. 26).

#### 9.3.7.1.1 N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter

The annual amount of N intake with feed is a function of the amount of feed and the crude protein (XP) content of the feed:

Die Menge des jährlich mit dem Futter aufgenommenen Stickstoffs ist eine Funktion von Futteraufnahme und Rohprotein-(XP-)Gehalt im Futter:

$$m_{\text{feed}} = \alpha \cdot x_{\text{N, XP}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot m_{\text{F, DM}} \quad (9.10)$$

where

|                       |                                                                                                    |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{feed}}$     | amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                     |
| $\alpha$              | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                   |
| $x_{\text{N, XP}}$    | nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N}} = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )         |
| $x_{\text{XP, feed}}$ | content of crude protein in feed, related to dry matter (in kg kg <sup>-1</sup> XP), see Table 9.6 |
| $m_{\text{F, DM}}$    | daily feed intake, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM), see Chapter 9.3.4       |

For the XP content of N reduced feed Table 9.6. However, no information is available on the frequencies of N reduced feed usage. Hence, the N excretion calculations for the inventory are based on the assumption of a nationwide used “normal” feed composition.

Table 9.6 gibt auch den XP-Gehalt von N-reduziertem Futter an. Informationen zur Verbreitung von N-angepasster Fütterung sind allerdings nicht verfügbar. Daher erfolgen die Ausscheidungsberechnungen für das Inventar durchgängig mit nicht N-reduziertem Futter.

#### 9.3.7.1.2 N excretion with eggs / N-Ausscheidung mit Eiern

The amount of N excreted with eggs is assessed from the number of eggs laid per place, the mean egg mass and the mean protein content of the eggs:

Die mit Eiern ausgeschiedenen N-Mengen berechnen sich aus der Zahl der gelegten Eier pro Platz und Jahr, der durchschnittlichen Ei-Masse und dem mittleren Protein-Gehalt der Eier:

$$m_{\text{eggs}} = n_{\text{egg}} \cdot x_{\text{XP, eggs}} \cdot x_{\text{N}} \cdot \mu_{\text{egg}} \quad (9.11)$$

where

|                       |                                                                                            |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{eggs}}$     | amount of nitrogen exported with eggs (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)           |
| $n_{\text{egg}}$      | number of eggs considered (in pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see below                |
| $x_{\text{XP, eggs}}$ | crude protein content of eggs (in kg kg <sup>-1</sup> XP), see below                       |
| $x_{\text{N}}$        | nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N}} = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ) |
| $\mu_{\text{egg}}$    | average egg mass (in kg eg <sup>-1</sup> ), see below                                      |

The information on  $x_{\text{XP, eggs}}$  provided by the literature varies, e.g. 0.112 kg kg<sup>-1</sup> XP in GfE (2000, pg. 58) and 0.121 kg kg<sup>-1</sup> XP in Geflügeljahrbuch (2005, pg. 212). The value used in this inventory (0.119 kg kg<sup>-1</sup> XP) is based on the N content of eggs provided in LfL (2006a), Table 8.

For the number of eggs ( $n_{\text{egg}}$ ) and the egg weight ( $\mu_{\text{egg}}$ ) see tabel references in Chapter 9.3.9 („Additional information“).

In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben zu  $x_{\text{XP, eggs}}$ , z. B. 0,112 kg kg<sup>-1</sup> XP in GfE (2000, S. 58) und 0,121 kg kg<sup>-1</sup> XP im Geflügeljahrbuch (2005, S. 212). Der für das Inventar verwendete Wert 0,119 kg kg<sup>-1</sup> XP beruht auf Angaben in LfL (2006a), Tabelle 8, zum N-Gehalt von Eiern.

Zur Anzahl der Eier ( $n_{\text{egg}}$ ) und zum Eigewicht ( $\mu_{\text{egg}}$ ) siehe Tabellenverweise in Kapitel 9.3.9 („Additional information“).

#### 9.3.7.1.3 N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper

The N retention is obtained from the weight gain, the duration of the production cycle and the mean XP content of the animals:

Aus der Gewichtszunahme, der Dauer des Produktionszyklus und dem mittleren N-Gehalt der Tiere folgt für die N-Retention:

$$m_{\text{g}} = x_{\text{N, ret, lh}} \cdot \alpha \cdot \frac{w_{\text{fin}} - w_{\text{start}}}{\tau_{\text{round}}} \quad (9.12)$$

where

|                         |                                                                                                            |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{g}}$          | amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                         |
| $x_{\text{N, ret, lh}}$ | N retained by laying hens ( $x_{\text{N, ret, lh}} = 0.035 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , see LfL, 2006a) |
| $\alpha$                | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                           |
| $w_{\text{fin}}$        | animal weight at the end of the round (in kg an <sup>-1</sup> )                                            |
| $w_{\text{start}}$      | animal weight at the begin of the round (in kg an <sup>-1</sup> )                                          |
| $\tau_{\text{round}}$   | duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> )                                                      |

### 9.3.7.2 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

For all housing systems except cages or small group housing systems, N inputs with straw (bedding material) are taken into account. Based on the data provided in KTBL (2006), pg. 544, 546 and 548, an amount of straw input of 0.5 kg per place and year is assumed to be a representative estimate (corresponding to  $0.25 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  and  $0.125 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ ). For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

An immobilisation of UAN is unlikely, as the dry conditions impede the process. Hence, the inventory does not take into account any TAN immobilisation.

Für alle Haltungssysteme außer Käfighaltung bzw. Kleingruppenhaltung wird ein N-Eintrag mit dem als Einstreu eingebrachten Stroh berücksichtigt. Unter Berücksichtigung der Angaben in KTBL (2006), S. 544, 546 und 548 wird eine Einstreumenge von 0,5 kg Stroh pro Platz und Jahr als angemessen angesehen (entsprechend  $0,25 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  und  $0,125 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ ). Bzgl. Stroeigenschaften siehe Kapitel 3.3.4.3.2.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Eine Immobilisierung von UAN in der Einstreu findet wahrscheinlich nicht statt und wird daher im Inventar nicht berücksichtigt (fehlende Feuchtigkeit verhindert Immobilisierung).

### 9.3.7.3 *Partial NH<sub>3</sub> emission factors / Partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren*

The various housing systems for laying hens are associated with different emission potentials (Döhler et al., 2002, S. 60).

Since submission 2011 the inventory takes into account only three housing system categories: cages/small group housing systems, aviary/floor management, and free range. The differentiation between cages/small group housing systems with dung pit, dung belt without drying and dung belt with drying which is relevant for emission calculations is implicitly accounted for by using a weighted mean emission factor (Rösemann et al., 2011, pp 263/264). Due to the abolishment of traditional "cages" from 2010 onwards, modified cage types are now used. These new housing systems are called "small group housing systems" in order to facilitate the differentiation between the former cages and the new housing systems (Eurich-Menden et al., 2011). The emission factors of cages and small group housing systems are different. As described above, from 2012 onwards housing systems and manure management techniques are not considered in the inventory; instead a weighted mean emission factor is used. Emission factors incorporated in the weighted mean are based on a national consensus (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, siehe Eurich-Menden et al., 2011). The weighting reflects the frequencies of housing systems as derived from the agricultural census 2010 (LZ2010) by Statistisches Bundesamt.

The emission factors provided by Döhler et al. (2002) as well as by Eurich-Menden et al. (2011) refer to calculations of emissions per animal place. Therefore they had to be adjusted to the requirements of the inventory by converting them into emission factors related to N excretions. In the case of the emission factors provided by Döhler et al. (2002) this was done with the N excretion of  $0,74 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  according to Döhler et al., 2002, pg. 14A. The emission factors provided by Eurich-Menden et al. (2011) were converted on the basis of the DLG default N excretion of  $0,786 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  referring to a housing utilization of 94 % (see DLG, 2005, pg. 47). This is equivalent to  $0,836 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  for a housing utilization of 100 % as used in the inventory.

Die verschiedenen Legehennen-Haltungsformen sind mit unterschiedlichen Emissionspotentialen verbunden (Döhler et al., 2002, S. 60).

Seit der Submission 2011 beschränkt sich die Emissionsberichterstattung auf die Berücksichtigung dreier Haltungsformen: Käfig/Kleingruppenhaltung, Voliere/Bodenhaltung sowie Freiland. Die emissionsrelevante Differenzierung zwischen Käfigen/Kleingruppenhaltung mit Kotgrube, belüftetem oder unbelüftetem Kotband geschieht implizit durch einen gewichteten mittleren Emissionsfaktor (Rösemann et al., 2011, S. 263/264). Wegen des Verbotes der herkömmlichen Käfige ab 2010 werden inzwischen andersartig gestaltete Käfigformen eingesetzt, die zur Abgrenzung gegenüber den früher üblichen Käfigen als „Kleingruppenhaltung“ bezeichnet werden (Eurich-Menden et al., 2011) und auch abweichende Emissionsfaktoren aufweisen. Allerdings wird für die Emissionsberichterstattung ab 2012 auch bei der „Kleingruppenhaltung“ nicht zwischen den verschiedenen Käfigformen und ihren Kotentsorgungsvarianten unterschieden, sondern ein gewichteter mittlerer Emissionsfaktor verwendet. Die in die Mittelung eingehenden Emissionsfaktoren beruhen auf nationalem Konsens (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, siehe Eurich-Menden et al., 2011). Die Gewichte entsprechen den Haltungsform-Anteilen, wie sie aus der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ2010) des Statistischen Bundesamtes hervorgegangen sind.

Sowohl die in Döhler et al. (2002) als auch die in Eurich-Menden et al. (2011) angegebenen Emissionsfaktoren sind auf den Tierplatz bezogen und waren deshalb für die Inventarberechnungen auf einen Bezug auf die N-Ausscheidung umzurechnen. Dies geschah für die Emissionsfaktoren aus Döhler et al. (2002) mit dem dort angegebenen N-Ausscheidungswert von  $0,74 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  (Döhler et al., 2002, S. 14A), während für die Umrechnung der Emissionsfaktoren aus Eurich-Menden et al. (2011) das DLG-Standardniveau der N-Ausscheidung zugrunde gelegt wurde. Dieser beläuft sich auf  $0,836 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  (abgeleitet aus  $0,786 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  bei 94 % Stallauslastung, siehe DLG, 2005, S. 47).



The housing systems “aviary” and “floor management with a one-time removal of manure per round” are differentiated in Döhler et al. (2002). For the submission 2011 both housing systems were combined to the housing system “aviary/floor management” (Rösemann et al., 2011, pp 263/264). The emission factor of “floor management with a one-time removal of manure per round” is used in the inventory due to the fact that this housing system was considerable more common in the 1990s than the “aviary”. This turned into the opposite from 2010 onwards (B. Eurich-Menden/KTBL, und Th. Heidenreich/Sächsische Landesanstalt Kollitsch, personal communication). Therefore the emission factor for „aviary“ is to be used for 2010 and subsequent years (KTBL-working group „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, see Eurich-Menden et al., 2011). As described for the housing system “aviary/floor management” the emission factors had to be converted by analogy.

On the basis of a national consensus 1,1 times the emission factor for “aviary/floor management” is applied in the inventory for “free range” (KTBL-working group „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, see Eurich-Menden et al., 2011)

Table 9.7 provides an overview of the emission factors used for the submission 2012.

Die bei Döhler et al. (2002) getrennt aufgelisteten Haltungsformen „Voliere“ und „Bodenhaltung mit einmaliger Entmistung pro Durchgang“ wurden für die Submission 2011 (Rösemann et al., 2011), S. 263/264) zu „Bodenhaltung/Voliere“ zusammengefasst. Als Emissionsfaktor wurde der für Bodenhaltung mit einmaliger Entmistung pro Durchgang gewählt, da diese Haltungsform in den 1990er Jahren deutlich häufiger vorkam als die Volierenhaltung. Dieses Verhältnis hat sich bis 2010 ins Gegenteil verkehrt (B. Eurich-Menden/KTBL, und Th. Heidenreich/Sächsische Landesanstalt Kollitsch, persönl. Mitteilung), so dass in der Submission 2012 ab dem Bezugsjahr 2010 der Emissionsfaktor für Volieren verwendet wird (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, siehe Eurich-Menden et al., 2011). Auch hier war eine Umrechnung der Emissionsfaktoren auf die N-Ausscheidung erforderlich, die analog zum oben beschriebenen Vorgehen für die Käfighaltung/Kleingruppenhaltung erfolgte.

Für die Freilandhaltung wird dem nationalen Konsens entsprechend das 1,1-Fache des Emissionsfaktors für Bodenhaltung/Voliere verwendet (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, siehe Eurich-Menden et al., 2011).

Table 9.7 gibt einen Überblick über die ab der Submission 2012 eingesetzten Emissionsfaktoren.

Table 9.7: Laying hens, partial emission factors for NH<sub>3</sub> losses from housing (in kg NH<sub>3</sub>-N per kg N excreted)

| years                                                       |                                                                  | ≤ 2000 | 2001 - 2009          | ≥2010 |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------|----------------------|-------|
| cages;<br>from 2010 onwards: small<br>group housing systems | Käfighaltung;<br>ab 2010: Kleingruppenhaltung                    |        | 0.164                | 0.066 |
| floor management, aviary                                    | Bodenhaltung, Voliere                                            | 0.351  | linear interpolation | 0.090 |
| free range, organic farming                                 | Intensive Auslaufhaltung, Freilandhaltung, ökologische Erzeugung |        | 0.099                |       |

Sources: see text.

For the partial NH<sub>3</sub> emission factor for storage, the value given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is used: 0.14 kg kg<sup>-1</sup> N. The factor relates to the UAN amount entering the storage. (For UAN see Chapter 3.3.3.2). Due to lack of more detailed informations, this emission factor is used for all the husbandry systems listed in Table 9.7.

Der partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit 0,14 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.3.3.2). Der Emissionsfaktor wird mangels besserer Kenntnis für alle in Table 9.7 genannten Haltungsverfahren gleichermaßen angewendet.

#### 9.3.7.4 Partial emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> / Partielle Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub>

The factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are combined factors for housing and storage. They are given in Table 9.2 (Chapter ).

Die für Stall und Lager zusammen geltenden Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> sind Table 9.2 (Kapitel 9.2) zu entnehmen.

### 9.3.7.5 Uncertainties of emission factors / Unsicherheiten der Emissionsfaktoren

The uncertainty of the NH<sub>3</sub> emission factor characterizing the overall NH<sub>3</sub> emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

For the uncertainties of the N<sub>2</sub>O emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and N<sub>2</sub> emission factors, the uncertainty of the N<sub>2</sub>O emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

Die Unsicherheit des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene NH<sub>3</sub>-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

### 9.3.8 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The emission factors used are listed in Table 9.8, which is based on data given in EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10. For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

The frequency distributions of housing systems are taken over from the respective data needed for calculations in Chapter 9.3.7.3.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 9.8 zusammengestellt. Sie basieren auf Angaben in EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10. Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für die Haltungssysteme werden den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 9.3.7.3 entnommen.

Table 9.8: Laying hens, emission factors for particle emissions from housing

| Housing type      | Haltungssystem               | Emission factor for PM <sub>10</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | Emission factor for PM <sub>2.5</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> |
|-------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| cages             | Käfige                       | 0.017                                                                       | 0.002                                                                        |
| all other systems | alle anderen Haltungssysteme | 0.084                                                                       | 0.016                                                                        |

Source: see text

### 9.3.9 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 9.9: Laying hens, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |              |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.20    |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.22    |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.96    | EM1009.98    |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.152   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.16    |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.40    |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.26    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |              |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.20   |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.19   |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.84   |              |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.115  |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.15   |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.37   |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005POU.01 | AI1005POU.14 |

## 9.4 Broilers / Masthähnchen und –hühnchen

Broilers are special chicken lines reared for meat production.

The assessment of emissions from broiler production using a mass flow approach relies on German national animal performance and feeding data.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 9.10.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Masthähnchen und –hühnchen sind auf Fleischproduktion spezialisierte Hühnerrassen.

Die Berechnung der Emissionen aus der Haltung von Masthähnchen und –hühnchen nach dem Massenfluss-Verfahren beruht auf nationalen Daten für Leistungsdaten und Fütterung.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.10 genannten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 9.10: Broilers, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation |      | no method       |                     |          |                    |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 2    | EMEP / national | district            | district | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP            | district            | national | 1 a                |

### 9.4.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers have been surveyed in each census, i.e. until 1996 in each even year, and from 1999 onwards in each odd year (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Instead of 2009, animal numbers were surveyed in 2010 by the Agricultural Census (Landwirtschaftszählung) in 2010. For 2011 no official animal numbers are available.

Data gaps within the times series are closed by interpolation or extrapolation

For poultry numbers a standard error of 5 % is assumed (normal distribution). Then half the 95 % confidence interval is 10 %.

Tierplatzzahlen wurden in jeder Tierzählung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren und ab 1999 in allen ungeraden Jahren (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Statt 2009 erfolgte eine Erhebung im Jahr 2010 im Rahmen der Landwirtschaftszählung 2010. Für 2011 stehen keine offiziellen Tierplatzzahlen zur Verfügung.

Datenlücken in der Zeitreihe werden durch Interpolation bzw. Extrapolation geschlossen.

Für Geflügelzahlen wird ein Standardfehler von 5 % angenommen (Normalverteilung). Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt 10 %.

### 9.4.2 Husbandry systems and animal performance / Haltungsverfahren und tierische Leistung

#### 9.4.2.1 Husbandry systems / Haltungsverfahren

In Germany, short-term fattening of broilers (duration: 32 to 35 days per round) and the so-called splitting method are preferred. In the splitting method, 20 to 30 % of the animals are removed from the house between days 30 and 33 of the fattening period and slaughtered. The remaining population is fattened further till day 38 to 42. Extended fattening, in general, takes 50 to 60 days. (All data according to: KTBL 2006b; LWK-NW 2006).

Because of limited contribution to national broiler meat production, extended fattening in organic farming (fattening periods up to 80 days) is not considered.

The predominant share in German broiler production originates from few producers running big units. Therefore, a differentiation in space of performance and feed properties is thought to be unnecessary.

In Deutschland werden die Kurzmast (Dauer 32 bis 35 Tage) und das Splitting-Verfahren bevorzugt. Bei Letzterem werden zwischen dem 30. und 33. Masttag 20 bis 30 % der Tiere zur Schlachtung aus dem Bestand gefangen und die übrigen Tiere weiter bis zum 38. bis 42. Tag gemästet. In der Langmast beträgt die Mastdauer i. d. R. 50 bis 60 Tage. (Alle Angaben aus KTBL 2006b und LWK-NW 2006.)

Die ökologische Langmast mit Mastdauern mit bis zu 80 Tagen wird im Folgenden wegen des noch geringen Anteils an der Fleischproduktion nicht berücksichtigt.

Der überwiegende Anteil der deutschen Masthähnchen und –hühnchen-Bestände stammt von wenigen Produzenten und wird in großen Einheiten gehalten. Eine räumliche Differenzierung der Leistungs- und Futtereigenschaften ist daher nicht erforderlich.

#### 9.4.2.2 Animal weights / Tiergewichte

Official statistics do not report broiler weight data

Independent of sex, a typical value of 42 g an<sup>-1</sup> is assumed for the inventory. Observed scatter in the order of about 10 % (cf. Haenel und Dämmgen, 2009a) can be neglected with respect to emission estimates.

According to Haenel and Dämmgen (2009a), the year-dependent and gender-specific final weight can be calculated from the subsequent equation. Note that the start weight is assumed to be constant.

Die Officialstatistik berichtet keine Tiergewichte. Im Inventar wird das Anfangsgewicht einheitlich mit 42 g an<sup>-1</sup> angesetzt (GfE, 2000, Tabelle 2.3.1). Die Auswirkung der in der Praxis zu beobachtenden Schwankungen (ca. ± 10 %, vgl. Haenel und Dämmgen (2009a) auf die Emissionen ist vernachlässigbar.

Das geschlechtsabhängige Endgewicht wird nach Haenel und Dämmgen (2009a) wie folgt für jedes Jahr berechnet, wo bei das Anfangsgewicht als konstant angenommen wird.

$$w_{fin,i,j} = w_{start} + r_{g,j} \cdot (a_{g,i} + b_{g,i} \cdot k_{fin,j}) \quad (9.13)$$

where

|               |                                                                                                                                                                   |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $w_{fin,i,j}$ | gender dependent animal weight at the end of the round in year j (in kg an <sup>-1</sup> )                                                                        |
| i             | gender index (i = male, female)                                                                                                                                   |
| j             | year (j = 1990, 1991, ...)                                                                                                                                        |
| $w_{start}$   | animal weight at the beginning of the round (in kg an <sup>-1</sup> )                                                                                             |
| $r_{g,j}$     | growth relative to reference (in kg kg <sup>-1</sup> )                                                                                                            |
| $a_{g,i}$     | constant ( $a_{g,male} = -1010.7 \cdot 10^{-3}$ kg an <sup>-1</sup> , $a_{g,female} = -645.3 \cdot 10^{-3}$ kg an <sup>-1</sup> ), see Haenel und Dämmgen (2009a) |
| $b_{g,i}$     | constant ( $b_{g,male} = 78.343 \cdot 10^{-3}$ kg an <sup>-1</sup> , $b_{g,female} = 61.586 \cdot 10^{-3}$ kg an <sup>-1</sup> ), see Haenel und Dämmgen (2009a)  |
| $k_{fin,j}$   | dimension-less mean duration of fattening period (number of days) in year j, see Chapter 9.4.2.4                                                                  |

The term in brackets describes the (gender-dependent) weight gain of a reference broiler according to GfE (2000, Table 2.3.1). The variable  $r_g$  describes for the deviation of the true final weight from a reference weight. It accounts for the fact that progress in broiler breeding leads to permanently increasing rates of daily weight gain. The method to derive  $r_g$  is described in Haenel and Dämmgen (2009a) and is illustrated in Figure 9.3, using data from Anonymus (1997), Anonymus (2001b), Anonymus (2007d), Anonymus (2009), Damme (1994, 1995, 1996), Damme und Rychlik (2001), Klein (1991a, 1991b), Poteracki (1991, 1994, 1995, 1996), Poteracki und Adam (1993a, 1993b), Poteracki et al. (1994), Simon (2001), Simon und Stegemann (2005), Simon und Stegemann (2007), Simon und Stegemann (2009), as well as Halle und Tzschentke (2009). Table 9.11 shows  $r_g$  for the years from 1990 onwards. The data points in Figure 9.3 for the years 2010 and 2011 that are based on information in Damme und Lemme (2010) as well as Hiller et al. (2011), were not included in the regression calculation. This is because the 2010 data do not contradict the regression and the data for 2011 have to be considered not representative. The latter is based on the fact that Hiller et al. (2011) explicitly mention that the weight gains achieved in the feeding experiments were unusually high.

Der Klammerausdruck beschreibt den geschlechtsabhängigen Zuwachs eines Referenztieres nach GfE (2000, Tabelle 2.3.1), während der Faktor  $r_g$  die Abweichung des Endgewichtes von einem Referenz-Endgewicht beschreibt (siehe Haenel und Dämmgen, 2009a). Damit wird der züchterische Fortschritt berücksichtigt, der ständig steigende tägliche Gewichtszunahmen mit sich bringt. Figure 9.3 illustriert die Ableitung von  $r_g$ . Sie beruht auf Daten von Anonymus (1997), Anonymus (2001b), Anonymus (2007d), Anonymus (2009), Damme (1994, 1995, 1996), Damme und Rychlik (2001), Klein (1991a, 1991b), Poteracki (1991, 1994, 1995, 1996), Poteracki und Adam (1993a, 1993b), Poteracki et al. (1994), Simon (2001), Simon und Stegemann (2005), Simon und Stegemann (2007), Simon und Stegemann (2009), und Halle und Tzschentke (2009). Table 9.11 zeigt  $r_g$  für die Jahre ab 1990. Die in Figure 9.3 für die Jahre 2010 und 2011 gezeigten Datenpunkte, die auf Damme und Lemme (2010) sowie Hiller et al. (2011) zurückgehen, wurden in die Regressionsberechnung nicht einbezogen, da das Ergebnis des Jahres 2010 der Regression nicht widerspricht und die Ergebnisse für 2011 nach den Versuchsergebnissen als nicht repräsentativ angesehen werden müssen. So wird z. B. in Hiller et al. (2011) ausdrücklich darauf verwiesen, dass das bei den berichteten Mastversuchen erzielte Leistungsniveau außergewöhnlich hoch war.

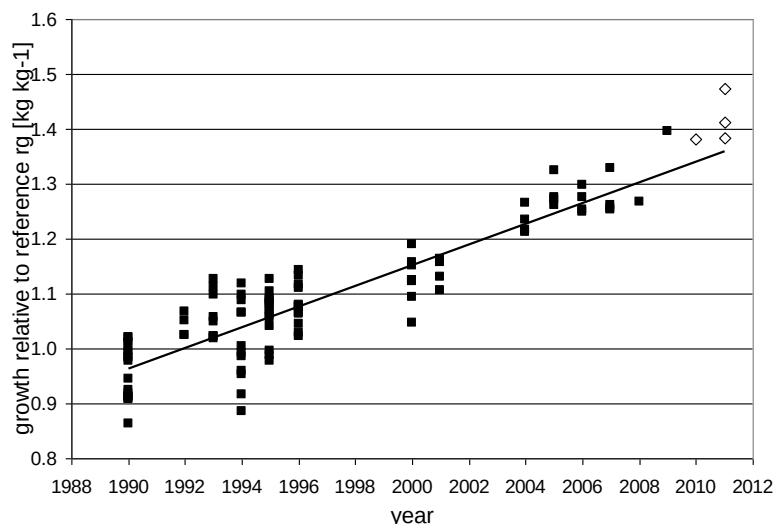


Figure 9.3: Broilers, growth relative to reference ( $r_g$ , solid trend line,  $R^2 = 0.81$ , based on data for 1990 – 2009). Data points are results from breeding and feed composition contests, normalised by growth data from reference cocks and hens. For discussion and contest data references see text.

Table 9.11: Broilers, growth rate relative to reference, according to linear trend in Figure 9.3 ( $r_g$ , in  $\text{kg kg}^{-1}$ ) (The values for 2010 and 2011 have been obtained by extrapolation.)

| 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.963 | 0.982 | 1.001 | 1.020 | 1.038 | 1.057 | 1.076 | 1.095 | 1.114 | 1.133 |
| 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  |
| 1.152 | 1.171 | 1.190 | 1.208 | 1.227 | 1.246 | 1.265 | 1.284 | 1.303 | 1.322 |
| 2010  | 2011  |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.341 | 1.360 |       |       |       |       |       |       |       |       |

The duration of the fattening period is given by  $k_{\text{fin}}$ . It is not monitored by the official statistics, but can be calculated as national mean over all fattening systems, see Chapter 9.4.2.4.

Die Mastdauer ist durch  $k_{\text{fin}}$  gegeben. Sie wird durch die Officialstatistik nicht erhoben, kann aber als nationaler Mittelwert über alle Mastverfahren berechnet werden, siehe Kapitel 9.4.2.4.

#### 9.4.2.3 National total of gross broiler meat production / Brutto-Hähnchenfleischproduktion

The main input entity for the emission calculations is the gross broiler meat production  $\Sigma w_{\text{BMP, gross}}$ . This entity is not surveyed by German official statistics. However, data is available for each year as national totals (ZMP “Eier und Geflügel”, annual reports; data from 2005 onwards are taken from MEG „Eier und Geflügel”, annual reports). The estimates are based on national data provided by German statistics on the net production of broilers (they include the production in minor slaughter houses) as well as on import and export of broilers. Official German statistics mainly agree with the broiler production data provided by ZMP/MEG/AMI for 2006 and the years before while in subsequent years the the broiler production data provided by ZMP/MEG/AMI is likely to significantly underestimate the actual development. Therefore an agreement was reached with the German Statistical Agency to establish a time series of national gross broiler production as follows: The estimates of ZMP for the years 1990 to 1999 were used without alterations.

Die zur Berechnung der Emissionen benötigten Brutto-Hähnchenfleischproduktion  $\Sigma w_{\text{BMP, gross}}$  wird durch die deutsche Officialstatistik nicht erhoben. Es liegen jedoch jährliche Schätzungen auf nationaler Ebene vor (ZMP “Eier und Geflügel”, jährliche Reihe; für die Daten ab 2005 MEG/AMI „Eier und Geflügel”, jährliche Reihe). Die Schätzungen beruhen auf nationalen Daten des Statistischen Bundesamtes zur Netto-Eigenerzeugung von Jungmasthühnern (incl. einer Zuschätzung für die Netto-Erzeugung in kleinen Schlachtbetrieben) sowie der Ein- und Ausfuhr von Jungmasthühnern. Das Statistische Bundesamt schätzt die ZMP/MEG/AMI-Werte der Brutto-Hähnchenfleischproduktion bis 2006 einschließlich als realistisch ein, während die Werte in den Jahren danach die tatsächliche Entwicklung deutlich unterschätzen würden. Daher wurde mit dem Statistischen Bundesamt folgendes Konzept zur Erstellung einer Zeitreihe der nationalen Brutto-Hähnchenfleischproduktion vereinbart: Die Schätzwerte von ZMP werden für die Jahre 1990 bis 1999 direkt verwendet.

For the time after 1999, a methodology to estimate gross broiler meat production was developed that fits the time series from 1990 to 1999 and is able to reproduce the subsequent time series until 2006 that was provided by ZMP/MEG as best as possible. Table 9.12 shows the resulting total time series of gross broiler meat production used for establishment of the inventory.

Für die Zeit danach wurde mit dem Statistischen Bundesamt ein eigenes Schätzverfahren entwickelt, das nahtlos an die ZMP-Werte 1990 bis 1999 anschließt und die noch als verlässlich eingestuften ZMP/MEG-Werte bis 2006 bestmöglich reproduziert. Table 9.12 zeigt die resultierende, in der Emissionsberechnung verwendete Zeitreihe der Brutto-Hähnchenfleischproduktion.

Table 9.12: Broilers, national total of German broiler meat production (in Mg a<sup>-1</sup>)  
(For data sources see text.)

|             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>1990</b> | <b>1991</b> | <b>1992</b> | <b>1993</b> | <b>1994</b> | <b>1995</b> | <b>1996</b> | <b>1997</b> | <b>1998</b> | <b>1999</b> |
| 317.0       | 322.7       | 344.3       | 348.7       | 364.5       | 360.8       | 387.9       | 402.8       | 444.4       | 460.2       |
| <b>2000</b> | <b>2001</b> | <b>2002</b> | <b>2003</b> | <b>2004</b> | <b>2005</b> | <b>2006</b> | <b>2007</b> | <b>2008</b> | <b>2009</b> |
| 535.3       | 562.0       | 571.9       | 618.5       | 702.7       | 740.9       | 749.2       | 826.6       | 881.3       | 956.7       |
| <b>2010</b> | <b>2011</b> |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 1065.7      | 1146.3      |             |             |             |             |             |             |             |             |

#### 9.4.2.4 Duration of fattening period / Mastdauer

Official statistics do not report durations of broiler fattening periods.

Hence, Haenel and Dämmgen (2009b) developed a modelling approach to derive a national mean of fattening period duration. The only model input required is the carcass weight per place and year. This approach incorporates a parameterization of the service period which is based on the duration of the fattening period (using data provided by KTBL, 2004) and allows for service periods of up to two weeks and longer. In contrast to that, expert judgement says that nowadays service periods are only 1 day up to a maximum of 5 days (personal communication Dr. Ralf Kosch, Big Dutchman/Vechta, 10 February 2010). Hence, the model of Haenel und Dämmgen (2009b) was reconstructed to use an externally prescribed service period instead of an internally calculated value. For the new model version the fattening period parameter annually  $k_{fin}$  which is to be calculated annually is given by (index of the year is skipped for sake of clarity):

Die Officialstatistik berichtet nicht über Hähnchenmastdauern.

Haenel und Dämmgen (2009b) entwickelten daher einen Modellansatz zur Ableitung eines nationalen Mastdauer-mittelwertes als Funktion des Gewichtes nach Schlachtung. Dieser Ansatz beinhaltet eine von der Mastdauer abhängige Parameterisierung der Reinigungsdauer, die – aufbauend u. a. auf Daten von KTBL (2004) Werte von bis zu zwei Wochen und länger ermöglicht. Im Gegensatz dazu liegen nach Experteneinschätzung (persönliche Mitteilung Dr. Ralf Kosch, Big Dutchman/Vechta, 10.02.2010) die Reinigungsdauern heutzutage bei 1 bis maximal 5 Tagen. Daher wurde für das vorliegende Inventar das Modell von Haenel und Dämmgen (2009b) unter Verzicht auf die o. g. Parameterisierung der Reinigungsdauer neu abgeleitet. Es ergibt sich daraus für den jährlich zu berechnenden Mastdauer-Parameter  $k_{fin}$  (Jahresindex der Übersichtlichkeit halber weggelassen):

$$k_{fin} = -\left(\frac{p}{2q}\right) + \sqrt{\frac{s}{q} + \left(\frac{p}{2q}\right)^2} \quad (9.14)$$

where  $k_{fin}$  dimension-less mean duration of fattening period (number of days)

and

$$p = a_c \cdot r_g \cdot b_g + 2 \cdot b_c \cdot r_g \cdot b_g \cdot w_{start} + 2 \cdot b_c \cdot r_g^2 \cdot a_g \cdot b_g - \gamma \cdot \tau_{day} \quad (9.15)$$

$$q = b_c \cdot r_g^2 \cdot b_g^2 \quad (9.16)$$

$$s = \gamma \cdot \tau_s - a_c \cdot w_{start} - a_c \cdot r_g \cdot a_g - b_c \cdot w_{start}^2 - 2 \cdot b_c \cdot r_g \cdot a_g \cdot w_{start} - b_c \cdot r_g^2 \cdot a_g^2 \quad (9.17)$$

$$a_g = 0.5 \cdot (a_{g,male} + a_{g,female}) \quad (9.18)$$

$$b_g = 0.5 \cdot (b_{g,male} + b_{g,female}) \quad (9.19)$$

$$\gamma = \frac{\beta \cdot \Sigma w_{\text{BMP, gross}}}{\alpha \cdot n_{\text{br}}} \quad (9.20)$$

|      |                                |                                                                                                         |
|------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| with | $r_g$                          | growth relative to reference (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.2                             |
|      | $a_c$                          | constant ( $a_c = 0.617494$ kg animal <sup>-1</sup> ), see Haenel and Dämmgen (2009a)                   |
|      | $b_c$                          | constant ( $b_c = 0.039585$ kg kg <sup>-1</sup> ), see Haenel and Dämmgen (2009a)                       |
|      | $w_{\text{start}}$             | animal start weight (in kg animal <sup>-1</sup> ), see Haenel and Dämmgen (2009a)                       |
|      | $\tau_{\text{day}}$            | unit time period (in d ro <sup>-1</sup> )                                                               |
|      | $\tau_s$                       | mean duration of service period (cleansing time) (in d ro <sup>-1</sup> )                               |
|      | $a_{g, \text{male}}$           | constant ( $a_{g, \text{male}} = -1010.7 \cdot 10^{-3}$ kg animal <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.2  |
|      | $a_{g, \text{female}}$         | constant ( $a_{g, \text{female}} = -645.3 \cdot 10^{-3}$ kg animal <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.2 |
|      | $b_{g, \text{male}}$           | constant ( $b_{g, \text{male}} = 78.343 \cdot 10^{-3}$ kg animal <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.2   |
|      | $b_{g, \text{female}}$         | constant ( $b_{g, \text{female}} = 61.586 \cdot 10^{-3}$ kg animal <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.2 |
|      | $\beta$                        | mass conversion factor ( $\beta = 10^3$ kg Mg <sup>-1</sup> )                                           |
|      | $\Sigma w_{\text{BMP, gross}}$ | German total of broiler meat production (carcass weights) (in Mg a <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.3 |
|      | $\alpha$                       | time unit conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )                                        |
|      | $n_{\text{br}}$                | total number of German broiler breeding places (for breeding place numbers see Chapter 9.4.1)           |

As mentioned above, the new model requires an externally prescribed service period. If the service periods calculated by the former model are used, the fattening period durations calculated by new model are identical to those calculated with the former model. This can be considered a validation of the new model.

Bei diesem neuen Modell ist die Reinigungsdauer vorzugeben. Werden dazu die vom ursprünglichen Modell von Haenel und Dämmgen (2009b) berechneten Reinigungsdauern verwendet, liefert das neue Modell Mastdauern, die mit den vom ursprünglichen Modell berechneten identisch sind. Damit kann das neue Modell als validiert gelten.

#### 9.4.2.5 Duration of the service period / Reinigungsdauer

For the inventory it was necessary to construct a smooth transition between the formerly long service periods and the shorter periods used nowadays. According to the literature (KTBL, 2004) used in the former model it is assumed that the longer service periods were used until the end of the 1990ies. From then on the transition shall take place. For this purpose, the duration of the service period is calculated until 1999 with the former model (see Haenel and Dämmgen, 2009a), and the value for 2009 was adjusted with the new model (see Chapter 9.4.2.4) to 2.3 days per round. This adjustment was based on the requirement that the mean duration of the fattening period reported for 2007/2008 by Streitz (2008), i. e. 37.7 days, was reproduced by the new model. Then for the years 2008 to 2008 a linear, year-dependent transition, was established:

Für das Inventar ist ein Übergang zwischen den früher üblichen großen Reinigungsdauern und der aktuellen niedrigeren Werten zu konstruieren. Entsprechend der in die alte Berechnungsmethode eingegangenen Literatur (KTBL, 2004) wird davon ausgegangen, dass die alte Methode bis Ende der 1990er Jahre Gültigkeit besitzt. Danach soll ein schrittweiser Übergang zum neuen niedrigeren Wert erfolgen. Dazu werden die Daten der Reinigungsdauer bis 1999 mit dem alten Mastdauer-Modell (siehe Haenel und Dämmgen, 2009a) berechnet, der Wert für 2009 wurde mit dem neuen Mastdauer-Modell (siehe Kapitel 9.4.2.4) so justiert (2,3 Tage pro Durchgang), dass für 2007/2008 die von Streitz (2008) berichtete mittlere Mastdauer von 37,7 Tagen erreicht wird. Für die Jahre 2000 bis 2008 einschließlich erfolgt ein jahresabhängig gewichteter Übergang:

$$\tau_{s,j} = (1 - f_{s,j}) \cdot \tau_{s,j, \text{old}} + f_{s,j} \cdot \tau_{s,2009} \quad (9.21)$$

where

|                          |                                                                                                                                         |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\tau_{s,j}$             | mean duration of service period in year j (cleansing time) (in d ro <sup>-1</sup> )                                                     |
| j                        | year (2000 ≤ j ≤ 2008)                                                                                                                  |
| $\tau_{s,j, \text{old}}$ | mean duration of service period in year j, calculated by the old model according to Haenel and Dämmgen (2009b) (in d ro <sup>-1</sup> ) |
| $\tau_{s,j, 2009}$       | mean duration of service period defined for 2009 (see text) (in d ro <sup>-1</sup> )                                                    |

and

$$f_{s,j} = 0.1 \cdot (j - 1999) \quad (9.22)$$

with

|           |                                                         |
|-----------|---------------------------------------------------------|
| $f_{s,j}$ | year-dependent weighting factor (0.1 ≤ $f_{s,j}$ ≤ 0.9) |
| j         | year (2000 ≤ j ≤ 2008)                                  |

Eventually, the inventory calculations are based on the time series of the national mean of the service period duration as provided below:

Damit liegt dem Inventar die folgende Zeitreihe des nationalen Mittelwertes der Reinigungsdauer zugrunde:

Table 9.13: Broilers, duration of cleansing period  $\tau_{\text{service}}$  (in d ro<sup>-1</sup>)

|                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <b>1990</b><br>16.4 | <b>1991</b><br>16.0 | <b>1992</b><br>16.5 | <b>1993</b><br>15.1 | <b>1994</b><br>14.3 | <b>1995</b><br>11.1 | <b>1996</b><br>12.5 | <b>1997</b><br>10.9 | <b>1998</b><br>13.0 | <b>1999</b><br>11.7 |
| <b>2000</b><br>14.5 | <b>2001</b><br>13.3 | <b>2002</b><br>11.5 | <b>2003</b><br>10.6 | <b>2004</b><br>9.8  | <b>2005</b><br>8.4  | <b>2006</b><br>6.8  | <b>2007</b><br>5.4  | <b>2008</b><br>3.8  | <b>2009</b><br>2.3  |
| <b>2010</b><br>2.3  | <b>2011</b><br>2.3  |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |

From 2010 onwards the mean duration of the service period is assumed to be 2.3 days per production cycle.

Ab 2010 wird die mittlere Reinigungsdauer konstant mit 2,3 Tagen pro Mastdurchgang angesetzt.

9.4.2.6      *Number of production cycles per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr*

The number of animal rounds  $n_{\text{round}}$  per year is a result of the fattening and cleansing period:

Die Anzahl der Mastdurchgänge  $n_{\text{round}}$  pro Jahr ergibt sich aus der Mastdauer und der Reinigungszeit:

$$n_{\text{round}} = \frac{\alpha}{k_{\text{fin}} \cdot \tau_{\text{day}} + \tau_{\text{s}}} \quad (9.23)$$

where

|                     |                                                                                        |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| $n_{\text{round}}$  | number of animal rounds (in cy = an pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                 |
| $k_{\text{fin}}$    | dimension-less mean duration of fattening period (number of days), see Chapter 9.4.2.4 |
| $\tau_{\text{day}}$ | unit time period (in d ro <sup>-1</sup> )                                              |
| $\tau_{\text{s}}$   | duration of cleansing period (in d ro <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.5             |

9.4.3      *Energy requirements / Energiebedarf*

9.4.3.1      *Metabolisable energy / Umsetzbare Energie*

The overall requirements of daily metabolisable energy requirements per place (averaged over all days of one round) are given by the following relation:

Für den über alle Tage eines Durchganges (einschließlich der Reinigungszeit) gemittelte Tagesbedarf an metabolisierbarer Energie pro Tierplatz gilt:

$$ME_{\text{br}} = ME_{\text{m}} + ME_{\text{g}} \quad (9.24)$$

where

|                  |                                                                                                 |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_{\text{br}}$ | daily requirements of metabolisable energy (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)          |
| $ME_{\text{m}}$  | daily metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME) |
| $ME_{\text{g}}$  | daily metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)      |

In contrast to the treatment of laying hens, the equation to describe ME does not contain a term to describe the energy required to obtain food. Such a share is not mentioned explicitly in the literature. It is assumed that the amount is part of the reported  $ME_{\text{m}}$  data.

Anders als bei Legehennen enthält die ME-Gleichung keinen Energieaufwand zur Futtersuche. Ein solcher Anteil wird in der verfügbaren Literatur nicht gesondert ausgewiesen. Es wird angenommen, dass er in den berichteten  $ME_{\text{m}}$ -Daten enthalten ist.



### 9.4.3.2 Metabolisable energy required for maintenance / Erhaltungsenergie

The energy balances of male and female broilers differ from one another. This is accounted by using the share of males,  $x_{\text{male}}$ , in the overall population. Official data for this share are missing. A ratio  $x_{\text{male}}$  of 0.5 is used in accordance with animal performance and feed composition contests (Haenel and Dämmgen, 2009a).

Masthähnchen und –hühnchen weichen in ihrem Energiehaushalt voneinander ab. Mit Hilfe des relativen Anteils der männlichen Broiler an der Gesamtpopulation,  $x_{\text{male}}$ , werden die beiden Geschlechter formal getrennt berücksichtigt. Mangels offizieller Daten wird  $x_{\text{male}}$  unter Bezug auf Zuchttier- und Futtermittelprüfungen mit 0,5 angesetzt (Haenel und Dämmgen, 2009a).

$$ME_m = x_{\text{male}} \cdot ME_{m, \text{male}} + (1 - x_{\text{male}}) \cdot ME_{m, \text{female}} \quad (9.25)$$

where

|                         |                                                                                                            |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_m$                  | daily metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)            |
| $x_{\text{male}}$       | fraction of males with respect to total broiler population (in pl pl <sup>-1</sup> )                       |
| $ME_{m, \text{male}}$   | daily metabolisable energy required for maintenance by males (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)   |
| $ME_{m, \text{female}}$ | daily metabolisable energy required for maintenance by females (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME) |

with

$$ME_{m, i} = \eta_{ME, m} \cdot \frac{\Sigma W_i}{\tau_{\text{round}}} \quad (9.26)$$

where

|                       |                                                                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $i$                   | $i = \text{male, female}$                                                                                         |
| $ME_{m, i}$           | daily metabolisable energy required for maintenance by gender I (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)       |
| $\eta_{ME, m}$        | specific metabolisable energy required for daily maintenance (see below)                                          |
| $\Sigma W_i$          | cumulative metabolic weight (in kg d an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> = kg d pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ) |
| $\tau_{\text{round}}$ | duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> )                                                             |

In accordance with GfE (2000, equation 1.3.11), the specific metabolisable energy required for daily maintenance for laying hens is used by analogy ( $\eta_{ME, m} = 0.48$  MJ kg<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ME).

The gender-dependent cumulative metabolic weight  $\Sigma W_i$  ( $i = \text{male, female}$ ) is defined by Equation (9.26). The calculation is performed according to the approach used for layers (see Chapter 9.3.3.2):

Die spezifische metabolisierbare Energie  $\eta_{ME, m}$  wird nach GfE (2000, Gleichung 1.3.11) in Analogie zu Legehennen mit 0,48 MJ kg<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ME angesetzt.

Das geschlechtsabhängige kumulative metabolische Gewicht  $\Sigma W_i$  ( $i = \text{männlich, weiblich}$ ) ist definiert nach Gleichung (9.26). Die Berechnung entspricht formal der für Legehennen, siehe Kapitel 9.3.3.2:

$$\Sigma W_i = w_{m, \text{ref}} \cdot \left[ \tau_{\text{char, br, i}} \cdot \left( \frac{w_{\text{start}}}{w_{\text{ref}}} \right)^{0.75} + (\tau_{\text{lifespan}} - \tau_{\text{char, br, i}}) \cdot \left( \frac{w_{\text{fin, i}}}{w_{\text{ref}}} \right)^{0.75} \right] \quad (9.27)$$

where

|                             |                                                                                                                   |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Sigma W_i$                | cumulative metabolic weight (in kg d an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> = kg d pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ) |
| $w_{m, \text{ref}}$         | reference weight ( $w_{m, \text{ref}} = 1$ kg an <sup>-1</sup> )                                                  |
| $\tau_{\text{char, br, i}}$ | characteristic time scale of growth for $i = \text{male, female}$ (d ro <sup>-1</sup> )                           |
| $w_{\text{start}}$          | animal weight at the beginning of the round (in kg an <sup>-1</sup> )                                             |
| $\tau_{\text{lifespan}}$    | lifespan of laying hens (in d ro <sup>-1</sup> )                                                                  |
| $w_{\text{fin, i}}$         | animal weight at the end of the round for $i = \text{male, female}$ (in kg an <sup>-1</sup> )                     |

The characteristic time parameter  $\tau_{\text{char, br, i}}$  is calculated as function of lifespan (cf. Haenel and Dämmgen, 2009a):

Der charakteristische Zeitparameter  $\tau_{\text{char, br, i}}$  ist nach Haenel und Dämmgen (2009a) als Funktion der Mastdauer zu berechnen:

$$\tau_{\text{char, br, i}} = a_{\tau, i} + b_{\tau, i} \cdot k_{\text{fin}} + c_{\tau, i} \cdot k_{\text{fin}}^2 \quad (9.28)$$

where

|                  |                                                                                                                                |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $i$              | gender index ( $i = \text{male, female}$ )                                                                                     |
| $k_{\text{fin}}$ | number of final day of fattening period                                                                                        |
| $a_{\tau, i}$    | constant ( $a_{\tau, \text{male}} = -1.419952$ d ro <sup>-1</sup> , $a_{\tau, \text{female}} = -1.502001$ d ro <sup>-1</sup> ) |
| $b_{\tau, i}$    | constant ( $b_{\tau, \text{male}} = 0.689000$ d ro <sup>-1</sup> , $b_{\tau, \text{female}} = 0.713653$ d ro <sup>-1</sup> )   |
| $c_{\tau, i}$    | constant ( $c_{\tau, \text{male}} = -0.002281$ d ro <sup>-1</sup> , $c_{\tau, \text{female}} = -0.003068$ d ro <sup>-1</sup> ) |

#### 9.4.3.3 Metabolisable energy required for growth / Energiebedarf für Wachstum

The mean requirements can be derived from the respective gender-specific metabolisable energies:

Der mittlere ME-Bedarf ergibt sich aus den geschlechtsabhängigen Anteilen:

$$ME_g = x_{\text{male}} \cdot ME_{g, \text{male}} + (1 - x_{\text{male}}) \cdot ME_{g, \text{female}} \quad (9.29)$$

where

|                         |                                                                                                       |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_g$                  | daily metabolisable energy required for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)            |
| $x_{\text{male}}$       | fraction of males with respect to total broiler population (in pl pl <sup>-1</sup> )                  |
| $ME_{g, \text{male}}$   | daily metabolisable energy required for growth by males (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)   |
| $ME_{g, \text{female}}$ | daily metabolisable energy required for growth by females (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME) |

with

$$ME_{g, i} = \eta_{ME, g, i} \cdot \frac{\Delta w_{\text{round}, i}}{\tau_{\text{round}}} \quad (9.30)$$

where

|                              |                                                                                                                           |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_{g, i}$                  | daily metabolisable energy required for growth, i = male, female (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)              |
| $\eta_{ME, g, i}$            | specific metabolisable energy required for growth, i = male, female (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)                           |
| $\Delta w_{\text{round}, i}$ | animal weight gain per place and round, i = male, female (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ) |
| $\tau_{\text{round}}$        | duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> )                                                                     |

The specific energy requirements  $\eta_{ME, g, i}$  depend on the duration of the fattening period (Haenel and Dämmgen, 2009a):

Der spezifische Energiebedarf  $\eta_{ME, g, i}$  kann als Funktion der Mastdauer berechnet werden (Haenel und Dämmgen, 2009a):

$$\eta_{ME, g, i} = a_{\eta, i} + b_{\eta, i} \cdot k_{\text{fin}} + c_{\eta, i} \cdot k_{\text{fin}}^2 \quad (9.31)$$

where

|                   |                                                                                                                                 |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\eta_{ME, g, i}$ | specific metabolisable energy required for growth, i = male, female (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)                                 |
| $k_{\text{fin}}$  | number of final day of fattening period                                                                                         |
| $a_{\eta, i}$     | constant ( $a_{\eta, \text{male}} = 11.253984 \text{ MJ kg}^{-1}$ , $a_{\eta, \text{female}} = 11.2224501 \text{ MJ kg}^{-1}$ ) |
| $b_{\eta, i}$     | constant ( $b_{\eta, \text{male}} = 0.204377 \text{ MJ kg}^{-1}$ , $b_{\eta, \text{female}} = 0.214422 \text{ MJ kg}^{-1}$ )    |
| $c_{\eta, i}$     | constant ( $c_{\eta, \text{male}} = -0.001865 \text{ MJ kg}^{-1}$ , $c_{\eta, \text{female}} = -0.001704 \text{ MJ kg}^{-1}$ )  |

The analysis of various time series of contests (breeding animal performance contests, feed conversion contests, see Haenel and Dämmgen 2009a) showed deviations of -15.8 to + 7.4 % from metabolisable energy requirements calculated according to the GfE (2000) equations given above. New broiler lines with improved feed exploitation (Simon and Stegemann, 2007) will have energy requirements consistently lower than those given by the GfE (2000) approach. At the time being, lack of data inhibits adequate modelling of this effect.

Die Auswertung einer Reihe von Zucht- und Futterwertleistungsprüfungen (Haenel und Dämmgen, 2009a) erbrachte Abweichungen der aufgenommenen metabolisierbaren Energie vom oben beschriebenen GfE (2000)-Ansatz zwischen -15,8 % und +7,4 %. Für neue Hähnchenlinien mit verbesserter Futterverwertung (Simon und Stegemann, 2007) wird mit einer dauerhaften Unterschreitung des durch GfE (2000) gegebenen Energiebedarfs zu rechnen sein. Eine Modellierung ist mangels geeigneter Daten bisher nicht möglich.

#### 9.4.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

In general, broiler feeding is split up in three phases. A special feed for chicks is given normally until day 11, followed by the fattening feed, which is replaced by a special feed about four to five days before slaughtering. The first-phase feed has a lesser ME content and a higher content of crude protein (XP) than the feed within the subsequent two phases. The latter differ only slightly from each other with respect to ME and XP contents.

Die Fütterung ist im Allgemeinen dreiphasig. Das Kükenfutter wird meist bis zum 11. Tag verabreicht, danach folgt das Mastfutter, und ca. vier bis fünf Tage vor dem Schlachtermin wird die Fütterung auf Absetzfutter umgestellt. In der Anfangsphase sind ME- und einen Rohprotein (XP)-Gehalt niedriger als in den nachfolgenden beiden Phasen, die sich bzgl. ME- und XP-Gehalt i. d. R. kaum voneinander unterscheiden.

As the duration of the fattening period and the animal performances have been varying and the feed composition has varied to some extent, it has been impossible to establish national and representative time series of mean feed properties. Data originating from breeding performance and feed quality contests offered some guidance (cf. Haenel und Dämmgen, 2009a) which resulted in the time series of the raw protein content in fresh matter  $x_{XP}$  as declared by feed producers (see Table 9.14). The XP content for 2007 can be assumed to be representative also for the subsequent years (cf. Halle und Tzschenke, 2009; Simon und Stegemann, 2009; Damme und Lemme, 2010; Hiller et al., 2011).

Dividing the raw protein content by 6.25 yields the N content.

Haenel und Dämmgen (2009a) give also a short discussion of the raw protein content of N reduced feed. However, no information is available on the frequencies of N reduced feed usage. Hence, the N excretion calculations for the inventory are based on the assumption of a nationwide used “normal” feed composition.

Wegen variierender Mastdauer, unterschiedlichem Leistungsverhalten der Tiere und gewisser Toleranzen in der Futtermittelproduktion ist es prinzipiell unmöglich, bundesweit repräsentative Jahresmittelwerte für Futtereigenschaften zu ermitteln. Zucht- und Futtermittelprüfungen erlauben jedoch die Ableitung von Richtwerten (Haenel und Dämmgen, 2009a). Table 9.14 zeigt die resultierende Zeitreihe der Rohproteingehalte  $x_{XP}$  in der Frischmasse, wie sie von den Futtermittelherstellern deklariert wurden. Der XP-Gehalt von 2007 kann auch für die nachfolgenden Jahre als repräsentativ angesehen werden (vgl. Halle und Tzschenke, 2009; Simon und Stegemann, 2009; Damme und Lemme, 2010; Hiller et al., 2011).

Division von XP durch 6,25 ergibt den N-Gehalt.

In Haenel und Dämmgen (2009a) findet sich auch eine kurze Diskussion des Rohproteingehaltes von N-reduziertem Futter. Informationen zur Verbreitung von N-angepasster Fütterung sind allerdings nicht verfügbar. Daher erfolgen die Ausscheidungsberechnungen für das Inventar durchgängig mit nicht N-reduziertem Futter.

Table 9.14: Broilers, time series of raw protein content in feed  $x_{XP}$  (kg kg<sup>-1</sup>), related to fresh matter

|             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>1990</b> | <b>1991</b> | <b>1992</b> | <b>1993</b> | <b>1994</b> | <b>1995</b> | <b>1996</b> | <b>1997</b> | <b>1998</b> | <b>1999</b> |
| 0.230       | 0.230       | 0.230       | 0.230       | 0.230       | 0.230       | 0.230       | 0.230       | 0.230       | 0.220       |
| <b>2000</b> | <b>2001</b> | <b>2002</b> | <b>2003</b> | <b>2004</b> | <b>2005</b> | <b>2006</b> | <b>2007</b> | <b>2008</b> | <b>2009</b> |
| 0.220       | 0.220       | 0.220       | 0.210       | 0.210       | 0.210       | 0.205       | 0.205       | 0.205       | 0.205       |
| <b>2010</b> | <b>2011</b> |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 0.205       | 0.205       |             |             |             |             |             |             |             |             |

Sources: see text.

According to Haenel und Dämmgen (2009a) a ME content  $\eta_{ME, feed} = 13$  MJ (kg fresh matter)<sup>-1</sup> is used for the entire time series from 1990 to 2007. The ME content for 2007 can be assumed to be representative also for the subsequent years (cf. Halle und Tzschenke, 2009; Simon und Stegemann, 2009; Damme und Lemme, 2010; Hiller et al., 2011).

No data are available for the digestibility of energy  $X_{DE, br}$ . Hence, the value used for pullets is used instead ( $X_{DE, br} = 0.779$  MJ MJ<sup>-1</sup>).

The digestibility of organic matter  $X_{DOM, br}$  is likewise not known. It is replaced by  $X_{DE, br}$ . Due to the fact that the digestibility of energy is somewhat lower than of organic matter this assumption leads to a slight overestimation of CH<sub>4</sub> emissions from manure management.

The ash content of feed amounts 6,5 % related to fresh matter (RHG, 2006). On the basis of the typical dry matter content  $x_{DM}$  of 88 % the ash content of feed is 7,4 % related to dry matter.

Due to lack of information, feed properties are assumed to be constant with time and space.

No data are required for the metabolizability as for poultry there is no need to calculate the gross energy intake GE. (There is no calculation of CH<sub>4</sub> from enteric fermentation, and CH<sub>4</sub> from manure management is calculated from the amount of feed intake, see Chapter 3.3.3.1)

Der ME-Gehalt  $\eta_{ME, feed}$  wird nach Haenel und Dämmgen (2009a) konstant für alle Jahre ab 1990 bis 2007 mit 13 MJ (kg Frischmasse)<sup>-1</sup> angesetzt. Der ME-Gehalt von 2007 kann auch für die nachfolgenden Jahre als repräsentativ angesehen werden (vgl. Halle und Tzschenke, 2009; Simon und Stegemann, 2009; Damme und Lemme, 2010; Hiller et al., 2011).

Für die Verdaulichkeit von Energie  $X_{DE, br}$  konnten keine Daten ermittelt werden, weshalb der Junghennen-Wert 0,779 MJ MJ<sup>-1</sup> verwendet wird.

Die Verdaulichkeit von organischer Substanz  $X_{DOM, br}$  ist ebenfalls nicht bekannt. Sie wird durch  $X_{DE, br}$  ersetzt. Da die Verdaulichkeit von Energie etwas niedriger als die von organischer Substanz ist, bewirkt diese Annahme eine leichte Überschätzung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Der Aschegehalt des Futters beträgt nach RHG (2006) 6,5 % bezogen auf Frischmasse. Bezogen auf einen typischen Trockenmassegehalt  $x_{DM}$  von 88 % entspricht dies 7,4 %.

Mangels besserer Informationen werden die Futterkennwerte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

Die Umsetzbarkeit wird nicht benötigt, da bei Geflügel die Notwendigkeit zur Berechnung der Gesamtenergieaufnahme GE entfällt. (Es wird kein CH<sub>4</sub> aus der Verdauung berechnet, und CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird mit Hilfe der aufgenommenen Futtermenge berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.)

The daily feed intake (fresh matter) per place is calculated as follows (average over all days of a production cycle):

$$m_{F, FM} = \frac{ME_{br}}{\eta_{ME, feed}} \quad (9.32)$$

where

|                   |                                                                                                      |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{F, FM}$       | daily feed intake, fresh matter (in kg d <sup>-1</sup> pl <sup>-1</sup> FM)                          |
| $ME_{br}$         | requirements of metabolisable energy (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.3.1  |
| $\eta_{ME, feed}$ | content of metabolisable energy in feed, related to fresh matter (MJ kg <sup>-1</sup> ME), see above |

This leads to the daily intake of dry matter (average over all days of a production cycle):

$$m_{F, DM} = x_{DM} \cdot m_{F, FM} \quad (9.33)$$

where

|             |                                                                             |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| $m_{F, DM}$ | daily feed intake, dry matter (in kg d <sup>-1</sup> pl <sup>-1</sup> DM)   |
| $m_{F, FM}$ | daily feed intake, fresh matter (in kg d <sup>-1</sup> pl <sup>-1</sup> FM) |
| $x_{DM}$    | dry matter content of feed (kg kg <sup>-1</sup> ), see above                |

The inventory does not calculate the amount of gross energy GE as is not needed for the VS calculation method used in the present inventory.

Die tägliche Futteraufnahme (Frischmasse) pro Tierplatz berechnet sich wie folgt (Mittelwert über alle Tage eines Durchgangs):

Daraus ergibt sich die tägliche Trockenmasseaufnahme (Mittelwert über alle Tage eines Durchgangs):

#### 9.4.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

#### 9.4.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

For the required data see Chapter 9.3.4.

The manure of broilers is stored as solid.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factor  $MCF$  are 0,36 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> and 0.015 kg kg<sup>-1</sup> C respectively. (IPCC 1996 does not differentiate between various species among poultry.)

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Für die dafür erforderlichen Daten siehe Kapitel 9.4.4.

Der Mist von Masthähnchen und -hühnchen wird trocken gelagert.

Nach IPCC(2006)-10.82 betragen die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  0,36 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> und der Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für alle in Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen 0,015 kg kg<sup>-1</sup> C. (In IPCC(1996) finden sich keine nach Geflügelart differenzierten Angaben.)

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 9.4.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

##### 9.4.7.1 N excretion / N-Ausscheidung

N excretions are calculated as a function of performance and feed properties.

Mass conservation allows the determination of the amount of N excreted annually as the difference between N intakes with feed and N used for growth:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (9.34)$$

where

|                   |                                                                                    |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{excr}}$ | amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)             |
| $m_{\text{feed}}$ | amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)     |
| $m_{\text{g}}$    | amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |

The calculation of the amount of UAN excreted (which is a share of the amount of N excreted) is based on the digestibility of raw protein  $X_{\text{XP}}$ :

$$UAN_{\text{excr}} = X_{\text{XP}} \cdot m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (9.35)$$

where

|                     |                                                                                    |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| $UAN_{\text{excr}}$ | amount of UAN excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                  |
| $X_{\text{XP}}$     | crude protein digestibility $X_{\text{XP}}$ (in kg kg <sup>-1</sup> )              |
| $m_{\text{feed}}$   | amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)     |
| $m_{\text{g}}$      | amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |

As  $X_{\text{XP}}$  is not available, the digestibility of energy  $X_{\text{DE}}$  is used. It is assumed that it can be adopted from pullets (see Chapter 9.5.7.1) as, at the time being, no data is available for broilers.

Die Ausscheidungen werden in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung berechnet.

Unter Berücksichtigung der Massenerhaltung ergibt sich die Menge der jährlichen N-Ausscheidungen pro Tierplatz als Differenz von N-Aufnahme durch Nahrung und N-Verbrauch für Zuwachs:

Die ausgeschiedene UAN-Menge, die eine Teilmenge der ausgeschiedenen N-Menge darstellt, wird wie folgt mit der Rohprotein-Verdaulichkeit  $X_{\text{XP}}$  berechnet:

In Ermangelung von  $X_{\text{XP}}$  wird ersatzweise mit der Verdaulichkeit von Energie  $X_{\text{DE}}$  gerechnet. Der Wert hierfür wird von den Junghennen (siehe Kapitel 9.5.7.1) übernommen, da für Masthähnchen und -hühnchen derzeit kein  $X_{\text{DE}}$ -Wert verfügbar ist.

##### 9.4.7.2 N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter

The annual amount of N taken in with feed can be calculated from the amount of feed and the crude protein (XP) content of the feed:

Die Menge des jährlich mit dem Futter aufgenommenen Stickstoffs berechnet sich mit Hilfe von Futtermenge und Rohprotein-(XP-)Gehalt:

$$m_{\text{feed}} = \alpha \cdot x_{\text{N, XP}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot m_{\text{F, FM}} \quad (9.36)$$

where

|                       |                                                                                                    |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{feed}}$     | nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                               |
| $\alpha$              | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                   |
| $x_{\text{N, XP}}$    | nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N}} = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )         |
| $x_{\text{XP, feed}}$ | crude protein content of feed, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> XP), see Table 9.14 |
| $m_{\text{F, FM}}$    | daily feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.4       |

No information is available on the frequencies of N reduced feed usage. Hence, the N excretion calculations for the inventory are based on the assumption of a nationwide used “normal” feed composition, see Table 9.14.

Mangels Informationen zur Verbreitung von N-angepasster Fütterung erfolgen die Ausscheidungsrechnungen für das Inventar durchgängig mit nicht N-reduziertem Futter (siehe Table 9.14).

#### 9.4.7.3 *N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper*

LfL (2006a), Table 8, quantify the specific retention with  $0.035 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ . The description of broilers by GfE (2000, Table 2.3.1) suggests a smaller N retention, which is depending on the age of the animal and to some extent on its gender. If one disregards the influence of genders, the N retention of broilers  $x_{\text{N, ret, br}}$  can be described for animals between 21 und 56 days of life (Haenel and Dämmgen, 2009a):

LfL (2006a), Tabelle 8, gibt die spezifische N-Retention mit  $0,035 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  an. Der Broiler-Datensatz in GfE (2000, Tabelle 2.3.1) deutet eher auf eine niedrigere N-Retention hin, die überdies alters- und in geringem Maße geschlechtsabhängig ist. Unter Vernachlässigung der Geschlechtsabhängigkeit ergibt sich in guter Näherung eine Formel für die spezifische N-Retention  $x_{\text{N, ret, br}}$ , die für Haltungsdauern von 21 bis 56 Tage anwendbar ist (Haenel und Dämmgen, 2009a):

$$x_{\text{N, ret}} = a_{\text{ret}} + b_{\text{ret}} \cdot k_{\text{fin}} + c_{\text{ret}} \cdot k_{\text{fin}}^2 \quad (9.37)$$

where

|                     |                                                                                                  |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $x_{\text{N, ret}}$ | gender-averaged specific N retention as function of lifespan (in $\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$ ) |
| $k_{\text{fin}}$    | number of final day of fattening period                                                          |
| $a_{\text{ret}}$    | constant ( $a_{\text{ret}} = 2.3806 \cdot 10^{-2} \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )                |
| $b_{\text{ret}}$    | constant ( $b_{\text{ret}} = 2.5244 \cdot 10^{-4} \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )                |
| $c_{\text{ret}}$    | constant ( $c_{\text{ret}} = -1.9964 \cdot 10^{-6} \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )               |

N retention  $m_g$  is then obtained from:

Die N-Retention  $m_g$  folgt dann aus:

$$m_g = x_{\text{N, ret}} \cdot \alpha \cdot \frac{[x_{\text{male}} \cdot w_{\text{fin, male}} + (1 - x_{\text{male}}) \cdot w_{\text{fin, female}}] - w_{\text{start}}}{\tau_{\text{round}}} \quad (9.38)$$

where

|                          |                                                                                                  |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_g$                    | amount of nitrogen retained with growth (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )       |
| $x_{\text{N, ret}}$      | gender-averaged specific N retention as function of lifespan (in $\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$ ) |
| $\alpha$                 | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                 |
| $x_{\text{male}}$        | male broiler fraction of total population (in $\text{pl pl}^{-1}$ )                              |
| $w_{\text{fin, male}}$   | weight of male broiler at the end of the round (in $\text{kg an}^{-1}$ )                         |
| $w_{\text{fin, female}}$ | weight of female broiler at the end of the round (in $\text{kg an}^{-1}$ )                       |
| $w_{\text{start}}$       | animal weight at the beginning of the round (in $\text{kg an}^{-1}$ )                            |
| $\tau_{\text{round}}$    | duration of round (in $\text{d ro}^{-1}$ )                                                       |

#### 9.4.7.4 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

Bedding is considered to be straw. For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of bedding material to be applied per animal place and year is given in the following table.

Einstreu wird als Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Nachfolgende Tabelle gibt die jährlich pro Tierplatz zu berücksichtigende Einstreumenge an.

Table 9.15: Broilers, amounts of N inputs with straw in German broiler houses

| housing type              | Haltungssystem               | Straw input <sup>a</sup><br>$\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ | Dry matter (DM)<br>$\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ | N input (in DM)<br>$\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ | TAN<br>$\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ |
|---------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| mean of all housing types | Mittel aller Haltungssysteme | 1.4                                                            | 1.2                                                   | $7.0 \cdot 10^{-3}$                                   | $3.5 \cdot 10^{-3}$                       |

<sup>a</sup> Source: KTBL (2006) Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07, pg. 586

#### 9.4.7.5 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren

The partial  $\text{NH}_3$  emission factor is based on emission factors collated by the KTBL working group on emission factors for animal husbandry (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, Eurich-Menden et al., 2011). However, as these emission factors are defined per place and year and depend on the duration of the fattening period (see Table 9.16) they had to be recalculated in order to obtain a partial emission factor related to N excreted. The recalculation is demonstrated in Table 9.16. The resulting two emission factors only slightly differ with the duration of the fattening period. Hence it is assumed that for the inventory the partial  $\text{NH}_3$  emission factor can be taken as a constant which is set to the higher value listed in Table 9.16.

Der partielle  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für den Stall basiert auf den Ergebnissen der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ (Eurich-Menden et al., 2011), die die  $\text{NH}_3$ -Emission pro Tierplatz und Jahr in Abhängigkeit von der Mastdauer angibt, siehe Table 9.16. Für das Inventar ist eine Umrechnung auf  $\text{NH}_3$ -N sowie der Bezug auf die ausgeschiedene N-Menge erforderlich. Diese ist anhand von Table 9.16 nachzuvollziehen. Die beiden resultierenden Emissionsfaktoren unterscheiden sich so wenig, dass davon auszugehen ist, dass der auf die N-Ausscheidung bezogene Emissionsfaktor keine Funktion der Mastdauer ist. Für das Inventar wird daher in konservativer Wahl der höhere der beiden in Table 9.16 berechneten Emissionsfaktoren verwendet.

Table 9.16: Broilers, derivation of partial emission factors for  $\text{NH}_3$  losses from housing

| Fattening period<br>d | EF <sup>a</sup><br>kg $\text{NH}_3$ (pl · a) <sup>-1</sup> | EF <sup>b</sup><br>kg $\text{NH}_3$ -N (pl · a) <sup>-1</sup> | Standard N excretion <sup>c</sup><br>kg N (pl · a) <sup>-1</sup> | EF related to standard N excretion<br>kg $\text{NH}_3$ -N (kg N <sub>excr</sub> ) <sup>-1</sup> | EF used in the inventory<br>kg $\text{NH}_3$ -N (kg N <sub>excr</sub> ) <sup>-1</sup> |
|-----------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 33                    | 0.035                                                      | 0.029                                                         | 0.319                                                            | 0.090                                                                                           | 0.090                                                                                 |
| 42                    | 0.0486                                                     | 0.040                                                         | 0.469                                                            | 0.085                                                                                           |                                                                                       |

<sup>a</sup> Source: Eurich-Menden et al. (2011)

<sup>b</sup> Source: Eurich-Menden et al. (2011), data multiplied by 14/17 to transform from  $\text{NH}_3$  to  $\text{NH}_3$ -N units

<sup>c</sup> Source: DLG (2005), pg. 49/50

For the partial  $\text{NH}_3$  emission factor for storage, the value given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is used: 0.17 kg kg<sup>-1</sup> N. The factor relates to the UAN amount entering the storage. (For UAN see Chapter 3.3.3.2).

For spreading a factor of 0.45 kg kg<sup>-1</sup>  $\text{NH}_3$ -N related to UAN is chosen, reflecting the fact that incorporation is likely within 24 hours (see Table 9.3).

Immobilisation of UAN is not considered. It is assumed that the dry conditions impede the immobilisation process.

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are combined factors for house and storage, see Chapter 9.2, Table 9.2.

Der partielle  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit 0,17 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.3.3.2).

Für die Ausbringung wird ein partieller Emissionsfaktor von 0,45 kg kg<sup>-1</sup>  $\text{NH}_3$ -N in Bezug auf vorhandenes UAN angesetzt (vgl. Table 9.3, Einarbeitung innerhalb 24 h).

Immobilisierung von UAN in der Einstreu wird nicht berücksichtigt, da von mangelnder Feuchtigkeit ausgegangen wird.

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  siehe Kapitel 9.2, Table 9.2.

#### 9.4.7.6 Uncertainties of emission factors / Unsicherheiten der Emissionsfaktoren

The uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission factor characterizing the overall  $\text{NH}_3$  emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

For the uncertainties of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and  $\text{N}_2$  emission factors, the uncertainty of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

Die Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene  $\text{NH}_3$ -Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktoren wird die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

#### 9.4.8 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, list the following particle emission factors for broilers: 0.052 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0.007 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>. For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, lauten PM-Emissionsfaktoren für Masthähnchen und –hühnchen: 0,052 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0,007 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>. Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

#### 9.4.9 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 9.17: Broilers, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |              |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.21    |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.23    |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.99    | EM1009.101   |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.151   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.17    |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.41    |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.27    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |              |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.21   |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.20   |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.85   |              |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.116  |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.16   |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.38   |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005POU.15 | AI1005POU.29 |



## 9.5 Pullets / Junghennen

Pullets are young hens between hatching and the beginning of egg production (18<sup>th</sup> week). They do not yet produce eggs.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 9.18.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Zukünftige Legehennen werden in der Zeit vom Schlüpfen bis zu Ihrer Einstallung nach der 18. Lebenswoche als Junghennen bezeichnet. Junghennen legen noch keine Eier.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.18 zusammengestellten Methoden

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 9.18: Pullets, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation |      |                 |                     |          |                    |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 2    | EMEP / national | district            | district | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC / national | district            | district | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP            | district            | national | 1 a                |

### 9.5.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers have been surveyed in each census, i.e. until 1996 in each even year, and from 1999 onwards in each odd year (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Instead of 2009, animal numbers were surveyed in 2010 by the Agricultural Census 2010 (Landwirtschaftszählung 2010). For 2011 no official animal numbers are available. As the number of pullets has to be established in combination with that of laying hens (see above), the number of pullet places for 2011 has to be gained in the same way. As with laying hens, it is achieved by continuation rather than extrapolation.

Data gaps within the time series are closed by interpolation.

However, these numbers cannot be used directly as they do not differentiate between the two subcategories adequately: the 6 months used as criterion do not reflect the present agricultural practice (see Chapter 9.3.1).

The numbers of pullets  $n_{pu}$  relevant for the inventory are derived using the procedure described in Chapter 9.3.1.

Tierplatzzahlen wurden in jeder Tierzählung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren und ab 1999 in allen ungeraden Jahren (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Statt 2009 erfolgte eine Erhebung im Jahr 2010 im Rahmen der Landwirtschaftszählung 2010. Für 2011 stehen keine offiziellen Tierplatzzahlen zur Verfügung. Da die Junghennenzahlen in Verbindung zu den Legehennenzahlen zu betrachten sind (s. o.), werden für 2011 die Junghennenzahlen analog zu den Legehennenzahlen nicht durch Extrapolation, sondern durch Fortschreibung des Wertes von 2010 geschätzt.

Datenlücken innerhalb der Zeitreihe werden durch Interpolation geschlossen.

Die dort genannten Tierzahlen können allerdings nicht direkt verwendet werden, weil die Trennung der beiden Tierkategorien bei einem Alter von 6 Monate erfolgt und damit nicht der praxisübliche Vorgehensweise entspricht (siehe Kapitel 9.3.1). Die für das Inventar relevanten Tierzahlen  $n_{pu}$  werden nach den Überlegungen in Kapitel 9.3.1 abgeleitet.

$$n_{pu} = (n_{AA} + n_{AB}) \cdot \frac{\tau_{round,pu}}{\tau_{round,lh} + \tau_{round,pu}} \quad (9.39)$$

where

|                    |                                                                                  |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| $n_{pu}$           | number of pullet places considered                                               |
| $n_{AA}$           | animal place numbers of type AA in the German census (see Table 9.1)             |
| $n_{AB}$           | animal place numbers of type AB in the German census (see Table 9.1)             |
| $\tau_{round, lh}$ | duration of round for laying hens ( $\tau_{round, lh} = 441 \text{ d ro}^{-1}$ ) |
| $\tau_{round, pu}$ | duration of round for pullets ( $\tau_{round, pu} = 142 \text{ d ro}^{-1}$ )     |

For poultry numbers a standard error of 5 % is assumed (normal distribution). Then half the 95 % confidence interval is 10 %.

Für Geflügelzahlen wird ein Standardfehler von 5 % angenommen (Normalverteilung). Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt 10 %.

### 9.5.2 Animal weights and husbandry details / Tiergewichte und Haltungsdetails

The relevant performance criterion of pullets is their weight gain  $\Delta w_{\text{round}}$  (cf. Chapter 3.1.5) from chick weight (starting weight fixed to 45 g  $\text{an}^{-1}$ , see Daenischsen, 2006) to the final weight of about 1.3 kg  $\text{an}^{-1}$ . In 1990, the final weight was 1.55 kg  $\text{an}^{-1}$  (for sources of information see Table 9.18), and the life period between hatching and egg production was slightly longer than nowadays. However, this cannot be reflected in the subsequent calculation procedure, as reliable and representative data are still missing. The final weight equals the start weight of laying hens (see Chapter 9.3.2).

For data on weights and weight gains see tabel references in Chapter 9.5.9 („Additional information“).

The animal round  $\tau_{\text{round}}$  of 142 d  $\text{ro}^{-1}$  comprises the period of raising,  $\tau_{\text{lifespan, pu}} = 128 \text{ d ro}^{-1}$  (KTBL, 2004, pg. 480) and the service time  $\tau_{\text{service, pu}}$  which is 14 d  $\text{ro}^{-1}$  (Geflügeljahrbuch 2005, pg. 79).

Der Leistungsparameter für Junghühner ist ihr Gewichtszuwachs  $\Delta w_{\text{round}}$  von 45 g  $\text{an}^{-1}$  als Küken (einheitlich angenommenes Anfangsgewicht nach Daenischsen, 2006) bis zu ca. 1,3 kg  $\text{an}^{-1}$  am Ende der Aufzuchtphase (siehe dazu auch Kapitel 3.1.5). 1990 betrug das mittlere Endgewicht noch ca. 1,55 kg  $\text{an}^{-1}$  (siehe Quellenangaben zu Table 9.18). Die Aufzuchtdauer war etwas länger als heutzutage, was mangels verlässlicher und repräsentativer Daten im nachfolgenden Berechnungsverfahren nicht berücksichtigt wird. Das Endgewicht entspricht dem Anfangsgewicht in der Legehenhaltung (siehe Kapitel 9.3.2).

Zu den Gewichts- und Zuwachsdaten siehe Tabellenverweise in Kapitel 9.5.9 („Additional information“).

Die Durchgangsdauer  $\tau_{\text{round}}$  von 142 d  $\text{ro}^{-1}$  umfasst die Aufzuchtdauer  $\tau_{\text{lifespan, pu}}$  von 128 d  $\text{ro}^{-1}$  (KTBL, 2004, S. 480) und die Reinigungszeit  $\tau_{\text{service, pu}}$  (14 d  $\text{ro}^{-1}$ ) (nach Geflügeljahrbuch 2005, S. 79).

### 9.5.3 Energy requirements /Energiebedarf

The overall requirements of daily metabolisable energy requirements per place (averaged over all days of one round) are given by the following relation:

$$ME_{\text{pu}} = ME_{\text{m}} + ME_{\text{f}} + ME_{\text{g}} \quad (9.40)$$

where

|                  |                                                                                               |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_{\text{pu}}$ | daily requirements of metabolisable energy (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ ME)          |
| $ME_{\text{m}}$  | daily metabolisable energy required for maintenance (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ ME) |
| $ME_{\text{f}}$  | daily metabolisable energy needed to obtain food (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ ME)    |
| $ME_{\text{g}}$  | daily metabolisable energy consumed for growth (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ ME)      |

Methods to calculate  $ME_{\text{m}}$ ,  $ME_{\text{f}}$  and  $ME_{\text{g}}$  are not available at present. The total intake of gross energy can be calculated from feed intake and ME content of the feed.

Methoden zur Berechnung von  $ME_{\text{m}}$ ,  $ME_{\text{f}}$  und  $ME_{\text{g}}$  sind derzeit nicht verfügbar. Der Gesamtenergiebedarf kann aber anhand von Futteraufnahme und ME-Gehalt des Futters berechnet werden:

$$ME_{\text{pu}} = \eta_{\text{ME, feed}} \cdot m_{\text{F, FM}} \quad (9.41)$$

where

|                          |                                                                                                                        |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_{\text{pu}}$         | daily requirements of metabolisable energy (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ ME)                                   |
| $\eta_{\text{ME, feed}}$ | content of metabolisable energy in pullet diet, related to fresh matter (in MJ $\text{kg}^{-1}$ ME), see Chapter 9.5.4 |
| $m_{\text{F, FM}}$       | daily feed intake, fresh matter (in kg $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ FM), see Chapter 9.5.4                           |

### 9.5.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Pullets are normally fed in four to five phases, at least in two phases.

KTBL (2006), pg. 576, provides the amount of feed required for 4 phases, see Table 9.19. As no data on the intake of metabolizable energy (ME) is mentioned by KTBL, Table 9.19 was complemented with data on the content of metabolizable energy provided by Halle (2002), Table 1. This leads to a weighted mean ME content of the feed of  $\eta_{\text{ME, feed}} = 11.22 \text{ MJ kg}^{-1}$  ME (related to fresh matter).

Die Junghennen-Fütterung erfolgt in der Regel in vier bis fünf Phasen, mindestens aber in zwei Phasen.

KTBL (2006), S. 576, gibt den Futterbedarf für 4 Phasen an, siehe Table 9.19. Da KTBL keine entsprechenden Angaben zur Aufnahme an umsetzbarer Energie (ME) macht, wurde Table 9.19 mit Daten zum Gehalt an umsetzbarer Energie nach Halle (2002), Tabelle 1, ergänzt. Daraus folgt als gewichtetes Mittel des ME-Gehaltes im Futter  $\eta_{\text{ME, feed}} = 11,22 \text{ MJ kg}^{-1}$  ME (bezogen auf Frischmasse).

Table 9.19: Pullets, phase-related diet mass intake (fresh matter) and ME contents of feed

| phase   | Lifetime period<br>(weeks) | phase total of diet intake (fresh matter) <sup>a</sup><br>(in kg) | ME content <sup>b</sup><br>(in MJ kg <sup>-1</sup> ME) |
|---------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1       | 1 to 3                     | 0.350                                                             | 11.29                                                  |
| 2       | 4 to 8                     | 1.302                                                             | 11.29                                                  |
| 3       | 9 to 15                    | 2.933                                                             | 11.20                                                  |
| 4       | 16 to 18                   | 1.596                                                             | 11.20                                                  |
| overall | 1 to 18                    | 6.181                                                             | 11.22 <sup>c</sup>                                     |

Sources: <sup>a</sup> KTBL (2006), pg. 576; <sup>b</sup> Halle (2002), Table 1; <sup>c</sup> weighted mean

The daily feed intake (fresh matter) per place is calculated as follows (average over all days of a production cycle):

Die tägliche Futteraufnahme (Frischmasse) pro Tierplatz berechnet sich wie folgt (Mittelwert über alle Tage eines Durchgangs):

$$m_{F, FM} = x_{\text{feed, pu}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{round}}}{\tau_{\text{round}}} \quad (9.42)$$

where

|                           |                                                                                                                            |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{F, FM}$               | daily feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> FM)                                                |
| $x_{\text{feed, pu}}$     | pullet diet mass (fresh matter) needed for animal weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below                         |
| $\Delta w_{\text{round}}$ | animal weight gain per place and round (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.5.2 |
| $\tau_{\text{round}}$     | duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.5.2                                                   |

For the feed conversion ratio, i. e. the wight gain-related amount of feed intake (fresh matter) the inventory uses  $x_{\text{feed, pu}} = 5.12 \text{ kg kg}^{-1}$  (see Haenel and Dämmgen, 2007a).

This leads to the daily intake of dry matter (average over all days of a production cycle):

Für die auf den Gewichtszuwachs bezogene Futteraufnahme (Frischmasse) rechnet das Inventar mit  $x_{\text{feed, pu}} = 5,12 \text{ kg kg}^{-1}$ , siehe Haenel und Dämmgen (2007a).

Daraus ergibt sich die tägliche Trockenmasseaufnahme (Mittelwert über alle Tage eines Durchgangs)::

$$m_{F, DM} = x_{DM} \cdot m_{F, FM} \quad (9.43)$$

where

|             |                                                                             |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| $m_{F, DM}$ | daily feed intake, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)   |
| $m_{F, FM}$ | daily feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> FM) |
| $x_{DM}$    | dry matter content of feed (kg kg <sup>-1</sup> ), see below                |

The inventory assumes a dry matter content of pullet feed of  $0.88 \text{ kg kg}^{-1}$  and a nitrogen content of  $0.0247 \text{ kg kg}^{-1}$  (related to dry matter). Both values are based on the feed compositions described in (2002), Table 1, and the dry matter and raw protein contents of the various feed components as given in Beyer et al. (2004). By analogy, the GE and DE values provided by Beyer et al. (2004) lead to a mean specific GE content of  $\eta_{GE, \text{feed}} = 15.77 \text{ MJ kg}^{-1}$  and a mean specific DE content of  $\eta_{DE, \text{feed}} = 12.28 \text{ MJ kg}^{-1}$  (both related to fresh matter) which results in a digestibility of energy  $X_{DE} = 0.779 \text{ MJ MJ}^{-1}$  and a metabolizability of energy  $X_{ME} = 0.711 \text{ MJ MJ}^{-1}$  (Haenel und Dämmgen, 2007a).

The digestibility of organic matter  $X_{DOM}$  is unknown. It is replced with  $X_{DE}$ . As the digestibility of energy is somewhat lower than that of organic matter, the assumption  $X_{DOM} \approx X_{DE}$  leads to a slight overestimation of CH<sub>4</sub> emissions from manure management.

Das Inventar rechnet mit einem Trockenmassegehalt des Junghennenfutters von  $0,88 \text{ kg kg}^{-1}$  und einem darauf bezogenen N-Gehalt von  $0,0247 \text{ kg kg}^{-1}$ . Beide Werte ergeben sich aus den den in Halle (2002), Tabelle 1 angegebenen Futtermischungen und entsprechenden, aus Beyer et al. (2004) entnommenen Trockenmasse- und Rohproteingehalten der einzelnen Futterkomponenten. Daraus ergeben sich – bezogen auf Frischmasse – ein mittlerer spezifischer GE-Gehalt von  $\eta_{GE, \text{feed}} = 15,77 \text{ MJ kg}^{-1}$  und ein mittlerer spezifischer DE-Gehalt von  $\eta_{DE, \text{feed}} = 12,28 \text{ MJ kg}^{-1}$ , sowie die Verdaulichkeit von Energie  $X_{DE} = 0,779 \text{ MJ MJ}^{-1}$  und die Umsetzbarkeit von Energie  $X_{ME} = 0,711 \text{ MJ MJ}^{-1}$  (Haenel und Dämmgen, 2007a).

Die Verdaulichkeit von organischer Substanz  $X_{DOM, br}$  ist nicht bekannt. Sie wird durch  $X_{DE, br}$  ersetzt. Da die Verdaulichkeit von Energie etwas niedriger als die von organischer Substanz ist, bewirkt diese Annahme eine leichte Überschätzung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

The ash content of feed is 6.5 % according to RHG (2006), related to fresh matter. Related to a typical dry matter content of 88 % the ash content is 7.4 %.

Due to lack of information, the feeding-related data are assumed to be constant with time and space.

Feeding data provided in DLG (2005), pg. 46, for N reduced feeding allow for the derivation of a fresh matter raw protein content of  $0.146 \text{ kg kg}^{-1}$  (averaged over all feeding phases). This corresponds to a fresh matter N content of  $0.0234 \text{ kg kg}^{-1}$ . Related to dry matter (using a dry matter content of  $88 \text{ kg kg}^{-1}$ , see above), this leads to a N content of  $0.0206 \text{ kg kg}^{-1}$ . However, due to lack of data on the temporal and spatial distribution, the N reduced feeding cannot be account for in the inventory.

The inventory does not calculate the amount of gross energy GE as is not needed for the VS calculation method used in the present inventory.

Der Aschegehalt des Futters beträgt nach RHG (2006) 6,5 % bezogen auf Frischmasse. Bezogen auf einen typischen Trockenmassegehalt von 88 % entspricht dies 7,4 %.

Mangels besserer Informationen werden die Futterkennwerte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

Aus Fütterungsdaten in DLG (2005), S. 46, lässt sich für die N-reduzierte Fütterung ein über alle Phasen gemittelter Frischmasse-Rohproteingehalt von  $0,146 \text{ kg kg}^{-1}$ , entsprechend einem N-Gehalt in der Futterfrischmasse von  $0,0234 \text{ kg kg}^{-1}$ , ableiten. Bezogen auf Trockenmasse (bei einem Trockenmassegehalt von  $0,88 \text{ kg kg}^{-1}$ , s. o) ist das ein N-Gehalt von  $0,0206 \text{ kg kg}^{-1}$ . Eine N-reduzierte Fütterung kann im Inventar aber mangels Informationen zur räumlichen und zeitlichen Verteilung nicht berücksichtigt werden.

Die GE-Aufnahme mit dem Futter wird im Inventar nicht berechnet, da sie für die aktuell verwendete VS-Berechnungsmethode nicht benötigt wird.

#### 9.5.5 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

#### 9.5.6 *Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management*

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1..

For the required data see Chapter 9.5.4.

The manure of pullets is stored as solid.

IPCC (1996) does not differentiate between various species among poultry. IPCC (2006) does not provide data for pullets. Hence, Germany uses for pullets the maximum  $B_0$  value provided by IPCC (2006), Table 10A-9, for poultry (laying hens,  $0.39 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ ). For the MCF the value is used which is provided by IPCC (2006) for all poultry ( $0.015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Für die dafür erforderlichen Daten siehe Kapitel 9.5.4.

Junghennen-Mist wird trocken gelagert.

IPCC (1996) unterscheidet nicht zwischen den verschiedenen Geflügelarten. IPCC (2006) gibt für Junghennen keine Daten an. Deutschland verwendet für Junghennen daher den höchsten  $B_0$ -Wert, der aus IPCC (2006), Table 10A-9, für Geflügel zu entnehmen ist (Legehennen):  $0,39 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ . Für den MCF wird der Geflügel-Wert aus IPCC (2006) für angesetzt ( $0,015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 9.5.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 9.5.7.1 N excretion rates / N-Ausscheidungen

The N excretion of pullets is quantified using the mass balance approach:

Die N-Ausscheidung von Junghennen wird über die Stoffbilanz errechnet:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (9.44)$$

where

|                   |                                                                                    |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{excr}}$ | amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)             |
| $m_{\text{feed}}$ | amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)     |
| $m_{\text{g}}$    | amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |

The contents of uric acid and ammonium N (UAN) are calculated. The results are close to the standard value of 70 % given in EMEP (2009), pg. 26, for various poultry categories (where, however, pullets are not mentioned explicitly).

Der Gehalt an Harnsäure- und Ammonium-N (UAN) wird berechnet und liegt dicht beim Standardwert von 70 %, wie er von EMEP (2009), S. 26 für verschiedene Geflügelkategorien angegeben wird (wobei Junghennen allerdings nicht explizit erwähnt werden).

##### 9.5.7.1.1 N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter

Feeding according to requirements yields:

Bei bedarfsgerechter Fütterung gilt:

$$m_{\text{feed}} = \alpha \cdot x_{\text{N}} \cdot m_{\text{F, DM}} \quad (9.45)$$

where

|                    |                                                                                               |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{feed}}$  | annual nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                   |
| $\alpha$           | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                              |
| $x_{\text{N}}$     | nitrogen content of feed, related to dry matter (in kg kg <sup>-1</sup> N), see Chapter 9.5.4 |
| $m_{\text{F, DM}}$ | daily feed intake, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.5.4    |

##### 9.5.7.1.2 N retention / N-Retention

LfL (2006a), Table 8, report a specific N retention of 0.035 kg kg<sup>-1</sup> N. Thus, N retained amounts to

Die spezifische Retention beträgt nach LfL (2006a), Tabelle 8, 0,035 kg kg<sup>-1</sup> N. Daraus folgt:

$$m_{\text{g}} = \alpha \cdot x_{\text{N, ret, pu}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{round}}}{\tau_{\text{round}}} \quad (9.46)$$

where

|                           |                                                                                                                            |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{g}}$            | amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                         |
| $\alpha$                  | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                                           |
| $x_{\text{N, ret, pu}}$   | N retained by pullets (in kg kg <sup>-1</sup> N), see above                                                                |
| $\Delta w_{\text{round}}$ | animal weight gain per place and round (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.5.2 |
| $\tau_{\text{round}}$     | duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.5.2                                                   |

##### 9.5.7.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

Bedding is considered to be straw. For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

An immobilisation of UAN is unlikely, as the dry conditions impede the process.

The amount of bedding material to be applied per animal place and year is given in the following table.

Einstreu wird als Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Eine Immobilisierung von UAN in der Einstreu findet wahrscheinlich nicht statt (fehlende Feuchtigkeit verhindert Immobilisierung).

Nachfolgende Tabelle gibt die jährlich pro Tierplatz zu berücksichtigende Einstreumenge an.

Table 9.20: Pullets, amounts of N inputs with straw in German pullet houses

| housing type | Haltungssystem       | straw input <sup>a</sup><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | dry matter (DM)<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | N input (in DM)<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | TAN<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> |
|--------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| all stypes   | alle Haltungssysteme | 0.75                                                            | 0.65                                                   | $3.7 \cdot 10^{-3}$                                    | $1.9 \cdot 10^{-3}$                        |

<sup>a</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 568 and pg. 570

### 9.5.7.3 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren

A survey discussed in Eurich-Menden et al. (2011) reveals that for pullets no data exist that allow for the derivation of a NH<sub>3</sub> emission factor (emission per place and year) for pullet houses. The approach suggested in Eurich-Menden et al. (2011) uses fixed emission factors per place cannot be used, as the inventory calculations presuppose emission factors related to the rate of N excreted per place.

Instead, the inventory makes use of the similarity of pullet production with the keeping of laying hens in floor management or aviaries. Hence it was decided to use the N excretion related emission factor of 0.09 kg kg<sup>-1</sup> (see Chapters 9.3.7.3 and 9.4.7.5) for pullets accordingly.

For storage no partial NH<sub>3</sub>emission factor is known. Hence, in the inventory the value given by EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, for broilers is adopted for pullets: 0.17 kg kg<sup>-1</sup> N. The factor relates to the UAN amount entering the storage. (For UAN see Chapter 3.3.3.2).

It is assumed that manure is broadcast with incorporation within 24 hours. The respective emission factor is 0.45 kg kg<sup>-1</sup> N related to UAN (see Table 9.3).

The emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are combined factors for house and storage, see Chapter 9.2, Table 9.2.

Nach einer Literaturrecherche in Eurich-Menden et al. (2011) existieren für Junghennen keine Daten zur Ableitung eines auf den Tierplatz bezogenen nationalen NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors für den Stall. Der in Eurich-Menden et al. (2011) vorgeschlagene Weg zur Schätzung eines solchen Emissionsfaktors ist für das Inventar nicht verwendbar, da letzteres einen auf die N-Ausscheidung bezogenen Emissionsfaktor erfordert.

Für das Inventar wird daher davon ausgegangen, dass aufgrund der Ähnlichkeit des Junghennenhaltungsverfahrens mit der Bodenhaltung von Legehennen und der Haltung von Masthähnchen der entsprechende, auf die N-Ausscheidung bezogene NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor von 0,09 kg kg<sup>-1</sup> (siehe Kapitel 9.3.7.3 und 9.4.7.5) für Junghennen übernommen werden kann.

Für das Lager ist kein partieller NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor bekannt. Es wird der für Masthähnchen in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, angegebene Wert übernommen: 0,17 kg kg<sup>-1</sup> N. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.3.3.2).

Es wird von einer Ausbringung mit Breitverteiler und einer Einarbeitung innerhalb von 24 h ausgegangen. Hierfür beträgt nach Table 9.3 der NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor 0,45 kg kg<sup>-1</sup> N in Bezug auf vorhandenes UAN.

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> siehe Kapitel 9.2, Table 9.2.

### 9.5.7.4 Uncertainties of emission factors / Unsicherheiten der Emissionsfaktoren

The uncertainty of the NH<sub>3</sub> emission factor characterizing the overall NH<sub>3</sub> emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

For the uncertainties of the N<sub>2</sub>O emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and N<sub>2</sub> emission factors, the uncertainty of the N<sub>2</sub>O emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

Die Unsicherheit des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene NH<sub>3</sub>-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren wird die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

### 9.5.8 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, do not provide PM emission factors for pullets. Based on the assumption that conditions in pullet and broiler husbandry are comparable, the emission factors for broilers are adopted: 0.052 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0.007 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

For the uncertainty see in Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, gibt für Junghennen keine PM-Emissionsfaktoren an. Unter der Annahme vergleichbarer Verhältnisse bei der Junghennen- und Masthähnchen-Haltung werden die Emissionsfaktoren von Masthähnchen übernommen: 0,052 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0,007 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

**9.5.9 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen**

Table 9.21: Pullets, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |              |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.22    |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.24    |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.102   | EM1009.104   |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.152   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.18    |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.42    |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.29    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |              |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.22   |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.21   |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.86   |              |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.117  |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.17   |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.39   |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005POU.30 | AI1005POU.41 |

## 9.6 Geese / Gänse

In Germany, the production of geese is of minor importance only. Data are sparse.

Geese are kept in in stables with an adjacent free-range area. However, due to the simple description of geese, this cannot be accounted for in the inventory.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 9.22.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Gänse-Haltung ist in Deutschland von untergeordneter Bedeutung. Die Verfügbarkeit von Daten ist eingeschränkt.

Gänse werden im Stall mit Freilandhaltung gehalten. Dies findet wegen der einfachen Behandlung der Gänse im Inventar aber keine Berücksichtigung.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.22 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 9.22: Geese, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation |      |                |                     |          |                    |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 1    | IPCC           | district            | national | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 1    | EMEP           | district            | national | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 1    | IPCC           | district            | national | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP           | district            | national | 1 a                |

### 9.6.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers have been surveyed in each census, i.e. until 1996 in each even year, and from 1999 onwards in each odd year (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Instead of 2009, animal numbers were surveyed in 2010 by the Agricultural Census (Landwirtschaftszählung) in 2010. For 2011 no official animal numbers are available.

Data gaps within the times series are closed by interpolation or extrapolation

For poultry numbers a standard error of 5 % is assumed (normal distribution). Then half the 95 % confidence interval is 10 %.

Tierplatzzahlen wurden in jeder Tierzählung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren und ab 1999 in allen ungeraden Jahren (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Statt 2009 erfolgte eine Erhebung im Jahr 2010 im Rahmen der Landwirtschaftszählung 2010. Für 2011 stehen keine offiziellen Tierplatzzahlen zur Verfügung.

Datenlücken in der Zeitreihe werden durch Interpolation bzw. Extrapolation geschlossen.

Für Geflügelzahlen wird ein Standardfehler von 5 % angenommen (Normalverteilung). Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt 10 %.

### 9.6.2 Animal weights / Tiergewichte

In Germany, geese are – almost without exception – produced in a way that they are slaughtered in November/December with a weight of 7 kg an<sup>-1</sup>. Predominant is a mean weight gain ("Mittelmast") (KTBL, 2005a, pg. 719).

Gänse werden in Deutschland praktisch ausschließlich so produziert, dass sie im November/Dezember mit einem Gewicht von ca. 7 kg an<sup>-1</sup> geschlachtet werden. Regelform der Mast ist die Mittelmast (KTBL, 2005a, S. 719).

### 9.6.3 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

### 9.6.4 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

Due to the lack of a description of feed and energy intake by geese, VS excretions cannot be calculated. No default value is available, cf. IPCC (2006), Table 10A-9. Hence, CH<sub>4</sub> emissions from manure management can be quantified only by using the Tier 1 methodology, see Chapter 3.3.4.1. However, neither IPCC (1996) nor IPCC (2006) provide an emission factor for geese.

VS-Ausscheidungen können mangels einer Beschreibung der Futter- und Energieaufnahme der Gänse nicht berechnet werden. Ein VS-Defaultwert existiert ebenfalls nicht, vgl. IPCC(2006), Table 10A-9. Daher kann zur Berechnung von CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management nur das Stufe-1-Verfahren (Kapitel 3.3.4.1) verwendet werden.



As an auxiliary emission factor, the inventory uses the emission factor given in IPCC (1006)-3-4.47 for poultry ( $0,078 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$ )

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-1 approaches to be about 30 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

In the inventory, there is no calculation of  $\text{CH}_4$  from bedding material.

Allerdings geben weder IPCC (1996) noch IPCC (2006) einen Emissionsfaktor für Gänse an. Daher wird der in IPCC(1996)-3-4.47 für Geflügel angegebene Wert von  $0,078 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  für Gänse übernommen.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-1-Verfahren auf 30 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Eine  $\text{CH}_4$ -Berechnung aus Einstreu findet im Inventar nicht statt.

### 9.6.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

No national value is available for the partial  $\text{NH}_3$  emission factor for housing. Hence, according to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, a  $\text{NH}_3$  emission factor of  $0.57 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$  (related to UAN excretion; for UAN see Chapter 3.3.3.2) is used in the inventory. According to DLG (2005), pg. 53, geese excrete  $554 \text{ g an}^{-1} = 554 \text{ g pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ . A fraction of 70 % of the nitrogen excreted is assumed to be UAN (according to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

For the partial  $\text{NH}_3$  emission factor for storage, the value given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is used:  $0.16 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ . The factor relates to the UAN amount entering the storage.

Due to lack of data, N inputs with bedding material are not taken into account.

For spreading, a factor of  $0.45 \text{ kg kg}^{-1}$  related to UAN is used, reflecting the fact that incorporation is likely within 24 hours (see Table 9.3).

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are combined factors for house and storage, see Chapter 9.2, Table 9.2.

The uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission factor characterizing the overall  $\text{NH}_3$  emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

For the uncertainties of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and  $\text{N}_2$  emission factors, the uncertainty of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

In Ermangelung eines nationalen Wertes für den partiellen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für den Stall wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, ein  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor von  $0,57 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$  bezogen auf die UAN-Ausscheidung angesetzt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.3.3.2). DLG (2005), S. 53, gibt für die N-Ausscheidung  $554 \text{ g an}^{-1} = 554 \text{ g pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ . Der UAN-Gehalt wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit 70 % angenommen.

Der partielle  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit  $0,16 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt.

N-Einträge durch Einstreu werden mangels Daten nicht berücksichtigt.

Für die Ausbringung wird ein Emissionsfaktor von  $0,45 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$  bezogen auf UAN verwendet (vgl. Table 9.3, Einarbeitung innerhalb 24 h).

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  siehe Kapitel 9.2, Table 9.2.

Die Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene  $\text{NH}_3$ -Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktoren wird die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

### 9.6.6 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, list the following particle emission factors for other poultry (ducks, geese turkeys):  $0.032 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{10}$ ,  $0.004 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{2.5}$ .

For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, gibt die folgenden PM-Emissionsfaktoren für anderes Geflügel (Enten, Gänse, Puten) an:  $0,032 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{10}$ ,  $0,004 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{2.5}$ .

Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

**9.6.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen**

Table 9.23: Geese, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |              |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.23    |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.25    |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.105   | EM1009.107   |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.153   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.19    |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.43    |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.31    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |              |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.23   |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.22   |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.87   |              |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.118  |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.18   |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.40   |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005CAT.42 | AI1005CAT.51 |

## 9.7 Ducks / Enten

Duck production has been increasing in Germany which justifies a description which is more detailed than a Tier 1 approach.

In Germany, ducks are mostly kept in stables with bedding. Due to lack of data, the inventory does not consider duck husbandry in free ranges.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 9.24.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Die Produktion von Enten nimmt in Deutschland erheblich zu. Dies rechtfertigt eine Behandlung, die über ein Stufe-1-Verfahren hinaus geht.

Enten werden in Deutschland vornehmlich in Ställen mit Einstreu gehalten. Freilandhaltung kann im Inventar mangels Daten nicht berücksichtigt werden.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.24 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 9.24: Ducks, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation |      |                | no method           |          |                    |
| CH <sub>4</sub>                      | manure management    | 2    | IPCC           | district            | national | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | manure management    | 2    | EMEP           | district            | national | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | manure management    | 2    | IPCC           | district            | national | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP           | district            | national | 1 a                |

### 9.7.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers have been surveyed in each census, i.e. until 1996 in each even year, and from 1999 onwards in each odd year (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Instead of 2009, animal numbers were surveyed in 2010 by the Agricultural Census (Landwirtschaftszählung) in 2010. For 2011 no official animal numbers are available.

Data gaps within the times series are closed by interpolation or extrapolation

For poultry numbers a standard error of 5 % is assumed (normal distribution). Then half the 95 % confidence interval is 10 %.

Tierplatzzahlen wurden in jeder Tierzählung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren und ab 1999 in allen ungeraden Jahren (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Statt 2009 erfolgte eine Erhebung im Jahr 2010 im Rahmen der Landwirtschaftszählung 2010. Für 2011 stehen keine offiziellen Tierplatzzahlen zur Verfügung.

Datenlücken in der Zeitreihe werden durch Interpolation bzw. Extrapolation geschlossen.

Für Geflügelzahlen wird ein Standardfehler von 5 % angenommen (Normalverteilung). Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt 10 %.

### 9.7.2 Animal weights and duration of fattening period / Tiergewichte und Mastdauer

In Germany, nearly only Peking ducks are produced (expert judgement Höppner). Hence, the inventory interprets all officially counted ducks as Peking ducks. The duckling weight is 0,055 kg an<sup>-1</sup>, the final weight 3.0 kg an<sup>-1</sup> (Brehme, 2007).

According to DLG (2005), pg. 52, the inventory assumes 6.5 cy for the number of animal rounds per year. In addition, the inventory is based on 49 d per fattening period (cf. Tüller, 1999, pg. 131).

Die in Deutschland produzierten Enten sind praktisch nur Pekingenten (Mitteilung Höppner), weshalb das Inventar alle gezählten Enten als Pekingenten rechnet. Das Kükengewicht beträgt 0,055 kg an<sup>-1</sup>, das mittlere Endgewicht 3,0 kg an<sup>-1</sup> (Brehme, 2007).

Die Zahl der Durchgänge pro Jahr wird im Inventar nach DLG (2005), S. 52, mit 6,5 cy angesetzt; für die reine Mastdauer wird mit 49 d round-1 gerechnet (vgl. Tüller, 1999, S. 131).

### 9.7.3 Energy requirements /Energiebedarf

At the time being, no methods are available to calculate the daily requirements of metabolizable energy as an average over all days of a production cycle (including the service time). However, the energy requirements can be calculated from the amount of feed intake and the ME content of the feed.

Methoden zur Berechnung des über alle Tage eines Durchganges (einschließlich der Reinigungszeit) gemittelten Tagesbedarfs an metabolisierbarer Energie pro Tierplatz sind derzeit nicht verfügbar. Der Energiebedarf kann aber anhand von Futteraufnahme und ME-Gehalt des Futters berechnet werden:

$$ME_{du} = \eta_{ME, feed} \cdot m_{F, FM} \quad (9.47)$$

where

|                   |                                                                                                   |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_{du}$         | daily metabolisable energy required (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)                   |
| $\eta_{ME, feed}$ | content of metabolisable energy in duck diet, related to fresh matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ME) |
| $m_{F, FM}$       | daily feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> FM), see Chapter 9.7.4    |

#### 9.7.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

The daily feed intake (fresh matter) per place is calculated as follows (average over all days of a production cycle, including the service time):

Die tägliche Futteraufnahme (Frischmasse) pro Tierplatz berechnet sich wie folgt (Mittelwert über alle Tage eines Durchgangs, einschließlich der Reinigungszeit):

$$m_{F, FM} = x_{feed, du} \cdot \frac{n_{round} \cdot \Delta w_{round}}{\alpha} \quad (9.48)$$

where

|                    |                                                                                                                       |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{F, FM}$        | daily feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> FM)                                           |
| $x_{feed, du}$     | duck diet mass (fresh matter) needed for animal weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below                      |
| $n_{round}$        | number of animal production cycles per year (in ro a <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.7.2                               |
| $\Delta w_{round}$ | animal weight gain per place and round, see below<br>(in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ) |
| $\alpha$           | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                                      |

The feed conversion factor  $x_{feed, du}$  is estimated by linear interpolation of feed consumption data given by Tüller (1999), pg. 131, as function of total weight gain (final weight minus duckling weight):

Die Futterverwertung  $x_{feed, du}$  wird durch Interpolation der in Tüller (1999), S 131, angegebenen Daten zum Futterverbrauch in Abhängigkeit vom Zuwachs (Endgewicht abzgl. Kükengewicht) geschätzt:

$$x_{feed, du} = \frac{1}{\Delta w_{round}} \cdot \left( F_{du,1} + w_{fin} \cdot \frac{F_{du,2} - F_{du,1}}{w_2 - w_1} \right) \quad (9.49)$$

where

|                    |                                                                                                                                        |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $x_{feed, du}$     | duck diet mass needed for animal weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> )                                                                 |
| $\Delta w_{round}$ | animal weight gain per place and round as defined in Chapter 3.1.5<br>(in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ) |
| $F_{du,1}$         | amount of feed needed to reach weight $w_1$ ( $F_{du,1} = 6.140 \text{ kg}$ , see Tüller, 1999, pg. 131)                               |
| $w_{fin}$          | final life weight (in kg, see Chapter 9.7.2)                                                                                           |
| $F_{du,2}$         | amount of feed needed to reach weight $w_2$ ( $F_{du,2} = 7.761 \text{ kg}$ , see Tüller, 1999, pg. 131)                               |
| $w_1$              | animal weight related to amount of feed $F_{du,1}$ ( $w_1 = 2.823 \text{ kg}$ , see Tüller, 1999, pg. 131)                             |
| $w_2$              | animal weight related to amount of feed $F_{du,2}$ ( $w_2 = 3.180 \text{ kg}$ , see Tüller, 1999, pg. 131)                             |

The calculation of the weight gain  $\Delta w_{round}$  is based on duckling weight and final weight, see Chapter 9.7.2.

With a final weight of  $3 \text{ kg an}^{-1}$  (duckling weight  $0.055 \text{ kg an}^{-1}$ ),  $x_{feed, du}$  amounts to  $2,357 \text{ kg kg}^{-1}$ .

This leads to the daily intake of dry matter (average over all days of a production cycle):

Die Gewichtszunahme  $\Delta w_{round}$  berechnet sich aus Küken- und Endgewicht, siehe Kapitel 9.7.2.

Bei einem Endgewicht von  $3 \text{ kg an}^{-1}$  (Anfangsgewicht  $0.055 \text{ kg an}^{-1}$ ) ergibt sich  $x_{feed, du} = 2,357 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Daraus ergibt sich die tägliche Trockenmasseaufnahme (Mittelwert über alle Tage eines Durchgangs):

$$m_{F, DM} = x_{DM} \cdot m_{F, FM} \quad (9.50)$$

where

|             |                                                                             |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| $m_{F, DM}$ | daily feed intake, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)   |
| $m_{F, FM}$ | daily feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> FM) |
| $x_{DM}$    | dry matter content of feed (kg kg <sup>-1</sup> ), see below                |

According to Jeroch und Dänicke (2005), pg. 166, the ME content of duck fattening ( $\eta_{\text{ME, feed}}$ ) diet related to fresh matter is  $11.5 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ , while Brehme (2007) reports a ME content of  $12 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$  to  $12.5 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ . The inventory uses  $12 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ , related to fresh matter.

For the content of crude protein in duck feed, data in Jeroch und Dänicke (2005), pg. 166, allow for the derivation of a weighted mean:  $x_{\text{XP, feed}} = 0.166 \text{ kg kg}^{-1} \text{ XP}$ , related to fresh matter

No data are available for the digestibility  $X_{\text{DE, du}}$ . Thus, as no value is available for broilers, the value used for pullets is used instead ( $X_{\text{DE, br}} = 0.779 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ) (see Chapter 9.5.4).

The digestibility of organic matter  $X_{\text{DOM}}$  is unknown. It is replaced with  $X_{\text{DE}}$ . As the digestibility of energy is somewhat lower than that of organic matter, the assumption  $X_{\text{DOM}} \approx X_{\text{DE}}$  leads to a slight overestimation of  $\text{CH}_4$  emissions from manure management.

The ash content of feed is 7.0 % according to RHG (2006), related to fresh matter. Related to a typical dry matter content of 88 % the ash content is 8.0 %.

Due to lack of information, the feeding-related data are assumed to be constant with time and space.

The inventory does not calculate the amount of gross energy GE as is not needed for the VS calculation method used in the present inventory.

Nach Jeroch und Dänicke (2005), S. 166, liegt der Gehalt an umsetzbarer Energie in Entenmastfutter ( $\eta_{\text{ME, feed}}$ ) bei  $11,5 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$  bezogen auf Frischmasse. Brehme (2007) gibt  $12 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$  bis  $12,5 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$  an. Für das Inventar wird ein Wert von  $12 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$  angesetzt (bezogen auf Frischmasse).

Für den Rohproteingehalt des Entenfutters ( $x_{\text{XP, feed}}$ ) ergibt sich aus Daten in Jeroch und Dänicke (2005), S. 166, ein gewichtetes Mittel von  $0,166 \text{ kg kg}^{-1} \text{ XP}$ , bezogen auf Frischmasse.

Für die Verdaulichkeit  $X_{\text{DE, du}}$  konnten keine Daten ermittelt werden, weshalb (in Ermangelung eines Masthähnchen-Wertes) der Junghennen-Wert  $0,779 \text{ MJ MJ}^{-1}$  übernommen wird (siehe Kapitel 9.5.4).

Die Verdaulichkeit von organischer Substanz  $X_{\text{DOM, br}}$  ist nicht bekannt. Sie wird durch  $X_{\text{DE, br}}$  ersetzt. Da die Verdaulichkeit von Energie etwas niedriger als die von organischer Substanz ist, bewirkt diese Annahme eine leichte Überschätzung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Der Aschegehalt des Futters beträgt nach RHG (2006) 7,0 % bezogen auf Frischmasse. Bezogen auf einen typischen Trockenmassegehalt von 88 % entspricht dies 8,0 %.

Mangels besserer Informationen werden die Futterkennwerte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

Die GE-Aufnahme mit dem Futter wird im Inventar nicht berechnet, da sie für die aktuell verwendete VS-Berechnungsmethode nicht benötigt wird.

### 9.7.5 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

### 9.7.6 *Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management*

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

For the required data see Chapter 9.7.4.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factor  $MCF$  are  $0.36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$  and  $0.01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  respectively. (IPCC 1996 does not differentiate between various species among poultry.) The use of the IPCC (2006)  $MCF$  is considered inconsistent in comparison with other poultry keeping in mind that it is almost impossible to keep a duck house “dry”. Thus, this inventory uses an  $MCF$  of  $0.015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  as given for other poultry species.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Für die dafür erforderlichen Daten siehe Kapitel 9.7.4.

Nach IPCC(2006)-10.82 betragen die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$   $0,36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$  und der Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für alle in Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen  $0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . (In IPCC(1996) finden sich keine nach Geflügelart differenzierten Angaben.) Der  $MCF$  nach IPCC (2006) erscheint allerdings ungerechtfertigt, da es nahezu unmöglich ist, einen Entenstall hinreichend „trocken“ zu halten. Das Inventar nutzt daher den für andere Geflügelarten angegebene  $MCF$  von  $0,015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ CH}_4$ .

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 9.7.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 9.7.7.1 N excretion rates / N-Ausscheidungen

The annual N excretion of ducks is quantified using the mass balance approach:

Die jährliche N-Ausscheidung von Enten wird über die Stoffbilanz errechnet:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (9.51)$$

where

|                   |                                                                                    |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{excr}}$ | amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)             |
| $m_{\text{feed}}$ | amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)     |
| $m_{\text{g}}$    | amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |

Feeding according to requirements yields:

Bei bedarfsgerechter Fütterung gilt:

$$m_{\text{feed}} = n_{\text{round}} \cdot x_{\text{N, XP}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot x_{\text{feed, du}} \cdot \Delta w_{\text{round}} \quad (9.52)$$

where

|                           |                                                                                                                                        |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{feed}}$         | annual amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                                  |
| $n_{\text{round}}$        | number of animal production cycles per year (in ro a <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.7.2                                                |
| $x_{\text{N, XP}}$        | nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N, XP}} = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )                                         |
| $x_{\text{XP, feed}}$     | content of crude protein in duck diet (kg kg <sup>-1</sup> XP), see Chapter 9.7.4                                                      |
| $x_{\text{feed, du}}$     | duck diet mass needed for animal weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.7.4                                              |
| $\Delta w_{\text{round}}$ | animal weight gain per place and round as defined in Chapter 3.1.5<br>(in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ) |

According to LfL (2006a), Table 8, the specific N retention  $x_{\text{N, ret, du}}$  is assumed to be 0.035 kg kg<sup>-1</sup> N. Thus, N retained amounts to

Die spezifische Retention  $x_{\text{N, ret, du}}$  wird nach LfL (2006a), Tabelle 8, mit 0,035 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Daraus folgt für die N-Retention:

$$m_{\text{g}} = n_{\text{round}} \cdot x_{\text{N, ret, du}} \cdot \Delta w_{\text{round}} \quad (9.53)$$

where

|                           |                                                                                                                                        |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{g}}$            | amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                                     |
| $n_{\text{round}}$        | number of animal production cycles per year (in ro a <sup>-1</sup> )                                                                   |
| $x_{\text{N, ret, du}}$   | specific N retention (in kg kg <sup>-1</sup> N), see above                                                                             |
| $\Delta w_{\text{round}}$ | animal weight gain per place and round as defined in Chapter 3.1.5<br>(in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ) |

As input data are constant in space and time, the calculated N excretion of 0.528 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> is considered constant throughout Germany and over the years to be reported.

The share of UAN in the N excretions is calculated (using the digestibility given in Chapter 9.7.4). One obtains 49.9 %, a result which is well below the default value of 70 % given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

The calculated N excretion of 0.528 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> notably deviates from the value given in DLG (2005), pg. 52, which is 1.482 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. However, the DLG value has to be halved, as it is derived by relating the amount of nitrogen excreted over the entire lifespan of a duck to only the mere fattening phase which is about one half of the lifespan. Additionally it has to be taken into account that the DLG excretion value is reported for an animal end weight of 3.4 kg an<sup>-1</sup> instead of 3.0 kg an<sup>-1</sup> as used in the inventory.

Mangels räumlicher und zeitlicher Differenzierung der Eingangsdaten ist die berechnete N-Ausscheidung von 0,528 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> national und über den Berichtszeitraum hinweg konstant.

Der UAN-Gehalt im ausgeschiedenen N wird mit Hilfe der Verdaulichkeit (siehe Kapitel 9.7.4) berechnet: Es ergibt sich ein Wert von 49,9 % (im Gegensatz zum Standardwert von 70 % nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Die berechnete N-Ausscheidung von 0,528 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> weicht zwar erheblich von der Angabe von 1,482 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> in DLG (2005), S. 52, ab. Letztere muss allerdings halbiert werden (0,741 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), da sie darauf beruht, dass die Gesamtausscheidung während der Lebensdauer auf die reine Mastphase bezogen wurde, die nur etwa die Hälfte der gesamten Lebensdauer umfasst. Außerdem gilt die Angabe in DLG (2005), S. 52, für ein Endgewicht von 3,4 kg an<sup>-1</sup> statt des im Inventar angesetzten Wertes von 3,0 kg an<sup>-1</sup>.

If the above given N excretion equation is applied to the DLG duck (end weight 3.4 kg an<sup>-1</sup>; feed conversion rate  $x_{\text{feed, du}} = 2.618 \text{ kg kg}^{-1}$  according to Chapter 9.7.4), the resulting N excretion is 0.751 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, which is quite similar to the value of 0.741 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> derived from DLG (2005), S. 52. This is considered a confirmation of the duck modelling approach used in the inventory.

#### 9.7.7.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

Bedding is considered to be straw For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

An immobilisation of UAN is unlikely, as the dry conditions impede the process.

Wendet man die oben angegebene N-Ausscheidungsformel auf die DLG-Ente an (Endgewicht 3,4 kg an<sup>-1</sup>; Futterverwertung  $x_{\text{feed, du}} = 2,618 \text{ kg kg}^{-1}$  nach Kapitel 9.7.4), ergibt sich eine N-Ausscheidung von 0,751 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, was gut dem o. g. Wert von 0,741 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> entspricht. Dies wird als Bestätigung des Enten-Berechnungsmodelles im Inventar gewertet.

Einstreu wird als Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Eine Immobilisierung von UAN in der Einstreu findet wahrscheinlich nicht statt (fehlende Feuchtigkeit verhindert Immobilisierung).

Table 9.25: Ducks, amounts of N inputs with straw in German broiler houses

| Housing type     | Haltungssysteme | straw input <sup>a</sup><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | dry matter (DM)<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | N input (in DM)<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | TAN<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> |
|------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| floor management | Bodenhaltung    | 19.5                                                            | 16.8                                                   | 97.3·10 <sup>-3</sup>                                  | 48.6·10 <sup>-3</sup>                      |

<sup>a</sup> Source: see text

#### 9.7.7.3 Partial NH<sub>3</sub> emission factors / Partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren

The NH<sub>3</sub> emission factor for housing is based on emission factors collated by the KTBL working group on emission factors for animal husbandry (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, Eurich-Menden et al., 2011). According to Eurich-Menden et al. (2011) the emission factor is 0.146 kg NH<sub>3</sub> (pl · a)<sup>-1</sup>. However, for the inventory, this emission factor has to be converted into an emission factor related to N excreted. DLG (2005), pg. 52, provides a standard N excretion of 1.482 kg N per place and year. This value has to be approximately halved in order to account for the fact that for its derivation the total N excretion during the duck's total lifespan had been related only to the fattening period which comprises only about one half of the total lifespan, see Chapter 9.7.7.1. This is confirmed by applying the N excretion formula derived for the inventory to the DLG duck (final weight 3.4 kg an<sup>-1</sup>). It approximately yields half the N excretion given in DLG (2005): 0.751 kg N per place and year. This value is used for the conversion of the above mentioned KTBL emission factor of 0.146 kg NH<sub>3</sub> (pl · a)<sup>-1</sup> to the N excretion-related value of 0.160 kg NH<sub>3</sub>-N (kg · a)<sup>-1</sup>.

For the partial NH<sub>3</sub> emission factor for storage, the value given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is used: 0.24 kg kg<sup>-1</sup> N. The factor relates to the UAN amount entering the storage.

For spreading, a factor of 0.45 kg kg<sup>-1</sup> related to UAN is used, reflecting the fact that incorporation is likely within 24 hours (see Table 9.3).

The emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are combined factors for house and storage, see Chapter, Table 9.2.

Der NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für den Stall basiert auf den Ergebnissen der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ (Eurich-Menden et al., 2011), die die NH<sub>3</sub>-Emission pro Tierplatz und Jahr mit 0,146 kg NH<sub>3</sub> (pl · a)<sup>-1</sup> angibt. Für das Inventar ist eine Umrechnung auf NH<sub>3</sub>-N sowie der Bezug auf die ausgeschiedene N-Menge erforderlich. DLG (2005), S. 52, gibt eine Standard-N-Ausscheidung von 1,482 kg N pro Platz und Jahr an. Dieser Wert muss aber in etwa halbiert werden, da er darauf beruht, dass die Gesamtausscheidung während der Lebensdauer auf die reine Mastphase bezogen wurde, die aber nur etwa die Hälfte der gesamten Lebensdauer umfasst. Siehe dazu Kapitel 9.7.7.1. Die Anwendung der für das Inventar entwickelten N-Ausscheidungsformel auf die DLG-Ente (Endgewicht 3,4 kg an<sup>-1</sup>) liefert denn auch ungefähr die Hälfte der DLG-Standard-N-Ausscheidung: 0,751 kg N pro Platz und Jahr. Dieser Wert wird für die Umrechnung des o. g. Emissionsfaktors der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ zugrunde gelegt, so dass sich der Emissionsfaktor schließlich zu 0,160 kg NH<sub>3</sub>-N pro kg N-Ausscheidung und Jahr ergibt.

Der partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit 0,24 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt.

Für die Ausbringung wird ein Emissionsfaktor von 0,45 kg kg<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N bezogen auf UAN verwendet (vgl. Table 9.3, Einarbeitung innerhalb 24 h).

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> siehe Kapitel 9.2, Table 9.2.

The uncertainty of the NH<sub>3</sub> emission factor characterizing the overall NH<sub>3</sub> emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

For the uncertainties of the N<sub>2</sub>O emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and N<sub>2</sub> emission factors, the uncertainty of the N<sub>2</sub>O emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

Die Unsicherheit des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene NH<sub>3</sub>-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

#### 9.7.8 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, list the following particle emission factors for other poultry (ducks, geese turkeys): 0.032 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0.004 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, gibt die folgenden PM-Emissionsfaktoren für anderes Geflügel (Enten, Gänse, Puten) an: 0,032 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0,004 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

#### 9.7.9 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 9.26: Ducks, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |              |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.24    |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.26    |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.108   | EM1009.110   |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.154   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.20    |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.44    |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.32    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |              |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.24   |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.23   |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.88   |              |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.119  |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.19   |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.41   |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005POU.52 | AI1005POU.61 |



## 9.8 Turkeys / Puten

Turkey production has been increasing in Germany which justifies a detailed description.

The sexual dimorphism makes it necessary to deal with cocks and hens separately in the inventory calculations.

The inventory does not consider goose husbandry in free ranges.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 9.27.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

Die Produktion von Puten nimmt in Deutschland erheblich zu. Dies rechtfertigt eine ausführliche Behandlung.

Wegen des Geschlechtsdimorphismus behandelt das Inventar Hähne und Hennen getrennt.

Freilandhaltung wird im Inventar nicht berücksichtigt.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.27 angegebenen Methoden.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Table 9.27: Turkeys, calculation methods applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied  | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|-----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                 | activities          | EF       | EF                 |
| CH <sub>4</sub>                      | enteric fermentation |      | no method       |                     |          |                    |
| CH <sub>4</sub>                      | Manure management    | 2    | IPCC / national | district            | national | 1 a                |
| NH <sub>3</sub>                      | Manure management    | 2    | EMEP / national | district            | national | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | Manure management    | 2    | IPCC / national | district            | national | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | animal house         | 1    | EMEP            | district            | national | 1 a                |

### 9.8.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers have been surveyed in each census, i.e. until 1996 in each even year, and from 1999 onwards in each odd year (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Instead of 2009, animal numbers were surveyed in 2010 by the Agricultural Census (Landwirtschaftszählung) in 2010. For 2011 no official animal numbers are available.

Data gaps within the times series are closed by interpolation or extrapolation

German statistics do not differentiate between male and female turkeys. In order to generate gender-specific animal numbers, the turkey numbers reported in the census are disaggregated using the fraction of males as in the following relations:

$$n_{tu} = n_{tm} + n_{tf} \quad (9.54)$$

$$n_{tm} = n_{tu} \cdot x_{tm} \quad (9.55)$$

$$n_{tf} = n_{tu} \cdot (1 - x_{tm}) \quad (9.56)$$

where

|          |                                                             |
|----------|-------------------------------------------------------------|
| $n_{tu}$ | number of turkeys (census data) (in pl)                     |
| $n_{tm}$ | number of male turkeys (in pl)                              |
| $n_{tf}$ | number of female turkeys (in pl)                            |
| $x_{tm}$ | fraction of male turkeys produced (in pl pl <sup>-1</sup> ) |

The fraction of male turkeys  $x_{tm}$  produced is documented in Damme (2001-2010) for the years 2000 – 2009. For the 1990ies no data are available. Hence the existing data were averaged and the result (55, 7 %) is used for all years from 1990 onwards.

For poultry numbers a standard error of 5 % is assumed (normal distribution). Then half the 95 % confidence interval is 10 %.

Tierplatzzahlen wurden in jeder Tierzählung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren und ab 1999 in allen ungeraden Jahren (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Statt 2009 erfolgte eine Erhebung im Jahr 2010 im Rahmen der Landwirtschaftszählung 2010. Für 2011 stehen keine offiziellen Tierplatzzahlen zur Verfügung.

Datenlücken in der Zeitreihe werden durch Interpolation bzw. Extrapolation geschlossen.

Die deutsche Statistik unterscheidet nicht zwischen weiblichen und männlichen Tieren. Zur Erzeugung getrennter Tierzahlen für männliche und weibliche Puten werden die berichteten Putenzahlen unter Verwendung des Anteils der männlichen Tiere wie folgt aufgeschlüsselt:

Der Anteil männlicher Puten  $x_{tm}$  ist in Damme (2001 – 2010) für die Jahre 2000 – 2009 dokumentiert. Für die Jahre vor 2000 liegen keine Daten vor, so dass die vorhandenen Daten gemittelt werden und der Mittelwert (55,7 %) für alle berichteten Jahre angenommen wird.

Für Geflügelzahlen wird ein Standardfehler von 5 % angenommen (Normalverteilung). Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt 10 %.

## 9.8.2 Animal performance and feed / Tierische Leistung und Fütterung

Turkey production in Germany is quasi industrial and works under uniform conditions. Hence, a regional differentiation with respect to housing and feeding is not necessary.

Die quasi-industrielle Putenmast verläuft in Deutschland unter einheitlichen Bedingungen. Eine regionale Differenzierung der Haltung und Ernährung der Tiere ist nicht notwendig.

### 9.8.2.1 Animal weights and fattening period durations / Tiergewichte und Mastdauern

In Germany, the predominant genotype is B.U.T Big 6 (B.U.T.: British United Turkeys Ltd.). The inventory uses a default start weight of  $60 \text{ g an}^{-1}$  (Haus Düsse, 2008). Males have a typical slaughter weight of 18 to  $21.5 \text{ kg an}^{-1}$ , typical production time is 19 to 23 weeks, equivalent to about 2.2 animal rounds per year. Females are slaughtered with a weight of 8.5 to  $10.5 \text{ kg an}^{-1}$  after 14 to 17 weeks of raising, which results in about 2.8 rounds per year (KTBL, 2006a, pg. 604 ff; Feldhaus and Sieverding, 2007, pg. 31 ff). For the fattening period durations used in the inventory see Table 9.28.

KTBL (2006a), pg. 622, gives an informative overview of the 19-week husbandry scheme predominantly used in Germany.

The significant difference between the final live weights and the characteristics of the respective fattening process (see Figure 9.4), cocks and hens are treated separately in this inventory. However, the calculation procedures themselves are identical.

Bei der deutschen Putenproduktion dominiert der Genotyp B.U.T Big 6 (B.U.T.: British United Turkeys Ltd.). Das Inventar rechnet mit einem Kükengewicht von  $60 \text{ g an}^{-1}$  (Haus Düsse, 2008). Hähne erreichen ein typisches Mastendgewicht von 18 bis  $21,5 \text{ kg an}^{-1}$  bei einer Mastdauer von 19 bis 23 Wochen (ca. 2,2 Durchgängen pro Jahr). Hennen werden mit  $8,5 \text{ bis } 10,5 \text{ kg an}^{-1}$  geschlachtet. Ihre Mastdauer beträgt 14 bis 17 Wochen (ca. 2,8 Durchgänge pro Jahr). (KTBL 2006a, S. 604 ff; Feldhaus und Sieverding, 2007, S. 31 ff). Zu den im Inventar verwendeten Mastdauern siehe Table 9.28.

Eine Übersicht über den in Deutschland vorherrschenden 19-Wochen-Rhythmus in der Stallbelegung findet sich z.B. in KTBL (2006a), S. 622.

Wegen der erheblichen Unterschiede bei Mastmastverlauf und Mastendgewicht (siehe Figure 9.4) werden Hähne und Hennen im Inventar getrennt behandelt. Das Rechenverfahren selbst ist für beide Unterkategorien gleich.

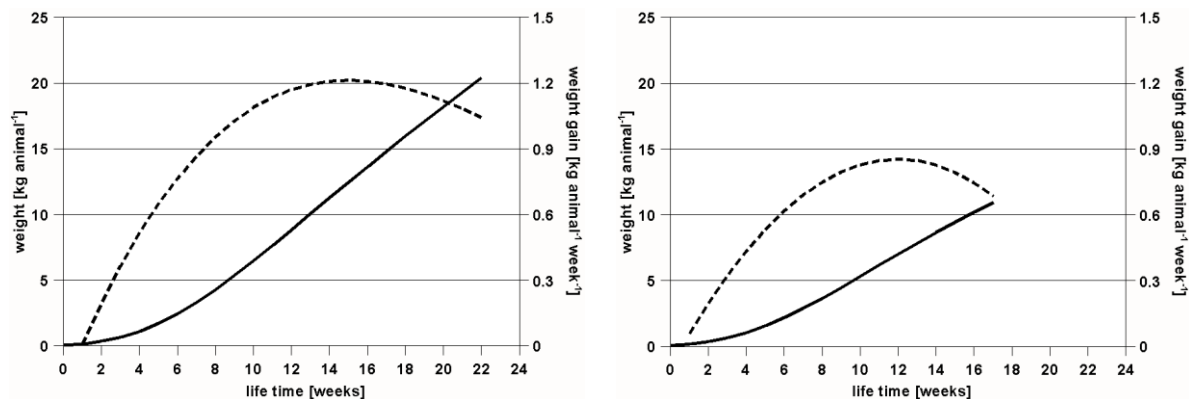


Figure 9.4: Turkeys, typical animal weight and weight gain developments  
Left: males, right: females; solid lines: weights; dotted lines: weight gains.  
(data source: DLG, 2005, pg. 51)

In order to reflect the development in turkey rearing since 1990, the inventory uses variable, year-dependent final live weights. Due to the uniform conditions of turkey fattening in Germany, these weights are used nationwide without regional differentiation.

For the inventory calculations the following input data were used:

For the years 1990 to 1992 and 2010/2011 no data are available from the Poultry Almanacs. Hence the almanac data of 1993 are applied to 1990 to 1992, while for 2010/2011 the 2009 data are used (see data in italic in Table 9.28).

Um die züchterische Entwicklung seit 1990 abbilden zu können, stützt sich das Inventar auf zeitlich variable Endgewichte, die in den Emissionsberechnungen aufgrund der Einheitlichkeit der Putenhaltung deutschlandweit einheitlich verwendet werden.

Für die Berechnungen des Inventars werden die im Folgenden beschriebenen Eingangsdaten verwendet. In den Jahren 1990-1992 und 2010/2011 sind keine Daten aus Geflügeljahrbüchern verfügbar, so dass für 1990-1992 die Daten aus 1993 und für 2010/2011 die Daten aus 2009 angenommen werden (in Table 9.28 kursiv dargestellt).

The duration of the fattening period in days ( $\tau_{\text{lifespan}}$ ) and the final-weight data  $w_{\text{fin}}$  are taken from the poultry almanacs (Petersen, 1993-1999; Damme, 2000-2010). For the years 1993 to 2001 the final weights have to be calculated using weight gain data  $\Delta w_{\text{tf}}/\Delta t$  (Petersen, 1993-1999; Damme, 2000-2002), duration-of-fattening-period data  $\tau_{\text{lifespan}}$  and start weight data as mentioned above (Haus Düsse, 2008). The feed intake  $m_{\text{F, FM}}$  is a function of the number of production rounds per year  $n_{\text{round}}$ , the feed conversion rate  $X_{\text{FC}}$  (Petersen, 1993-1999; Damme, 2000-2010) and the start and final weights. The calculation of  $n_{\text{round}}$  is described in Chapter 9.8.2.2. the input data for the emission calculations are displayed in Table 9.28.

Die Masttage  $\tau_{\text{lifespan}}$  und die Endgewichte  $w_{\text{fin}}$  stammen aus den Geflügeljhrbüchern (Petersen, 1993-1999; Damme, 2000-2010). Für die Jahre 1993-2001 müssen die Endgewichte anhand von Gewichtszunahmen  $\Delta w_{\text{tf}}/\Delta t$  (Petersen, 1993-1999; Damme, 2000-2002), der Masttage  $\tau_{\text{lifespan}}$  und des oben genannten Startgewichtes (Haus Düsse, 2008) berechnet werden. Die Futteraufnahmen  $m_{\text{F, FM}}$  sind eine Funktion der Durchgänge pro Jahr  $n_{\text{round}}$ , der Futterverwertung  $X_{\text{FC}}$  (Petersen, 1993-1999; Damme, 2000-2010) und des Start- und Mastendgewichtes. Die Berechnung der Durchgänge pro Jahr  $n_{\text{round}}$  ist in Kapitel 9.8.2.2 beschrieben. Für die den Berechnungen zugrunde liegenden Daten bzw. Zeitreihen siehe Table 9.28.

Table 9.28: Turkeys, animal performance and feed intake data from Poultry Almanacs and other sources

*Symbols and units:*

$\tau_{\text{lifespan, tm}}$  duration of fattening period of male turkeys (in d ro<sup>-1</sup>);  $n_{\text{round, tm}}$  number of animal rounds of male turkeys (in cy = an pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>);  $w_{\text{fin, tm}}$  final weight of male turkeys (in kg an<sup>-1</sup>);  $\Delta w_{\text{tm}}/\Delta t$  weight gain rate of male turkeys, averaged over fattening period (in g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>);  $X_{\text{FC, tm}}$  feed conversion rate of male turkeys (in kg kg<sup>-1</sup>);  $m_{\text{F, FM, tm}}$  overall feed intake (fresh matter) per year of male turkeys (in kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>);  $\tau_{\text{lifespan, tf}}$  duration of fattening period of female turkeys (in d ro<sup>-1</sup>);  $n_{\text{round, tf}}$  number of animal rounds of female turkeys (in cy = an pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>);  $w_{\text{fin, tf}}$  final weight of female turkeys (in kg an<sup>-1</sup>);  $\Delta w_{\text{tf}}/\Delta t$  weight gain rate of female turkeys, averaged over fattening period (in g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>);  $X_{\text{FC, tf}}$  feed conversion rate of female turkeys (in kg kg<sup>-1</sup>);  $m_{\text{F, FM, tf}}$  overall feed intake (fresh matter) per year of female turkeys (kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>).

|      | $\tau_{\text{lifespan, tm}}$ | $n_{\text{round}}$ | $w_{\text{fin, tm}}$ | $\Delta w_{\text{tm}}/\Delta t$ | $X_{\text{FC, tm}}$ | $m_{\text{F, FM, tm}}$ | $\tau_{\text{lifespan, tf}}$ | $n_{\text{round}}$ | $w_{\text{fin, tf}}$ | $\Delta w_{\text{tf}}/\Delta t$ | $X_{\text{FC, tf}}$ | $m_{\text{F, FM, tf}}$ |
|------|------------------------------|--------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------|------------------------------|--------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------|
| 1990 | 150.8                        | 2.2                | 17.9                 | 119.0                           | 2.827               | 112.36                 | 103.90                       | 3.10               | 8.00                 | 77.0                            | 2.827               | 64.08                  |
| 1991 | 150.8                        | 2.2                | 17.9                 | 119.0                           | 2.827               | 112.36                 | 103.90                       | 3.10               | 8.00                 | 77.0                            | 2.827               | 64.08                  |
| 1992 | 150.8                        | 2.2                | 17.9                 | 119.0                           | 2.827               | 112.36                 | 103.90                       | 3.10               | 8.00                 | 77.0                            | 2.827               | 64.08                  |
| 1993 | 150.8                        | 2.2                | 17.9                 | 119.0                           | 2.827               | 112.36                 | 103.90                       | 3.10               | 8.00                 | 77.0                            | 2.827               | 70.02                  |
| 1994 | 150.8                        | 2.2                | 17.9                 | 119.0                           | 2.827               | 112.36                 | 103.90                       | 3.10               | 8.00                 | 77.0                            | 2.827               | 70.02                  |
| 1995 | 150.8                        | 2.2                | 17.9                 | 119.0                           | 2.827               | 112.36                 | 103.90                       | 3.10               | 8.00                 | 77.0                            | 2.827               | 70.02                  |
| 1996 | 150.8                        | 2.2                | 17.9                 | 119.0                           | 2.827               | 112.36                 | 103.90                       | 3.10               | 8.00                 | 77.0                            | 2.827               | 70.02                  |
| 1997 | 150.8                        | 2.2                | 17.9                 | 119.0                           | 2.827               | 112.36                 | 103.90                       | 3.10               | 8.00                 | 77.0                            | 2.827               | 70.02                  |
| 1998 | 150.8                        | 2.2                | 17.9                 | 119.0                           | 2.827               | 112.36                 | 103.90                       | 3.10               | 8.00                 | 77.0                            | 2.827               | 70.02                  |
| 1999 | 150.8                        | 2.2                | 17.9                 | 119.0                           | 2.827               | 112.36                 | 103.90                       | 3.10               | 8.00                 | 77.0                            | 2.827               | 70.02                  |
| 2000 | 147.5                        | 2.3                | 19.8                 | 134.0                           | 2.640               | 117.93                 | 111.00                       | 2.90               | 9.99                 | 90.0                            | 2.640               | 77.01                  |
| 2001 | 146.8                        | 2.3                | 19.9                 | 135.8                           | 2.660               | 120.37                 | 111.50                       | 2.90               | 9.95                 | 89.2                            | 2.660               | 76.94                  |
| 2002 | 146.0                        | 2.3                | 19.5                 | 133.2                           | 2.680               | 119.28                 | 112.00                       | 2.90               | 9.87                 | 87.6                            | 2.680               | 76.63                  |
| 2003 | 146.0                        | 2.3                | 20.3                 | 138.6                           | 2.680               | 124.11                 | 112.00                       | 2.90               | 10.10                | 89.6                            | 2.680               | 78.41                  |
| 2004 | 145.0                        | 2.3                | 20.3                 | 139.7                           | 2.710               | 126.41                 | 111.00                       | 2.90               | 10.07                | 90.2                            | 2.710               | 79.69                  |
| 2005 | 146.0                        | 2.3                | 20.6                 | 141.0                           | 2.730               | 128.54                 | 111.00                       | 2.90               | 10.20                | 91.4                            | 2.730               | 81.31                  |
| 2006 | 146.0                        | 2.3                | 21.1                 | 144.4                           | 2.700               | 130.21                 | 112.50                       | 2.90               | 10.69                | 94.5                            | 2.700               | 83.28                  |
| 2007 | 145.0                        | 2.3                | 21.0                 | 144.7                           | 2.680               | 129.44                 | 111.00                       | 2.90               | 10.57                | 94.7                            | 2.680               | 82.72                  |
| 2008 | 141.0                        | 2.4                | 20.5                 | 145.1                           | 2.670               | 129.02                 | 108.00                       | 3.00               | 10.17                | 93.6                            | 2.670               | 81.24                  |
| 2009 | 145.0                        | 2.3                | 21.2                 | 145.4                           | 2.620               | 127.21                 | 111.00                       | 2.90               | 10.83                | 97.0                            | 2.620               | 82.85                  |
| 2010 | 145.0                        | 2.3                | 21.2                 | 145.4                           | 2.620               | 127.21                 | 111.00                       | 2.90               | 10.83                | 97.0                            | 2.620               | 82.85                  |
| 2011 | 145.0                        | 2.3                | 21.2                 | 145.4                           | 2.620               | 127.21                 | 111.00                       | 2.90               | 10.83                | 97.0                            | 2.620               | 82.85                  |

Sources: Petersen (1993 p.168, 1994 p. 164, 1995 p.181, 1996 p.184, 1997 p.192, 1998 p.193, 1999 p.196), Damme (2000 p.204, 2001 p.189, 2002 p.201, 2003 p.76, 2004 p.85, 2009 p.87, 2010 p.70); for further information see text.

### 9.8.2.2 Number of rounds per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr

The number of animal rounds  $n_{\text{round}}$  per year is a result of the fattening and cleansing period. For the latter 14 days per production cycle is assumed (KTBL, 2006a, S. 622).

Die Anzahl der Mastdurchgänge  $n_{\text{round}}$  pro Jahr ergibt sich aus der Mastdauer und der Reinigungszeit. Für letztere werden 14 Tage pro Durchgang angesetzt (KTBL, 2006a, S. 622).

$$n_{\text{round, tf / tm}} = \frac{\alpha}{\tau_{\text{tf / tm}} + \tau_{\text{service}}} \quad (9.57)$$

where

$n_{\text{round, tf / tm}}$  number of animal rounds of male or female turkeys (in cy = an pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\tau_{\text{tf / tm}}$  duration of fattening period of male or female turkeys (in d ro<sup>-1</sup>), see Chapter 9.8.2.1  
 $\tau_{\text{service}}$  duration of cleansing period (in d ro<sup>-1</sup>), see above

### 9.8.2.3 Energy requirements / Energiebedarf

At the time being, no methods are available to calculate the daily requirements of metabolizable energy as an average over all days of a production cycle (including the service time). However, the energy requirements can be calculated from the amount of feed intake and the ME content of the feed:

$$ME_{tf / tm} = \eta_{ME, feed} \cdot m_{F, FM, tf / tm} \quad (9.58)$$

where

|                      |                                                                                                                          |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $ME_{tf / tm}$       | requirements of metabolisable energy (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)                                         |
| $\eta_{ME, feed}$    | content of metabolisable energy in turkey diet, related to fresh matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ME), see Chapter 9.8.2.4 |
| $m_{F, FM, tf / tm}$ | feed intake (fresh matter) of female or male turkeys (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.8.2.4      |

### 9.8.2.4 Feed intake and feed properties / Futteraufnahme und Futtereigenschaften

In order to calculate VS excretions (see Chapter 9.8.4) the input data needed are the amount of feed taken in per place and year as well as dry matter content and digestibility of the feed.

The feed intake is calculated separately for male and female turkeys:

$$m_{F, FM, tf / tm} = \frac{\alpha \cdot (w_{fin, tf / tm} - w_{start}) \cdot X_{FC, tf / tm}}{\tau_{lifespan, tf / tm} + \tau_{service}} \quad (9.59)$$

where

|                            |                                                                                                      |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{F, FM, tf / tm}$       | feed intake (fresh matter) of female or male turkeys (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )       |
| $\alpha$                   | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                     |
| $w_{fin, tf / tm}$         | final live weight of female or male turkeys (in kg an <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.8.2.1           |
| $w_{start}$                | start weight of turkeys (in kg an <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.8.2.1                               |
| $X_{FC, tf / tm}$          | feed conversion rate of female or male turkeys (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below                  |
| $\tau_{lifespan, tf / tm}$ | duration of fattening period of female or male turkeys (in d ro <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.8.2.1 |
| $\tau_{service}$           | duration of cleansing time (in d ro <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.8.2.1                             |

Data on the feed conversion rate  $X_{FC, tf / tm}$  which is the feed intake (fresh matter) needed per unit weight gain is listed in Table 9.28 in Chapter 9.8.2.1.

The digestibility  $X_{DE, tu}$  is approximated by the digestibility of organic matter (67 %) as provided by Seskeviciene et al. (2005), i. e.  $X_{DE, tu} = X_{DOM, tu} = 0,67 \text{ MJ MJ}^{-1}$ .

The digestibility of organic matter  $X_{DOM}$  is unknown. It is replaced with  $X_{DE}$ . As the digestibility of energy is somewhat lower than that of organic matter, the assumption  $X_{DOM} \approx X_{DE}$  leads to a slight overestimation of CH<sub>4</sub> emissions from manure management.

According to RHG (2006), the ash content of feed is 8 % for the starter phase, 6.5 % for the main phase and 5 % for the final phase. Taking into account that the main phase represents by far the greatest fraction of the total production cycle, its ash content (6.5 %) is assumed to be representative for the total production cycle. Based on the dry matter content of feed (88 %) the dry matter-related ash content is 7.4 %.

Due to lack of information, the feeding-related data are assumed to be constant with time and space.

Für den über alle Tage eines Durchganges (einschließlich der Reinigungszeit) gemittelten Tagesbedarf an metabolisierbarer Energie pro Tierplatz sind derzeit keine Berechnungsverfahren verfügbar. Der Energiebedarf kann aber anhand von Futteraufnahme und ME-Gehalt des Futters berechnet werden:

Für die VS-Ausscheidungsrechnung (siehe Kapitel 9.8.4) werden als Eingangsgrößen die pro Tierplatz und Jahr aufgenommene Futtermenge sowie Trockenmassegehalt und Verdaulichkeit des Futters benötigt.

Die Futtermenge wird für weibliche und männliche Puten getrennt berechnet:

Daten zum Futteraufwand  $X_{FC, tf / tm}$ , der die pro Zuwachseinheit erforderliche Futtermenge (in Frischmasse) angibt, finden sich in Table 9.28 in Kapitel 9.8.2.1.

Für die Verdaulichkeit  $X_{DE, tu}$  wird näherungsweise der von Seskeviciene et al. (2005) für organische Substanz ermittelte Wert von 67 % verwendet:  $X_{DE, tu} = X_{DOM, tu} = 0,67 \text{ MJ MJ}^{-1}$  verwendet.

Die Verdaulichkeit von organischer Substanz  $X_{DOM, br}$  ist nicht bekannt. Sie wird durch  $X_{DE, br}$  ersetzt. Da die Verdaulichkeit von Energie etwas niedriger als die von organischer Substanz ist, bewirkt diese Annahme eine leichte Überschätzung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Der Aschegehalt des Futters beträgt, bezogen auf Frischmasse, nach RHG (2006) 8 % für die Starterphase, 6,5 % für die Mittelmast und 5 % für die Endmast. In Anbetracht des überwiegenden Zeitanteils der Mittelmast wird der entsprechende Aschegehalt als repräsentativ angesehen (6.5 %). Unter Berücksichtigung des Trockenmassegehaltes von 88 % ergibt sich daraus ein auf Trockenmasse bezogener Aschegehalt von 7,4 %.

Mangels besserer Informationen werden die Futterkennwerte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

In order to establish the N balance of the animal as a basis for the calculation of the emissions of N species the N content of the feed ( $x_N$ ) is needed, see Chapter 9.8.5.1. The N content is derived from national data on turkey phase feeding, weighted with the amount of feed taken in, see Table 9.29. The data sets presented in Table 9.29 also show information on N reduced feeding. However, due to lack of data on the temporal and spatial distribution, the N reduced feeding cannot be account for in the inventory.

Zur Erstellung der tierischen N-Bilanz als Grundlage für die Berechnung der Emissionen von N-Spezies wird der N-Gehalt  $x_N$  im Futter benötigt, siehe Kapitel 9.8.5.1. Dieser wird als mit der Futtermenge gewichtetes Mittel aus nationalen Daten zur Phasenfütterung abgeleitet, siehe Table 9.29. Diese Datenaufstellung zeigt auch Informationen zur N-reduzierten Fütterung. Mangels Daten zur regionalen und zeitlichen Verteilung kann eine mögliche N-reduzierte Fütterung in den Emissionsberechnungen derzeit aber nicht berücksichtigt werden.

Table 9.29: Turkeys, phase feeding, feed nitrogen contents ( $x_N$ ) and specific ME contents ( $\eta_{ME, feed}$ )  
Amounts of feed in fresh matter, nitrogen contents and specific ME contents related to fresh matter.

| Phase                                      | lifetime period<br>(weeks) | feed intake,<br>males <sup>a</sup><br>(in kg) | feed intake,<br>females <sup>a</sup><br>(in kg) | $x_N$ <sup>a</sup><br>(in kg kg <sup>-1</sup> ) | $x_N$ , N reduced feed <sup>a</sup><br>(in kg kg <sup>-1</sup> ) | $\eta_{ME, feed}$ <sup>b</sup><br>(in MJ kg <sup>-1</sup> ) |
|--------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| turkeys A                                  | 1 to 2                     | 0.47                                          | 0.43                                            | 0.0464                                          | 0.0464                                                           | 11.0                                                        |
| turkeys B                                  | 3 to 5                     | 2.44                                          | 2.02                                            | 0.0424                                          | 0.0424                                                           | 11.0                                                        |
| turkeys C                                  | 6 to 9                     | 7.38                                          | 5.97                                            | 0.0384                                          | 0.0368                                                           | 11.4                                                        |
| turkeys D                                  | 10 to 13                   | 11.09                                         | 8.80                                            | 0.0336                                          | 0.0320                                                           | 11.4                                                        |
| turkeys E                                  | 14 to 17                   | 13.90                                         | 10.68                                           | 0.0288 males<br>0.0296 females                  | 0.0288 males<br>0.0296 females                                   | 11.8                                                        |
| turkeys F                                  | 18 to 22                   | 21.50                                         | ---                                             | 0.0256                                          | 0.0240                                                           | 12.6                                                        |
| overall feed<br>intake (kg)                |                            | 56.78                                         | 27.90                                           |                                                 |                                                                  |                                                             |
| weighted mean<br>(in kg kg <sup>-1</sup> ) |                            |                                               |                                                 | 0.0305 males<br>0.0339 females                  | 0.0294 males<br>0.0331 females                                   | 11.93 males<br>11.52 females                                |

<sup>a</sup> Source: DLG, 2005, pg. 51

<sup>b</sup> Source: KTBL (2006), pg. 618

For the mean specific ME content of the feed ( $\eta_{ME, feed}$ ) see Table 9.29.

The inventory does not calculate the amount of gross energy GE as is not needed for the VS calculation method used in the present inventory.

Der mittlere spezifische ME-Gehalt des Futters ( $\eta_{ME, feed}$ ) ist Table 9.29 zu entnehmen.

Die GE-Aufnahme mit dem Futter wird im Inventar nicht berechnet, da sie für die aktuell verwendete VS-Berechnungsmethode nicht benötigt wird.

### 9.8.3 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

### 9.8.4 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

For the required data see Chapter 9.8.2.4.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factor  $MCF$  are  $0,36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$  and  $0.01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  respectively. (IPCC 1996 does not differentiate between various species among poultry.)

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Für die erforderlichen Daten siehe Kapitel 9.8.2.4.

Nach IPCC(2006)-10.82 betragen die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$   $0,36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$  und der Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für alle in Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen  $0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . (In IPCC(1996) finden sich keine nach Geflügelart differenzierten Angaben.)

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 9.8.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 9.8.5.1 N excretion rates / N-Ausscheidungen

Data on N excretions is provided in DLG (2005), pg. 51/52. These data is not used in the inventory as it is constant in time and therefore does not reflect the progress in turkey breeding since 1990. Hence, the inventory calculates N excretions from the N balance of the animal, thus allowing for the N excretions to be time dependent.

The annual N excretion per animal place is calculated from the amounts of feed, the N content of the feed and the N content of the animals according to:

DLG (2005), S. 51/52, gibt N-Ausscheidungswerte an. Diese werden im Inventar nicht verwendet, da sie keine zeitliche Variabilität aufweisen und deshalb die züchterische Entwicklung seit 1990 nicht abbilden können. Daher wird die N-Ausscheidung mit Hilfe einer N-Bilanz berechnet, die eine Abhängigkeit von der Zeit ermöglicht.

Die jährlichen N-Ausscheidungen pro Tierplatz ergeben sich aus den Futtermengen, den N-Gehalten des Futters, dem Endgewicht und dem N-Gehalt der Tiere:

$$m_{\text{excr, tf}} = m_{\text{feed, tf}} - m_{\text{g, tf}} \quad (9.60)$$

where

|                       |                                                                                                     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{excr, tf}}$ | amount of nitrogen excreted (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)             |
| $m_{\text{feed, tf}}$ | nitrogen intake with feed (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)               |
| $m_{\text{g, tf}}$    | amount of nitrogen retained with growth (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |

with

$$m_{\text{feed, tf}} = m_{\text{F, FM, tf}} \cdot x_{\text{N}} \quad (9.61)$$

where

|                        |                                                                                                                       |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{feed, tf}}$  | nitrogen intake with feed (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                 |
| $m_{\text{F, FM, tf}}$ | amount of feed taken in (fresh matter), female turkeys (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.8.2.4 |
| $x_{\text{N}}$         | mean nitrogen content of feed (in kg kg <sup>-1</sup> N), see Chapter 9.8.2.4                                         |

and

$$m_{\text{g, tf}} = x_{\text{N, ret, tu}} \cdot \frac{\alpha \cdot (w_{\text{fin, tf}} - w_{\text{start}})}{\tau_{\text{lifespan, tf}} + \tau_{\text{service}}} \quad (9.62)$$

where

|                                   |                                                                                                                   |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{g, tf}}$                | amount of nitrogen retained with growth (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)               |
| $x_{\text{N, ret, tu}}$           | mean N content of turkeys ( $x_{\text{N, ret, tu}} = 0.035 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , see DLG, 2005, pg. 12) |
| $\alpha$                          | time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )                                                  |
| $w_{\text{fin, tf / tm}}$         | final live weight of female or male turkeys (in kg an <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.8.2.1                        |
| $w_{\text{start}}$                | start weight of turkeys (in kg an <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.8.2.1                                            |
| $\tau_{\text{lifespan, tf / tm}}$ | duration of fattening period of female or male turkeys (in d ro <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.8.2.1              |
| $\tau_{\text{service}}$           | duration of cleansing time (in d ro <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.8.2.1                                          |

The amount of UAN excreted is calculated as follows (In the inventory, UAN is approximated by TAN, see Chapter 3.3.3.2).

Die ausgeschiedene Menge an UAN berechnet sich wie folgt (UAN wird im Inventar näherungsweise mit TAN gleichgesetzt, siehe Kapitel 3.3.3.2):

$$UAN \approx TAN = m_{\text{feed, tf}} \cdot X_{\text{DE, tu}} - m_{\text{g, tf}} \quad (9.63)$$

where

|                       |                                                                                                                |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UAN                   | amount of UAN excreted (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> UAN)                           |
| TAN                   | amount of UAN excreted (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TAN)                           |
| $m_{\text{feed, tf}}$ | nitrogen intake with feed (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N), see above               |
| $X_{\text{DE, tu}}$   | digestibility of feed (female turkeys) (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.8.2.4                          |
| $m_{\text{g, tf}}$    | amount of nitrogen retained with growth (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N), see above |

For male turkeys these equations are applied by analogy.

Die Gleichungen gelten für männliche Puten sinngemäß.

#### 9.8.5.2 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

Bedding is considered to be straw. For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of bedding material to be applied per animal place and year is given in the following table:

Die gesamte Einstreu wird als Stroh berücksichtigt. Bzgl. Stroeigenschaften siehe Kapitel 3.3.4.3.2.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Nachfolgende Tabelle gibt die jährlich pro Tierplatz zu berücksichtigende Einstreumenge an:

Table 9.30: Turkeys, amounts of N inputs with straw in German turkey houses

| straw input <sup>a</sup><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | dry matter (DM)<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | N input (in DM)<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | TAN<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 10.3                                                            | 8.9                                                    | 51.4·10 <sup>-3</sup>                                  | 25.7·10 <sup>-3</sup>                      |

<sup>a</sup> Source: see text

#### 9.8.5.3 *Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren*

For male and female turkeys the KTBL working group on emission factors for animal husbandry (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, Eurich-Menden et al., 2011) provide emission factors of 0.680 kg NH<sub>3</sub> and 0.387 kg NH<sub>3</sub>, respectively (per place and year). The conversion into emission factors related to N excreted is presented in Table 9.31. This conversion is needed for the inventory. However, considering the similarity of housing conditions for hens and cocks, the resulting difference between both emission factors is unpalatable. Hence, the arithmetic mean is used.

For the partial NH<sub>3</sub> emission factor for storage, the value given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is used: 0.24 kg kg<sup>-1</sup> N. The factor relates to the UAN amount entering the storage.

Für Hähne gibt die KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ (Eurich-Menden et al., 2011) (Landtechnik-Artikel) einen platzbezogenen Stall-Emissionsfaktor von 0,680 kg NH<sub>3</sub> pro Platz und Jahr an, für Hennen 0,387 kg NH<sub>3</sub> pro Platz und Jahr. Die für das Inventar erforderliche Umrechnung auf NH<sub>3</sub>-N sowie der Bezug auf die ausgeschiedene N-Menge sind in Table 9.31 dargestellt. Der sich dabei ergebende Unterschied ist in Anbetracht vergleichbarer Haltungsverfahren nicht plausibel, weshalb im Inventar mit dem Mittelwert der beiden Emissionsfaktoren gerechnet wird.

Der partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit 0,24 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt.

Table 9.31: Turkeys, derivation of partial emission factors for NH<sub>3</sub> losses from housing

|       | EF <sup>a</sup><br>kg NH <sub>3</sub> (pl · a) <sup>-1</sup> | EF <sup>b</sup><br>kg NH <sub>3</sub> -N (pl · a) <sup>-1</sup> | standard N<br>excretion <sup>c</sup><br>kg N per animal | standard N<br>excretion <sup>d</sup><br>kg N (pl · a) <sup>-1</sup> | EF related to standard<br>N excretion<br>kg NH <sub>3</sub> -N (kg N <sub>excr</sub> ) <sup>-1</sup> | EF used in the<br>inventory <sup>e</sup><br>kg NH <sub>3</sub> -N (kg N <sub>excr</sub> ) <sup>-1</sup> |
|-------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| cocks | 0.680                                                        | 0.560                                                           | 0.973                                                   | 2.200                                                               | 0.2545                                                                                               |                                                                                                         |
| hens  | 0.387                                                        | 0.319                                                           | 0.564                                                   | 1.676                                                               | 0.1902                                                                                               | 0.222                                                                                                   |

<sup>a</sup> Source: Eurich-Menden et al. (2011)

<sup>b</sup> Source: Eurich-Menden et al. (2011), data multiplied by 14/17 to transform from NH<sub>3</sub> to NH<sub>3</sub>-N units

<sup>c</sup> Source: DLG (2005), pg. 51

<sup>d</sup> Derived from the standard N excretion per animal by multiplying with the number of production cycles per year (2.26 for cocks, 2.97 for hens, based on typical data for fattening period durations and cleansing period duration as provided in Chapter 9.8.2.1)

<sup>e</sup> see text

For spreading, a factor of 0.45 kg kg<sup>-1</sup> related to UAN is used, reflecting the fact that incorporation is likely within 24 hours (see Table 9.3).

The emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are combined factors for house and storage, see Chapter 9.2, Table 9.2.

The uncertainty of the NH<sub>3</sub> emission factor characterizing the overall NH<sub>3</sub> emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 13.4).

For the uncertainties of the N<sub>2</sub>O emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 13.3.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and N<sub>2</sub> emission factors, the uncertainty of the N<sub>2</sub>O emission factor is adopted (see Chapter 13.3.2).

Für die Ausbringung wird ein Emissionsfaktor von 0,45 kg kg<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N bezogen auf UAN verwendet (vgl. Table 9.3, Einarbeitung innerhalb 24 h).

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> siehe Kapitel 9.2, Table 9.2.

Die Unsicherheit des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene NH<sub>3</sub>-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 13.4.

Für die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 13.3.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren wird die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 13.3.2.

#### 9.8.6 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, list the following particle emission factors for turkeys: 0.032 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0.004 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Nach EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, lauten PM-Emissionsfaktoren für Puten: 0,032 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0,004 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.5.

#### 9.8.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

For reference to information provided with the data CD see Table 9.32.

Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen finden sich in der nachfolgenden Table 9.32.

Table 9.32: Turkeys, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |              |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.25    | EM1005.26    |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.27    | EM1009.28    |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.111   | EM1009.116   |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.155   | EM1009.156   |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.21    | EM1010.22    |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.45    | EM1010.46    |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.33    | AC1005.35    |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |              |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.25   | IEF1005.27   |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.24   | IEF1009.26   |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.89   | IEF1009.91   |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.120  | IEF1009.122  |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.20   | IEF1010.21   |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.42   | IEF1010.43   |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005POU.62 | AI1005POU.83 |



## 9.9 Poultry – collective description / Geflügel - zusammenfassende Daten

For greenhouse gases, emissions have to be reported for poultry as a single category. The aggregation of data sets is described in Chapter 9.9.1.

For air pollutants, a differentiation has to be made between laying hens, broilers and “other poultry”. For the aggregation of “other poultry” data the methods listed in Chapter 9.9.1 are used by analogy.

Treibhausgasemissionen sind für Geflügel insgesamt zu berichten. Die Aggregation der Daten wird in Kapitel 9.9.1 beschrieben.

Bei den luftverschmutzenden Gasen und Stoffen ist nach Legehennen, Masthähnchen und -hühnchen sowie „anderes Geflügel“ zu unterscheiden. Die Datenaggregation für „anderes Geflügel“ folgt sinngemäß den Ausführungen in Kapitel 9.9.1.

### 9.9.1 Aggregated data for poultry / Zusammenfassende Daten für Geflügel

#### 9.9.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The total number of pigs in the official statistics is the sum of all subcategories in Table 9.1.

Die Gesamtzahl des Geflügels in der amtlichen Tierzählung gibt die Summe aller Unterkategorien in Table 9.1 wieder.

$$n_{\text{poultry}} = n_{\text{AA}} + n_{\text{AB}} + n_{\text{AC}} + n_{\text{AD}} + n_{\text{AE}} + n_{\text{AF}} \quad (9.64)$$

where

$n_{\text{AA}}$  etc. number of animals in census subcategory AA, etc. (see Table 9.1)

For poultry numbers a standard error of 5 % is assumed (normal distribution). Then half the 95 % confidence interval is 10 %.

Für Geflügelzahlen wird ein Standardfehler von 5 % angenommen (Normalverteilung). Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt 10 %.

#### 9.9.1.2 Animal weights / Tiergewichte

The mean animal weight of poultry is calculated from the mean weights of the various poultry categories:

Das mittlere Gewicht von Geflügel wird aus den mittleren Gewichten der einzelnen Geflügelkategorien berechnet:

$$w_{\text{mean, poultry}} = \frac{n_{\text{lh}} \cdot w_{\text{mean, lh}} + n_{\text{br}} \cdot w_{\text{mean, br}} + n_{\text{pu}} \cdot w_{\text{mean, pu}} + n_{\text{ge}} \cdot w_{\text{mean, ge}} + n_{\text{du}} \cdot w_{\text{mean, du}} + n_{\text{tu}} \cdot w_{\text{mean, tu}}}{n_{\text{lh}} + n_{\text{br}} + n_{\text{pu}} + n_{\text{ge}} + n_{\text{du}} + n_{\text{tu}}} \quad (9.65)$$

where

$w_{\text{mean, poultry}}$  mean weight of poultry (in kg an<sup>-1</sup>)  
 $n_{\text{lh}}$  number of laying hens (in pl)  
 $w_{\text{mean, lh}}$  mean weight of laying hens (in kg an<sup>-1</sup>)  
 etc.

The mean animal weights of the poultry categories are estimated as follows:

- The mean weight of laying hens is the arithmetic mean of the weights at the beginning and the end of the laying period.
- The mean weight of pullets and broilers is half the sum of chicklet weight and final weight, where the final pullet weight is the initial weight of laying hens.
- The mean weight of geese, ducks and turkeys is calculated in a simplified manner as half the final fattening weight, where different final fattening weights of male and female turkeys are accounted for.

Die mittleren Gewichte der Geflügelkategorien werden wie folgt geschätzt:

- Als mittleres Gewicht von Legehennen wird das arithmetische Mittel der Gewichte zu Beginn und zum Ende der Legeperiode angesehen.
- Das mittlere Gewicht von Junghennen sowie Masthähnchen und -hühnchen wird als Hälfte der Summe von Küken- und Endgewicht berechnet, wobei das Endgewicht der Junghennen dem Anfangsgewicht der Legehennen entspricht.
- Das mittlere Gewicht von Gänsen, Enten und Puten wird vereinfachend mit der Hälfte des Mastendgewichtes gleichgesetzt, wozu bei Puten das unterschiedliche Mastendgewicht von Hähnen und Hennen berücksichtigt wird.

### 9.9.1.3 Calculation of mean VS and N excretions / Berechnung mittlerer VS- und N-Ausscheidungen

The mean VS excretions for poultry are assessed using calculated data for laying hens, broilers, pullets, ducks and turkeys. There is no IPCC default values for geese. As the number of geese is small, geese are not included in the determination of the mean.

Die mittleren VS-Ausscheidungen für Geflügel werden aus berechneten Daten für Legehennen, Masthühnchen und -hühnchen, Enten und Puten berechnet. Ein IPCC-default-Wert für Gänse ist nicht angegeben. Da die Zahl der Gänse gering ist, werden Gänse in die Mittelwertbildung nicht einbezogen.

$$VS_{\text{mean, poultry}} = \frac{n_{\text{lh}} \cdot VS_{\text{lh}} + n_{\text{br}} \cdot VS_{\text{br}} + n_{\text{pu}} \cdot VS_{\text{pu}} + n_{\text{du}} \cdot VS_{\text{du}} + n_{\text{tu}} \cdot VS_{\text{tu}}}{n_{\text{lh}} + n_{\text{br}} + n_{\text{pu}} + n_{\text{du}} + n_{\text{tu}}} \quad (9.66)$$

where

$VS_{\text{mean, poultry}}$  mean VS excretion of poultry (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $n_{\text{lh}}$  number of laying hens (in pl)  
 $VS_{\text{lh}}$  VS excretion of layinghens (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 etc.

In contrast to VS excretions, mean N excretions can be obtained including all subcategories:

Im Gegensatz zu mittleren VS-Ausscheidungen können die mittleren N-Ausscheidungen unter Einbeziehung aller Unterkategorien berechnet werden:

$$m_{\text{excr, mean, poultry}} = \frac{n_{\text{lh}} \cdot m_{\text{excr, lh}} + n_{\text{br}} \cdot m_{\text{excr, br}} + n_{\text{pu}} \cdot m_{\text{excr, pu}} + n_{\text{ge}} \cdot m_{\text{excr, ge}} + n_{\text{du}} \cdot m_{\text{excr, du}} + n_{\text{tu}} \cdot m_{\text{excr, tu}}}{n_{\text{lh}} + n_{\text{br}} + n_{\text{pu}} + n_{\text{ge}} + n_{\text{du}} + n_{\text{tu}}} \quad (9.67)$$

where

$m_{\text{excr, mean, poultry}}$  mean N excretion of poultry (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $n_{\text{lh}}$  number of laying hens (in pl)  
 $m_{\text{excr, lh}}$  N excretion of laying hens (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 etc.

### 9.9.1.4 Implied emission factors / Aggregierte Emissionsfaktoren

For the calculation of mean implied emission factors  $IEF_{\text{poultry, i}}$  of a species i, the total of the emissions of the species i is derived from the animal numbers in each subcategory and the respective emission factor  $EF_i$ , and then divided by the overall number of poultry.

For CH<sub>4</sub> emissions, geese are not accounted for.

Zur Berechnung der mittleren aggregierten Emissionsfaktoren  $IEF_{\text{poultry, i}}$  für eine Spezies i wird die Summe aller berechneten Emissionen einer Spezies i aus Tierzahlen und mittleren Emissionsfaktoren  $EF_i$  errechnet und durch die Gesamtzahl des Geflügels dividiert.

Bei CH<sub>4</sub>-Emissionen werden Gänse nicht berücksichtigt.

$$IEF_{\text{poultry, i}} = \frac{n_{\text{lh}} \cdot EF_{\text{lh, i}} + n_{\text{br}} \cdot EF_{\text{br, i}} + n_{\text{pu}} \cdot EF_{\text{pu, i}} + n_{\text{ge}} \cdot EF_{\text{ge, i}} + n_{\text{du}} \cdot EF_{\text{du, i}} + n_{\text{tu}} \cdot EF_{\text{tu, i}}}{n_{\text{lh}} + n_{\text{br}} + n_{\text{pu}} + n_{\text{ge}} + n_{\text{du}} + n_{\text{tu}}} \quad (9.68)$$

where

$IEF_{\text{poultry, i}}$  implied emission factor of a species i for poultry (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $n_{\text{lh}}$  number of laying hens (in pl)  
 $EF_{\text{lh, i}}$  emission factor of a species i for laying hens (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 etc.

### 9.9.2 Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von emissionserklärenden Variablen und aggregierten Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten

In this chapter, a comparison is made of implied emission factors (IEF) between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions and German data in this inventory.

In diesem Kapitel werden die aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) und wichtige emissionserklärende Variablen mit denen benachbarter Länder (letzte verfügbare Daten) mit ähnlicher Landwirtschaft verglichen.

## 9.9.2.1

Mean implied emission factors for gases and emission explaining variables / Mittlere aggregierte Emissionsfaktoren für Gase und emissionserklärende Variablen

In this chapter a comparison is made of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions.

In diesem Kapitel erfolgt eine Gegenüberstellung aggregierter Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärender Variablen für Deutschland und Länder, deren Landwirtschaft der deutschen ähnlich ist.

Table 9.33: Poultry, 2010, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors regarding enteric fermentation (ent) and manure management (MM)

|                                                                                  | mean animal weight<br>kg a <sup>-1</sup> | VS excretion<br>kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> | N excretion<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | IEF                                                        |                                                           |                                                        |                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                                                                                  |                                          |                                                     |                                                    | CH <sub>4,ent</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | CH <sub>4,MM</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | NH <sub>3</sub><br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> | N <sub>2</sub> O<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> |
| Austria                                                                          | 1.10                                     | 0.10                                                | 0.55                                               | 0.02                                                       | 0.07                                                      | 0.40                                                   |                                                         |
| Belgium                                                                          | 1.59                                     | 0.03                                                | 0.59                                               | NO                                                         | 0.04                                                      | 0.13                                                   |                                                         |
| Czech Republic                                                                   | NA                                       | NA                                                  | 0.60                                               | NA                                                         | 0.08                                                      | 0.18                                                   |                                                         |
| Denmark                                                                          | 2.00                                     | 0.00                                                | 0.60                                               | 0.00                                                       | 0.03                                                      | 0.22                                                   |                                                         |
| France                                                                           | NA                                       | 0.10                                                | 0.57                                               | NA                                                         | 0.12                                                      | 0.30                                                   |                                                         |
| <b>Germany</b>                                                                   | <b>1.96</b>                              | <b>0.026<sup>a</sup></b>                            | <b>0.76</b>                                        |                                                            | <b>0.04</b>                                               | <b>0.37</b>                                            | <b>0.0012</b>                                           |
| Netherlands                                                                      | NE                                       | 0.02                                                | 0.62                                               | NE                                                         | 0.03                                                      | 0.14                                                   |                                                         |
| Poland                                                                           | 1.10                                     | 0.10                                                | 0.35                                               | NO                                                         | 0.08                                                      | 0.13                                                   |                                                         |
| Switzerland                                                                      | NA                                       | 0.10                                                | 0.54                                               | 0.01                                                       | 0.12                                                      | 0.21                                                   |                                                         |
| United Kingdom                                                                   | NE                                       | 0.10                                                | 0.58                                               | NA                                                         | 0.08                                                      | 0.18                                                   |                                                         |
| IPCC (1996)-3-4.12, 4.47, 4.99, Western Europe, cool region, developed countries | 1.10                                     | 0.10                                                | 0.6                                                | NE                                                         | 0.078                                                     |                                                        |                                                         |
| IPCC (2000)-4.45                                                                 |                                          |                                                     | mature: 0.6<br>0-0.25 years: 0.3                   |                                                            |                                                           | 0.28 to<br>0.92                                        |                                                         |
| IPCC (2006)- 10.82, Western Europe, cool region, developed countries             | 0.9 to 6.8                               | 0.01 to 0.07                                        | 0.55 <sup>b,c</sup>                                | NE                                                         | 0.02 to 0.09                                              |                                                        |                                                         |
| EMEP (2009)-4.B-26, 64, 65                                                       |                                          |                                                     | 0.55 to<br>1.64                                    |                                                            |                                                           | 0.22 to<br>0.95                                        | 0.001 to<br>0.004                                       |

Sources: Germany: submission 2013; all other countries: UNFCCC (2012), CRF Table 4.A, 4B; CEIP (2012) NFR

<sup>a</sup> calculated without geese

<sup>b</sup> calculated according to IPCC (2006) using the German mean animal weights of poultry subcategories (submission 2012)

<sup>c</sup> assumptions for missing values: geese weight = 1/2 default turkey weight (IPCC 2006), geese N excretion = default turkey N excretion (IPCC 2006), pullet weight = 1/2 default layer weight (IPCC 2006), pullet N excretion = default layer N excretion (IPCC 2006)

In the poultry category, the German IEF value CH<sub>4,MM</sub> is similar in level to the corresponding results for Belgium, Denmark and the Netherlands. The value obtained is considerably lower than the default value in IPCC (1996); the default value in IPCC (2006) provides a better description of the situation prevailing in central Europe. For nearly all poultry categories, the German VS-excretions values are calculated on the basis of national input data. The mean VS value derived from those calculated figures for poultry, is at the lower end of the default value range in IPCC (2006) and, thus, is considerably lower than the IPCC-1996 default value for VS.

In the poultry category, German has the highest N excretions of all countries compared. Since the compositions of poultry populations in other countries are not reported, the comparability of the values is limited. The IPCC default values of 1996 and of 2006 underestimate the situation in Germany. The German value, on the other hand, lies well within the value range given by EMEP (2009), and it is nearly the same as the EMEP value for laying hens, 0.77 kg place<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

As in the case of N excretions the mean NH<sub>3</sub> emission factor also greatly depends on the composition of the poultry population. Also no additional information is available. The comparison with a default factor is impossible.

Beim Geflügel liegt der IEF CH<sub>4,MM</sub> auf dem Niveau der Ergebnisse aus Belgien, Dänemark und den Niederlanden. Der Defaultwert von IPCC (1996) wird deutlich unterschritten; der Defaultwertebereich von IPCC (2006) beschreibt die Situation in Mitteleuropa besser. Die deutschen VS-Ausscheidungen werden für nahezu alle Geflügelkategorien auf Grundlage nationaler Eingangsdaten berechnet; der daraus abgeleitete VS-Mittelwert für Geflügel liegt am unteren Ende des Defaultwertebereiches von IPCC (2006) und damit deutlich unter dem IPCC-1996-Defaultwert für VS.

Beim Geflügel weist Deutschland die höchsten N-Ausscheidungen unter den verglichenen Ländern auf. Da über die Zusammensetzung der Geflügelpopulationen in den anderen Ländern nicht berichtet wird, sind die Werte nur begrenzt vergleichbar. Die-IPCC-Defaultwerte von 1996 und 2006 unterschätzen die Situation in Deutschland. Der deutsche Wert liegt dagegen gut innerhalb des von EMEP (2009) vorgegebenen Wertebereichs und entspricht ziemlich genau dem EMEP-Legehennenwert von 0,77 kg Platz<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Wie im Falle der N-Ausscheidungen hängen auch die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren stark von der Zusammensetzung der Tierpopulation ab. Auch fehlen Angaben der Nachbarländer. Ein Vergleich mit default-Werten ist nicht möglich.

9.9.2.2 *Mean implied emission factors for particulate matter / Mittlere aggregierte Emissionsfaktoren für Partikel*

Emission factors for PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> reported values differ without any discernible reason. Information about the composition of the population is missing.

Die Angaben zu Staub-Emissionsfaktoren für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> variieren ohne erkennbare Ursache. Es fehlen Angaben zur Zusammensetzung der Populationen.

Table 9.34: Poultry, 2010, intercomparison of PM implied emission factors

|                    | $IEF_{PM_{10}}$<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>10</sub> | $IEF_{PM_{2.5}}$<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>2.5</sub> | $IEF_{TSP}$<br>kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TSP <sup>a</sup> |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Austria            | 0.000                                                                   | 0.000                                                                     | 0.000                                                               |
| Belgium            | 0.028                                                                   | 0.007                                                                     | 0.058                                                               |
| Czech Republic     | 0.004                                                                   | 0.001                                                                     | 0.008                                                               |
| Denmark            | 0.054                                                                   | 0.008                                                                     | 0.054                                                               |
| France             | 0.046                                                                   | 0.006                                                                     | 0.102                                                               |
| <b>Germany</b>     | <b>0.055</b>                                                            | <b>0.008</b>                                                              | <b>0.055<sup>b</sup></b>                                            |
| Netherlands        | 0.035                                                                   | 0.003                                                                     | 0.035                                                               |
| Poland             | 0.025                                                                   | 0.001                                                                     | 0.056                                                               |
| Switzerland        |                                                                         |                                                                           |                                                                     |
| United Kingdom     | 0.053                                                                   | 0.010                                                                     | 0.356                                                               |
| EMEP (2009)-4.B-27 | 0.017 to 0.084                                                          | 0.002 to 0.016                                                            |                                                                     |

Source: Germany: submission 2013; all other countries: CEIP (2012), calculated from original data supplied

<sup>a</sup> Total suspended particulate matter (TSP) refers to the entire range of ambient air matter that can be collected, from the sub-micron level up to 100 µm in *d* (EMEP(2007)-B1010-9).

<sup>b</sup> As Germany does not calculate TSP, TSP is approximated by PM<sub>10</sub>.

9.9.3 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Reference to information provided with the data CD is provided in the subsequent table.

Hinweise auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen finden sich in der nachfolgenden Tabelle.

Table 9.35: Poultry, related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from         | to           |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |              |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.28    |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.30    |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.120   | EM1009.122   |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.158   |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | EM1010.23    |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | EM1010.47    |              |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      | AC1005.36    |              |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |              |              |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | IEF1005.28   |              |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.28   |              |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.93   |              |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.124  |              |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     | IEF1010.22   |              |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    | IEF1010.44   |              |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      | AI1005POU.84 | AI1005POU.94 |
| Excretion rates        | Ausscheidungen            | N                                    | EXCR.65      | EXCR.67      |

Table 9.36: Other poultry (poultry except laying hens and broilers), related tables provided with the data CD

|                        |                           |                                      | from        | to         |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------|------------|
| Emissions              | Emissionen                | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |             |            |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    | EM1005.27   |            |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | EM1009.29   |            |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | EM1009.117  | EM1009.119 |
|                        |                           | NO                                   | EM1009.157  |            |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     |             |            |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    |             |            |
| Activity data          | Aktivitäten               |                                      |             |            |
| Emission factors       | Emissionsfaktoren         | CH <sub>4</sub> enteric fermentation |             |            |
|                        |                           | CH <sub>4</sub> manure management    |             |            |
|                        |                           | NH <sub>3</sub>                      | IEF1009.27  |            |
|                        |                           | N <sub>2</sub> O                     | IEF1009.92  |            |
|                        |                           | NO                                   | IEF1009.123 |            |
|                        |                           | PM <sub>10</sub>                     |             |            |
|                        |                           | PM <sub>2.5</sub>                    |             |            |
| Additional information | zusätzliche Informationen |                                      |             |            |

## 10 Emissions from cultures with nitrogen fertilizers / Emissionen aus mit Stickstoff gedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen

Fertilised agricultural areas comprise

- permanent crops,
- arable land crops,
- market gardening and
- fertilised grassland

which are intentionally treated with nitrogen fertilizers (mineral fertilizers and manures).

Soil bacteria are able to oxidise CH<sub>4</sub> which results in a CH<sub>4</sub> deposition. The rate of oxidation depends on the microbial activity and the availability of reduced N. The sink strength of soils with respect to CH<sub>4</sub> consumption is affected by N fertilisation. During the process of the drawing up of IPCC(2000) no agreement could be found for an adequate description (communicated by Annette Freibauer, co-ordinating lead author of the respective chapter in IPCC(2000)). This is why greenhouse gas reporting does not take into account CH<sub>4</sub> consumption.

IPCC do not provide a method to calculate NMVOC emissions from agricultural cultures and soils. In EMEP (2009) a method is described, but no emission factors are given. Like for animal husbandry (see Chapter 3.3.4.2), from submission 2012 onwards no NMVOC emissions from agricultural cultures and soils are reported due to the lack of a scientifically based NMVOC emission calculation methodology.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 10.1.

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

For emission reporting, emissions from fertilized agricultural soils are calculated on federal state level. Calculations on district level are possible only for the years 1999 and 2003 as only for these years the input data needed are available (exception: spreading of manures from animal husbandry and grazing).

Gedüngte landwirtschaftliche Nutzflächen sind

- Dauerkulturen,
- Ackerland,
- Gartenland und
- gedüngtes Grünland,

die absichtlich mit stickstoffhaltigen Düngemitteln (Mineral- und Wirtschaftsdüngern) behandelt werden.

Bodenbakterien können CH<sub>4</sub> veratmen. Dies resultiert in einer CH<sub>4</sub>-Deposition. Die Menge ist eine Funktion der mikrobiellen Aktivität und des Angebots an reduziertem N. Die Senkenstärke der Böden für die natürliche CH<sub>4</sub>-Konsumption wird durch N-Düngung reduziert. Hierüber konnte im Rahmen der Erstellung von IPCC (2000) kein Konsens gefunden werden (Mitteilung von Annette Freibauer, koordinierende Erstautorin des entsprechenden Abschnittes in IPCC(2000)). Daher wird die CH<sub>4</sub>-Konsumption in der Treibhausgas-Berichterstattung nicht berücksichtigt.

IPCC stellt keine Methode zur Berechnung von NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Kulturen bereit. EMEP (2009) gibt zwar ein Verfahren an, aber keine Emissionsfaktoren. Da keine wissenschaftlich fundierten Berechnungsgrundlagen vorliegen, werden wie bei der Nutztierhaltung (siehe Kapitel 3.3.4.2) ab Submission 2012 keine NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Kulturen berichtet.

Die Berechnung der Emissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Böden erfolgt nach den in Table 10.1 zusammengestellten Verfahren.

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Die Emissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Böden werden für die Emissionsberichterstattung auf Länderebene berechnet, da die notwendigen Eingangsdaten auf Kreisebene außer für Wirtschaftsdüngerausbringung und Weidegang nur in Ausnahmejahren (1999 und 2003) vorliegen.

Table 10.1: Cultures with fertilizers, calculation procedures applied

| Species                              | Origin             | Tier | Method applied | Resolution in space |                | Resolution in time |
|--------------------------------------|--------------------|------|----------------|---------------------|----------------|--------------------|
|                                      |                    |      |                | activities          | EF             | EF                 |
| NH <sub>3</sub>                      | mineral fertilizer | 2    | EMEP           | federal states      | federal states | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | mineral fertilizer | 1    | IPCC           | federal states      | national       | 1 a                |
| CO <sub>2</sub>                      | urea               | 1    | IPCC           | federal states      | national       | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | animal manures     | 1    | IPCC           | federal states      | national       | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O                     | sewage sludge      | 1    | IPCC           | federal states      | national       | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O                     | histosols          | 1    | IPCC           | federal states      | national       | 1 a                |
| PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> | arable agriculture | 1    | EMEP           | federal states      | national       | 1 a                |

## 10.1 Application of mineral fertilizers / Mineraldüngeranwendung

Application of mineral fertilizers leads to  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - and  $\text{N}_2$ -emissions.  
The emissions are calculated on federal state level.

Die Ausbringung von Mineraldünger führt zu  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen.  
Die Emissionen werden auf Länderebene berechnet.

### 10.1.1 Activity data a: Amounts of fertilizers / Aktivitätsdaten: Düngermengen

Data on amounts of fertilizers is not available. Hence, the missing data is replaced by the amounts of fertilizers sold which are recorded on federal state level (StatBA FS 4, R 8.2, annually). This corresponds to the assumption that the fertilizer sold in one year is applied the same year which, at least on the basis of averaging over several years, seems plausible. The amounts sold are the sum of the amounts produced less the amounts exported and plus the amounts imported from abroad.

The German national classification for N fertilizers as used in the statistics is translated into SNAP categories according to Table 10.2.

Daten ausgebrachter Düngermengen sind nicht verfügbar. Daher wird mit den statistisch erfassten Düngerverkaufsmengen auf Bundeslandebene (StatBA FS 4, R 8.2, für jedes Jahr) gerechnet. Dies entspricht der zumindest im mehrjährigen Mittel zutreffenden Annahme, dass in einem Jahr soviel Mineraldünger ausgebracht wird, wie verkauft wird. Die Verkaufsmengen entsprechen dabei der produzierten Menge abzgl. Export ins Ausland und zzgl. Import aus dem Ausland.

Die nationalen Bezeichnungen für N-Dünger werden wie in Table 10.2 den SNAP-Bezeichnungen zugeordnet:

Table 10.2: Attribution of German national categories of N fertilizers to SNAP categories

| German classification                         | SNAP 100100                          |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Any time</i>                               |                                      |
| Kalkammonsalpeter                             | calcium ammonium nitrate             |
| Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung               | ammonium nitrate urea solutions      |
| <i>in 1994 and thereafter</i>                 |                                      |
| Ammonsalpetersorten                           | ammonium nitrate                     |
| Harnstoff                                     | urea                                 |
| andere Einnährstoffdünger                     | other complex NK and NPK fertilizers |
| NP-Dünger                                     | combined NP fertilizers              |
| <i>prior to 1994</i>                          |                                      |
| andere Ammonsalpetersorten und Kalkstickstoff | ammonium nitrate                     |

For 1990 to 1993, information about fertilizer in the New Länder (former GDR) was available as total of N sold. The detailed data for 1994 were used to estimate the distribution of fertilizer for the single Länder as well as the frequency distribution of the various fertilizer types.

The missing data for Saarland in 1991 were replaced by the respective data for 1990.

The German official quality report dealing with StatBA FS 4, R 8.2 considers the results of the statistics dealing with mineral fertilizers as “reliable and precise”, as it reflects the results of a comprehensive survey without statistical errors and very few gaps due to insufficient reporting. Hence we assume an uncertainty (95 % confidence interval of  $< \pm 1$  %). The inventory uses 1 %. In addition, a normal distribution is assumed.

Für die Jahre 1990 bis 1993 lagen für die Neuen Bundesländer Angaben über Düngemittel nur als Summe der verkauften N-Dünger, angegeben als Dünger-N, vor. Unter Verwendung der detaillierten Daten für 1994 wurden die auf die einzelnen Bundesländer und die einzelnen Düngersorten entfallenden Teilmengen proportional erschlossen.

Die für das Saarland fehlenden Angaben für 1991 wurden durch entsprechende Daten für 1990 ersetzt.

Nach dem Qualitätsbericht zu StatBA FS 4, R 8.2 sind die Ergebnisse der Düngemittelstatistik als „zuverlässig und präzise“ einzustufen da es sich um eine Totalerhebung ohne statistischen Fehler mit seltenen Antwortausfällen handelt. Dies wird als Unsicherheit (95%-Konfidenzintervall)  $< \pm 1$  % interpretiert. Im Inventar wird mit  $\pm 1$  % gerechnet. Angenommen wird eine Normalverteilung.

**10.1.2 Emission of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies****10.1.2.1 Ammonia emissions / Ammoniak-Emissionen**

Ammonia emissions are calculated using the Tier 2 methodology according to EMEP(2009)-4.D-12. However, the option of taking into account the pH status of the soil is not used as there are no data on pH soil status available in Germany. The procedure distinguishes various fertilizer types:

Ammoniak-Emissionen werden nach einem Stufe-2-Verfahren nach EMEP(2009)-4.D-12 berechnet, wobei die Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens mangels entsprechender Eingangsdaten nicht berücksichtigt werden kann. Das Verfahren berücksichtigt unterschiedliche Düngertypen:

$$E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}} = \frac{\sum_i (m_{\text{fert, i}} \cdot EF_{\text{NH}_3, i})}{\gamma_{\text{NH}_3}} \quad (10.1)$$

with

|                                  |                                                                                                 |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}}$ | NH <sub>3</sub> -N emission flux from fertilizers (in Gg a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)    |
| $\gamma_{\text{NH}_3}$           | mass conversion factor ( $\gamma_{\text{NH}_3} = 17/14 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ ) |
| $m_{\text{fert, i}}$             | mass of N applied with fertilizer type i (in Gg a <sup>-1</sup> N)                              |
| $EF_{\text{NH}_3, i}$            | NH <sub>3</sub> emission factor for fertilizer type i (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> ) |

The emission factors are calculated as functions of the spring temperatures  $t_s$ , see Table 10.3.

Die Emissionsfaktoren werden als Funktion der Frühlingstemperatur  $t_s$  berechnet, siehe Table 10.3.

Table 10.3: Mineral fertilizers, NH<sub>3</sub> emission factors as functions of spring temperature  $t_s$  ( $t_s$  in °C) for the fertilizer categories applied in Germany

| Fertilizer category                                          | Dünger-kategorie             | Emission factor $EF^a$<br>kg NH <sub>3</sub> (kg N) <sup>-1</sup> | Exemplary $EF$ for $t_s = 9^\circ\text{C}$<br>kg <b>NH<sub>3</sub>-N</b> (kg N) <sup>-1</sup> |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| urea                                                         | Harnstoff                    | $0.1067 + 0.0035 \cdot t_s$                                       | 0.1138                                                                                        |
| Ammonium nitrate solution                                    | Ammonium-Harnstoff-Lösung    | $0.0481 + 0.0025 \cdot t_s$                                       | 0.0581                                                                                        |
| calcium ammonium nitrate and other one-component fertilizers | Kalkammonsalpeter und Andere | $0.0080 + 0.0001 \cdot t_s$                                       | 0.0073                                                                                        |
| NP fertilizer <sup>b</sup>                                   | NP-Dünger <sup>b</sup>       | $0.0107 + 0.0006 \cdot t_s$                                       | 0.0133                                                                                        |
| NK and NPK fertilizer                                        | NK- und NPK-Dünger           | $0.0080 + 0.0001 \cdot t_s$                                       | 0.0073                                                                                        |

<sup>a</sup> Source: EMEP(2009)-4D-Table 3-2

<sup>b</sup> Emission factor according to ammonium phosphates in EMEP(2009)-4D-Table 3-2

Spring temperatures  $t_s$  are defined as the mean air temperatures of March, April, and May, see Chapter 3.4.6.2.

Die Frühlingstemperaturen  $t_s$  werden aus den Mittelwerten der Lufttemperaturen der Monate März, April und Mai gebildet, siehe Kapitel 3.4.6.2.

For fertilizer application, the uncertainty of the ammonia emissions is no better than  $\pm 50 \%$  (EMEP (2009)-4.D-18). This value is adopted also for the emission factors as there is no uncertainty defined for emission factors and interpreted as the margins of a 95 % confidence intervall (in analogy to the errors for NO emissions in EMEP(2009)-4.D-18). A normal distribution is assumed.

EMEP(2009)-4.D-18 geht davon aus, dass die Unsicherheit der Ammoniak-Emissionen nicht kleiner als  $\pm 50 \%$  ist. Dies wird, da eine entsprechende Angabe für die Emissionsfaktoren fehlt, für diese übernommen und als Begrenzung für das 95 %-Konfidenzintervall interpretiert (in Analogie zur NO-Fehlerangabe in EMEP(2009)-4.D-18). Angenommen wird eine Normalverteilung.



### 10.1.2.2 Emissions of $N_2O$ , $NO$ and $N_2 / N_2O$ -, $NO$ - und $N_2$ -Emissionen

#### 10.1.2.2.1 Method applied / Angewandte Methode

The direct  $N_2O$  emissions are dealt with in this chapter. For the indirect  $N_2O$  emissions see Chapters 11.4 und 11.5.

For  $N_2O$ , a Tier 1 approach is used according to IPCC(1996)-4.92 ff. It calculates the  $N_2O$ -emission as proportional to the amount of N which results from the amount of N applied after subtracting the N losses by  $NH_3$  and  $NO$ . In the German inventory, the calculation of the resulting amount of N is **not** based on the entity  $Frac_{GASF}$ , but makes use of the explicitly calculated emissions of  $NH_3$  and  $NO$ . (For  $Frac_{GASF}$  see Chapter 12.1.3.)

Die direkten  $N_2O$ -Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten  $N_2O$ -Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

Für  $N_2O$  wird ein Stufe-1-Verfahren nach IPCC (1996)-4.92 ff angewandt. Dieses berechnet die  $N_2O$ -Emission proportional zur N-Menge, die von der ausgebrachten N-Menge nach Abzug der N-Verluste durch  $NH_3$ - und  $NO$ -Emissionen verbleibt. Die verbleibende N-Menge wird im deutschen Inventar **nicht** mit Hilfe der Größe  $Frac_{GASF}$  berechnet, sondern unter Verwendung der explizit berechneten  $NH_3$ - und  $NO$ -Emissionen. (Zu  $Frac_{GASF}$  siehe Kapitel 12.1.3.)

$$E_{N_2O-N, \text{ fert}} = (m_{\text{fert}} - E_{NH_3-N, \text{ fert}} - E_{NO-N, \text{ fert}}) \cdot EF_{N_2O-N, \text{ fert}} \quad (10.2)$$

where

|                             |                                                                                                                                            |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{N_2O-N, \text{ fert}}$  | emission of $N_2O$ -N directly emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $Gg \text{ a}^{-1} N_2O-N$ )                |
| $m_{\text{fert}}$           | amount of N applied with mineral fertilizer (in $Gg \text{ a}^{-1} N$ )                                                                    |
| $E_{NH_3-N, \text{ fert}}$  | emission of $NH_3$ -N due to the application of mineral fertilizer (in $Gg \text{ a}^{-1} NH_3-N$ ), see Chapter 10.1.2.1                  |
| $E_{NO-N, \text{ fert}}$    | emission of $NO$ -N directly emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $Gg \text{ a}^{-1} NO-N$ ), see below         |
| $EF_{N_2O-N, \text{ fert}}$ | emission factor for emissions of $N_2O$ -N due to mineral fertilizer application (in $kg \text{ kg}^{-1} N_2O-N$ ), see Chapter 10.1.2.2.2 |

For  $NO$ , the simpler methodology described in EMEP (2009)-4D-10 is applied. According to the definition of the emission factor,  $NO$  emissions are calculated as a proportion of the amount of N applied with fertilizers:

$NO$ -Emissionen werden nach dem einfacheren Verfahren aus EMEP (2009)-4D-10 berechnet. Entsprechend der Ableitung des Emissionsfaktors erfolgt dies proportional zur N-Menge im ausgebrachten Dünger:

$$E_{NO-N, \text{ fert}} = m_{\text{fert}} \cdot EF_{NO-N, \text{ fert}} \quad (10.3)$$

where

|                           |                                                                                                                                        |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{NO-N, \text{ fert}}$  | emission of $NO$ -N emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $Gg \text{ a}^{-1} NO-N$ )                         |
| $m_{\text{fert}}$         | amount of N applied with mineral fertilizer (in $Gg \text{ a}^{-1} N$ )                                                                |
| $EF_{NO-N, \text{ fert}}$ | emission factor for emissions of $NO$ -N due to mineral fertilizer application (in $kg \text{ kg}^{-1} NO-N$ ), see Chapter 10.1.2.2.2 |

The calculation of the amount of N available in the soil as basis for the calculation of emissions due to leaching requires also an estimate of the N losses by  $N_2$  emissions.

The  $N_2$  emissions are calculated in analogy to the  $N_2O$  emissions:

Die Berechnung der im Boden verfügbaren N-Menge, die für die Berechnung der indirekten Emissionen aus Auswaschung benötigt wird, erfordert die Schätzung von  $N_2$ -Emissionen als Verlustglied.

Die  $N_2$ -Emissionen werden dazu in Analogie zur  $N_2O$ -Emission berechnet:

$$E_{N_2-N, \text{ fert}} = (m_{\text{fert}} - E_{NH_3-N, \text{ fert}} - E_{NO-N, \text{ fert}}) \cdot EF_{N_2-N, \text{ fert}} \quad (10.4)$$

where

|                            |                                                                                                                                     |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{NO-N, \text{ fert}}$   | emission of $N_2$ directly emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $Gg \text{ a}^{-1} N_2$ )                |
| $m_{\text{fert}}$          | amount of N applied with mineral fertilizer (in $Gg \text{ a}^{-1} N$ )                                                             |
| $E_{NH_3-N, \text{ fert}}$ | emission of $NH_3$ -N due to the application of mineral fertilizer (in $Gg \text{ a}^{-1} NH_3-N$ ), see Chapter 10.1.2.1           |
| $E_{NO-N, \text{ fert}}$   | emission of $NO$ -N directly emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $Gg \text{ a}^{-1} NO-N$ ), see below  |
| $EF_{N_2, \text{ fert}}$   | emission factor for emissions of $N_2$ due to mineral fertilizer application (in $kg \text{ kg}^{-1} N_2$ ), see Chapter 10.1.2.2.2 |

#### 10.1.2.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

##### Nitrous oxide

Tier 1 methodology: IPCC(1996)-3-4.89

$$EF_{\text{fert, N}_2\text{O-N}} = 0.0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

##### Nitric oxide

Simpler methodology:

$$EF_{\text{fert, NO-N}} = 0.012 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

The emission factor for NO-N is obtained by multiplying the EMEP emission factor of 0.026 NO per kg fertilizer N (EMEP, 2009-4D, Table 3-1) with 14/30. Other than stated in EMEP (2009)-4D, Table 3-1, this emission factor is based on Stehfest und Bouwman (2006). It was calculated from European data in Table 6 in Stehfest und Bouwman (2006) and represents the total of NO emissions from arable land and grassland, related to the amount of N input by the application of mineral fertilizers and manures.

##### Dinitrogen

The emission factor for N<sub>2</sub> is derived from the emission ratio normally observed for N<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O-N, i.e. between 7 and 8 kg kg<sup>-1</sup> (Rolston, 1978, Weier et al., 1993, Walenzik, 1996, Stevens and Laughlin, 1998, Smil, 1999, and literature cited therein; Rudaz et al., 1999, Cai et al., 2001; for contrasting information see also Mosier et al., 1986, Vermoesen et al., 1996, Mathieu et al., 2006, Liu et al., 2007). For a valuation of the range of these emissions see Van Cleemput (1998).

For the inventory, a N<sub>2</sub> emission factor of 0.1 kg kg<sup>-1</sup> N is used. It agrees with respective data mentioned in recent publications (see Oura et al., 2001).

##### Distickstoffoxid (Lachgas)

Stufe-1-Verfahren: IPCC(1996)-3-4.89

$$EF_{\text{fert, N}_2\text{O-N}} = 0,0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

##### Stickstoffmonoxid

Einfacheres Verfahren:

$$EF_{\text{fert, NO-N}} = 0,012 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

Der NO-N-Emissionsfaktor folgt direkt durch Multiplikation mit 14/30 aus dem in EMEP (2009)-4D, Table 3-1, für NO angegebenen Emissionsfaktor von 0,026 kg NO (kg fertilizer-N)<sup>-1</sup>. Anders als in EMEP (2009)-4D, Table 3-1, angegeben geht dieser Emissionsfaktor auf Stehfest und Bouwman (2006) zurück. Er wurde aus Europa-Daten in Table 6 in Stehfest und Bouwman (2006) berechnet und entspricht der Summe aus NO-Emissionen aus Ackerland und Grünland bezogen auf die durch Mineral- und Wirtschaftsdünger zugeführte N Menge.

##### Distickstoff

Der Emissionsfaktor wird aus dem üblicherweise beobachteten Verhältnis von N<sub>2</sub> zu N<sub>2</sub>O-N abgeleitet, das etwa 7 bis 8 kg kg<sup>-1</sup> beträgt (Rolston, 1978, Weier et al., 1993, Walenzik, 1996, Stevens und Laughlin, 1998, Smil, 1999, und dort zit. Lit.; Rudaz et al., 1999, Cai et al., 2001; dagegen aber auch Mosier et al., 1986, Vermoesen et al., 1996, Mathieu et al., 2006, Liu et al., 2007). Zur Deutung der Spannweite der Ergebnisse siehe Van Cleemput (1998).

Für das Inventar wird ein N<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von 0,1 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Dieser Emissionsfaktor stimmt mit anderen aus der neueren Literatur überein (vgl. Oura et al., 2001).

### Uncertainty of emission factors

#### Nitrous oxide

Fertilizer application: the order of magnitude may be correct for large areas (EMEP(2007)-B1010-26). The evaluation of German long-term experiments results in an emission factor which is slightly below default (slope  $0.0072 \text{ kg kg}^{-1}$  with an intercept of about  $2.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  N; Lægrevind and Aastveit, 2002). The overall procedure seems to be inappropriate<sup>19</sup>.

Leip et al. (2005) estimate an uncertainty of about 900 %. In contrast to this, IPCC (1996)-4.89 lists an uncertainty range for this emission factor of 0.0025 to  $0.0225 \text{ kg kg}^{-1}$  N. The latter is assumed to be the 95 % confidence interval and is used for the calculation of the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 13.5). Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 80 % of this emission factor. The same applies to the difference between the lower limit of the confidence interval. The symmetry allows the use of a normal distribution.

#### Nitric oxide

EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1, provides an uncertainty (95 % confidence interval) of 0,002 bis  $0,049 \text{ kg kg}^{-1}$  NO-N (after conversion from NO to NO-N). No distribution type is mentioned by EMEP.

#### Dinitrogen

The order of magnitude is likely to be correct. The likely uncertainty amounts to about 1000 %, its distribution is presumably lognormal.

### Unsicherheit der Emissionsfaktoren

#### Distickstoffoxid (Lachgas)

Düngeranwendung: Die Größenordnung ist wahrscheinlich zutreffend (EMEP(2007)-B1010-26); Auswertung deutscher Langzeitexperimente ergibt einen geringfügig kleineren Emissionsfaktor von  $0,0072 \text{ kg kg}^{-1}$  bei einem Sockel von etwa  $2,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  N (Lægrevind und Aastveit, 2002); das Verfahren erscheint insgesamt als unangemessen<sup>19</sup>.

Leip et al. (2005) schätzen die Unsicherheit mit 900 %. In IPCC (1996)-4.89, Tabelle 4-18, wird dagegen für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,0025 bis  $0,0225 \text{ kg kg}^{-1}$  N angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst und der Berechnung der Gesamtunsicherheit im Treibhausgasinventaren (siehe Kapitel 13.5) zugrundegelegt. Somit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 80 % dieses Emissionsfaktors. Gleiches gilt für das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor. Aufgrund der Symmetrie wird Normalverteilung angenommen.

#### Stickstoffmonoxid

EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1, gibt (umgerechnet von NO auf NO-N) einen Unsicherheitsbereich (95 %-Konfidenzintervall) von 0,002 bis  $0,049 \text{ kg kg}^{-1}$  NO-N an. Der Verteilungstyp wird nicht angegeben.

#### Distickstoff

Die Größenordnung des Emissionsfaktors ist wahrscheinlich richtig. Die Unsicherheit beläuft sich wahrscheinlich auf 1000 %, die Verteilung wird als lognormal angenommen.

<sup>19</sup> "The German sites show no correlation between applied N and emitted N-N<sub>2</sub>O..." (Jungkunst and Freibauer, 2005). N<sub>2</sub>O emissions decrease in Europe with increasing N application to cereals (Kasimir Klemetsson and Klemetsson, 2002). The direct emissions are likely to be overestimated as compared to the emissions from the soil N pool (Lampe et al., 2006)

## 10.2 Application of animal manures / Wirtschaftsdüngeranwendung

Application of manures and of residues from anaerobic digestion of slurry leads to  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - and  $\text{N}_2$ -emissions.

$\text{NH}_3$  emissions are dealt with in the chapters dealing with animal husbandry (Chapters 4 to 9.8). The calculation of  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - and  $\text{N}_2$ -emissions is described in the following.

The emissions are calculated on federal state level.

Die Ausbringung von Wirtschaftsdünger einschließlich der Gärreste aus der Güllevergärung führt zu  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen.

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen werden bei den Emissionen aus der Tierhaltung (Kapitel 4 bis 9.8) berechnet. Die Berechnung der  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen wird nachfolgend beschrieben.

Die Emissionen werden auf Länderebene berechnet.

### 10.2.1 Activity data / Aktivitätsdaten

N inputs into the soil resulting from the application of manure and residues of slurry digestion are calculated for each animal category according to the detailed methodology using the mass flow concept (see Chapter 3.3.4.3). It considers the amounts of N imported into the system both from excreta and straw and the emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  from housing, storage and spreading.

With exception of the input rates stemming from buffalo, goats, asses and mules relevant data are available on the district level. In analogy to the treatment of other emission sources related to agriculturally managed soils, the resolution in space is also federal states. Due to lack of data on federal state level, N inputs to soil from buffalo, goats, and mules and asses can be taken into account only on national level.

Der N-Eintrag durch Wirtschaftsdünger und Gülle-Gärreste in den Boden wird für jede Tierkategorie nach einem detaillierten Verfahren berechnet, das anhand des Massenfluss-Konzeptes (siehe Kapitel 3.3.4.3) die ins System gelangenden N-Mengen aus Ausscheidungen und Stroh und die Emissionen von  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  aus Stall, Lager und Ausbringung berücksichtigt.

Diese Daten liegen außer für Büffel, Ziegen, Esel und Maultiere zwar auf Kreisebene vor; die daraus folgenden bodenbürtigen Emissionen werden aus Konsistenzgründen wie bei den anderen Emissionsquellen im Bereich landwirtschaftlich genutzter Böden jedoch nur auf Länderebene berechnet. Für Büffel, Ziegen, Esel und Maultiere ist die Berechnung der Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerausbringung in Ermangelung feiner aufgelöster Eingangsdaten nur auf nationaler Ebene möglich.

The uncertainty of N amounts returned to soil by application of manure or residues of slurry digestion is not known. An order of magnitude of 30 % is assumed (normal distribution). The uncertainty is interpreted as the standard error

Die Unsicherheit von N-Einträgen durch die Ausbringung von Wirtschaftsdünger oder Gülle-Gärreste ist unbekannt. Die Größenordnung von 30 % wird angenommen. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert.

### 10.2.2 Emissions of $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{NO}$ and $\text{N}_2$ / $\text{N}_2\text{O}$ -, $\text{NO}$ - and $\text{N}_2$ -Emissionen

#### 10.2.2.1 Method applied / Angewandte Methode

The direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions are dealt with in this chapter. For the indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions see Chapters 11.4 and 11.5.

Direct  $\text{N}_2\text{O}$  as well as  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emissions are calculated in analogy to the application mineral fertilizers (see Chapter 10.1.2.2) as follows:

For  $\text{N}_2\text{O}$ , a Tier 1 approach is used according to IPCC(1996)-4.92 ff. It calculates the  $\text{N}_2\text{O}$ -emission as proportional to the amount of N which results from the amount of N applied after subtracting the N losses by  $\text{NH}_3$  and  $\text{NO}$ :

Die direkten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

Direkte  $\text{N}_2\text{O}$ - sowie  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen werden in Analogie zur Anwendung von Mineraldünger (siehe Kapitel 10.1.2.2) wie folgt berechnet:

Für  $\text{N}_2\text{O}$  wird ein Stufe-1-Verfahren nach IPCC (1996)-4.92 ff angewandt. Dieses berechnet die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission proportional zur N-Menge, die von der ausgebrachten N-Menge nach Abzug der N-Verluste durch  $\text{NH}_3$ - und  $\text{NO}$ -Emissionen verbleibt:

$$E_{\text{N}_2\text{O-N, man}} = (m_{\text{man}} - E_{\text{NH}_3\text{-N, man}} - E_{\text{NO-N, man}}) \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, man}} \quad (10.5)$$

where

|                                  |                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{N}_2\text{O-N, man}}$  | emission of $\text{N}_2\text{O-N}$ directly emitted from soils due to application of animal manures and residues of slurry digestion (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ )                |
| $m_{\text{man}}$                 | amount of N applied with animal manures and residues of slurry digestion (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )                                                                                        |
| $E_{\text{NH}_3\text{-N, man}}$  | emission of $\text{NH}_3\text{-N}$ due to the application of animal manures and residues of slurry digestion (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NH}_3\text{-N}$ ), see Chapter 10.1.2.1                  |
| $E_{\text{NO-N, man}}$           | emission of $\text{NO-N}$ directly emitted from soils due to application of animal manures and residues of slurry digestion (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NO-N}$ ), see below                       |
| $EF_{\text{N}_2\text{O-N, man}}$ | emission factor for emissions of $\text{N}_2\text{O-N}$ due to application of animal manure and residues of slurry digestion (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ ), see Chapter 10.2.2.2 |

For  $\text{NO}$ , the simpler methodology described in EMEP (2009)-4D-10 is applied. According to the definition of the emission factor,  $\text{NO}$  emissions are calculated as a proportion of the amount of N applied with fertilizers:

$\text{NO}$ -Emissionen werden nach dem einfacheren Verfahren aus EMEP (2009)-4D-10 berechnet. Entsprechend der Ableitung des Emissionsfaktors erfolgt dies proportional zur N-Menge im ausgebrachten Dünger:

$$E_{\text{NO-N, man}} = m_{\text{man}} \cdot EF_{\text{NO-N, man}} \quad (10.6)$$

where

|                         |                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{NO-N, man}}$  | emission of $\text{NO-N}$ emitted from soils due to application of animal manures and residues of slurry digestion (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NO-N}$ )                         |
| $m_{\text{man}}$        | amount of N applied with animal manures and residues of slurry digestion (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )                                                                      |
| $EF_{\text{NO-N, man}}$ | emission factor for emissions of $\text{NO-N}$ due to application of animal manure and residues of slurry digestion (in $\text{kg kg}^{-1} \text{NO-N}$ ), see Chapter 10.2.2.2 |

The calculation of the amount of N available in the soil as basis for the calculation of emissions due to leaching requires also an estimate of the N losses by  $\text{N}_2$  emissions.

The  $\text{N}_2$  emissions are calculated in analogy to the  $\text{N}_2\text{O}$  emissions:

Die Berechnung der im Boden verfügbaren N-Menge, die für die Berechnung der indirekten Emissionen aus Auswaschung benötigt wird, erfordert die Schätzung von  $\text{N}_2$ -Emissionen als Verlustglied.

Die  $\text{N}_2$ -Emissionen werden dazu in Analogie zur  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission berechnet:

$$E_{\text{N}_2\text{-N, man}} = (m_{\text{man}} - E_{\text{NH}_3\text{-N, man}} - E_{\text{NO-N, man}}) \cdot EF_{\text{N}_2\text{-N, man}} \quad (10.7)$$

where

|                                 |                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{NO-N, man}}$          | emission of $\text{N}_2$ directly emitted from soils due to application of animal manures and residues of slurry digestion (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2$ )                   |
| $m_{\text{man}}$                | amount of N applied with animal manures and residues of slurry digestion (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )                                                                       |
| $E_{\text{NH}_3\text{-N, man}}$ | emission of $\text{NH}_3\text{-N}$ due to the application of animal manures and residues of slurry digestion (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NH}_3\text{-N}$ ), see Chapter 10.1.2.1 |
| $E_{\text{NO-N, man}}$          | emission of $\text{NO-N}$ directly emitted from soils due to application of animal manures and residues of slurry digestion (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NO-N}$ ), see below      |
| $EF_{\text{N}_2\text{-N, man}}$ | emission factor for emissions of $\text{N}_2$ due to application of animal manure and residues of slurry digestion (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}_2$ ), see Chapter 10.2.2.2    |

### 10.2.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

#### Nitrous oxide

Tier 1 methodology: IPCC(1996)-3-4.89

$$EF_{\text{fert, N}_2\text{O-N}} = 0.0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

#### Nitric oxide

Simpler methodology: Stehfest and Bouwman (2006), see Chapter 10.1.2.2.2:

$$EF_{\text{fert, NO-N}} = 0.012 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

#### Dinitrogen

Simpler methodology: national *EF*, see Chapter 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{fert, N}_2} = 0.1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### Uncertainty of emission factors

##### Nitrous oxide

IPCC(1996)-4.89, Table 4-18, lists an uncertainty range for this emission factor of 0.0025 to 0.0225 kg kg<sup>-1</sup> N. The latter is assumed to be the 95 % confidence interval and is used for the calculation of the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 13.5). Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 80 % of this emission factor. The same applies to the difference between the lower limit of the confidence interval. The symmetry allows the use of a normal distribution.

##### Nitric oxide

According to EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1, the uncertainty (95 % confidence interval) ranges from 0.002 to 0.049 (converted from NO to NO-N). No frequency distribution type is given.

##### Dinitrogen

The order of magnitude is likely to be correct. The likely uncertainty amounts to about 1000 %, its distribution is presumably lognormal.

#### Distickstoffoxid (Lachgas)

Stufe-1-Verfahren: IPCC(1996)-3-4.89

$$EF_{\text{fert, N}_2\text{O-N}} = 0,0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

#### Stickstoffmonooxid

Einfacheres Verfahren: Stehfest und Bouwman (2006), siehe Kapitel 10.1.2.2.2:

$$EF_{\text{fert, NO-N}} = 0,012 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

#### Distickstoff

Einfacheres Verfahren: nationaler *EF*, siehe Kapitel 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{fert, N}_2} = 0,1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### Unsicherheit der Emissionsfaktoren

##### Distickstoffoxid (Lachgas)

In IPCC(1996)-4.89, Tabelle 4-18, wird für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,0025 bis 0,0225 kg kg<sup>-1</sup> N angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst und der Berechnung der Gesamtunsicherheit im Treibhausgasinventar (siehe Kapitel 13.5) zugrundegelegt. Somit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 80 % dieses Emissionsfaktors. Gleiches gilt für das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor. Aufgrund der Symmetrie wird Normalverteilung angenommen.

##### Stickstoffmonooxid

EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1, gibt (umgerechnet von NO auf NO-N) einen Unsicherheitsbereich (95 %-Konfidenzintervall) von 0,002 bis 0,049 an. Der Verteilungstyp wird nicht angegeben.

##### Distickstoff

Die Größenordnung des Emissionsfaktors ist wahrscheinlich richtig. Die Unsicherheit beläuft sich wahrscheinlich auf 1000 %, die Verteilung wird als lognormal angenommen.

### 10.3 Application of sewage sludge / Ausbringung von Klärschlämmen

IPCC 1996 (pg. 4.89) recommends not to calculate emissions (“...except for sewage sludge application.... These sources ... are not estimated because emissions are negligible or data are insufficient.”).

In IPCC 2000, the knowledge gained recommended to treat sewage sludge in the same way as mineral fertilizer and animal manure. Hence, according to IPCC(2006)-11.7, this inventory accounts for N inputs with sewage sludge as sources of direct N<sub>2</sub>O emissions. By analogy to the application of mineral fertilizers and animal manures, the emission factor is taken from IPCC (1996).

The emissions are calculated on federal state level.

IPCC 1996 empfiehlt, Emissionen aus der Anwendung von Klärschlämmen nicht zu berechnen (IPCC 1996, pg. 4.89: “...except for sewage sludge application.... These sources ... are not estimated because emissions are negligible or data are insufficient.”)

In IPCC 2000 führt die aktuellere Erkenntnis zur Empfehlung, Klärschlämme wie Mineral- und Wirtschaftsdünger zu behandeln. Daher berücksichtigt dieses Inventar nach IPCC(2006)-11.7 N-Einträge aus Klärschlämmen als Quelle direkter N<sub>2</sub>O-Emissionen. Analog zur Ausbringung von Mineral und Wirtschaftsdünger wird der Emissionsfaktor nach IPCC (1996) verwendet.

Die Emissionen werden auf Länderebene berechnet.

#### 10.3.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The amounts of N applied with sewage sludge to agricultural systems are assessed from the amounts produced in each single federal state (Schultheiß et al., 2000, and references cited therein; MUNLV, 2001), the portion which is applied to agricultural soils, and the respective N content (DWA, 2004) according to:

Die N-Mengen, die mit Klärschlämmen in landwirtschaftliche Systeme eingetragen werden, ergeben sich aus dem Klärschlamm-Aufkommen je Bundesland (Schultheiß et al., 2000, und dort zit. Lit.; MNULV 2001), dem Anteil, der landwirtschaftlich verwertet wird, und dem jeweiligen N-Gehalt der Schlämme (DWA, 2004) gemäß:

$$F_{SS} = m_{SS} \cdot x_{agr} \cdot x_{FS} \cdot (x_{WS} \cdot c_{N, WS} + x_{DHS} \cdot c_{N, DHS} + x_{LS} \cdot c_{N, LS} + x_{DS} \cdot c_{N, DS}) \quad (10.8)$$

where

|             |                                                                                       |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| $F_{SS}$    | nitrogen input with sewage sludge (in Mg a <sup>-1</sup> N)                           |
| $m_{SS}$    | sewage sludge produced (national total) (in Mg a <sup>-1</sup> DM)                    |
| $x_{agr}$   | fraction of sewage sludge applied in agriculture (in Mg Mg <sup>-1</sup> )            |
| $x_{FS}$    | fraction of sewage sludge applied in a single federal state (in Mg Mg <sup>-1</sup> ) |
| $x_{WS}$    | fraction of wet sewage sludge (in Mg Mg <sup>-1</sup> )                               |
| $c_{N, WS}$ | nitrogen content of wet sewage sludge (in Mg Mg <sup>-1</sup> N)                      |
| $x_{DHS}$   | fraction of dehydrated sewage sludge (in Mg Mg <sup>-1</sup> )                        |
| $x_{LS}$    | fraction of limed sewage sludge (in Mg Mg <sup>-1</sup> )                             |
| $x_{DS}$    | fraction of dried sewage sludge (in Mg Mg <sup>-1</sup> )                             |

A data set which was derived from this information was provided by Umweltbundesamt (Section III 3.3). Since 2009 the Statistische Bundesamt (Referat G 202) is responsible to provide these data. They are generated for reporting of the recycling of sewage sludge to the EU in compliance with directive 86/278/EEC (EEC, 1986). The reporting frequency is once in three years.

Table 10.4 and Table 10.5 give a review on the raw data available:

Both the amounts of sewage sludge produced and the amounts used in agriculture are available as incomplete time series as national totals for the time between 1991 and 2000. For 1995 and since 1998, data for single federal states is available.

The data provided by the City States were too incomplete to be utilised.

Die hieraus abgeleiteten Daten wurden vom Umweltbundesamt bereitgestellt (Fachgebiet III 3.3). Seit 2009 ist für die Bereitstellung der Daten das Statistische Bundesamt zuständig (Referat G 202). Die Daten werden für die Berichtspflicht gegenüber der EU zu Verwertung von Klärschlämmen erarbeitet. Rechtsgrundlage ist die Richtlinie 86/278/EWG (EEC, 1986). Die Berichte werden dreijährlich erstellt.

Table 10.4 und Table 10.5 geben einen Überblick über die verfügbaren Rohdaten:

Klärschlamm-Mengen und landwirtschaftlich genutzte Klärschlamm-Mengen liegen seit 1991 als unvollständige Zeitreihen für das gesamte Bundesgebiet vor. Für 1995 und seit 1998 sind Daten für Bundesländer verfügbar.

Die Informationen zu den Stadtstaaten waren so unvollständig, dass sie nicht ausgewertet wurden.

Table 10.4: Sewage sludge applied within agriculture (in Gg a<sup>-1</sup> dry matter) (statistical data)

|         | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| BW      |      |      |      |      |      | 106  |      |      | 83   | 83   | 76   | 63   | 52   | 52   | 39   | 28   | 19   | 8    | 6    |      |      |      |
| BY      |      |      |      |      |      | 159  |      |      | 141  | 138  | 128  | 98   | 86   | 84   | 73   | 63   | 60   | 57   | 53   |      |      |      |
| BB      |      |      |      |      |      | 16   |      |      | 26   | 23   | 20   | 17   | 21   | 17   | 17   | 15   | 16   | 17   | 25   |      |      |      |
| HE      |      |      |      |      |      | 76   |      |      | 68   | 67   | 63   | 64   | 55   | 58   | 53   | 42   | 43   | 51   | 53   |      |      |      |
| MV      |      |      |      |      |      | 9    |      |      | 22   | 29   | 32   | 31   | 27   | 25   | 26   | 46   | 46   | 35   | 52   |      |      |      |
| NS      |      |      |      |      |      | 198  |      |      | 173  | 179  | 176  | 157  | 164  | 170  | 162  | 152  | 149  | 144  | 138  |      |      |      |
| NW      |      |      |      |      |      | 168  |      |      | 146  | 157  | 166  | 128  | 133  | 126  | 121  | 117  | 107  | 101  | 97   |      |      |      |
| RP      |      |      |      |      |      | 57   |      |      | 56   | 57   | 65   | 69   | 66   | 64   | 63   | 64   | 61   | 61   | 76   |      |      |      |
| SL      |      |      |      |      |      | 6    |      |      | 4    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4    | 7    | 7    |      |      |      |
| SN      |      |      |      |      |      | 10   |      |      | 1    | 7    | 8    | 5    | 5    | 6    | 2    | 4    | 4    | 4    | 12   |      |      |      |
| ST      |      |      |      |      |      | 22   |      |      | 37   | 26   | 29   | 28   | 23   | 27   | 26   | 22   | 21   | 16   | 18   |      |      |      |
| SH      |      |      |      |      |      | 81   |      |      | 67   | 70   | 70   | 73   | 73   | 69   | 65   | 66   | 61   | 63   | 62   |      |      |      |
| TH      |      |      |      |      |      | 6    |      |      | 6    | 8    | 8    | 7    | 7    | 11   | 12   | 11   | 10   | 10   | 16   |      |      |      |
| StSt    |      |      |      |      |      | 20   |      |      | 13   | 14   | 16   | 12   | 10   | 10   | 9    | 9    | 11   | 11   | 12   |      |      |      |
| Germany |      | 732  | 699  |      |      | 941  |      | 910  | 842  | 862  | 862  | 759  | 727  | 723  | 672  | 645  | 613  | 583  | 627  |      |      |      |

Source: Umweltbundesamt, reports to EU; Schultheiß et al., 2000.

Table 10.5: Sewage sludge, nitrogen content (in g kg<sup>-1</sup> N, related to dry matter) (statistical data)

|         | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| BW      |      |      |      |      |      |      |      |      | 28.2 | 29.2 | 32.2 | 34.1 | 38.9 | 35.1 | 40.8 | 36.4 | 36.1 | 42.1 | 38.4 |      |      |      |
| BY      |      |      |      |      |      |      |      |      | 39.0 | 36.0 | 39.5 | 40.4 | 39.9 | 42.1 | 44.6 | 47.1 | 45.8 | 45.2 | 45.2 |      |      |      |
| BB      |      |      |      |      |      |      |      |      | 36.8 | 43.8 | 33.9 | 37.0 | 39.6 | 41.9 | 46.1 | 48.2 | 55.6 | 53.2 | 52.4 |      |      |      |
| HE      |      |      |      |      |      |      |      |      | 30.5 | 29.8 | 29.6 | 27.7 | 30.6 | 31.6 | 32.0 | 34.3 | 33.2 | 31.6 | 33.5 |      |      |      |
| MV      |      |      |      |      |      |      |      |      | 48.1 | 50.5 |      | 51.4 | 51.0 | 57.3 | 54.1 | 46.9 | 46.9 | 43.9 | 45.5 |      |      |      |
| NS      |      |      |      |      |      |      |      |      | 53.6 | 53.7 | 55.3 | 56.3 | 56.4 | 56.1 | 56.8 | 58.4 | 60.6 | 65.3 | 58.9 |      |      |      |
| NW      |      |      |      |      |      |      |      |      | 35.0 | 36.0 | 31.0 | 33.0 | 29.0 | 32.0 | 32.0 | 33.0 | 29.0 | 33.8 | 33.1 |      |      |      |
| RP      |      |      |      |      |      |      |      |      | 33.9 | 31.5 | 33.1 | 31.1 | 34.4 | 36.8 | 37.2 | 39.1 | 39.7 | 39.7 | 40.9 |      |      |      |
| SL      |      |      |      |      |      |      |      |      | 42.4 | 42.0 | 40.5 | 44.1 | 44.2 | 50.7 | 46.6 | 45.1 | 42.6 | 44.8 | 53.2 |      |      |      |
| SN      |      |      |      |      |      |      |      |      | 30.0 | 26.0 | 27.0 | 36.0 | 25.0 | 22.0 | 37.0 | 35.0 | 35.0 | 35.0 | 36.0 |      |      |      |
| ST      |      |      |      |      |      |      |      |      | 32.7 | 30.5 | 29.5 | 44.7 | 29.5 | 42.6 | 43.5 | 38.3 | 43.2 | 37.0 | 47.0 |      |      |      |
| SH      |      |      |      |      |      |      |      |      | 17.3 | 6.2  | 26.0 | 27.0 | 25.0 | 24.0 | 28.0 | 27.0 | 37.0 | 30.0 | 32.0 |      |      |      |
| TH      |      |      |      |      |      |      |      |      | 29.0 | 33.0 | 31.0 | 33.0 | 36.0 | 38.0 | 35.0 | 35.0 | 40.0 | 37.0 | 44.0 |      |      |      |
| StSt    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Germany |      |      |      |      |      |      |      |      | 37.5 | 36.6 | 38.3 | 39.4 | 38.8 | 40.5 | 42.0 | 42.5 | 43.9 | 44.5 | 44.1 |      |      |      |

Source: Umweltbundesamt, reports to EU; Schultheiß et al., 2000.

In the time series for national activities, missing data were replaced by those from previous years. For 1990, data from 1991 were used.

The missing N contents before 1998 were replaced by the mean concentrations from 1998 for each Federal State.

In Mecklenburg-Vorpommern the amount of sewage sludge was available for 2000, but not the respective N content. The N content of 1999 was combined with the amount spread to estimate the amount of N applied.

The missing information of the amount of sewage sludge applied in the Federal States from 1990 until 1994 and 1996 until 1997 were replaced in the following way: the fraction of the amount applied in each federal state in 1995 of the total amount of sewage sludge applied in 1995 in Germany was multiplied by the amount of sewage sludge that was applied in the whole of Germany in the missing years. Multiplying by N contents allowed to complete the N amount applied in the concerning years in the Federal States.

Data gaps at the end of the time series are closed by adopting the value last reported.

Bei den Zeitreihen der nationalen Aktivitäten wurden fehlende Werte durch Vorjahreswerte ersetzt. Für 1990 wurde der Wert für 1991 angesetzt.

Für die fehlenden N-Gehalte der Schlämme vor 1998 wurde in den Ländern jeweils der Wert von 1998 angenommen.

In Mecklenburg-Vorpommern war für das Jahr 2000 die Klärschlamm Menge, aber kein N-Gehalt verfügbar. Hier wurde der N-Gehalt von 1999 eingesetzt und die ausgebrachte N Menge vervollständigt.

Die fehlenden Angaben der ausgebrachten Menge an Klärschlämmen in den Ländern von 1990 bis 1994 und 1996 bis 1997 wurden folgendermaßen ersetzt: Der Anteil der 1995 im jeweiligen Bundesland ausgebrachten Menge an der insgesamt 1995 in Deutschland ausgebrachten Klärschlammmenge wurde mit der in den fehlenden Jahren in ganz Deutschland ausgebrachten Klärschlammmenge multipliziert. Durch Multiplikation mit den N-Gehalten konnte dann auch die ausgebrachte N Menge in den betroffenen Jahren für die Bundesländer vervollständigt werden.

Für am Ende der Zeitreihe fehlende Daten werden die letzten berichteten Werte eingesetzt.



The uncertainty of the sewage sludge data is not known. The preliminary assumption is that officially recorded data do not deviate more than 20 %, with a mean of 10 %. The N contents reported should have a similar uncertainty: for the emission inventory the boundaries of the 95 % confidence interval are assumed to be located at  $\pm 20$  % of the mean. A normal distribution is assumed.

Die Unsicherheit der Klärschlamm-Daten ist unbekannt. Vorläufig wird angenommen, dass offiziell gemeldete Mengen mit einem Fehler von höchstens 20 %, im Mittel von 10 % behaftet sind. Die Unsicherheit der N-Gehalte sollte in der gleichen Größenordnung liegen: Für das Emissionsinventar werden die 95%-Konfidenzintervall-Grenzen mit  $\pm 20$  % des Mittelwertes angesetzt. Die Verteilung ist normal.

### 10.3.2 $N_2O$ Emissions / $N_2O$ -Emissionen

The direct  $N_2O$  emissions are dealt with in this chapter. For the indirect  $N_2O$  emissions see Chapters 11.4 und 11.5.

For the direct  $N_2O$  emissions, IPCC(2006)-11.7 provide a Tier 1 methodology with the following equation:

Die direkten  $N_2O$ -Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten  $N_2O$ -Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

IPCC(2006)-11.7 gibt für die direkten  $N_2O$ -Emissionen ein Stufe-1-Verfahren mit folgender Gleichung vor:

$$E_{N_2O, SS} = F_{SS} \cdot x_{GASM} \cdot EF_{N_2O, SS} \cdot \gamma_{N_2O} \quad (10.9)$$

where

|                 |                                                                                                             |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{N_2O, SS}$  | emission flux of $N_2O$ directly emitted from soils (application of sewage sludge) (in $Gg\ a^{-1}\ N_2O$ ) |
| $F_{SS}$        | amount of nitrogen spread with sewage sludge (in $Gg\ a^{-1}\ N$ )                                          |
| $x_{GASM}$      | fraction of N lost as $NH_3$ and NO (in $kg\ kg^{-1}\ N$ )                                                  |
| $EF_{N_2O, SS}$ | emission factor for $N_2O$ (application of sewage sludge) (in $kg\ kg^{-1}\ N_2O-N$ ), see below            |
| $\gamma_{N_2O}$ | mass conversion factor ( $\gamma_{N_2O} = 44/28\ g\ g^{-1}\ mol\ mol^{-1}$ )                                |

The application of the emission factor for mineral fertilizers appears to be plausible. According to IPCC(2006)-11.11 it is  $0.0125\ kg\ kg^{-1}\ N_2O-N$ .

IPCC(1996)-4.89, Table 4-18, lists an uncertainty range for this emission factor of  $0.0025$  to  $0.0225\ kg\ kg^{-1}\ N$ . The latter is assumed to be the 95 % confidence interval and is used for the calculation of the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 13.5). Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 80 % of this emission factor. The same applies to the difference between the lower limit of the confidence interval. The symmetry allows the use of a normal distribution.

Die Anwendung des Emissionsfaktors für Mineraldünger erscheint plausibel. Er beträgt nach IPCC(2006)-11.11  $0,0125\ kg\ kg^{-1}\ N_2O-N$ .

In IPCC(1996)-4.89, Tabelle 4-18, wird für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von  $0,0025$  bis  $0,0225\ kg\ kg^{-1}\ N$  angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst und der Berechnung der Gesamtunsicherheit im Treibhausgasinventar (siehe Kapitel 13.5) zugrundegelegt. Somit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 80 % dieses Emissionsfaktors. Gleiches gilt für das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor. Aufgrund der Symmetrie wird Normalverteilung angenommen.

## 10.4 Histosols (managed organic soils) / Bewirtschaftete organische Böden (ehem. Moorflächen)

The agricultural soil use of histosols results in N<sub>2</sub>O losses due to soil degradation. The amount emitted strongly depends on soil type, intensity of management and climate. However, these processes cannot be covered in detail by the simple methodology provided by IPCC for the calculation of the inventory. This calculation procedure relates N<sub>2</sub>O emissions to the area of managed organic soils.

The emissions are calculated on federal state level.

Die Bewirtschaftung organischer Böden führt zu N<sub>2</sub>O-Verlusten als Folge ihrer Degradierung. Das Ausmaß dieser Emissionen hängt stark vom Bodentyp, der Intensität der Nutzung und Klima ab. Für die Inventarerstellung steht allerdings nur ein einfaches Verfahren zur Verfügung, das die N<sub>2</sub>O-Emissionen proportional zur Fläche der bewirtschafteten organischen Böden berechnet.

Die Emissionen werden auf Länderebene berechnet.

### 10.4.1 Activity data / Aktivitätsdaten

Area data on land with organic soils were provided via the LULUCF sector for each year and federal state, and the pertinent values were updated with respect to the NIR 2012. The land areas with organic soils comprise the relevant areas of LULUCF cropland and grassland in the narrower sense ("grassland" without "woody grassland"), less the total area of undrained grassland (16,786 ha) on organic soils.

The areas used in LULUCF have an overall uncertainty of < 1 % (half the 95 % confidence interval) (Gensior 2012, personal communication. This value is also taken to be valid for histosols.

Die Flächen organischer Böden wurden durch den LULUCF-Sektor für jedes Jahr und jedes Bundesland bereitgestellt. Die Werte wurden gegenüber dem NIR 2012 aktualisiert. Die Flächen setzen sich zusammen aus LULUCF-Ackerland sowie Grünland im engeren Sinne („grassland— ohne „woody grassland—), vermindert um die Gesamtfläche des nicht gedränten Grünlands (16.786 ha) auf organischen Böden.

Die in LULUCF eingehenden Flächendaten haben eine Gesamtunsicherheit (halbes 95 %-Konfidenzintervall) von < 1 % (Gensior 2012, persönliche Mitteilung). Dieser Wert wird für die organischen Böden übernommen.

### 10.4.2 Emissions of N<sub>2</sub>O / N<sub>2</sub>O-Emissionen

The direct N<sub>2</sub>O emissions are dealt with in this chapter. For the indirect N<sub>2</sub>O emissions see Chapters 11.4 and 11.5.

The direct N<sub>2</sub>O emissions are calculated as follows (IPCC(1996)-3-4.92, IPCC(2006)-11.6 ff):

$$E_{\text{N}_2\text{O}, \text{hist}} = A_{\text{hist}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{hist}} \cdot \beta \quad (10.10)$$

where

|                                        |                                                                                                        |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{N}_2\text{O}, \text{hist}}$  | emission flux of N <sub>2</sub> O directly emitted from soils (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O) |
| $A_{\text{hist}}$                      | area of histosols (in ha)                                                                              |
| $EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{hist}}$ | emissions factor for N <sub>2</sub> O emissions from cultivated organic soils                          |
| $\beta$                                | mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6}$ Gg kg <sup>-1</sup> )                                 |

According to IPCC(2000)-4.60 and IPCC(2006)-11.10 f an emission factor of 8 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N is used.

IPCC(2006)-11.11 lists an uncertainty range from 2 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N to 24 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N. The latter is assumed to be the 95 % confidence interval.

This interval is used to describe the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 13.5) according to IPCC(2006)-6.14, and amounts to 200 % of the emission factor.

The difference between the lower limit of the confidence interval and the emission factor is 75 % of the emission factor used.

A lognormal distribution is assumed.

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden wie folgt berechnet (IPCC(1996)-3-4.92, IPCC(2006)-11.6 ff):

Nach IPCC(2000)-4.60 und IPCC(2006)-11.10 f beträgt der Emissionsfaktor 8 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N.

In IPCC(2006)-11.11 gibt einen Unsicherheitsbereich zwischen 2 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N und 24 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N an, der als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst wird.

Damit entspricht das nach IPCC (2000)-6.14 in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (siehe Kap. 13.5) eingehende Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 200 % des Emissionsfaktors. Das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor beträgt 75 % des verwendeten Emissionsfaktors. Es wird von einer lognormalen Verteilung ausgegangen.

## 10.5 Emissions of particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) from arable land / Staubemissionen (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub>) aus der Bewirtschaftung von Ackerland

The cultivation of arable and grassland causes emissions of particulate matter. Both the amount and the frequency distribution of particle diameters depend on the emitting process, crop, soil and weather.

EMEP(2009)-4D-13 describes a Tier 2 methodology for the assessment of particle emissions from area sources in agriculture. However, this methodology requires knowledge of the number of times the emitting practices are carried out, which is not available for Germany. Hence, the Tier 1 methodology described in (EMEP(2009)-4D-10 f) is used. The approach deals with arable land only. It only allows for a first estimate of the order of magnitude to be expected for these emissions.

The emissions are calculated on federal state level.

Bei der Bewirtschaftung von Ackerland und Grünland werden Stäube emittiert. Die Menge und die Korngrößenverteilung hängen vom Arbeitsvorgang, der Feldfrucht, dem Boden und dem Wetter ab.

EMEP(2009)-4D-13 beschreibt eine Stufe-2-Vorschrift zur Berechnung von Staub-Emissionen aus landwirtschaftlichen Flächenquellen. Da die Häufigkeiten der PM-Emissionen erzeugenden Aktivitäten für Deutschland aber nicht bekannt sind, werden die PM-Emissionen nach der Stufe-1-Methode (EMEP(2009)-4D-10 f) berechnet. Das Verfahren schätzt ausschließlich Emissionen aus Ackerland. Es ermöglicht lediglich eine erste Schätzung der Größenordnung der Emissionen.

Die Emissionen werden auf Länderebene berechnet.

### 10.5.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The respective areas are provided by official statistics. (StatBA FS 3, R 3.1.2) (before 2005: FS 3, R 1.1.1). The areas of horticultural land are regarded as arable land.

Quantitative judgements of the activity data uncertainty do not exist (communicated by Statistisches Bundesamt). An uncertainty (standard error) of < 5 % is assumed, distribution normal.

Das Statistische Bundesamt stellt Ackerlandflächen bereit (StatBA FS 3, R 3.1.2) (vor 2005: FS 3, R 1.1.1). Die Flächen für Gemüseanbau werden dem Ackerland zugeordnet.

Quantitative Aussagen zur Unsicherheit der Aktivitätsdaten liegen nicht vor (Mitt. Statistisches Bundesamt). Angenommen wird eine Unsicherheit (Standardfehler) von < 5 % mit Normalverteilung.

### 10.5.2 Assessment of emissions of particulate matter / Bestimmung der Staub-Emission

The emissions are calculated according to EMEP(2009)-4D-11. The emission factors are taken from EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1.

Die Emissionen werden nach EMEP(2009)-4D-11 berechnet, wobei die Emissionsfaktoren aus EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1, entnommen werden.

$$E_{\text{PM}_{10}, \text{crop}} = \sum A_a \cdot EF_{\text{PM}_{10}, \text{crop}} \cdot \beta \quad (10.11)$$

$$E_{\text{PM}_{2.5}, \text{crop}} = \sum A_a \cdot EF_{\text{PM}_{2.5}, \text{crop}} \cdot \beta \quad (10.12)$$

where

|                                     |                                                                                                                   |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{PM}_{10}, \text{crop}}$   | PM <sub>10</sub> emission flux from cropped areas (in Gg a <sup>-1</sup> PM <sub>10</sub> )                       |
| $E_{\text{PM}_{2.5}, \text{crop}}$  | PM <sub>2.5</sub> emission flux from cropped areas (in Gg a <sup>-1</sup> PM <sub>2.5</sub> )                     |
| $A_a$                               | area of arable land (in ha)                                                                                       |
| $EF_{\text{PM}_{10}, \text{crop}}$  | emission factor ( $EF_{\text{PM}_{10}, \text{crop}} = 1.56 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{10}$ )   |
| $EF_{\text{PM}_{2.5}, \text{crop}}$ | emission factor ( $EF_{\text{PM}_{2.5}, \text{crop}} = 0.06 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{2.5}$ ) |
| $\beta$                             | mass units conversion ( $\beta = 10^{-6} \text{ Gg kg}^{-1}$ )                                                    |

The emission factors of this methodology do not include emissions from fertilizer, pesticides or from grassland (e. g. hay making).

Die Emissionsfaktoren schließen Emissionen aus Düngernutzung, Pestiziden und aus Grünlandflächen (z. B. durch Heumachen) nicht ein.

The uncertainty of the emission factors is defined by EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1: the 95 % confidence interval for PM<sub>10</sub> is given by 0.78 und 7.8 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, for PM<sub>2.5</sub> by 0.03 und 0.3 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Hence, the difference between the lower boundary of the 95 % confidence interval and the mean emission factor is 50 % of the mean emission factor, while the difference between the upper boundary and the mean emission factor is 400 % of the mean emission factor. According to IPCC (2006) the higher of these two values has to be used in the Tier 1 emission uncertainty calculation. This implies a standard error of the emission factor of  $0,5 \cdot 400 \% = 200 \%$ .

The distribution is asymmetric (lognormal distribution).

Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren gibt EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1 an, dass die Grenzen des 95 %-Konfidenzintervalls bei 0.78 und 7.8 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> für PM<sub>10</sub> und 0.03 und 0.3 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> für PM<sub>2.5</sub> liegen. Dies bedeutet, dass die Differenz zwischen der Untergrenze des 95 %-Konfidenzintervalls und dem verwendeten mittleren Emissionsfaktor 50 % des Emissionsfaktors beträgt, wohingegen die Differenz zwischen Emissionsfaktor und oberer Konfidenzintervallgrenze bei 400 % liegt. Da nach IPCC (2000) der größere dieser beiden Prozentwerte für die Tier-1-Unsicherheitsberechnung zu verwenden ist, ergibt sich der dafür anzusetzende Standardfehler zu  $0,5 \cdot 400 \% = 200 \%$  des mittleren Emissionsfaktors.

Es liegt eine asymmetrischen Verteilung vor (Lognormal-Verteilung).

#### 10.6 Intercomparison of N<sub>2</sub>O emission factors with those in neighbouring countries / Vergleich von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten

For the intercomparison of N<sub>2</sub>O emission factors with those in neighbouring countries see Chapter 11.6.

Zum Vergleich von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten wird auf Kapitel 11.6 verwiesen.

#### 10.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 10.6: Cultures with fertilizers, related tables provided with the data CD

|                  |                   |                                      | from       | to        |
|------------------|-------------------|--------------------------------------|------------|-----------|
| Emissions        | Emissionen        | NH <sub>3</sub> , mineral fertilizer | EM1001.01  |           |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O mineral fertilizer  | EM1001.02  |           |
|                  |                   | NO, mineral fertilizer               | EM1001.07  |           |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, animal manure      | EM1001.03  |           |
|                  |                   | NO, animal manure                    | EM1001.08  |           |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, sewage sludge      | EM1001.04  |           |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, histosols          | EM1001.05  |           |
|                  |                   | PM <sub>10</sub> , arable land       | EM1001.13  |           |
|                  |                   | PM <sub>2.5</sub> , arable land      | EM1001.14  |           |
| Activity data    | Aktivitäten       | mineral fertilizer                   | AC1001.01  | AC1001.06 |
|                  |                   | animal manure                        | AC1001.07  | AC1001.09 |
|                  |                   | sewage sludge                        | AC1001.10  |           |
|                  |                   | histosols                            | AC1001.11  |           |
|                  |                   | areas, arable and grassland          | AC1001.12  | AC1001.17 |
| Emission factors | Emissionsfaktoren | NH <sub>3</sub> , mineral fertilizer | IEF1001.01 |           |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O mineral fertilizer  | IEF1001.02 |           |
|                  |                   | NO, mineral fertilizer               | IEF1001.06 |           |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, animal manure      | IEF1001.03 |           |
|                  |                   | NO, animal manure                    | IEF1001.07 |           |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, sewage sludge      | IEF1001.04 |           |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, histosols          | IEF1001.05 |           |
|                  |                   | PM <sub>10</sub> , arable land       | IEF1001.10 |           |
|                  |                   | PM <sub>2.5</sub> , arable land      | IEF1001.11 |           |

## 11 Emissions from cultures without fertilizers / Emissionen aus ungedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen

The assessment of emissions from areas without intentional nitrogen fertilisation comprises the following sources:

- biological N fixation: legumes,
- excreta from grazing animals returned to the soil,
- crop residues and
- indirect emissions from depositions of reactive N originating from agriculture.

The emissions are calculated on the national level according to the procedures compiled in Table 11.1. (Calculations with higher spatial resolution (districts) are possible only for the years 1999 and 2003 as only for those years the input data needed for higher-resolution calculations are available.)

For the choice of the methods see Chapter 3.2.3.

For emission reporting, emissions from agricultural soils without fertilization are calculated on federal state level. Calculations on district level are possible only for the years 1999 and 2003 as only for these years the input data needed are available..

Die Erfassung der Emissionen aus Flächen ohne absichtliche Stickstoff-Düngung berücksichtigt die folgenden Quellen:

- biologische N-Fixierung: Leguminosenanbau,
- tierische Ausscheidungen auf der Weide,
- Ernterückstände und
- indirekte Emissionen aus Depositionen von reaktivem N aus der Landwirtschaft.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt auf nationaler Ebene nach den in Table 11.1 zusammengestellten Verfahren. (Eine Berechnung in höherer räumlicher Auflösung (Kreise) kann nur für die Jahre 1999 und 2003 durchgeführt werden, da nur für diese Jahre die entsprechenden Eingangsdaten vorliegen.)

Zur Methodenauswahl siehe Kapitel 3.2.3.

Die Emissionen aus ungedüngten landwirtschaftlichen Böden werden für die Emissionsberichterstattung auf Länderebene berechnet, da die notwendigen Eingangsdaten auf Kreisebene nur in Ausnahmejahren (1999 und 2003) vorliegen.

Table 11.1: Cultures without fertilizers, calculation procedures applied

| Species                              | Origin               | Tier | Method applied | Resolution in space |          | Resolution in time |
|--------------------------------------|----------------------|------|----------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                      |                      |      |                | activities          | EF       | EF                 |
| NH <sub>3</sub>                      | legumes              | 2    | EMEP           | states              | national | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO                 | legumes              | 1    | IPCC           | states              | national | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub> | animal grazing       | 1    | IPCC           | states              | national | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O, NO                 | crop residues        | 1    | IPCC           | states              | national | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O                     | indirect, deposition | 1    | IPCC           | states              | national | 1 a                |
| N <sub>2</sub> O                     | indirect, leaching   | 1    | IPCC           | states              | national | 1 a                |

### 11.1 Biological N fixation: legumes / Biologische N-Fixierung: Leguminosenanbau

Biological N fixation worth considering takes place in legumes only.

Biological N fixation leads to NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions. NO emissions from biological fixation are not calculated as neither IPCC nor EMEP (2009) provide a calculation methodology.

The emissions are calculated on federal state level.

Biologische N-Fixierung findet in nennenswertem Umfang nur durch Leguminosen statt.

Biologische N-Fixierung führt zu NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O- und N<sub>2</sub>-Emissionen. NO-Emissionen aus dem Leguminosenanbau werden nicht berechnet, da weder IPCC noch EMEP (2009) hierfür eine Methode angeben.

Die Emissionen werden auf Länderebene berechnet.

#### 11.1.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The amount of nitrogen fixed biologically is considered the actual activity. It is obtained from the area cultivated with a legume and the specific N fixation rate.

The German inventory also takes clover-grass and alfalfa-grass mixtures into account. Double counting of the relevant areas is avoided.

Als eigentliche Aktivitätsgröße wird der biologisch gebundene Stickstoff angesehen. Er errechnet sich aus den Anbauflächen und der spezifischen N-Fixierungsrate.

Deutschland berücksichtigt auch die Flächen von Klee-Gras- und Luzerne-Gras-Gemischen. Eine Doppelzählung dieser Mengen wird vermieden.

*Area under cultivation:*

StatBA FS 3, R 3.1.2 (arable land, permanent grass-land) (before 2005: FS 3, R 1.1.1), for each year

The German methodology uses the mean N fixation of legumes listed in Faustzahlen (1993), pg. 277 and Laber (2005), pg. 86:

- Pulses 270 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N,
- clover, grass clover and clover alfalfa mixtures 200 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N
- alfalfa 300 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N
- horticultural peas 100 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N
- horticultural beans 40 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N

*Uncertainty of activity data*

Areas: Quantitative judgements of the areas reported do not exist for Germany (communicated by Statistisches Bundesamt).

EMEP(2007)-B1020-14 assumes that the typical uncertainty falls below 10 %. Assumed are 5 %, distribution: normal.

For N contents of crop residues of legumes the uncertainty is likely to be less than 25 % (EMEP(2007)-B1020-14). The inventory uses an uncertainty of 25 %. Normal distribution is assumed.

*Anbauflächen:*

StatBA FS 3, R 3.1.2 (Ackerland, Dauergrünland) (vor 2005: FS 3, R 1.1.1), für jedes Jahr

Das deutsche Verfahren berücksichtigt die in den Faustzahlen (1993), S. 277 und in Laber (2005), S. 86, gemachten Angaben über die durchschnittliche N-Fixierung von

- Hülsenfrüchten 270 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N,
- Klee, Klee-Gras- und Klee-Luzerne-Gemischen 200 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N
- Luzerne 300 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N
- Gemüseerbsen 100 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N
- Gemüsebohnen 40 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N

*Unsicherheit der Aktivitätsdaten*

Flächen: Quantitative Aussagen zur Genauigkeit der Flächenermittlung liegen für Deutschland nicht vor (Mitt. Statistisches Bundesamt).

EMEP(2007)-B1020-14 geht davon aus, dass der typische Fehler < 10 % ist. Angenommen werden 5 %, Verteilung: normal.

Die N-Gehalte der Ernterückstände in Leguminosen weisen wahrscheinlich eine Unsicherheit (Standardfehler) von weniger als 25 % auf (EMEP(2007)-B1020-14). Das Inventar geht von 25 % aus. Angenommene Verteilung: normal.

## 11.1.2 Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies

### 11.1.2.1 The method applied / Angewandte Methode

The direct N<sub>2</sub>O emissions are dealt with in this chapter. For the indirect N<sub>2</sub>O emissions see Chapters 11.4 and 11.5.

A detailed calculation procedure for ammonia is described in (EMEP(2007)-B1020-12). It is applied to the other gases by analogy which, for N<sub>2</sub>O is in line with Equation 4.20 in IPCC (2000), pg. 4.54.

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

EMEP(2007)-B1020-12 beschreibt eine detaillierte Methode für Ammoniak. Sie wird sinngemäß auch auf die anderen Gase angewendet. Für N<sub>2</sub>O ist dies im Einklang mit Gleichung 4.20 in IPCC (2000), S. 4.54.

$$E_{\text{NH}_3, \text{NF}} = \sum A_i \cdot m_{\text{N}, i} \cdot EF_{\text{NH}_3, \text{NF}} \cdot \beta \cdot \gamma_{\text{NH}_3} \quad (11.1)$$

$$E_{\text{N}_2\text{O}, \text{NF}} = \sum A_i \cdot m_{\text{N}, i} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{NF}} \cdot \beta \cdot \gamma_{\text{N}_2\text{O}} \quad (11.2)$$

$$E_{\text{N}_2, \text{NF}} = \sum A_i \cdot m_{\text{N}, i} \cdot EF_{\text{N}_2, \text{NF}} \cdot \beta \quad (11.3)$$

where

|                                      |                                                                                                          |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{NH}_3, \text{NF}}$         | NH <sub>3</sub> emission due to nitrogen fixation (in Gg a <sup>-1</sup> of the respective species)      |
| $A_i$                                | area of a crop i (in ha)                                                                                 |
| $m_{\text{N}, i}$                    | nitrogen fixed by crop i (in kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                      |
| $EF_{\text{NH}_3, \text{NF}}$        | NH <sub>3</sub> -N emission factor for nitrogen fixation (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)     |
| $\beta$                              | mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6}$ Gg kg <sup>-1</sup> )                                   |
| $\gamma_{\text{NH}_3}$               | mass conversion factor ( $\gamma_{\text{NH}_3} = 17/14$ g g <sup>-1</sup> mol mol <sup>-1</sup> )        |
| $E_{\text{N}_2\text{O}, \text{NF}}$  | N <sub>2</sub> O emission due to nitrogen fixation (in Gg a <sup>-1</sup> of the respective species)     |
| $EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{NF}}$ | N <sub>2</sub> O emission factor for nitrogen fixation (in kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N)       |
| $\gamma_{\text{N}_2\text{O}}$        | mass conversion factor ( $\gamma_{\text{N}_2\text{O}} = 44/28$ g g <sup>-1</sup> mol mol <sup>-1</sup> ) |
| $E_{\text{N}_2, \text{NF}}$          | N <sub>2</sub> emission due to nitrogen fixation (in Gg a <sup>-1</sup> of the respective species)       |
| $EF_{\text{N}_2, \text{NF}}$         | N <sub>2</sub> emission factor for nitrogen fixation (in kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> -N)          |

### 11.1.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

The following emission factors are used (note that the emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{N}_2$  are adopted from the application of N fertilizers, see Chapter 10.1.2.2.2):

#### Ammonia

Detailed methodology, EMEP(2007)-B1020-12

$$EF_{\text{N, NH}_3} = 0.01 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$$

#### Nitrous oxide

Simpler methodology, see Chapter 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{N, N}_2\text{O}} = 0.0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

#### Dinitrogen

Simpler methodology: see Chapter 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{N, N}_2} = 0.1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

### Uncertainty of emission factors

#### Ammonia

According to EMEP(2007)-B1020-14 the uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission factor is assumed to be defined by a factor of 5 (half the 95 % confidence interval). This results in a range of uncertainty between -80 % and +400 %. For an asymmetric distribution, IPCC (2000) in „Quantifying Uncertainties in Practice“ (pg. 6.14) stipulates that in the Tier 1 approach for the calculation of the overall uncertainty of the inventory (see Chapter 13.6) the higher of the two relevant values (i.e. of the 2.5 % percentile and 97.5 % percentile, mean values, respectively) is to be used. Therefore the ammonia inventory makes use of an overall uncertainty in this case of 400 % (half the 95 % confidence interval).

#### Nitrous oxide

IPCC(1996)-4.89, Table 4-18, lists an uncertainty range for this emission factor of 0.0025 to 0.0225  $\text{kg kg}^{-1}$  N. The latter is assumed to be the 95 % confidence interval and is used for the calculation of the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 13.5). Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 80 % of this emission factor. The same applies to the difference between the lower limit of the confidence interval.

The symmetry allows the use of a normal distribution.

#### Dinitrogen

The order of magnitude is likely to be correct. The likely uncertainty amounts to about 1000 %, its distribution is presumably lognormal.

Folgende Emissionsfaktoren werden verwendet, wobei für  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{N}_2$  auf die Faktoren aus der N-Dünger-Ausbringung (Kapitel 10.1.2.2.2) zurückgegriffen wird:

#### Ammoniak

Detailliertes Verfahren, EMEP(2007)-B1020-12

$$EF_{\text{N, NH}_3} = 0,01 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$$

#### Distickstoffoxid (Lachgas)

Einfacheres Verfahren, siehe Kapitel 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{N, N}_2\text{O}} = 0,0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

#### Distickstoff

Einfacheres Verfahren: siehe Kapitel 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{N, N}_2} = 0,1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

### Unsicherheit der Emissionsfaktoren

#### Ammoniak

Die Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors wird nach EMEP(2007)-B1020-14 mit Faktor 5 geschätzt (halbes 95 %-Konfidenzintervall). Daraus resultiert ein Unsicherheitsbereich von -80 % bis +400 %. Es wird lognormale Verteilung angenommen. Für asymmetrische Verteilungen schreibt IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ (S. 6.14) bei Anwendung der Stufe-1-Methode zur Berechnung der Inventar-Gesamtunsicherheit (siehe Kapitel 13.6) vor, dass von den beiden Intervallen [2,5 %-Perzentil; Mittelwert] und [Mittelwert; 97,5 %-Perzentil] das größere zu verwenden ist. Das Ammoniak-Inventar rechnet als mit einer Unsicherheit (halbes 95 %-Konfidenzintervall) von 400 %.

#### Distickstoffoxid (Lachgas)

In IPCC(1996)-4.89, Tabelle 4-18, wird für den  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,0025 bis 0,0225  $\text{kg kg}^{-1}$  N angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst und der Berechnung der Gesamtunsicherheit im Treibhausgasinventar (siehe Kapitel 13.5) zugrundegelegt. Somit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 80 % dieses Emissionsfaktors. Gleiches gilt für das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor. Aufgrund der Symmetrie wird Normalverteilung angenommen.

#### Distickstoff

Die Größenordnung des Emissionsfaktors ist wahrscheinlich richtig. Die Unsicherheit beläuft sich wahrscheinlich auf 1000 %, die Verteilung ist wahrscheinlich lognormal.

## 11.2 Emissions of from excretions during grazing / Emissionen aus tierischen Ausscheidungen auf der Weide

N excretions during grazing lead to  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - and  $\text{N}_2$ -emissions. The quantification of the  $\text{NH}_3$  emissions is described in combination with the calculation of the emissions from animal husbandry (Chapters 4 to 8). In the following the  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$  emissions from soils originating from grazing are described.

The emissions are calculated on federal state level.

Aus den tierischen Ausscheidungen beim Weidegang folgen  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen. Die Berechnung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen erfolgt im Zusammenhang mit den Emissionsberechnungen aus der Nutztierhaltung (Kapitel 4 bis 8). Im Folgenden wird die Berechnung der weidebedingten bodenbürtigen  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen beschrieben.

Die Emissionen werden auf Länderebene berechnet.

### 11.2.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emissions resulting from animal excreta dropped during grazing are considered proportional to the N input with excreta, see Chapter 11.2.2.1. N excretions are described in Chapters 4 to 8 for each animal category.

With exception of the input rates stemming from buffalo, gaots, asses and mules relevant data are available on the district level. In analogy to the treatment of other emission sources related to agriculturally managed soils, the resolution in space is also federal states. Due to lack of data on federal state level, N inputs to soil from buffalo, goats, and mules and asses can be taken into account only on national level.

The assessment of N excretions can be achieved with an uncertainty < 10 % (cf. Dämmgen et al., 2009b). The inventory uses 10 % as a standard error, i.e. that the uncertainty (half the 95 % confidence interval) is taken to be 20 %.

A normal distribution is assumed.

$\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen aufgrund von Weidegang werden proportional zur Menge des auf der Weide ausgeschiedenen N berechnet, siehe Kapitel 11.2.2.1. Die N-Ausscheidungen werden in den Kapiteln 4 bis 8 für jede Tierkategorie beschrieben.

Diese Daten liegen außer für Büffel, Ziegen, Esel und Maultiere zwar auf Kreisebene vor; die daraus folgenden bodenbürtigen Emissionen werden aus Konsistenzgründen wie bei den anderen Emissionsquellen im Bereich landwirtschaftlich genutzter Böden jedoch nur auf Länderebene berechnet. Für Büffel, Ziegen, Esel und Maultiere ist die Berechnung der weidebedingten Emissionen aus in Ermangelung feiner aufgelöster Eingangsdaten nur auf nationaler Ebene möglich.

Die Bestimmung der N-Ausscheidungen geschieht nach Dämmgen et al. (2009b) mit einer Unsicherheit < 10 %. Für das Inventar wird ein Wert von 10 % angesetzt, der als Standardfehler interpretiert wird. Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt demnach 20 %.

Die Verteilung wird als normal angenommen.

### 11.2.2 Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 11.2.2.1 The method applied / Angewandte Methode

The direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions are dealt with in this chapter. For the indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions see Chapters 11.4 and 11.5.

$\text{NH}_3$  emissions from excretions during grazing are dealt with in Chapters 4 to 8 for each animal category.

For direct  $\text{N}_2\text{O}$  as well as  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$ , the calculation structure according to IPCC (2006) -11.6 ff is used. It allows for the differentiation between animal categories and provides two different emission factors. The same set of equations can be used to calculate emissions according to IPCC(1996), where the two factors are treated as equals. The emission factors used are listed in Chapter 11.2.2.2.

Die direkten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

Die ebenfalls entstehenden  $\text{NH}_3$ -Emissionen werden in den Kapiteln 4 bis 8 für jede Tierkategorie behandelt.

Das Inventar verwendet für die direkten  $\text{N}_2\text{O}$ - sowie die  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen eine Gleichungsstruktur nach IPCC (2006) -11.6 ff, die es ermöglicht, zwei nach Tierkategorien unterschiedene Emissionsfaktoren zu benutzen. Der Gleichungssatz ist unmittelbar auch für IPCC (1996) anwendbar, indem jeweils die beiden Emissionsfaktoren gleich gesetzt werden. Zu den verwendeten Emissionsfaktoren siehe Kapitel 11.2.2.2.

$$E_{\text{N}_2\text{O}, \text{graz}} = (m_{\text{N}, \text{graz}, 1} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{graz}, 1} + m_{\text{N}, \text{graz}, 2} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{graz}, 2}) \cdot \beta \cdot \gamma_{\text{N}_2\text{O}} \quad (11.4)$$

$$E_{\text{NO}, \text{graz}} = (m_{\text{N}, \text{graz}, 1} \cdot EF_{\text{NO}, \text{graz}, 1} + m_{\text{N}, \text{graz}, 2} \cdot EF_{\text{NO}, \text{graz}, 2}) \cdot \beta \cdot \gamma_{\text{NO}} \quad (11.5)$$

$$E_{\text{N}_2, \text{graz}} = (m_{\text{N}, \text{graz}, 1} \cdot EF_{\text{N}_2, \text{graz}, 1} + m_{\text{N}, \text{graz}, 2} \cdot EF_{\text{N}_2, \text{graz}, 2}) \cdot \beta \quad (11.6)$$



where

|                                    |                                                                                                                                     |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{N}_2\text{O, graz}}$     | $\text{N}_2\text{O}$ emission due to animal grazing (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2\text{O}$ )                                     |
| $m_{\text{N, graz, 1}}$            | amount of N excreted during grazing of cattle, buffalo, pigs and poultry (in $\text{kg a}^{-1} \text{N}$ )                          |
| $EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 1}}$ | $\text{N}_2\text{O}$ emission factor for grazing (cattle, buffalo, pigs and poultry) (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ ) |
| $m_{\text{N, graz, 2}}$            | amount of N excreted during grazing of sheep, goats and horses (in $\text{kg a}^{-1} \text{N}$ )                                    |
| $EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 2}}$ | $\text{N}_2\text{O}$ emission factor for grazing (sheep, goats and horses) (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ )           |
| $\beta$                            | mass units conversion ( $\beta = 10^{-6} \text{Gg kg}^{-1}$ )                                                                       |
| $\gamma_{\text{N}_2\text{O}}$      | mass conversion factor ( $\gamma_{\text{N}_2\text{O}} = 44/28 \text{g g}^{-1} \text{mol mol}^{-1}$ )                                |
| $E_{\text{NO, graz}}$              | NO emission due to animal grazing (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NO}$ )                                                                |
| $EF_{\text{NO, graz, 1}}$          | NO emission factor for grazing (cattle, buffalo, pigs and poultry) (in $\text{kg kg}^{-1} \text{NO-N}$ )                            |
| $EF_{\text{NO, graz, 2}}$          | NO emission factor for grazing (sheep, goats and horses) (in $\text{kg kg}^{-1} \text{NO-N}$ )                                      |
| $\gamma_{\text{NO}}$               | mass conversion factor ( $\gamma_{\text{NO}} = 30/14 \text{g g}^{-1} \text{mol mol}^{-1}$ )                                         |
| $E_{\text{N}_2, \text{graz}}$      | $\text{N}_2$ emission due to animal grazing (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2$ )                                                     |
| $EF_{\text{N}_2, \text{graz, 1}}$  | $\text{N}_2$ emission factor for grazing (cattle, buffalo, pigs and poultry) (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}_2$ )                   |
| $EF_{\text{N}_2, \text{graz, 2}}$  | $\text{N}_2$ emission factor for grazing (sheep, goats and horses) (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}_2$ )                             |

#### 11.2.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

For the gases considered the following emission factors were used:

##### Nitrous oxide

Tier 1 method, IPCC(1996), Table 4-22, pg. 4.104

$$EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 1}} = 0.02 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$$

$$EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 2}} = 0.02 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$$

##### Nitric oxide

Simpler methodology, EMEP(2007)-B1020-12

$$EF_{\text{NO, graz, 1}} = 0.007 \text{ kg kg}^{-1} \text{NO-N}$$

$$EF_{\text{NO, graz, 2}} = 0.007 \text{ kg kg}^{-1} \text{NO-N}$$

##### Dinitrogen

Similar to the proportions used for the calculation of the emissions from mineral fertilizers, a 7-fold amount (see Chapter 10.1.2.2), with respect to  $\text{N}_2\text{O}$  emission factors, is assumed:

$$EF_{\text{N}_2, \text{graz, 1}} = 0.14 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$$

$$EF_{\text{N}_2, \text{graz, 2}} = 0.14 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$$

##### Uncertainty of emission factors

##### Nitrous oxide

IPCC (1996) does not provide information about the uncertainty of the emission factor. Thus the uncertainty range given in IPCC(2006)-11.11 is used. It lists a range of uncertainty of  $0.007 - 0.06 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  in combination with the emission factor of  $0.02 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ . This is taken to be the 95 % confidence interval. Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 200 % of this emission factor. The difference between the lower limit of the confidence interval and the emission factor equals 70 % of the emission factor used.

##### Nitric oxide and dinitrogen

The orders of magnitude of the emission factors for NO and  $\text{N}_2$  are likely to be correct.

According to EMEP(2007)-B1020-15 the uncertainty for NO is likely to be greater than a factor of 5. The distribution assumed is lognormal.

Due to lack of information,  $\text{N}_2$  is treated like NO.

Für die einzelnen Gase wurden die folgenden Emissionsfaktoren benutzt:

##### Distickstoffoxid

Stufe-1-Verfahren, IPCC(1996), Tab. 4-22, pg. 4.104

$$EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 1}} = 0,02 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$$

$$EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 2}} = 0,02 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$$

##### Stickstoffmonoxid

Einfaches Verfahren, EMEP(2007)-B1020-12

$$EF_{\text{NO, graz, 1}} = 0,007 \text{ kg kg}^{-1} \text{NO-N}$$

$$EF_{\text{NO, graz, 2}} = 0,007 \text{ kg kg}^{-1} \text{NO-N}$$

##### Distickstoff

In Anlehnung an die Proportionen bei der Berechnung der Emissionen aus Mineraldüngern wird hier die 7-fache Menge der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktoren angesetzt (siehe Kapitel 10.1.2.2):

$$EF_{\text{N}_2, \text{graz, 1}} = 0,14 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$$

$$EF_{\text{N}_2, \text{graz, 2}} = 0,14 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$$

##### Unsicherheit der Emissionsfaktoren

##### Distickstoffoxid (Lachgas)

IPCC (1996) gibt für den Emissionsfaktor keine Unsicherheit an. Daher wird auf den in IPCC(2006)-11.11 für den Emissionsfaktor von  $0,02 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  angegebenen Unsicherheitsbereich zurückgegriffen:  $0,007 - 0,06 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ . Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst. Daraus folgt, dass die Differenz zwischen oberer Grenze des Konfidenzintervalles und verwendetem Emissionsfaktor 200 % des verwendeten Emissionsfaktors beträgt. Die Differenz zwischen verwendetem Emissionsfaktor und unterer Grenze beträgt rund 70 % des Emissionsfaktors.

##### Stickstoffmonoxid und Distickstoff

Die Größenordnung des Emissionsfaktoren für NO und  $\text{N}_2$  ist wahrscheinlich zutreffend.

Nach EMEP(2007)-B1020-15 ist die Unsicherheit für NO wahrscheinlich größer als Faktor 5. Die angenommene Verteilung ist lognormal.

Wegen fehlender Erkenntnisse wird  $\text{N}_2$  wie NO behandelt.

### 11.3 Emissions from crop residues / Emissionen aus Ernterückständen

Emissions from crop residues comprise N<sub>2</sub>O- and N<sub>2</sub>-emissions. NO emissions from biological fixation are not calculated as neither IPCC nor EMEP (2009) provide a calculation methodology.

The emissions are calculated on federal state level.

Aus Ernterückständen resultieren N<sub>2</sub>O- und N<sub>2</sub>-Emissionen. NO-Emissionen werden nicht berechnet, da weder IPCC noch EMEP (2009) hierfür eine Methode angeben.

Die Emissionen werden auf Länderebene berechnet.

#### 11.3.1 Activity data / Aktivitätsdaten

N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions are calculated from the amounts of N stored in the above and below ground biomass liable to mineralisation after harvest. Prerequisites for their assessment are the areas of cultivation, the respective crop yields and the N contents of the crop residues, in the case of horticultural crops the N contents of the parts normally harvested are needed in addition. The data used are compiled in Table 11.2 and Table 11.3, unless they are variables.

The amounts of N removed with the straw used as bedding, are calculated for the respective animal categories, and their sum subtracted accordingly ( $m_{N, \text{straw}}$ ).

The uncertainty of the activity data is addressed in Chapter 11.3.1.13.

N<sub>2</sub>O- und N<sub>2</sub>-Emissionen werden aus den in den oberirdischen und unterirdischen Ernterückständen verbleibenden N-Mengen berechnet. Benötigt werden die jeweiligen Anbauflächen, die Erträge und die N-Gehalte der Ernterückstände, bei Gemüse auch die N-Gehalte der normalerweise geernteten Produkte. Die benötigten Daten sind in Table 11.2 und Table 11.3 zusammengestellt, sofern sie nicht als Variablen eingehen.

Die N-Mengen, die mit Stroh als Einstreu von der Fläche entfernt werden, werden für die einzelnen Tierkategorien berechnet und insgesamt abgezogen ( $m_{N, \text{straw}}$ ).

Zur Unsicherheit der Aktivitätsdaten siehe Kapitel 11.3.1.13.

##### 11.3.1.1 Area under cultivation / Anbauflächen

For federal states, areas under cultivation are reported annually in the official statistics in StatBA FS 3, R 3. For districts, data are available for the years 1991, 1995, 1999, 2003 (StatLA, R CI).

For the emission reporting only the data on federal-state level are used.

The area reported for "Sommermenggetreide" (mix of spring barley and oats) is treated as being spring barley, the area covered with "Wintermenggetreide" (mix of wheat and rye) is attributed to rye.

Data gaps are filled with data of the latest year with without data gaps.

Die Anbauflächen werden jährlich vom Statistischen Bundesamt StatBA FS 3, R 3 auf Bundeslandebene bereitgestellt. Auf Kreisebene stehen Daten für 1991, 1995, 1999, 2003 zur Verfügung (StatLA R CI).

Für die Emissionsberichterstattung werden ausschließlich die Daten auf Bundeslandebene verwendet.

Die Fläche für Sommermenggetreide wird der Fläche für Hafer zugeschlagen; die Fläche für Wintermenggetreide wird unter Roggen erfasst.

Bei fehlenden einzelnen Werten wird auf die Anbauflächen des letzten verfügbaren Jahres zurückgegriffen.

##### 11.3.1.2 Yields / Erträge

For federal states, yields are reported annually in the official statistics in StatBA FS 3, R 3. For districts, data are available for the years 1991, 1995, 1999, 2003 (StatLA, R CI).

For the emission reporting only the data on federal-state level are used.

Data gaps are filled with data of the latest year with without data gaps.

On district level yields are missing for fodder production, grass and clover-grass mixtures as well as, in parts, for legumes. For fodder production yields of 34 Mg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> for grass and 50 Mg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> for clover-grass mixtures and alfalfa are assumed; for meadows and pastures mean yields of 45 Mg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> are used (KTBL 2004, pg. 303 ff, pg. 300, pg. 322; expert judgement Rogasik).

Erträge werden jährlich vom Statistischen Bundesamt StatBA FS 3, R 3 auf Bundeslandebene bereitgestellt. Auf Kreisebene existieren stehen Daten für 1991, 1995, 1999, 2003 zur Verfügung (StatLA R CI).

Für die Emissionsberichterstattung werden ausschließlich die Daten auf Bundeslandebene verwendet.

Datenlücken werden durch Anbauflächen des letzten verfügbaren Jahres geschlossen.

Auf Kreisebene fehlen Ertragsangaben für Feldfutterbau, Gras und Klee-Gras-Gemische und teilweise für Hülsenfrüchte. Für Feldfutterbau wurden Erträge von 34 Mg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> für Gras und 50 Mg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> für Klee-Gras-Gemische und Luzerne zugrunde gelegt, für Weiden im Mittel 45 Mg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (KTBL 2004, S. 303 ff, S. 300, S. 322; Expertenurteil Rogasik).

If yields were not provided by the census, standard yields were taken instead: broad beans  $4.0 \text{ Mg ha}^{-1}$ , peas  $3.5 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Faustzahlen, KTBL, 2005a, pg 159), lupins  $3.7 \text{ Mg ha}^{-1}$  (UFOP, 2004; Versuchswesen Pflanzenbau Rheinland-Pfalz, 2005). If no data was available, the area was considered as “other pulses” and the yield for “other pulses” (lupins) of  $3.7 \text{ Mg ha}^{-1}$  was used instead. For other missing data on district level, the mean yields on federal-state level are used: For Berlin the data of Brandenburg, for Bremen the data of Lower Saxony and for Hamburg the data of Schleswig-Holstein.

Sind bei Hülsenfrüchten keine Erträge angegeben, werden Standard-Erträge nach KTBL (2005a), S. 159, verwendet: Ackerbohnen  $4,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ , Futtererbsen:  $3,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Für Süßlupine werden  $3,7 \text{ Mg ha}^{-1}$  angenommen (UFOP, 2004; Versuchswesen Pflanzenbau Rheinland-Pfalz, 2005). Sind Angaben nicht vorhanden, wurde als mittlerer Ertrag der Körnerleguminosen der Wert für „andere Körnerleguminosen“ von  $3,7 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Süßlupine) angenommen. Andere fehlende Werte für Kreise werden jeweils durch die Mittelwerte der Bundesländer ersetzt: Für Berlin werden die Daten von Brandenburg, für Bremen von Niedersachsen und für Hamburg von Schleswig-Holstein angenommen.

### 11.3.1.3 *Duration of cropped system ( $x_{\text{renew}, i}$ ) and frequency of harvesting ( $x_{\text{mow}, i}$ ) / Dauer der Kultur ( $x_{\text{renew}, i}$ ) und Erntefrequenz der Kultur ( $x_{\text{mow}, i}$ )*

For pastures and meadows and fodder production (grass or clover grass mixtures) crop residues only occur at a noticeably extent, when the field is ploughed up, which does not occur every year.

All crops apart from permanent grassland and fodder production systems (grass and clover grass mixtures) are annual crops. For permanent grassland a mean lifetime of 10 a is assumed, for fodder production 2 to 5 a are usual. A mean of 2.5 a for grass and 3 a for clover grass mixtures was used in this inventory (expert judgement Rogasik).

The factor  $x_{\text{renew}, i}$  equals  $1/x$ , where  $x$  represents the duration of the cropped system in years. For annual crops  $x_{\text{renew}, i} = 1$ . For permanent grassland  $x_{\text{renew}, i} = 0.1$ , meaning that 10 % of the area with permanent grassland is producing crop residues which have to be taken into account.

For permanent grassland and fodder production (grass or clover grass mixtures) it is further assumed, that they are mowed three times a year but that crop residues are produced once only.

The factor  $x_{\text{mow}, i}$  equals  $1/x$ , where  $x$  is the frequency of mowing. For annual crops  $x_{\text{mow}, i} = 1$ . For the exceptions mentioned  $x_{\text{mow}, i} = 0.33$ .

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Ernterückstände fallen bei Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische) nur dann in nennenswertem Ausmaß an, wenn nach der Ernte gepflügt wird, was nicht in jedem Jahr der Fall ist.

Alle Kulturen mit Ausnahme von Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische) sind einjährig. Für Grünland wird eine mittlere Dauer von 10 a angenommen, für Feldfutterbau 2 bis 5 a, im Mittel 2,5 a für Gras und 3 a für Graskleegemische (Expertenurteil Rogasik).

Der Faktor  $x_{\text{renew}, i}$  ist gleich  $1/x$ , wobei  $x$  der Dauer der jeweiligen Kultur in Jahren entspricht. Bei einjährigen Kulturen gilt:  $x_{\text{renew}, i} = 1$ . Für Dauergrünland gilt  $x_{\text{renew}, i} = 0,1$ , das bedeutet auf 10 % der Grünlandfläche entstehen Ernterückstände, die berücksichtigt werden müssen.

Für Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische) wird weiter angenommen, dass drei Mal im Jahr gemäht wird, aber nur ein Mal Ernterückstände anfallen.

Der Faktor  $x_{\text{mow}, i}$  ist gleich  $1/x$ , wobei  $x$  der Mähhäufigkeit pro Jahr entspricht. Bei den einjährigen Kulturen gilt:  $x_{\text{mow}, i} = 1$ . Bei den genannten Ausnahmen gilt  $x_{\text{mow}, i} = 0,33$ .

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

### 11.3.1.4 *Dry matter content ( $x_{\text{DM}, i}$ ) / Trockenmassegehalte ( $x_{\text{DM}, i}$ ):*

Data for maize: from Faustzahlen (KTBL, 2005a), pg 306.

Data for rape, permanent grassland and fodder production (grass, clover grass mixtures, alfalfa): expert judgement Rogasik.

All other data: IPCC(2006)-11.17; These data is consistent with German data (expert judgement Rogasik).

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Daten für Mais: Faustzahlen (KTBL, 2005a, S. 306).

Daten für Raps, Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische, Luzerne): Expertenurteil Rogasik.

Alle anderen Daten wurden aus IPCC(2006)-11.17 übernommen. Sie sind konsistent mit deutschen Daten (Expertenurteil Rogasik).

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

### 11.3.1.5 Ratio of above ground crop residues to yield ( $a_{\text{above}, i}$ ) / Verhältnis der oberirdischen Ernterückstände zur Ernte ( $a_{\text{above}, i}$ )

Figure 11.1 illustrates the relations between the various parts of the plants used to establish the ratios between above ground biomass, below ground biomass and yield.

Die Zusammenhänge zur Berechnung der unterschiedlichen Verhältnisse von oberirdischen und unterirdischen Biomasse sowie Erträgen gehen aus Figure 11.1 hervor.

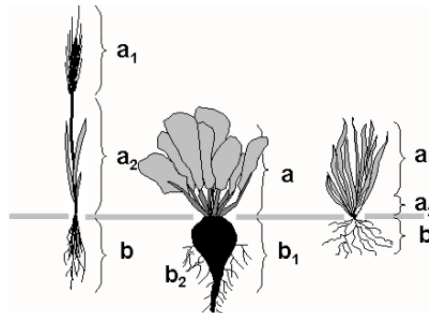


Figure 11.1: Above and below ground parts of crops, tuber crops and grasses

For tuber crops (Figure 11.1, centre), to  $a_{\text{above}, i} = a/b_1$ , which is the reciprocal of the root leaf ratio  $a_1/a_2$ . The ratio of above ground crop residues to yield was taken from Düngeverordnung (2007, Anlage 1, Tabelle 1).

For permanent grassland and fodder production (grass, clover grass mixtures, alfalfa) (Figure 11.1, right)  $a_{\text{above}, i} = a_2/a_1$ . These ratios were calculated according to IPCC(2006)-11.17.

It is assumed that the grain to straw ratios and the root to leaf ratios have not changed during the reporting period.

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Für Hackfrüchte (Figure 11.1, Mitte) gilt  $a_{\text{above}, i} = a/b_1$ ; das entspricht dem Kehrwert des Knolle/Wurzel-Laub-Verhältnisses. Das Verhältnis der oberirdischen Ernterückstände zur Ernte wurde aus der Düngeverordnung (2007, Anlage 1, Tabelle 1) entnommen.

Für Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische, Alfalfa) (Figure 11.1, rechts) gilt  $a_{\text{above}, i} = a_2/a_1$ . Diese Verhältnisse wurden gemäß IPCC(2006)-11.17 ausgerechnet.

Es wird davon ausgegangen, dass sich das Korn-Stroh-Verhältnis bzw. das Knolle/Wurzel-Laub-Verhältnis im Berichtszeitraum nicht geändert hat.

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

### 11.3.1.6 Nitrogen content of the above-ground crop residues ( $x_{N, \text{above}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der oberirdischen Ernterückstände ( $x_{N, \text{above}, i}$ )

The values used were taken from Düngeverordnung (2007, Anlage 1, Tabelle 1).

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Die benötigten Daten wurden der Düngeverordnung (2007, Anlage 1, Tabelle 1) entnommen.

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

### 11.3.1.7 Ratio of below ground crop residues to yield ( $a_{\text{below}, i}$ ) / Verhältnis der unterirdischen Ernterückstände zur Erntemenge ( $a_{\text{below}, i}$ )

The relations needed to calculate the ratio of below ground crop residues to yield are shown in Figure 11.1:

For cereals and legumes (Figure 11.1, left):

$$a_{\text{below}, i} = b/a_1$$

For beet and potatoes (Figure 11.1, centre):

$$a_{\text{below}, i} = b_2/b_1$$

For permanent grassland and fodder production (grass, clover grass mixtures, alfalfa) (Figure 11.1, right)

$$a_{\text{below}, i} = b/a_1.$$

These ratios were calculated from the ratio of the below ground residues to above ground biomass  $a_{\text{below}, \text{bio}, i}$  ( $= R_{\text{BG-BIO}}$  from IPCC 2006, 11.17) and from the ratio of above ground residues to yield  $a_{\text{above}, i}$ :

For cereals, legumes, permanent grassland and fodder production  $a_{\text{below}, i}$  can be obtained as follows:

$$a_{\text{below}, i} = a_{\text{below}, \text{bio}, i} \cdot (1 + a_{\text{above}, i}) \quad (11.7)$$

where

|                                   |                                                                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| $a_{\text{below}, i}$             | ratio of below ground crop residues to yield ( $\text{kg kg}^{-1}$ )               |
| $a_{\text{below}, \text{bio}, i}$ | ratio of the below ground residues to above ground biomass ( $\text{kg kg}^{-1}$ ) |
| $a_{\text{above}, i}$             | ratio of above ground residues to yield ( $\text{kg kg}^{-1}$ )                    |

For tuber crops the following equation is used:

$$a_{\text{below}, i} = a_{\text{below}, \text{bio}, i} \cdot a_{\text{above}, i} \quad (11.8)$$

where

|                                   |                                                                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| $a_{\text{below}, i}$             | ratio of below ground crop residues to yield ( $\text{kg kg}^{-1}$ )               |
| $a_{\text{below}, \text{bio}, i}$ | ratio of the below ground residues to above ground biomass ( $\text{kg kg}^{-1}$ ) |
| $a_{\text{above}, i}$             | ratio of above ground residues to yield ( $\text{kg kg}^{-1}$ )                    |

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Die Beziehungen zur Berechnung des Verhältnisses der unterirdischen Ernterückstände zur Erntemenge gehen aus Figure 11.1 hervor:

Für Getreide und Hülsenfrüchte (Figure 11.1, links) gilt:

$$a_{\text{below}, i} = b/a_1$$

Für Rüben und Kartoffeln (Figure 11.1, Mitte) gilt

$$a_{\text{below}, i} = b_2/b_1$$

Für Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleeegemische, Luzerne) (Figure 11.1, rechts) gilt

$$a_{\text{below}, i} = b/a_1.$$

Die Verhältnisse wurden berechnet aus dem Verhältnis der unterirdischen Ernterückstände zu der oberirdischen Biomasse  $a_{\text{below}, \text{bio}, i}$  ( $= R_{\text{BG-BIO}}$  aus IPCC 2006, 11.17) und dem Verhältnis der oberirdischen Ernterückstände zur Ernte ( $a_{\text{above}, i}$ ):

Für Getreide, Hülsenfrüchte Dauergrünland und Feldfutterbau wird  $a_{\text{below}, i}$  wie folgt berechnet:

Für Hackfrüchte gilt entsprechend:

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

### 11.3.1.8 Nitrogen content of below ground crop residues ( $x_{\text{N}, \text{below}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der unterirdischen Ernterückstände ( $x_{\text{N}, \text{below}, i}$ )

All data for  $x_{\text{N}, \text{below}, i}$  except for rape were taken from IPCC(2006)-11.17, as they agree with German data. For rape, an expert judgement (Rogasik, JKI-PB) was used.

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Die Werte für  $x_{\text{N}, \text{below}, i}$  mit Ausnahme von Raps wurden IPCC(2006)-11.17 entnommen; sie entsprechen den deutschen Werten. Für Raps wurde einer Expertenschätzung (Rogasik, JKI-PB) verwendet.

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

#### 11.3.1.9 Ratio of crop residues to yield ( $a_i$ ) / Verhältnis der Ernterückstände zur Ernte ( $a_i$ )

For horticultural crops, only the ratio of crop residues to yield was available. It was calculated using informations using data from IGZ (2007).

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Für Gemüse stand nur das Verhältnis der Ernterückstände zur Ernte zur Verfügung. Sie wurden berechnet aus Angaben aus IGZ (2007).

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

#### 11.3.1.10 Nitrogen content of crop residues ( $x_{N,i}$ ) and harvested crop products ( $x_{N,yield,i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der Ernterückstände ( $x_{N,i}$ ) und der geernteten Produkte ( $x_{N,yield,i}$ ):

Nitrogen content of crop residues for all horticultural crops and nitrogen content of harvested crop products from red oak leaf lettuce, lollo lettuce, arugula, other lettuce, celery root and spring onions were taken from IGZ (2007). Nitrogen content of harvested crop products from the other horticultural crops were obtained from Düngeverordnung (2007).

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Aus IGZ (2007) wurden alle Stickstoff-Gehalte der Ernterückstände und die Stickstoff-Gehalte der geernteten Produkte von Eichblattsalat, Lolloletsalat, Rucolasalat, sonstige Salats, Knollensellerie und Bundzwiebeln übernommen. Für die anderen Gemüsesorten wurden Daten aus der Düngeverordnung (2007) übernommen.

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

#### 11.3.1.11 Factor for not harvested horticultural crops ( $\delta_{HC}$ ) / Faktor für nicht geerntetes Gemüse ( $\delta_{HC}$ )

Following expert judgement (C. Feller, IGZ Großbeeren and Erfurt) it is to be expected that only 70 to 90 % of the horticultural crops grown are actually harvested. The rest of 10 to 30 % is not marketable and will not be harvested. For the inventory the percentage of the total amount of not harvested horticultural crops is assumed to be  $q = 20\%$ . Then the ratio of the amounts of unharvested crops to harvested crops is given by  $\delta_{HC} = q / (100 - q) = 20/80$ . This entity is used in the calculation of  $Frac_{NCR0}$ , see Chapter 12.1.7.

The unharvested fraction of the horticultural crops are treated as additional crop residues.

Laut Expertenurteil (C. Feller, IGZ Großbeeren und Erfurt) muss davon ausgegangen werden, dass nur zwischen 70 und 90 % des aufgewachsenen Gemüses auch geerntet werden, die restlichen 10 bis 30 % verbleiben als nicht vermarktbar auf dem Feld. Für das Inventar wird dieser auf dem Feld verbleibende Anteil des aufgewachsenen Gemüses mit  $q = 20\%$  angesetzt. Damit lässt sich das Mengenverhältnis von nicht geerntetem zu geerntetem Gemüse durch  $\delta_{HC} = q / (100 - q) = 20/80$  beschreiben. Diese Größe wird zur Berechnung von  $Frac_{NCR0}$  eingesetzt, siehe Kapitel 12.1.7.

Der auf dem Feld verbleibende Anteil des Gesamtaufwuchses wird den Ernterückständen hinzugerechnet.

11.3.1.12 Overview of data used to estimate the activity data / Übersicht über die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten

Table 11.2 und Table 11.3 list the data used to estimate the activity data.

Table 11.2 und Table 11.3 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

Table 11.2: Crop residues (agricultural crops), data used to calculate N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions (N contents related to fresh matter)

| Agricultural Crop                                                                         | $x_{\text{renew},i}$ | $x_{\text{mow},i}$ | $x_{\text{DM},i}$   | grain-straw-ratio | $a_{\text{above},i}$ | $x_{\text{N,above},i}$ | $a_{\text{below,Bio},i}$ | $a_{\text{below},i}$ | $x_{\text{N,below},i}$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|
|                                                                                           | ha ha <sup>-1</sup>  |                    | kg kg <sup>-1</sup> |                   | kg kg <sup>-1</sup>  | kg kg <sup>-1</sup> N  | kg kg <sup>-1</sup>      | kg kg <sup>-1</sup>  | kg kg <sup>-1</sup> N  |
| winter wheat                                                                              | 1                    | 1                  | 0.86                | 1/0.8             | 0.8                  | 0.0050                 | 0.23                     | 0.41                 | 0.009                  |
| spring wheat                                                                              | 1                    | 1                  | 0.86                | 1/0.8             | 0.8                  | 0.0050                 | 0.28                     | 0.51                 | 0.009                  |
| Rye                                                                                       | 1                    | 1                  | 0.86                | 1/0.9             | 0.9                  | 0.0050                 | 0.22                     | 0.42                 | 0.011                  |
| winter barley                                                                             | 1                    | 1                  | 0.86                | 1/0.7             | 0.7                  | 0.0050                 | 0.22                     | 0.37                 | 0.014                  |
| spring barley                                                                             | 1                    | 1                  | 0.86                | 1/0.8             | 0.8                  | 0.0050                 | 0.22                     | 0.40                 | 0.014                  |
| Oat                                                                                       | 1                    | 1                  | 0.86                | 1/1.1             | 1.1                  | 0.0050                 | 0.25                     | 0.53                 | 0.008                  |
| Triticale                                                                                 | 1                    | 1                  | 0.86                | 1/0.9             | 0.9                  | 0.0050                 | 0.22                     | 0.42                 | 0.008                  |
| grain maize                                                                               | 1                    | 1                  | 0.86                | 1/1.0             | 1.0                  | 0.0090                 | 0.22                     | 0.44                 | 0.007                  |
| maize for silage                                                                          | 1                    | 1                  | 0.28                | 1/1.0             | 0.0                  | 0.0038                 | 0.22                     | 0.44                 | 0.007                  |
| Rape                                                                                      | 1                    | 1                  | 0.91                | 1/1.7             | 1.7                  | 0.0070                 | 0.22                     | 0.59                 | 0.010                  |
| sugar beet                                                                                | 1                    | 1                  | 0.23                | 1/0.7             | 0.7                  | 0.0040                 | 0.20                     | 0.14                 | 0.014                  |
| fodder beet                                                                               | 1                    | 1                  | 0.12                | 1/0.3             | 0.3                  | 0.0024                 | 0.20                     | 0.08                 | 0.014                  |
| clover, clover grass mixtures, clover alfalfa mixtures (fodder production on arable land) | 0.33                 | 0.33               | 0.20                | 1/0.5             | 0.5                  | 0.0052                 | 0.80                     | 1.20                 | 0.012                  |
| Alfalfa                                                                                   | 1                    | 1                  | 0.20                | 1/0.3             | 0.3                  | 0.0060                 | 0.40                     | 0.52                 | 0.019                  |
| grass (fodder production)                                                                 | 0.4                  | 0.33               | 0.20                | 1/0.5             | 0.5                  | 0.0048                 | 0.80                     | 1.20                 | 0.012                  |
| Potatoes                                                                                  | 1                    | 1                  | 0.22                | 1/0.2             | 0.2                  | 0.0020                 | 0.20                     | 0.04                 | 0.014                  |
| broad beans                                                                               | 1                    | 1                  | 0.86                | 1/1.0             | 1.0                  | 0.0150                 | 0.19                     | 0.38                 | 0.022                  |
| Peas                                                                                      | 1                    | 1                  | 0.86                | 1/1.0             | 1.0                  | 0.0150                 | 0.19                     | 0.38                 | 0.022                  |
| other pulses                                                                              | 1                    | 1                  | 0.86                | 1/1.0             | 1.0                  | 0.015                  | 0.19                     | 0.38                 | 0.022                  |
| pastures and meadows                                                                      | 0.1                  | 0.33               | 0.20                | 1/0.5             | 0.5                  | 0.0050                 | 0.80                     | 0.80                 | 0.012                  |

Sources: see text above

Table 11.3: Crop residues (horticultural crops), data used to calculate N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions (N contents related to fresh matter)

| Horticultural Crop   | $a_i$               | $x_{\text{N},i}$      | $x_{\text{N,yield},i}$ | Horticultural Crop                      | $a_i$               | $x_{\text{N},i}$      | $x_{\text{N,yield},i}$ |
|----------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|
|                      | kg kg <sup>-1</sup> | kg kg <sup>-1</sup> N | kg kg <sup>-1</sup> N  |                                         | kg kg <sup>-1</sup> | kg kg <sup>-1</sup> N | kg kg <sup>-1</sup> N  |
| cauliflower          | 1.29                | 0.0034                | 0.0032                 | fennel                                  | 0.75                | 0.0030                | 0.0024                 |
| broccoli             | 3.67                | 0.0035                | 0.0037                 | celery root                             | 0.50                | 0.0030                | 0.0025                 |
| chinese cabbage      | 0.71                | 0.0018                | 0.0016                 | horseradish                             | 1.30                | 0.0037                | 0.0051                 |
| curly kale           | 1.25                | 0.0035                | 0.0046                 | carrots                                 | 0.17                | 0.0017                | 0.0017                 |
| kohlrabi             | 0.33                | 0.0035                | 0.0030                 | red radish                              | 0.17                | 0.0020                | 0.0020                 |
| Brussels sprouts     | 2.60                | 0.0040                | 0.0047                 | white radish                            | 0.20                | 0.0017                | 0.0017                 |
| red cabbage          | 0.80                | 0.0030                | 0.0028                 | beetroot                                | 0.67                | 0.0025                | 0.0027                 |
| white cabbage        | 0.56                | 0.0030                | 0.0026                 | gherkin                                 | 0.71                | 0.0020                | 0.0017                 |
| Savoy cabbage        | 1.00                | 0.0040                | 0.0038                 | cucumber                                | 0.71                | 0.0020                | 0.0017                 |
| red oak leaf lettuce | 0.31                | 0.0019                | 0.0019                 | marrows                                 | 1.00                | 0.0025                | 0.0025                 |
| crisphead lettuce    | 0.33                | 0.0013                | 0.0013                 | courgette                               | 0.85                | 0.0030                | 0.0023                 |
| endive               | 0.33                | 0.0020                | 0.0025                 | sweet corn                              | 2.00                | 0.0030                | 0.0032                 |
| lamb's lettuce       | 0.25                | 0.0045                | 0.0045                 | French bean                             | 1.83                | 0.0040                | 0.0035                 |
| butterhead lettuce   | 0.20                | 0.0018                | 0.0018                 | broad bean                              | 1.80                | 0.0030                | 0.0013                 |
| lollo lettuce        | 0.31                | 0.0019                | 0.0019                 | runner bean (incl. scarlet runner bean) | 1.80                | 0.0032                | 0.0035                 |
| radicchio            | 0.79                | 0.0025                | 0.0025                 | peas for threshing (without pods)       | 4.57                | 0.0040                | 0.0049                 |
| Romaine lettuce      | 0.22                | 0.0020                | 0.0020                 | peas for picking (with pods)            | 4.57                | 0.0040                | 0.0049                 |
| arugula              | 0.71                | 0.0030                | 0.0040                 | spring onions                           | 0.18                | 0.0020                | 0.0020                 |
| other lettuce        | 0.31                | 0.0019                | 0.0019                 | onions (incl. shallots)                 | 0.25                | 0.0040                | 0.0022                 |
| spinach              | 0.60                | 0.0036                | 0.0043                 | parsley                                 | 0.15                | 0.0040                | 0.0044                 |
| rhubarb              | 0.54                | 0.0050                | 0.0029                 | leek                                    | 0.68                | 0.0030                | 0.0027                 |
| asparagus            | 0.33                | 0.0046                | 0.0025                 | chive                                   | 0.20                | 0.0050                | 0.0050                 |
| celery stalks        | 0.60                | 0.0025                | 0.0027                 |                                         |                     |                       |                        |

Sources: see text above

### 11.3.1.13 Uncertainty of activity data / Unsicherheit der Aktivitätsdaten

Quantitative judgements with respect to uncertainties of areas do not exist in Germany (communicated by Statistisches Bundesamt). EMEP(2007)-B1020-14 assumes that the typical uncertainty is less than 10 % (distribution normal).

No uncertainties are available for the yield data used in the inventory.

EMEP(2007)-B1020-14 states that uncertainty concerning the N contents in crop residues is likely to fall below 25 % (distribution normal).

For the inventory, an overall uncertainty (standard error) of 25 % is assumed (Gaussian normal distribution).

Quantitative Aussagen zur Genauigkeit der Flächenermittlung liegen in Deutschland nicht vor (Mitteilung des Statistischen Bundesamtes). EMEP(2007)-B1020-14 geht davon aus, dass der typische Fehler < 10 % ist (normal verteilt).

Zu den Ertragswerten sind keine Unsicherheitsangaben verfügbar.

Für die N-Gehalte der Ernterückstände wird von einem Fehler in der Größenordnung von 25 %, normal verteilt, ausgegangen (EMEP(2007)-B1020-14).

Insgesamt wird für Inventar das von einem Fehler (Standardfehler) der Aktivitätsdaten von 25 % ausgegangen, wobei Normalverteilung angenommen wird.

### 11.3.2 Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 11.3.2.1 The method applied / Angewandte Methode

The direct N<sub>2</sub>O emissions are dealt with in this chapter. For the indirect N<sub>2</sub>O emissions see Chapters 11.4 and 11.5.

In principle, the calculation procedure applied is given in IPCC(2006)-11.13 as Tier 2 methodology. Due to different base data, the formula used for the calculation of crop residues derived from horticultural crops differs from the formula for agricultural crops.

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

Das angewendete Rechenverfahren ist im Prinzip bei IPCC(2006)-11.13 als Stufe-2-Verfahren beschrieben. Aufgrund unterschiedlicher Datengrundlagen weicht die Berechnung für Ernterückstände aus Gemüse von der aus Ackerfrüchten ab:

$$E_{N_2O,CR} = E_{N_2O,CR,AC} + E_{N_2O,CR,HC} \quad (11.9)$$

$$E_{N_2O,CR,AC} = \left( \sum_i A_i \cdot x_{renew,i} \cdot x_{mow,i} \cdot y_i \cdot (a_{above,i} \cdot x_{N,above,i} + a_{below,i} \cdot x_{N,below,i}) - m_{N,straw} \right) \cdot EF_{N_2O,CR} \cdot \beta \cdot \gamma_{N_2O} \quad (11.10)$$

$$E_{N_2O,CR,HC} = \left( \sum_j A_j \cdot y_j \cdot a_j \cdot x_{N,j} + A_j \cdot y_j \cdot a_j \cdot x_{N,j} \cdot \delta_{HC} + A_j \cdot y_j \cdot x_{N,yield,j} \cdot \delta_{HC} \right) \cdot EF_{N_2O,CR} \cdot \beta \cdot \gamma_{N_2O} \quad (11.11)$$

where

|                  |                                                                                                                                |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{N_2O,CR}$    | N <sub>2</sub> O emission due to rotting of crop residues in a district (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O)               |
| $E_{N_2O,CR,AC}$ | N <sub>2</sub> O emission due to rotting of agricultural crop residues in a district (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O)  |
| $E_{N_2O,CR,HC}$ | N <sub>2</sub> O emission due to rotting of horticultural crop residues in a district (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O) |
| i                | running index for agricultural crops                                                                                           |
| j                | running index for horticultural crops                                                                                          |
| $A_i$            | area covered by crop i (in ha)                                                                                                 |
| $x_{renew,i}$    | fraction of crop i that is harvested annually (in ha ha <sup>-1</sup> )                                                        |
| $x_{mow,i}$      | 1 / quantity of harvests of crop i in a year (no dimension)                                                                    |
| $y_i$            | yield of crop i, in fresh matter (in kg ha <sup>-1</sup> )                                                                     |
| $a_{above,i}$    | ratio of above ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )                                               |
| $x_{N,above,i}$  | N content of above ground residues of crop i, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)                               |
| $a_{below,i}$    | ratio of below ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )                                               |
| $x_{N,below,i}$  | N content of below ground residues of crop i, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)                               |
| $m_{N,straw}$    | amount of nitrogen removed with straw used as bedding in a district (in kg N)                                                  |
| $EF_{N_2O,CR}$   | N <sub>2</sub> O emission factor for crop residues ( $EF_{N_2O,CR} = 0.0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ )        |
| $\beta$          | mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6} \text{ Gg kg}^{-1}$ )                                                          |
| $\gamma_{N_2O}$  | mass conversion factor ( $\gamma_{N_2O} = 44/28 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ )                                       |
| $a_j$            | ratio of crop residues to crop yield of crop j (in kg kg <sup>-1</sup> )                                                       |
| $x_{N,j}$        | N content of crop residues of crop j, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)                                       |
| $x_{N,yield,j}$  | N content of normally harvested parts of crop j, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)                            |
| $\delta_{HC}$    | not harvested horticultural crops factor ( $\delta_{HC} = 20/80 \text{ kg kg}^{-1}$ )                                          |

N<sub>2</sub> emissions are calculated by analogy.

Die N<sub>2</sub>-Emissionen werden analog berechnet.



### 11.3.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

The following emission factors were used:

#### Nitrous oxide

Default: IPCC 1996, Table 4-18, pg. 4.89

$$EF_{N_2O, crop} = 0.0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### Dinitrogen

Simpler methodology: see Chapter 10.1.2.2.2

$$EF_{N_2, crop} = 0.1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### Uncertainty of emission factors

##### Nitrous oxide

IPCC(1996)-4.89, Table 4-18, lists an uncertainty range for this emission factor of 0.0025 to 0.0225 kg kg<sup>-1</sup> N. The latter is assumed to be the 95 % confidence interval and is used for the calculation of the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 13.5). Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 80 % of this emission factor. The same applies to the difference between the lower limit of the confidence interval. The symmetry allows the use of a normal distribution.

##### Nitric oxide and dinitrogen

The uncertainty of the N<sub>2</sub> emission factor is unknown.

Folgende Emissionsfaktoren wurden benutzt:

#### Distickstoffoxid

Default: IPCC 1996, Tabelle 4-18, S. 4.89

$$EF_{N_2O, crop} = 0,0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### Distickstoff

Einfacheres Verfahren: siehe Kapitel 10.1.2.2.2

$$EF_{N_2, crop} = 0,1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### Unsicherheit der Emissionsfaktoren

##### Distickstoffoxid

In IPCC(1996)-4.89, Tabelle 4-18, wird für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,0025 bis 0,0225 kg kg<sup>-1</sup> N angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst und der Berechnung der Gesamtunsicherheit im Treibhausgasinventar (siehe Kapitel 13.5) zugrundegelegt. Somit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 80 % dieses Emissionsfaktors. Gleiches gilt für das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor. Aufgrund der Symmetrie wird Normalverteilung angenommen.

##### Distickstoff

Die Unsicherheit des N<sub>2</sub>- Emissionsfaktors ist unbekannt.

## 11.4 Indirect N<sub>2</sub>O emissions from depositions of reactive nitrogen originating from agriculture / Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Deposition von reaktivem Stickstoff aus der Landwirtschaft

Atmospheric deposition of reactive nitrogen species results in N<sub>2</sub>O emissions.

The emissions are calculated on federal state level.

Die atmosphärische Deposition von reaktiven Stickstoff-Spezies führt zu N<sub>2</sub>O-Emissionen.

Die Emissionen werden auf Länderebene berechnet.

### 11.4.1 Activity data / Aktivitätsdaten

In the German inventory, the calculation of the indirect N<sub>2</sub>O emissions caused by deposition assumes that all emissions of reactive nitrogen listed below are deposited:

- NH<sub>3</sub> emissions from fertilizer application,
- NO emissions from fertilizer application,
- NH<sub>3</sub> emissions from manure management including spreading (housing including N input with bedding material, storage)
- NO emissions, from manure management including NO emissions from soils due to manure spreading
- NH<sub>3</sub> emissions from grazing,
- NO emissions from grazing,
- NH<sub>3</sub> emissions from N fixing crops.

(Application of sewage sludge is not considered as there is no calculation of NH<sub>3</sub> and NO emissions from sewage sludge, see Chapter 10.3. )

Das deutsche Inventar berechnet die depositionsbedingten N<sub>2</sub>O-Emissionen unter der Annahme, dass alle nachstehend aufgeführten Emissionen reaktiven Stickstoffs als Deposition eingehen:

- NH<sub>3</sub>-Emissionen aus Mineraldüngeranwendung,
- NO-Emissionen aus Mineraldüngeranwendung,
- NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management incl. Ausbringung (Stall incl. N aus Einstreu),
- NO-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management incl. NO als Folge der Wirtschaftsdünger-Ausbringung
- NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Weidegang,
- NO-Emissionen aus dem Weidegang,
- NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Leguminosenanbau.

(Die Klärschlamm-Ausbringung wird nicht berücksichtigt, da hierfür keine NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen berechnet werden, siehe Kapitel 10.3.)

The relevant activities are the amounts of NH<sub>3</sub>-N and NO-N emitted from agricultural sources as listed above.

Chemical reactions which transform these emissions to inert N species do not occur in practice. Hence, they are not considered in the inventory.

#### Uncertainty of activity data

A discussion of the uncertainty of these emissions presupposes the knowledge of the uncertainties of the respective emissions.

An uncertainty (standard error) of 25 % is assumed, normal distribution.

Die eigentlichen Aktivitäten sind die aus den oben genannten landwirtschaftlichen Quellen emittierten NH<sub>3</sub>-N und NO-N-Mengen.

Atmosphärenchemische Reaktionen, die zu nicht reaktivem N führen, finden praktisch nicht statt und werden daher im Inventar nicht berücksichtigt.

#### Unsicherheit der Aktivitätsdaten

Die Unsicherheit der Depositionen ist erst bestimmbar, wenn die Unsicherheit der Emissionen hinreichend bekannt ist.

Angenommen wird eine Unsicherheit (Standardfehler) von 25 %, Verteilung normal.

### 11.4.2 Assessment of N<sub>2</sub>O emissions / Bestimmung der N<sub>2</sub>O-Emissionen

#### 11.4.2.1 The method applied / Angewandte Methode

A Tier 1 approach similar to the treatment of N<sub>2</sub>O emissions from the application of mineral fertilizer is used (IPCC (1996)-4.112 f).

Es wird ein Stufe-1-Verfahren analog zur Beschreibung der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Mineraldünger-Anwendung eingesetzt (IPCC (1996)-4.112 f).

$$E_{N_2O, dep} = [(E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{MM} + (E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{graz} + (E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{fert} + E_{NH_3-N, NF}] \cdot EF_{N_2O-N, dep} \cdot \gamma_{N_2O} \quad (11.12)$$

where

|                                  |                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{N_2O, dep}$                  | indirect N <sub>2</sub> O emission resulting from the deposition of all emissions of reactive nitrogen species from agriculture (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O) |
| $(E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{MM}$   | NH <sub>3</sub> -N and NO-N emissions from manure management (housing including N input with bedding material, storage, application) (in Gg a <sup>-1</sup> N)           |
| $(E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{graz}$ | NH <sub>3</sub> -N and NO-N emissions from grazing (in Gg a <sup>-1</sup> N)                                                                                             |
| $(E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{fert}$ | NH <sub>3</sub> -N and NO-N emissions from mineral fertilizer (in Gg a <sup>-1</sup> N)                                                                                  |
| $E_{NH_3-N, NF}$                 | NH <sub>3</sub> -N emissions from N fixing crops (in Gg a <sup>-1</sup> N)                                                                                               |
| $EF_{N_2O-N, dep}$               | emission factor for indirect emissions from deposition (in kg kg <sup>-1</sup> N, see Chapter 11.4.2.2)                                                                  |
| $\gamma_{N_2O}$                  | mass conversion factor ( $\gamma_{N_2O} = 44/28 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ )                                                                                 |

Using the entities  $Frac_{GASF}$  and  $Frac_{GASM, Germany}$  (see Chapters 12.1.3 and 12.1.4), the  $E_{N_2O, dep}$  equation can be transformed as follows:

Die Gleichung für  $E_{N_2O, dep}$  lässt sich mit Hilfe der in Kapitel 12.1.3 und 12.1.4 definierten Größen  $Frac_{GASF}$  und  $Frac_{GASM, Germany}$  umformulieren:

$$E_{N_2O, dep} = [(m_{excr} + m_{straw}) \cdot Frac_{GASM, Germany} + m_{fert} \cdot Frac_{GASF} + E_{NH_3-N, NF}] \cdot EF_{N_2O-N, dep} \cdot \gamma_{N_2O} \quad (11.13)$$

where

|                        |                                                                                                                                                                          |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{N_2O, dep}$        | indirect N <sub>2</sub> O emission resulting from the deposition of all emissions of reactive nitrogen species from agriculture (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O) |
| $m_{excr}$             | amount of N excreted in animal houses and during grazing (in Gg a <sup>-1</sup> N)                                                                                       |
| $m_{straw}$            | amount of N added by bedding (in Gg a <sup>-1</sup> N)                                                                                                                   |
| $Frac_{GASM, Germany}$ | fraction of total nitrogen from animal excretion and N import with bedding that volatilizes as NH <sub>3</sub> -N and NO-N, German definition (in Gg Gg <sup>-1</sup> )  |
| $m_{fert}$             | amount of N applied with mineral fertilizers (in Gg a <sup>-1</sup> N)                                                                                                   |
| $Frac_{GASF}$          | fraction of synthetic fertilizer N applied to soils that volatilises as NH <sub>3</sub> -N and NO-N (in kg kg <sup>-1</sup> )                                            |
| $E_{NH_3-N, NF}$       | NH <sub>3</sub> -N emissions from N fixing crops (in Gg a <sup>-1</sup> N)                                                                                               |
| $EF_{N_2O-N, dep}$     | emission factor for indirect emissions from deposition (in kg kg <sup>-1</sup> N, see Chapter 11.4.2.2)                                                                  |
| $\gamma_{N_2O}$        | mass conversion factor ( $\gamma_{N_2O} = 44/28 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ )                                                                                 |

In principle, this equation corresponds to equation 9 in IPCC (1996)-4.112. However, equation 9 in IPCC (1996b)-4.112 makes use of a differently defined entity  $Frac_{GASM}$ , see also Chapter 12.1.4.

Diese Gleichung entspricht dem Sinn der Gleichung 9 in IPCC (1996)-4.112, wobei allerdings in der IPCC-Gleichung eine abweichend definierte  $Frac_{GASM}$ -Größe eingesetzt wird, siehe Kapitel 12.1.4.

#### 11.4.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

The emission factor is to a large extent depending on land use (Denier van der Gon et al., 2004).

For the inventory, the emission factor provided by IPCC(1996)-4.105 is to be used ( $EF_{N_2O} = 0.01 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ).

The uncertainty range given in IPCC(1996)-4.105 is  $0.002 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  to  $0.02 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ . This is taken to be the 95 % confidence interval. The difference between the upper limit of the confidence interval and the emission factor amounts to 100 % of the emission factor and the difference between the lower limit of the confidence interval and the emission factor equals 80 % of the emission factor. According to IPCC (2000)-6.14 the higher percentage (100 %) has to be used to estimate derive the overall uncertainty (see Chapter 13.5). It is assumed that the distribution is lognormal.

Der Emissionsfaktor hängt in großem Umfang von der Landnutzung ab (Denier van der Gon et al., 2004).

Für das Inventar ist der in IPCC(1996)-4.105 gegebene Emissionsfaktor  $EF_{N_2O} = 0,01 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$  zu verwenden.

In IPCC(1996)-4.105 wird ein Unsicherheitsbereich (interpretiert als 95 %-Konfidenzintervall) angegeben, der zwischen  $0,002 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  und  $0,02 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  liegt. Damit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und Emissionsfaktor 100 % des Emissionsfaktors. Das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und Emissionsfaktor beträgt 80 % des Emissionsfaktors. Nach IPCC (2000)-6.14 geht in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (siehe Kap. 13.5) der größere Prozentwert ein, also 100 %. Es wird von einer lognormalen Verteilung ausgegangen.

### 11.5 Indirect $N_2O$ emissions from leached and run off N originating from agriculture / Indirekte $N_2O$ -Emissionen aus ausgewaschenem und abgeflossenem N aus der Landwirtschaft

Nitrogen inputs into soils are to some extent liable to run-off and leaching. The inputs into surface and ground waters give rise to indirect nitrous oxide emissions.

Stickstoff-Einträge in Böden gelangen teilweise durch Oberflächenabfluss in Oberflächengewässer und durch Auswaschung ins Grundwasser. Sie sind dort Quelle indirekter Lachgas-Emissionen.

The emissions are calculated on federal state level.

Die Emissionen werden auf Länderebene berechnet.

#### 11.5.1 Activity data / Aktivitätsdaten

Relevant sources are the amounts of nitrogen imported into the soils with fertilizers, animal manures, mineral sewage sludges, crop residues, N fixation by legumes and the mineralization of histosols. The amounts of N imported are determined as follows:

Quellgrößen sind die Mengen an Stickstoff, die durch, Mineraldünger, Wirtschaftsdünger, Weidegang, Klärschlämme, Ernterückstände und Leguminosenanbau in den Boden gelangen. Sie werden wie folgt bestimmt:

##### Mineral fertiliser:

The activity  $m_{\text{fert},s}$  is defined as the amounts of fertilisers N applied minus the N losses due to  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emissions caused by fertiliser N (Chapter 10.1).

##### Mineraldünger:

Als Aktivitätsgröße  $m_{\text{fert},s}$  dienen die ausgebrachten N-Mengen, vermindert um darauf zurückgehende N-Verluste durch  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen (Kapitel 10.1).

##### Manure:

The activity  $m_{\text{man},s}$  is defined as the amount of N available for landspreading minus the N losses due to  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emissions caused by landspreading (Chapter 10.2).

##### Wirtschaftsdünger:

Als Aktivitätsgröße  $m_{\text{man},s}$  dient die zur Ausbringung gebrachte N-Menge, vermindert um darauf zurückgehende N-Verluste durch  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen (Kapitel 10.2).

##### Grazing:

The activity  $m_{\text{graz},s}$  is defined as the amount of N excreted on pasture minus the N losses due to  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emissions caused by N excretions on pasture (Chapter 11.2).

##### Weidegang:

Als Aktivitätsgröße  $m_{\text{graz},s}$  dient die auf der Weide ausgeschiedene N-Menge, vermindert um darauf zurückgehende N-Verluste durch  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen (Kapitel 11.2).

#### *Sewage sludge:*

The activity  $m_{sl, s}$  is defined as the amounts of sewage sludge N applied minus the N losses due to N<sub>2</sub>O emissions caused by fertiliser N (Chapter 10.3).

#### *Production of legumes*

The activity  $m_{fix, s}$  is defined as the amounts of N fixed minus the N losses due to NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions caused by fixed N (Chapter 11.1).

#### *Crop residues*

The activity  $m_{cr, s}$  is defined as the amount of N contained in crop residues minus the N losses due to N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions caused by crop residue N (Chapter 11.3).

#### *Uncertainty of activity data*

The uncertainty (i. e. the standard error) of the N input data is assumed to be 30 %. A normal distribution seems to be appropriate.

According to IPCC, the amount of N leached, which is the source of N<sub>2</sub>O emissions, is deduced from the N input using a constant factor  $x_{leach}$ , for which IPCC (1996), Table 4-24, and IPCC(2006)-11.24 give a variability of 167 % (defined as the interval between the value used in the inventory and the upper boundary of the 95 % confidence interval).

This leads, according to the calculation rules given in Chapter 13.1, to an overall uncertainty of the activity data of 170 %, which corresponds to a lognormal distribution.

#### *Klärschlamm:*

Als Aktivitätsgröße  $m_{sl, s}$  dienen die ausgebrachten N-Mengen, von denen N-Verluste durch N<sub>2</sub>O-Emissionen subtrahiert werden (Kapitel 10.3).

#### *Leguminosenanbau:*

Als Aktivitätsgröße  $m_{fix, s}$  dienen die fixierten N-Mengen, vermindert um darauf zurückgehende N-Verluste durch NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O- und N<sub>2</sub>-Emissionen (Kapitel 11.1).

#### *Ernterückstände*

Als Aktivitätsgröße  $m_{cr, s}$  dienen die in den Ernterückständen vorhandenen N-Mengen, vermindert um die darauf zurückgehenden N-Verluste aus N<sub>2</sub>O- und N<sub>2</sub>-Emissionen (Kapitel 11.3).

#### *Unsicherheit der Aktivitätsdaten*

Die Unsicherheit (d. h. der Standardfehler) der N-Einträge wird mit 30 % bei Normalverteilung angenommen.

Die zur N<sub>2</sub>O-Freisetzung führende ausgewaschene N-Menge wird nach IPCC mit einem konstanten Faktor  $x_{leach}$  ermittelt, für den in IPCC (1996), Table 4-24, und IPCC(2006)-11.24 ein Unsicherheitsbereich von 167 % angegeben wird (definiert als Intervall zwischen verwendetem Wert und oberer Grenze des 95 %-Konfidenzintervalles).

Daraus ergibt sich nach der in Kapitel 13.1 beschriebenen Berechnungsmethode eine Gesamtunsicherheit der Aktivitätsdaten von 170 %. Dementsprechend ist von einer lognormal Verteilung auszugehen.

## **11.5.2 Assessment of N<sub>2</sub>O emissions / Bestimmung der N<sub>2</sub>O-Emissionen**

### **11.5.2.1 The method applied / Angewandte Methode**

For the Tier 1 methodology in IPCC(1996)-4.113 activity data consider animals' excretions and the amounts of synthetic fertilizers applied. In analogy to the methodology described in IPCC (2006)-11.21f, the German approach additionally includes N inputs from sewage sludge, crop residues and legumes. The methodology in IPCC(1996) does not subtract N emissions precedent to the process of leaching. The German methodology, however, does account for the N losses by these emissions (see Chapter 11.5.1) and calculates the amount of N leached as a constant share of the amount of N available in the soil, using the factor  $FRAC_{leach} = 0.3 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (IPCC(1996)-4.106).

Das Stufe-1-Verfahren nach IPCC(1996)-4.113 berücksichtigt als Aktivitätsdaten die tierischen Ausscheidungen sowie die ausgebrachten Mineraldüngermengen. Das deutsche Verfahren berücksichtigt in Anlehnung an IPCC(2006)-11.21f zusätzlich N-Einträge aus Klärschlämmen, Ernterückständen und Leguminosenanbau. Bei IPCC(1996)-4.113 werden N-Emissionen, die dem Auswaschungsprozess vorausgehen, nicht subtrahiert. Das deutsche Verfahren subtrahiert diese Verluste (siehe Kapitel 11.5.1) und berechnet die ausgewaschene N-Menge proportional zur im Boden verfügbaren N-Menge mit dem Faktor  $FRAC_{leach} = 0,3 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (IPCC(1996)-4.106).

$$E_{\text{N}_2\text{O, leach}} = m_{\text{leach}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O, leach}} \cdot \gamma_{\text{N}_2\text{O}} \quad (11.14)$$

where

|                                  |                                                                                                               |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{\text{N}_2\text{O, leach}}$  | emission rate of $\text{N}_2\text{O}$ due to leaching and run off (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2\text{O}$ ) |
| $m_{\text{leach}}$               | amount of N leached (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )                                                         |
| $EF_{\text{N}_2\text{O, leach}}$ | emission factor for N from leaching and run off (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}$ )                            |
| $\gamma_{\text{N}_2\text{O}}$    | mass conversion factor ( $\gamma_{\text{N}_2\text{O}} = 44/28 \text{ g g}^{-1} \text{mol mol}^{-1}$ )         |

with

$$m_{\text{leach}} = m_{\text{soil}} \cdot \text{FRAC}_{\text{leach}} \quad (11.15)$$

and

$$m_{\text{soil}} = m_{\text{man, s}} + m_{\text{graz, s}} + m_{\text{fert, s}} + m_{\text{sl, s}} + m_{\text{cr, s}} + m_{\text{fix, s}} \quad (11.16)$$

where

|                              |                                                                                                                 |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_{\text{leach}}$           | amount of N leached (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )                                                           |
| $m_{\text{man, s}}$          | N available in the soil due to manure application (see Chapter 11.5.1) (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )        |
| $m_{\text{graz, s}}$         | N available in the soil due to excretions during grazing (see Chapter 11.5.1) (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ ) |
| $m_{\text{fert, s}}$         | N available in the soil due to fertilizers (see Chapter 11.5.1) (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )               |
| $m_{\text{sl, s}}$           | N available in the soil due to sewage sludge application (see Chapter 11.5.1) (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ ) |
| $m_{\text{cr, s}}$           | N available in the soil due to crop residues (see Chapter 11.5.1) (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )             |
| $m_{\text{fix, s}}$          | N available in the soil due to biological N fixation (see Chapter 11.5.1) (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )     |
| $\text{FRAC}_{\text{leach}}$ | fraction of N liable to leaching and run off (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}$ ), see above and Chapter 12.1.6   |

#### 11.5.2.2 Emission factor / Emissionsfaktor

The IPCC(1996)-3-4.106 ff emission factor ( $EF_5 = 0.025 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ ) represents the knowledge available at the time.

The emission factor derived for IPCC (2006), Table 11.3 ( $EF_5 = 0.0075 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ ) includes the knowledge gained since then (see dates of publications listed in IPCC (2006), Table 11.3, and footnote 23).

Nevertheless, due to the decision of the ERT in the In Country Review in September 2010, the default emission factor proposed in IPCC (1996) is used.

IPCC(1996)-3-4.105, Table 4-23, provides an uncertainty range of the emission factor (i. e. the 95% confidence interval) of  $0.002 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  to  $0.12 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ . Hence, the distribution is asymmetric (lognormal). The larger of the two resulting uncertainties is used in accordance with IPCC(2000)-6.14. The ratio of  $0.12/0.025 = 4.8$  then results in a relative uncertainty of 380 % of the emission factor used. This uncertainty is defined as the interval between the emission factor used and the upper boundary of the 95 % confidence interval.

Der in IPCC(1996)-3-4.106 ff beschriebene Emissionsfaktor ( $EF_5 = 0.025 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ ) ist Ausdruck des Stands des Wissens zu dieser Zeit.

Der in IPCC (2006), Tabelle 11.3 aufgeführte Emissionsfaktor ( $EF_5 = 0.0075 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ ) verdeutlicht den Wissenszuwachs seitdem, siehe auch die Erscheinungsdaten der in IPCC (2006), Tabelle 11.3 und Fußnote 23, hinzugezogenen Veröffentlichungen.

Dennoch wird aufgrund der Entscheidung des ERT im In-Country-Review im September 2010 der in IPCC (1996) angegebene Emissionsfaktor verwendet.

Der Unsicherheitsbereich des Emissionsfaktors (interpretiert als 95 %-Konfidenzintervall) wird von IPCC(1996)-3-4.105, Table 4-23, mit  $0,002 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  bis  $0,12 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  angegeben. Demnach handelt es sich um eine asymmetrische Verteilung (lognormal). Von den beiden daraus resultierenden unterschiedlichen Unsicherheiten wird entsprechend IPCC(2000)-6.14 die größere verwendet: Aus dem Verhältnis von  $0,12/0,025 = 4,8$  ergibt sich eine relative Unsicherheit (d. h. ein Intervall zwischen verwendetem Emissionsfaktor und oberer Grenze des 95 %-Konfidenzintervalles) von 380 % des Emissionsfaktors.

## 11.6 Intercomparison of N<sub>2</sub>O emission factors with those in neighbouring countries / Vergleich von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten

In Table 11.4 a comparison is made of N<sub>2</sub>O emission factors for soils between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions and German data in this inventory.

In the inventory at hand, Germany makes use of the default emission factors according to IPCC (1996) as is done by most of the neighbouring countries.

In Table 11.4 erfolgt für Böden eine Gegenüberstellung von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren für Deutschland und Länder, deren Landwirtschaft der deutschen ähnlich ist.

Deutschland verwendet im Inventar wie die meisten Nachbarstaaten die default-Emissionsfaktoren nach IPCC (1996).

Table 11.4: Soils, 2010, intercomparison of N<sub>2</sub>O implied emission factors

| (kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N) | EF <sub>N<sub>2</sub>O, min_fert</sub> | EF <sub>N<sub>2</sub>O, manure</sub> | EF <sub>N<sub>2</sub>O, legumes</sub> | EF <sub>N<sub>2</sub>O, crop_residues</sub> | EF <sub>histosols</sub> | EF <sub>N<sub>2</sub>O, grazing</sub> | EF <sub>N<sub>2</sub>O, deposition</sub> | EF <sub>N<sub>2</sub>O, leaching</sub> |
|------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|
| Austria                                  | 0.0125                                 | 0.0125                               | 0.0125                                | 0.0125                                      | NO                      | 0.0200                                | 0.0100                                   | 0.0250                                 |
| Belgium                                  | 0.0125                                 | 0.0125                               | 0.0125                                | 0.0125                                      | 8.00                    | 0.0000                                | 0.0250                                   | 0.0000                                 |
| Czech Republic                           | 0.0125                                 | 0.0125                               | 0.0125                                | 0.0125                                      | NO                      | 0.0200                                | 0.0100                                   | 0.0250                                 |
| Denmark                                  | 0.0125                                 | 0.0125                               | 0.0125                                | 0.0125                                      | 7.96                    | 0.0125                                | 0.0000                                   | 0.0100                                 |
| France                                   | 0.0125                                 | 0.0125                               | 0.0125                                | 0.0125                                      | NO                      | 0.0125                                | 0.0000                                   | 0.0100                                 |
| <b>Germany</b>                           | <b>0.0125</b>                          | <b>0.0125</b>                        | <b>0.0125</b>                         | <b>0.0125</b>                               | <b>8.00</b>             | <b>0.0200</b>                         | <b>0.0100</b>                            | <b>0.0250</b>                          |
| Netherlands                              | 0.0130                                 | 0.0087                               | 0.0100                                | 0.0100                                      | 4.70                    | 0.0330                                | 0.0100                                   | 0.0250                                 |
| Poland                                   | 0.0125                                 | 0.0125                               | 0.0125                                | 0.0125                                      | 8.00                    | 0.0200                                | 0.0100                                   | 0.0251                                 |
| Switzerland                              | 0.0125                                 | 0.0125                               | 0.0125                                | 0.0125                                      | 8.00                    | 0.0200                                | 0.0100                                   | 0.0250                                 |
| United Kingdom                           | 0.0112                                 | 0.0100                               | 0.0125                                | 0.0125                                      | 8.00                    | 0.0200                                | 0.0155                                   | 0.0459                                 |
| IPCC(1996)-2-4.37, -3-4.104, 4.105       | 0.0125                                 | 0.0125                               | 0.0125                                | 0.0125                                      | 5                       | 0.0200                                | 0.0100                                   | 0.0250                                 |
| IPCC(2000)-4.60, 4.73                    |                                        |                                      |                                       |                                             | 8                       |                                       | 0.0100                                   | 0.0250                                 |
| IPCC(2006)-11.6, 11.11, 11.24            | 0.01                                   | 0.01                                 | no method                             | 0.01                                        | 8                       | 0.01 / 0.02                           | 0.01                                     | 0.0075                                 |

Source: Germany: submission 2013; all other countries: UNFCCC (2012), CRF Table 4.Ds1

## 11.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 11.5: Cultures without fertilizers, related tables provided with the data CD

|                  |                   |                                        | from       | to         |
|------------------|-------------------|----------------------------------------|------------|------------|
| Emissions        | Emissionen        | NH <sub>3</sub> , legumes              | EM1002.01  |            |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, legumes              | EM1002.04  |            |
|                  |                   | NH <sub>3</sub> , animal grazing       | EM1002.02  |            |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, animal grazing       | EM1002.05  |            |
|                  |                   | NO, animal grazing                     | EM1002.11  |            |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, crop residues        | EM1002.06  |            |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, indirect, deposition | EM1002.07  |            |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, indirect, leaching   | EM1002.08  |            |
| Activity data    | Aktivitäten       | areas and yields, arable and grassland | AC1002.01  | AC1002.121 |
|                  |                   | N fixed by legumes                     | AC1002.122 |            |
|                  |                   | N inputs grazing                       | AC1002.123 | AC1002.125 |
|                  |                   | N in crop residues                     | AC1002.126 |            |
|                  |                   | N deposited                            | AC1002.127 |            |
|                  |                   | N input liable to leaching             | AC1002.128 | AC1002.133 |
| Emission factors | Emissionsfaktoren | NH <sub>3</sub> , legumes              | IEF1002.01 |            |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, legumes              | IEF1002.03 |            |
|                  |                   | NH <sub>3</sub> , animal grazing       | IEF1002.02 |            |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, animal grazing       | IEF1002.04 |            |
|                  |                   | NO, animal grazing                     | IEF1002.08 |            |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, crop residues        | IEF1002.05 |            |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, indirect, deposition | IEF1002.06 |            |
|                  |                   | N <sub>2</sub> O, indirect, leaching   | IEF1002.07 |            |

## 12 Calculation of fractions / Berechnung von Verhältniszahlen

The fraction entities described in the following have to be reported within the framework of emission reporting (CRF Table 4.Ds2).

Die nachstehend beschriebenen Verhältniszahlen sind im Rahmen der Treibhausgas-Emissionsberichterstattung zu berichten (CRF-Tabelle 4.Ds2).

### 12.1 Calculation procedures / Berechnungsverfahren

#### 12.1.1 *Fraction of crop residue burned ( $Frac_{BURN}$ ) / Anteil der Ernterückstände, die auf dem Feld verbrannt werden ( $Frac_{BURN}$ )*

Burning of crop residues is allowed in a very limited number of cases (see Chapter 4.3). However, the amounts are unseizable. In any case, they are considered to be negligible.

“NO” (not observed) is entered into the CRF Table for  $Frac_{BURN}$ .

Das Verbrennen von Ernterückständen ist in Deutschland nur in Ausnahmefällen erlaubt (vgl. Kapitel 4.3). Die Mengen sind nicht erfassbar und werden als vernachlässigbar angesehen.

In die CRF-Tabelle wird „NO“ (not observed) eingetragen.

#### 12.1.2 *Fraction of livestock N excretion in excrements burned for fuel ( $Frac_{FUEL}$ ) / Anteil der tierischen N-Ausscheidungen in Dung, der als Heizmaterial dient ( $Frac_{FUEL}$ )*

In Germany, dung is not used as fuel.

“NO” (not observed) is entered into the CRF Table for  $Frac_{FUEL}$ .

Die Nutzung von Dung als Brennstoff wird in Deutschland nicht praktiziert.

In die CRF-Tabelle wird „NO“ (not observed) eingetragen.

#### 12.1.3 *Fraction of synthetic fertilizer N applied to soils that volatilises as $NH_3$ -N and $NO_x$ -N ( $Frac_{GASF}$ ) / Anteil der N-Menge, die als Folge der Ausbringung von Mineraldüngern als $NH_3$ -N und $NO_x$ -N emittiert wird ( $Frac_{GASF}$ )*

$Frac_{GASF}$  is not used for emission calculations within the German inventory. It is back-calculated from inventory results:

Das deutsche Inventar verwendet  $Frac_{GASF}$  nicht als Eingabegröße.  $Frac_{GASF}$  wird als Ausgabegröße wie folgt berechnet:

$$Frac_{GASF} = \frac{E_{NH_3-N, fert} + E_{NO-N, fert}}{m_{fert}} \quad (12.1)$$

where

|                    |                                                                                                                     |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Frac_{GASF}$      | fraction of synthetic fertilizer N applied to soils that volatilises as $NH_3$ -N and $NO_x$ -N (in $kg\ kg^{-1}$ ) |
| $m_{fert}$         | amount of N applied with mineral fertilizers (in $Gg\ a^{-1}\ N$ )                                                  |
| $E_{NH_3-N, fert}$ | $NH_3$ -N nitrogen emitted due to application of mineral fertilizers (in $Gg\ a^{-1}\ NH_3-N$ )                     |
| $E_{NO-N, fert}$   | $NO$ -N nitrogen emission due to application of mineral fertilizers (in $Gg\ a^{-1}\ NO-N$ )                        |

Gaseous losses from the application of mineral fertilizers are described in Chapter 10.1. They depend on type and amount of the fertilizers applied, the system fertilised, and temperature.

Thus,  $Frac_{GASF}$  is not a constant.

Die gasförmigen N-Verluste aus der Mineraldünger-Anwendung sind in Kapitel 10.1 beschrieben. Ihr Ausmaß ist abhängig von Art und Menge des Düngers, dem gedüngten System und der Temperatur.

$Frac_{GASF}$  ist daher keine Konstante.

#### 12.1.4 *Fraction of livestock N excretion that volatilises as NH<sub>3</sub> and NO<sub>x</sub> (Frac<sub>GASM</sub>) / Anteil der N-Menge, die vor und bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern als NH<sub>3</sub> und NO<sub>x</sub> emittiert wird (Frac<sub>GASM</sub>)*

*Frac<sub>GASM</sub>* is not used for emission calculations within the German inventory. It is back-calculated from inventory results:

The definition given for *Frac<sub>GASM</sub>* in CRF-4.Ds2 („Fraction of livestock N excretion that volatilizes as NH<sub>3</sub> and NO<sub>x</sub>“) agrees with the definition provided implicitly in Equation 11.9 in IPCC (2006)-11.21. This becomes obvious when rearranging Equation 9 in IPCC (1996)-4.112 to solve for *Frac<sub>GASM</sub>*:

$$Frac_{GASM, Eq. 9} = \frac{E_{N_2O} / EF_4 - N_{fert} \cdot Frac_{GASF}}{N_{ex}} \quad (12.2)$$

where

|                                               |                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Frac<sub>GASM, Eq. 9</sub></i>             | <i>Frac<sub>GASM</sub></i> value from Equation 9 in IPCC (1996)-4.112 (in Gg Gg <sup>-1</sup> )                                                                                                       |
| <i>E<sub>N2O</sub> / EF<sub>4</sub></i>       | total emissions of N <sub>2</sub> O-N from agricultural soils due to deposition of reactive nitrogen from emissions of NH <sub>3</sub> -N and NO-N (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N)         |
| <i>N<sub>fert</sub> · Frac<sub>GASF</sub></i> | emission of N <sub>2</sub> O-N due to deposition of reactive nitrogen from emissions of NH <sub>3</sub> -N and NO-N from application of mineral fertilizer (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N) |
| <i>N<sub>ex</sub></i>                         | total national amount of nitrogen excreted in animal husbandry (in Gg a <sup>-1</sup> N)                                                                                                              |

NH<sub>3</sub>-N and NO-N emissions due to bedding material considered in the German inventory are not accounted for in the definition given above. However, N inputs due to bedding material and the resulting emissions are part of the N flow concept used in the German inventory (see Chapter 3.5) and need to be considered in the definition of a *Frac<sub>GASM</sub>* entity consistent with the emission results of the German inventory. This leads to the specific definition of the *Frac<sub>GASM, Germany</sub>* entity reported by Germany:

$$Frac_{GASM, Germany} = \frac{(E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{MM} + (E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{graz}}{m_{excr} + m_{straw}} \quad (12.3)$$

where

|                                                              |                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Frac<sub>GASM, Germany</sub></i>                          | fraction of total N from animal excretion and N import with bedding that volatilizes as NH <sub>3</sub> -N and NO-N, German definition (in Gg Gg <sup>-1</sup> )                  |
| <i>(E<sub>NH3-N</sub> + E<sub>NO-N</sub>)<sub>MM</sub></i>   | total emissions of H <sub>3</sub> -N and NO-N from manure management (housing, including N input with bedding material; storage) and manure application (in Gg a <sup>-1</sup> N) |
| <i>(E<sub>NH3-N</sub> + E<sub>NO-N</sub>)<sub>graz</sub></i> | total emissions of NH <sub>3</sub> -N and NO-N from grazing (in Gg a <sup>-1</sup> N)                                                                                             |
| <i>m<sub>excr</sub></i>                                      | total amount of N excreted in animal houses and during grazing, including N from hair and skin losses by dairy cows (see Chapter 4.3.7.2) (in Gg a <sup>-1</sup> N)               |
| <i>m<sub>straw</sub></i>                                     | total amount of N added by bedding (in Gg a <sup>-1</sup> N)                                                                                                                      |

For the treatment of NO as a result of the application of animal manures and of grazing see Chapters 10.2 bzw. 11.2.

*Frac<sub>GASM, Germany</sub>* is not a constant entity as the the input data vary with time.

Due to the differences of the *Frac<sub>GASM</sub>* definitions discussed above it is not possible to use *Frac<sub>GASM, Germany</sub>* in Equation 9 in IPCC (1996)-4.112 to check the indirect N<sub>2</sub>O emissions reported in the German inventory (see also Chapter 11.4.2.1).

Das deutsche Inventar verwendet *Frac<sub>GASM</sub>* nicht als Eingabegröße. *Frac<sub>GASM</sub>* wird stattdessen als Ausgabegröße berechnet.

Die in CRF-4.Ds2 angegebene Definition von *Frac<sub>GASM</sub>* („Fraction of livestock N excretion that volatilizes as NH<sub>3</sub> and NO<sub>x</sub>“) entspricht der implizit durch Gleichung 9 in IPCC (1996)-4.112 gegebenen Definition. Dies wird deutlich, wenn Gleichung 9 in IPCC (1996)-4.112 nach *Frac<sub>GASM</sub>* umgeformt wird:

NH<sub>3</sub>-N und NO-N-Emissionen aus der im deutschen Inventar mitberücksichtigten Einstreu finden in dieser Definition keinen Platz. Einstreu-N und die daraus resultierenden Emissionen sind aber Bestandteil des von Deutschland angewendeten N-Fluss-Konzeptes (siehe Kapitel 3.3.4.3) und müssen daher auch in der Definition einer *Frac<sub>GASM</sub>*-Größe mitberücksichtigt werden, um die Konsistenz der deutschen Inventarergebnisse zu gewährleisten. Daraus resultiert die Definition der Größe *Frac<sub>GASM, Germany</sub>* die von Deutschland berichtet wird.

Zu den NO-Emissionen infolge Wirtschaftsdünger-Ausbringung und Weidegang siehe Kapitel 10.2 bzw. 11.2.

Wegen der zeitlich variierenden Eingangsdaten ist *Frac<sub>GASM, Germany</sub>* keine Konstante.

Wegen der oben genannten Unterschiede in den *Frac<sub>GASM</sub>*-Definitionen ist es nicht möglich, durch Einsetzen von *Frac<sub>GASM, Germany</sub>* in Gleichung 9 aus IPCC (1996b)-4.112 die im deutschen Inventar berichteten indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen nachzuvollziehen, siehe dazu Kapitel 11.4.2.1.



### 12.1.5 *Fraction of livestock N excreted and deposited onto soil during grazing ( $Frac_{GRAZ}$ ) / Anteil des beim Weidegang ausgeschiedenen N an der Gesamtausscheidung von N ( $Frac_{GRAZ}$ )*

$Frac_{GRAZ}$  is not used for emission calculations within the German inventory. It is back-calculated from inventory results:

Das deutsche Inventar verwendet  $Frac_{GRAZ}$  nicht als Eingabegröße.  $Frac_{GRAZ}$  wird als Ausgabegröße wie folgt berechnet:

$$Frac_{GRAZ} = \frac{m_{graz}}{m_{graz} + m_{yard} + m_{house}} \quad (12.4)$$

where

|               |                                                                                            |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Frac_{GRAZ}$ | fraction of livestock N excreted and deposited onto soil during grazing                    |
| $m_{graz}$    | amount of nitrogen excreted during grazing (in Gg a <sup>-1</sup> N)                       |
| $m_{yard}$    | amount of nitrogen excreted in yards (including milking parlour) (in Gg a <sup>-1</sup> N) |
| $m_{house}$   | amount of nitrogen excreted in the animal house (in Gg a <sup>-1</sup> N)                  |

### 12.1.6 *Fraction of N input to soils that is lost through leaching and runoff ( $Frac_{LEACH}$ ) / Anteil des N-Eintrags in Böden, der durch Auswaschung und Oberflächenabfluss verloren wird ( $Frac_{LEACH}$ )*

The amount of N liable to form N<sub>2</sub>O after leaching of N returned to soil or by runoff of surface waters is estimated in this inventory using a constant default value in accordance with IPCC(2006)-11.21 f.

Der Anteil an N, der durch Auswaschung oder Oberflächenabfluss von im Boden vorhandenem N zur Bildung von N<sub>2</sub>O verfügbar ist, wird nach IPCC(2006)-11.21 f. mit einem festen Wert angesetzt:

$$Frac_{LEACH} = \frac{m_{leach}}{m_{soil}} = 0.3 \text{ kg kg}^{-1} \quad (12.5)$$

where

|                |                                                                                                                                                                                         |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Frac_{LEACH}$ | Fraction of N input to soils that is lost through leaching and runoff (in kg kg <sup>-1</sup> )                                                                                         |
| $m_{leach}$    | amount of N liable to N <sub>2</sub> O formation after leaching and run-off (in Gg a <sup>-1</sup> N), see Chapter 11.5.2.1                                                             |
| $m_{soil}$     | total amount of N input available in the soil due to fertilizers, manure application, grazing, crop residues, and biological N fixation (in Gg a <sup>-1</sup> N), see Chapter 11.5.2.1 |

$Frac_{LEACH}$  is used for emission calculations within the German inventory.

Das deutsche Inventar verwendet  $Frac_{LEACH}$  als Eingabegröße.

### 12.1.7 *Fraction of N in non-N-fixing crops ( $Frac_{NCR0}$ ) / N-Anteil in Pflanzen außer Leguminosen ( $Frac_{NCR0}$ )*

$Frac_{NCR0}$  is the fraction of nitrogen in non-N fixing plants. It is calculated as weighted mean from the respective entities for agricultural and horticultural cultures excluding legumes.

$Frac_{NCR0}$  ist der N-Anteil an der Trockenmasse von nicht-N-fixierenden Pflanzen und ergibt sich als gewichtetes Mittel aus der entsprechenden Größe für Ackerbau- und Gartenbaukulturen unter Ausschluss von Leguminosen.

$Frac_{NCR0}$  is not used for emission calculations within the German inventory. It is back-calculated from inventory results:

Das deutsche Inventar verwendet  $Frac_{NCR0}$  nicht als Eingabegröße.  $Frac_{NCR0}$  wird als Ausgabegröße wie folgt berechnet:

$$Frac_{NCR0} = \frac{Frac_{NCR0,AC} \cdot m_{AC} + Frac_{NCR0,HC} \cdot m_{HC}}{m_{AC} + m_{HC}} \quad (12.6)$$

$$Frac_{NCR0, AC} = \frac{1}{x_{DM, AC}} \cdot \frac{\sum A_i \cdot y_i \cdot [(1 + a_{above,i}) \cdot x_{N, above,i} + a_{below,i} \cdot x_{N, below,i}]}{\sum A_i \cdot y_i \cdot (1 + a_{above,i} + a_{below,i})} \quad (12.7)$$

$$Frac_{NCR0, HC} = \frac{1}{x_{DM, HC}} \cdot \frac{\sum A_j \cdot y_j \cdot [x_{N, yield,j} + x_{N, j} \cdot (a_j + a_j \cdot \delta_{HC} + \delta_{HC})]}{\sum A_j \cdot y_j \cdot (1 + a_j + a_j \cdot \delta_{HC} + \delta_{HC})} \quad (12.8)$$

where

|                   |                                                                                                                           |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Frac_{NCR0}$     | fraction of N in non-N-fixing agricultural and horticultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> )                              |
| $Frac_{NCR0, AC}$ | fraction of N in non-N-fixing agricultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> )                                                |
| $x_{DM, AC}$      | overall ratio of dry matter to fresh matter for agricultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below                   |
| $Frac_{NCR0, HC}$ | fraction of N in non-N-fixing horticultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> )                                               |
| $x_{DM, HC}$      | overall ratio of dry matter to fresh matter for horticultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below                  |
| $m_{AC}$          | total mass of agricultural crops (in kg)                                                                                  |
| $m_{HC}$          | total mass of horticultural crops (in kg)                                                                                 |
| $i$               | running index for agricultural crops                                                                                      |
| $j$               | running index for horticultural crops                                                                                     |
| $A_i$             | area covered by crop i (in ha)                                                                                            |
| $y_i$             | yield of crop i, in fresh matter (in kg ha <sup>-1</sup> )                                                                |
| $a_{above, i}$    | ratio of above ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )                                          |
| $x_{N, above, i}$ | N content of above ground residues of crop i, related to fresh matter, also used for the yield (in kg kg <sup>-1</sup> N) |
| $a_{below, i}$    | ratio of below ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )                                          |
| $x_{N, below, i}$ | N content of below ground residues of crop i, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)                          |
| $a_j$             | ratio of crop residues to crop yield of crop j (in kg kg <sup>-1</sup> )                                                  |
| $x_{N, j}$        | N content of crop residues of crop j, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)                                  |
| $x_{N, yield, j}$ | N content of normally harvested parts of crop j, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)                       |
| $\delta_{HC}$     | factor describing the amount of not harvested horticultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 11.3.1.11        |

The relevant areas and yields are reported in the official statistics. All other parameters needed are listed in Table 11.2 and Table 11.3.

The weighted mean of the dry matter content of agricultural cultures is calculated as follows from given data on dry matter contents:

$$x_{DM, AC} = \frac{\sum A_i \cdot y_i \cdot (1 + a_{above,i} + a_{below,i}) \cdot x_{DM, i}}{\sum A_i \cdot y_i \cdot (1 + a_{above,i} + a_{below,i})} \quad (12.9)$$

where

|                |                                                                                                         |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $x_{DM, AC}$   | overall ratio of dry matter to fresh matter for agricultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below |
| $A_i$          | area covered by crop i (in ha)                                                                          |
| $i$            | running index for agricultural crops                                                                    |
| $y_i$          | yield of crop i, in fresh matter (in kg ha <sup>-1</sup> )                                              |
| $a_{above, i}$ | ratio of above ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )                        |
| $a_{below, i}$ | ratio of below ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )                        |
| $x_{DM, i}$    | ratio of dry matter to fresh matter for crop i (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Table 11.2                |

As the contribution of horticultural cultures to the total harvest is small, the calculation of  $Frac_{NCR0}$  is simplified by using an overall dry matter content of 15 % (i. e. 0,15 kg kg<sup>-1</sup>). This assumption is based on the range of dry matter contents (10 to 20 %) provided in Belitz et al. (2008), pg. 795.

Flächen und Erträge werden dabei der amtlichen Statistik entnommen, alle anderen wesentlichen Größen sind in Table 11.2 und Table 11.3 aufgelistet.

Das gewichtete Mittel des Trockenmassegehaltes für Ackerbaufrüchte wird wie folgt aus gegebenen Trockenmasse-Kennwerten berechnet:

Aufgrund der mengenmäßig geringen Bedeutung der Gartenbauernte für die Berechnung von  $Frac_{NCR0}$  wird der mittlere Trockenmassegehalt vereinfachend mit 15 % (d. h. 0,15 kg kg<sup>-1</sup>) angenommen. Diese Annahme beruht auf der Angabe der Spannbereite des Gemüse-Trockenmassegehaltes von 10 bis 20 % in Belitz et al. (2008), S. 795.

### 12.1.8 Fraction of N in N-fixing crops ( $Frac_{NCRBF}$ ) / N-Anteil in Leguminosen ( $Frac_{NCRBF}$ )

$Frac_{NCRBF}$  is the fraction of nitrogen in N fixing plants. It is calculated as weighted mean for legumes. Here, peas, broad beans, lupines, clover and clover-grass/clover-alfalfa mixtures, alfalfa, horticultural peas, French beans and runner beans are considered. The calculation procedure equals that described in Chapter 12.1.7. The same data source is used.

$Frac_{NCRBF}$  is not used for emission calculations within the German inventory. It is back-calculated from inventory results.

$Frac_{NCRBF}$  beschreibt den N-Anteil an der Trockenmasse von N-fixierenden Pflanzen. Er wird als gewichtetes Mittel für Leguminosen berechnet. Berücksichtigt werden Futtererbsen, Ackerbohnen, Gelblupinen, Klee, kleehaltige Gemische, Luzerne, Gemüseerbsen, Buschbohnen und Stangenbohnen. Das Rechenverfahren entspricht dem in Kapitel 12.1.7 beschriebenen, ebenso die Herkunft der benötigten Daten.

Das deutsche Inventar verwendet  $Frac_{NCRBF}$  nicht als Eingabegröße.  $Frac_{NCRBF}$  wird stattdessen als Ausgabegröße berechnet.

### 12.1.9 Fraction of total above-ground crop biomass that is removed from the field as a crop product ( $Frac_{Remove}$ ) / Anteil der oberirdischen Biomasse, der als Ernteprodukt abgefahren wird ( $Frac_{Remove}$ )

The definition of  $Frac_{Remove}$  is not described unambiguously in IPCC (1996) and IPCC(2006): a calculation procedure is not provided.

CRF Table 4.D gives an inconsistent explanation. Only the definition provided in CRF Table 4.Ds2 ("Fraction of total above-ground crop biomass that is removed from the field as a crop product") can be used to derive a calculation method.

The fraction mentioned can be assessed reasonably for those crops of which above ground crop products are removed. This inventory calculates  $Frac_{Remove}$  for cereals, rape, peas, beans, lupines, grass and ignores root crops and horticultural crops, the latter due to insufficient data.

For the assessment of  $N_2O$  emissions from crop residues, the amounts of straw used as bedding have to be taken into account. They are quantified for each straw based system as described in the chapters on livestock production. However, these amounts are not considered as crop products.

Die Definition von  $Frac_{Remove}$  ist in IPCC (1996) und IPCC(2006) nicht eindeutig beschrieben: Eine Berechnungsmethode wird nicht angegeben.

Die CRF-Tabelle 4.D gibt eine widersprüchliche Erklärung. Lediglich die aktuelle CRF-Tabelle 4.Ds2 gibt als nutzbare Definition „den Anteil der oberirdischen Biomasse, die als Erntegut abgefahren wird“ an.

Dieser Anteil lässt sich für diejenigen Feldfrüchte sinnvoll bestimmen, die oberirdische Früchte ausbilden.  $Frac_{Remove}$  wird in diesem Inventar für Getreide, Raps, Erbsen, Bohnen, Lupinen und Gräser berechnet. Hackfrüchte und Gemüse werden nicht berücksichtigt, letztere wegen unzureichender Datengrundlage.

Bei der Berechnung der  $N_2O$ -Emissionen aus Ernterückständen werden die Strohmenngen, die als Einstreu dienen, berücksichtigt. Sie werden für jedes strohgebundene Verfahren berechnet. Einzelheiten sind für jede Tierkategorie in den Kapiteln zur Tierproduktion aufgeführt. Diese Mengen werden nicht als Ernteprodukte bewertet.

$$Frac_{Remove} = Frac_R = \frac{\sum A_i \cdot y_i \cdot x_{DM,i}}{\sum A_i \cdot y_i \cdot x_{DM,i} \cdot (1 + a_{above,i})} \quad (12.10)$$

where

|                 |                                                                                                                        |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Frac_{Remove}$ | fraction of total above-ground crop biomass that is removed from the field as a crop product (in kg kg <sup>-1</sup> ) |
| i               | running index for agricultural crops                                                                                   |
| $A_i$           | area covered by crop i (in ha)                                                                                         |
| $y_i$           | yield of crop i (in kg ha <sup>-1</sup> )                                                                              |
| $x_{DM,i}$      | dry matter content of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )                                                                 |
| $a_{above,i}$   | ratio of above ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )                                       |

## 12.2 Tables volume: tables related to chapters 12.1.1 to 12.1.9/ Tabellenband: Tabellen zu den Kapiteln 12.1.1 to 12.1.9

Table 12.1: Fractions  $Frac_x$ , related tables provided with the data CD

|                |           |
|----------------|-----------|
| $Frac_{GASF}$  | AI1001.01 |
| $Frac_{GASM}$  | AI1001.02 |
| $Frac_{GRAZ}$  | AI1001.03 |
| $Frac_{LEACH}$ | AI1002.01 |
| $Frac_{NCR0}$  | AI1002.02 |
| $Frac_{NCRBF}$ | AI1002.03 |
| $Frac_R$       | AI1002.04 |

### 12.3 Intercomparison with results from neighbouring countries / Vergleich mit Ergebnissen benachbarter Staaten

In Table 12.2 the fractions  $Frac_{GASF}$ ,  $Frac_{GASM}$ ,  $Frac_{GRAZ}$ ,  $Frac_{LEACH}$ ,  $Frac_{NCR0}$ ,  $Frac_{NCRBF}$  and  $Frac_{Remove}$  obtained for Germany are compared with those reported for adjoining countries and countries, whose agricultural practice can be compared to German conditions.

In Table 12.2 sind die für Deutschland ermittelten Anteile  $Frac_{GASF}$ ,  $Frac_{GASM}$ ,  $Frac_{GRAZ}$ ,  $Frac_{LEACH}$ ,  $Frac_{NCR0}$ ,  $Frac_{NCRBF}$  und  $Frac_{Remove}$  den Ergebnissen solcher Staaten, die benachbart sind oder deren landwirtschaftliche Praxis mit der deutschen vergleichbar ist, gegenüber gestellt.

Table 12.2: Fractions  $Frac_x$ , 2010, intercomparison of fractions explaining direct and indirect  $N_2O$  emissions

|                                    | $Frac_{GASF}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $Frac_{GASM}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $Frac_{GRAZ}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $Frac_{LEACH}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $Frac_{NCR0}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $Frac_{NCRBF}$<br>kg kg <sup>-1</sup> | $Frac_{Remove}$<br>kg kg <sup>-1</sup> |
|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
| Austria                            | 0.041                                | 0.270                                | 0.058                                | 0.300                                 | 0.009                                | 0.026                                 | 0.341                                  |
| Belgium                            | 0.038                                | 0.205                                | 0.305                                | 0.124                                 | 0.015                                | 0.030                                 | 0.500                                  |
| Czech Republic                     | 0.100                                | 0.200                                | 0.145                                | 0.300                                 | 0.015                                | 0.030                                 | 0.450                                  |
| Denmark                            | 0.015                                | 0.193                                | 0.084                                | 0.329                                 | 0.017                                | 0.039                                 | 0.859                                  |
| France                             | 0.100                                | 0.200                                | 0.415                                | 0.300                                 | 0.008                                | 0.030                                 | NA                                     |
| <b>Germany</b>                     | <b>0.044</b>                         | <b>0.296<sup>a</sup></b>             | <b>0.109</b>                         | <b>0.300</b>                          | <b>0.023</b>                         | <b>0.043</b>                          | <b>0.631</b>                           |
| Netherlands                        | 0.052                                | 0.094                                | 0.161                                | 0.120                                 | NE                                   | NE                                    | NE                                     |
| Poland                             | 0.100                                | 0.200                                | 0.070                                | 0.300                                 | 0.014                                | 0.026                                 | 0.530                                  |
| Switzerland                        | 0.038                                | 0.331                                | 0.192                                | 0.200                                 | 0.016                                | 0.023                                 | 0.717                                  |
| United Kingdom                     | 0.100                                | 0.200                                | 0.571                                | 0.300                                 | 0.015                                | 0.030                                 | 0.524                                  |
| IPCC(1996)-3-4.94,<br>4.101, 4.106 | 0.100                                | 0.200                                | 0.02 to<br>0.96                      | 0.30                                  | 0.015                                | 0.030                                 | 0.450                                  |
| IPCC(2000)                         |                                      |                                      |                                      |                                       |                                      |                                       |                                        |
| IPCC(2006)-11.11,<br>11.24         | 0.100                                | 0.200                                | Equation<br>11.5                     | 0.30                                  | Equation<br>11.6                     | Equation<br>11.6                      | Equation<br>11.6                       |

Source: Germany: submission 2013; all other countries: UNFCCC (2012), CRF Table 4.Ds2

<sup>a</sup> calculated as  $Frac_{GASM}$ , Germany, see Chapter 12.1.4.

The spread seen in the case of  $Frac_{GASF}$  can be explained as the result of differences in urea fractions. That possibility cannot be comprehensively assessed, however, since the different fertiliser types' shares of the total relevant fertiliser quantities is not known.

The spread seen in the case of  $Frac_{GASM}$  is due to the differences, among neighbouring countries, in application techniques and time normally allotted to working fertiliser into the soil. For problems with respect to a consistent definition of  $Frac_{GASM}$  see Chapter 12.1.4.

With regard to  $Frac_{LEACH}$ , it is worthy of note that most neighbouring countries use the IPCC default value. Use of other  $Frac_{LEACH}$  values cannot be understood without additional information. In principle, this also applies to  $Frac_{NCR0}$ ,  $Frac_{NCRBF}$  and  $Frac_{Remove}$ , although Germany calculates those values from the data used for emissions calculation. The scatter for  $Frac_{Remove}$  is attributed to differences in the interpretation of the guidance documents.

Die Streuung bei  $Frac_{GASF}$  kann auf unterschiedliche Anteile von Harnstoff zurückgeführt werden. Eine umfassende Beurteilung ist aber nicht möglich, da die Anteile verschiedener Düngerarten an den Gesamtdüngermengen nicht bekannt sind.

Die Streuung bei  $Frac_{GASM}$  ist auf die unterschiedlichen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten in den Nachbarländern zurückzuführen. Zu Problemen hinsichtlich einer konsistenten Definition von  $Frac_{GASM}$  siehe Kapitel 12.1.4.

Bei  $Frac_{LEACH}$  ist festzustellen, dass die Mehrheit der Nachbarländer den IPCC-Defaultwert verwendet. Die Verwendungen anderer  $Frac_{LEACH}$ -Werte lässt sich ohne weitere Informationen nicht nachvollziehen. Dies trifft im Prinzip auch auf  $Frac_{NCR0}$ ,  $Frac_{NCRBF}$  und  $Frac_{Remove}$  zu, wobei Deutschland diese Größen aus dem zur Emissionsberechnung verwendeten Datenmaterial berechnet. Die Streuung von  $Frac_{Remove}$  wird auf unterschiedlich interpretierte Rechenweisen zurückgeführt.

## 13 Assessment of the uncertainties of the emission inventory / Bestimmung der Unsicherheiten des Emissionsinventars

The assessment of the overall uncertainty of the emissions is achieved by combining the uncertainties (amount and type of distribution) of the respective implied emission factors (IEF) and activity data (animal numbers, areas).

It is customary to use the standard error resulting from a Gaussian error propagation calculation to quantify the uncertainty of an entity. However, IPCC (2000) requires to use the 95 % confidence interval or half the 95 % confidence interval. In a data set with normal distribution, half the 95 % confidence interval almost equals double the standard error.

The quantification of the overall uncertainty of the national GHG and ammonia inventories is difficult and complex due to the multitude of emission generating processes. In addition, the number of input parameters is vast; as a rule they do not exhibit normal distributions and they do not always satisfy the criterion of being independent from each other.

The only method to correctly solve the problem is the application of the Monte Carlo methodology as described in IPCC (2000) as Tier 2 approach. Monte Carlo calculations are very time intensive and costly. Therefore, IPCC (2000) also provides a simpler estimate (Tier 1 approach) that is based on Gaussian error propagation calculations. By convention, this simpler approach allows the use of the Gaussian error calculation irrespective of the fact that in some cases the input data are not independent and that normal distribution often is not existent.

As the simpler methodology to assess the uncertainty is used to estimate the overall uncertainty of the national GHG and NH<sub>3</sub> inventories (amounts and trends, see results provided in Chapters 13.5 and 13.6), the rules of the Gaussian error propagation calculation are described in an overview chapter (Chapter 13.1).

These rules can be transferred directly to the calculations with half the 95 % confidence interval, as this interval is always assumed to be twice the standard error. (This also means that the constant 2 is automatically cancelled down; hence there is no need to consider it from the very beginning of the calculations.)

Chapters 13.2 bis 13.4 discuss the uncertainties of all relevant implied emission factors. As far as possible at the time being, uncertainties are estimated using a Gaussian error propagation calculation (see Chapter 13.1).

Die Unsicherheiten (Betrag und Verteilungstyp) von aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) werden – neben der Unsicherheit der Aktivität (Tierzahl, Fläche) - zur Beurteilung der Unsicherheit der nationalen Gesamtemission einer Spezies benötigt.

Überlicherweise wird als Maß für die Unsicherheit der aus der Gaußschen Fehlerrechnung bekannte Standardfehler angegeben. IPCC (2000) dagegen erwartet Angaben zum 95 %-Konfidenzintervall bzw. zum halben 95 %-Konfidenzintervall. Bei einer Normalverteilung entspricht das halbe 95 %-Konfidenzintervall näherungsweise dem Zweifachen des Standardfehlers.

Die Ermittlung der Gesamtunsicherheit von nationalem THG-Inventar und nationalem NH<sub>3</sub>-Inventar ist wegen der Vielzahl und Komplexität der emissionserzeugenden Prozesse sowie der großen Anzahl der eingehenden, i. d. R. nicht-normalverteilten und auch nicht immer voneinander unabhängigen Größen und deren Unsicherheiten eine sehr komplexe Aufgabe.

Die einzige Methode zur korrekten Bewältigung dieser Aufgabe stellt die Monte-Carlo-Methode dar, die in IPCC (2000) als Stufe-2-Verfahren angegeben ist. Monte-Carlo-Berechnungen sind sehr aufwändig, weshalb IPCC (2000) auch eine einfache Schätzmethode (Tier-1-Methode) angibt, die auf den Regeln der Gaußschen Fehlerrechnung beruht. Dieses vereinfachte Verfahren lässt per Konvention außer Betracht, dass die Gaußsche Fehlerrechnung von voneinander unabhängigen und normalverteilten Größen ausgeht.

Da das vereinfachte Verfahren im vorliegenden Bericht zur Schätzung der Gesamtunsicherheit von nationalem THG-Inventar und nationalem NH<sub>3</sub>-Inventar (Höhe der Emissionen und Trend) eingesetzt wird (zu den Ergebnissen siehe Kapitel 13.5 und 13.6), werden im Folgenden zunächst kurz die Rechenregeln der Gaußschen Fehlerrechnung vorgestellt (Kapitel 13.1).

Diese Rechenregeln sind im Rahmen des vereinfachten Verfahrens unmittelbar auf das Rechnen mit dem halben 95 %-Konfidenzintervall übertragbar, da dieses halbe Intervall konstant als das Zweifache des Standardfehlers angenommen wird. (Die Konstante 2 kürzt sich dabei überall heraus, so dass sie von vornherein nicht mitgeführt werden muss.)

Die Kapitel 13.2 bis 13.4 gehen auf die Unsicherheiten aller relevanten aggregierten Emissionsfaktoren ein. Soweit möglich wird eine Schätzung auf Grundlage der Gaußschen Fehlerrechnung vorgenommen.

### 13.1 Gaussian error propagation / Gaußsche Fehlerfortpflanzung

The **standard error**  $s(y)$  of an entity  $y$  which is calculated from more than one entity  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), is derived from the standard errors of the input data  $s(x_i)$  using the Gaussian error propagation procedure as follows:

Der **Standardfehler**  $s(y)$  einer Größe  $y$ , die sich aus mehreren Größen  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) berechnet, ergibt sich nach dem Gaußsche Fehlerfortpflanzungsgesetz aus den Standardfehlern  $s(x_i)$  der eingehenden Größen:

$$s(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial y}{\partial x_i} \cdot s(x_i) \right)^2} \quad (13.1)$$

The relative standard error  $u(y)$  is defined by

$$u(y) = \frac{s(y)}{y} \quad (13.2)$$

This leads to the method describing the aggregation of relative uncertainties  $u_{x,i} = s_{x,i} / x_i$ , whenever  $y$  is the sum of  $n$  entities  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) (IPCC, 2000, Equation (6.3)):

$$u(y) = \frac{\sqrt{[u(x_1) \cdot x_1]^2 + [u(x_2) \cdot x_2]^2 + \dots + [u(x_n) \cdot x_n]^2}}{x_1 + x_2 + \dots + x_n} \quad (13.3)$$

This method can be generalized, so that negative entities  $x_i$  can also be dealt with. In this case the term underneath the radical sign remains unchanged, whereas in the denominator the respective sign becomes negative.

If  $y$  is a product from  $n$  entities  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), the error propagation is calculated as in IPCC (2006), Equation (6.4):

$$u(y) = \sqrt{[u(x_1)]^2 + [u(x_2)]^2 + \dots + [u(x_n)]^2} \quad (13.4)$$

This procedure is valid without change if one or more  $x_i$  are divisors.

When the function  $y$  becomes a function  $y' = c \cdot y$  by multiplying with a constant factor  $c$ , the absolute uncertainty calculated using Equation (13.1) becomes  $s(y') = c \cdot s(y)$ . Hence, Equation (13.2) leads to the conclusion that the relative uncertainty of  $y'$  equals that of  $y$ :  $u(y') = u(y)$ . This is made use of in Chapter 13.5.

Any calculation combining the basic arithmetical operations can be dealt with by application of a combination of the error propagation methods described above. However, this leads to an approximation to the correct value only that would be obtained from a strict application of Equation (13.1).

Hence, the Gaussian error propagation calculation is carried out using Equation (13.1) unless otherwise stated.

Für den relativen Standardfehler  $u(y)$  gilt:

Hieraus folgt die in IPCC (2000) angegebene Regel (Equation (6.3)) zur Aggregation von relativen Unsicherheiten  $u_{x,i} = s_{x,i} / x_i$ , wenn  $y$  eine Summe aus  $n$  Größen  $x_i$  ist ( $i = 1, 2, \dots, n$ ):

Diese Regel lässt sich verallgemeinern, so dass auch negative  $x_i$  berücksichtigt werden können. Dazu bleibt der Ausdruck unter der Wurzel unverändert, während im Nenner an entsprechender Stelle das negative Vorzeichen einzusetzen ist.

Wenn  $y$  ein Produkt aus  $n$  Größen  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) ist, ergibt sich die in IPCC (2000) als Gleichung (6.4) angegebene Regel:

Diese Regel gilt ohne Veränderung auch für den Fall, dass ein oder mehrere  $x_i$  als Divisoren auftreten.

Wird Funktion  $y$  durch Multiplikation mit einer Konstanten  $c$  zur Funktion  $y' = c \cdot y$ , so ergibt sich aus Gleichung (13.1) die absolute Unsicherheit mit  $s(y') = c \cdot s(y)$ . Damit folgt schließlich aus Gleichung (13.2), dass die relative Unsicherheit von  $y'$  gleich derjenigen von  $y$  ist:  $u(y') = u(y)$ . Hiervon wird in Kapitel 13.5 Gebrauch gemacht.

Soll für eine Berechnung, in der die vier Grundrechenarten kombiniert sind, eine Fehlerfortpflanzungsrechnung durchgeführt werden, ist eine Kombination der oben angeführten Regeln möglich. Das Ergebnis ist allerdings nur eine Näherung des korrekten Ergebnisses nach Gleichung (13.1).

Wenn nicht anders erwähnt, wird im Folgenden die Gaußsche Fehlerrechnung in Form von Gleichung (13.1) angewendet.

### 13.2 Uncertainty of the implied emission factors for methane / Unsicherheit der aggregierten Emissionsfaktoren für Methan

#### 13.2.1 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation see also Chapter 3.3.2. The assessment of the respective uncertainty using the Gaussian error propagation calculation remains problematic as not all input data can be characterized by adequate uncertainties. Hence, the uncertainty of the emission factor is fixed to 20 % in accordance with IPCC(2006)-10.33 (30 % for sheep and goats).

Die Berechnung von Methanemissionen aus der Verdauung erfolgt nach Kapitel 3.3.2. Die Ermittlung der Unsicherheit des Emissionsfaktors ist mit Hilfe der Gaußschen Fehlerfortpflanzungsrechnung problematisch, da nicht für alle eingehenden Größen Unsicherheiten bekannt sind. Daher wird entsprechend der Diskussion in IPCC(2006)-10.33 eine Unsicherheit des Emissionsfaktors von 20 % angesetzt (30 % for Schafe und Ziegen).

#### 13.2.2 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management

The calculation of methane emissions from manure management follows IPCC(2006)-10.37, see also Chapter 3.3.4.1. Again, many of the input data cannot be characterized by their uncertainties. Hence, a Gaussian error propagation cannot be applied. Instead, the uncertainty of 20 % as recommended by IPCC(2006)-10.48 is used.

Zur Berechnung von Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 3.3.4.1. Nicht für alle eingehenden Größen sind Unsicherheiten bekannt, so dass die Gaußschen Fehlerfortpflanzungsrechnung nicht angewendet werden kann. Es wird stattdessen nach IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 20 % angesetzt.

### 13.3 Uncertainties of the implied emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> / Unsicherheiten der aggregierten Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub>

#### 13.3.1 Uncertainty of the IEF for N<sub>2</sub>O from manure management / Unsicherheit des IEF für N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

The calculation of the relative uncertainties of IEF for N<sub>2</sub>O emissions from manure management makes use of a Gaussian error propagation calculation on the national scale. The methodology described below is applicable to each animal category.

The N<sub>2</sub>O emission factors used in the inventory are related to the amount of N excreted. Hence, the implied emission factor (IEF) which is related to the animal place is given by:

$$IEF_{N_2O-N, MM} = N_{\text{housing}} \cdot EF_{N_2O-N, MM} \quad (13.5)$$

where

|                      |                                                                                                             |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $IEF_{N_2O-N, MM}$   | implied N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N) |
| $N_{\text{housing}}$ | N excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)                                          |
| $EF_{N_2O-N, MM}$    | partial N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management, related to N (in kg kg <sup>-1</sup> N)   |

Then, according to Chapter 13.1, the relative uncertainty of the IEF is given by:

Nach Kapitel 13.1 gilt dann für die relative Unsicherheit des IEF:

$$u(IEF_{N_2O-N, MM}) = \sqrt{u^2(N_{\text{housing}}) + u^2(EF_{N_2O-N, MM})} \quad (13.6)$$

where

|                         |                                                                                                                         |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $u(IEF_{N_2O-N, MM})$   | relative uncertainty of the implied N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management (in kg kg <sup>-1</sup> )  |
| $u(N_{\text{housing}})$ | relative uncertainty of the amount of N excreted in the house (in kg kg <sup>-1</sup> )                                 |
| $u(EF_{N_2O-N, MM})$    | relative uncertainty of the partial N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management (in kg kg <sup>-1</sup> N) |

IPCC (2000), Table 4.12, provides an uncertainty for N<sub>2</sub>O emission factors for all management systems from -50 % to +100 %. These are the margins of the 95 % confidence interval. According to the convention, the larger of the two margins is to be applied in the calculation of the overall uncertainty of the GHG inventory (IPCC 2006, Chapter 6), i.e. +100 %. If calculations are made using standard errors, this value has to be halved. A standard error of 50 % has to be applied.

For the N excretions an uncertainty of < 10 % can be assumed. This can be backed up with the results of a model intercomparison (Dämmgen and Lüttich, 2005, Table 2). The inventory uses a relative uncertainty  $u(N) = 10\%$  (standard error).

This leads to a relative uncertainty (derived as standard error) of  $u(IEF_{N_2O-N, storage}) = 51\%$ . In comparison to the uncertainty of the emission factor, the uncertainties of the N excretion rates seems to be negligible. Correspondingly, the confidence interval of the IEF is treated as equivalent to the partial EF, i.e. -50 % and +100 %. According to IPCC (2000), the estimate of the overall uncertainty of the GHG inventory makes use of the higher margin only, i.e. 100 %. A lognormal distribution is assumed.

For mammals in solid manure systems, a national partial emission factor is used from the 2013 submission onwards (Vandré et al., 2012). The margins of the 95 % confidence interval are -66 % and +291 %, with a lognormal distribution. Again, according to IPCC (2000) the larger value is to be used in the uncertainty assessment of the GHG inventory. This rounded up to 300 %. The rounding up also means that the uncertainty of the N excretion rates can be considered included. In analogy, the lower margin that is used by Umweltbundesamt for a Monte Carlo calculation (Tier 2 methodology, IPCC 2000) is rounded to 70 %.

The approach of the Tier 1 methodology to calculate the overall uncertainty of the GHG inventory requires the knowledge of the total uncertainty of the mean IEF describing slurry and solid manure systems. Here, the calculation with the Gaussian error propagation method would be very complex. The potential advantage of this work would not justify the time required; it would be out of all proportion to the simplicity of the Tier 1 methodology applied. Therefore the estimate of the overall uncertainty of the GHG inventory makes use of the fact that for those animal categories with predominating slurry-based systems (dairy cows, other cattle, pigs and buffalo) the upper margin of the 95 % confidence interval is fixed to 100 %, whereas 300 % are assumed for sheep, goats, horses, mules and asses.

IPCC(2000), Tabelle 4.12, gibt für die N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren aller Managementsysteme eine Unsicherheit von -50 % / + 100 % an. Diese Werte begrenzen das 95 %-Konfidenzintervall. Entsprechend der Konvention für das Tier-1-Verfahren zur Berechnung der Gesamtunsicherheit des THG-Inventars (IPCC, 2000, Kapitel 6) ist das größere der beiden Intervalle zu verwenden, also +100 %. Für die Berechnung der Unsicherheit auf der Standardfehler-Ebene ist der Wert zu halbieren, so dass sich +50 % ergeben.

Für die N-Ausscheidungen wird nach einem Modellvergleich (Dämmgen und Lüttich, 2005, Tabelle 2) von einem Wert < 10 % ausgegangen. Das Inventar verwendet  $u(N) = 10\%$  (Standardfehler).

Damit ergibt sich eine relative Unsicherheit des IEF (entsprechend dem Standardfehler) von  $u(IEF_{N_2O-N, storage}) = 51\%$ . Der Einfluss der Unsicherheit der N-Ausscheidung ist also praktisch vernachlässigbar im Vergleich zur Unsicherheit des Emissionsfaktors. Dem entsprechend wird das Konfidenzintervall des IEF demjenigen für den partiellen EF gleich gesetzt: -50 % / + 100 %. In die Abschätzung der Gesamtunsicherheit des THG-Inventars geht nach IPCC (2000) nur der höhere Prozentbetrag (100 %) ein. Hinsichtlich der Verteilung ist von einer lognormalen Verteilung auszugehen.

Für Säugetiere in Festmistsystemen wird ab Submission 2013 ein nationaler partieller Emissionsfaktor verwendet (Vandré et al., 2012). Für diesen liegen die Grenzen des 95 %-Konfidenzintervalles bei -66 % / +291 % (Lognormal-Verteilung). Nach IPCC (2000) geht davon nur der höhere Prozentbetrag in die Unsicherheitsberechnung für das THG-Inventar ein, der dabei auf ganze 10 % gerundet wird (300 %). Aufgrund des Rundungseffektes kann die Unsicherheit der N-Ausscheidung als enthalten gelten. Analog wird die untere Grenze, die vom Umweltbundesamt für eine Unsicherheitsberechnung mithilfe der Monte-Carlo-Methode (Tier-2-Methode nach IPCC; 2000) benötigt wird, auf -70 % gerundet.

Das Schema der Tier-1-Methode zur Berechnung Gesamtunsicherheit des THG-Inventars verlangt die Vorgabe der Unsicherheit für den über gülle- und festmistbasierte Systeme gemittelten IEF. Die Berechnung mit Hilfe der Gaußschen Fehlerrechnung wäre sehr komplex und der dafür erforderliche Aufwand stünde in keinem Verhältnis zur sonstigen Einfachheit des Tier-1-Verfahrens. Daher wird in der Schätzung der Gesamtunsicherheit des THG-Inventars vereinfachend für alle durch Flüssigmist dominierten Tierkategorien (Milchkühe, andere Rinder, Schweine und Büffel) die obere Grenze des 95 %-Konfidenzintervalles auf 100 % gesetzt, während für Schafe, Ziegen, Pferde, Maultiere und Esel der Wert 300 % gewählt wird.

### 13.3.2 *Uncertainty of the IEF for NO and N<sub>2</sub> from manure management / Unsicherheit des IEF für NO und N<sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

The ZSE data base of Umweltbundesamt requires uncertainties for NO and N<sub>2</sub> emission factors. No default values are available. However, as the NO and N<sub>2</sub> emissions are calculated proportional to the N<sub>2</sub>O emissions, the uncertainties of the N<sub>2</sub>O emission factors as described in Chapter 13.3.1 are applied to these gases. This also applies to the distribution.

Angaben zur Unsicherheit des IEF für NO und N<sub>2</sub> werden für die ZSE-Datenbank des Umweltbundesamtes benötigt. Allerdings sind keine Defaultangaben verfügbar. Da die Emissionen von NO und N<sub>2</sub> im deutschen Inventar proportional zu den Emissionen von N<sub>2</sub>O berechnet werden, werden die in Kapitel 13.3.1 beschriebenen N<sub>2</sub>O-Unsicherheiten sowie die Verteilungsform übernommen.



### 13.3.3 Uncertainty of the IEF for $N_2O$ from agricultural soils / Unsicherheit des IEF für $N_2O$ aus landwirtschaftlichen Böden

Direct  $N_2O$  emissions are subdivided in the following groups (in accordance with the organisation of CRF Table 4.Ds1):

- application of mineral fertilizer,
- application of animal manures,
- N fixation by legumes,
- crop residues,
- cultivation of histosols,
- animal grazing,
- application of sewage sludge.

For the sectors to be reported, standard emission factors according to IPCC (2006)-11.11 are used. Uncertainties for these emission factors are also provided in this document. However, the uncertainties are not symmetric with respect to the mean. A lognormal distribution is assumed. In this case, IPCC(2000)-6.14 proposes to use the higher percentage between mean and the limits of confidence. The resulting uncertainties are given in Table 13.2.

Indirect emissions originate from the deposition of reactive nitrogen as well as from run-off and leaching of N.

For the uncertainties listed in Table 13.2 see Chapters 11.4.2.2 and 11.5.2.2

Die direkten  $N_2O$ -Emissionen werden in die folgenden Gruppen unterteilt (Gliederung entsprechend CRF-Tabelle 4.Ds1):

- Anwendung von Mineraldünger,
- Wirtschaftsdünger-Ausbringung,
- N-Fixierung durch Leguminosen,
- Ernterückstände,
- Bewirtschaftung organischer Böden,
- Weidegang,
- Ausbringung von Klärschlamm.

Für die zu berichtenden Bereiche werden Standard-Emissionsfaktoren nach IPCC (2006)-11.11 verwendet, für die an gleicher Stelle auch Unsicherheitsbereiche angegeben werden. Die Unsicherheitsbereiche sind nicht symmetrisch zum Mittelwert; es ist von lognormalen Verteilungen auszugehen. Daher wird entsprechend der Empfehlung in IPCC (2000)- 6.14, die größere Prozentzahl zwischen Mittelwert und Konfidenzgrenze verwendet, siehe Table 13.2.

Indirekte  $N_2O$ -Emissionen entstehen infolge von Deposition von reaktivem Stickstoff, sowie aus ausgewaschenem und abgeflossenem N.

Zu den in Table 13.2 eingehenden Unsicherheiten siehe Kapitel 11.4.2.2 und 11.5.2.2.

### 13.4 Uncertainty of the implied emission factor for $NH_3$ from housing and animal waste management / Unsicherheit des aggregierten Emissionsfaktors für $NH_3$ aus Stall und Wirtschaftsdüngermanagement

The derivation of a procedure for the assessment of the relative uncertainty of the implied emission factor for  $NH_3$  from housing and manure management ( $IEF_{NH_3, total}$ ) has to account for the fact that  $NH_3$  emissions occur from three locations that are interlinked in the N flow system. In addition, the emissions from storage of  $N_2O$ , NO and  $N_2$  have to be considered.

In order to simplify notation, indices are introduced to denote the origin of the emission from the house (1), the storage system (2) and the application of manures (3):

$$IEF_{NH_3-N, total} = IEF_{NH_3-N, 1} + IEF_{NH_3-N, 2} + IEF_{NH_3-N, 3} \quad (13.7)$$

where

|                       |                                                                                 |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| $IEF_{NH_3-N, total}$ | sum of implied $NH_3$ -N emission factors (in $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ )           |
| $IEF_{NH_3-N, j}$     | implied $NH_3$ -N emission factor for compartment j (in $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ ) |
| j                     | j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage, j = 3: spreading)        |

Each implied emission factor is defined as

Dabei ist jeder IEF wie folgt definiert:

$$IEF_{NH_3-N, j} = TAN_j \cdot EF_{NH_3-N, j} \quad (13.8)$$

where

|                   |                                                                                            |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| $IEF_{NH_3-N, j}$ | implied $NH_3$ -N emission factor for compartment j (in $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ )            |
| j                 | j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage, j = 3: spreading)                   |
| $TAN_j$           | TAN entering compartment j (in $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}\ TAN$ )                                |
| $EF_{NH_3-N, j}$  | partial $NH_3$ -N emission factor for compartment j, related to TAN (in $kg\ kg^{-1}\ N$ ) |

The amounts of TAN are

Für die TAN-Mengen gilt:

$$TAN_2 = TAN_1 \cdot (1 - EF_{NH_3-N, 1}) \quad (13.9)$$

where

|                  |                                                                                                   |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $TAN_2$          | TAN entering storage from housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TAN)                    |
| $TAN_1$          | TAN as excreted by an animal (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TAN)                         |
| $EF_{NH_3-N, 1}$ | partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for housing, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N) |

$$TAN_3 = TAN_2 \cdot (1 - EF_{NH_3-N, 2} - ef_2) \quad (13.10)$$

where

|                  |                                                                                                                                                     |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $TAN_3$          | TAN before spreading (kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TAN)                                                                                      |
| $TAN_2$          | TAN entering storage from housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TAN)                                                                      |
| $EF_{NH_3-N, 2}$ | partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for storage, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)                                                   |
| $ef_2$           | 60 % of the sum of the partial emission factors for N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> from storage, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N) |

The fraction  $ef_2$  is fixed to 60 % of the sum of the emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> in order to approximately reflect that the emission of N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are only partly stemming from the TAN pool. A correct approach would have to make use of the fraction of TAN to total N available. A sensitivity analysis showed that the exact share does not affect the overall uncertainty of the overall NH<sub>3</sub> emission factor (IEF). Hence it is unnecessary to carry the total amounts of N along in the error calculations described here.

Die Größe  $ef_2$  wird mit 60 % der Summe der Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> angesetzt, um näherungsweise zu berücksichtigen, dass die Emissionen von N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> nur zum Teil aus dem TAN-Pool gespeist werden. Korrekt müsste der Prozentanteil dem Verhältnis von TAN-Menge zu gesamter N-Menge entsprechen. Eine Sensitivitätsuntersuchung zeigte aber, dass der genaue Prozentsatz für das Endergebnis (Unsicherheit des NH<sub>3</sub>-IEF) ohne Bedeutung ist, so dass sich das Mitführen der N-Gesamtmenge in der hier vorgestellten Fehlerrechnung erübrigt.

The resulting implied emission factor for NH<sub>3</sub> emissions from housing and management is

Schließlich ergibt sich für den aggregierten Emissionsfaktor für NH<sub>3</sub>-Emissionen aus Stall und Wirtschaftsdüngermanagement:

$$IEF_{NH_3-N, total} = TAN_1 \cdot \left[ \begin{array}{l} (EF_{NH_3-N, 1} + EF_{NH_3-N, 2} + EF_{NH_3-N, 3}) + (EF_{NH_3-N, 1} \cdot EF_{NH_3-N, 2} \cdot EF_{NH_3-N, 3}) \\ - (EF_{NH_3-N, 1} \cdot EF_{NH_3-N, 2} + EF_{NH_3-N, 2} \cdot EF_{NH_3-N, 3} + EF_{NH_3-N, 1} \cdot EF_{NH_3-N, 3}) \\ - (1 - EF_{NH_3-N, 1}) \cdot ef_2 \cdot EF_{NH_3-N, 3} \end{array} \right] \quad (13.11)$$

where

|                       |                                                                                                                                         |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $IEF_{NH_3-N, total}$ | sum of implied NH <sub>3</sub> -N emission factors (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )                                            |
| $TAN_1$               | TAN as excreted by an animal (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TAN)                                                               |
| $EF_{NH_3-N, j}$      | partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)                                 |
| j                     | j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage, j = 3: spreading)                                                                |
| $ef_2$                | sum of the partial emission factors for N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> from storage, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N) |

Its absolute uncertainty amounts to

Für die absolute Unsicherheit gilt:

$$s(IEF_{\text{NH}_3\text{-N, total}}) = \sqrt{\left(\frac{\partial IEF_{\text{NH}_3\text{-N, total}}}{\partial TAN_1} \cdot s(TAN_1)\right)^2 + \sum_{j=1}^3 \left(\frac{\partial IEF_{\text{NH}_3\text{-N, total}}}{\partial EF_{\text{NH}_3\text{-N, j}}} \cdot s(EF_{\text{NH}_3\text{-N, j}})\right)^2 + \left(\frac{\partial IEF_{\text{NH}_3\text{-N, total}}}{\partial ef_2} \cdot s(ef_2)\right)^2} \quad (13.12)$$

where

|                                        |                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $s(IEF_{\text{NH}_3\text{-N, total}})$ | uncertainty of the total implied $\text{NH}_3\text{-N}$ emission factor (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )                                                       |
| $TAN_1$                                | TAN as excreted by an animal (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{TAN}$ )                                                                                       |
| $EF_{\text{NH}_3\text{-N, j}}$         | partial $\text{NH}_3\text{-N}$ emission factor for compartment j, related to TAN (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}$ )                                                   |
| j                                      | j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage, j = 3: spreading)                                                                                              |
| $s(EF_{\text{NH}_3\text{-N, j}})$      | uncertainty of the partial $\text{NH}_3\text{-N}$ emission factor for compartment j, related to TAN (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}$ )                                |
| $ef_2$                                 | sum of the partial emission factors for $\text{N}_2\text{O}$ , NO und $\text{N}_2$ from storage, related to TAN (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}$ )                    |
| $s(ef_2)$                              | uncertainty of the sum of the partial emission factors for $\text{N}_2\text{O}$ , NO und $\text{N}_2$ from storage, related to TAN (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}$ ) |

According to Chapter 13.1, the relative uncertainty is

Die relative Unsicherheit folgt dann entsprechend Kapitel 13.1 aus

$$u(IEF_{\text{NH}_3\text{-N, total}}) = \frac{s(IEF_{\text{NH}_3\text{-N, total}})}{IEF_{\text{NH}_3\text{-N, total}}} \quad (13.13)$$

where

|                                        |                                                                                                                          |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $u(IEF_{\text{NH}_3\text{-N, total}})$ | relative uncertainty of the total implied $\text{NH}_3\text{-N}$ emission factor (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ ) |
| $s(IEF_{\text{NH}_3\text{-N, total}})$ | uncertainty of the total implied $\text{NH}_3\text{-N}$ emission factor (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )          |
| $IEF_{\text{NH}_3\text{-N, total}}$    | sum of implied $\text{NH}_3\text{-N}$ emission factors (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )                           |

The partial emission factors for  $\text{NH}_3\text{-N}$  from housing, storage and application of manure as well as the emissions of  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  from storage are integrated in the calculation of the uncertainty. The respective amounts are obtained from aggregated emission assessments on the national scale. The same applies to the amounts of TAN in the house.

According to EMEP (2009)-4.B-30, the uncertainty of partial  $\text{NH}_3$  emission factors is still up to debate. Hence, the relative uncertainty of the Tier 1 emission factors for  $\text{NH}_3$  is used instead. It is 30 % (EMEP 2007-B1090-19).

The relative uncertainty (standard error) of the sum of the emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  is assumed to equal that of  $\text{N}_2\text{O}$ , see Chapter 13.3.1., i.e. 50 % for cattle, pigs, buffalo and poultry and 150 % for sheep, goats, pigs and buffalo.

The relative uncertainty of the TAN inputs to the house is assumed to be 10 % (see Chapter 13.3.1).

The calculated combined relative uncertainties (for housing, storage and application) are listed in Table 13.1. The data shown here are based on the calculations performed for the last year of the time series, i. e. 2011 data sets. For mules and asses the results calculated for light horses are adopted.

The frequency distribution of the uncertainties can be assumed to be normal due to the numerous data influencing the results.

In die Unsicherheitsberechnung gehend die partiellen Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3\text{-N}$  aus Stall, Lager, und Ausbringung sowie für die Summe von  $\text{N}_2\text{O-N}$ , NO-N und  $\text{N}_2$  aus dem Lager ein. Sie werden auf nationaler Ebene wird aus den aggregierten Ergebnissen der Emissionsberechnungen ermittelt. Gleiches gilt für den TAN-Mengen im Stall.

Nach EMEP (2009)-4.B-30 ist die Unsicherheit partieller  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren noch zu klären. Es wird daher nach EMEP (2007)-B1090-19 die relative Unsicherheit der Tier-1- Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3$  mit 30 % verwendet (EMEP 2007-B1090-19).

Die relative Unsicherheit (Standardfehler) der Summe der partiellen Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O-N}$ , NO-N und  $\text{N}_2$  aus dem Lager wird wie die relative Unsicherheit für  $\text{N}_2\text{O}$  nach Kapitel 13.3.1 mit 50 % für Rinder, Schweine, Büffel und Geflügel sowie 150 % für Schafe, Ziegen, Pferde, Maultiere und Esel angesetzt.

Für die relative Unsicherheit der TAN-Einträge werden 10 % angenommen (vgl. Kapitel 13.3.1).

Die berechneten relativen Unsicherheiten (Stall, Lager und Ausbringung zusammengefasst) sind in Table 13.1 sowohl aufgeführt. Die Ergebnisse beruhen auf den Berechnungen für das letzte Jahr der Zeitreihe, d. h. 2011. Für Esel und Maultiere wird das Ergebnis für Kleinpferde und Ponys übernommen.

Die Verteilung der Unsicherheiten kann wegen der Vielzahl der eingehenden Einflussfaktoren als normal angenommen werden.

It follows from that that the uncertainties provided hitherto can directly used to define the margins of the 95 % confidence interval. As an example, they are -41,4 % and +41,4 %, respectively, for dairy cows.

Daraus folgt wiederum, dass die angegebenen Unsicherheitswerte direkt zur Definition der Grenzen des 95 %-Konfidenzintervalles verwendet werden können: So liegen diese Grenzen z. B. bei den Milchkühen bei -41,4 % / +41,4 %.

Table 13.1: Manure management: Uncertainties (standard error/ half the 95 % confidence interval) of the IEF for NH<sub>3</sub> (%) (for details see text)

|                            |                         |                               |                                 |                             |                                       |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| dairy cows<br>20.7 / 41.4  | calves<br>14.5 / 28.9   | heifers<br>20.5 / 40.9        | male beef cattle<br>20.6 / 41.1 | suckler cows<br>18.4 / 36.8 | mature males > 2 years<br>19.1 / 38.2 |
| sows<br>20.5 / 41.0        | weaners<br>20.0 / 40.1  | fattening pigs<br>20.1 / 40.2 | boars<br>20.3 / 40.6            |                             |                                       |
| sheep<br>19.0 / 38.0       | goats<br>19.9 / 39.8    | heavy horses<br>17.6 / 35.2   | light horses<br>17.6 / 35.2     | mules. asses<br>17.6 / 35.2 | buffalo<br>20.1 / 40.2                |
| laying hens<br>20.8 / 41.6 | broilers<br>18.9 / 37.8 | pullets<br>19.7 / 39.4        | geese<br>15.4 / 30.9            | ducks<br>15.3 / 30.7        | turkeys<br>15.2 / 30.4                |

The differences between Table 13.1 and Table 13.1 in Haenel et al. (2012) are due to model modifications and the fact that the data in haenel et al. (2012) had been provided for 2010.

Die Unterschiede zwischen Table 13.1 und Table 13.1 in Haenel et al. (2012) beruhen auf Modelländerungen und dem Umstand, dass in Haenel et al. (2012) das Bezugsjahr 2010 war.

### 13.5 Uncertainty of the German agricultural green house gas inventory / Unsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars

In parallel to the establishment of the inventory, an assessment of the total uncertainty of the German agricultural GHG emission inventory was performed.

Parallel zu den Emissionberechnungen wurde eine Berechnung der Gesamtunsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars vorgenommen.

#### 13.5.1 Calculation methodology / Berechnungsmethodik

The methodology for the assessment of the total uncertainty of the German agricultural GHG emission inventory is based on the Tier 1 approach described in "Quantifying Uncertainties in Practice" in IPCC (2000) (IPCC, 2000, Chapter 6.3.2 and Table 6.1). It is based on a consistent application of the Gauss error propagation calculus (see Chapter 13.1). However, this Tier 1 approach does not consider the fact that this error propagation calculus presupposes a normal distribution of deviations; this criterion is not satisfied for several activity data and emission factors.

In addition, the Gauss error propagation calculus is designed to use standard errors. In contrast to this, the IPCC (2000) approach in "Quantifying Uncertainties in Practice" requires half the 95 % confidence interval as input variable (see pg 6.14 in the context to columns E and F). For normally distributed data this corresponds approximately to double the standard error. However, it can be shown, that the rules of the Gaussian calculus can be extended to deal with multiples of the standard error (cf. Equations 6.3 and 6.4 in IPCC, 2000). Hence, the calculation of the overall uncertainty of the German agricultural greenhouse gas inventory uses twice the standard errors (expressed as percent of the mean) when dealing with entities distributed normal.

Grundlage für die Berechnung der der Gesamtunsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars ist das in IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ beschriebene Stufe-1-Verfahren (IPCC, 2000, Kapitel 6.3.2 und Table 6.1). Es beruht auf durchgängiger Anwendung der Gaußschen Fehlerrechnung (siehe Kapitel 13.1). Per Konvention bleibt unberücksichtigt, dass das Verfahren Normalverteilung der Abweichungen voraussetzt, eine Forderung, die von einigen Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren nicht erfüllt wird.

Überdies arbeitet die Gaußschen Fehlerrechnung mit Standardfehlern. Im Gegensatz dazu verlangt das in IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ beschriebene Verfahren (siehe S. 6.14 im Absatz zu den Spalten E und F) die Eingabe des halben 95 %-Konfidenzintervalles, was bei einer Normalverteilung etwa dem Zweifachen des Standardfehlers entspricht. Es lässt sich allerdings zeigen, dass die Rechenregeln der Gaußschen Fehlerrechnung (vgl. Gleichung 6.3 und Gleichung 6.4 in IPCC, 2000) auch für Vielfache des Standardfehlers gelten. Dementsprechend wurden für die Berechnung der Gesamtunsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars im Falle von normalverteilten Größen als Unsicherheit das Zweifache des Standardfehlers eingegeben (in Prozent des Mittelwertes).

For asymmetric distributions IPCC (2000) stipulates in “Quantifying Uncertainties in Practice” (pg 6.14) that in Tier 1 approaches the larger of the two differences between the 2.5 % percentile and the mean and the 97.5 % percentile be used. This claim was translated into action.

For the relative uncertainties of the activity data and emission factors used in the overall uncertainty calculations see Chapters 13.5.2 and 13.5.3.

The effect of these uncertainties on the German national agricultural greenhouse gas inventory is discussed in Chapter 13.5, in particular see Table 13.2.

Für asymmetrische Verteilungen schreibt IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ (S. 6.14) vor, dass bei Anwendung der Stufe-1-Methode von den beiden Intervallen [2,5 %-Perzentil; Mittelwert] und [Mittelwert; 97,5 %-Perzentil] das größere zu verwenden ist. Diese Forderung wurde umgesetzt.

Zu den verwendeten relativen Unsicherheiten der Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren siehe Kapitel 13.5.2 und 13.5.3.

Auf die resultierende Gesamtunsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars wird in Kapitel 13.5 eingegangen, siehe insbesondere Table 13.2.

### 13.5.2 *Uncertainties of activity data / Unsicherheiten von Aktivitätsdaten*

For the uncertainties of single activity data see the respective sections in chapters 4 to 11.

Uncertainties may be described in different ways. A differentiation is made between standard errors in normally distributed entities and uncertainties for asymmetric distributions. For the latter, the larger of the two intervals [difference between 2.5 % percentile and mean; difference between mean and 97.5 % percentile] is used (cf Chapter 13.5.1).

For cattle and buffalo numbers, the uncertainty has decreased over the past years. The uncertainty used is an estimated mean uncertainty. A sensitivity analysis showed that the accuracy of this estimated uncertainty has no impact on the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory.

The uncertainties of the activity data regarding direct N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are influenced by a comparatively large number of entities and their respective uncertainties. It is assumed that the overall uncertainty of the activity data does not exceed 20 to 30 % which is markedly less than the relative uncertainty of the emission factors (see Chapter 13.3.3). Hence the latter uncertainty dominates the overall uncertainty to such an extent that a more accurate assessment of the uncertainty of the activities appears unnecessary at present.

Zu den Unsicherheiten der Aktivitätsdaten siehe entsprechende Angaben in den Kapiteln 4 bis 11.

Hierbei ist zu unterscheiden zwischen Unsicherheitsangaben in Form des Standardfehlers für normalverteilte Größen und Unsicherheitsangaben für asymmetrische Verteilungen, die das größere der beiden Intervalle [2,5 %-Perzentil; Mittelwert] und [Mittelwert; 97,5 %-Perzentil] wiedergeben, siehe dazu auch Kapitel 13.5.1.

Bei den Tierzahlen von Rindern und Büffeln hat die Unsicherheit über die Jahre abgenommen. Es wird daher mit einem geschätzten Mittelwert der Unsicherheit gerechnet. Vergleichsrechnungen haben gezeigt, dass der exakte Wert dieser geschätzten Unsicherheiten ohne Einfluss auf die Gesamtunsicherheit des Treibhausgas-Inventars ist.

Die Unsicherheiten der Aktivitätsdaten bei direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (N-Menge) sind eine Funktion einer größeren Anzahl an Einflussgrößen und deren Unsicherheiten. Es ist aber davon auszugehen, dass die relative Gesamtunsicherheit der Aktivitätsdaten nicht höher als 20 bis 30 % und damit deutlich geringer als die relative Unsicherheit der Emissionsfaktoren (siehe Kapitel 13.3.3) ist. Letztere dominiert somit die relative Unsicherheit der Gesamt-N<sub>2</sub>O-Emissionen, womit eine genauere Bestimmung der Aktivitätsunsicherheiten derzeit nicht erforderlich erscheint.

### 13.5.3 *Uncertainties of emission factors / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren*

For the uncertainties of single emission factors see Chapters 13.2 and 13.3 and the respective sections in Chapters 4 bis 11.

Uncertainties may be described in different ways. A differentiation is made between standard errors in normally distributed entities and uncertainties for asymmetric distributions. Here the larger of the two intervals [difference between 2.5 % percentile and mean; difference between mean and 97.5 % percentile] is used (cf Chapter 13.5.1).

The relative uncertainties of the emission factors for CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O can be transferred directly into uncertainties of CO<sub>2</sub> equivalents. The multiplication with a constant factor has no effect on the relative uncertainty (see Chapter 13.1).

Zu den in der Unsicherheitstabelle eingesetzten relativen Unsicherheiten der Emissionsfaktoren wird auf Kapitel 13.2 und 13.3 sowie die entsprechenden Angaben in den Kapiteln 4 bis 11 verwiesen.

Hierbei ist zu unterscheiden zwischen Unsicherheitsangaben in Form des Standardfehlers bei normalverteilten Größen und Unsicherheitsangaben für asymmetrische Verteilungen, die das größere der beiden Intervalle [2,5 %-Perzentil; Mittelwert] und [Mittelwert; 97,5 %-Perzentil] wiedergeben, siehe dazu auch Kapitel 13.5.1.

Die relativen Emissionsfaktor-Unsicherheiten für CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O können direkt für die Darstellung in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten übernommen werden, da letztere nur durch Multiplikation mit einem konstanten Faktor entstehen, der keinen Einfluss auf die relative Unsicherheit hat (siehe Kapitel 13.1).

#### 13.5.4 Uncertainty table / Unsicherheitstabelle

Table 13.2 contains the various input data and their uncertainties (expressed as half the 95 % confidence interval) as well as intermediate results obtained during the calculation of the overall uncertainty of the agricultural greenhouse gas emission inventory.

The overall uncertainty is expressed as percentage of the total emissions in 2009, and is listed at the very bottom of column H. It was obtained from the partial uncertainties listed in column H using the summation rule of the Gaussian calculus (cf Equation 13.3). The comparison of the entries in column H reveals that the overall uncertainty of the agricultural greenhouse gas inventory is caused mainly by the uncertainties connected to N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils.

The percentage uncertainties of the trends of the overall emissions from German agriculture is given at the bottom of column M. The calculation procedure applied equals that described for column H.

Emissions of the single greenhouse gases in Table 13.2 were transformed in CO<sub>2</sub> equivalents using the global warming potentials (GWP) passed forward by the German Federal Environment Agency, i.e. 21 kg kg<sup>-1</sup> for CH<sub>4</sub>, and 310 kg kg<sup>-1</sup> for N<sub>2</sub>O.

The increase of the uncertainty of total emissions (74 % for 2011) in comparison to that of the previous report (Haenel et al., 2012) (72.1 % for 2010) can mainly be attributed to an marked increase in mineral fertilizer application from 2010 to 2011. In particular, this increase led to a clearly visible increase of the uncertainty of the source category "indirect N<sub>2</sub>O emissions from leached and run-off nitrogen" (70.4 % for 2011; 68.2 % for 2010). Other updates of uncertainties such as for poultry numbers or N excreted during grazing were of no consequence.

An increase can also be observed for the trend of emissions between NIR 2012 and NIR 2013. The NIR 2012 gave 33.1 % for the period from 1990 to 2010; this report states 33.7 % for the trend between 1990 and 2011. As above, the increase can be attributed mainly to the source category "indirect N<sub>2</sub>O emissions from leached and run-off nitrogen" as a result of the amounts of mineral fertilizers applied in 2011.

Table 13.2 zeigt die die verschiedenen Eingabedaten (dabei Unsicherheiten in Form des halben 95 %-Konfidenzintervalles) sowie Zwischenergebnisse zur Berechnung der Gesamtunsicherheit des landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars.

Die Gesamtunsicherheit (in Prozent der Gesamtemission des Jahres 2009) findet sich in Spalte H ganz unten. Sie ergibt sich nach der Summenregel der Gaußschen Fehlerrechnung (siehe Gleichung 13.3) aus den in Spalte H aufgelisteten Teilbeiträgen. Der Vergleich dieser Teilbeiträge zeigt, dass die Gesamtunsicherheit des landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars überwiegen durch Unsicherheiten von N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Bereich der landwirtschaftlich genutzten Böden verursacht wird.

Die prozentuale Unsicherheit des Trends der Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft ist in Spalte M ganz unten dargestellt. Die Berechnung erfolgt analog zum oben beschriebenen Vorgehen bei Spalte H.

Die Umrechnung der Treibhausgas-Emissionen in Table 13.2 in CO<sub>2</sub>-Äquivalente wurde entsprechend der Vorgabe des Umweltbundesamtes mit folgenden Umrechnungsfaktoren (GWP) durchgeführt: 21 kg kg<sup>-1</sup> für CH<sub>4</sub> und 310 kg kg<sup>-1</sup> für N<sub>2</sub>O.

Der Anstieg der Unsicherheit der Gesamtemissionen (74,0 %, gültig für 2011) gegenüber der entsprechenden Angabe im Vorjahresbericht (Haenel et al., 2012) (72,1 %, gültig für 2010) beruht im Wesentlichen auf der deutlichen Zunahme der Mineraldüngerausbringung von 2010 zu 2011, die sich insbesondere in einem deutlich sichtbaren Anstieg der Unsicherheit der Quellgruppe „indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Auswaschung und Oberflächenabfluss“ äußert (von 68,2 % auf 70,4 %). Unsicherheiten-Aktualisierungen bei den Geflügelzahlen und der N-Ausscheidung auf der Weide fallen dagegen nicht ins Gewicht.

Auch beim Trend ist ein Anstieg in der Unsicherheit von NIR 2012 zum vorliegenden NIR 2013 zu verzeichnen (von 33,1 %, gültig für 1990 - 2010, auf 33,7 %, gültig für 1990 - 2011). Auch hier ist die Ursache zum ganz überwiegenden Anteil im Anstieg der Unsicherheit der Quellgruppe „indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Auswaschung und Oberflächenabfluss“ zu suchen, die wiederum als Folge der von 2010 zu 2011 zugenommenen Mineraldüngermengen angestiegen ist.

Table 13.2: Uncertainty calculation for the German agricultural GHG inventory

| Source category                    | A                                            | B               | C                                                   |                                              | D   | E     | F     | G    | H    | I    | J    | K    | L    | M |
|------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----|-------|-------|------|------|------|------|------|------|---|
|                                    |                                              |                 | Base year (1990) emissions, in CO <sub>2</sub> -eq. | Year 2011 emissions, in CO <sub>2</sub> -eq. |     |       |       |      |      |      |      |      |      |   |
|                                    |                                              |                 |                                                     |                                              |     |       |       |      |      |      |      |      |      |   |
|                                    |                                              |                 | Gg a <sup>-1</sup>                                  | Gg a <sup>-1</sup>                           | %   | %     | %     | %    | %    | %    | %    | %    | %    | % |
|                                    | Enteric fermentation, dairy cows             | CH <sub>4</sub> | 16002.7                                             | 11677.4                                      | 4   | 40    | 40.2  | 6.7  | 0.01 | 0.13 | 0.51 | 0.75 | 0.91 |   |
|                                    | Enteric fermentation, calves                 | CH <sub>4</sub> | 90.7                                                | 60.2                                         | 4   | 40    | 40.2  | 0.0  | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 |   |
|                                    | Enteric fermentation, heifers                | CH <sub>4</sub> | 5850.8                                              | 3831.5                                       | 4   | 40    | 40.2  | 2.2  | 0.01 | 0.04 | 0.39 | 0.25 | 0.46 |   |
|                                    | Enteric fermentation, male beef cattle       | CH <sub>4</sub> | 5234.0                                              | 2853.9                                       | 4   | 40    | 40.2  | 1.6  | 0.02 | 0.03 | 0.61 | 0.18 | 0.63 |   |
|                                    | Enteric fermentation, suckler cows           | CH <sub>4</sub> | 663.4                                               | 1092.5                                       | 4   | 40    | 40.2  | 0.6  | 0.01 | 0.01 | 0.26 | 0.07 | 0.26 |   |
|                                    | Enteric fermentation, mature males > 2 years | CH <sub>4</sub> | 390.1                                               | 158.1                                        | 4   | 40    | 40.2  | 0.1  | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 0.01 | 0.07 |   |
|                                    | Enteric fermentation, sows                   | CH <sub>4</sub> | 151.4                                               | 111.8                                        | 4   | 40    | 40.2  | 0.1  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 |   |
|                                    | Enteric fermentation, weaners                | CH <sub>4</sub> | 51.1                                                | 51.4                                         | 4   | 40    | 40.2  | 0.0  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 |   |
|                                    | Enteric fermentation, fattening pigs         | CH <sub>4</sub> | 393.6                                               | 394.1                                        | 4   | 40    | 40.2  | 0.2  | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.03 | 0.04 |   |
|                                    | Enteric fermentation, boars                  | CH <sub>4</sub> | 4.0                                                 | 0.9                                          | 20  | 40    | 44.7  | 0.0  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |   |
|                                    | Enteric fermentation, sheep                  | CH <sub>4</sub> | 548.7                                               | 278.9                                        | 10  | 60    | 60.8  | 0.2  | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.04 | 0.12 |   |
|                                    | Enteric fermentation, goats                  | CH <sub>4</sub> | 9.5                                                 | 15.7                                         | 20  | 60    | 63.2  | 0.0  | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |   |
|                                    | Enteric fermentation, horses                 | CH <sub>4</sub> | 169.7                                               | 161.3                                        | 10  | 60    | 60.8  | 0.1  | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.03 | 0.03 |   |
|                                    | Enteric fermentation, mules and asses        | CH <sub>4</sub> | 1.8                                                 | 1.8                                          | 100 | 60    | 116.6 | 0.0  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |   |
|                                    | Enteric fermentation, buffalo                | CH <sub>4</sub> | 0.0                                                 | 3.1                                          | 10  | 60    | 60.8  | 0.0  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |   |
|                                    | Manure management, dairy cows                | CH <sub>4</sub> | 2230.1                                              | 1771.9                                       | 4   | 40    | 40.2  | 1.0  | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.11 | 0.11 |   |
|                                    | Manure management, calves                    | CH <sub>4</sub> | 64.5                                                | 76.6                                         | 4   | 40    | 40.2  | 0.0  | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 |   |
|                                    | Manure management, heifers                   | CH <sub>4</sub> | 853.1                                               | 509.8                                        | 4   | 40    | 40.2  | 0.3  | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.03 | 0.09 |   |
|                                    | Manure management, male beef cattle          | CH <sub>4</sub> | 1206.1                                              | 690.2                                        | 4   | 40    | 40.2  | 0.4  | 0.00 | 0.01 | 0.12 | 0.04 | 0.13 |   |
|                                    | Manure management, suckler cows              | CH <sub>4</sub> | 109.6                                               | 153.9                                        | 4   | 40    | 40.2  | 0.1  | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.01 | 0.03 |   |
|                                    | Manure management, mature males > 2 years    | CH <sub>4</sub> | 52.1                                                | 21.8                                         | 4   | 40    | 40.2  | 0.0  | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 |   |
|                                    | Manure management, sows                      | CH <sub>4</sub> | 426.1                                               | 385.1                                        | 4   | 40    | 40.2  | 0.2  | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.03 |   |
|                                    | Manure management, weaners                   | CH <sub>4</sub> | 142.6                                               | 133.0                                        | 4   | 40    | 40.2  | 0.1  | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |   |
|                                    | Manure management, fattening pigs            | CH <sub>4</sub> | 1481.0                                              | 1101.3                                       | 4   | 40    | 40.2  | 0.6  | 0.00 | 0.01 | 0.04 | 0.07 | 0.08 |   |
|                                    | Manure management, boars                     | CH <sub>4</sub> | 13.8                                                | 3.5                                          | 20  | 40    | 44.7  | 0.0  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |   |
|                                    | Manure management, sheep                     | CH <sub>4</sub> | 18.7                                                | 9.5                                          | 10  | 60    | 60.8  | 0.0  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |   |
|                                    | Manure management, goats                     | CH <sub>4</sub> | 0.4                                                 | 0.7                                          | 20  | 60    | 63.2  | 0.0  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |   |
|                                    | Manure management, horses                    | CH <sub>4</sub> | 26.3                                                | 25.0                                         | 10  | 40    | 41.2  | 0.0  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |   |
| Manure management, mules and asses | CH <sub>4</sub>                              | 0.2             | 0.2                                                 | 100                                          | 40  | 107.7 | 0.0   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |      |   |
| Manure management, buffalo         | CH <sub>4</sub>                              | 0.0             | 0.3                                                 | 10                                           | 60  | 60.8  | 0.0   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |      |   |
| Manure management, laying hens     | CH <sub>4</sub>                              | 45.1            | 31.6                                                | 10                                           | 40  | 41.2  | 0.0   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 |      |   |
| Manure management, broilers        | CH <sub>4</sub>                              | 11.6            | 38.6                                                | 10                                           | 40  | 41.2  | 0.0   | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |      |   |
| Manure management, pullets         | CH <sub>4</sub>                              | 5.1             | 2.7                                                 | 10                                           | 40  | 41.2  | 0.0   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |      |   |
| Manure management, geese           | CH <sub>4</sub>                              | 1.3             | 0.4                                                 | 20                                           | 60  | 63.2  | 0.0   | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |      |   |

|                                               |                  |         |         |     |     |       |      |                                 |      |      |      |                            |       |       |       |
|-----------------------------------------------|------------------|---------|---------|-----|-----|-------|------|---------------------------------|------|------|------|----------------------------|-------|-------|-------|
| Manure management, ducks                      | CH <sub>4</sub>  | 0.8     | 1.4     | 20  | 40  | 44.7  | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Manure management, male turkeys               | CH <sub>4</sub>  | 6.4     | 16.6    | 10  | 40  | 41.2  | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Manure management, female turkeys             | CH <sub>4</sub>  | 3.2     | 8.6     | 10  | 40  | 41.2  | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Manure management, dairy cows                 | N <sub>2</sub> O | 1621.3  | 967.9   | 4   | 100 | 100.1 | 1.4  | 0.00                            | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.37                       | 0.06  | 0.06  | 0.38  |
| Manure management, calves                     | N <sub>2</sub> O | 134.9   | 82.8    | 4   | 100 | 100.1 | 0.1  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03                       | 0.01  | 0.01  | 0.03  |
| Manure management, heifers                    | N <sub>2</sub> O | 771.5   | 560.8   | 4   | 100 | 100.1 | 0.8  | 0.00                            | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.06                       | 0.04  | 0.04  | 0.07  |
| Manure management, male beef cattle           | N <sub>2</sub> O | 390.7   | 292.0   | 4   | 100 | 100.1 | 0.4  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02                       | 0.02  | 0.02  | 0.03  |
| Manure management, suckler cows               | N <sub>2</sub> O | 107.3   | 143.4   | 4   | 100 | 100.1 | 0.2  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.07                       | 0.01  | 0.01  | 0.07  |
| Manure management, mature males > 2 years     | N <sub>2</sub> O | 50.8    | 20.8    | 4   | 100 | 100.1 | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02                       | 0.00  | 0.00  | 0.02  |
| Manure management, sows                       | N <sub>2</sub> O | 256.7   | 144.7   | 4   | 100 | 100.1 | 0.2  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.07                       | 0.01  | 0.01  | 0.07  |
| Manure management, weaners                    | N <sub>2</sub> O | 22.9    | 33.8    | 4   | 100 | 100.1 | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02                       | 0.00  | 0.00  | 0.02  |
| Manure management, fattening pigs             | N <sub>2</sub> O | 282.5   | 322.4   | 4   | 100 | 100.1 | 0.5  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.11                       | 0.02  | 0.02  | 0.11  |
| Manure management, boars                      | N <sub>2</sub> O | 8.3     | 1.7     | 20  | 100 | 102.0 | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01                       | 0.00  | 0.00  | 0.01  |
| Manure management, sheep                      | N <sub>2</sub> O | 85.4    | 46.6    | 10  | 300 | 300.2 | 0.2  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.07                       | 0.01  | 0.01  | 0.07  |
| Manure management, goats                      | N <sub>2</sub> O | 4.4     | 7.3     | 20  | 300 | 300.7 | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01                       | 0.00  | 0.00  | 0.01  |
| Manure management, horses                     | N <sub>2</sub> O | 142.8   | 135.9   | 10  | 300 | 300.2 | 0.6  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.07                       | 0.02  | 0.02  | 0.08  |
| Manure management, mules and asses            | N <sub>2</sub> O | 1.7     | 1.7     | 100 | 300 | 316.2 | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Manure management, buffalo                    | N <sub>2</sub> O | 0.0     | 0.8     | 10  | 100 | 100.5 | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Manure management, laying hens                | N <sub>2</sub> O | 20.9    | 14.5    | 10  | 100 | 100.5 | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Manure management, broilers                   | N <sub>2</sub> O | 8.6     | 21.7    | 10  | 100 | 100.5 | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02                       | 0.00  | 0.00  | 0.02  |
| Manure management, pullers                    | N <sub>2</sub> O | 3.0     | 1.6     | 10  | 100 | 100.5 | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Manure management, geese                      | N <sub>2</sub> O | 0.2     | 0.1     | 20  | 100 | 102.0 | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Manure management, ducks                      | N <sub>2</sub> O | 0.5     | 0.9     | 20  | 100 | 102.0 | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Manure management, male turkeys               | N <sub>2</sub> O | 2.8     | 6.8     | 10  | 100 | 100.5 | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01                       | 0.00  | 0.00  | 0.01  |
| Manure management, female turkeys             | N <sub>2</sub> O | 1.6     | 4.2     | 10  | 100 | 100.5 | 0.0  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00                       | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Soils, mineral fertilizers                    | N <sub>2</sub> O | 12722.4 | 10361.6 | 1   | 80  | 80.0  | 11.8 | 0.00                            | 0.00 | 0.12 | 0.12 | 0.17                       | 0.17  | 0.17  | 0.24  |
| Soils, application of manure                  | N <sub>2</sub> O | 5464.6  | 4653.8  | 60  | 80  | 100.0 | 6.6  | 0.00                            | 0.00 | 0.05 | 0.05 | 0.26                       | 4.49  | 4.49  | 4.50  |
| Soils, N fixing crops                         | N <sub>2</sub> O | 855.1   | 484.9   | 50  | 80  | 94.3  | 0.7  | 0.00                            | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.18                       | 0.39  | 0.39  | 0.43  |
| Soils, crop residues                          | N <sub>2</sub> O | 5116.8  | 5901.8  | 50  | 80  | 94.3  | 7.9  | 0.02                            | 0.02 | 0.07 | 0.07 | 1.64                       | 4.74  | 4.74  | 5.02  |
| Soils, organic soils                          | N <sub>2</sub> O | 4814.7  | 4785.8  | 1   | 200 | 200.0 | 13.6 | 0.01                            | 0.01 | 0.05 | 0.05 | 2.12                       | 0.08  | 0.08  | 2.13  |
| Soils, grazing                                | N <sub>2</sub> O | 2104.2  | 1315.4  | 20  | 200 | 201.0 | 3.8  | 0.00                            | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.84                       | 0.42  | 0.42  | 0.94  |
| Soils, indirect emissions (deposition)        | N <sub>2</sub> O | 2924.1  | 2288.7  | 50  | 100 | 111.8 | 3.6  | 0.00                            | 0.00 | 0.03 | 0.03 | 0.06                       | 1.84  | 1.84  | 1.84  |
| Soils, indirect emissions (leaching, run-off) | N <sub>2</sub> O | 13615.6 | 11907.0 | 170 | 380 | 416.3 | 70.4 | 0.01                            | 0.01 | 0.14 | 0.14 | 4.38                       | 32.54 | 32.54 | 32.84 |
| Soils, sewage sludge emissions                | N <sub>2</sub> O | 166.9   | 173.1   | 20  | 80  | 82.5  | 0.2  | 0.00                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04                       | 0.06  | 0.06  | 0.07  |
| Total                                         |                  | 87962.6 | 70359.9 |     |     |       | 74.0 | ← Uncertainty of 2011 emissions |      |      |      | Uncertainty of the trend → |       |       | 33.7  |



### 13.6 Uncertainty of the German agricultural ammonia inventory / Unsicherheit des Ammoniak-Inventars für die deutsche Landwirtschaft

For the German agricultural ammonia emission inventory, an analysis of the uncertainties was performed using the methodology provided in IPCC (2000), chapter 6, in analogy to the greenhouse gas emission inventory, see also Chapter 13.5.1.

Details of the calculations as well as the results of the overall uncertainty of the German ammonia emission inventory are collated in Table 13.3.

The overall uncertainty is expressed as percentage of the total emissions in 2009, and is listed at the very bottom of column H. It was obtained from the partial uncertainties listed in column H using the summation rule of the Gaussian calculus (cf Equation 13.3). The comparison of the entries in column H reveals that the overall uncertainty of the agricultural greenhouse gas inventory is caused mainly by the uncertainties connected to N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils.

The percentage uncertainties of the trends of the overall emissions from German agriculture is given at the bottom of column M. The calculation procedure applied equals that described for column H.

For the uncertainties of single activity data see the respective sections in chapters 4 to 11.

For cattle and buffalo numbers, the uncertainty has decreased over the past years. The uncertainty used is an estimated mean uncertainty. A sensitivity analysis showed that the accuracy of this estimated uncertainty has no impact on the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory.

The uncertainties of emission factors for manure management are described in Chapter 13.4, for the uncertainties of other relevant emission factors see Chapter 11.

The uncertainty calculations show that the overall uncertainty of the German ammonia inventory is governed by the uncertainties characterizing the manure management of dairy cattle and the application of mineral fertilizers.

The update of the uncertainty of the amounts of mineral fertilizer applied yield a reduction which led to a reduction of the overall uncertainty of the NH<sub>3</sub> emission inventory. This effect is partly compensated by the update of the entities characterizing emissions from grazing: a reduced uncertainty was found for the amounts of N excreted, a noticeable increase was attributed to the emission factor. Another small contribution was the correction of a transcription error for the uncertainty of NH<sub>3</sub> emissions from biological N fixation. The increase of the updated uncertainty calculations for the NH<sub>3</sub> emission factors in animal production is negligible (see Table 13.1). The overall uncertainty of the amounts of NH<sub>3</sub> emitted decreased in comparison to the latest report (Haenel et al., 2012) from 19.6 % for 2020 to 16.4 % for 2011, the uncertainty of the trend also decreased from 5.0 % for the period from 1990 to 2010 to 3.5 % for the period from 1990 to 2011.

Für das Ammoniak-Inventar der deutschen Landwirtschaft wurde eine Unsicherheitsberechnung in Anlehnung an die von IPCC (2000), Kapitel 6, für das Treibhausgas-Inventar vorgeschriebene Verfahrensweise durchgeführt, siehe auch Kapitel 13.5.1.

Berechnungsdetails und Ergebnisse der Unsicherheitsberechnung für das deutsche Ammoniak-Inventar sind in Table 13.3 dargestellt.

Die Gesamtunsicherheit (in Prozent der Gesamtemission des Jahres 2009) findet sich in Spalte H ganz unten. Sie ergibt sich nach der Summenregel der Gaußschen Fehlerrechnung (siehe Gleichung 13.3) aus den in Spalte H aufgelisteten Teilbeiträgen. Der Vergleich dieser Teilbeiträge zeigt, dass die Gesamtunsicherheit des landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars überwiegen durch Unsicherheiten von N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Bereich der landwirtschaftlich genutzten Böden verursacht wird.

Die prozentuale Unsicherheit des Trends der Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft ist in Spalte M ganz unten dargestellt. Die Berechnung erfolgt wie beim oben beschriebenen Vorgehen bei Spalte H.

Hinsichtlich der Unsicherheiten von Aktivitätsdaten wird auf Kapitel 4 bis 11 verwiesen.

Bei Rindern und Büffeln hat sich die Unsicherheit der Tierzahl über die Jahre verringert. Es wird mit einem geschätzten Mittelwert der Unsicherheit gerechnet. Der exakte Wert dieser geschätzten Unsicherheit erwies sich als ohne Einfluss auf die Gesamtunsicherheit des Ammoniak-Inventars.

Die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für das Wirtschaftsdüngermanagement gehen aus Kapitel 13.4 hervor. Zu den Unsicherheiten der übrigen Emissionsfaktoren siehe Kapitel 11.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Gesamtunsicherheit des deutschen Ammoniak-Inventars zu einem sehr großen Anteil durch die Unsicherheiten der Beiträge aus dem Wirtschaftsdünger-Management von Milchkühen und der Mineraldünger-Anwendung bestimmt wird.

Durch die Aktualisierung (Reduktion) der Unsicherheit der Mineraldüngermenge ergibt sich eine Verringerung der Gesamtunsicherheit des NH<sub>3</sub>-Inventars in Höhe und Trend. Dieser Effekt wird geringfügig kompensiert durch Aktualisierungen der Unsicherheiten beim Weidegang (geringere Unsicherheit bei der N-Ausscheidung, merklich höhere Unsicherheit beim Emissionsfaktor). Ebenfalls nur leicht kompensierend wirkt die Korrektur eines Übertragungsfehlers bei der Unsicherheit des Emissionsfaktors für NH<sub>3</sub> aus der biologischen N-Fixierung. Dagegen ist der Einfluss der Aktualisierung der NH<sub>3</sub>-EF-Unsicherheiten bei den Tieren, siehe Table 13.1, vernachlässigbar. Gegenüber den entsprechenden Angaben im Vorjahresbericht (Haenel et al., 2012) sinkt die Unsicherheit der Emissionshöhe insgesamt von 19,6 % (gültig für 2010) auf 16,4 % (gültig für 2011), die Unsicherheit des Trends von 5,0 % (gültig für 1990 - 2010) auf 3,5 % (gültig für 1990 - 2011).

Table 13.3: Uncertainty calculation for the German agricultural ammonia inventory

| Source category                           | A | B               | C                          | D                   | E                                                             | F                                                               | G                                                        | H                                                                  | I                               | J                          | K                                                                                  | L                                                                                  | M                                                |
|-------------------------------------------|---|-----------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                                           |   | Gas             | Base year (1990) emissions | Year 2011 emissions | Activity data uncertainty (half the 95 % confidence interval) | Emission factor uncertainty (half the 95 % confidence interval) | Combined uncertainty (half the 95 % confidence interval) | Combined uncertainty as % of total national emissions in year 2011 | Type A sensitivity              | Type B sensitivity         | Uncertainty in trend in national emissions introduced by activity data uncertainty | Uncertainty in trend in national emissions introduced by activity data uncertainty | Uncertainty in trend in total national emissions |
|                                           |   |                 | Gg a <sup>-1</sup>         | Gg a <sup>-1</sup>  | %                                                             | %                                                               | %                                                        | %                                                                  | %                               | %                          | %                                                                                  | %                                                                                  | %                                                |
| Manure management, dairy cows             |   | NH <sub>3</sub> | 194.83                     | 150.52              | 4                                                             | 41                                                              | 41.2                                                     | 11.7                                                               | 0.00                            | 0.22                       | 0.10                                                                               | 1.26                                                                               | 1.26                                             |
| Manure management, calves                 |   | NH <sub>3</sub> | 9.76                       | 7.88                | 4                                                             | 29                                                              | 29.3                                                     | 0.4                                                                | 0.00                            | 0.01                       | 0.01                                                                               | 0.07                                                                               | 0.07                                             |
| Manure management, heifers                |   | NH <sub>3</sub> | 96.32                      | 58.30               | 4                                                             | 41                                                              | 41.2                                                     | 4.5                                                                | 0.02                            | 0.09                       | 1.02                                                                               | 0.49                                                                               | 1.13                                             |
| Manure management, male beef cattle       |   | NH <sub>3</sub> | 81.52                      | 42.11               | 4                                                             | 41                                                              | 41.2                                                     | 3.3                                                                | 0.03                            | 0.06                       | 1.30                                                                               | 0.35                                                                               | 1.35                                             |
| Manure management, suckler cows           |   | NH <sub>3</sub> | 10.32                      | 14.02               | 4                                                             | 37                                                              | 37.2                                                     | 1.0                                                                | 0.01                            | 0.02                       | 0.33                                                                               | 0.12                                                                               | 0.35                                             |
| Manure management, mature males > 2 years |   | NH <sub>3</sub> | 4.45                       | 1.74                | 4                                                             | 38                                                              | 38.2                                                     | 0.1                                                                | 0.00                            | 0.00                       | 0.10                                                                               | 0.01                                                                               | 0.10                                             |
| Manure management, sows                   |   | NH <sub>3</sub> | 43.76                      | 26.85               | 4                                                             | 41                                                              | 41.2                                                     | 2.1                                                                | 0.01                            | 0.04                       | 0.44                                                                               | 0.22                                                                               | 0.50                                             |
| Manure management, weaners                |   | NH <sub>3</sub> | 8.20                       | 5.87                | 4                                                             | 40                                                              | 40.2                                                     | 0.4                                                                | 0.00                            | 0.01                       | 0.03                                                                               | 0.05                                                                               | 0.06                                             |
| Manure management, fattening pigs         |   | NH <sub>3</sub> | 95.73                      | 73.80               | 4                                                             | 40                                                              | 40.2                                                     | 5.6                                                                | 0.00                            | 0.11                       | 0.05                                                                               | 0.62                                                                               | 0.62                                             |
| Manure management, boars                  |   | NH <sub>3</sub> | 1.67                       | 0.34                | 20                                                            | 41                                                              | 45.6                                                     | 0.0                                                                | 0.00                            | 0.00                       | 0.06                                                                               | 0.01                                                                               | 0.06                                             |
| Manure management, sheep                  |   | NH <sub>3</sub> | 5.29                       | 2.88                | 10                                                            | 38                                                              | 39.3                                                     | 0.2                                                                | 0.00                            | 0.00                       | 0.07                                                                               | 0.06                                                                               | 0.09                                             |
| Manure management, goats                  |   | NH <sub>3</sub> | 0.27                       | 0.45                | 20                                                            | 40                                                              | 44.7                                                     | 0.0                                                                | 0.00                            | 0.00                       | 0.01                                                                               | 0.02                                                                               | 0.02                                             |
| Manure management, heavy horses           |   | NH <sub>3</sub> | 7.64                       | 7.46                | 10                                                            | 35                                                              | 36.4                                                     | 0.5                                                                | 0.00                            | 0.01                       | 0.08                                                                               | 0.16                                                                               | 0.17                                             |
| Manure management, light horses           |   | NH <sub>3</sub> | 1.65                       | 1.37                | 10                                                            | 35                                                              | 36.4                                                     | 0.1                                                                | 0.00                            | 0.00                       | 0.00                                                                               | 0.03                                                                               | 0.03                                             |
| Manure management, mules and asses        |   | NH <sub>3</sub> | 0.11                       | 0.11                | 100                                                           | 35                                                              | 105.9                                                    | 0.0                                                                | 0.00                            | 0.00                       | 0.00                                                                               | 0.02                                                                               | 0.02                                             |
| Manure management, buffalo                |   | NH <sub>3</sub> | 0.00                       | 0.08                | 10                                                            | 40                                                              | 41.2                                                     | 0.0                                                                | 0.00                            | 0.00                       | 0.00                                                                               | 0.00                                                                               | 0.00                                             |
| Manure management, laying hens            |   | NH <sub>3</sub> | 24.31                      | 15.28               | 10                                                            | 42                                                              | 43.2                                                     | 1.2                                                                | 0.01                            | 0.02                       | 0.23                                                                               | 0.32                                                                               | 0.39                                             |
| Manure management, broilers               |   | NH <sub>3</sub> | 8.00                       | 18.29               | 10                                                            | 38                                                              | 39.3                                                     | 1.4                                                                | 0.02                            | 0.03                       | 0.68                                                                               | 0.38                                                                               | 0.78                                             |
| Manure management, pullets                |   | NH <sub>3</sub> | 3.11                       | 1.68                | 10                                                            | 39                                                              | 40.3                                                     | 0.1                                                                | 0.00                            | 0.00                       | 0.04                                                                               | 0.04                                                                               | 0.06                                             |
| Manure management, geese                  |   | NH <sub>3</sub> | 0.29                       | 0.10                | 10                                                            | 31                                                              | 32.6                                                     | 0.0                                                                | 0.00                            | 0.00                       | 0.01                                                                               | 0.00                                                                               | 0.01                                             |
| Manure management, ducks                  |   | NH <sub>3</sub> | 0.53                       | 0.88                | 10                                                            | 31                                                              | 32.6                                                     | 0.1                                                                | 0.00                            | 0.00                       | 0.02                                                                               | 0.02                                                                               | 0.03                                             |
| Manure management, turkeys                |   | NH <sub>3</sub> | 5.18                       | 12.63               | 10                                                            | 30                                                              | 31.6                                                     | 0.8                                                                | 0.01                            | 0.02                       | 0.38                                                                               | 0.26                                                                               | 0.46                                             |
| Animal grazing                            |   | NH <sub>3</sub> | 14.27                      | 8.35                | 20                                                            | 150                                                             | 151.3                                                    | 2.4                                                                | 0.00                            | 0.01                       | 0.62                                                                               | 0.35                                                                               | 0.71                                             |
| Mineral fertilizers                       |   | NH <sub>3</sub> | 58.67                      | 77.03               | 1                                                             | 50                                                              | 50.0                                                     | 7.3                                                                | 0.05                            | 0.11                       | 2.30                                                                               | 0.16                                                                               | 2.31                                             |
| N fixing crops                            |   | NH <sub>3</sub> | 1.71                       | 0.97                | 50                                                            | 400                                                             | 403.1                                                    | 0.7                                                                | 0.00                            | 0.00                       | 0.22                                                                               | 0.10                                                                               | 0.24                                             |
| Total                                     |   |                 | 677.6                      | 529.0               |                                                               |                                                                 |                                                          | 16.4                                                               | ← Uncertainty of 2011 emissions | Uncertainty of the trend → |                                                                                    |                                                                                    | 3.5                                              |

## 14 References / Literatur

- ADR – Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter (1993, and subsequent years) Rinderproduktion in Deutschland 1992 (and subsequent years). Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter, Bonn
- AMI – Agrarmarkt Informations-GmbH. Markt Bilanz Milch (2011)
- AMI – Agrarmarkt Informations-GmbH. Markt Bilanz Milch (2012)
- Amon B, Amon Th, Boxberger J, Alt Ch (2001) Emissions of NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, and CH<sub>4</sub> from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (Housing, Manure Storage, Manure Spreading). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60, 103-113
- Anonymus (1997) Futterwertleistungsprüfung: Masthühnerküken-Alleinfutter im Test. DGS Intern 14/1997, Ulmer, Stuttgart, 10-11
- Anonymus (2001a) Legeleistungsprüfung für Hühner 1998 bis 2000. DGS Magazin 5/2001, Ulmer, Stuttgart, 12-18
- Anonymus (2001b) Masthühnerküken-Alleinfutter I: Futterwertleistungsprüfung 2001. DGS Magazin 40/2001, Ulmer, Stuttgart, 28-32
- Anonymus (2003) Legeleistungsprüfung für Hühner 2001/2002. DGS Magazin 31/2003, Ulmer, Stuttgart, 23-30
- Anonymus (2005) Legeleistungsprüfung für Hühner 2002/2004. DGS Magazin 1/2005, Ulmer, Stuttgart, 15-19
- Anonymus (2007a) Drei Futter – vergleichbare Wirtschaftlichkeit. DGS Magazin 1/2007, Ulmer, Stuttgart, 27-30
- Anonymus (2007b) Legehennen-Alleinfutter im Test. DGS Magazin 22/2007, Ulmer, Stuttgart, 26-32
- Anonymus (2007c) Legehennen-Alleinfutter im Test. Geringerer Unterschied bei braunen Hennen. DGS Magazin 48/2007, Ulmer, Stuttgart, 20-25
- Anonymus (2007d) Futterwertleistungsprüfung für Masthühnerküken-Alleinfutter I. [http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/mk\\_fwlp\\_2007.pdf](http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/mk_fwlp_2007.pdf) [2008-03-18]
- Anonymus (2009) Ergänzende Tabellen zum Beitrag „Weizen füttern und sparen?“ in Wochenblatt-Ausgabe 45/2009. <http://www.Wochenblatt.com/uploads/media/weizenbeifutterung.pdf> [2010-07-06]
- Asse M, Zacharias B (2011) Erste Ergebnisse zur Schweinemast aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2010/2011.– Teil 1: Biologische Auswertung. [https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1355163/LSZ\\_Teil1\\_Schweinemast\\_Schweinereport2011%20biol.pdf](https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1355163/LSZ_Teil1_Schweinemast_Schweinereport2011%20biol.pdf) [13.06.2012]
- Asse M, Zacharias B (2012) Ergebnisse aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2010/2011. Ferkelerzeugung mit Verkauf von 8 kg Ferkeln – Teil 1: Biologische Auswertung. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1359215\\_11/LSZ\\_Teil%201\\_Ferkelerzeugung%208%20kg%20Ferkel\\_Schweinereport2011%20%E2%80%A6.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1359215_11/LSZ_Teil%201_Ferkelerzeugung%208%20kg%20Ferkel_Schweinereport2011%20%E2%80%A6.pdf) [13.06.2012]
- Bachmaier H, Gronauer A (2007) Klimabilanz von Biogasstrom. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Freising.
- Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, München  
see Statistische Landesämter
- Belitz HD, Grosch W, Schieberle P (2008) Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 6. Auflage. Springer, 1118 pp.
- Beyer M, Chudy A, Hoffmann L, Jentsch W, Laube W, Nehring K, Schiemann R (2004) Rostocker Futterbewertungssystem. Kennzahlen des Futterwertes und Futterbedarfs auf der Basis von Nettoenergie. Dummerstorf: Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere. 392 pp
- BD - Beratungsdienst Schweinehaltung und Schweinezucht e.V. (2011): Schweinereport Baden-Württemberg. Wirtschaftsjahr 2009/2010. Heft 5, Bad Mergentheim.
- BLE – Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (2012) Milcherzeugung und –verwendung. [http://www.ble.de/DE/01\\_Markt/09\\_Marktbeobachtung/02\\_MilchUndMilcherzeugnisse/MilchUndMilcherzeugnisse\\_node.html;jsessionid=CC263B16F0C874DA9C947FB9F20A50D3.1\\_cid137](http://www.ble.de/DE/01_Markt/09_Marktbeobachtung/02_MilchUndMilcherzeugnisse/MilchUndMilcherzeugnisse_node.html;jsessionid=CC263B16F0C874DA9C947FB9F20A50D3.1_cid137) [03.05.2012]
- Blum JW (2002) Fütterung von Equiden. [http://www.vetmed.unibe.ch/studvet/download/year23/NOZ/NOZ%20ss%202003/Pferdef%FCtterung\\_Total.pdf](http://www.vetmed.unibe.ch/studvet/download/year23/NOZ/NOZ%20ss%202003/Pferdef%FCtterung_Total.pdf)
- BMELF - Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1981) Verordnung über die Güteprüfung und Bezahlung der Anlieferungsmilch (Milch-Güteverordnung). BGBl I, 878; zuletzt geändert am 17. Dezember 2010, BGBl I, 2132
- BMELV - Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2011) Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch - LFGB). BGBl I, 1770, zuletzt geändert am 15. März 2012, BGBl. I, 476
- BMELV – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2012): Konzept zur Erstellung von THG-Emissions- und Kohlenstoffinventaren der Quell- und Senkengruppen 4 und 5 durch das Johann Heinrich von Thünen Institut (vTI) im Zuständigkeitsbereich des BMELV. Stand 20.03.2012. AZ: 521 – 65408/0002
- Börjesson P, Berglund M (2008) Environmental systems analysis of biogas systems—Part II: The environmental impact of replacing various reference systems. *Biomass and Bioenergy* 31 (2007) 326–344
- Brehme G (2007) Emissionspapier Pekingentenhaltung. Unpublished, pp. 23.
- Bundesgesetzblatt Jahrgang 2008 Teil I Nr. 52: Verordnung zur Durchführung des Fleischgesetzes und zur Änderung handelsklassenrechtlicher Vorschriften für Schlachtkörper von Rindern, Schweinen und Schafen. Ausgegeben zu Bonn am 18. November 2008
- BImSchG - Bundesimmissionsschutzgesetz (1974). Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG). Bundesgesetzblatt I (1974), pp. 721-1193; latest updated published version dd 26 September 2002 (Bundesgesetzblatt I 2002, pg. 3830); latest changes dd 26 November 2010 (Bundesgesetzblatt I 2010, pg. 1728).
- Bundesminister für Wirtschaft (1969) Gesetz über Einheiten im Meßwesen. BGBl. 1969, Teil I, 709-712

- Bundesminister für Wirtschaft (1970) Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen. BGBl. 1970, Teil I, 981-991
- BVL - Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2012) Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB, § 35 Vorläufiges Tabakgesetz, § 28 b GenTG. L 01.00-10-1. Kjeldahl-Verfahren (nach DIN EN ISO 8968 Teil 1).
- Cai Z, Laughlin RJ, Stevens RJ (2001) Nitrous oxide and dinitrogen emissions from soil under different water regimes and straw amendment. *Chemosphere* 42, 113-121
- CEIP/EEA - Centre on Emission Inventories and Projections (2008) Annual Synthesis & Assessment report of CLRTAP and NECD inventory review Stage 2 for Germany. Created by CEIP/EEA- ETCACC: 30th May 2008. Communicated by Umweltbundesamt, Wien
- CEIP – Centre on Emissions Inventories and Projections (2012) CLRTAP Inventory Submissions 2012. <http://www.ceip.at/overview-of-submissions-under-clrtap/2012-submissions/>. [18.06.2012]
- Daenischessen (2006) Die dänische Eier- und Geflügelproduktion. [http://www.daenischessen.de/produktion\\_markt/produktionszweige/gefluegel.htm](http://www.daenischessen.de/produktion_markt/produktionszweige/gefluegel.htm).
- Damme K (1994) LVA Kitzingen: Broiler-Herkunftsprüfung 1994. DGS Magazin 39/1994, Ulmer, Stuttgart, 8-9
- Damme K (1995) Gemischt oder getrenntgeschlechtlich? DGS Intern 51/52/1995, Ulmer, Stuttgart, 7-10
- Damme K (1997) Lehr- und Versuchsstation für Kleintierzucht Kitzingen: 12. Mastherkunftsprüfung für Jungmasthühner. DGS Intern 13/1997, Ulmer, Stuttgart, 3-5
- Damme K (2000) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2001. Ulmer, Stuttgart, pp. 197-207
- Damme K (2001) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2002. Ulmer, Stuttgart, pp. 181-192
- Damme K (2002) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2003. Ulmer, Stuttgart, pp. 193-204
- Damme K (2003) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2004. Ulmer, Stuttgart, pp. 68-79
- Damme K (2004) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2005. Ulmer, Stuttgart, pp. 74-89
- Damme K (2005) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2006. Ulmer, Stuttgart, pp. 60-76
- Damme K (2006) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2007. Ulmer, Stuttgart, pp. 67-85
- Damme K (2009) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2010. Ulmer, Stuttgart, p. 87
- Damme K (2009) Deutliche Unterschiede zwischen den Genotypen. DGS Magazin 45/2009. Ulmer, Stuttgart, 17-21
- Damme K (2010) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2011. Ulmer, Stuttgart, p. 70
- Damme K, Lemme A (2010) Bessere Mast mit CreAmino®. DGS Magazin 26/2010, Ulmer Stuttgart, 10-14
- Damme K, Rychlik I (2001) 13. Bayerische Herkunftsprüfung für Masthybriden: Rasche Gewichtsentwicklung bei bester Futterverwertung. DGS Magazin 5/2001, Ulmer, Stuttgart, 24-29
- Dämmgen U (ed.) (2003): Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2004 for 2002. Landbauforsch Völknerode, Special Issue 260
- Dämmgen U (2005) Statistical Data for Animal Numbers in German Emission Inventories. Landbauforsch Völknerode Special Issue 291, 223-230
- Dämmgen U, Amon B, Gyldenkerne S, Hutchings NJ, Kleine Klausung H, Haenel H-D, Rösemann C (2011a) Reassessment of the calculation procedure for the volatile solids excretion rates of cattle and pigs in the Austrian, Danish and German agricultural emission inventories. Landbauforsch 61, 115 – 126
- Dämmgen U, Amon B, Hutchings NJ, Haenel H-D, Rösemann C (2012a) Data sets to assess methane emissions from untreated cattle and pig slurry and manure storage systems in the German and Austrian emission inventories. Landbauforsch 62, 1 – 20
- Dämmgen U, Brade W, Schulz J, Kleine Klausung H, Hutchings NJ, Haenel H-D, Rösemann C (2011b) The effect of feed composition and feeding strategies on excretion rates in German pig production. Landbauforsch 61, 327-342
- Dämmgen U, Döhler H, Lüttch M, Eurich-Menden B, Osterburg B, Haenel H-D, Döring U, Strogies M (2006) Die Analyse von Stickstoff-Flüssen in der Landwirtschaft zum Zweck der Politikberatung und der Berichterstattung – eine Übersicht über Datenflüsse und Datenmanagement. Teil 1. Emissionen. Landbauforsch Völknerode Special Issue 291, 5-9
- Dämmgen U, Erisman JW (2005) Emission, transmission, deposition and environmental effects of ammonia from agricultural sources. In: Kuczyński T, Dämmgen U, Webb J, Myczko (eds) Emissions from European Agriculture. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. pp 97-112
- Dämmgen U, Grünhage L (2001) Trace gas emissions from German agriculture as obtained from the application of simple or default methodologies. *Environ Pollut* 117, 23-34
- Dämmgen U, Haenel H-D, Rösemann, C, Conrad J, Lüttch M, Döhler H, Eurich-Menden B, Laubach P, Müller-Lindenlauf M, Osterburg B (2009a) Calculations of emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2009 for 2007. Methods and Data (GAS-EM). vTI Agricultural and Forestry Research, Special Issue 324, 9-385
- Dämmgen U, Haenel H-D, Rösemann C, Hutchings NJ, Brade W, Lebzien P (2009b) Improved national calculation procedures to assess energy requirements, nitrogen and VS excretions of dairy cows in the German emission model GAS-EM. Landbauforsch 59, 233-252
- Dämmgen U, Haenel H-D, Rösemann C, Brade W, Müller-Lindenlauf M, Eurich-Menden B, Döhler H, Hutchings NJ (2010a) An improved data base for the description of dairy cows in the German emission model GAS-EM. vTI Agricultural and Forestry Research 60, 87 - 100
- Dämmgen U, Haenel H-D, Rösemann C, Eurich-Menden B, Döhler H (2010b) Derivation of TAN related ammonia emission factors in pig production. Landbauforsch 60, 241-248
- Dämmgen U, Hutchings NJ (2005) The assessment of emissions of nitrogen species from agriculture using the methodology of the atmospheric emission inventory guidebook. In: Kuczyński T, Dämmgen U, Webb J, Myczko A (eds) Emissions from European agriculture. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. pp 51-62

- Dämmgen U, Hutchings NJ (2008) Emissions of gaseous nitrogen species from manure management - a new approach. *Environmental Pollution* 154, 488-497
- Dämmgen U, Lüttich M (2005) The Derivation of Nitrogen Excretions for Dairy Cows from Available Statistical Data. *Landbauforsch Völkenrode Special Issue* 291, 231-244
- Dämmgen U, Lüttich M, Döhler H, Eurich-Menden B, Osterburg B (2002) GAS-EM – ein Kalkulationsprogramm für Emissionen aus der Landwirtschaft. *Landbauforsch Völkenrode* 52, 19-42
- Dämmgen U, Lüttich M, Döhler H, Eurich-Menden B, Osterburg B (2005) Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2006 for 2004. *Landbauforsch Völkenrode Special Issue* 291, 47-222
- Dämmgen U, Rösemann C, Haenel H-D, Hutchings NJ (2012b) Enteric methane emissions from German dairy cows. *Landbauforsch* 62, 21 – 32
- Denier van der Goon HAC, Bleeker A, Ligthart T, Duijzer JH, Kuikman PJ, van Groenigen JW, Hamminga W, Kroeze C, de Wilde HPI, Hensen A (2004) Indirect nitrous oxide emissions from the Netherlands; source strength, methodologies, uncertainties and potential for mitigation. TNO report R 2004/275. TNO Apeldoorn, 131 pp
- Deutscher Büffelverband (2008) Büffelhaltung in Deutschland. <http://www.bueffelverband-deutschland.de/haltung.html> [24.7.2008]
- DLG - Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (1986): Grundfutteraufnahme und Grundfutterverdrängung bei Milchkühen. DLG-Information 2/1986. Frankfurt/M. : Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft. 8 pp
- DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (2001): Empfehlungen zum Einsatz von Mischrationen bei Milchkühen. DLG-Information 1/2001, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (ed.) (2005) Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. Arbeiten der DLG/Band 199. DLG-Verlag, Frankfurt/Main., 69 pp
- DLG – Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (2008) Empfehlungen zur Sauen- und Ferkelfütterung. DLG-Information 1/2008. DLG-Verlag, Frankfurt/M., 55 pp
- Döhler H, Eurich-Menden B, Dämmgen U, Osterburg B, Lüttich M, Bergschmidt A, Berg W, Brunsch R (2002) BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahr 2010. Forschungsbericht 299 42 256/02. Texte 05/02. Umweltbundesamt, Berlin
- Düngeverordnung (2007) Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung – DüV). In der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S.221).
- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (ed.) (2004) Klärschlämme - Inhaltsstoffe und Bewertung. DWA, Hennef. 138 pp
- EEC – European Economic Community (1986) Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. *Official Journal L* 181 , 04/07/1986 P. 0006 – 0012 40
- Ellis JL, Kebreab E, Odongo NE, McBride BW, Okine EK, France J (2007) Prediction of Methane Production from Dairy and Beef Cattle. *J Dairy Sci* 90, 3456-3466
- EMEP (2004 gpg) -EMEP/CORINAIR Good Practice Guidance – <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR4/BGPG.pdf>
- EMEP (2007) Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook. 5rd ed., Technical Report No 16/2007. <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR5>
- EMEP (2009) -EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2009, Technical Report No 6/2009. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>
- Eurich-Menden B, Döhler H, Van den Weghe H (2011) Ammoniakemissionsfaktoren im landwirtschaftlichen Emissionsinventar – Teil : Geflügel und Mastschweine. *Landtechnik* 66, 60-63
- Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. 12th ed., Landwirtschaftsverlag, Münster, 1993
- Feldhaus L, Sieverding E (2007) Putenmast. 3rd edition, Ulmer, Stuttgart
- Freibauer A (2003) Regionalised inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture. *European Journal of Agronomy* 19(2), 135-160
- Gärtner S, Münch J, Reinhardt G, Vogt R (2008) Materialband: E. Ökobilanzen. In: BMU-Bericht „Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland“, FKZ: 0327544.
- Gauger T, Dämmgen U, Vermeulen A, Bleeker A, Erismann J-W, Schaap M, Rösemann C; Nagel H-D, Spranger T, Klimont Z (2006) Die Analyse von Stickstoff-Flüssen in der Landwirtschaft zum Zweck der Politikberatung und der Berichterstattung – eine Übersicht über Datenflüsse und Datenmanagement. Teil 2. Transmission und Deposition. *Landbauforsch Völkenrode Spezial Issue* 291, 11-19
- Geflügeljahrbuch (2005) Jahrbuch des Zentralverbandes der Deutschen Geflügelwirtschaft e.V. und seiner Mitgliedsverbände. Ulmer, Stuttgart, 328 pp
- Gehman AM, Kononoff PJ, Mullins CR, Janicek BN (2008) Evaluation of nitrogen utilization and the effects of monensin in dairy cows fed Brown Midrib Corn silage. *J Dairy Sci* 91, 288-300
- German standard VDI 2450 Part 1 (1977) Messen von Emission, Transmission und Immission luftverunreinigender Stoffe. Begriffe, Definitionen, Erläuterungen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 4 pp
- GfE – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Ausschuss für Bedarfsnormen (1987) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 4. Schweine. Frankfurt/M., DLG
- GfE – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Ausschuss für Bedarfsnormen (2000) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 7. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner 2000. Frankfurt/Main., DLG, 185 pp

- GfE – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Ausschuss für Bedarfsnormen (2001) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 6. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. Frankfurt/M., DLG, 135 pp
- GfE – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Ausschuss für Bedarfsnormen (2006) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 10. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. Frankfurt/M., DLG, 247 pp
- Haenel H-D, Dämmgen U (2007a) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 1. General considerations and pullets. *Landbauforsch Völkenrode* 57(4), 349-362
- Haenel H-D, Dämmgen U (2007b) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 2. Laying hens. *Landbauforsch Völkenrode* 57(4), 363-390
- Haenel H-D, Dämmgen U (2009a) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 3a. Broilers. Fattening procedures and animal properties. *Landbauforsch*, 59(1), 61-86
- Haenel H-D, Dämmgen U (2009b) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 3b. Broilers. Modelling using official statistical data. *Landbauforsch* 59(2), 87-104
- Haenel H-D, Rösemann C, Dämmgen U, Döhler H, Eurich-Menden B, Laubach P, Müller-Lindenlauf M, und Osterburg B (2010) Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2010 for 2008. Methods and Data (GAS-EM). *Landbauforsch, Special Issue* 334, 13 – 428
- Haenel H-D, Dämmgen U, Laubach P, Rösemann C (2011a) Update of the calculation of metabolizable energy requirements for pigs in the German agricultural emission inventory. *Landbauforsch* 61(3), 217-228
- Haenel H-D, Dämmgen U, Rösemann C (2011b) Estimating numbers of piglets, weaners and fattening pigs for the German agricultural emission inventory. *Landbauforsch* 61(3), 229-236
- Haenel H-D, Rösemann C, Dämmgen U, Poddey E, Freibauer A, Döhler H, Eurich-Menden B, Wulf S, Dieterle M, Osterburg B (2012) Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990–2010. Report on methods and data (RMD). Submission 2012. *Landbauforsch, Special Issue* 356, 394 pp
- Halle I (2002) Einfluss einer gestaffelten Supplementierung von Lysin und Methionin während der Aufzucht auf das Wachstum und auf Leistungsmerkmale der Hennen in der folgenden Legeperiode bei einer gestaffelten Protein- und Energieversorgung. *Arch. Geflügelk.* 66, 66-74
- Halle I, Tzschentke B (2009) Ein Grad mehr kann viel bewirken. *DGS Magazin* 31/2009, Ulmer, Stuttgart, 28-32
- Hartmann W, Heil G (1992) Amtliche Legeleistungsprüfung 1990/91: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion* 8/1992, Ulmer, Stuttgart, 219-229
- Haus Düsse (2008) Bringen 7-Phasen-Futterkonzepte in der Putenmast Vorteile? *Versuchsberichte* 2008. [http://www.duesse.de/tierhaltung/gefluegel/versuche/puten/2008\\_7\\_phasen\\_putenmast.pdf](http://www.duesse.de/tierhaltung/gefluegel/versuche/puten/2008_7_phasen_putenmast.pdf) [2011-05-05]
- Heidecke C, Kreins P, Stonner R, Gömann H (2011) Global change impacts on agricultural land use in the Baltic Coastal Zones of Germany. In: Schernewski G, Hofstede J, Neumann T (eds): *Global Change and Baltic Coastal Zones*. Coastal Research Library. Springer, Dordrecht, The Netherlands. pp 71-89.
- Heil G, Hartmann W (1993) Amtliche Legeleistungsprüfung 1991/92: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion* 8/1993, Ulmer, Stuttgart, 7-15
- Heil G, Hartmann W (1994) Amtliche Legeleistungsprüfung 1992/93: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion* 8/1994, Ulmer, Stuttgart, 6-14
- Heil G, Hartmann W (1995) Amtliche Legeleistungsprüfung 1993/94: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Magazin* 13/1995, Ulmer, Stuttgart, 18-29
- Heil G, Hartmann W (1996) Amtliche Legeleistungsprüfung 1994/95: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Magazin* 18/1996, Ulmer, Stuttgart, 10-21
- Heil G, Hartmann W (1997) Amtliche Legeleistungsprüfung 1995/96: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Magazin* 36/1997, Ulmer, Stuttgart, 12-22
- Heil G, Hartmann W (1998) Amtliche Legeleistungsprüfung 1996/97: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Magazin* 40/1998, Ulmer, Stuttgart, 20-31
- Heil G, Hartmann W (2000) Amtliche Legeleistungsprüfung 1997/99: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Magazin* 9/2000, Ulmer, Stuttgart, 10-17
- Henrichsmeyer W, Cypris Ch, Löhe W, Meuth M, Isermeyer F, Heinrich I, Schefski A, Neander E, Fasterding F, Neumann M, Nieberg H (1996) Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS96. Endbericht zum Kooperationsprojekt. Forschungsbericht für das BMELF (94 HS 021), Bonn, Braunschweig
- Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden  
see Statistische Landesämter
- Hiller P, Meyer A, Simon I, Stegemann J (2011) “Gesundes” Futterkonzept im Test. *DGS Magazin* 26/2011, Ulmer Stuttgart, 14-18
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2005) Jahresagrarbericht 2005.
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2006) Jahresagrarbericht 2006.
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2007) Jahresagrarbericht 2007.
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2008) Jahresagrarbericht 2008. [http://www.hmulv.hessen.de/irj/HMULV\\_Internet?uid=24607118-ff12-701b-e592-63b5005ae75d](http://www.hmulv.hessen.de/irj/HMULV_Internet?uid=24607118-ff12-701b-e592-63b5005ae75d)
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2009) Jahresagrarbericht 2009.
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2010) Jahresagrarbericht 2010.
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2011) Jahresagrarbericht 2011. [http://www.hessen.de/irj/HMULV\\_Internet?cid=8527e1d18ef246c2c1d4d79017bb47ec](http://www.hessen.de/irj/HMULV_Internet?cid=8527e1d18ef246c2c1d4d79017bb47ec) [20.7.2011]
- Hobbs PJ, Webb J, Motttram TT, Grant B, Misselbrook TM (2004) Emissions of volatile organic compounds originating from UK livestock agriculture. *J Science of Food and Agriculture* 84, 1414-1420

- IGZ – Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Großbeeren/Erfurt (2007) Düngung im Freilandgemüsebau – Datenbasis für eine erfolgreiche Düngung im Freilandgemüsebau (2. Auflage). Berlin/Bonn.  
[http://www.igzev.de/files/Dueng\\_im\\_FGB.pdf](http://www.igzev.de/files/Dueng_im_FGB.pdf)
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (1996) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 3. Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. IPCC WGI Technical Support Unit, Bracknell
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2000) Good Practice Guidance and Uncertainty Measurement in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories programme. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry (1993) Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry. 2nd ed., Blackwell, London, 160 pp
- IUPAP – International Union of Pure and Applied Physics (1987) Symbols, Units, Nomenclature and Fundamental Constants in Physics. Physica 146A, 1-68
- Jarvis SC, Pain BF (1994) Greenhouse gas emissions from intensive livestock systems: their estimation and technologies for reduction. Climatic Change 27, 27-38
- Jeroch H, Dänicke S (2005) Faustzahlen zur Geflügelfütterung. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2006. Ulmer, Stuttgart, pp. 143-176
- Jilg T (2009) Phasenfütterung in der intensiven Lämmermast. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1109109\\_11/index1215773518694.html](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1109109_11/index1215773518694.html) [2009-12-17]
- Johnson HA, Baldwin RL (2008) Evaluating model predictions of partitioning nitrogen excretion using the dairy cow model, Molly. Animal Feed Sci Tech-nol 143, 104-126
- Jungkunst H F, Freibauer A (2005) Overview on emissions observations in Europe. In: Leip A (ed.) N<sub>2</sub>O emissions from agriculture. Report on the expert meeting on “Improving the quality for greenhouse gas inventories for N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils” under the mandate of the working group on annual inventories, Climate Change Committee, Joint Research Centre, 21-22 October 2004, Ispra. pp 48-54
- Kasimir-Klemmedtsson Å, Klemmedtsson L (2002) A critical analysis of nitrous oxide emissions from animal manure. In: Petersen SO, Olesen JE (eds.) Greenhouse Gas Inventories for Agriculture in the Nordic Countries. Proc international workshop Helsingør, Denmark, 24-25 January 2002. Danish Institute of Agricultural Sciences. DIAS report Plant Production no. 81, pp 107-121
- Kebreab E, France J, Beever, DE, Castillo AR (2001) Nitrogen pollution by dairy cows and its mitigation by dietary manipulation. Nutr Cycl Agroecosyst 60, 275-285
- Kebreab E, France J, Mills JA, Allison R, Dijkstra J (2002) A dynamic model of N metabolism in the lactating dairy cow and an assessment of N excretion on the environment. J Animal Sci 80, 248-259
- Kirchgessner M, Roth F X, Schwarz F J, Stangl G I (2008) Tierernährung. 12. Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt a.M., 635 S.
- Kirchgessner M, Windisch W, Müller HL (1994) Methane release from dairy cows and pigs. In: Aguilera JF (ed) Proc XIII Symp on energy metabolism of farm animals. EAAP Publ 76:399-402
- Kirchmann H, Witter E (1989) Ammonia volatilization during aerobic and anaerobic manure decomposition. Plant and Soil 115: 35-41
- Klein F W (1991a) Jungmasthühner im Test: Ergebnisse aus der LVA Kitzingen. DGS Magazin 16/1991, Ulmer, Stuttgart, 452-454
- Klein F W (1991b) 24. Bayerische Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. DGS Magazin 18/1991, Ulmer, Stuttgart, 510-512
- König G, Brunda M, Puxbaum H, Hewitt CN, Duckham SC, Rudolph J (1995) Relative contribution of oxygenated hydrocarbons to the total biogenic VOC emissions of selected Mid-European agricultural and natural plant species. Atmospheric Environment 29, 861-874
- Kruif A de, Mansfeld R, Hoedemaker M (2006): Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Stuttgart: Enke, pg. 113
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (ed.) (2004) Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/05. KTBL-Datensammlung. 19th ed., Darmstadt: KTBL, 573 pp
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (ed.) (2005a) Faustzahlen für die Landwirtschaft. 13th ed., Darmstadt: KTBL, 1095 pp
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (2005b): Methodenaktualisierung für die Emissionsberechnung 2003. F+E Vorhaben 203 412 53 des UFOPLAN 2003. Teilvorhaben 04: EF Landwirtschaft: Landwirtschaft – Ermittlung und Anpassung von Emissionsfaktoren (CRF 4). Abschlussbericht. KTBL, Darmstadt, 90 pp
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (ed.) (2006a) Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren. Methode zur Bewertung von Tierhaltungsanlagen hinsichtlich Umweltwirkungen und Tiergerechtigkeit. KTBL-Schrift 446, Darmstadt: KTBL, 778 pp
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (ed.) (2006b) Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07. KTBL-Datensammlung. 20th ed., Darmstadt: KTBL, 672 pp
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (ed.) (2009) Faustzahlen für die Landwirtschaft. 14th ed., Darmstadt: KTBL, 1179 pp
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (2012) Dokumentation zur Datenaufbereitung der Aktivitätsdaten Biogas für den Nationalen Inventarbericht, Submission 2013 für 2011. KTBL, Darmstadt, 12 pp
- Laber H (2005) Biologische N<sub>2</sub>-Fixierung von Gemüseerbsen und -buschbohnen. In: Infodienst 02/2005 für Beratung und Schule der Sächsischen Agrarverwaltung. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.) (2005), 81-89.

- Lægread M, Aastveit AH (2002) Nitrous oxide emissions from field-applied fertilizers. In: Petersen SO, Olesen JE (eds.) Greenhouse Gas Inventories for Agriculture in the Nordic Countries. Proc international workshop Helsingør, Denmark, 24-25 January 2002. Danish Institute of Agricultural Sciences. DIAS report Plant Production no. 81, pp 122-134
- Lampe C, Dittert K, Sattelmacher B, Wachendorf M, Loges R, Taube F (2006) Sources and rates of nitrous oxide emissions from grazed grassland after application of <sup>15</sup>N-labelled mineral fertilizer and slurry. *Soil Biol Biochem* 38, 2602-2613
- Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf  
see Statistische Landesämter
- Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Brandenburg, Potsdam (until 2006)  
see Statistische Landesämter
- Lebzien P, Brade W, Flachowsky G (2008) Der Milchwahstoffgehalt: Ein Indikator für die Energie- und Proteinversorgung, aber auch für die N-Emissionen in der Milcherzeugung. *Übers Tierernährung* 36, 59-74
- Leip A, Dämmgen U, Kuikman P, van Amstel A (2005) The quality of European (EU-15) greenhouse gas inventories from agriculture. *Environmental Sciences* 2, 177-192
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (ed.) (2004a) Basisdaten für die Ermittlung des Düngedarfs und Umsetzung der Düngverordnung, Stand Dezember 2004. <http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/mineralisch/10536/>
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2004b) Futterberechnungen für Schweine. 14th ed. Freising. LfL. [http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen\\_url\\_1\\_27.pdf](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen_url_1_27.pdf) [23.03.2011]
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2004c) Perspektiven, Strukturentwicklung und Wettbewerbsfähigkeit der Ferkelerzeugung in Bayern. <http://www.lfl.bayern.de/internet/stmlf/lfl/ilb/tier/05645/index.php>
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2006a) Basisdaten zur Berechnung des KULAP-Nährstoffsaldos 2006, Stand: August 2006. Tabelle 8: Nährstoffgehalte tierischer Produkte. [http://www.alf-kf.bayern.de/pflanzenbau/linkurl\\_0\\_4\\_0\\_2.pdf](http://www.alf-kf.bayern.de/pflanzenbau/linkurl_0_4_0_2.pdf) [20.02.2013]
- LfL Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2006b) Tabellen zum ILB-Internet-Beitrag „Ferkelerzeugung 1995/96: Rückgang in der Wirtschaftlichkeit trotz Leistungsprüfung“. [http://www.lfl.bayern.de/ilb/tier/23602/linkurl\\_0\\_10.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ilb/tier/23602/linkurl_0_10.pdf) [24.07.2007]
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (ed.) (2011) Gruber Tabellen zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Mastrinder, Schafe, Ziegen. 33th ed., Freising, LfL. [http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen/p\\_36967.pdf](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen/p_36967.pdf) [25.05.2011]
- Liu X J, Mosier A R, Halvorson A, Reule C A, Zhang F S (2007) Dinitrogen and N<sub>2</sub>O emissions in arable soils: Effects of tillage, N source and soil moisture. *Soil Biol. Biochem.* 39, 2362-2370
- LKV – Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern (2003) Fleischleistungsprüfung in Bayern. [www.bayern.de/media/FLP-JAHRESBERICHT2003.pdf](http://www.bayern.de/media/FLP-JAHRESBERICHT2003.pdf)
- LKV – Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e. V. (2011) Fleischleistungsprüfung in Bayern 2011. [http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport\\_2011.pdf](http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport_2011.pdf) [13.06.2012]
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2005) Jahresbericht 2004. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2006) Jahresbericht 2005. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2007) Jahresbericht 2007. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2008) Jahresbericht 2008. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2009) Jahresbericht 2009. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2010) Jahresbericht 2010. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=download&dld=187> [20.07.2011]
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2011) Jahresbericht 2011. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=download&dld=219> [13.06.2012]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg, Baden-Württemberg (2007) Kurzfassung Schweinereport Baden-Württemberg, Wirtschaftsjahr 2005/2006. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1202507\\_11/LSZ\\_Schweinereport%20Kurzfassung-07.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1202507_11/LSZ_Schweinereport%20Kurzfassung-07.pdf) [24.07.2007]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg, Baden-Württemberg (2008a) Erste Ergebnisse zur Schweinemast aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2007/2008. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1232304\\_11/LSZ\\_Schweinmast\\_Schweinereport\\_doc.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1232304_11/LSZ_Schweinmast_Schweinereport_doc.pdf) [17.06.2008]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg, Baden-Württemberg (2008b) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2007/2008. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1233125\\_11/LSZ\\_Ferkelerzeugung\\_Schweinereport.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1233125_11/LSZ_Ferkelerzeugung_Schweinereport.pdf) [17.06.2008]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg, Baden-Württemberg (2009a) Erste Ergebnisse zur Schweinemast aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2008/2009. <http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1277103/index.pdf> [17.05.2010]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg, Baden-Württemberg (2009b) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2008/2009. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1284923\\_11/LSZ\\_Ferkelerzeugung\\_Schweinereport2009.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1284923_11/LSZ_Ferkelerzeugung_Schweinereport2009.pdf) [17.05.2010]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg, Baden-Württemberg (2010) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2009/2010. [https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1313448\\_11/LSZ\\_Teil%201\\_Ferkelerzeugung\\_Schweinereport2010%20biol.pdf](https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1313448_11/LSZ_Teil%201_Ferkelerzeugung_Schweinereport2010%20biol.pdf) [20.07.2011]



- LWK-NI - Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2007) Düngeempfehlungen Stickstoff. Getreide, Raps, Hackfrüchte. <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/2/nav/341/article/8200.html>
- LWK-NW (2006) Verfahrenstechnik in der Broilermast. <http://www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/tierproduktion/gefluegelhaltung/management/broilermast.htm> [15.03.2008]
- LWK-SH – Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (2010) Schweinereport 2010. [http://www.lwksh.de/cms/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Tier/Tier\\_2010/Schweinereport\\_2010.pdf](http://www.lwksh.de/cms/fileadmin/user_upload/Downloads/Tier/Tier_2010/Schweinereport_2010.pdf) [20.07.2011]
- LWK-SH – Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (2011) Schweinereport 2011. [http://www.lwksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport\\_2011.pdf](http://www.lwksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport_2011.pdf) [13.06.2012]
- Mathieu O, Lévêque J, Hénault C, Milloux M-J, Bizouard F, Andreux F (2006) Emissions and spational variability of N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub> and nitrous oxide mole fraction at the field scale, revealed with <sup>15</sup>N isotopic techniques. *Soil Biol Biochem* 38, 941-951
- Mayer H, Holst Th, Brugger U, Kirchgässner A (2005) Trends der forstlich relevanten Klimavariablen Lufttemperatur und Niederschlag im Südwesten Deutschlands von 1950 bis 2000. *Allg Forst Jagd Z* 176, 45-56
- MEG – Markinfo Eier und Geflügel (ab 2009). MEG-Marktbilanz Eier und Geflügel. Ulmer, Stuttgart
- Menke A (2010) Futter für die Kälberaufzucht und Rindermast im Test. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. <http://www.riswick.de/versuche/tierhaltung/futterwertpruefung/rindermastfutter-527.htm> [13.01.2011]
- Menke A (2011) Milchleistungsfutter im Test. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. <http://www.riswick.de/versuche/tierhaltung/futterwertpruefung/milchleistungsfutter-540.htm> [26.05.2011]
- MLUR-BB - Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (2002) Agrarbericht 2002. Bericht zur Lage der Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2002.pdf](http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2002.pdf).
- MLUR-BB - Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (2007) Agrarbericht 2007. Bericht zur Lage der Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2007.pdf](http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2007.pdf)
- MLUV-BB – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz, Brandenburg (2005) Agrarbericht 2005 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2005.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2005.pdf)
- MLUV-BB – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz, Brandenburg (2006) Agrarbericht 2006 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2006.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2006.pdf)
- MLUV-BB – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz, Brandenburg (2007) Agrarbericht 2007 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2007.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2007.pdf)
- MLUV-BB – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz, Brandenburg (2008) Agrarbericht 2008 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2008.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2008.pdf)
- Monteith JL (1984) Consistency and convenience in the choice of units for agricultural science. *Expl Agric* 20, 105-117
- Monteny GJ, Erisman JW (1999) Ammonia emission from dairy cow buildings: a review of measurement techniques, influencing factors and possibilities for reduction. *Netherlands J Agric Sci* 46, 225-247
- Mosier AR, Guenzi WD, Schweizer EE (1986) Soil losses of Dinitrogen and Nitrous Oxide from Irrigated Crops in North-eastern Colorado. *Soil Sci Soc Amer J* 50, 344-347
- MUNLV - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2001) Abfälle aus Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen. Teil B. Klärschlamm Entsorgung in Europa. Bericht zur Umwelt. Bereich Abfall vol. 6. 374 pp
- Niedersächsisches Landesamt für Statistik, Hannover  
see Statistische Landesämter
- NIR 2009 – National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2007, Federal Environment Agency (Umweltbundesamt), Dessau, Germany, May 2009, pp 565
- NIR 2011 – National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2009, Federal Environment Agency (Umweltbundesamt), Dessau, Germany, May 2011, pp 770
- NMELF – Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Tierproduktion in Niedersachsen. Annual reports. <http://edok.ahb.niedersachsen.de/07/365398365.htm>
- Offermann F, Banse M, Ehrmann M, Gocht A, Gömann H, Haenel H-D, Kleinhanß W, Kreins P, von Ledebur O, Osterburg B, Pelikan J, Rösemann C, Salamon P, Sanders J (2012) vTI-Baseline 2011 – 2021: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. *Landbauforsch, Special Issue* 355
- Osterburg B, Dämmgen U (2009) Annahmen für die Prognose der Gasemissionen aus der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2010, 2015 und 2020. In: Dämmgen U (ed) (2009) Calculations of emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2009 for 2007. vTI Agricultural and Forestry Research, Special Issue 324, 397-410
- Oura N, Shindo J, Fumoto T, Toda H, Kawashima H (2001) Effects of nitrogen deposition on nitrous oxide from the forest floor. *Water Air Soil Pollut* 130, 673-687
- Pennstate College of Agricultural Sciences (2011) Calf Rumen Images. <http://www.das.psu.edu/research-extension/dairy/nutrition/calves/rumen> [15.02.2011]
- Petersen J (1993) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1994. Ulmer, Stuttgart, pp. 160-173
- Petersen J (1994) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1995. Ulmer, Stuttgart, p. 164
- Petersen J (1995) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1996. Ulmer, Stuttgart, p. 181

- Petersen J (1996) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1997. Ulmer, Stuttgart, pp. 176-191
- Petersen J (1997) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1998. Ulmer, Stuttgart, p. 192
- Petersen J (1998) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1999. Ulmer, Stuttgart, p. 193
- Petersen J (1999) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2000. Ulmer, Stuttgart, pp. 186-200
- Poteracki P (1991) Jungmasthühner im Test: Ergebnisse aus der LVA Haus Düsse. DGS Magazin 13/1991, Ulmer, Stuttgart, 365-367
- Poteracki P (1994) LVA Haus Düsse: Broiler-Herkunftsprüfung 1994. DGS Magazin 39/1994, Ulmer, Stuttgart, 6-7
- Poteracki P (1995) 60. Futterwertleistungsprüfung für Masthühnerküken-Alleinfutter. Große Unterschiede in Bezug auf Wirtschaftlichkeit. DGS Intern 27/1995, Ulmer, Stuttgart, 6-8
- Poteracki P (1996) Haus Düsse: Broiler-Herkunftsprüfung 1995. DGS Intern 16/1996, Ulmer, Stuttgart, 4-5
- Poteracki P, Adam F (1993a) LVA Haus Düsse: 56. Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. DGS Magazin 1/1993, Ulmer, Stuttgart, 7-9
- Poteracki P, Adam F (1993b) LVA Haus Düsse: 57. Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. DGS Magazin 5/1993, Ulmer, Stuttgart, 10-12
- Poteracki P, Sommer W, Stalljohann G (1994) LVA Haus Düsse: 59. Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. DGS Magazin 21/1994, Ulmer, Stuttgart, 6-8
- Poulsen HG, Kristensen VF (1998) Standard Values for Farm Manure. A Revaluation of the Danish Standard Values concerning the Nitrogen, Phosphorus and Potassium Content of Manure. DIAS report 7. Danish Institute of Agricultural Sciences, Foulum. 160 pp.
- PTB – Physikalische-Technische Bundesanstalt (2007) Themenschwerpunkt: Das Internationale Einheitensystem (SI). PTB-Mitteilungen, Fachorgan für Wirtschaft und Wissenschaft, Amts- und Mitteilungsblatt der PTB Braunschweig und Berlin. Sonderdruck aus 117. Jahrgang, Heft 2, Juni 2007.  
<http://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/publikationen/DasInternationaleEinheitensystem.pdf>
- RAMIRAN – Recycling Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture Network (2003) Glossary of terms on livestock manure management 2003. <http://www.ramiran.net/DOC/Glossary2003.pdf>
- Reidy B, Dämmgen U, Döhler H, Eurich-Menden B, Hutchings NJ, Luesink HH, Menzi H, Misselbrook TH, Monteny G-J, Webb J (2008) Comparison of models used for the calculation of national NH<sub>3</sub> emission inventories from agriculture: liquid manure systems. Atmospheric Environment 42, 3452-3467
- Reifsnnyder WE, McNaughton KG, Milford JR (1991) Symbols, units, notation. A statement of journal policy. Agric Forest Meteorol 54, 389-397
- RHG – Raiffeisen Hauptgenossenschaft Hannover (2006) Geflügel-Mischfutter Sackwaren-Programm mit Einsatzempfehlung. <http://www.rhg-hannover.de/pdf/futtermittel/gefluegelfutterflyer.pdf> [12.10.2006]
- Rolston DE, Hoffman DL, Toy DW (1978) Field measurement of denitrification: I. Flux of N<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O. Soil Sci Soc Amer J 42, 863-869
- Rom HB, Sørensen CG (2001) Sustainable Handling and Utilisation of Livestock Manure from Animals to Plants. Proceedings, NJF-Seminar no. 320, Denmark, 16-19 January 2001. DIAS report Animal Husbandry no. 21.  
<http://www.agrsci.dk/djfpublikation/djfpdf/djfh21.pdf>
- Rösemann C, Haenel H-D, Poddey E, Dämmgen U, Döhler H, Eurich-Menden B, Laubach P, Dieterle M, und Osterburg B (2011) Calculations of gaseous and particulate emissions from German Agriculture 1990 – 2009. Landbauforsch, Special Issue 342, pp 389
- Roth U, Döhler H, Hartmann S, Wulf S (2011) Treibhausgasbilanzen und CO<sub>2</sub>eq-Vermeidungskosten landwirtschaftlicher Biogasanlagen. In: Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven. KTBL-Schrift 488, Darmstadt, 196-208
- Rudaz AO, Wälti E, Kyburz G, Lehmann P, Fuhrer J (1999) Temporal variation in N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> fluxes from a permanent pasture in Switzerland in relation to management, soil water content and temperature. Agriculture Ecosystems Environment 73, 83-91
- Scholz A, Zacharias B (2008) Schweinereport Baden-Württemberg 2006/2007. Landinfo 1/2008.  
[http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1220152/landinfo\\_Schweinereport%20\(Scholz,%20Dr.%20Zacharias\).pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1220152/landinfo_Schweinereport%20(Scholz,%20Dr.%20Zacharias).pdf)
- Schultheiß U, Klages-Haberkorn S, Döhler H (2000) Auswirkungen rechtlicher Regelungen auf die landbauliche Verwertung von Sekundärrohstoffdüngern, insbesondere Klärschlamm. KTBL, Darmstadt
- Segger V (Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume, Schwäbisch Gmünd) (2005a) Ferkelproduktion in Süddeutschland – Chancen und Grenzen aus betriebswirtschaftlicher Sicht.  
[http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1187451\\_11/Ferkelproduktion\\_in\\_%20Suedd\\_kurz\\_051125.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1187451_11/Ferkelproduktion_in_%20Suedd_kurz_051125.pdf)
- Segger V (Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume, Schwäbisch Gmünd) (2005b) Schweinemast in Süddeutschland – Chancen und Risiken. [http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1187452/Schweinmast\\_in\\_Sueddeutschl\\_kurz\\_291105.pdf](http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1187452/Schweinmast_in_Sueddeutschl_kurz_291105.pdf)
- Seskeviciene, J., J. Jankowski, and K. Kozłowski. 2005. Effect of probiotic preparation and phytochemical feed additive on digestibility of nutrients, metabolizability of gross energy and content of metabolizable energy of a practical feed ration for fattening turkeys. Arch. Geflügelkd. 69:107-109.
- Simon I (2001) Herkunftsprüfung 2000 für Masthühner auf Haus Düsse: Sehr gute Mastendgewichte. DGS Magazin 14/2001, Ulmer, Stuttgart, 10-13
- Simon I, Stegemann J (2005) Erste Erfahrungen mit der neuen Cobb. Landwirtschaftszentrum Haus Düsse, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. [http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/cobb\\_iii\\_2005.pdf](http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/cobb_iii_2005.pdf) [17.01.2007]

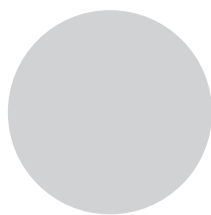
- Simon I, Stegemann J (2007) Neue Hähnchenlinien im Fokus. DGS Magazin 35/2007, Ulmer, Stuttgart, 25-28
- Simon I, Stegemann J (2009) Mit Weizen die Futterkosten senken. DGS Magazin 45/2009, Ulmer, Stuttgart, 38-42
- SLL – Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2004). Sächsischer Tierzuchtbericht 2003.  
<http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/9203.htm>
- Smil V (1999) Nitrogen in crop production: An account of global flows. Global Biogeochem Cycles 13, 647-662
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2000). Sächsischer Agrarbericht 2000.  
[http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/3\\_erzeugung\\_und\\_vermarktung.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/3_erzeugung_und_vermarktung.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2002). Sächsischer Agrarbericht 2002.  
[http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/agrarbericht\\_2002.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/agrarbericht_2002.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2003). Sächsischer Agrarbericht 2003.  
[http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/Agrarbericht\\_2003\\_2\\_MB.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/Agrarbericht_2003_2_MB.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2005). Sächsischer Agrarbericht 2004  
[http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/pdf\\_agrarbericht2004.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/pdf_agrarbericht2004.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2007). Sächsischer Agrarbericht 2006  
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/showDetails.do?id=9223>
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2008). Schweine-Report 2007  
[http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3965\\_1.pdf](http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3965_1.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2009). Schweine-Report 2008  
[http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/4560\\_1.pdf](http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/4560_1.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2010). Agrarbericht in Zahlen 2010.  
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/showDetails.do?id=4303100>
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2012). Tierzuchtbericht 2012  
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14730/documents/17599> [13.06.2012]
- Sneath RW, Chadwick DR, Phillips VR, Pain BF (1997). A UK inventory of nitrous oxide emissions from farmed live-stock. Commissions WA 0604 and WA 0605, SRI/IGER, May 1997.
- Sommer SG (2001): Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. European Journal of Agronomy 14, 123-133
- Spiekens H (2002): Empfehlungen zur Fütterung der Hochleistungskuh in den Phasen Laktationsende, Trockenstehzeit und Laktationsbeginn. 29. Viehwirtschaftliche Tagung, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein 2002, pg. 3
- StatBA FS3 R 3 - Statistisches Bundesamt (annual reports). Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 3: Landwirtschaftliche Bodennutzung und pflanzliche Erzeugung 1993. Metzler-Poeschel, Stuttgart
- StatBA FS3 R 4 - Statistisches Bundesamt. Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 4: Viehbestand und tierische Erzeugung (annual reports). Wiesbaden : Statistisches Bundesamt
- StatBA FS3 R 4.1 - Statistisches Bundesamt. Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 4.1: Rinder und Schafbestand (annual reports). Wiesbaden : Statistisches Bundesamt
- StatBA FS3 R 4.2.1 - Statistisches Bundesamt (annual reports). Fachserie 3 Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- StatBA FS3 R 4.2.2 - Statistisches Bundesamt (annual reports). Fachserie 3 Reihe 4.2.2 Milcherzeugung und –verwendung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- StatBA FS4 R 8.2 - Statistisches Bundesamt (annual reports). Fachserie 4 Reihe 8.2 Düngemittelversorgung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- Statistische Landesämter  
 Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, Hamburg and Kiel  
 Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin  
 Statistisches Amt Saarland, Saarbrücken  
 Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart  
 Statistisches Landesamt Berlin, Berlin (until 2006)  
 Statistisches Landesamt Bremen, Bremen  
 Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, Kamenz  
 Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Bad Ems  
 Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Halle/Saale  
 Reihen (published in 19XX or 20XX) by Statistische Landesämter  
 Reihe C III 2-j/XX Schlachtungen und Fleischerzeugung  
 Reihe C III 3-j/XX Milcherzeugung  
 Reihe C III 6-j/XX Brut und Schlachtungen von Geflügel  
 Reihe C III 7-j/XX Legehennenhaltung und Eiererzeugung  
 Reihe C III-1-j/XX Viehbestand  
 Reihe C II-j/XX Ernteberichterstattung und Feldfrüchte  
 Reihe C I-j/XX: Bodennutzung
- Stehfest E, Bouwman L (2006) N<sub>2</sub>O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modelling of global emissions. Nutr. Cyl. Agroecosyst. 74, 207-228
- Stevens RJ, Laughlin RJ (1998) Measurement of nitrous oxide and di-nitrogen emissions from agricultural soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems 52, 131-139
- StMELF – Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (o.J.): HI-Tier – Datenbank.  
<http://www.hi-tier.de/zdb-adress.html>
- Streitz E (2008) Die Reserven aufspüren. DGS Magazin 5/2008, Ulmer, Stuttgart, 10-14

- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2002) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2002 (Berichtsjahr 2001). <http://www.tll.de/agb01/pdf/agb02-2.pdf>
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2003) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2003 (Berichtsjahr 2002). [http://www.tll.de/agb03/pdf/agb03\\_1.pdf](http://www.tll.de/agb03/pdf/agb03_1.pdf)
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2005) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2003 (Berichtsjahr 2002). <http://www.tll.de/agb05pdf/agb052pdf>
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2006) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2006 (Berichtsjahr 2005). <http://www.tll.de/agb06/pdf/agb06.pdf>
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2007) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2007 (Berichtsjahr 2006). <http://www.tll.de/agb07/pdf/agb07.pdf>
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2009) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2009 (Berichtsjahre 2007 und 2008). <http://www.thueringen.de/de/publikationen/pic/pubdownload1013.pdf>
- Thüringer Landesamt für Statistik, Erfurt  
see Statistische Landesämter
- TLL – Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (2011): Entwicklung der Tierzucht in Thüringen, Berichtsjahr 2010. Schriftenreihe Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen, Heft 4/2011. [http://www.tll.de/ainfo/pdf/tzb\\_0611.pdf](http://www.tll.de/ainfo/pdf/tzb_0611.pdf)
- TMLFUN – Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz (2011) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2011 (Berichtsjahre 2009 - 2010). <http://www.thueringen.de/de/publikationen/pic/pubdownload1232.pdf> [13.06.2012]
- Tüller R (1999) Faustzahlen zur Geflügelmast. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2000. Ulmer, Stuttgart, pp. 120-135
- UBA – Umweltbundesamt (2008) Deutsches Treibhausgasinventar 1990 – 2006. Nationaler Inventarbericht 2008. Berichtserstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen. Umweltbundesamt, Berlin. 534 pp.
- UBA – Umweltbundesamt (2010): Qualitätssystem Emissionsinventare. Handbuch zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Erstellung von Emissionsinventaren und der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen sowie der EU-Entscheidung 280/2004/EG, Dessau. Stand 16.09.2010.
- UFOP – Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen (2004) Anbauratgeber Süßlupine. UFOP-Praxisinformationen. [www.ufop.de/downloads/Praxisinfo\\_blaueSuesslupine.pdf](http://www.ufop.de/downloads/Praxisinfo_blaueSuesslupine.pdf)
- UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2012): National Inventory Submissions 2012. [http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/6598.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/6598.php) [18.06.2012]
- UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2009) Report of the individual review of the greenhouse gas inventories of Germany submitted in 2007 and 2008. [http://unfccc.int/documentation/documents/advanced\\_search/items/3594.php?rec=j&prirref=600005219#beg](http://unfccc.int/documentation/documents/advanced_search/items/3594.php?rec=j&prirref=600005219#beg)
- Urselmans und Damme (2011) Deutliche Leistungsunterschiede zwischen den Genotypen. 8. Bayerischer Herkunftsvergleich von Legehybriden in Bodenhaltung. DGS Magazin 1/2011, Ulmer, Stuttgart, 23-30
- Van Cleemput O (1998) Subsoils: chemo- and biological denitrification, N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions. Nutrient Cycling Agroecosystems 52, 187-194
- Vandré R, Wulf S, Häußermann U, Horlacher, D (2012) N<sub>2</sub>O emissions from solid manure storage. Calculation of a national emission factor. Association for Technology and Structures in Agriculture (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, KTBL). Darmstadt, pp 15
- van Es AJH (1975) Feed evaluation for dairy cows. Livest Prod Sci 2, 95-107
- Vermoesen A, van Cleemput O, Hofman G (1996) Long-term measurements of N<sub>2</sub>O emissions. Energy Convers Management 6-8, 1279-1284
- Versuchswesen Pflanzenbau Rheinland-Pfalz (2005) Versuchsbericht Körnerleguminosen 2005. Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum. Bericht 6 / 2005. Bad Kreuznach: Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum. 44 pp
- vTI – Johann Heinrich von Thünen-Institut (2012): Ausführungsbestimmung zur Erstellung von Emissions- und Kohlenstoffinventaren und deren Qualitätsmanagement für den Bereich der Quellgruppen 4 und 5. Anlage zum Konzept Emissions- und Kohlenstoffinventare im nachgeordneten Bereich des BMELV vom 01.03.2012. Version 1.01, Stand vom 31.08.2012
- Walenzik G (1996) Auswirkungen von Bodenverdichtungen durch landwirtschaftliche Nutzung auf die N<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Boden. PhD Thesis Universität Hannover, Fachbereich Gartenbau, 130 pp
- Webb J (2001) Estimating the potential for ammonia emissions from livestock excreta and manures. Environ. Pollut. 111, 395-406
- Webb J, Misselbrook TH (2004) A mass-flow model of ammonia emissions from UK livestock production, Atmospheric Environment 38, 2163-2176
- Webb J, Misselbrook TH, Sutton MA (2005) Ammonia emission inventories, uncertainty and sensitivity analysis. In: Kuczyński T, Dämmgen U, Webb J, Myczko (eds) Emissions from European Agriculture. Wageningen : Wageningen Academic Publishers, pp 113-124
- Weier KL, MacRae IC, Myers RJK (1993) Denitrification in a clay soil under pasture and annual crop: estimation of potential losses using intact soil cores. Soil Biol Biochem 25, 991-997
- Weiß J (2010) Grundfutterleistung einheitlich berechnen. <http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/grundfutter.pdf> [29.06.2010]
- Weingarten P (1995) Das „Regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland“ (RAUMIS). Ber Landwirtschaft 73, 272-302
- Wiedmann S, Damme K (2008) Klare Unterscheide in der Leistung. DGS Magazin 9/2008, Ulmer, Stuttgart, 24-34

- ZDS – Zentralverband der Deutschen Schweineproduktion e.V. (1991 to 2012) Zahlen aus der Deutschen Schweineproduktion. Annual reports. ZDS, Bonn
- ZMB – Zentrale Milchmarkt Berichterstattung GmbH (2009). ZMB-Jahrbuch Milch. ZMB, Berlin
- ZMP – Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH (1990 to 2008). Eier und Geflügel. Annual reports. ZMP, Bonn
- ZMP – Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH (1990 to 2008). Milch. Annual reports. ZMP, Bonn



## Thünen Report 1



**Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2011**

Report on methods and data (RMD) Submission 2013 (incl. tables)

**Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2011**

Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2013 (inkl. Tabellen)

**Claus Rösemann et al.**

Der Tabellenteil im Excel-Format ist verfügbar unter:

[www.ti.bund.de/](http://www.ti.bund.de/) → Thünen-Publikationen

*The table part in the Excel format is available under:*

[www.ti.bund.de/en/](http://www.ti.bund.de/en/) → Thünen Publications



THÜNEN

## Thünen Report 1

Herausgeber/Redaktionsanschrift

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

[www.ti.bund.de](http://www.ti.bund.de)

ISBN 978-3-86576-100-2



9 783865 761002