

Osterburg, Bernhard; Schmidt, Thomas G.; Gay, Hubertus

## Working Paper

Auswertung betrieblicher Daten zur Ermittlung des Stickstoffmineraldünger-Einsatzes: Endbericht für ein Forschungsvorhaben im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums

Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie, No. 06/2004

## Provided in Cooperation with:

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

*Suggested Citation:* Osterburg, Bernhard; Schmidt, Thomas G.; Gay, Hubertus (2004) : Auswertung betrieblicher Daten zur Ermittlung des Stickstoffmineraldünger-Einsatzes: Endbericht für ein Forschungsvorhaben im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums, Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie, No. 06/2004, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig,  
<https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:253-200909-zi036186-6>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/39389>

### 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.*

**Aus dem Institut für ländliche Räume**

**Bernhard Osterburg  
Thomas Schmidt  
Hubertus Gay**

**Auswertung betrieblicher Daten zur Ermittlung des  
Stickstoffmineraldünger-Einsatzes : Endbericht für ein  
Forschungsvorhaben im Auftrag des Niedersächsischen  
Umweltministeriums**

**Braunschweig  
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)  
2005**

## **Auswertung betrieblicher Daten zur Ermittlung des Stickstoffmineraldünger-Einsatzes**

**Bernhard Osterburg, Thomas Schmidt, Dr. Hubertus Gay**

**Endbericht für ein Forschungsvorhaben im Auftrag des  
Niedersächsischen Umweltministeriums**

**Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie**

**06/2004**

Bernhard Osterburg, Institut für ländliche Räume<sup>1</sup>, FAL, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig,  
e-mail: [bernhard.osterburg@fal.de](mailto:bernhard.osterburg@fal.de)

Thomas Schmidt, Institut für ländliche Räume, FAL, Bundesallee 50,  
38116 Braunschweig,  
e-mail: [th.schmidt@fal.de](mailto:th.schmidt@fal.de)

Dr. Hubertus Gay, Institut für Betriebswirtschaft, seit 15.05.2004 im Institut für ländliche Räume, FAL,  
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig,  
e-mail: [hubertus.gay.@fal.de](mailto:hubertus.gay.@fal.de)

---

<sup>1</sup> Gegründet im Januar 2004, vorher Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume.

---

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>II</b>
<b>Tabellen- und Übersichtsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>1 Hintergrund</b>	<b>1</b>
1.1 Begründung für die Nutzung der vorgeschlagenen Datenbasis	2
1.2 Arbeitsschritte	4
<b>2 Vorgehensweise, Datengrundlagen und Annahmen</b>	<b>5</b>
<b>3 Ergebnisse</b>	<b>12</b>
3.1 Vergleich der in den LandData-Betrieben abgebildeten landwirtschaftlichen Strukturen mit der Agrarstatistik	12
3.2 Auswertungen nach Betriebsformen und Stickstoffaufkommen aus der Tierhaltung	15
3.3 Analyse ausgewählter Variablen, die einen Zusammenhang mit der Höhe der N-Bilanzsalden aufweisen	19
3.4 Analyse von Futterbau- und Veredlungsbetrieben mit unterschiedlich hohem Einsatz von Stickstoff-Mineraldünger	21
3.5 Überlegungen zur Berücksichtigung gasförmiger Stickstoffverluste	25
3.6 Vergleich von Schätzwerten zum Stickstoff-Mineraldüngereinsatz und dem tatsächlichen Einsatz nach Buchführungsabschlüssen	27
<b>4 Schlussfolgerungen</b>	<b>32</b>
<b>5 Literatur</b>	<b>36</b>

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Abbildung 1: Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz in landwirtschaftlichen Betrieben in Niedersachsen in Abhängigkeit vom N-Aufkommen aus tierischem Dung (Mittelwert der Jahre 1999/2000 und 2000/2001)	16
Abbildung 2: Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz in Marktfruchtbetriebe in Niedersachsen in Abhängigkeit vom N-Aufkommen aus tierischem Dung (Mittelwert der Jahre 1999/2000 und 2000/2001)	16
Abbildung 3: Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz in Futterbaubetrieben in Niedersachsen in Abhängigkeit vom N-Aufkommen aus tierischem Dung (Mittelwert der Jahre 1999/2000 und 2000/2001)	18
Abbildung 4: Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz in Veredlungsbetrieben in Niedersachsen in Abhängigkeit vom N-Aufkommen aus tierischem Dung (Mittelwert der Jahre 1999/2000 und 2000/2001)	18
Abbildung 5: Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz sowie Betriebserfolg in Futterbaubetrieben mit unterschiedlich hohem Einsatz von Stickstoff-Mineraldünger, differenziert nach Klassen der N-Aufkommens aus Wirtschaftsdünger	23
Abbildung 6: Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz sowie Betriebserfolg in Veredlungsbetrieben mit unterschiedlich hohem Einsatz von Stickstoff-Mineraldünger, differenziert nach Klassen der N-Aufkommens aus Wirtschaftsdünger	24
Abbildung 7: Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz in Futterbaubetrieben in Niedersachsen in Abhängigkeit vom N-Aufkommen aus tierischem Dung (Mittelwert der Jahre 1999/2000 und 2000/2001) unter Anrechnung atmosphärischer Einträge und gasförmiger Verluste	26
Abbildung 8: Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz in Veredlungsbetrieben in Niedersachsen in Abhängigkeit vom N-Aufkommen aus tierischem Dung (Mittelwert der Jahre 1999/2000 und 2000/2001) unter Anrechnung atmosphärischer Einträge und gasförmiger Verluste	26

<b>Tabellen- und Übersichtsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Tabelle 1: Verwendete Koeffizienten zur Berechnung der Stickstoffbilanzen im Vergleich zu Werten nach BACH und FREDE (2002)	6
Tabelle 2: Vergleich von Flächennutzung und pflanzlichen Erträgen zwischen LandData (Betriebsstichprobe) und RAUMIS (Agrarstatistik)	13
Tabelle 3: Vergleich von Tierbesatz und Elementen der Stickstoffbilanz zwischen LandData (Betriebsstichprobe) und RAUMIS (Agrarstatistik)	14
Tabelle 4: Korrelation des N-Bilanzsaldos mit ausgewählten Kennzahlen, getrennt nach Betriebsform	20
Tabelle 5: Vergleich zwischen Futterbau- und Veredlungsbetrieben mit unterschiedlich hohem Einsatz von Stickstoff-Mineraldünger, differenziert nach Klassen der N-Aufkommens aus Wirtschaftsdünger	22
Tabelle 6: Vergleich des Schätzansatzes von FREDE und BACH (2002) mit den an der FAL kalkulierten Werten sowie den Ist-Daten zum Mineraldünger-einsatz auf Betriebsebene	29
Übersicht 1: Ermittlung der Stickstoffbilanzen in der vorliegenden Untersuchung sowie nach BACH und FREDE (2002)	9

## 1 Hintergrund

Stickstoffüberschüsse aus der Landwirtschaft stellen in Deutschland eine bedeutende Umweltbelastung dar. Nitratauswaschungen belasten das Grund- und Oberflächenwasser, Ammoniakemissionen führen zu eutrophierenden und versauernden Stoffeinträgen aus der Luft und Lachgasemissionen tragen wesentlich zu den Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft bei. Detaillierte, über den Umfang von Fallbeispielen hinausgehende Betriebsanalysen über die Entstehung von Stickstoffüberschüssen in landwirtschaftlichen Betrieben sind jedoch bisher selten, da wichtige Eingangsdaten wie der mineralische Stickstoffdüngereinsatz nicht statistisch auf Betriebsebene erfasst werden. Zur Erklärung der räumlichen und betrieblichen Verteilung der Stickstoffüberschüsse werden daher sektorale und regionale Bilanzen anhand agrarstatistischer Daten über Pflanzenanbau, Erträge und Viehbestände in ‚top-down-Ansätzen‘ auf Regionen heruntergebrochen (vgl. BACH und FREDE, 2002; BACH et al., 2003; WEINGARTEN, 1996). Ein zentrales Problem stellt dabei die realistische Einschätzung des Einsatzes mineralischer Stickstoffdünger dar, denn in der Officialstatistik finden sich lediglich Absatzzahlen auf Bundeslandebene.

Zum Einsatz von Stickstoff-Mineraldünger sowie der tatsächlichen Anrechnung von organischem Stickstoff bei der Düngung in der landwirtschaftlichen Praxis liegen bisher nur wenige empirisch basierte Analysen vor. Für die Berechnung von Stickstoffbilanzen auf regionaler Ebene werden in den genannten ‚top-down-Ansätzen‘ normative Annahmen für die Verwertung von Stickstoff aus Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft zugrundegelegt, um auf Basis statistischer Daten zu Tierbeständen und Ernteentzügen eine Schätzung für den Einsatz mineralischer Düngemittel zu berechnen. Während das Wirtschaftsdünger- aufkommen über die Viehzählungsstatistik auf Grundlage von Normdaten zur Nährstoffausscheidung ebenso wie die Ernteentzüge anhand von Gehaltskoeffizienten näherungsweise berechnet werden können, bleiben die Schätzungen über den Einsatz von Mineraldünger sowie die Kombination von Wirtschafts- und Mineraldünger auf betrieblicher und regionaler Ebene von spekulativem Charakter. Die Annahmen über die Verwertung der organischen N-Mengen aus der Tierhaltung haben entscheidenden Einfluss auf die Berechnung regionaler Überschüsse, da ein mehr oder minder hoher zusätzlicher Mineraldüngereinsatz unterstellt wird. Wird andererseits eine sehr günstige kalkulatorische Verwertung des Stickstoff-Mineraldüngers angenommen, fallen in vieharmen Regionen keine nennenswerten Stickstoffüberschüsse an.

Das vom Niedersächsischen Umweltministerium in Auftrag gegebene Forschungsvorhaben hat zum Ziel, besser abgesicherte Daten und Analysen über die Aufwandsmengen an Stickstoff-Mineraldünger in landwirtschaftlichen Betrieben unterschiedlicher Spezialisierung und Tierbesatzdichte zu liefern. Dazu werden betriebliche Daten der LandData GmbH ausgewertet. Die Buchführungsabschlüsse enthalten neben monetären Konten für betriebswirtschaftliche Auswertungen und die steuerliche Buchführung auch Naturaldaten über Flächennutzung, Erträge und Tierhaltung. Zusätzlich werden Daten über Art und



Menge zugekaufter Mineraldünger ausgewertet, aus denen sich die zugekauften Stickstoffmengen aus Mineraldünger berechnen lassen.

## 1.1 Begründung für die Nutzung der vorgeschlagenen Datenbasis

Gegenüber anderen Datengrundlagen weisen steuerliche Buchführungsabschlüsse einschließlich der naturalen Grundlagendaten den Vorteil auf, dass sie eine realistische Einschätzung der Nährstoffzukäufe aus Mineraldünger erlauben. Der anhand von Belegen nachzuweisende betriebliche Aufwand vermindert im steuerlichen Abschluss den zu versteuernden Gewinn, so dass kein Anreiz für eine verzerrte Darstellung besteht. Die in Buchstellen erfassten Buchführungsabschlüsse werden routinemäßig einer Plausibilitätsprüfung unterzogen, es besteht daher immer eine Konsistenz zwischen Naturaldaten, zugehörigen Zukaufpreisen und monetären Summen im Steuerabschluss.

Andere Datengrundlagen für Nährstoffbilanzen weisen demgegenüber Nachteile auf:

- Anhand von Regionaldaten geschätzte Nährstoffbilanzen bauen auf Annahmen über die Anrechnung von organischen Nährstoffen und von Mineraldünger auf, die entsprechend durch Mineraldünger ergänzt werden (BACH und FREDE, 2002; WEINGARTEN, 1996). Ohne empirische Absicherung geben diese Schätzungen nur Tendenzen wieder, weiterhin werden auf Regionsebene nur aggregierte Daten ohne betrieblichen Bezug dargestellt.<sup>2</sup>
- Buchführungsdaten enthalten i.d.R. nur monetäre Daten, die keinen Rückschluss auf die zugekauften Nährstoffmengen zulassen. Dies gilt z. B. für Daten des Testbetriebsnetzes. Schätzungen auf Grundlage von monetären Abschlüssen sind zwar möglich (vgl. z.B. die Studie von GAMER und ZEDDIES, 2002, für Baden-Württemberg), sind aber ohne weitere empirische Überprüfung anfechtbar.
- Da Nährstoffsalden gemäß Düngeverordnung (DVO) umwelt- und baurechtlich relevant sein können, werden in den gemäß Aufzeichnungspflichten der DVO zu erstellenden Nährstoffvergleichen möglicherweise geringere Nährstoffzukäufe und höhere Nährstoffentzüge über die Ernte ausgewiesen. Die Konsistenzprüfung der Daten an-

---

<sup>2</sup> Der in RAUMIS (Regionalisiertes Agrar- und Informationssystem für Deutschland, an der FAL genutztes, nach Kreisen differenziertes Agrarsektormodell) für 1999 berechnete Einsatz von Mineraldünger in Niedersachsen, der auf Grundlage des bundesweiten Mineralsstickstoffeinsatzes geschätzt wurde, beläuft sich auf durchschnittlich 111 kg N/ha LF (ohne ungenutzte Flächenstilllegung). Anhand der Düngemittelstatistik für Niedersachsen (Stat. Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 8.2, Düngemittelversorgung, div. Jgg.) ergeben sich für ein Dreijahresmittel (Wirtschaftsjahre 1998/99, 1999/00, 2000/01) ca. 127,4 kg N/ha Mineraldüngereinsatz. Die RAUMIS-Schätzung unterschätzt im Aggregat für Niedersachsen also den Mineraldünger leicht. Die Verteilung des Mineraldüngereinsatzes nach unterschiedlichen Betriebsformen, Viehbesatzdichten und Landnutzungen soll in diesem Vorhaben daher näher überprüft werden.

hand der steuerlichen Buchführung und anderer Daten, z. B. regionaler Statistiken, ist möglich, aber sehr aufwändig.

- Nährstoffbilanzen aus Betrieben in Wasserschutzgebieten (WSG) geben den Einfluss von Wasserschutzberatung und Förderung wieder. Sie sind daher nicht repräsentativ für alle Flächen, können aber wichtige Hinweise geben, welche Nährstoffsalden durch Anpassungsmaßnahmen erreicht werden können.

Während Buchführungsabschlüsse als statistische Massendaten aus Datenbanken verfügbar sind, müssen Nährstoffvergleiche gemäß DVO und Nährstoffbilanzen in WSG gesondert erfasst werden und liegen daher nicht per se in Datenbanken vor. Für Niedersachsen sind über 11.000 LandData-Buchführungsabschlüsse verfügbar. Da die Buchführung in Niedersachsen von unterschiedlichen Buchstellen vorgenommen wird, und die Betriebe möglicherweise ein unterschiedliches Interesse an einer genauen Mineralbuchführung haben, kann die Datenqualität schwanken, was zusätzliche Plausibilitätsprüfungen erforderlich macht und zu einem verringerten, konsolidierten Datensatz führt. Die naturale Nährstoffbilanzierung ist jedoch seit Einführung der DVO Bestandteil der Buchführung, weshalb der Mineraldüngerzukauf i.d.R. vergleichsweise gut erfasst ist, beispielsweise im Vergleich zu den Futtermittel- oder Pflanzenschutzmittelzukaufen. Eine Auswertung von LandData-Buchführungsdaten stellt daher eine sinnvolle Plausibilitätsprüfung und Ergänzung zu anderen Nährstoffbilanzierungswegen dar und soll Ansatzpunkte für die Verbesserung der Flächenbilanzrechnung auf Grundlage der Agrarstatistik liefern.

Eine allein auf den Buchführungsdaten basierende Berechnung von Nährstoffbilanzen mit flächendeckender Aussagekraft ist nicht möglich, weil keine Daten aus Totalerhebungen vorliegen. Zum einen sind nicht alle Betriebe buchführungspflichtig, zum anderen sind Daten nicht für alle buchführungspflichtigen Betriebe zugänglich, und schließlich können aufgrund unplausibler und unvollständiger Daten nicht alle Betriebe ausgewertet werden. Um zu flächendeckenden Aussagen zu kommen, müssten entweder alle Betriebe erhoben werden, was mit einem nicht zu rechtfertigenden Aufwand verbunden wäre, oder die ausgewerteten Buchführungsdaten müssten hochgerechnet werden. Die Entwicklung und Prüfung von Hochrechnungsansätzen konnte innerhalb dieses zeitlich begrenzten Vorhabens nicht durchgeführt werden. Nicht durch die Nutzung der Buchführungsdaten zu beheben ist weiterhin der Mangel an quantitativen Daten über Wirtschaftsdünger-Exporte und Importe.

## 1.2 Arbeitsschritte

Anhand der beschriebenen Datengrundlage und mit Hilfe statistischer Methoden soll in den Analysen den folgenden Fragestellungen nachgegangen werden:

1. Analyse der tatsächlichen Kombination von Stickstoff aus Mineraldüngern und organischem Dünger tierischer Herkunft in landwirtschaftlichen Betrieben
2. Anrechnung der Stickstoff-Düngerarten im Vergleich zum pflanzlichen Entzug
3. differenzierte Analyse dieser Parameter nach Standort, Betriebsform, Viehbesatzdichte
4. Ableitung plausibler Annahmen zum Einsatz von Stickstoff-Mineraldünger zur Verbesserung der Flächenbilanzkalkulation (in enger Abstimmung mit dem Niedersächsischen Landesamt für Bodenkunde, Herrn Dr. Schäfer)<sup>3</sup>
5. weiter gehende Analysen zur Bestimmung von Ursachen für unterschiedliche N-Bilanzüberschüsse, Effizienzreserven und Anpassungsmöglichkeiten in Hinblick auf die künftigen Maßnahmenprogramme

Im Zwischenbericht wurden erste Ergebnisse zu den Fragestellungen 1, 2, 3 und 4 vorgelegt, die für den Endbericht noch einmal überarbeitet wurden und durch Analysen zum Punkt 5 ergänzt wurden.

---

<sup>3</sup> Die im Zwischenbericht vom 21. 11. 2003 aufgeführten Annahmen wurden für die Berechnung regionaler Stickstoffbilanzüberschüsse der Landwirtschaft im Rahmen der Erstbeschreibung gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie herangezogen. Die Verwertung des organischen und insbesondere auch des mineralischen Stickstoffs ist Gegenstand weiterer Untersuchungen.

## 2 Vorgehensweise, Datengrundlagen und Annahmen

Ausgewertet werden 7.108 Betriebe mit Abschlüssen bei der LandData GmbH (Gesellschaft für Verarbeitung Landwirtschaftlicher Daten mit Sitz in Visselhövede). Die Daten wurden im Mittelwert der zwei Wirtschaftsjahre 1999/2000 und 2000/2001 verarbeitet. Von den ursprünglich über 11.000 Betrieben wurden viele Betriebe verworfen, die im naturalen Düngerkonto keine ausreichend genauen Aufzeichnungen („Zukauf Dünger“ statt z. B. „Zukauf Kalkammonsalpeter“) oder die aufgrund von Datenfehlern unplausibel hohe oder niedrige N-Bilanzen aufwiesen. Die Einzelkonten zum Mineraldüngerkauf wurden anhand der individuellen Texteinträge über die genaue Art des Düngerkaufs gruppiert und die jeweiligen Stickstoffgehalte der Düngerarten zugeordnet. Der Kontenplan sieht Hauptkategorien für die verschiedenen Mineraldüngerarten vor, lässt jedoch eine Vielzahl individueller Einträge zu. Insgesamt mussten über 2.000 Eintragskategorien für Düngerkäufe geprüft und zugeordnet werden. Angaben mit unklarer oder fehlender Zuordnung zu einer Mineraldüngerart wurden der jeweiligen Hauptkategorie des Kontenschlüssels zugeordnet, aber mit einem Vermerk über die damit verbundene Unsicherheit über den tatsächlichen Stickstoffgehalt des Düngers versehen. Die Gesamtmenge an mineralischem Düngestickstoff wurde anschließend durch die Verrechnung der Gehalte mit den physischen Zukaufmengen in Kilogramm berechnet. Der Anteil unsicherer, nicht eindeutig verbuchter Stickstoffmengen wurde für die Selektion von Betrieben verwendet, für die abgesicherte Aussagen getroffen werden können. Betriebe mit mehr als 10 % unsicheren Stickstoff-Mineraldüngerkäufen am gesamten N-Mineraldünger wurden nicht in die Auswertungen aufgenommen.

Die regionale Repräsentativität der Betriebe ist, wie entsprechende Analysen ergaben, ohne weitere Gewichtung und Hochrechnung nicht hinreichend für kreisgenaue Abbildungen, da die Repräsentativität der erfassten Betriebe nicht für eine flächendeckende, auf Kreisebene bezogene Abbildung der Landwirtschaft ausreicht. Auch die Relation der Betriebsformen und -größen entspricht nicht einer statistisch repräsentativen Auswahl. Im Mittelpunkt steht hier allerdings zunächst die Analyse einzelbetrieblicher Verhältnisse, der Rückschluss auf die Gesamtfläche und regionale Verhältnisse bleibt künftigen Arbeiten vorbehalten. Für die vorliegenden Analysen werden Betriebsgruppierungen vorgenommen, die erste Rückschlüsse auf die landwirtschaftlichen Verhältnisse insgesamt zulassen und Ansatzpunkte für eine Hochrechnung bieten. Gruppierungen der Betriebe werden nach dem N-Aufkommen aus Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft und nach Betriebsformen vorgenommen:

- Marktfrucht: Ackerbau
- Futterbau: Rinderhaltung
- Veredlung: Schweine- und Geflügelhaltung

**Tabelle 1:** Verwendete Koeffizienten zur Berechnung der Stickstoffbilanzen im Vergleich zu Werten nach BACH und FREDE (2002)

Pflanzenbau	in der vorliegenden Untersuchung verwendeter Ansatz		Ansatz Bach und Frede (2002)		
	Einheit	N-Entzug kg/dt      kg/Hektar	kg/dt	kg/Hektar	N-Bindung kg/Hektar
Weizen	2		2		
Roggen	1,5		1,5		
Wintergerste	1,7		1,7		
Sommergerste	1,55		1,4		
Hafer	1,5		1,6		
Körnermais	1,5			120	
Sonstiges Getreide	1,8		1,8		
Hülsenfrüchte	4,1			150	160
Winterraps	3,3		3,3		
Sonstige Ölfrüchte	3,3		3,3		
Kartoffeln	0,35		0,35		
Zuckerrüben	0,18		0,18		
Gemüse		130		50	
Silomais	<i>Schätzung anhand der kalkulierten Ausscheidung der</i>		0,38		
Futterrüben	<i>raufutterfressenden Tiere <sup>1)</sup></i>			50	
Klee- und Feldgras				200	65
Grünland				140	20
<b>Tierhaltung</b>					
Einheit	N-Ausscheidung kg/Stallplatz		N-Ausscheidung kg/Stallplatz		
Milchkühe	<i>Formel <sup>2)</sup></i>		110		
Mutterkühe	96		50		
Altkühe	70		50		
Bullen	42		50		
Kälber	16		50		
Färsen	48		50		
Sauen	36		28,3		
Mastschweine	13				
Mastschweine über 50 kg			11,5		
sonstige Schweine			6		
Schafe	13		9		
Pferde	64				
<b>N-Export durch Produkte als Anteil des aufgenommenen N</b>					
Milch	0,25				
Rindfleisch	0,1				
<b>Umrechnung des monetären Futtermittelaufwands</b>					
Euro/kg N	7,669				
<b>Verfügbarkeit des org. Stickstoffs</b>					
Faktor zur Berücksichtigung gasförmiger Verluste <sup>3)</sup>					
Rind			0,66		
Schwein			0,69		
Schafe			0,6		
Anrechnungsfaktor (Ausnutzungsgrad des org. Stickstoffs)					
alle Tierarten			0,4		

1) unter Berücksichtigung von N-Export im Produkt (Fleisch und Milch) und N aus Kraftfutter, vgl. Übersicht 1.

2) N-Ausscheidung Milchkühe =  $(45 + 0,0095 * \text{kg Milch/Kuh}) * 1,1275$

3) Pflanzenverfügbare N-Menge im org. Dünger nach Abzug der Lagerungs- und Ausbringungsverluste

Quellen: RAUMIS, Bach und Frede (2002).

Die für die Bilanzrechnungen verwendeten Koeffizienten zu Stickstoffgehalten werden in Anlehnung an die Muster-Verwaltungsvorschrift zur Düngverordnung verwendet. Für Milchkühe wird die Milchleistung berücksichtigt, zudem wird eine vergleichsweise hohe N-Ausscheidung für Grünlandbetriebe unterstellt. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die verwendeten Koeffizienten zur Erstellung der Stickstoffbilanzen, die dem an der FAL genutzten Agrarsektormodell RAUMIS entnommen wurden, und einen Vergleich mit den von BACH und FREDE (2002) verwendeten Koeffizienten.

Die Koeffizienten unterscheiden sich im Pflanzenbau nur wenig voneinander. Auffällig ist, dass BACH und FREDE (2002) offenbar aufgrund fehlender regionaler Ertragsdaten häufiger pauschale, Ertrags unabhängige Werte pro Hektar verwenden, z. B. für Körnermais, Hülsenfrüchte, Feldgras und Grünland. Bei den tierischen Ausscheidungen liegen größere Differenzen vor, insbesondere werden Rinder weniger stark differenziert und die Schweinehaltung mit einer zusätzlichen Kategorie berechnet (sonstige Schweine, worunter vor allem Ferkel und Läufer unter 50 kg Lebendgewicht fallen). Die Koeffizienten zur Verfügbarkeit des organischen Stickstoffs werden von BACH und FREDE (2002) benötigt, um eine plausible Einsatzmenge an mineralischem N-Dünger zu schätzen. Für die Bilanzrechnung mit Buchführungsabschlüssen ist eine solche Schätzung nicht notwendig, da Ist-Daten zum Mineraldüngereinsatz vorliegen. Ein Teil der Unterschiede kann damit erklärt werden, dass BACH und FREDE ihr Berechnungssystem auf die für Gemeinden vorhandenen, z. T. nicht sehr differenzierten Daten der Agrarstatistik ausgerichtet haben. Obwohl die Koeffizienten in beiden Ansätzen auf die Muster-Verwaltungsvorschrift zur Düngverordnung aufbauen, entstehen weitere Unterschiede deshalb, weil nicht immer eine eindeutige Zuordnung der in der Verwaltungsvorschrift festgelegten Kategorien zu Kategorien der Agrarstatistik bzw. der Buchführungsabschlüsse möglich ist. Daher verbleibt eine Bearbeiterabhängigkeit bei Schätzungen „nach Muster-Verwaltungsvorschrift“.

Auf Grundlage der naturalen Bilanzen für den Mineralstickstoffzukauf sowie der Flächennutzung, Ertragslage und Tierhaltung aus den Buchführungsabschlüssen werden Stickstoff-Flächen-Stallbilanzen berechnet, also *keine* Hoftorbilanzen anhand aller zu- und verkauften N-Mengen. Als Stickstoff-Inputs (N-Zufuhr) werden nur die beiden mit Abstand bedeutendsten Stickstoffquellen Mineraldünger und tierische Ausscheidungen berechnet. Stickstoff aus atmosphärischer Deposition, Sekundärrohstoff-Düngern wie Klärschlamm oder Kompost (SeRo) und biologischer N-Fixierung bleiben bei den hier aufgestellten Bilanzen unberücksichtigt. Die Anrechnung eines pauschalen Werts für atmosphärische Einträge würde nur zu einer gleichmäßigen Niveaushiftung nach oben führen und keinen zusätzlichen Informationsgewinn über die Düngungspraxis der Landwirte bringen. Sekundärrohstoffe spielen insgesamt nur eine geringe Rolle für landwirtschaftliche Stickstoffbilanzen, ihr Einsatz dürfte sich auf Betriebe ohne Tierhaltung konzentrieren. BACH und FREDE (2002) kalkulieren pauschal mit 4 kg/ha N aus SeRo-Düngern. Abgesehen von der geringen Relevanz ist eine betriebsindividuelle Berücksichtigung von SeRo-Düngern auch aufgrund fehlender Daten nicht möglich. Die biologische

N-Fixierung wird von BACH und FREDE (2002) anhand flächenbezogener, pauschaler Koeffizienten geschätzt. Die nach dieser Vorgehensweise geschätzte Stickstoffmenge macht in den untersuchten Betrieben lediglich 3 % des N-Inputs aus mineralischer Düngung und tierischem Dung aus, in extensiven Futterbaubetrieben liegt der Anteil bei knapp 6 %. Angesichts der relativ geringen Bedeutung und der Unsicherheit über die tatsächliche N-Fixierung gerade auf Grünlandflächen erscheint es gerechtfertigt, diese N-Quelle hier nicht weiter zu berücksichtigen.

Als Entzüge, die mit den pflanzlichen Ernteprodukten von der landwirtschaftlich genutzten Fläche abgefahren werden, d. h. als N-Abfuhr, werden mit den pflanzlichen Haupterträgen entzogene N-Mengen ohne Nebenerträge berechnet, da letztere zum Großteil im Betrieb verbleiben. Beim Getreide werden z. B. nur die Kornerträge ohne Stroh als Entzug berechnet. Die Bezugsfläche bildet die LF (landwirtschaftlich genutzte Fläche) ohne die ungenutzte Flächenstilllegung. Flächenstilllegung mit nachwachsenden Rohstoffen wird dagegen in die Bezugsfläche einbezogen. Datenlücken bezüglich der pflanzlichen Erträge werden aus der regionalen Agrarstatistik aus dem Jahr 1999 ergänzt.

Ertragsangaben für Grundfutter von Silomais-, Feld- und Klee gras- sowie Grünlandflächen fehlen in den Buchführungsdaten grundsätzlich, zudem entsprechen die aus der Regionalstatistik abgeleiteten Futterbauerträge nicht den Mengen, die unter Plausibilitätsannahmen beim jeweiligen, gegebenen Bestand raufutterfressender Tiere erwartet werden können. Die Schätzung plausibler Grundfüttererträge und der damit verbundenen Stickstoffentzüge stellt ein entscheidendes Problem für die Nährstoffbilanzrechnung in Futterbaubetrieben dar. Es ist davon auszugehen, dass die Leiter landwirtschaftlicher Betriebe selbst über keine genauen Informationen zu geernteten und verwerteten Grundfüttermengen verfügen. Zur Lösung dieses Problems wird sichergestellt, dass die N-Entzüge der Futterpflanzen (Silomais, Feld- und Klee gras sowie Grünland) nicht höher liegen dürfen als die Nährstoffausscheidungen des raufutterfressenden Viehbestands unter Berücksichtigung des N-Exports mit Milch und Fleisch. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass tierische Produkte und Nährstoffausscheidungen zum Teil auch aus Kraftfutter stammen.

Im ersten Berechnungsschritt werden die N-Entzüge der Futterpflanzen den N-Ausscheidungen der raufutterfressenden Viehbestände (Rinder ohne Kälber, Schafe, Pferde) plus der N-Entzüge durch Fleischzuwachs und der auf Grundfutter basierten Milchproduktion gleichgesetzt. Für die Milchproduktion wird angenommen, dass 3.000 kg Milch pro Kuh aus dem Grundfutter produziert werden und sich 25 % der N-Aufnahme aus dem Grundfutter in der verkauften Milch sowie im Fleischzuwachs wiederfinden. Zur Berücksichtigung der in der Milch exportierten N-Menge wird die N-Ausscheidung der Milchkühe (bei 3.000 kg/Kuh) mit dem Faktor 1,333 multipliziert. Höhere Milchleistungen werden nach dieser Annahme durch Kraftfütterzuteilung erzielt und werden daher nicht auf den N-Entzug durch Grundfutter angerechnet. Für die anderen raufutterfressenden Tiere wird davon ausgegangen, dass zusätzlich zu den tierischen Ausscheidungen lediglich 10 % der

Stickstoffmengen aus dem Futterbau im Fleischzuwachs der Tiere gebunden werden, und dass die Fleischproduktion ohne Kraftfutter erfolgt. Daraus resultiert ein Faktor von 1,111, um den die tierischen Ausscheidungen von Rindern außer Milchkühen sowie Schafen und Pferden erhöht werden.

**Übersicht 1:** Ermittlung der Stickstoffbilanzen in der vorliegenden Untersuchung sowie nach BACH und FREDE (2002)

	<b>in der vorliegenden Untersuchung verwendeter Ansatz</b>	<b>Ansatz BACH und FREDE (2002)</b>
<b>Bezugseinheit</b>	Betrieb	Region (Kreis, Gemeinde)
<b>Datengrundlage</b>	Buchführungsabschluss	Agrarstatistik
<b>Flächenbilanz-überschuss (Saldo)</b>	Saldo = Mineraldüngung + tierische Ausscheidungen – Ernteabfuhr	Saldo = Mineraldüngung + organische Düngung + SeRo-Dünger + atmosph. N-Deposition + legume N-Bindung - Ernteabfuhr
<b>Organische Düngung</b>	tierische Ausscheidungen ohne Abzug von geschätzten Lagerungs- und Ausbringungsverlusten Wirtschaftsdünger-Export anhand der N-Ausbringungsgrenzen pro Hektar geschätzt, Import nicht berücksichtigt	Organische Düngung = tierische Ausscheidungen * Verfügbarkeit nach Abzug von Lagerungs- und Ausbringungsverlusten Wirtschaftsdünger-Export und -Import nicht berücksichtigt
<b>Mineralische Düngung</b>	Ist-Werte nach Buchführungsabschluss	Geschätzt nach Nährstoffgesamtbedarf (Ernteabfuhr * 1,2) = <i>Mineraldünger</i> + org. Düngung * Anrechnungsfaktor (0,4) + SeRo-Dünger + legume N-Bindung
<b>Ernteabfuhr</b>	Ernteabfuhr = Erntemenge der Hauptprodukte * N-Gehalt (oder Pauschalwert pro Hektar) Sonderberechnung für Grundfutterverfahren (Silomais, Klee- und Feldgras, Grünland): Ernteabfuhr (a) = Ausscheidungen Milchkühe (bei 3000 kg Milch/ Jahr) * 1,333 + Ausscheidungen (andere Rinder, Schafe, Pferde) * 1,111 Wenn Summe Zukauf- und Kraftfutter-N > Ausscheidungen Milchkühe für Milchleistung über 3000 kg/Jahr * 1,333 dann Ernteabfuhr (b) = Ernteabfuhr (a) + Ausscheidungen Milchkühe für Milchleistung über 3000 kg/Jahr * 1,333 - Summe Zukauf- und Kraftfutter-N  mit Summe Zukauf- und Kraftfutter-N = Summe (Euro Aufwand für Zukauf Grund- und Kraftfutter + Aufwand innerbetrieblich verwertetes Getreide + Hülsenfrüchte * (Rinder-GV/gesamt-GV) / 7,669	Ernteabfuhr = Erntemenge der Hauptprodukte * N-Gehalt (oder Pauschalwert pro Hektar) Silomais wird anhand statistischer Erntemenge berechnet, Grünland, Klee- und Feldgras nach Pauschalwerten

Auf Grundlage dieser Annahmen lässt sich eine Näherung für die maximalen Stickstoffentzüge durch Futterpflanzen berechnen, die mit den Tierbeständen und Stickstoffausscheidungen des raufutterfressenden Viehs konsistent ist. Diese Berechnung führt dazu, dass die Einschätzungen der Nährstoffbilanzen in Futterbaubetrieben realistischer werden, es wird aber eine vergleichsweise effiziente Verwertung hoher Grundfuttermengen



und damit ein hoher N-Entzug durch Futterpflanzen unterstellt. Die Varianz der Nährstoffbilanzen zwischen unterschiedlichen Futterbaubetrieben, die in der Realität u. a. durch unterschiedliche Grundfuttermittelverwertung und Ergänzung mit Kraftfutter verursacht wird, kann durch diesen ersten Kalkulationsschritt nicht realistisch wiedergegeben werden.

In einem zweiten Schritt wird deshalb abgeschätzt, wie viel Stickstoff die raufutterfressenden Tiere aus Kraftfutter sowie zugekauftem Grundfutter aufnehmen. Übersteigt dieser Schätzwert die für die Milchproduktion oberhalb von 3.000 kg/Kuh veranschlagte N-Menge, wird der im ersten Schritt kalkulierte N-Entzug der Futterpflanzen entsprechend vermindert. Für diese zweite Schätzung werden die monetären Ausgaben für Grund- und Kraftfutterzukauf in der Rinderhaltung sowie der monetäre Wert von innerbetrieblich verwertetem Getreide und Hülsenfrüchten summiert, wobei die innerbetrieblich erzeugten Mengen mit dem Anteil Rinder-Großvieheinheiten am gesamten Viehbestand gewichtet werden. Der monetäre Futtermittelaufwand wird zur Schätzung der damit verbundenen N-Mengen verwendet. Mit jedem Euro Aufwand für Futtermittel ist eine bestimmte Stickstoffmenge verbunden, die vom Futtermittelpreis und dem N-Gehalt der jeweiligen Futtermittel abhängt. Die Preis-Mengenrelation kann zwischen ca. 3 Euro/kg N bei Soja bis ca. 7,7 Euro/kg N bei Futtergerste schwanken. Da die Futtermittelzusammensetzung nicht genau zu ermitteln ist, wird zur Umrechnung unterstellt, dass eine mit Futtergerste vergleichbare N-Menge mit dem Futtermittelaufwand verbunden ist. Bei höheren N-Gehalten beispielsweise im Milchleistungsfutter würden die N-Bilanzüberschüsse im Vergleich zu der gewählten Vorgehensweise deutlich höher ausfallen. Die Übersicht 1 fasst die verwendeten Annahmen und Berechnungsschritte zur Ermittlung der Stickstoffbilanzen noch einmal zusammen, im Vergleich dazu wird der Ansatz von BACH und FREDE (2002) dargestellt.

Ein Export von Wirtschaftsdünger kann für Betriebe mit sehr hohen Stickstoffmengen pro Hektar aus der Tierhaltung zwar angenommen werden, zu den tatsächlich exportierten Mengen fehlen aber verwendbare Daten. Die betrieblichen Daten enthalten teilweise Daten über den Zukauf von Gülle oder Geflügeltrockenkot, die Zahlen erscheinen aber lückenhaft und geben insbesondere kein Bild über die *Abgabe* von tierischem Düng.

Mögliche Exportmengen von organischen Stickstoffmengen wurden kalkulatorisch vom Überschuss abgezogen und in den Abbildungen zusätzlich zum betrieblichen N-Bilanzsaldo ausgewiesen. Damit ist aber keine Aussage über die tatsächlich exportierte N-Menge verbunden. Für die Schätzung der Exportmenge wurde auf Grundlage der bisherigen Regelung der Düngeverordnung, die auch im betrachteten Zeitraum zwischen 1999 und 2001 gegolten hat, von einem Abzug in Höhe von 28 % gasförmiger Lagerungs- und Ausbringungsverluste ausgegangen. Demnach mussten Betriebe unter Berücksichtigung der gasförmigen N-Verluste die eine Höhe von 236 kg N/ha Ackerland bzw. 292 kg N/ha Grünland überschreitende organische Stickstoffmenge in andere Betriebe exportieren.

Mengenmäßig bedeutsame Gülleexporte dürften im Beobachtungszeitraum demnach nur in Betrieben mit deutlich über 200 kg N/ha aus Wirtschaftsdünger eine Rolle gespielt haben. Nicht nur die maximale organische Stickstoffmenge pro Hektar kann limitierend wirken und zu Wirtschaftsdüngerexporten führen, sondern auch Beschränkungen der P- und K-Düngung auf hochversorgten Böden. Gerade Veredlungsbetriebe können von der Limitierung der organischen P-Düngung stärker betroffen sein als von der Stickstoffbegrenzung. Da hierzu keine Daten vorliegen, konnte dieser Aspekt nicht in die Rechnungen einbezogen werden. Auch die Importmengen in Betrieben mit geringerem Tierbestand konnten in diesem Berechnungsansatz aufgrund fehlender Informationen nicht berücksichtigt werden.

Die neue Regelung der DVO zum Abzug von gasförmigen Verlusten, die bei Gülle von 28 % auf 10 % der organischen N-Menge reduziert wurde, müssen ab dem Jahr 2003 deutlich höhere Mengen tierischen Düngs exportiert werden. Die maximale organische Stickstoffmenge pro Hektar sinkt damit von 236 auf 189 kg N/ha für Ackerland und von 292 auf 233 kg N/ha für Grünland. Die Beibehaltung der höheren Obergrenze für Grünland wie auch die Restriktionen der P-Düngung auf hochversorgten Böden sind Gegenstand weiterer, derzeit noch laufender Reformdiskussionen zur DVO.

Der in den folgenden Analysen betrachtete Quotient zwischen den pflanzlichen Entzügen (Output) und den eingesetzten Stickstoffmengen (Input aus Mineraldünger und tierischen Ausscheidungen abzüglich exportierter Mengen) in Prozent kann als ‚Wirksamkeit‘, ‚Verwertung‘ oder ‚N-Effizienz‘ verstanden werden. Im folgenden Text wird von N-Effizienz oder Verwertung gesprochen. Dieser Indikator gibt Auskunft darüber, wie viel des eingesetzten Stickstoffs aus tierischen Ausscheidungen und Mineraldünger sich in den Ernteprodukten gemäß Stickstoff-Flächen-Stallbilanz wiederfindet, also unter Einbeziehung des Pflanzenbaus zur Erzeugung von Futtermitteln und ohne Abzug gasförmiger Lagerungs- und Ausbringungsverluste.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Vergleich der in den LandData-Betrieben abgebildeten landwirtschaftlichen Strukturen mit der Agrarstatistik

Die LandData-Betriebe geben ein zwar breite, aber nicht repräsentative und daher auch nicht ohne weiteres flächendeckend hochrechenbare Stichprobe der Landwirtschaftsbetriebe in Niedersachsen wieder. Die ausgewerteten Betriebe umfassen aber immerhin gut 10 % aller Landwirtschaftsbetriebe in Niedersachsen. Um eine Einordnung der betrieblichen Daten zu ermöglichen, wird im Folgenden ein Vergleich der Flächennutzungen, der pflanzlichen Erträge, der Tierbesatzdichten und der aggregierten N-Bilanzglieder im Vergleich zur Agrarstatistik für Niedersachsen vorgenommen. Dazu wurden Daten aus dem Agrarsektormodell RAUMIS für das Jahr 1999 herangezogen, die auch eine N-Bilanzrechnung enthalten.

Der Vergleich der Flächennutzung in Tabelle 2 zeigt, dass Grünland leicht unterrepräsentiert ist, auch die Bedeutung von Silomais und sonstigem Feldfutterbau fällt bei den LandData-Betrieben geringer aus. Größere Abweichungen fallen beim Körnermais auf, der in den LandData-Betrieben nur eine geringe Rolle spielt und niedrigere Erträge aufweist. Bei Winterweizen liegen die Erträge nach Agrarstatistik im Vergleich zum Aggregat der ausgewerteten Buchführungsabschlüsse etwas höher, bei Winterraps deutlich niedriger. Insgesamt ergibt der Vergleich aber keine grundsätzlichen und größeren Abweichungen. In Tabelle 3 wird deutlich, dass im Aggregat über alle LandData-Betriebe im Vergleich zur niedersächsischen Agrarstatistik insbesondere Bullen, Schweine und Geflügel deutlich schwächer repräsentiert werden. Die sonstige Rinderhaltung und insbesondere das Milchvieh sind dagegen bezüglich der Viehbesatzdichten besser vergleichbar. Aus der fehlenden Abbildung eines Teils der Veredlung resultiert eine deutlich geringere Viehbesatzdichte im LandData-Aggregat.

Daraus folgend liegen auch die tierischen Stickstoffausscheidungen deutlich unter den in RAUMIS kalkulierten Landeswerten. Da Marktfruchtbetriebe offenbar überproportional in der Stichprobe vertreten sind, wird für die LandData-Betriebe insgesamt ein vergleichsweise hoher Mineraleinsatz ausgewiesen. Die in RAUMIS um ca. 17 kg N/ha höhere Zufuhr von Stickstoff wird durch einen ebenfalls höheren pflanzlichen Entzug kompensiert. Zwar ist die gesamte N-Effizienz vergleichbar, die Effizienz des eingesetzten organischen N bei Anrechnung des mineralischen N mit 70 % Wirksamkeit fällt aber aufgrund der unterschiedlichen Relationen zwischen organischer und mineralischer Stickstoffzufuhr sehr verschieden aus (LandData: 15 %, RAUMIS: 36 %).

**Tabelle 2:** Vergleich von Flächennutzung und pflanzlichen Erträgen zwischen LandData (Betriebsstichprobe) und RAUMIS (Agrarstatistik)

		LandData	RAUMIS
<b>Anteil Grünland an Acker- und Grünland zusammen</b>			
Anteil Grünland	%	29,3	32,1
<b>Anteile an der Ackerfläche in %</b>			
Stilllegung	%	7,4	6,2
Winterweizen	%	21,1	17,5
Sommerweizen	%	0,7	1,6
Roggen	%	9,8	7,9
Wintergerste	%	14,8	11,1
Sommergerste	%	6,1	9,0
Hafer	%	1,7	2,4
Körnermais	%	0,7	4,1
Sonstiges Getreide	%	5,1	3,2
Hülsenfrüchte	%	0,5	0,5
Winterraps	%	6,0	3,7
NR-Raps	%	1,2	0,7
Sonstige Ölfrüchte	%	0,3	0,6
Kartoffeln	%	6,3	7,1
Zuckerrüben	%	6,7	7,0
Gemüse	%	0,3	0,9
Silomais	%	9,9	13,1
Futtermüben	%	0,1	0,1
Klee	%	1,5	0,1
Feldgras	%	0,4	1,9
<b>Erträge in Dezitonnen/ha</b>			
Winterweizen	<i>dt/ha</i>	77,7	83,8
Sommerweizen	<i>dt/ha</i>	59,9	58,3
Roggen	<i>dt/ha</i>	60,3	62,1
Wintergerste	<i>dt/ha</i>	65,1	67,0
Sommergerste	<i>dt/ha</i>	51,8	48,7
Hafer	<i>dt/ha</i>	45,7	47,0
Körnermais	<i>dt/ha</i>	42,9	80,1
Sonstiges Getreide	<i>dt/ha</i>	60,3	61,4
Hülsenfrüchte	<i>dt/ha</i>	34,1	34,1
Winterraps	<i>dt/ha</i>	42,5	33,3
Sonstige Ölfrüchte	<i>dt/ha</i>	16,2	24,7
Kartoffeln	<i>dt/ha</i>	350,4	405,2
Zuckerrüben	<i>dt/ha</i>	556,0	545,8

Quelle: Eigene Auswertungen von LandData-Buchführungsabschlüssen  
sowie Daten aus dem Agrarsektormodell RAUMIS

**Tabelle 3:** Vergleich von Tierbesatz und Elementen der Stickstoffbilanz zwischen LandData (Betriebsstichprobe) und RAUMIS (Agrarstatistik)

		LandData	RAUMIS
<b>Tierbestände in Stück/ha LF</b>			
Milchkühe	<i>Stk./ha</i>	0,30	0,30
Mutterkühe	<i>Stk./ha</i>	0,02	0,03
Altkühe	<i>Stk./ha</i>	0,01	0,01
Bullen	<i>Stk./ha</i>	0,14	0,23
Kälber	<i>Stk./ha</i>	0,13	0,20
Färsen	<i>Stk./ha</i>	0,29	0,31
Sauen	<i>Stk./ha</i>	0,17	0,25
Mastschweine	<i>Stk./ha</i>	1,25	1,99
Legehennen	<i>Stk./ha</i>	0,36	5,17
Schafe	<i>Stk./ha</i>	0,02	0,05
Pferde	<i>Stk./ha</i>	0,01	0,03
GV Rinder	<i>GV/ha</i>	0,62	0,72
GV gesamt	<i>GV/ha</i>	0,84	1,16
<b>Rinderbestand/ha Hauptfutterfläche</b>			
GV Rinder	<i>GV/ha</i>	1,72	1,71
<b>Stickstoffbilanzgrößen in kg/ha LF (ohne Stilllegung)</b>			
Mineralischer Dünger	<i>kg/ha</i>	142,3	127,4
Tierische Ausscheidungen	<i>kg/ha</i>	87,5	119,8
N-Entzug	<i>kg/ha</i>	112,8	133,0
N-Saldo	<i>kg/ha</i>	117,0	114,2
N-Effizienz	%	49,1	53,8
Norg-Effizienz	%	15,1	36,5

Quelle: Eigene Auswertungen von LandData-Buchführungsabschlüssen  
sowie Daten aus dem Agrarsektormodell RAUMIS; Mineraldüngereinsatz nach  
Stat. Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 8.2, Düngemittelversorgung (div. Jgg.)

Die Vergleiche zeigen, dass eine einfache Übertragung der Ergebnisse auf die gesamte Landwirtschaft nicht zu repräsentativen Ergebnissen für Niedersachsen führt. Eine verbesserte Hochrechnung der Betriebsgruppen konnte innerhalb der Projektlaufzeit nicht entwickelt werden und bleibt weiteren Arbeiten vorbehalten, die auf die hier vorliegenden Ergebnisse aufbauen sollten. Die vorliegenden Daten und Kalkulationen bieten aber gute Möglichkeiten, anhand von Betriebsschichtungen die Entstehung und Höhe von N-Bilanzüberschüssen in Abhängigkeit von betrieblichen Merkmalen und dem Düngeverhalten, insbesondere dem tatsächlichen Mineraldüngereinsatz, zu analysieren. In den folgenden Abschnitten werden Ergebnisse dieser Bilanzanalysen vorgestellt.

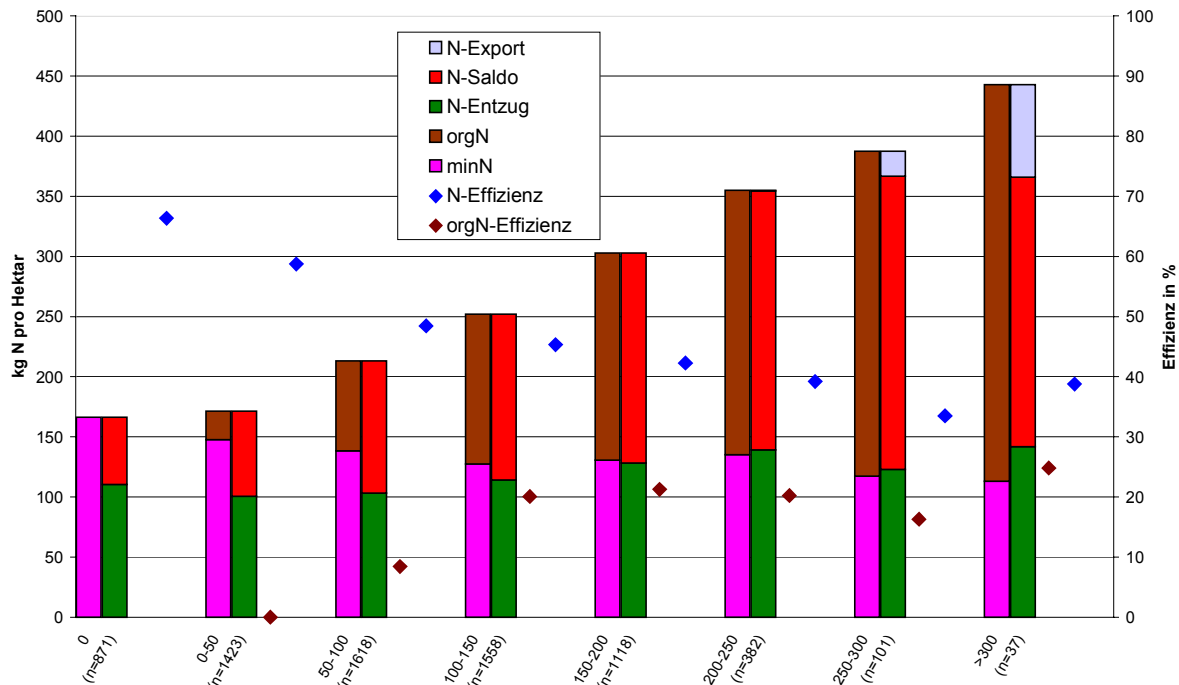
### 3.2 Auswertungen nach Betriebsformen und Stickstoffaufkommen aus der Tierhaltung

Die Abbildung 1 gibt einen Überblick zu den Bilanzen von über 7.000 Betrieben in Niedersachsen, gruppiert nach dem Aufkommen von Stickstoff aus Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft. Die Abbildungen 2 bis 4 sind vergleichbar aufgebaut. An der X-Achse sind das N-Aufkommen aus tierischem Dung in kg/ha sowie die Anzahl ausgewerteter Betriebe (N= ...) ausgewiesen. An der linken Y-Achse sind die Stickstoffbilanzglieder in kg/ha abgetragen, an der rechten Achse die N-Effizienzen in Prozent. Die Bilanzelemente teilen sich in eine Inputsäule (links: Mineraldünger, organischer Dung aus tierischen Ausscheidungen insgesamt) und eine Outputsäule (rechts: Entzug, Überschuss, N-Export). Die Obergrenzen für die Ausbringung von organischem Stickstoff gemäß DVO führen bei einem Abzug gasförmiger Verluste von 28 % für Gülle dazu, dass aus viehstarken Betrieben Wirtschaftsdünger exportiert werden muss. Diese kalkulatorische Menge ist als „N-Export“ in der Grafik oberhalb des N-Saldos abgetragen.

Es zeigt sich, dass die Kombination von organischem und mineralischem Stickstoff und die zugrunde liegende Anrechnung des organischen Stickstoffs entscheidend für die N-Bilanz sind. In Marktfruchtbetrieben ohne organischen Dunganfall werden N-Effizienzen (Input/Output-Quotient) in Höhe von ca. 70 % ausgewiesen. Für die Ermittlung der kalkulatorischen Effizienz der organischen Stickstoffdüngung wurde generell von einer Effizienz des Mineraldüngers in Höhe von 70 % ausgegangen. Dies kann allerdings in einigen Betriebsgruppen zu Verzerrungen führen, da die Ausnutzung auch des Mineraldüngers in Wirklichkeit nicht konstant sein dürfte und die Effizienz des organischen Anteils als Residuum starken Schwankungen unterliegt.

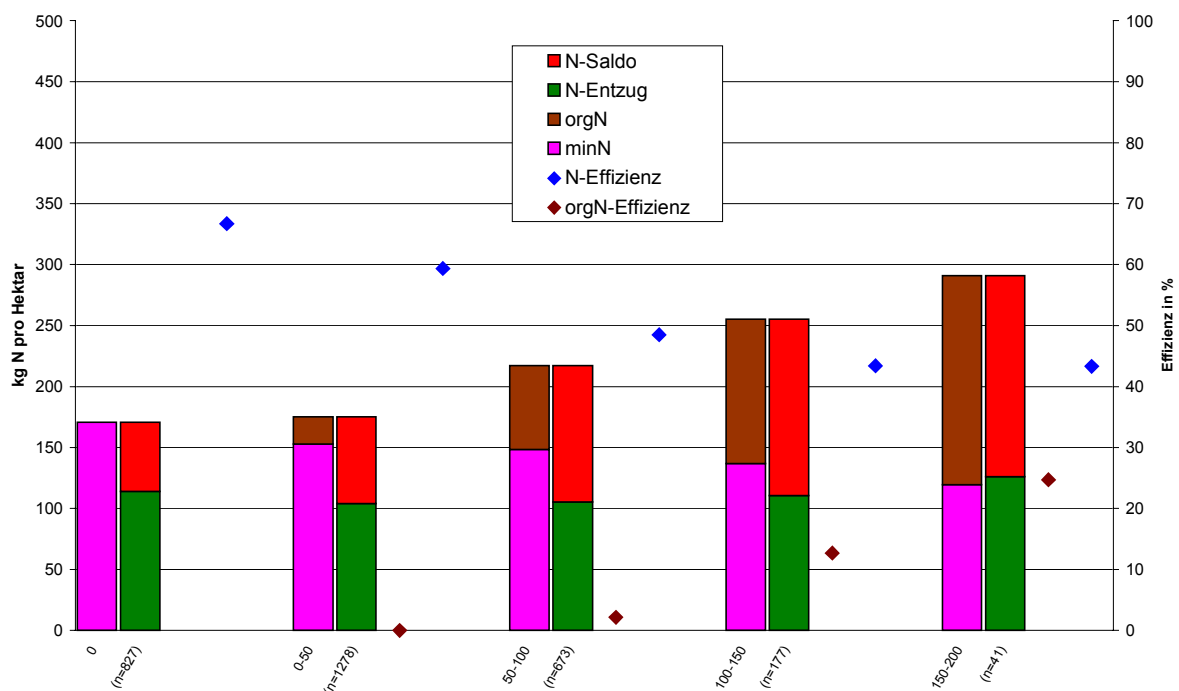
Die N-Effizienz der in Abbildung 1 ausgewiesenen Gesamt-Stickstoffzufuhr (N-Effizienz) sinkt ausgehend von einem Niveau von ca. 70 % auf unter 50 % bei einem Stickstoffaufkommen aus tierischem Dung von 50-100 kg/ha. Oberhalb von 200 kg tierischem Dung pro Hektar sinkt die Effizienz des gesamten berechneten Stickstoffs von Mineraldünger und tierischen Ausscheidungen (N-Effizienz) auf unter 40 %. Die N-Bilanzüberschüsse liegen bei einem Dunganfall von 100-150 kg/ha bereits deutlich über 100 kg/ha und steigen bei höherem Dunganfall noch weiter an. Die mit zunehmendem Einsatz tierischen Dungs leicht abnehmenden Mineraldünger aufwendungen (minN) sowie der kalkulierte Export von Wirtschaftsdünger begrenzen die maximalen Überschüsse auf 200-250 kg/ha.

**Abbildung 1:** Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz in landwirtschaftlichen Betrieben in Niedersachsen in Abhängigkeit vom N-Aufkommen aus tierischem Dung (Mittelwert der Jahre 1999/2000 und 2000/2001)



Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage von LandData-Betriebsabschlüssen **org.N in kg pro Hektar (in Klammern: Anzahl Betriebe)**

**Abbildung 2:** Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz in Marktfruchtbetriebe in Niedersachsen in Abhängigkeit vom N-Aufkommen aus tierischem Dung (Mittelwert der Jahre 1999/2000 und 2000/2001)



Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage von LandData-Betriebsabschlüssen **org.N in kg pro Hektar (in Klammern: Anzahl Betriebe)**

Bei Annahme eines statischen Ausnutzungskoeffizienten für Mineraldünger von 70 % resultieren sehr geringe Effizienzkoeffizienten für den organischen Stickstoff (orgN), die unterhalb von 100 kg organischem Stickstoff pro Hektar unter 10 % bleiben und bei höherem Dungaufkommen um 20 % schwanken.

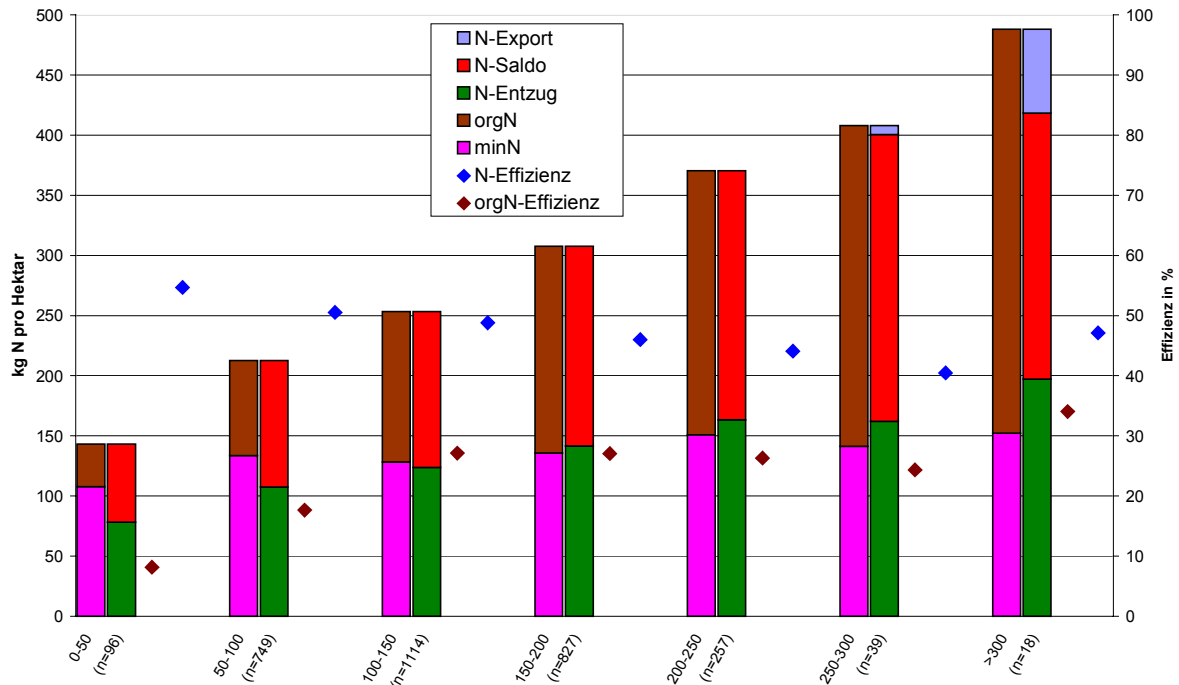
Die Abbildungen 2 bis 4 enthalten die entsprechenden Darstellungen für Marktfrucht-, Futterbau- und Veredlungsbetriebe. In Marktfruchtbetrieben (Abbildung 2) liegt eine geringe Effizienz des organischen Düngers zwischen 10 und 25 % vor. Bei zunehmendem organischem Stickstoffaufkommen aus der Tierhaltung steigt die N-Effizienz des organischen Stickstoffs tendenziell leicht an, und die Gesamt-N-Effizienz fällt mit zunehmendem organischem Dungaufkommen von ca. 70 % auf unter 50 %.

Die Abbildung 3 zeigt die Situation für Futterbaubetriebe. In diesen Betrieben sinkt die Gesamt-N-Effizienz ausgehend von ca. 55 % bei niedrigen Viehbesätzen bei steigendem Dungaufkommen auf unter 50 % ab. Die Effizienz des organischen Stickstoffs steigt dabei zunächst an und schwankt dann zwischen 20 und 30 %. Die auf Grundlage der in Kapitel 2 vorgestellten Vorgehensweise geschätzten Entzüge durch die Ganzpflanzenernte im Futterbaubetrieb (Silomais, Feld- und Klee gras, Grünland) steigen bei zunehmender Besatzdichte an raufutterfressenden Tiere deutlich an, so dass sich trotz des bei zunehmendem Dungaufkommen nahezu gleich bleibenden Mineraldüngereinsatzes eine etwas günstigere Verwertung des organischen Stickstoffs ergibt. Oberhalb von 100 kg/ha organischem Stickstoff steigen die N-Bilanzüberschüsse auf 150 bis über 200 kg/ha an.

Wie in Kapitel 2 erläutert spielt in extensiveren Futterbaubetrieben die mögliche N-Bindung durch Leguminosen eine Rolle, insbesondere durch Weißklee auf Grünland. Eine hohe, allerdings schwer quantifizierbare Stickstoffzufuhr durch Leguminosen könnte dazu führen, dass die berechnete Verwertung des Stickstoffs aus tierischen Ausscheidungen in extensiveren Futterbaubetrieben noch schlechter ausfällt. SCHERINGER (2002) schätzte für ökologisch wirtschaftende Futterbaubetriebe eine N-Bindung von ca. 60 kg/ha, vorwiegend durch Weißklee. Extensive, konventionelle Futterbaubetriebe weisen dagegen nach dieser Untersuchung lediglich eine zusätzliche N-Zufuhr von bis zu 10 kg N/ha auf. ANGER et al. (1997) und ANGER (1997) weisen für Futterbaubetriebe mit Extensivierungsprämie und ohne Einsatz von Stickstoffmineraldünger im Grünland 44 kg N/ha aus Leguminosen aus, in konventionellen Vergleichsbetrieben dagegen nur 12 kg/ha. Da die Masse der Futterbaubetriebe im LandData-Datensatz nicht zu den sehr extensiven Futterbaubetrieben gehört, ist den Ergebnissen der genannten Untersuchungen zufolge keine allzu große Verzerrung aufgrund der N-Bindung durch Leguminosen zu erwarten.

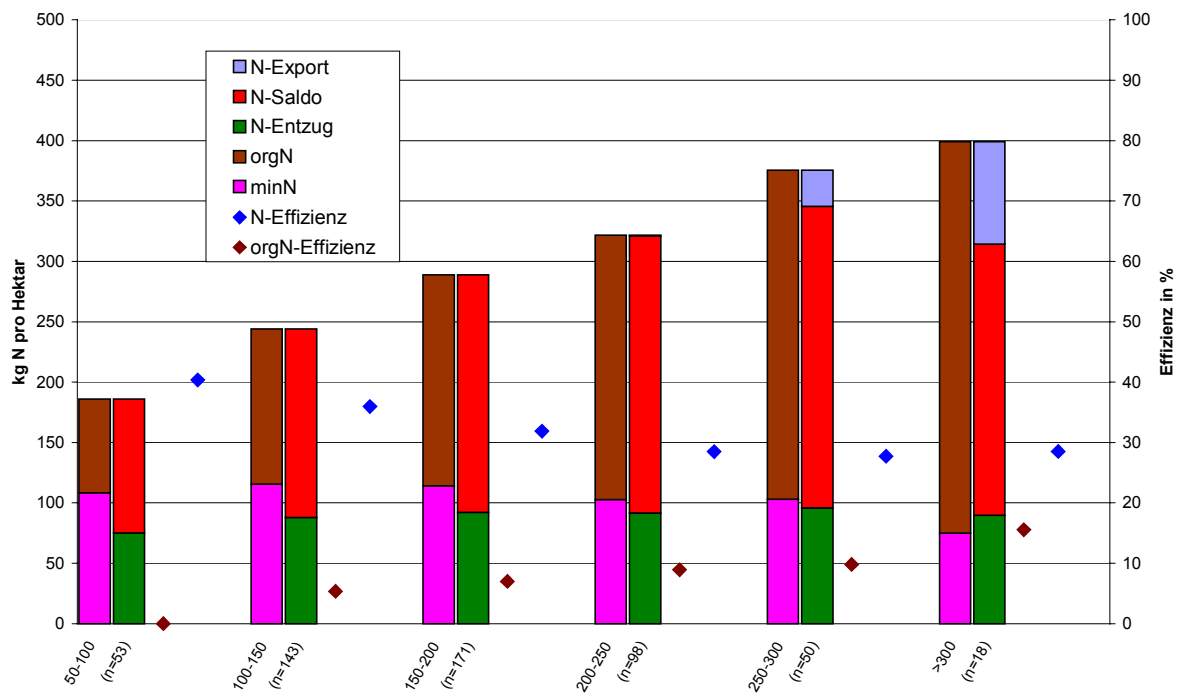


**Abbildung 3:** Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz in Futterbaubetrieben in Niedersachsen in Abhängigkeit vom N-Aufkommen aus tierischem Dung (Mittelwert der Jahre 1999/2000 und 2000/2001)



Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage von LandData-Betriebsabschlüssen **org.N in kg pro Hektar (in Klammern: Anzahl Betriebe)**

**Abbildung 4:** Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz in Veredlungsbetrieben in Niedersachsen in Abhängigkeit vom N-Aufkommen aus tierischem Dung (Mittelwert der Jahre 1999/2000 und 2000/2001)



Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage von LandData-Betriebsabschlüssen **org.N in kg pro Hektar (in Klammern: Anzahl Betriebe)**

Veredlungsbetriebe weisen eine von 40 auf unter 30 % sinkende Gesamt-N-Effizienz und eine sehr niedrige, mit zunehmendem Viehbesatz tendenziell leicht ansteigende Verwertung des organischen Stickstoffs auf, die in allen Betriebsklassen unter 20 % liegt. Die kalkulierten pflanzlichen Entzüge entstehen in diesen Betrieben vor allem im Ackerbau. Für Ackerkulturen wie Getreide liegen im Vergleich zum Futterbau plausible Ertragseinschätzungen vor, weshalb die kalkulierten Entzüge realistischer sein dürften als in Futterbaubetrieben. Die Entzüge durch Pflanzenbau in Veredlungsbetrieben wurden daher nicht korrigiert. Aufgrund von N-Ausbringungsgrenzen ist damit zu rechnen, dass in Betrieben mit einem organischen N-Aufkommen von deutlich über 200 kg/ha Gülleexporte stattfinden. Zusätzlich können auch Phosphat-Überschüsse zur Notwendigkeit des Exports von tierischen Dungstoffen führen. Die anhand der N-Obergrenzen bei einem Abzug gasförmiger Verluste von 28 % für Gülle kalkulierten Exportmengen sind in der Grafik oberhalb des N-Saldos abgetragen. Wird davon ausgegangen, dass diese N-Mengen tatsächlich aus dem Betrieb exportiert werden, führt der Export dazu, dass die N-Salden in Betrieben mit sehr hohem organischen N-Aufkommen auf hohem Niveau von 200-250 kg N/ha stabilisiert werden und trotz höherer Viehdichte nicht weiter ansteigen.

### **3.3 Analyse ausgewählter Variablen, die einen Zusammenhang mit der Höhe der N-Bilanzsalden aufweisen**

Mit Hilfe statistischer Analysen sollen Variablen identifiziert werden, die mit der Höhe des N-Bilanzsaldos in Zusammenhang stehen. Dafür werden getrennt nach Betriebsformen Einfachkorrelationen nach SPEARMAN berechnet (vgl. Tab. 4). Im Ergebnis steht der Korrelationskoeffizient  $r_s$ , dessen absoluter Wert zwischen 0 und 1 liegt und die Symmetrie der Varianzen zwischen zwei Variablen wiedergibt. 0 bedeutet, dass keinerlei Zusammenhang vorliegt, 1 steht für den stärksten möglichen Zusammenhang zwischen den Verteilungen beider Variablen. Das Vorzeichen zeigt an, ob es sich um positive oder negative Zusammenhänge handelt. Ein negativer Wert bedeutet z. B., dass mit steigender Bodengüte geringere N-Bilanzsalden auftreten. Das Kürzel  $p$  ist ein Maß für die Güte der Abbildung und bezeichnet die Wahrscheinlichkeit, dass der ausgewiesene Korrelationskoeffizient nicht von 0 unterschieden ist und somit kein statistisch signifikanter Zusammenhang besteht. Unterhalb eines Niveaus von 0,05 wird i.d.R. von einem statistisch signifikanten Zusammenhang ausgegangen. Dies bedeutet aber nicht, dass tatsächlich ein kausaler Einfluss von einer der Variablen auf die andere ausgeht. Als Variablen wurde die landwirtschaftliche Vergleichszahl (Bodenklimazahl) als Indikator für die Standortgüte, der Getreideertrag, der Anteil Winterweizen und Winterraps an der Ackerfläche, die Milchleistung pro Kuh sowie die N-Bilanzglieder mineralische und organische N-Zufuhr pro Hektar und der pflanzliche Entzug ausgewählt. In Tabelle 4 werden die Ergebnisse der Analyse dargestellt. Da bei großem Umfang der analysierten Stichprobe eher signifikante Zusammenhänge ausgewiesen werden, liegen für die gut repräsentierten Betriebs-

formen Marktfrucht und Futterbau regelmäßig signifikante Korrelationen vor, bei den Veredlungsbetrieben sind dagegen nur die Werte für die mineralische und organische Stickstoffzufuhr signifikant mit dem N-Bilanzsaldo korreliert. Ein Korrelationskoeffizient mit einem absoluten Betrag von deutlich unter 0,5 gilt als geringe Korrelation und erlaubt keine eindeutige Aussage über vorliegende Zusammenhänge.

**Tabelle 4:** Korrelation des N-Bilanzsaldos mit ausgewählten Kennzahlen, getrennt nach Betriebsform

Anzahl Betriebe	Marktfrucht		Futterbau		Veredlung	
	3003		3070		545	
	$r_s$	p	$r_s$	p	$r_s$	p
Vergleichszahl	<b>-0,105</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>-0,058</b>	<b>0,004</b>	0,022	0,6485
Getreideertrag/ha	<b>-0,056</b>	<b>0,0024</b>	<b>0,091</b>	<b>&lt;0,0001</b>	-0,024	0,5734
Anteil Weizen und Raps	<b>-0,042</b>	<b>0,0207</b>	<b>-0,090</b>	<b>&lt;0,0001</b>	0,043	0,3214
Milchleistung/Kuh	.	.	<b>0,273</b>	<b>&lt;0,0001</b>	.	.
min.N/ha	<b>0,446</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,776</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,365</b>	<b>&lt;0,0001</b>
org.N/ha	<b>0,464</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,545</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,777</b>	<b>&lt;0,0001</b>
N-Entzug/ha	<b>-0,091</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,349</b>	<b>&lt;0,0001</b>	0,035	0,4129

$r_s$ : Korrelationskoeffizient nach SPEARMAN, p: Überschreitungswahrscheinlichkeit zum Test gegen die 0-Hypothese, Werte bei  $p \leq 0,05$  fett gedruckt.

Quelle: Eigene Auswertungen von LandData-Buchführungsabschlüssen

In Marktfrucht- und Futterbaubetrieben liegen für die Vergleichszahl, den Getreideertrag und den Weizen- und Rapsanteil sehr geringe Korrelationen vor. Standort- und Ertragskennziffern stehen angesichts der geringen absoluten Beträge der Korrelationskoeffizienten in keinem Zusammenhang mit der Verteilung der N-Bilanzüberschüsse. Der N-Saldo ist von den verschiedenen N-Bilanzgrößen abhängig. Daher werden die Zusammenhänge zwischen N-Saldo und N-Düngung bzw. N-Entzug untersucht. In Marktfrucht- und Veredlungsbetrieben ergibt sich kein deutlicher Zusammenhang zwischen N-Entzug und N-Saldo. In Futterbaubetrieben steigt aufgrund der höheren Grundfutterproduktion bei höherer Viehdichte der Entzug, allerdings auch der Bilanzüberschuss. Daher kommt es hier zu einem etwas höheren, positiven Korrelationskoeffizienten.

Bezüglich des mineralischen und organischen N-Einsatzes wird angenommen, dass der Korrelationskoeffizient, der den Zusammenhang mit dem N-Überschuss ausweist, Hinweise über die Ursachen von Stickstoffüberschüssen geben kann. In Marktfruchtbetrieben stehen beide N-Quellen in einem ähnlichen, positiven Zusammenhang mit dem N-Saldo. Ein erhöhter Einsatz organischen Stickstoffs steht also genauso wie eine Steigerung des Einsatzes mineralischen Stickstoffs im Zusammenhang mit einem ansteigenden N-Saldo. Im Futterbau liegt dagegen eine andere Konstellation vor. Während die organische N-Zufuhr mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,55 mit dem N-Saldo zusammenhängt, steht die mineralische N-Zufuhr mit einem Korrelationskoeffizienten von über 0,75 in einem deutlich engeren Zusammenhang mit dem Saldo. Dies deutet darauf hin, dass es

Betriebe mit höherem organischen N-Einsatz gibt, die aber aufgrund eines geringen Mineraldüngereinsatzes entsprechend niedrige N-Salden erreichen. Umgekehrt können auch Betriebe auftreten, die trotz hohem N-Aufkommen aus der Tierhaltung die Mineraldüngung nicht einschränken, sondern möglicherweise sogar erhöhen, so dass es zu sehr hohen Überschüssen kommt. Entscheidend für die Entstehung sehr hoher N-Salden im Futterbau ist also offenbar nicht nur die Viehbesatzdichte, sondern auch der Einsatz von Mineraldünger, der ergänzend zur organischen Düngung vorgenommen wird.

In Veredlungsbetrieben ist die Relation der Korrelationskoeffizienten zwischen mineralischer und organischer N-Zufuhr im Vergleich zum Futterbau genau umgekehrt gelagert. Der hohe Korrelationskoeffizient für die organische N-Zufuhr und der geringere für mineralische Düngung deuten darauf hin, dass bei zunehmendem N-Aufkommen aus der Tierhaltung die Höhe der mineralischen N-Düngung tendenziell abnimmt. Hohe N-Salden sind in dieser Betriebsform daher vor allem auf steigende organische N-Mengen zurückzuführen und weniger auf eine hohe, ergänzende Mineraldüngung. Im folgenden Abschnitt soll diesen Hinweisen, die sich aus der Korrelationsanalyse ergeben haben, nachgegangen werden.

### **3.4 Analyse von Futterbau- und Veredlungsbetrieben mit unterschiedlich hohem Einsatz von Stickstoff-Mineraldünger**

Eine Schichtung der im Abschnitt 3.2 analysierten Betriebe nach der Höhe des Mineraldüngereinsatzes soll Aufschluss darüber geben, wie Betriebe strukturiert sind, die aufgrund eines geringen Mineraldüngereinsatzes auch verringerte N-Bilanzsalden aufweisen. Verglichen wird diese Betriebsgruppe dabei mit solchen Betrieben, die einen vergleichsweise hohen Mineraldüngereinsatz aufweisen. Dazu wurden zwei Gruppen gebildet, einmal Betriebe mit einem Mineraldünger-N-Einsatz unter 80 kg/ha, und Betriebe mit einem Einsatz über 120 kg/ha. Anschließend wurden die Gruppen nach der Betriebsform Futterbau und Veredlung sowie dem Aufkommen von Stickstoff aus der Tierhaltung geschichtet. Tabelle 5 gibt die Ergebnisse dieser Schichtung wieder. Die Gruppe mit geringem Mineraldüngereinsatz repräsentiert Betriebe auf vergleichsweise schlechteren Standorten, worauf die geringeren Vergleichszahlen hinweisen, und mit geringeren Getreideerträgen. In den Futterbaubetrieben fällt auch die Milchleistung pro Kuh in den Gruppen mit geringerem organischem N-Aufkommen niedriger aus. Die Höhe der Mineraldüngung unterscheidet sich trotz des vergleichbar hohen organischen N-Inputs stark zwischen den beiden Gruppen. Zwischen den Vergleichsgruppen tritt bei Futterbaubetrieben je nach Klasse des Wirtschaftsdünger-aufkommens eine Differenz der Stickstoff-Mineraldüngermenge in Höhe von 110 bis 125 kg/ha auf, bei Veredlungsbetrieben in Höhe von 90 bis 100 kg/ha. Die N-Salden zwischen beiden Gruppen unterscheiden sich in der Folge beim Futterbau um 100 kg/ha, d. h. dass die Betriebsgruppe mit hohem Mineraldüngereinsatz bei ver-

gleichbarer N-Menge aus der Tierhaltung einen um 100 kg/ha höheren N-Überschuss im Vergleich zur Gruppe mit niedrigem Mineraleinsatz aufweist. Alle Futterbau-Betriebsgruppen mit geringem Mineraleinsatz weisen Stickstoffbilanzüberschüsse von deutlich unter 100 kg/ha auf. In Veredlungsbetrieben liegt die Differenz der Salden zwischen den beiden Gruppen bei 50 bis 70 kg/ha und damit erheblich niedriger. Hier bestätigt sich, dass im Futterbau besonders hohe Varianzen des Mineraleinsatzes auftreten, und besonders eine hohe Mineraleinsatzung eine Ursache für stark erhöhte N-Bilanzsalden darstellt.

**Tabelle 5:** Vergleich zwischen Futterbau- und Veredlungsbetrieben mit unterschiedlich hohem Einsatz von Stickstoff-Mineraldünger, differenziert nach Klassen der N-Aufkommens aus Wirtschaftsdünger

N aus Wirtschaftsdünger in kg/ha	Anzahl Betriebe	min. N/ha	N-Saldo	N-Effizienz	Vergleichszahl	Getreideertrag in dt/ha	Milchleistung in kg pro Kuh
<b>Futterbaubetriebe</b>							
<b>Niedriger Stickstoff-Mineraldüngereinsatz (&lt; 80 kg/ha)</b>							
0-50	24	44	10	87	30,3	50,6	4628,1
50-100	97	53	50	61	27,5	49,0	5523,4
100-150	180	52	65	63	27,9	50,0	6178,8
150-200	104	49	88	60	24,8	54,5	6434,6
200-250	27	37	86	66	26,4	55,2	7516,2
<b>Hoher Stickstoff-Mineraldüngereinsatz (&gt; 120kg/ha)</b>							
0-50	38	168	110	46	33,5	65,2	5620,1
50-100	427	168	128	48	36,5	66,3	6427,4
100-150	632	162	156	46	33,6	62,7	6773,4
150-200	510	167	195	43	28,8	59,9	6898,5
200-250	187	179	234	41	28,3	58,5	7276,2
<b>Veredlungsbetriebe</b>							
<b>Niedriger Stickstoff-Mineraldüngereinsatz (&lt; 80 kg/ha)</b>							
50-100	14	49	76	41	21,7	54,6	.
100-150	26	54	119	35	27,2	56,3	.
150-200	35	56	163	29	28,9	56,2	.
200-250	24	55	205	26	30,1	56,1	.
250-300	12	42	236	26	33,7	57,6	.
<b>Hoher Stickstoff-Mineraldüngereinsatz (&gt; 120kg/ha)</b>							
50-100	26	148	141	38	35,4	60,4	.
100-150	73	150	179	36	37,0	63,3	.
150-200	76	151	219	33	37,6	66,8	.
200-250	25	150	267	28	36,9	63,6	.
250-300	15	146	307	26	38,9	67,1	.

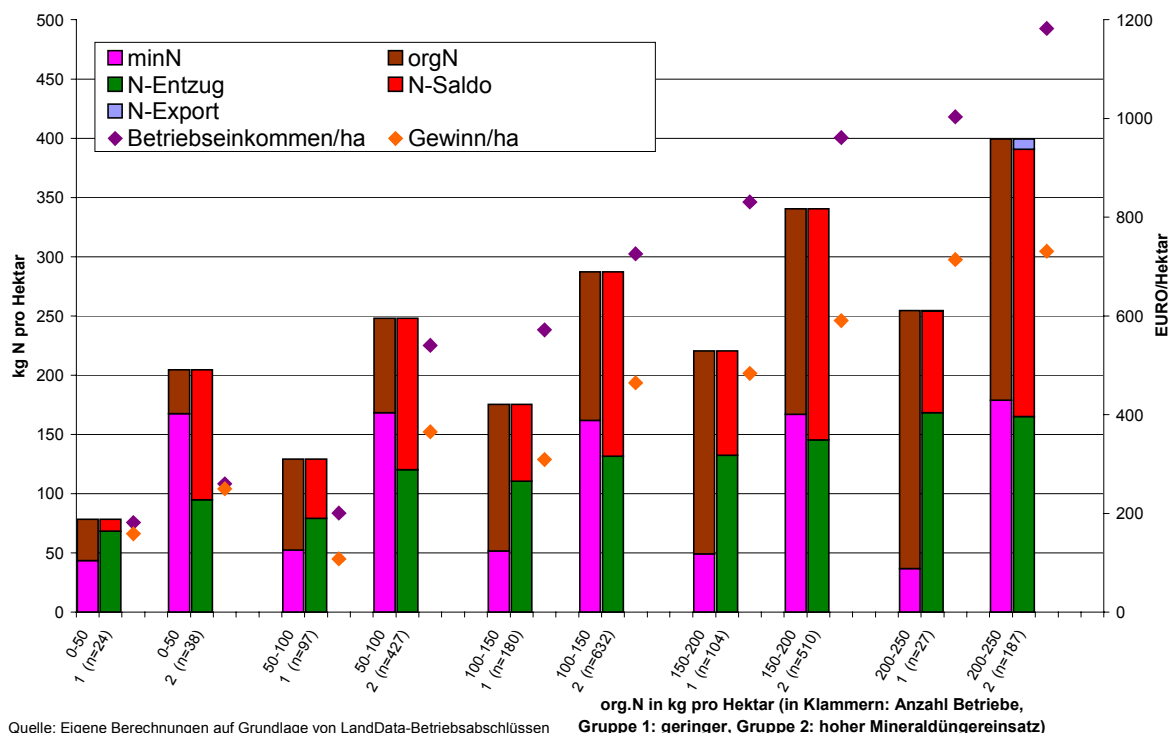
Quelle: Eigene Auswertungen von LandData-Buchführungsabschlüssen

Während sich die Gesamt-N-Effizienz in Veredlungsbetrieben zwischen den beiden Gruppen kaum unterscheidet, was auf unterschiedliche N-Entzüge zurückzuführen ist, liegt die N-Effizienz in Futterbaubetrieben mit geringem Mineraleinsatz gegenüber der Vergleichsgruppe um bis zu 40 Prozentpunkte höher.

Die Abbildung 5 zeigt in vergleichbarem Aufbau wie die Abbildungen 1 bis 4 die N-Bilanzgrößen im Paarvergleich für Futterbaubetriebe mit geringem und hohem Mineraleinsatz. Die in der X-Achsenlegende ausgewiesene Gruppe 1 (vor der Anzahl Betriebe

n= ...) umfasst die Betriebe mit geringer Mineraldüngung, die Gruppe 2 diejenigen mit hohem Mineraldüngereinsatz pro Hektar. Zusätzlich werden in der Abbildung Kennziffern für den ökonomischen Betriebserfolg aufgenommen, und zwar das Betriebseinkommen und der Gewinn in Euro pro Hektar. Aus dem Betriebseinkommen sind noch alle eingesetzten Faktoren, d. h. Arbeit, Kapital und Boden, sowie die Unternehmertätigkeit zu entlohnen. Aus dem Gewinn sind dagegen die Fremdlöhne, Zinsen und Pachten für nicht betriebseigene Produktionsfaktoren bereits entgolten. Der Gewinn dient zur Entlohnung der betriebseigenen Faktoren und der Unternehmertätigkeit. Da fast alle Betriebe auch betriebsfremde Faktoren einsetzen, vor allem Fremdkapital und Pachtland, liegt der Gewinn unterhalb des Betriebseinkommens. Aufgrund ansteigender Einkommen aus der Tierhaltung nehmen Betriebseinkommen und Gewinn pro Hektar bei höherer Viehbesatzdichte zu.

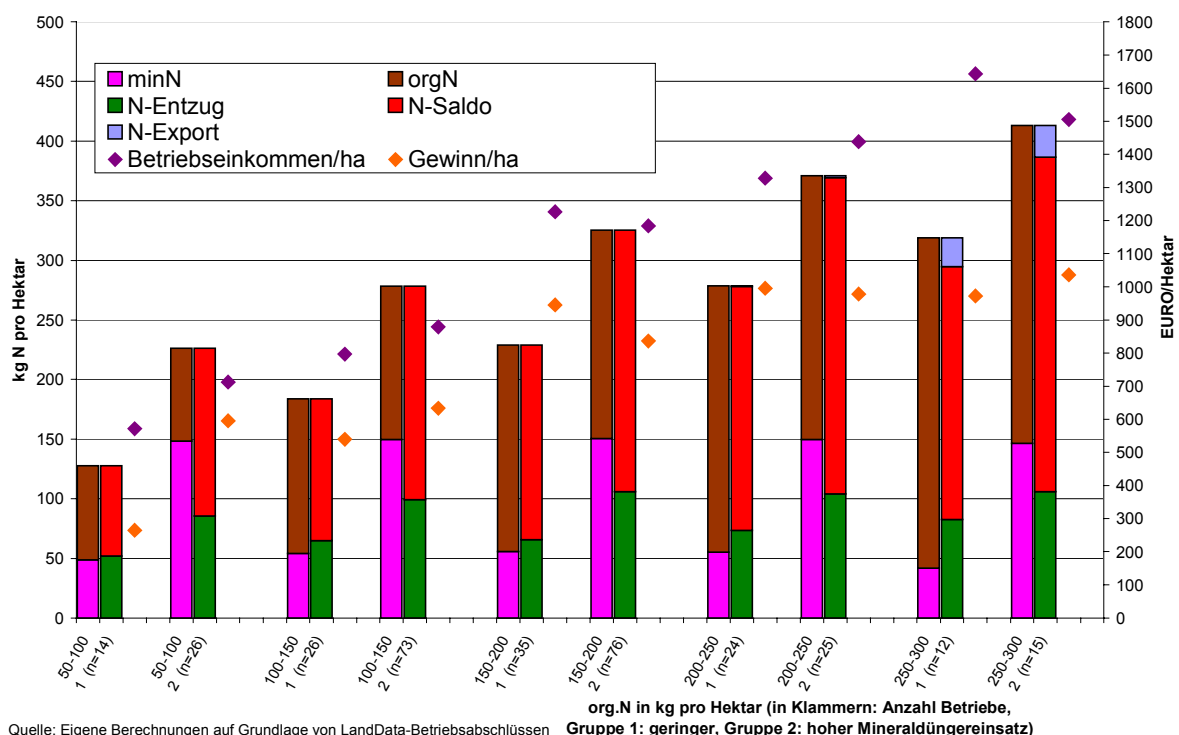
**Abbildung 5:** Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz sowie Betriebserfolg in Futterbaubetrieben mit unterschiedlich hohem Einsatz von Stickstoff-Mineraldünger, differenziert nach Klassen der N-Aufkommens aus Wirtschaftsdünger



In Abbildung 5 wird die Entstehung des N-Bilanzüberschusses aufgrund des sehr unterschiedlichen Mineraldüngereinsatzes illustriert. Bei geringem mineralischem N-Input liegen die durchschnittlichen N-Salden in allen Betriebsgruppen unterhalb des Saldos selbst der Betriebe mit 0-50 kg organischem N/ha und hohem Mineraldüngereinsatz. Auffällig ist das i.d.R. deutlich schlechtere Betriebsergebnis in der Gruppe der Futterbaubetriebe

mit geringem Mineraleinsatz gegenüber der Vergleichsgruppe. Die Betriebseinkommen unterscheiden sich innerhalb der Klassen des Wirtschaftsdüngeraufkommens zwischen Gruppe 1 und 2 um bis über 300 Euro/ha, die Gewinne um bis zu 250 Euro/ha. Bei besonders niedriger und bei hoher Viehdichte fallen die Differenzen deutlich geringer aus. Offensichtlich fällt ein hoher Mineraleinsatz häufig mit einem guten ökonomischen Erfolg zusammen. Besonders umweltschonende Futterbaubetriebe mit geringem Mineraleinsatz sind dagegen als wirtschaftlich z. T. deutlich schwächer und daher möglicherweise langfristig in ihrem Bestand gefährdet anzusehen. Der Zusammenhang zwischen niedrigem Mineraleinsatz und geringerem ökonomischen Erfolg ist jedoch keineswegs kausal zu interpretieren, in dem Sinne, dass ein geringerer Mineraleinsatz zu Gewinnverlusten führen muss. Vielmehr kann die Hypothese aufgestellt werden, dass in Betrieben mit wirtschaftlichen Schwierigkeiten die Mineraleinsatzung unter Kostengesichtspunkten stärker eingeschränkt wird als in Betrieben mit größerem betriebswirtschaftlichen Erfolg.

**Abbildung 6:** Wirtschafts- und Mineraleinsatz sowie Betriebserfolg in Veredlungsbetrieben mit unterschiedlich hohem Einsatz von Stickstoff-Mineraldünger, differenziert nach Klassen der N-Aufkommens aus Wirtschaftsdünger



In Veredlungsbetrieben gelten die in Futterbaubetrieben gemachten Beobachtungen zum Teil ebenfalls, nur nicht in so starkem Ausmaß. So unterscheiden sich die N-Bilanzsalden nicht so drastisch, da die Entzüge in Betrieben mit geringerem Mineraleinsatz ebenfalls niedriger liegen. Unterschiede bezüglich der ökonomischen Erfolgskennziffern zu

Ungunsten der Betriebe mit niedrigem Mineraldüngereinsatz treten zudem nur bei niedrigerem organischem N-Aufkommen unterhalb von 150 kg/ha auf. Pflanzenbau und Düngung spielen in Veredlungsbetrieben eine sehr untergeordnete Rolle für Kosteneinsparungen und die Gewinnentstehung. Ein Vergleich der Betriebe mit niedrigem und hohem Mineraldüngereinsatz zeigt, dass es in der zweiten Gruppe offensichtlich noch erhebliche Reserven für die Einsparung von Mineraldünger gibt.

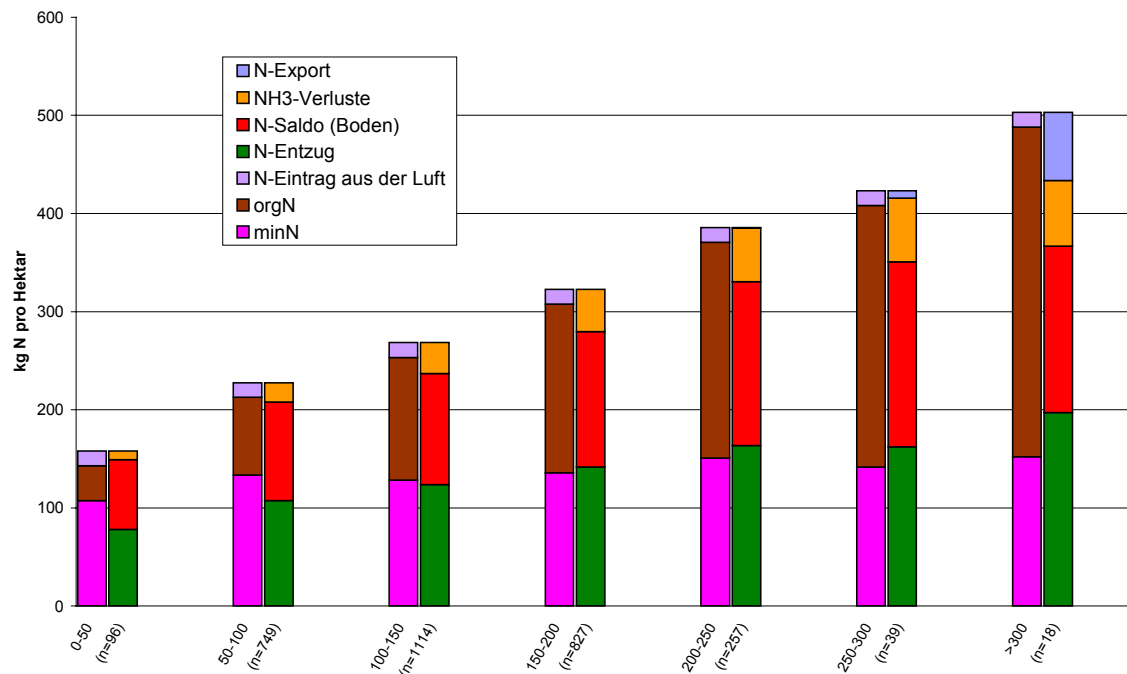
### 3.5 Überlegungen zur Berücksichtigung gasförmiger Stickstoffverluste

Bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger kommt es in erheblichem Umfang zu Ammoniakemissionen, die bei für den Wasserschutz relevanten Stickstoff-Flächenbilanzen als gasförmige N-Verluste abgezogen werden. Aufgrund der hohen Variabilität der Ammoniakemissionen in Abhängigkeit von Tierart, Art der Stallhaltung, Wirtschaftsdüngerlagerung und -ausbringung können diese Emissionswerte nicht betriebsindividuell berechnet werden, stattdessen kommen pauschale Prozentabschläge zum Einsatz. So rechnen BACH und FREDE (2002) mit gasförmigen Verlusten von 31 % bei Schweinehaltung und 34 % bei Rinderhaltung. Auf Grundlage von Arbeiten zum Aufbau eines Ammoniak-Emissionsinventars der deutschen Landwirtschaft (DÖHLER et al., 2002) wird für die folgenden Überschlagsrechnungen von 25 % gasförmigen N-Verlusten in der Rinderhaltung und 35 % in der Schweinehaltung ausgegangen, die von der nach Wirtschaftsdüngerexport verbleibenden Stickstoffmenge abgezogen werden. Da ein Teil der gasförmigen Verluste zu atmosphärischen Einträgen auf landwirtschaftlichen Flächen führt, werden zur Schätzung des auswaschungsrelevanten N-Überschusses im Boden auch die atmosphärischen Einträge berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Berechnung einschließlich atmosphärischen Einträge und gasförmiger N-Verluste sind entsprechend der Abbildungen 3 und 4 für Futterbau- und Veredlungsbetriebe in den Abbildungen 7 und 8 dargestellt. Dabei werden die Einträge aus der Luft als Input und die  $\text{NH}_3$ -Verluste als Output betrachtet. Für fast alle Futterbau- und Veredlungsbetriebe liegt der kalkulierte gasförmige Verlust weit oberhalb der atmosphärischen Einträge, weshalb die N-Bilanzsalden deutlich niedriger liegen als in der Betrachtung ohne Berücksichtigung gasförmiger Verluste. Erreichen die Bilanzsalden Werte von weit über 200 kg/ha, stagnierten die Überschüsse der Flächenbilanz nach Abzug gasförmiger Verluste bei 160 bis 190 kg/ha. In Hinblick auf die auswaschungsrelevanten N-Überschüsse im Boden stellt sich die Belastungssituation auf den Betriebsflächen bei dieser Berechnungsweise deutlich günstiger dar, weil die andernorts zu Stickstoffeinträgen führenden Ammoniakemissionen als ‚Output‘ abgezogen und nicht als Teil des N-Überschusses betrachtet werden.



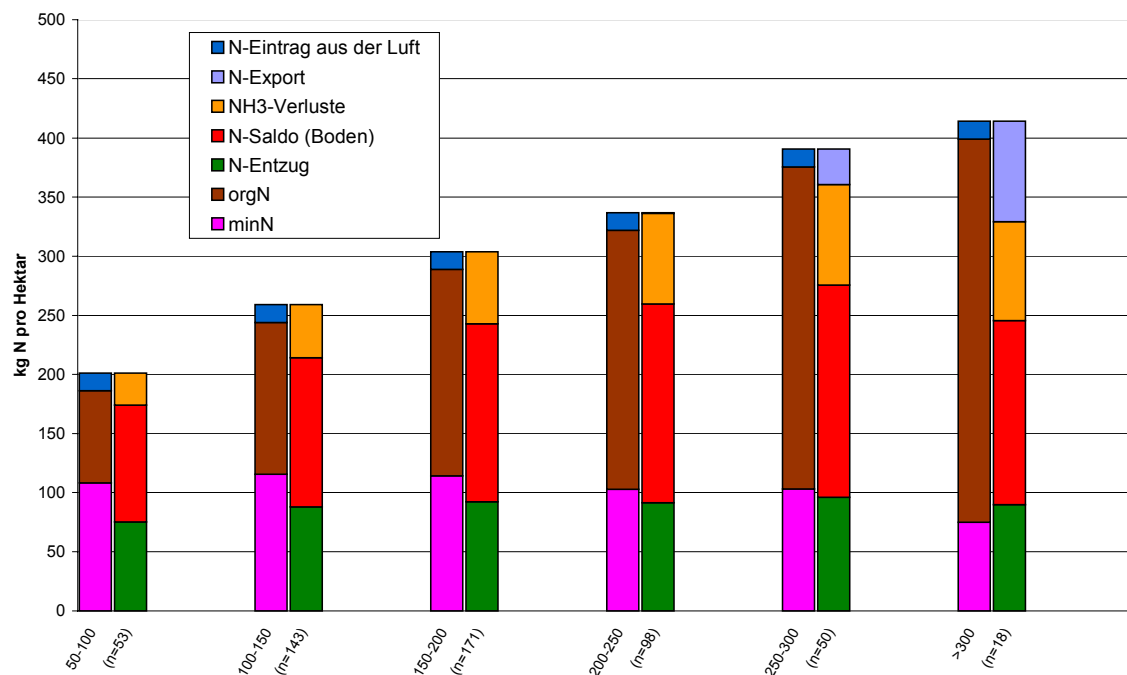
**Abbildung 7:** Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz in Futterbaubetrieben in Niedersachsen in Abhängigkeit vom N-Aufkommen aus tierischem Dung (Mittelwert der Jahre 1999/2000 und 2000/2001) unter Anrechnung atmosphärischer Einträge und gasförmiger Verluste



Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage von LandData-Betriebsabschlüssen

org.N in kg pro Hektar (in Klammern: Anzahl Betriebe)

**Abbildung 8:** Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz in Veredlungsbetrieben in Niedersachsen in Abhängigkeit vom N-Aufkommen aus tierischem Dung (Mittelwert der Jahre 1999/2000 und 2000/2001) unter Anrechnung atmosphärischer Einträge und gasförmiger Verluste



Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage von LandData-Betriebsabschlüssen

org.N in kg pro Hektar (in Klammern: Anzahl Betriebe)

### **3.6 Vergleich von Schätzwerten zum Stickstoff-Mineraldüngereinsatz und dem tatsächlichen Einsatz nach Buchführungsabschlüssen**

In diesem Abschnitt soll der Ansatz von BACH und FREDE (2002) zur Schätzung des Mineraldüngereinsatzes, wie er in Kapitel 2, Übersicht 1 dargestellt ist, mit den Ist-Werten für den Stickstoff-Mineraldüngereinsatz aus den Buchführungsabschlüssen verglichen werden. Dazu wird der Mineraldüngereinsatz für jeden der untersuchten Betriebe nach diesem Ansatz und unter Nutzung der von BACH und FREDE verwendeten Koeffizienten geschätzt (vgl. Tabelle 1, zum Verfahren siehe Übersicht 1). Zu berücksichtigen ist, dass der Schätzansatz von BACH und FREDE für Regionen entwickelt wurde und auf verfügbare regionale Daten der Agrarstatistik aufbaut. Daher werden nur große Gruppen von Betrieben ausgewertet und auf Unterschiede zwischen den Berechnungsverfahren, die Treffsicherheit der Schätzung des Mineraldüngereinsatzes und dabei möglicherweise auftretende Verzerrungen in Abhängigkeit von Betriebsform und Höhe des Aufkommens an organischem Stickstoff untersucht. Auf Grundlage der Ergebnisse können Schlussfolgerungen darüber gezogen werden, wie treffsicher Schätzverfahren zur Höhe des regionalen Mineraldüngereinsatzes sind und inwieweit eine Weiterentwicklung solcher Verfahren möglich und notwendig ist.

Der Mineraldüngereinsatz wird von BACH und FREDE anhand des pflanzlichen Entzugs, multipliziert mit einem pauschalen Mehrbedarfsfaktor von 1,2, sowie der sonstigen Stickstoffquellen und deren Verfügbarkeit berechnet. Von den tierischen Ausscheidungen werden zunächst zwischen 31 und 40 % für Lagerungs- und Ausbringungsverluste in Abzug gebracht. Vom verbleibenden Stickstoff werden nur 40 % als anrechenbar berücksichtigt. Unter Einbeziehung des Mehrbedarfsfaktors für den Pflanzenbau wird organischer Dünger zu 20 bis 23 % auf den pflanzlichen Entzug angerechnet. Dieser Prozentsatz, welcher der N-Effizienz des organischen Stickstoffs entspricht, wird konstant gesetzt, also nicht in Abhängigkeit von Flächennutzung und Viehdichte variiert. Die N-Effizienz der mineralischen N-Düngung liegt bei einem Mehrbedarfsfaktor von 1,2 % bei 83,3 %. Als weitere Stickstoffquelle wird von BACH und FREDE die legume N-Bindung angerechnet. SeRo-Dünger werden in der vorliegenden Berechnung der FAL nicht berücksichtigt, da es sich um einzelbetriebliche Daten handelt und keine Informationen über Einsatzmengen vorliegen. Ein wesentlicher Unterschied zum Berechnungsansatz der FAL besteht bei BACH und FREDE in der Berechnung pauschaler, fixer Koeffizienten für die Stickstoffentzüge auf Grünland, Klee- und Feldgras. Im Futterbau wird von BACH und FREDE ein fixer Ausscheidungskoeffizient für Milchkühe von 110 kg N verwendet, in der FAL-Berechnung wird die Ausscheidung dagegen in Abhängigkeit von der Milchleistung berechnet, was zu einer Variationsbreite des Wertes von 100 bis 150 kg N führt. Hinzu kommt bei BACH und FREDE ein nicht weiter differenzierter Wert für die N-Ausscheidungen aller anderen Rinder, was auf die Aggregation der Viehbestandsdaten der regionalen Agrarstatistik zurückzuführen ist. In Veredlungsbetrieben kann die unterschiedliche Abgrenzung von Ferkeln,

Sauen und Mastschweinen sowie der bei BACH und FREDE vergleichsweise niedrige Ausscheidungskoeffizient für Mastschweine zu Differenzen führen.

In Tabelle 6 werden Unterschiede der kalkulierten tierischen Ausscheidungen (org. N), der N-Entzüge (N-Entzug) und der Höhe des Stickstoff-Mineraldüngereinsatzes (min. N (a) ) nach BACH und FREDE (2002) mit an der FAL kalkulierten und ausgewerteten Daten verglichen. Da sich bereits die Eingangsdaten „org. N“ und „N-Entzug“ unterscheiden, wurde nach dem BACH-Verfahren, aber auf Grundlage der FAL-Koeffizienten für diese beiden Größen eine zweite Schätzung für den Mineraldüngereinsatz vorgenommen (min. N (b) ).

Die FAL-Daten wurden als Basis mit 100 gleichgesetzt. Bei Werten über 100 liegen die Schätzungen nach BACH und FREDE also über, bei Werten unter 100 unter den Schätzungen der FAL bzw. den Ist-Daten zum Mineraldüngereinsatz aus der Buchführung. Während Unterschiede bei organischem Dünger und N-Entzug auf Unterschiede der Kalkulationsbasis, z. B. bezüglich Verfahrensabgrenzung und Koeffizienten, zurückzuführen ist, weist die Differenz beim Mineraldüngereinsatz auf die Treffsicherheit des Schätzverfahrens von BACH und FREDE hin. Bei der Abschätzung der organischen N-Mengen aus tierischen Ausscheidungen kommt es insgesamt zu geringen Abweichungen, wobei die Schätzungen nach BACH und FREDE um etwa 4 % unter den FAL-Schätzungen liegen. In den einzelnen, nach Betriebsform und Aufkommen an organischem Stickstoff in kg/ha differenzierten Betriebsgruppen treten aber z. T. sehr große Differenzen auf, die zudem systematisch mit der Viehbestandsdichte zusammenhängen. Im Futterbau kommt es bei geringer Viehdichte nach BACH und FREDE zu sehr hohen Schätzungen der tierischen Ausscheidungen, bei hoher Viehdichte zu vergleichsweise niedrigen. Dies kann auf die erläuterten Unterschiede bei der Berechnung der Ausscheidungen von Milchkühen sowie auch auf die pauschale bzw. differenzierte Berechnung anderer Rinder zurückgeführt werden. Die geringeren Schätzwerte in Marktfrucht- und Veredlungsbetrieben sind mit den unterschiedlichen Koeffizienten für Mastschweine zu begründen. Die bei höherer Viehdichte stärkere Unterschätzung der tierischen N-Ausscheidungen führt im Ansatz nach BACH und FREDE bei gegebenen N-Entzügen zu einer höheren Einschätzung für den Mineraldüngereinsatz.

Die Schätzung des Stickstoffentzugs fällt beim Ansatz von BACH und FREDE um über 8 % höher aus als beim FAL-Ansatz, was auf die pauschale Berechnung des N-Entzugs bei Körnermais und Hülsenfrüchten sowie vor allem auf Unterschiede bei den Futterbauverfahren Silomais, Klee- und Feldgras sowie Grünland zurückzuführen ist. Der pauschale Rechenweg von BACH und FREDE führt besonders in Futterbaubetrieben zu großen Differenzen gegenüber dem FAL-Ansatz. Die Entzüge über Futterbau und die tierischen Ausscheidungen der raufutterfressenden Tiere stehen bei BACH und FREDE in keinem konsistenten Verhältnis, was in Abhängigkeit vom Viehbesatz zu Verzerrungen führt. Die Einschätzung höherer pflanzlicher Entzüge hat im Ansatz nach BACH und FREDE bei gegeb-

ner Höhe sonstiger Stickstoffquellen eine höhere Schätzung des Mineraldüngereinsatzes zur Folge.

**Tabelle 6:** Vergleich des Schätzansatzes von FREDE und BACH (2002) mit den an der FAL kalkulierten Werten sowie den Ist-Daten zum Mineraldüngereinsatz auf Betriebsebene

org. N in kg/ha	Betriebszahl	Nach Bach u. Frede kalkulierte Werte				N-Bilanz
		FAL-Schätzung = 100% org. N	Ist-Werte nach LandData = 100% N-Entzug	FAL-Schätzung = 100% min. N (a) <sup>1)</sup>	FAL-Schätzung = 100% min. N (b) <sup>1)</sup>	
<b>alle Betriebe zusammen</b>						
0	871	.	104,4	82,1	78,6	41,3
0-50	1423	105,8	116,4	87,9	75,5	59,1
50-100	1618	98,8	116,7	85,2	72,7	71,1
100-150	1558	97,3	110,5	86,0	78,5	82,8
150-200	1118	96,2	102,6	77,7	79,5	84,6
200-250	382	94,4	93,2	65,7	79,5	82,4
250-300	101	85,9	103,2	69,3	68,2	79,7
>300	37	84,0	83,1	48,8	76,3	100,8
gesamt	7108	95,8	108,5	82,4	76,5	73,7
<b>Marktfruchtbetriebe</b>						
0	827	.	103,8	82,1	79,1	41,7
0-50	1278	99,3	113,7	86,6	76,1	56,2
50-100	673	86,3	113,5	83,1	72,2	60,1
100-150	177	68,9	110,7	89,7	76,6	58,0
150-200	41	57,3	106,7	111,0	93,5	59,5
<b>Futterbaubetriebe</b>						
0-50	96	165,2	145,5	104,5	72,0	101,6
50-100	749	107,6	116,4	88,4	76,3	83,3
100-150	1114	102,4	106,1	86,9	84,8	92,9
150-200	827	100,8	96,7	76,1	86,2	93,2
200-250	257	96,8	85,3	63,7	88,1	89,0
250-300	39	94,5	85,0	59,7	86,2	89,2
>300	18	88,5	68,4	44,6	97,0	111,0
<b>Veredlungsbetriebe</b>						
50-100	53	113,0	119,1	74,4	65,1	73,5
100-150	143	99,6	112,9	70,6	64,9	72,0
150-200	171	89,2	117,9	74,9	61,4	68,5
200-250	98	91,4	118,0	69,9	57,4	72,6
250-300	50	80,6	120,6	72,4	49,8	73,0
>300	18	80,4	112,5	55,0	37,6	93,0

1) min. N: nach Bach und Frede (2002) geschätzter mineralischer N-Einsatz, (a): alle Koeffizienten nach Bach und Frede

(b): Rechenweg und legume N-Bindung nach Bach und Frede, N-Entzug und org. Düngung nach FAL-Ansatz berechnet

(org. N kalkuliert mit einem genutzten Anteil von 22%)

Quelle: Eigene Auswertungen von LandData-Buchführungsabschlüssen.

Der von BACH und FREDE geschätzte Mineraldüngereinsatz liegt um 17,6 % unter den Ist-Daten aus den Buchführungsabschlüssen (min. N (a) ), bei Verwendung der FAL-Werte für organischen Stickstoff und N-Entzüge sogar um 23,5 % darunter (min. N (b) ). Die Abweichung übersteigt deutlich die Differenz, die zwischen dem durchschnittlichen Wert für den Mineraldüngereinsatz aus den ausgewerteten Buchführungsabschlüssen und den Angaben aus der Düngerabsatzstatistik für Niedersachsen besteht (vgl. Abschnitt 3.1, Ta-

belle 3). Die Einsatzmenge nach LandData-Buchführungsabschlüssen liegt bei 142 kg Mineraldünger-N/ha, die Düngerstatistik weist für Niedersachsen 127 kg/ha aus, woraus sich eine Abweichung von 10,5 % (Ist-Werte nach LandData = 100) ergibt. Der Ansatz nach BACH und FREDE führt demnach trotz geringerer Schätzwerte für das organische Stickstoffaufkommen und höherer kalkulierter Entzüge bei Anwendung auf die einzelbetrieblichen Daten der Buchführungsabschlüsse zu einer deutlich geringeren Einschätzung des Mineraldüngereinsatzes. Wie zu erwarten führt die Verwendung der nach FAL-Ansatz höher eingeschätzten organischen N-Mengen sowie der geringer kalkulierte N-Entzug zu einem noch niedrigeren Schätzwert für die Mineraldüngung (min. N. (b) ).

Der Anrechnungsfaktor für den organischen Stickstoff nach BACH und FREDE in Höhe von 40 % wurde anhand der sektoralen N-Bilanz für Deutschland in den Jahren 1998-2000 kalibriert. Der so ermittelte Schätzwert spiegelt die Verhältnisse in Niedersachsen offenbar nicht korrekt wider. Über eine Anpassung des Ausnutzungsgrads, im vorliegenden Fall eine Verringerung des Wertes, könnte die Schätzgenauigkeit bezogen auf den durchschnittlichen Einsatz aber leicht verbessert werden. Ebenso könnte der Mehrbedarfsfaktor für den pflanzlichen Entzug von 1,2 verändert werden. Ob die Treffsicherheit der Schätzung dabei allerdings auch für die einzelnen, untersuchten Betriebsgruppen und damit auch für unterschiedliche regionale Verhältnisse verbessert werden kann, ist näher zu untersuchen.

Werden in Tabelle 6 die einzelnen, nach Betriebsform und organischem Dungaufkommen geschichteten Betriebsgruppen betrachtet, fallen große Abweichungen zwischen geschätztem und tatsächlichem Mineraldüngereinsatz ins Auge. Bei Futterbau- und Veredlungsbetrieben wird der Mineraldüngereinsatz bei steigendem Stickstoffaufkommen aus der Tierhaltung in zunehmendem Maße unterschätzt. Der Ansatz von BACH und FREDE führt also zu einer systematischen Unterschätzung des Mineraldüngereinsatzes in Betrieben mit hoher Dichte an Rindern oder Schweinen. Entsprechende Fehleinschätzungen sind auch für Regionen mit hoher Viehbesatzdichte zu erwarten. Die systematische Fehleinschätzung ist auf die pauschalen Ansätze für die Berechnung der tierischen Ausscheidungen (Milchkühe, Schweine), für die N-Entzüge im Futterbau (Grünland, Klee- und Feldgras) und die Verwendung eines fixen Anrechnungsfaktors für den organischen Stickstoff zurückzuführen.

Die Verwendung der FAL-Schätzungen für organischen N-Input und N-Entzüge führt zwar zu einer je nach Betriebsform mehr oder minder großen Fehleinschätzung des Mineraldüngereinsatzes, die Varianz der Abweichungen zwischen den Betriebsgruppen sinkt aber innerhalb der Betriebsformen ab. Dies wird besonders anhand der Futterbaubetriebe deutlich, bei denen sich die Fehleinschätzungen weniger stark zwischen Gruppen mit unterschiedlichem Dungaufkommen unterscheiden. Die Berechnung nach dem FAL-Ansatz führt also innerhalb der jeweiligen Betriebsformen zu einheitlicheren Ergebnissen und

eröffnet damit die Möglichkeit einer treffsicheren Kalibrierung. Anhand der Zahlen wird deutlich, dass der Anrechnungsfaktor für den organischen Stickstoff nicht konstant sein kann, sondern in Abhängigkeit von Tierart bzw. Betriebsform und dem Aufkommen an organischem Stickstoff je Hektar variiert. Dabei kommt es in Betrieben mit höherem Dungaufkommen (höherer Viehbesatzdichte) zu einer erhöhten Verwertung des organischen Stickstoffs. Bezüglich der geschätzten N-Bilanzüberschüsse ergeben sich besonders in vieharmen Betrieben sowie in Marktfrucht- und Veredlungsbetrieben erhebliche Differenzen zwischen den verglichenen Ansätzen, wobei der Ansatz nach BACH und FREDE zu deutlich niedrigeren N-Bilanzüberschüssen in den genannten Betriebsgruppen führt.

Der Ansatz nach BACH und FREDE liefert diesen Analysen zufolge zwar gute Schätzwerte für sektorale Aussagen, für den betrieblichen oder regionalen Mineraldüngereinsatz ergeben sich jedoch je nach Abweichung von den zugrunde liegenden, durchschnittlichen Bedingungen im Agrarsektor z. T. erhebliche Verzerrungen. Aufbauend auf die einzelbetrieblichen Auswertungen sollten deshalb die regionalen Schätzansätze überprüft und weiterentwickelt werden, um nicht nur eine hinreichende Aussagegüte auf sektoraler Ebene zu gewährleisten, sondern auch die Situation in spezialisierten Betrieben und Regionen realistischer wiederzugeben. Ein Problem besteht darin, dass auf regionaler Ebene deutlich weniger Primärdaten und z. T. nur stärker aggregierte Daten vorliegen. Eine Verbesserung der Schätzungen des regionalen Mineraldüngereinsatzes sollte an einer Differenzierung der Futterbauerträge und der Verwertung des organischen Stickstoffs ansetzen. Solche Weiterentwicklungsarbeiten sind nicht Bestandteil des hier vorgestellten Vorhabens, hier besteht daher weiterer Forschungsbedarf.

## 4 Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Analysen von Buchführungsabschlüssen landwirtschaftlicher Betriebe einschließlich natürlicher Daten über den Mineraldüngerzukauf lassen Schlussfolgerungen über die Verwertung des Stickstoffs aus Wirtschaftsdünger ebenso zu wie Analysen über die Entstehung von Stickstoff-Bilanzüberschüssen. Die Effizienz des organischen Stickstoffs wird als Relation zwischen der nicht durch mineralische N-Düngung abgedeckten N-Abfuhr über pflanzliche Produkte und der organischen N-Zufuhr berechnet und gibt Auskunft über die Verwertung des Stickstoffs aus tierischen Ausscheidungen. Zur Schätzung der N-Effizienz des organischen Düngers wurde eine relativ schlechte Verwertung des mineralischen N-Düngers von 70 % angenommen. Dieser Wert für mineralischen N-Dünger wurde aus den Analyseergebnissen für Betriebe ohne Tierhaltung abgeleitet. Die Effizienz der organischen Düngung liegt in Marktfruchtbetrieben ebenso wie in Veredlungsbetrieben vergleichsweise niedrig. In der Schweinehaltung bleibt dieser Wert den Auswertungen zufolge unter 20 %. Höher liegt der Verwertungsgrad des organischen Stickstoffs dagegen mit bis über 25 % in Futterbaubetrieben. Wie in Abschnitt 2 diskutiert, spielt hier jedoch die Abschätzung des N-Entzugs über das Grundfutter eine entscheidende Rolle.

Aus den LandData-Abschlüssen lassen sich keine Rückschlüsse über regional typische, betriebliche Verhältnisse in Niedersachsen insgesamt ableiten, da die Daten nicht vollständig repräsentativ sind. Sie stellen aber eine geeignete, sehr detaillierte Ausgangsbasis für betriebliche Vergleiche sowie für Hochrechnungen zur Verbesserung der regionalen Abbildung dar. Anhand der Daten der Buchführungsabschlüsse wurden auf Basis von Standardkoeffizienten kalkulatorische Flächen-Stallbilanzen erstellt, in denen nur die wichtigsten Bilanzglieder berücksichtigt werden. Stickstoff aus atmosphärischen Einträgen, aus legumer N-Bindung und aus Klärschlamm und Kompost werden nicht einbezogen, ebenso wird mit dem gesamten Stickstoff aus tierischen Ausscheidungen gerechnet, also ohne Abzug gasförmiger Verluste. Eine grobe Abschätzung der Größenordnung gasförmiger Verluste und der Wirkungen auf die Flächenbilanzen wird in Abschnitt 3.5 vorgestellt.

Aus den Analysen können in erster Linie Größenordnungen, Zusammenhänge und Bestimmungsgründe für N-Bilanzüberschüsse abgeleitet werden. Die absolute Höhe der Bilanzüberschüsse ist nicht direkt mit den Ergebnissen anderer Bilanzierungsansätze vergleichbar, beispielsweise aufgrund von Unterschieden bei der Berücksichtigung gasförmiger N-Verluste. Betriebliche Besonderheiten lassen sich in den Auswertungen nur in soweit berücksichtigen, wie sich diese in den ausgewerteten Daten der Buchführungsabschlüsse wiederfinden. So kann beispielsweise eine mögliche N-reduzierte Fütterung bei Schweinen beim verwendeten pauschalen Kalkulationsansatz nicht berücksichtigt werden. Auch die tatsächlichen Wirtschaftsdünger-Export- und Importmengen können nicht für die Kalkulation verwendet werden, da hierzu keine vollständigen und eindeutigen Daten

in den Buchführungsabschlüssen enthalten sind. Stattdessen wird anhand der Ausbringungs-Obergrenzen für organischen Stickstoff der nach DVO notwendige Export geschätzt. Das Problem der statistischen Erfassung von Wirtschaftsdünger-Export und Import lässt sich also mit der verwendeten Datengrundlage nicht lösen. Für eine bessere Einschätzung dieser Mengenbewegungen sollte die Nutzung von Verwaltungsdaten zur Umsetzung der DVO geprüft werden.

Die Analyse der Daten der LandData-Buchführungsabschlüsse ergab die folgenden Ergebnisse zur Düngungspraxis der untersuchten Betriebe und zu den daraus abgeleiteten, geschätzten N-Verwertungen:

- Die N-Effizienz für mineralischen Stickstoff liegt in viehlosen Betrieben bei ca. 70 %.
- Der Verwertungsgrad für organischen Stickstoff aus der Schweinehaltung fällt mit unter 20 % sehr gering aus, er liegt bei durchschnittlich 10 bis 15 %.
- Der berechnete Verwertungsgrad für organischen Stickstoff aus der Rinderhaltung ist stark von den Schätzungen der Grundfuttererträge abhängig, liegt den Auswertungen zufolge aber mit ca. 25 % über den Werten für die Schweinehaltung. Die hohe Schwankungsbreite der N-Salden in Futterbaubetrieben ist vor allem auf das sehr unterschiedliche Verhalten der Landwirte bezüglich der mineralischen N-Düngung zurückzuführen.
- Bei allen Betrieben steigt die Verwertung des organischen Stickstoffs bei steigendem Aufkommen pro Hektar tendenziell an, bei Veredlungsbetrieben deshalb, weil die mineralische Düngung zurückgenommen wird, bei Futterbaubetrieben auch deshalb, weil die N-Entzüge durch höhere Grundfutterproduktion steigen.
- Datenunsicherheiten und deren mögliche Wirkung auf die Ergebnisse lassen sich wie folgt charakterisieren: Wird von einer höheren Menge von Wirtschaftsdünger ausgegangen, die ex- und importiert wird, würde die kalkulierte Verwertung des organischen N in viehstarken Betrieben bei höheren Exporten noch höher liegen, und in importierenden, viehschwachen Betrieben noch niedriger. Eine ähnliche Wirkungsrichtung würde von einer Berücksichtigung der legumen N-Bindung auf Grünland ausgehen. Diese liegt in Betrieben mit niedriger Viehdichte im Vergleich zu Betrieben mit hoher Viehdichte und sehr hoher N-Düngung pro Hektar tendenziell höher. Bei Anrechnung dieser N-Quelle würde die N-Verwertung in viehschwachen Futterbaubetrieben niedriger ausfallen. Im Fall einer stärkeren Berücksichtigung von Wirtschaftsdünger-Ex- und Importen und legumer N-Bindung ist also von einer Verstärkung der getroffenen Aussagen auszugehen. Auch die Kalkulation der pflanzlichen Entzüge ist mit Unsicherheiten behaftet, insbesondere im Futterbau, eine eindeutige Wirkungsrichtung möglicher Verzerrungen lässt sich hier aber nicht ableiten. Bei der Kalkulation der Entzüge im Futterbau dürfte aufgrund der vorsichtigen Schätzung des



N-Zukaufs über Kraftfutter der Entzug mit dem Grundfutter eher überschätzt werden und die N-Verwertung daher vergleichsweise hoch eingeschätzt sein.

Wirtschaftsdüngerexporte von viehstarken in viehschwache Betriebe führen angesichts dieser Zahlen offensichtlich nicht zwangsläufig zu einer besseren N-Verwertung und damit zu einem Abbau der sektoralen Stickstoffüberschüsse. Wird Importgülle in Betrieben mit niedriger Viehdichte ähnlich schlecht verwertet wie der eigene Wirtschaftsdünger, so ist davon auszugehen, dass der Export von Gülle vor allem zu einer Umverteilung der N-Überschüsse beiträgt. Hierbei werden besonders hohe betriebliche bzw. regionale Überschuss-Spitzen gebrochen, wodurch lokale Konzentrationen, beispielsweise der Grundwasserbelastung mit Nitrat, vermindert werden können. Da die räumliche Verlagerung den Auswertungen zufolge jedoch kaum zu einer besseren Verwertung des Wirtschaftsdüngers und zu Einsparungen von Mineraldünger beitragen dürfte, werden die N-Frachten, die aus den Stickstoffüberschüssen insgesamt entstehen und zur Belastung der Umwelt beitragen, kaum vermindert. Ein Wirtschaftsdüngerexport aus viehstarken Betrieben stellt daher eine allein nicht hinreichende Bedingung für eine Umweltentlastung dar, da die aus pflanzenbaulicher Sicht mögliche bessere Verwertbarkeit des Wirtschaftsdüngers in viehärmeren Betrieben nicht ausgeschöpft wird. Ohne höhere Anrechnung der Wirtschaftsdüngerimporte und einer damit einhergehenden Verminderung der Mineraldüngung in den aufnehmenden Betrieben bleibt der Wirtschaftsdüngerexport ein Schutzkonzept für einzelne Zielregionen, z. B. Wasserschutzgebiete. Wirkungen auf großräumige Umweltentlastungen und den Schutz der Meere lassen sich allein durch Gülleexport nicht erzielen. Um das bestehende Potenzial für großräumige Umweltentlastungen auszuschöpfen, muss eine höhere Anrechnung der Wirtschaftsdüngerimporte in den aufnehmenden Betrieben gewährleistet werden.

Eine Priorität sollte vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse künftig der Steigerung der N-Effizienz in *allen* landwirtschaftlichen Betrieben gegeben werden. Eine Analyse von Futterbaubetrieben, die aufgrund geringer Mineraldünger-Inputmengen nur geringe N-Bilanzüberschüsse verursachen, kommt allerdings zu dem ernüchternden Resultat, dass diese aus Umweltsicht nachhaltigeren Betriebe nicht nur geringere Bilanzüberschüsse aufweisen, sondern in Bezug auf ihren ökonomischen Erfolg in vielen Fällen als nicht nachhaltig, sondern vielmehr als in ihrem wirtschaftlichen Bestand gefährdet angesehen werden müssen. Dieser Zusammenhang ist aber nicht in dem Sinne kausal zu interpretieren, dass ein geringerer Mineraldüngereinsatz zwangsläufig das ökonomische Betriebsergebnis gefährdet. Vielmehr könnte die Notwendigkeit, Kosten einzusparen, in wirtschaftlich weniger erfolgreichen Betrieben größer sein und dadurch zu Unterschieden bei den Düngerausgaben führen. Die starken Unterschiede sowohl der Umweltgefährdungspotenziale als auch des ökonomischen Erfolgs zeigen, dass bei der Auswahl von umweltfreundlicheren Beispielbetrieben auch auf das ökonomische Betriebsergebnis geachtet werden muss. In Veredlungsbetrieben finden sich dagegen mehr Betriebe, die auch bei deutlich vermindertem Mineraldüngereinsatz ökonomisch erfolgreich sind und dadurch erheblich

geringere N-Bilanzüberschüsse aufweisen. Dies zeigt, dass kein grundsätzlicher Widerspruch zwischen ökologischen und ökonomischen Zielen besteht, sondern derzeit noch erhebliche Anpassungsspielräume bestehen.

Die vorliegende Analyse von Naturaldaten über den Mineraldüngerzukauf lassen die Schlussfolgerung zu, dass auch bei hohem Wirtschaftsdüngeraufkommen je nach betrieblicher Situation unter niedersächsischen Praxisbedingen noch hohe Stickstoff-Mineraldüngermengen zum Einsatz kommen. Die Kalkulation der Mineraldüngung unter Annahme einer geringen Verwertung der organischen Stickstoffdüngung erscheint daher gerechtfertigt. Die Kombination der Mineraldünger mit einem z. T. sehr hohen Wirtschaftsdüngeraufkommen ist eine entscheidende Größe zu Erklärung der Entstehung von N-Bilanzüberschüssen. Die dahinter stehende, sehr geringe Stickstoffverwertung muss künftig in den Mittelpunkt von Forschungs- und Beratungsaktivitäten gerückt werden. Schätzverfahren unter Nutzung pauschaler Berechnungsansätze, wie sie z. B. von BACH und FREDE (2002) eingesetzt werden, können zwar auf sektoraler Ebene kalibriert werden, sie liefern aber den Auswertungen zufolge keine ausreichend realistischen Aussagen für spezialisierte Betriebe. Wird dieses Ergebnis auf regionale Verhältnisse übertragen, kommt es je nach regionaler Abweichung von den durchschnittlichen Verhältnissen im Agrarsektor auch bei der Abbildung regionaler N-Bilanzen zu Verzerrungen.

In auf dieses Vorhaben aufbauenden Arbeitsschritten sollten einerseits die Übertragung der Ergebnisse auf regionale N-Bilanzen und Hochrechnungsverfahren, z. B. anhand von agrarstatistischen Daten auf Gemeindeebene, untersucht werden. Ziel sollte die Entwicklung einer Methode sein, die auch auf regionaler Ebene zu besseren Schätzergebnissen für den Mineraldüngereinsatz führt. Weiterer Untersuchungsbedarf besteht bezüglich der genaueren, vergleichenden Analyse der einzelbetrieblichen Daten in Hinblick auf unterschiedliche Düngungsstrategien, Reserven für die Einsparung von Mineraldünger bzw. für eine effizientere Verwertung des organischen Düngs, sowie in Bezug auf die bestehenden und geplanten Restriktionen der Düngeverordnung.

Der für dieses Vorhaben entwickelte, auf einzelbetrieblichen Buchführungsabschlüssen aufbauende Untersuchungsansatz kann also weitere Beiträge zur Informationsverbesserung liefern. Er sollte aber nicht allein stehen, sondern verbunden werden mit anderen Analyseansätzen wie regionaler Modellierung und der beratungsorientierten Untersuchung typischer Betriebe. Für die parallele Untersuchung der Stickstoffbilanzen, betrieblicher Strukturen und des ökonomischen Erfolgs landwirtschaftlicher Betriebe sind die verwendeten Buchführungsabschlüsse gut geeignet. Die Daten sollten daher auch für die Maßnahmenplanung zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, z. B. zur Abschätzung der Verursachung von N-Belastungen, der Betroffenheit bei Implementierung von politischen Maßnahmen, zur Analyse von Anpassungsspielräumen und ökonomischen Wirkungen herangezogen werden.

## 5 Literatur

- ANGER M, MALCHAREK A, HOFFMANN U (1997): Beurteilung der Effizienz von Grünlandextensivierungsprogrammen anhand von Nährstoffbilanzierung und Futterqualität. In: Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 41. Jahrestagung 1997. Referate und Poster. Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft, Aulendorf S. 9-14.
- ANGER M (1997): Hoftorbilanzierung konventioneller und extensiver Grünlandbetriebe des Mittelgebirgsraumes. In: VDLUFA-Schriftenreihe 46, Kongressband 1997, S. 347-350.
- BACH M, FREDE H-G (2002): Methodik zur Berechnung von Stickstoff- und Phosphorbilanzen für die Landwirtschaft in Deutschland. Universität Gießen, Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement.
- BACH M, GRIMM M, FREDE H-G (2003): Berechnung von Stickstoff-Flächenbilanzen für Gemeinden – Beispiel Hessen. In: Wasser & Boden 55, 120-126.
- 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 Jahre 2010. Berlin : Umweltbundesamt, 191, 39, 45 p, Texte Umweltbundesamt 05/02.
- GAMER W, ZEDDIES J (2002): Bilanzen von potenziell umweltbelastenden Nährstoffen (N, P, K und S) der Landwirtschaft in Baden-Württemberg. Forschungsauftrag des Ministeriums Ländlicher Raum, Baden-Württemberg. Universität Hohenheim, Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre.
- SCHERINGER J (2002): Nitrogen on dairy farms: balances and efficiency. Göttinger Agrarwissenschaftliche Beiträge, Bd. 10. Excelsior p.s.
- WEINGARTEN P (1995): Das „Regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland“ (RAUMIS). In: Berichte über Landwirtschaft 73 (1995) S. 272-302.