ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of
ZBW
Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Frondel, Manuel; Grösche, Peter; Halstrick-Schwenk, Marianne; Janßen-Timmen, Ronald; Ritter, Nolan

Research Report

Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung: Berichtsjahr 2010. Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung der Klimavereinbarung vom 9.11.2000

RWI Projektberichte

Provided in Cooperation with:

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen

Suggested Citation: Frondel, Manuel; Grösche, Peter; Halstrick-Schwenk, Marianne; Janßen-Timmen, Ronald; Ritter, Nolan (2012) : Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung: Berichtsjahr 2010. Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung der Klimavereinbarung vom 9.11.2000, RWI Projektberichte, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI), Essen

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/72609

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.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Projektbericht

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung: Berichtsjahr 2010

Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung der Klimavereinbarung vom 9.11.2000

Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und des Bundesverbandes der Deutschen Industrie

Impressum

Vorstand des RWI

Prof. Dr. Christoph M. Schmidt (Präsident)

Prof. Dr. Thomas K. Bauer (Vizepräsident)

Prof. Dr. Wim Kösters

Verwaltungsrat

Dr. Eberhard Heinke (Vorsitzender);

Manfred Breuer; Dr. Henning Osthues-Albrecht; Reinhold Schulte (stellv. Vorsitzende);

Dr. Hans Georg Fabritius; Prof. Dr. Justus Haucap, Hans Jürgen Kerkhoff; Dr. Thomas Köster; Dr. Thomas A. Lange; Martin Lehmann-Stanislowski; Andreas Meyer-Lauber; Hermann Rappen; Reinhard Schulz; Dr. Michael N. Wappelhorst

Forschungsbeirat

Prof. Dr. Claudia M. Buch; Prof. Michael C. Burda, Ph.D.; Prof. Dr. Lars P. Feld; Prof. Dr. Stefan Felder; Prof. Nicola Fuchs-Schündeln, Ph.D.; Prof. Timo Goeschl, Ph.D.; Prof. Dr. Justus Haucap; Prof. Dr. Kai Konrad; Prof. Dr. Wolfgang Leininger; Prof. Regina T. Riphahn, Ph.D.

Ehrenmitglieder des RWI

Heinrich Frommknecht; Prof. Dr. Paul Klemmer †; Dr. Dietmar Kuhnt

RWI Projektbericht

Herausgeber:

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung
Hohenzollernstraße 1/3, 45128 Essen, Germany
Phone +49 201-81 49-0, Fax +49 201-81 49-200, e-mail: rwi@rwi-essen.de

Alle Rechte vorbehalten. Essen 2012

Schriftleitung: Prof. Dr. Christoph M. Schmidt

Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung: Berichtsjahr 2010 – Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung der Klimavereinbarung vom 9.11.2000

Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und des Bundesverbandes der Deutschen Industrie

Projektbericht

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung: Berichtsjahr 2010

Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung der Klimavereinbarung vom 9.11.2000

Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und des Bundesverbandes der Deutschen Industrie

rwi

Projektbericht

Projektteam

Projektteam: Prof. Dr. Manuel Frondel (Projektleiter), Dr. Peter Grösche, Marianne Halstrick-Schwenk, Ronald Janßen-Timmen und Nolan Ritter

Inhalt

1 Die KWK-Vereinbarung 5

1.1 Spezifikation der Minderungsmaßnahmen 6
1.2 Überblick über die Emissionsminderungen 2009 7

2 Sonstige Maßnahmen 10

2.1 Modernisierung des Kraftwerksparks 10
2.1.1 Daten 10
2.1.2 Methode 12
2.1.3 Ergebnisse 14
2.1.4 Sensitivitätsanalysen 20
2.1.5 Einzelmaßnahmen der Kraftwerke zur Wirkungsgradsteigerung 22
2.1.5 Fazit 27

2.2 Ausbau erneuerbarer Energien 28
2.2.1 Entwicklung der Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien, Grubengas und biogenen Abfällen 28
2.2.2 Methodischer Ansatz zur Ermittlung der CO_2-Minderung durch den Ausbau erneuerbarer Energien 30
2.2.3 CO_2-Emissionsminderungswirkungen 1998-2010 33

2.3 Forcierter Einsatz verbesserter Heizungs- und Warmwassertechnik im Bereich Mineralöl 37
2.3.1 Im Rahmen der Klimavorsorgevereinbarung angewandte Methode 37
2.3.2 Modifikation der Berechnungen für den KWK-Bericht 2009 38
2.3.3 Ergebnisse 41

2.4 Der forcierte Einsatz verbesserter Heizungs- und Warmwassertechnik in privaten Haushalten im Bereich Gas 44
2.4.1 Im Rahmen der Klimavorsorgevereinbarung angewandte Methode 44
2.4.2 Modifikation der Berechnungen für den KWK-Bericht 2010 46
2.4.3 Ergebnisse 47

2.5 Energieeffizienzkampagnen gemeinsam mit der Elektroindustrie 50
2.6 Erdgasfahrzeuge und Brennstoffzelle 51

Literaturverzeichnis RWI 56

3 Das Monitoring für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung 59

RWI Projektbericht

1 Die KWK-Vereinbarung

Im März 1995 wurde zwischen der deutschen Wirtschaft und der Bundesregierung eine Klimavorsorgevereinbarung geschlossen, die im März 1996 und im November 2000 aktualisiert und erweitert wurde. Das RWI überprüft seit 1998 im Rahmen des „CO_2-Monitorings“ laufend den Stand der Emissionsminderungszusagen (RWI 2011).

In Erweiterung der Klimavorsorgevereinbarung des Jahres 2000 unterzeichnete die Bundesregierung zusammen mit den beteiligten Wirtschaftsverbänden BDI, BDEW[1] , VKU und VIK die „Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO_2-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 9.11.2000“ (KWK-Vereinbarung). Darin sind die Ziele für den Erhalt, die Modernisierung und den Zubau von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen konkretisiert, die in Summe einen CO_2-Minderungsbeitrag von 10 Mill. t bis zum Jahr 2005 und bis zum Jahr 2010 „möglichst“ 23 Mill. t, mindestens aber 20 Mill. t, erbringen sollen (Tabelle 1.1). Daneben sieht die KWK-Vereinbarung „sonstige CO_2-Minderungsmaßnahmen“ vor. Diese sollen bis 2005 die CO_2-Emissionsvolumina insgesamt um 10 Mill. t und bis 2010 um 25 Mill. t senken.

Tabelle 1.1
Emissionsminderungsziele in der KWK-Vereinbarung

	Ziel 2010
„KWK, Nah- und Fernwärme, BHKW und Brennstoffzellen“	„Möglichst“ 23 Mill. t CO_2 Mindestens 20 Mill. t CO_2
„sonstige CO_2-Minderungsmaßnahmen“	25 Mill. t CO_2

KWK-Vereinbarung

Referenzjahr für die Minderungszusagen der KWK-Vereinbarung ist das Jahr 1998, d.h. alle erreichten Emissionseinsparungen sind ausgehend von dieser Bezugsbasis zu erreichen. Die KWK-Vereinbarung sieht eine regelmäßige Überprüfung der Umsetzung der Minderungszusagen vor, welche in direkter Verbindung zum Monitoring der Klimaschutzvereinbarung aus dem November 2000 stehen soll. Mit dem Monitoring der KWK-Vereinbarung wurde ebenfalls das RWI betraut.

[1] *Seit Juni 2007 ist der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) Rechtsnachfolger der unterzeichnenden Verbände „Verband der Elektrizitätswirtschaft“ (VDEW), „Verband der Verbundunternehmen und Regionalen Energieversorger in Deutschland“ (VRE) und „Bundesverband der Deutschen Gas- und Wasserwirtschaft“ (BGW).*

RWI Projektbericht

1.1 Spezifikation der Minderungsmaßnahmen

Die KWK-Vereinbarung spezifiziert die umzusetzenden Minderungsmaßnahmen im Hinblick auf Ausbau und Modernisierung der Kraft-Wärme-Kopplung und der sonstigen Maßnahmen in zwei getrennten Anlagen. Die Anlage „KWK, Nah- und Fernwärme, BHKW und Brennstoffzellen“ konkretisiert die Aktivitäten im Hinblick auf den Ausbau der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung („Kraft-Wärme-Kopplung“). Konkret werden in dieser Anlage folgende Maßnahmen genannt:

- Planung, Errichtung und Betrieb neuer KWK-Anlagen (Zubau),
- Erneuerung bestehender KWK-Anlagen (Modernisierung),
- Förderung von Blockheizkraftwerken bis zu 2 MWel und Brennstoffzellen,
- Erhöhte Wärmeabgabe in Nah- und Fernwärmenetze.

Für die Umsetzung dieser Maßnahmen und die Erreichung der damit verbundenen Ziele zeichnen die Stromwirtschaft der allgemeinen Elektrizitätsversorgung und die industrielle Kraftwirtschaft verantwortlich. Mit dem begleitenden Monitoring der Maßnahmen der gekoppelten Erzeugung hat das RWI das Öko-Institut beauftragt, das am 05. Juni 2012 den Bericht für 2010 vorgelegt hat. Der Bericht des Öko-Instituts (2012) ist dem vorliegenden Bericht beigefügt.

Die „sonstigen CO_2-Minderungsmaßnahmen“ sind in einer weiteren Anlage zur KWK-Vereinbarung konkretisiert. Dazu gehören:

- die Modernisierung des Kraftwerksparks,
- der beschleunigte Ausbau erneuerbarer Energien,
- der forcierte Einsatz verbesserter Heizungs- und Warmwassertechnik,
- die Durchführung von Energieeffizienzkampagnen sowie
- Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen zur Entwicklung von Fahrzeugen mit Erdgas- und Brennstoffzellenantrieb.

Die Stromwirtschaft hat sich zur Modernisierung des Kraftwerksparks, dem beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien im Verantwortungsbereich der allgemeinen Elektrizitätsversorgung und zur Durchführung von Energieeffizienzkampagnen verpflichtet. Die Maßnahmen zur Verbesserung der Heizungs- und Warmwassertechnik obliegen der Gas- bzw. der Mineralölwirtschaft. Die Quantifizierung und Überprüfung der CO_2-Emissionseinsparungen durch die sonstigen CO_2-Minderungsmaßnahmen sind in den Abschnitten 2.1 bis 2.6 detailliert dargestellt. Zuvor wird im folgenden Abschnitt ein Überblick über die Emissionsminderungen gegeben, die durch die Aktivitäten im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung und die sonstigen Maßnahmen insgesamt erreicht wurden.

1.2 Überblick über die Emissionsminderungen 2010

Die im Rahmen der KWK-Vereinbarung durchgeführten Maßnahmen haben zu einer beträchtlichen Vermeidung von Emissionen geführt, die sich jedoch nur zum Teil in einem tatsächlichen Rückgang der Emissionen zeigt: Im Gegensatz zu den effektiven bzw. tatsächlichen Emissionen stellen die vermiedenen Emissionen die Differenz zwischen jenem CO_2-Ausstoß dar, der sich ohne Durchführung einer Maßnahme ergeben hätte, und denjenigen Emissionen, die sich bei Durchführung der Maßnahme einstellen.

So wurde zur Bewertung des Ausbaus und der Modernisierung der Kraft-Wärme-Kopplung ein Verfahren herangezogen, das die Entwicklung der *effektiven* CO_2-Emissionen bei der gekoppelten Erzeugung von Kraft und Wärme einer hypothetischen ungekoppelten Erzeugung gegenüberstellt. Aus der Differenz resultieren die durch KWK-Anlagen *vermiedenen* CO_2-Emissionen (Öko-Institut 2012). Die so vermiedenen Emissionen wären angefallen, falls Kraft und Wärme anstatt durch KWK in ungekoppelter Weise bereitgestellt worden wären.

Auch bei den „sonstigen CO_2-Minderungsmaßnahmen", wie der Modernisierung des Kraftwerksparks, werden den tatsächlichen Emissionen der hier erfassten Kraftwerke die durch die Modernisierung vermiedenen gegenübergestellt (Tabelle 1.2). Letztere berechnen sich als Differenz des tatsächlichen CO_2-Ausstoßes und derjenigen Emissionen, die sich bei Beibehaltung des Kraftwerksparks von 1998 ergeben hätten.

In den durch die KWK-Vereinbarung betroffenen Bereichen konnte eine tatsächliche CO_2-Reduktion um insgesamt 32,6 Mill. t zwischen 1998 und 2010 verifiziert werden (Tabelle 1.2). KWK-Nutzung hat in diesem Zeitraum zu einer Zunahme der Emissionen von 3,2 Mill. t geführt. Während die tatsächlich Emissionen durch die KWK-Nutzung in der Industriellen Kraftwirtschaft sanken, stiegen sie in der Allgemeinen Elektrizitätsversorgung um 10,3 Mill. t. Dies ist vor allem auf die deutliche Zunahme der KWK-Nutzung in diesem Bereich zurückzuführen.

Die industrielle Kraftwirtschaft konnte ihre aus der KWK-Nutzung resultierenden Emissionen dagegen um 7,1 Mill. t senken. In der industriellen Kraftwirtschaft war dies nicht zuletzt ein Ergebnis des Contractings.

Bei den sonstigen Maßnahmen lassen sich tatsächliche Minderungen in Höhe von 32,6 Mill. t nachweisen, davon 20,8 Mill. t bei der ungekoppelten Stromerzeugung. Die für die Wärmebereitstellung und Warmwasserbereitung der privaten Haushalte ermittelten Werte sind Ergebnisse von Modellrechnungen, nach denen für Gas die effektiven CO_2-Minderungen 8,7 Mill. t betragen. Für Mineralöl resultieren daraus im Minimum Minderungen in Höhe von 6,2 Mill. t.

Tabelle 1.2
Vermiedene Emissionen und tatsächliche Emissionsminderungen gegenüber 1998
in Mill. t

	Tatsächliche Emissionsminderung 2010	Vermiedene Emissionen 2010
Ausbau und Modernisierung KWK		
Allgemeine Energieversorgung	-10,3	10,6 bis 12,3
Industrielle Kraftwirtschaft	7,1	9,1 bis 9,3
Zusammen [1]	-3,2	19,7 bis 21,6
Sonstige Maßnahmen		
Kraftwerkspark	20,8	16,6
Ausbau erneuerbarer Energien	-	7,2
Verbesserte Heizungs- und Warmwassertechnik	14,9	13,6
Mineralöl	6,2	6,1
Gas [1]	8,7	7,5
Dar.: Neubau	1,8	1,8
Modernisierung Altbestand	3,2	1,9
Substitution	3,1	3,1
Warmwasserbereitung [2]	0,7	0,7
Energieeffizienzkampagnen	-	-
Erdgasfahrzeuge und Brennstoffzellen	0,1	0,1
Sonstige Maßnahmen zusammen	35,8	37,4
Insgesamt KWK-Vereinbarung	32,6	57,1 bis 59,0

Öko-Institut (2012) und eigene Berechnungen. – [1] Abweichungen gegenüber den Angaben des Öko-Instituts durch Rundung. [2] Einschließlich Kleinverbraucher.

Die für die Überprüfung der Ziele der KWK-Vereinbarung relevanten Größen sind jedoch nicht die tatsächlichen Emissionen, sondern die gegenüber der hypothetischen Situation ohne Durchführung der Maßnahmen *vermiedenen* Emissionen. So konnten bis zum Jahr 2010 laut Öko-Institut (2012) durch den Ausbau und die Mo-

dernisierung von KWK 19,7 bis 21,6 Mill. t an CO_2 gegenüber 1998 vermieden werden.

Allein durch Maßnahmen zur Modernisierung des Kraftwerksparks der Allgemeinen Energieversorgung konnten bis 2010 rein rechnerisch Emissionen in Höhe von 16,6 Mill. t vermieden werden. Weitere 7,2 Mill. t CO_2 erbrachte der Ausbau erneuerbarer Energien. Durch die Verbesserung der Heizungs- und Warmwasseraufbereitungstechnik gelang es im Bereich Mineralöl 6,1 Mill. t CO2 gegenüber 1998 zu vermeiden. Im Bereich Gas kann der Vermeidungseffekt mit etwa 7,5 Mill. t angegeben werden.

Die CO_2-Vermeidung durch Energieeffizienzkampagnen sowie durch den Einsatz von Brennstoffzellen ließ sich nicht quantifizieren bzw. war vernachlässigbar. Der Minderungsbeitrag der Erdgasfahrzeuge lag nach wie vor bei lediglich 0,1 Mill. t. Insgesamt konnten durch die sonstigen Maßnahmen bis zum Jahr 2010 rechnerisch rund 37,4 Mill. t CO_2 vermieden werden.

Bleibt zu bemerken, dass die durch die Maßnahmen der KWK-Vereinbarung erreichten tatsächlichen CO_2-Minderungen zum größten Teil bereits in den Emissionsrückgängen enthalten sind, die im Rahmen des CO_2-Monitoringberichts 2010 ausgewiesen werden (RWI 2011: 16). Nach Berechnungen des RWI wurden zwischen 1998 und 2010 im industriellen Bereich sowie vom Gasfach und der Mineralölwirtschaft CO_2-Minderungen in Höhe von rund 72,0 Mill. t realisiert. Davon waren 27,9 Mill. t bzw. knapp 40 % den hier untersuchten Maßnahmen zuzurechnen.

Nicht in den Ergebnissen der CO_2-Monitoringberichte enthalten ist die Wärmeerzeugung der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft, weder jene aus der Kraft-Wärme-Kopplung noch die ungekoppelte Wärmeerzeugung. Auch die durch Blockheizkraftwerke vermiedenen Emissionen sind dort nicht erfasst.

Der methodische Ansatz, der für das Monitoring der KWK-Vereinbarung zum Einsatz gekommen ist, greift auf eine sehr detaillierte Datenbasis zurück. Dennoch gelang es nicht immer, autonome von induzierten Effekten zu trennen. Zusammengenommen hat das Monitoring gezeigt, dass die bis 2010 vereinbarten Ziele zur Verminderung der CO_2-Emissionen durch ein breites Spektrum an Maßnahmen der Effizienzsteigerung erreicht wurden. Mit den Maßnahmen zum Ausbau und zur Modernisierung der KWK-Anlagen wurde das Ziel einer Emissionsminderung von mindestens 20 Mill. t CO_2 zumindest knapp erreicht. Bei den sonstigen Maßnahmen der ungekoppelten Erzeugung wurde das Ziel von 25 Mill. t CO_2 mit einem Zielerreichungsgrad von 150 % deutlich überschritten.

2 Sonstige Maßnahmen

2.1 Modernisierung des Kraftwerksparks

Die Energiewirtschaft hat sich im Rahmen der „Sonstigen Maßnahmen“ der KWK-Vereinbarung verpflichtet, durch Modernisierung des Kraftwerksparks sowie durch entsprechende Neubaumaßnahmen CO_2-Emissionen zu reduzieren. Die Modernisierung des Kraftwerkparks zur ungekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung umfasst insbesondere

- den Neubau von Kraftwerken mit optimierter Anlagentechnik,
- die Verlagerung der Erzeugung auf effizientere Kraftwerke sowie
- wirkungsgradsteigernde Maßnahmen in vorhandenen Kraftwerken.

Die empirischen Daten zur Evaluierung der Modernisierungsmaßnahmen wurden vom BDEW zusammengestellt. Wesentliche Datenquellen sind für 2003 bis 2010 die „Monatsberichte über die Elektrizitätsversorgung (Tabelle 066)“ und die „Jahreserhebung über Erzeugung, Verwendung, Bezug und Abgabe von Wärme (Tabelle 064)“ des Statistischen Bundesamtes sowie für 1998 der „Hauptbericht der Fernwärmeversorgung“ der Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW) und die „Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland“ der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB).

Zur Evaluation stellte der BDEW dem RWI die nötigen Daten zur Verfügung. Zur Verifikation dieser Daten wurden die offiziellen Statistiken herangezogen. Die Vorgehensweise bei der Evaluierung für das Jahr 2010 entsprach dem Verfahren, das bereits für die vorangegangenen KWK-Berichte gewählt wurde. Der Bericht wurde durch Sensitivitätsanalysen ergänzt, um die Güte der Annahmen zur Datenermittlung für das Referenzjahr 1998 abzusichern. Ebenso wurde wie in früheren Berichten auch für 2010 eine Analyse der einzelnen Maßnahmen im Kraftwerkspark vorgenommen, um die Plausibilität der Auswertung der offiziellen Daten bezüglich der Emissionsentwicklung zu prüfen.

2.1.1 Daten

Die effektive ungekoppelte Nettostrom- und Wärmeerzeugung sowie die entsprechenden Brennstoffeinsätze der Kraftwerke für die Jahre 2003 bis 2010 konnten den oben genannten Tabellen des Statistischen Bundesamtes entnommen werden. Sowohl der Brennstoffeinsatz als auch die ungekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom wurde als Differenz der Angaben aus Tabelle 066 zur gekoppelten Erzeugung und den Angaben für die gesamte Erzeugung gebildet. Die Angaben aus Tabel-

le 066 beziehen sich auf die ungekoppelte Wärmeerzeugung in Heizkraftwerken. Sie wurde ergänzt um die Wärmeerzeugung aus Heizwerken sowie den hierzu erforderlichen Brennstoffeinsatz (Tabelle 064).

Für analoge Werte zur ungekoppelten Nettostrom- und Wärmeerzeugung des Jahres 1998 sowie die hierzu erforderlichen Primärenergieeinsätze gibt es keine offiziellen Statistiken. Sie mussten stattdessen berechnet werden. Hierzu wurde auf Daten aus unterschiedlichen Quellen zurückgegriffen:

- Die Primärenergieeinsätze für 1998 wurden nach Energieträgern getrennt auf Basis der Daten der AGEB und der AGFW ermittelt. Die AGFW weist den Brennstoffeinsatz für die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) insgesamt aus, d.h. trennt nicht die der Wärme- und der Stromerzeugung zuzurechnenden Teile. Die AGEB weist den Brennstoffeinsatz für die Stromerzeugung einschließlich des KWK-Anteils sowie den Brennstoffeinsatz für die KWK-Wärmeerzeugung aus. Durch Differenzenbildung ergibt sich dann der Brennstoffeinsatz für die ungekoppelte Stromerzeugung. Der Brennstoffeinsatz für die ungekoppelte Wärmeerzeugung ist bei den Heizwerken enthalten.
- Die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie die Wärmeerzeugung der Heizwerke liegen nur als Summenwerte, aber nicht nach einzelnen Brennstoffen getrennt vor. Eine entsprechende Aufteilung nach Energieträgern wurde durch den BDEW unter Annahme typischer Stromkennzahlen und Nutzungsgrade für Kraftwerke vorgenommen. Die brennstoffspezifische KWK-Stromerzeugung wurde dann von der gesamten Stromerzeugung abgezogen, um die ungekoppelte Stromerzeugung nach Brennstoffen zu bekommen. In analoger Weise ergab sich der Einsatz für die ungekoppelte Wärmeerzeugung.
- Die Primärbrennstoffeinsatzfaktoren in TJ/GWh für die ungekoppelte Stromerzeugung des Jahres 1998 ergeben sich durch Bildung des Quotienten aus den Werten für den entsprechenden Brennstoffeinsatz in TJ und der erzeugten Strommenge in GWh. In analoger Weise wurden die Primärenergieeinsatzfaktoren für die Wärmeerzeugung ermittelt.

Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Werte für 1998 wurde vom RWI anhand der Ausgangsdaten sowie Informationen und Erläuterungen zu den herangezogenen Statistiken nachvollzogen und erscheint plausibel. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass sich die Daten für 1998 und 2003 bis 2010 aufgrund der zugrundeliegenden statistischen Konzepte unterscheiden: So werden anders als bei den Ergebnissen der AGFW/AGEB-Statistik 1998 die Daten zur ungekoppelten Wärme- und Stromerzeugung der Kraftwerke vom Statistischen Bundesamt differenziert ausgewiesen. Hierzu zählt auch die ungekoppelte Erzeugung von Spitzenlastkraftwerken. Der ungekoppelten Erzeugung wird zudem auch die mittels KWK erzeugte

Wärme hinzugerechnet, wenn diese nicht den Förderkriterien des KWK-Gesetzes an einen hohen Effizienzgrad genügt (AGFW 2010).

In der AGFW/AGEB-Statistik wurden 1998 die Spitzenlastkessel und nicht hocheffiziente KWK-Erzeugung der Heizkraftwerke der statistisch nicht differenzierten Wärmeerzeugung der Heizkraftwerke zugeordnet. Häufig fließen diese Mengen daher mit ihren vergleichsweise schlechteren Nutzungsgraden in die Allokation zwischen Strom und Wärme ein. Daneben trennt die AGFW/AGEB-Statistik beim Ausweis der Daten nicht in ungekoppelte Wärmeerzeugung aus Heizkraftwerken oder Heizwerken. Bei letzteren sind die Nutzungsgrade statistisch höher als die des Statistischen Bundesamtes. Insgesamt ergeben sich dadurch beim Vergleich für 1998 etwas schlechtere Primäreinsatzfaktoren auf der Stromseite und wird die Effizienz der Wärmeseite dementsprechend etwas zu positiv dargestellt.

Zu den Daten des Statistischen Bundesamtes ist anzumerken, dass der ermittelte Wert zum Brennstoffeinsatz für die Wärmeerzeugung vor allem in den Jahren 2003 und 2004 nicht zur erzeugten Wärmemenge passt. Diesbezüglich weist das Statistische Bundesamt daraufhin, dass die ungekoppelte Wärmeerzeugung in Heizkraftwerken nicht erfragt, sondern als Restgröße berechnet wurde. Diese stellt ein Sammelsurium aller möglichen Ungenauigkeiten dar.

Hinzu kommt, dass diese Erhebung 2003 erstmals durchgeführt wurde. So führt das Statistische Bundesamt Unsicherheiten der meldenden Unternehmen bzgl. der abgefragten Größen an, die als Anfangsschwierigkeit vor allem in den ersten beiden Jahren auftauchten. Diese Schwierigkeiten konnten nach Angaben des Bundesamtes nicht zuletzt auch durch bessere Beratung der Mitarbeiter der statistischen Landesämter inzwischen deutlich reduziert werden.

2.1.2 Methode

Der BDEW hat mit dem RWI abgestimmte Berechnungen durchgeführt, in denen durch eine Komponentenzerlegung die CO_2-Reduktionen der Jahre 2003 bis 2010 ermittelt wurden, die auf einen effizienteren Energieeinsatz in den Kraftwerken seit 1998 zurückzuführen sind. Die Berechnungen wurden getrennt für die ungekoppelte Stromerzeugung und die ungekoppelte Wärmeerzeugung durchgeführt. Hierbei wurden den effektiven Brennstoffeinsätzen dieser Kraftwerke aus der ungekoppelten Strom- bzw.- Wärmeerzeugung der Jahre 2003 bis 2010 fiktive Brennstoffeinsätze gegenübergestellt.

Die fiktiven Werte ergeben sich durch Multiplikation der jeweiligen ungekoppelten Nettostrom- bzw. Wärmeerzeugung dieser Jahre mit dem für die Erzeugung in den Kraftwerken erforderlichen Bruttoenergieeinsatz (Primärenergieeinsatzfaktor: TJ/GWh pro Jahr) des Jahres 1998. Dabei wurde bei den Kraftwerkstypen nach Ener-

gieträgern differenziert. Die Differenz zwischen beiden Werten eines Jahres lässt sich als durch Modernisierung ausgelöste Brennstoffeinsparung interpretieren.

Die effektiven und fiktiven Emissionen wurden durch Multiplikation der Brennstoffeinsätze mit entsprechenden CO_2-Koeffizienten ermittelt. Die Differenz zwischen beiden Werten eines Jahres gibt dann die durch Modernisierung erreichten CO_2-Minderungen an. Die Berechnungen wurden vom RWI insofern noch abgeändert, als dass die Auswirkungen der Modernisierung bei Kraftwerken mit Grubengaseinsatz heraus gerechnet wurden. Dessen Einsatz zählt zu den Maßnahmen, die beim Ausbau der erneuerbaren Energien erfasst wurden.

Zur Berechnung der effektiven Emissionen wurden die für das CO_2-Monitoring vereinbarten CO_2-Emissionsfaktoren der jeweiligen Brennstoffe verwendet. Der Ermittlung der fiktiven Emissionen der Jahre ab 2005 lagen fiktive Brennstoffeinsätze entsprechend der 1998 ausgewiesenen Energieträgerstruktur zugrunde. Für Steinkohlekraftwerke wurde der CO_2-Koeffizient von 0,093 t/GJ für Steinkohle verwendet (Tabelle 2.1). Bei der Braunkohle wurde 1998 in Braunkohle und Hartbraunkohle unterschieden. Für die fiktive Rechnung wurden Braunkohle sowie die wenig relevanten Brikett und andere Braunkohleprodukte der Jahre 2003 bis 2010 zusammengefasst. Hartbraunkohle blieb getrennt. Herangezogen wurden die CO_2-Emissionsfaktoren für Rohbraunkohle (0,112 t/GJ) und Hartbraunkohle (0,097 t/GJ).

Tabelle 2.1
Im Rahmen der Klimaschutzerklärung vereinbarte CO_2-Emissionsfaktoren
in t CO_2/GJ, Anordnung entsprechend der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen

Energieträger	Faktor	Energieträger	Faktor
Steinkohlen	0,093	Petrolkoks	0,101
Steinkohlenbriketts	0,093	Flüssiggas	0,065
Steinkohlenkoks	0,105	Raffineriegas	0,060
Rohbraunkohlen	0,112	Kokereigas	0,044
Braunkohlenbriketts	0,098	Gichtgas	0,105
Braunkohlenkoks	0,106	Erdgas	0,056
Braunkohlenstaub	0,098	Erdölgas	0,059
Hartbraunkohlen	0,097	Grubengas	0,054
Heizöl, leicht	0,074	Sonstige Brennstoffe	0,093
Heizöl, schwer	0,078		

Nach Angaben des BMU (1994).

Bei der Erzeugung auf Basis von Gas (ohne Grubengas und die auf Mineralöl basierenden Gase) wurde bei der Strom- und der Wärmeerzeugung 1998 nach Kokereigas, Gichtgas und Erdgas getrennt. Entsprechend wurden für die fiktive Rechnung diese CO_2-Emissionskoeffizienten benutzt. Die Stromerzeugung auf Basis unterschiedlicher Mineralölprodukte einschließlich der auf Mineralöl basierenden Gase wurde zu einem Wert zusammengefasst. Zugeordnet wurde der CO_2-Emissionskoeffizient für schweres Heizöl (0,078 t/GJ), dessen Einsatz 1998 dominierte. Bei der Wärmeerzeugung auf Mineralölbasis wurde die differenzierte Brennstoffstruktur, bei der schweres und leichtes Heizöl dominierten, beibehalten und die entsprechenden CO_2-Koeffizienten herangezogen.

Die beim Vergleich der Daten von 1998 und der Berichtsjahre aufgrund der unterschiedlichen statistischen Konzepte auftretende Datenunschärfe ist nach Ansicht des RWI wegen der relativ geringen mengenmäßigen Bedeutung für den Strombereich insgesamt weniger relevant. Da der Anteil der KWK-Stromerzeugung an der gesamten Stromerzeugung 2008 nur bei 11 % lag, spielt die Allokationsproblematik hier eine geringe Rolle. Angesichts eines Anteils der KWK-Wärmeerzeugung an der gesamten Wärmeerzeugung von 75 % dürften die Ergebnisse bei der Wärmeerzeugung jedoch etwas verzerrt sein. Betroffen sind in erster Linie Kraftwerke auf Basis der Energieträger Gas und Mineralöl.

2.1.3 Ergebnisse

Die Auswertung der Daten lieferte im Bereich der ungekoppelten Stromerzeugung plausible Werte. Bei der Gegenüberstellung mit 1998 ergab sich für 2009 eine Verbesserung des Primärenergieeinsatzfaktors auf 9,9 TJ/GWh (-5 %). 2010 sank dieser Faktor weiter auf 9,7 TJ/GWh (Tabelle 2.2).

Nachdem die ungekoppelte Nettostromerzeugung 2009 aufgrund der Wirtschaftskrise um 9,2 % zurückgegangen war (RWI 2011b: 16), stieg sie 2010 wieder um 4,6 % (Tabelle 2.2). Sie lag damit immer noch 2 % unter der Erzeugung im Jahr 1998. Der erforderliche Brennstoffeinsatz sank dagegen gegenüber 1998 um 8,7 % auf 2 427 PJ. Für den CO_2-Ausstoß resultiert hieraus eine Minderung um 8 % auf 241,5 Mill. t.

Durch die Veränderung des Primärenergieeinsatzfaktors sind 2010 im Vergleich mit 1998 rund 217 PJ an Brennstoffen eingespart und 16,6 Mill. t CO_2 vermieden worden[2]. 2009 hätten ohne Veränderung des Primärenergieeinsatzfaktors der Brennstoffeinsatz um 160 PJ und die Emissionen um 12,2 Mill. t höher gelegen. Der

[2] *Da bei der Berechnung nach Energieträgern differenziert wurde, lässt sich das Ergebnis nicht unmittelbar aus den Werten der Tabelle ableiten.*

Anstieg des Vermeidungseffektes im aktuellen Berichtsjahr deutet auf eine deutliche höhere Energieeffizienz bei der Stromerzeugung hin.

Für den Bereich Wärme weisen die Ergebnisse zwischen 1998 und 2010 einen Anstieg der Wärmeerzeugung um 89,1 % und des Brennstoffeinsatzes um 98,1 % aus (Tabelle 2.2). Der Primärenergieeinsatzfaktor stieg damit in diesem Zeitraum um 4,8 %. Der Modernisierungseffekt führte somit 2010 verglichen mit dem Referenzjahr zu einem um 7,2 PJ höheren Brennstoffeinsatz. Die CO_2-Emissionen stieg dagegen nur um 0,5 Mill. t. Der steigende Primärenergieeinsatzfaktor dürfte - als Folge der unterschiedlichen statistischen Konzepte - auf den zu gering zugewiesenen Brennstoffeinsatz bei der ungekoppelten Wärmeerzeugung im Jahr 1998 zurückzuführen sein.

Fasst man Strom- und Wärmebereich zusammen, sodass sich die Allokationsmängel in etwa aufheben, ergibt sich zwischen 1998 und 2010 ein Anstieg der Erzeugung um 3,9 %. Der Brennstoffeinsatz ging in dieser Zeit um 5,8 % zurück und führte damit zu einer Verbesserung des Primärenergieeinsatzes um 9,4 % (Tabelle 2.2). Die effektiven CO_2-Emissionen konnten um 16,1 Mill. t bzw. 6,0 % verringert werden. Ohne Modernisierungsmaßnahmen wäre der Brennstoffeinsatz 2010 um fast 210 PJ höher gewesen als 1998. Gegenüber 2009 nahm der Brennstoffeinsatz lediglich um 3,4 % zu, obwohl die Erzeugung von Strom und Wärme um 6,3 % wuchs. Diese Effizienzverbesserung begrenzte den Anstieg des CO_2-Ausstoßes auf 2,4 %.

Neben dem Wachstum der Strom- und Wärmeerzeugung insgesamt bestimmt auch die Energieträgerstruktur des Kraftwerksparks die Höhe der Emissionen. Der Primärenergieeinsatzfaktor spiegelt neben der Verbesserung der Wirkungsgrade auch den Einfluss aus der Veränderung der Energieträgerstruktur des Kraftwerksparks wider. Zwischen 1998 und 2010 gab es im Bereich der ungekoppelten Stromerzeugung einen beträchtlichen Strukturwandel bei den eingesetzten Energieträgern. Der effektive Einsatz von Steinkohle nahm in diesem Zeitraum um 270 PJ bzw. 24,2 % ab (Tabelle 2.3), ihr Anteil am eingesetzten Energieträgermix sank von 41,9 % auf 34,7 %. Gleichzeitig ging die Stromerzeugung auf Basis von Steinkohle bis 2009 um 29,3 % zurück. 2010 stieg die Erzeugung wieder um 7,7 %. Der Anteil der Steinkohle an der gesamten Stromerzeugung sank von 1998 bis 2010 von 44,3 % auf knapp 34,5 %. Bezogen auf den effektiven Brennstoffeinsatz ist Braunkohle nach wie vor der wichtigste Energieträger. Von 1998 bis 2010 stieg ihr Anteil von 48,7 auf 53,5 %. Die Stromerzeugung aus Braunkohle wuchs zwischen 1998 und 2005 um 12,2 %, bis 2010 sank sie dann um 6,3 %, so dass insgesamt zwischen 1998 und 2010 ein Anstieg um 5,2 % erfolgte. Ihr Anteil an der Stromerzeugung insgesamt stieg von 47,2 % im Basisjahr auf 50,7 % im Jahr 2010. Steinkohle und

Braunkohle vereinigten damit 2010 einen Anteil von 88,2 % der eingesetzten fossilen Energieträger und 85,2 % der gesamten ungekoppelten Stromerzeugung auf sich.

Tabelle 2.2
Auswirkungen der Modernisierung des fossilen Kraftwerksparks im Bereich ungekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung auf Brennstoffeinsatz und CO_2-Emissionen 1998 bis 2010

	1998	2005	2009	2010	2005	2009	2010
					Veränd.geg.1998 in %		
Strom							
Nettostromerzeugung, TWh	255,3	261,7	239,1	250,1	2,5	-6,3	-2,0
BSE effektiv, PJ	2 659	2 593	2 369	2 427	-2,5	-10,9	-8,7
BSE-Einsparung, PJ		164,3	160,0	216,9			
CO_2-Ausstoß, Mill. t	262,3	261,4	237,3	241,5	-0,3	-9,5	-8,0
CO_2-Einsparung, Mill. t		13,4	12,2	16,6			
Primärenergieeinsatz, TJ/GWh	10,42	9,91	9,91	9,70	-4,9	-4,9	-6,8
Wärme							
Nettowärmeerzeugung, TWh	17,9	31,1	28,1	33,8	74,1	56,9	89,1
BSE effektiv, PJ	75	139	121	148	85,8	61,2	98,1
BSE-Einsparung, PJ		-10,2	-2,6	-7,2			
CO_2-Ausstoß, Mill. t	4,7	8,5	7,9	9,6	80,0	66,4	101,9
CO_2-Einsparung, Mill. t		-0,4	-0,0	-0,5			
Primärenergieeinsatz, TJ/GWh	4,19	4,47	4,30	4,39	6,7	2,7	4,8
Strom und Wärme insgesamt							
Erzeugung, TWh	273,2	292,9	267,2	283,9	7,2	-2,2	3,9
BSE effektiv, PJ	2 734	2 732	2 490	2 576	-0,1	-8,9	-5,8
BSE-Einsparung, PJ		154,0	157,4	209,7			
CO_2-Ausstoß, Mill. t	267,1	270,0	245,2	251,0	1,1	-8,2	-6,0
CO_2-Einsparung, Mill.t		13,0	12,2	16,1			
Primärenergieeinsatz, TJ/GWh	10,01	9,33	9,32	9,07	-6,8	-6,9	-9,4

Eigene Berechnungen nach Angaben des BDEW. – BSE: Brennstoffeinsatz.

Tabelle 2.3
Auswirkungen der Modernisierung des fossilen Kraftwerksparks im Bereich ungekoppelter Stromerzeugung auf Brennstoffeinsatz und CO_2-Emissionen
1998 bis 2010, nach Energieträgern getrennt

	1998	2005	2009	2010	2005	2009	2010
					Veränd.geg.1998 in %		
Steinkohle							
Nettostromerzeugung, TWh	113,2	99,1	80,1	86,3	-12,4	-29,3	-23,8
BSE effektiv, PJ	1 113	943	787	843	-15,2	-29,3	-24,2
BSE-Einsparung, PJ		31	0,4	4,9			
CO_2-Ausstoß, Mill. t	103,5	87,7	73,2	78,4	-15,2	-29,3	-24,2
CO_2-Einsparung, Mill. t		2,9	0,0	0,5			
Primärenergieeinsatz*	9,83	9,52	9,82	9,77	-3,2	-0,1	-0,6
Braunkohle							
Nettostromerzeugung, TWh	120,6	135,3	127,9	126,8	12,2	6,1	5,2
BSE effektiv, PJ	1 296	1 409	1 325	1 298	8,8	2,3	0,2
BSE-Einsparung, PJ		49	53	69			
CO_2-Ausstoß, Mill. t	143,9	157,7	148,3	145,3	9,6	3,1	1,0
CO_2-Einsparung, Mill. t		5,6	6,0	7,7			
Primärenergieeinsatz*	10,74	10,41	10,36	10,23	-3,1	-3,6	-4,8
Gas							
Nettostromerzeugung, TWh	20	24	28	35	20,0	43,9	76,7
BSE effektiv, PJ	223	202	227	261	-9,3	1,9	17,3
BSE-Einsparung, PJ		67	93	132			
CO_2-Ausstoß, Mill. t	13,8	12,6	13,3	15,8	-8,7	-3,6	14,2
CO_2-Einsparung, Mill. t		4,0	5,3	7,6			
Primärenergieeinsatz*	11,39	8,61	8,07	7,56	-24,5	-29,2	-33,6
Öl							
Nettostromerzeugung, TWh	2	4	3	2,5	99,6	56,3	28,7
BSE effektiv, PJ	28	38	31	25	36,1	9,7	-10,6
BSE-Einsparung, PJ		18	13	11			
CO_2-Ausstoß, Mill. t	1,2	3,4	2,6	2,0	182,0	116,0	67,1
CO_2-Einsparung, Mill. t		1,0	0,9	0,8			
Primärenergieeinsatz*	14,60	9,95	10,25	10,14	-31,8	-29,8	-30,5

*Eigene Berechnungen nach Angaben des BDEW. – BSE: Brennstoffeinsatz - *: TJ/GWh*

Der Primärenergieeinsatzfaktor hat sich in Braunkohlekraftwerken zwischen 1998 und 2010 um 4,8 % auf 10,23 TJ/GWh verbessert. Bei Steinkohlekraftwerken ist hingegen in diesem Zeitraum nur ein Effizienzfortschritt von 0,6 % festzustellen. Trotz des Anstiegs der Stromerzeugung kam es in Braunkohlekraftwerken zwischen 1998 und 2010 aufgrund der Modernisierungsmaßnahmen lediglich zu einer Zunahme des Brennstoffeinsatz um 2 PJ und der effektiven Emissionen um 1,4 Mill. t. Demgegenüber gingen Brennstoffeinsatz und CO_2-Ausstoß aus Steinkohlekraftwerken vor allem wegen des Rückgangs der Erzeugung um 270 PJ bzw. 25,1 Mill. t zurück. Da der Primärenergieeinsatzfaktor der Braunkohlekraftwerke trotz der Verbesserung im Zeitablauf in jedem Jahr über dem der Steinkohlekraftwerke lag und zudem der Emissionskoeffizient der Braunkohle mit 0,112 t/GJ deutlich höher ist als der von Steinkohle mit 0,093 t/GJ, führte dieser Strukturwandel zu einem höheren CO_2-Ausstoß. Der Modernisierungseffekt hat deutlich entlastend gewirkt.

Wären die effektiv erzeugten Strommengen mit dem Primärenergieeinsatzfaktor von 1998 erzeugt worden, hätte im Braunkohlebereich 2010 der CO_2-Ausstoß 7,7 Mill. t höher gelegen bei einem um 69 PJ größeren Brennstoffeinsatz. In Kraftwerken auf Steinkohlebasis wären bei Konstanz des Einsatzfaktors im Jahr 2010 nur 4,9 PJ Brennstoffe zusätzlich eingesetzt worden, das Emissionsniveau damit nur geringfügig höher gewesen.

Überdurchschnittlich gewachsen ist ebenfalls die Nettostromerzeugung aus Gaskraftwerken. Von 1998 bis 2010 nahm sie um 76,7 % zu. Nach einem Rückgang um 18,6 % im Jahr 2009 wurde 2010 mit rund 35 TWh wieder die gleiche Menge erzeugt wie 2008 (Tabelle 2.3 und RWI 2011b: 17). Der Anteil von Gas an der gesamten Stromerzeugung stieg von 7,8 % in 1998 auf 14,0 % in 2010.

Der Primärenergieeinsatzfaktor verbesserte sich seit 1998 um 33,6 %. Während der Gaseinsatz bis 2010 um 17,3 % wuchs, stiegen die effektiven Emissionen nur um 14,2 % bzw. 2,0 Mill. t. Innerhalb des Brennstoffmix bei der ungekoppelten Stromerzeugung stieg der Anteil von Gas bis 2010 nur leicht von 8,4 % auf 10,8 %. Mit der Struktur der Gaskraftwerke von 1998 wären 2010 der Brennstoffeinsatz um 132 PJ und die Emissionen um 7,6 Mill. t höher gewesen. Der Modernisierungseffekt war damit um 2,3 Mill. t CO_2 höher als 2009.

Bei den Gaskraftwerken hat KWK eine deutlich größere Rolle gespielt als im Rahmen der Stromerzeugung insgesamt, so dass hier die abweichende Allokation der Brennstoffe auf Strom und Wärme des Jahres 1998 zu einer Verzerrung geführt haben dürfte. Ein Hinweis darauf ist die deutliche Verbesserung des Effizienzgrades zwischen 1998 und 2005 um 24,5 %, der eine Verschlechterung des Primärenergieeinsatzfaktors bei der Wärmeerzeugung um 13,9 % gegenübersteht (Tabelle 2.4).

Tabelle 2.4
Auswirkungen der Modernisierung des fossilen Kraftwerksparks im Bereich ungekoppelter Wärmeerzeugung auf Brennstoffeinsatz und CO_2-Emissionen
1998 bis 2010, nach Energieträgern getrennt

	1998	2005	2009	2010	2005	2009	2010
					Veränd.geg.1998 in %		
Steinkohle							
Nettowärmeerzeugung, TWh	2,1	2,8	4,6	5,0	29	116	135
BSE effektiv, PJ	10	8	22	28	-22	114	171
BSE-Einsparung, PJ		5	0,2	-4			
CO_2-Ausstoß, Mill. t	1,0	0,7	2,0	2,6	-23	111	169
CO_2-Einsparung, Mill. t		0,5	0,1	-0,3			
Primärenergieeinsatz*	4,80	2,93	4,75	5,53	-39,1	-1,1	15,2
Braunkohle							
Nettowärmeerzeugung, TWh	0,5	0,9	1,1	0,6	92	128	22
BSE effektiv, PJ	1,5	5,6	3,9	2,2	274	162	51
BSE-Einsparung, PJ		-1,3	1,2	0,5			
CO_2-Ausstoß, Mill. t	0,0	0,6	0,4	0,2	1 587	1 052	535
CO_2-Einsparung, Mill. t		-0,1	0,1	0,1			
Primärenergieeinsatz*	3,21	6,27	3,70	3,96	95	15	23
Gas							
Nettowärmeerzeugung, TWh	12,9	25,7	20,7	26,5	100	61	105
BSE effektiv, PJ	52	117	88	111	127	70	114
BSE-Einsparung, PJ		-14	-5	-5			
CO_2-Ausstoß, Mill. t	2,9	6,6	4,9	6,2	128	70	115
CO_2-Einsparung, Mill. t		-0,8	-0,3	-0,3			
Primärenergieeinsatz*	4,01	4,56	4,22	4,18	13,9	5,4	4,3
Öl							
Nettowärmeerzeugung, TWh	2,4	1,8	1,6	1,7	-26	-32	27
BSE effektiv, PJ	11,5	8,1	7,3	7,7	-29	-37	-33
BSE-Einsparung, PJ		0,4	0,6	0,7			
CO2-Ausstoß, Mill. t	0,9	0,6	0,5	0,6	-30	-37	-34
CO2-Einsparung, Mill. t		0,0	0,0	0,1			
Primärenergieeinsatz*	4,80	4,56	4,43	4,40	-5,1	-7,8	-8,4

*Eigene Berechnungen nach Angaben des BDEW. – BSE: Brennstoffeinsatz - *: TJ/GWh*

Kraftwerke auf Basis von Mineralöl spielten kaum eine Rolle. Während der Anteil von Mineralöl am gesamten Brennstoffeinsatz von 1998 bis 2010 von 1,1 % auf 1,0 % nur geringfügig zurückging, stieg der Anteil an der Nettostromerzeugung insgesamt von 0,8 % 1998 auf 1,0 %. Bei den Kraftwerken auf Mineralölbasis ist eine deutliche Effizienzverbesserung um 30,5 % von 14,6 TJ/GWh auf 10,14 TJ/GWh festzustellen (Tabelle 2.3). Der effektive Brennstoffeinsatz sank in diesen Jahren um 10,6 % bzw. rund 3 PJ. Die effektiven Emissionen sind seit 1998 dagegen um 67.1 % von 1,2 Mill. t auf 2,0 Mill. t gestiegen. Diese Diskrepanz erklärt sich durch die aktuell dominierende Bedeutung von Petrolkoks, das 1998 kaum eine Rolle spielte. Petrolkoks hat einen Emissionskoeffizienten von 0,101 t CO_2/GJ, die der anderen Mineralölprodukte liegen deutlich darunter (Tabelle 2.1). Bei den Ölkraftwerken wäre ohne Modernisierungsmaßnahmen 2010 der Brennstoffeinsatz um 11 PJ und der CO_2-Ausstoß um 0,8 Mill. t höher gewesen.

Die sehr hohe Effizienzverbesserung deutet auch hier auf eine mögliche Verzerrung durch eine abweichende Zuordnung der Brennstoffe des Jahres 1998 im Bereich der Spitzenlasterzeugung hin. Einer Verbesserung der Effizienz bei der Stromerzeugung aus Mineralöl um 30,5 % zwischen 1998 und 2010 steht eine Verbesserung bei der Wärmeerzeugung um nur 8,4 % gegenüber (Tabelle 2.3 bzw. Tabelle 2.4).

2.1.4 Sensitivitätsanalysen

Für das Basisjahr 1998 wurden Referenzwerte für die ungekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung und den hierzu erforderlichen Brennstoffeinsatz auf Basis von AGEB und AGFW-Daten ermittelt. Da die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie die Wärmeerzeugung der Heizwerke nur als Summenwerte, aber nicht nach einzelnen Brennstoffen getrennt vorlagen, wurde eine entsprechende Aufteilung durch den BDEW unter Annahme typischer Stromkennzahlen und Nutzungsgrade für die Kraftwerke nach Energieträgern getrennt vorgenommen. Die brennstoffspezifische KWK-Stromerzeugung wurde dann von der gesamten Stromerzeugung abgezogen, um die ungekoppelte Stromerzeugung nach Brennstoffen zu bekommen.

In Sensitivitätsanalysen hat der BDEW nun die für die Analyse getroffenen Annahmen zu Nutzungsgraden und Stromkennzahlen für 1998 variiert, um die Auswirkungen unterschiedlicher Annahmen auf die Emissionsentwicklung deutlich zu machen. Die Sensitivitätsanalysen wurden für die Stromerzeugung auf Basis von Steinkohle, Braunkohle und Erdgas durchgeführt. Annahmen wurden jeweils für Steinkohle und Braunkohle getroffen. Die Werte für Erdgas ergaben sich als Restgrößen (Tabelle 2.5). Dies erklärt auch, dass die Werte für Erdgas im Minimalszenario höher sind als im Maximalszenario.

Tabelle 2.5
Annahmen zu Stromkennzahlen und Nutzungsgraden der KWK-Stromerzeugung nach Energieträgern für 1998

	Analyseszenario		Sensitivitätsanalysen: Minimalszenario		Sensitivitätsanalysen: Maximalszenario		Sensitivitätsanalysen: Durchschnittsszenario 2003 bis 2008	
	SKZ*	Wirkungsgrad (%)	SKZ*	Wirkungsgrad (%)	SKZ*	Wirkungsgrad (%)	SKZ*	Wirkungsgrad (%)
Steinkohle	0,40	75	0,34	70	0,47	75	0,41	75
Braunkohle	0,30	75	0,33	70	0,36	75	0,35	71
Erdgas (als Rest ermittelt)	0,55	85	0,65	85	0,50	80	0,60	80

*Nach Angaben des BDEW. - * Stromkennzahl: Verhältnis von elektrischer Leistung zu genutzter Abwärmeleistung.*

Es wurden drei Varianten unterschieden und zwar ein Minimal- und ein Maximalszenario sowie ein Durchschnittsszenario. Im Minimal- und Maximalszenario wurden die im Durchschnitt der Kraftwerke im Jahr 1998 erreichten Spannweiten betrachtet. Diese Werte sind als Ober- und Untergrenze beobachtet worden. Das Durchschnittsszenario wurde auf Grundlage der Mittelwerte der Jahre 2003 bis 2008 berechnet. Die sich nach Angaben des BDEW in den drei Szenarien für 2008 gegenüber dem Basisjahr ergebende CO_2-Einsparung wurde der CO_2-Einsparung gegenübergestellt, die sich aus dem für die Analyse gewählten Parametersatz ergeben hat.

Tabelle 2.6
CO_2-Reduktion bei unterschiedlichen Annahmen zu Stromkennzahlen und Nutzungsgraden für die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung im Jahr 1998
2008 gegenüber 1998

	Mill. t CO_2
Sensitivitätsrechnungen	
- Minimalszenario	16,1
- Maximalszenario	14,6
- Durchschnittsszenario	15,4
Gewählter Parametersatz der Analyse	15,1

Nach Angaben des BDEW.

Die errechneten Einsparungen schwanken zwischen 14,6 Mill. t beim Maximalszenario und 16,1 Mill. t beim Minimalszenario (Tabelle 2.6). Der Wert für das Durchschnittsszenario lag bei 15,4 Mill. t und entsprach damit bei einer Abweichung von 2 % in etwa dem Wert aus der Analyse selbst mit 15,1 Mill. t. Die Spannbreite von 1,5 Mill. t zwischen Minimal- und Maximalszenario beträgt etwa 10 % bezogen auf den Wert des Maximalszenarios. Die Abweichung des Analyseergebnisses zum Minimalszenario beträgt knapp 7 % und zum Maximalszenario gut 3 %.

Der Einfluss der gewählten Stromkennzahlen und Nutzungsgrade auf die ermittelten Einsparungen der ungekoppelten Erzeugung von Strom erweist sich angesichts der Höhe des Modernisierungseffektes im Kraftwerkspark, der 2010 zu gut 66 % zu dem im Rahmen der KWK-Vereinbarung zu erreichenden Gesamtziel für die „Sonstigen Maßnahmen“ beiträgt, als nicht so gravierend. Dass die Abweichungen im Rahmen bleiben, ist zum einen darauf zurückzuführen, dass die Brennstoffeinsätze nach Energieträgern sowie der Gesamtwert der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung von der Statistik vorgegeben sind und zum andern der ungekoppelte Erzeugungsanteil den von der Gesamtbilanz zu bereinigenden gekoppelten Anteil bei weitem überwiegt.

2.1.5 Einzelmaßnahmen der Kraftwerke zur Wirkungsgradsteigerung

Die bisherigen Ergebnisse resultieren aus rein statistischen Auswertungen von Daten. Daher hat der BDEW nach Absprache mit dem RWI wesentliche Einzelmaßnahmen im Bereich der ungekoppelten Stromerzeugung aus den Jahren 1999 bis 2010 zusammengestellt und versucht, die Minderung der CO_2-Emissionen durch diese Maßnahmen zu ermitteln. Durch eine Gegenüberstellung der Ergebnisse beider Ansätze soll die Plausibilität der sich durch die statistische Auswertung („statistische Methode“) ergebenden Werte belegt werden (BDEW 2010: 2).

Einbezogen wurden

- Neubaumaßnahmen
- Retrofitmaßnahmen
- Stilllegung von Anlagen sowie
- Rückholungen aus der Kaltreserve.

Auf der Basis von anlagenspezifischen Brennstoffeinsätzen und Wirkungsgraden sowie jahresdurchschnittlichen Aktivitätsraten der betrachteten Kraftwerke wurden die erzeugten Mengen und die erforderlichen Brennstoffeinsätze bestimmt. Durch einen Vergleich mit den jeweiligen durchschnittlichen spezifischen Brennstoffeinsätzen des Referenzjahres 1998 des gesamten Anlagenparks wurde für jede Einzelmaßnahme eine Brennstoffeinsparung ermittelt (BDEW 2010: 2).

Für Anlagen, für die bei Stilllegung der Wirkungsgrad nicht bekannt war, wurde ein um 10 % unter dem Durchschnitt liegender Wert angenommen. In den Fällen, in denen die Aktivitätsraten der Kraftwerke nicht bekannt waren, wurden für Braunkohlekraftwerke 6 500 h/a, für Steinkohlekraftwerke 4 500 h/a, für neue Erdgas-GuD 6 000 h/a, für sonstige erdgasbefeuerte Anlagen in Mittellast 3 500 h/a und für mit Mineralölprodukten betriebene (Spitzenlast-)Kraftwerke 1 500 h/a angesetzt.

Anschließend wurde mit den ermittelten Brennstoffeinsparungen und den entsprechenden Emissionskoeffizienten die CO_2-Einsparung berechnet. Ein Vergleich dieser CO_2-Reduktionen mit den Ergebnissen der statistischen Auswertung der vorliegenden Daten ergibt Hinweise auf deren Plausibilität.

Folgende Aspekte, die auch vom Verband angeführt wurden, sind bei dieser Vorgehensweise zu berücksichtigen (BDEW 2010: 2):

- Die ermittelten Reduktionen können in einem konkreten Berichtsjahr von den tatsächlichen Einsparungen abweichen, da sich die Auslastung der Kraftwerke von Jahr zu Jahr ändert.
- In einigen Fällen, so besonders bei Steinkohlekraftwerken, wurde ergänzend zur ungekoppelten Erzeugung phasenweise auch Kraft-Wärme-Kopplung betrieben. Deren Umfang wurde hier nicht berücksichtigt. In Folge ergab sich für solche Standorte ggf. eine leichte Überschätzung der Volllastbenutzungsstunden in ungekoppelter Fahrweise. Umgekehrt wurde insbesondere in einigen großen erdgasbefeuerten KWK-Anlagen, die bis Ende 2005 in Betrieb gegangen sind, ungekoppelter Strom erzeugt, der in die Betrachtung nicht einbezogen wurde.
- Einige Maßnahmen sind erst in 2008 erfolgt, sodass ihre Wirkung erst 2009 voll eingetreten ist.
- Die Einzelfallbetrachtung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Zum Beispiel wurden Einzelmaßnahmen aus dem Bereich Gicht-/Konvertergas nicht angeführt.

In die Auswertung gingen 13 Neuanlagen mit einer Leistung von 8 188 MW (Tabelle 2.7) ein. Damit wurden im Jahr 2010 zwei weitere Neuanlagen in Betrieb genommen. Fünf Anlagen mit einer Stromerzeugungskapazität von 1 191 MW wurden aus der Kaltreserve zurückgeholt. Hier kam 2010 keine weitere Anlage hinzu. Bei 35 Anlagen wurden Retrofitmaßnahmen durchgeführt, was zu einem zusätzlichen Leistungsangebot von 873 MW Leistung führte. Bei den Angaben zum Retrofit wurden im Vergleich zum vorigen Bericht leichte Modifikationen der Daten durch den Verband vorgenommen. Für 2004, 2006 und 2007 wurde jeweils ein weiteres, für 2009 zwei weitere Kraftwerk einbezogen. Für 2009 wurde bei zwei anderen Kraft-

werken die Leistungszahl nach oben korrigiert. Für das aktuelle Berichtsjahr wurden zwei zusätzliche Kraftwerke, die in diesem Jahr Retrofitmaßnahmen durchgeführt haben, einbezogen.

Tabelle 2.7
Identifizierte Modernisierungsmaßnahmen in den Jahren 1999 bis 2010
Anzahl der Kraftwerke und installierte Leistung (netto)

	Neuanlagen		Retrofit		Stilllegungen		Rückholungen	
Brennstoff	MW	Anzahl	MW	Anzahl	MW	Anzahl	MW	Anzahl
Braunkohle	3 605	4	378	11	1 309	6	-	-
Steinkohle	255	1	472	20	2 312	13	496	3
Erdgas	4 273	7	23	4	2 688	8	430	1
Mineralöl	55	1	-	-	2 186	5	265	1
Gesamt	8 188	13	873	35	8 495	32	1 191	5

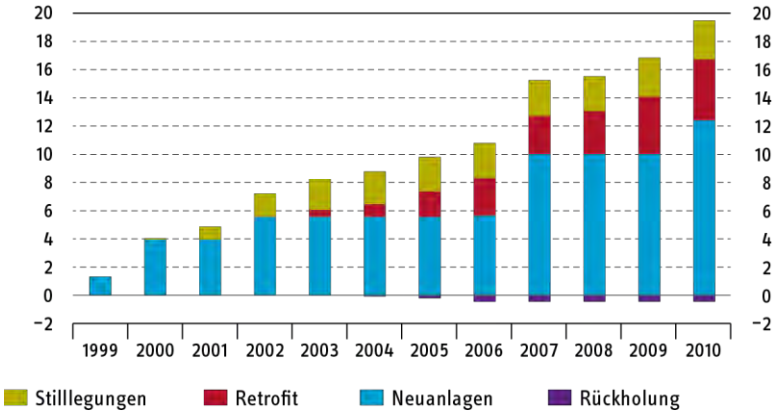
Nach Angaben des BDEW.

Insgesamt waren bis 2010 durch Neuanlagen, Rückholungen und Retrofitmaßnahmen 53 Anlagen mit einer Leistung von 10 252 MW betroffen. Seit 1999 wurden insgesamt 32 Anlagen mit einer Leistung von 8 495 MW stillgelegt oder in die Kaltreserve überführt. Damit übertraf der Zubau die Stilllegungen an Kraftwerksleistung um gut 17 %.

Bei den Einzelmaßnahmen wurden in den einzelnen Jahren unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt. Zu Beginn des Jahrzehnts ebenso wie in den Jahren 2007 und 2010 war es der Zugang an Neuanlagen, der die Höhe des CO_2-Einsparungspotentials bestimmte (Schaubild 2.1). 2003 bis 2006 und wieder 2009 und 2010 waren es Retrofitmaßnahmen, die zu einem Anstieg des CO_2-Einsparungspotentials führten. Der Beitrag der Stilllegungen alter Kraftwerke ist nur gering angestiegen.

Bei den Neuanlagen handelte es sich vor allem um Braunkohle und Erdgaskraftwerke. Von Retrofitmaßnahmen waren sowohl Braunkohle- als auch vor allem Steinkohlekraftwerke betroffen. Stillgelegt wurden Kraftwerke aller Energieträgerarten in ähnlicher Größenordnung mit Ausnahme von Braunkohle. Dort war der Umfang der stillgelegten Kapazitäten erwartungsgemäß geringer. Aus der Reserve wurden drei Steinkohlekraftwerke sowie je ein Erdgas- und ein Ölkraftwerk geholt.

Schaubild 2.1
Einzelmaßnahmen der Kraftwerke im Zeitablauf und ihr CO_2-Einsparungspotential
in Mill. t CO_2



Nach Angaben des BDEW.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen ergaben sich auf Basis jahresdurchschnittlicher Aktivitätsraten CO_2-Einsparungen von insgesamt 19,0 Mill. t, davon allein 12,4 Mill. t durch Neuanlagen (Tabelle 2.8). Um etwa 0,5 Mill. t erhöhten sich die Emissionen durch Rückholung älterer Kraftwerke aus der Reserve. Bei den Einsparungen durch Neuanlagen dominierten Braunkohle- und Erdgaskraftwerke, bei den Retrofitmaßnahmen Braun- und Steinkohle.

Tabelle 2.8
CO_2-Einsparungspotentiale der Modernisierungsmaßnahmen der Kraftwerke
1999-2010, Mill. t CO_2

	Neuanlagen	Retrofit	Stillegungen	Rückholungen	Insgesamt	„Statistische Methode“
Braunkohle	5,5	2,4	0,0		7,9	7,7
Steinkohle	0,1	1,9	1,0	-0,2	2,8	0,5
Erdgas	6,8	0,0	0,9	-0,1	7,6	7,6
Mineralöl	0,0	0,0	0,8	-0,1	0,7	0,8
Gesamt	12,4	4,3	2,7	-0,5	19,0	16,6

Eigene Berechnungen nach Angaben des BDEW.

Von Stilllegungen waren mit Ausnahme von Braunkohle alle Energieträger in ähnlicher Größenordnung betroffen. Die Tendenz in der Entwicklung hin zu Braunkohle- und Gaskraftwerken, die sich bei der Auswertung der Daten ergab, spiegelt sich damit sowohl bei den Kapazitätsziffern der Einzelmaßnahmen als auch bei den hierdurch vermiedenen Emissionen wider.

Im KWK-Bericht für die Jahre 2005 bis 2008 zeigte sich, dass die durch Einzelmaßnahmen berechneten Emissionsreduzierungen 2008 in etwa denen entsprachen, die sich bei der Auswertung der offiziellen Statistiken ergaben. 2010 gab es dagegen deutliche Unterschiede: Der auf Basis der Einzelmaßnahmen errechnete Modernisierungseffekt lag bei 19,0 Mill. t. Demgegenüber betrug die durch die statistische Methode ermittelte CO_2-Reduktion 16,6 Mill. t. Ein wesentlicher Grund für den geringeren Wert liegt in der Höhe der tatsächlichen Nettostromerzeugung. Sie ist maßgeblich für die realisierbaren Modernisierungseffekte. Bei der Auswertung der Einzelmaßnahmen wurde demgegenüber ein jahresdurchschnittliches Aktivitätsniveau zugrunde gelegt, das höher als der effektive Wert lag.

Dieser Unterschied spiegelt sich auch beim Vergleich der Abweichungen bei den Energieträgern wider. So wurde 2010 für Steinkohle bei den Einzelmaßnahmen mit 2,8 Mill. t ein rund 2,3 Mill. t höheres CO_2-Einsparungspotential ausgewiesen als bei der „statistischen Methode". Demgegenüber entsprachen sich die Werte bei Braunkohle, Erdgas und Mineralöl in etwa.

Unabhängig vom konjunkturellen Effekt führen die vom BDEW getroffenen Annahmen bei der Berechnung zu weiteren sowohl positiven als auch negativen Auswirkungen auf die Höhe der vermiedenen Emissionen durch die umgesetzten Maßnahmen: Bei Steinkohlekraftwerken trägt die Einbeziehung der gesamten KWK-Erzeugung einzelner Kraftwerke mit zu dem im Vergleich mit den offiziellen Daten höheren Modernisierungseffekt bei. Der BDEW führt darüber hinaus an, dass eine mögliche Überschätzung der Volllastbenutzungsstunden der stillgelegten Steinkohlekraftwerke 1998 zu einer Überbewertung des zugehörigen Einsparpotentials geführt hat. Da die Mehrzahl dieser Kraftwerke bereits 2000 bis 2002 außer Betrieb gesetzt wurde, kann nach Ansicht des Verbandes davon ausgegangen werden, dass diese altersbedingt stillgelegten Anlagen im Referenzjahr 1998 bereits weniger als die hier angesetzten 4 500 h/a gelaufen sind (BDEW 2010: 4). Angaben zur Größenordnung der Effekte macht der BDEW jedoch nicht.

Im Bereich Gas dürfte die Übereinstimmung der CO_2-Reduktion bei den Einzelmaßnahmen und der statistischen Auswertung der offiziellen Daten im Wesentlichen auf die Nichtberücksichtigung der ungekoppelten Erzeugung aus GuD-Kraftwerken zurückgehen.

Als Schlussfolgerung aus dieser Gegenüberstellung ergibt sich unter Berücksichtigung aller Einschränkungen, die gemacht wurden, dass die Größenordnung der bei der statistischen Auswertung ermittelten CO_2-Reduktion plausibel ist. Das sich aus den Einzelmaßnahmen ergebende mögliche Niveau des Modernisierungseffekts ist deutlich höher. Auch für die früheren Berichtsjahre zeigte sich, dass das jeweils erreichte Einsparungspotential so hoch ist, dass der sich aus der Auswertung der offiziellen Daten ergebende Wert auch in diesen Jahren möglich war.

2.1.5 Fazit

Das RWI hat die Datenzusammenstellung und Berechnungen des BDEW vollständig nachvollzogen und sieht die Ergebnisse als plausibel an. Verglichen mit dem Basisjahr 1998 führten Modernisierungsmaßnahmen im Bereich der ungekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung bis 2010 zu einer CO_2-Vermeidung von 16,1 Mill. t (Tabelle 2.2). Bezogen auf die Emissionen von 2010 in Höhe von 251,0 Mill. t machten die zwischen 1998 und 2010 erzielten Minderungen einen Anteil von knapp 6,4 % aus.

Bei diesen Ergebnissen ist zu beachten, dass die Vergleichbarkeit der Werte des Basisjahres 1998 und der Ergebnisse für die jeweiligen Berichtsjahre eingeschränkt ist. Dies hat im Wesentlichen die folgenden Gründe:

- In der für die Evaluierung erforderlichen Tiefe sind die vom Statistischen Bundesamt zur Verfügung gestellten Daten erst ab dem Jahr 2003 vorhanden, nicht aber für das Basisjahr 1998.
- Durch Kombination der AGFW- und der AGEB-Daten gelingt zwar für 1998 eine Differenzierung des Energieeinsatzes nach Brennstoffen. Der für die Wärmeerzeugung ausgewiesene Brennstoffeinsatz des Jahres 1998 dürfte im Vergleich zu anderen Jahren aber etwas zu niedrig sein, jener für die Stromerzeugung sollte hingegen leicht überhöht sein.
- Der Energieeinsatz für die ungekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung wird für 1998 lediglich insgesamt ausgewiesen, nicht getrennt nach einzelnen Brennstoffen. Daher musste vom BDEW eine rechnerische Aufteilung nach unterschiedlichen Brennstoffeinsätzen mit Hilfe von Annahmen über Nutzungsgrade und Stromkennzahlen vorgenommen werden. In Sensitivitätsanalysen wurde versucht, den Einfluss dieser Größen auf Basis unterschiedlicher Annahmen zu diesen Kennziffern in Form eines Minimal-, Maximal- und Durchschnittsszenarios zu quantifizieren. Der Einfluss dieser Größen auf die ermittelten Einsparungen der ungekoppelten Erzeugung erwies sich angesichts der Höhe des Modernisierungseffektes als nicht so gravierend, da 2010 allein die Modernisierung des Kraftwerksparks rund 44 % der durch „Sonstigen Maßnahmen“ insgesamt vermiedenen Emissionen beitrug. Bezogen auf das Ge-

samtziel der KWK-Vereinbarung von 25 Mill. t CO_2-Minderung entspricht dies sogar einem Beitrag von 66 %.

Zur Überprüfung der Plausibilität der Ergebnisse wurde auf Anregung des RWI vom BDEW eine Auswertung wesentlicher von 1999 bis 2010 durchgeführter Einzelmaßnahmen im Bereich der ungekoppelten Stromerzeugung vorgenommen. Die hieraus resultierenden CO_2-Reduktionen wurden denen gegenübergestellt, die sich bei der statistischen Auswertung der Daten ergeben hatten. Dabei zeigte sich, dass die Größenordnung der bei der statistischen Auswertung ermittelten CO_2-Reduktion plausibel ist.

2.2 Ausbau erneuerbarer Energien

Gegenstand dieses Abschnitts ist die Zusage der Energiewirtschaft, den Beitrag erneuerbarer Energien im Bereich der allgemeinen Elektrizitäts- und Wärmeversorgung zu steigern. Explizit sind in der entsprechenden Anlage folgende Maßnahmen aufgeführt:

- Bau von Biomassekraftwerken, Biogasanlagen sowie Wind- und Wasserkraftwerken,
- Verwertung von Grubengas,
- Nutzung von Umgebungswärme in Wärmepumpen,
- Thermische Verwertung CO2-neutraler Abfälle und Ersatzbrennstoffe.

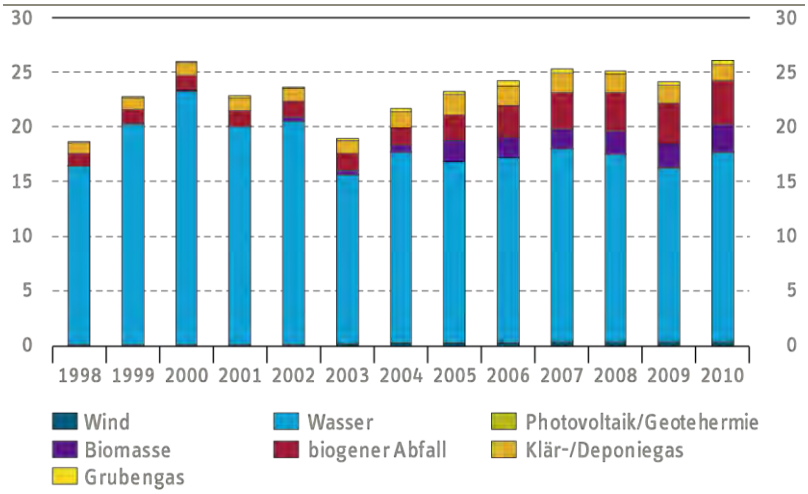
Referenzjahr für die Betrachtung der Entwicklung ist 1998. Dabei muss die Strom- und Wärmeerzeugung getrennt für die gekoppelte und die ungekoppelte Erzeugung betrachtet werden, da die gekoppelte Erzeugung bereits bei den KWK-Maßnahmen berücksichtigt wurden. Diese Vorgehensweise vermeidet Doppelzählungen. Maßgeblich für die nachfolgende Betrachtung ist hier somit allein der Einsatz erneuerbarer Energien, Grubengas und CO_2-neutraler Brennstoffe in der ungekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung. Hinzugerechnet werden die Erzeugungsmengen aus kommunaler Klär- und Deponiegasverstromung sowie die Erzeugungsmengen aus kommunal betriebenen Müllheizkraftwerken.

2.2.1 Entwicklung der Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien, Grubengas und biogenen Abfällen

Schaubild 2.2 gibt die Entwicklung der Stromerzeugung aus regenerativen Quellen in der allgemeinen Elektrizitätsversorgung einschließlich der kommunalen Versorger sowie die Verstromung von Grubengas wieder. Im Referenzjahr 1998 wurden rund 18,7 TWh Strom aus regenerativen Quellen – einschließlich Grubengas – er-

zeugt.[3] Mit rund 26 TWh wurde in den Jahren 2000 und 2010 das Maximum der regenerativen Stromerzeugung seit 1998 erreicht. Zwischenzeitlich sank der Wert bis 2003 wieder auf etwa 20,0 TWh ab.

Schaubild 2.2
Erneuerbare Energien und Grubengas in der Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung
1998 bis 2010; in TWh



1992 – 2002 nach Angaben von BDEW (1998-2002), VWEW (1998-2002), VDEW (1998-2002), BMU (versch. Jgg.), AGEB (1998-2002a), AGEB (1998-2002b), 2003 – 2010 nach Angaben von STaBuA (2003-2011a,b,c), AGEB (2003-2011).

Bedeutendster Einzelposten in der regenerativen Stromerzeugung ist Wasserkraft, also die Erzeugung von Strom in Lauf- und Speicherwasserkraftwerken. Die Erzeugung in Pumpspeicherkraftwerken aus nicht-natürlichem Zufluss wird nicht als regenerativ betrachtet. Ausgehend von rund 16,4 TWh im Jahr 1998 stieg die regenerative Stromerzeugung aus Wasserkraft bis 2000 zunächst auf rund 23,1 TWh. Bis 2010 ging sie wieder um 5,9 TWh auf 17,2 TWh zurück. Deutlich ersichtlich ist die enorme Steigerung der Stromerzeugung aus dem biogenen Anteil von Müll. Wurden 1998 nur rund 1,1 TWh verstromt, betrug die erzeugte Strommenge 2010 bereits

3 Die amtliche Statistik zur Stromerzeugung weist ab dem Jahr 2000 die Anlagen der Deutschen Bahn nicht mehr separat aus. Um im Rahmen des Monitorings eine einheitlichen Abgrenzung für die Gegenüberstellung der Jahre ab 2000 mit dem Referenzjahr 1998 zu schaffen, wurden daher die regenerative Erzeugung in Anlagen der Deutschen Bahn für die Jahre 1998 und 1999 den Werten der allgemeinen Versorgung hinzugerechnet.

3,9 TWh. Auf den ersten Blick überraschend mag die geringe Bedeutung von Windenergie sein, die bei der Stromerzeugung die inzwischen bedeutendste erneuerbare Energiequelle ist. Strom aus Windkraft wird tatsächlich aber vorwiegend von Dritten in das Stromnetz eingespeist und ist daher nicht in Schaubild 2.2 erfasst.

Grubengas ist ein fossiles Gas, welches im Untertageabbau von Steinkohle aus den Kohleflözen ausgast. Durch seinen hohen Methangehalt kann Grubengas als Erdgassubstitut in der Stromerzeugung energetisch genutzt werden. Die Verwertung der Ausgasung verringert den Bedarf an Erdgas und mindert somit auf indirektem Wege die CO_2-Emissionen. Die Entwicklung der (ungekoppelten) Grubengasverstromung ist ebenfalls in Schaubild 2.2 verdeutlicht. Demnach erhöhte sich die Stromerzeugung aus Grubengas annähernd um den Faktor 3: von 0,1 TWh im Jahr 1998 auf 0,3 TWh im Jahr 2010.

2.2.2 Methodischer Ansatz zur Ermittlung der CO_2-Minderung durch den Ausbau erneuerbarer Energien

Die Bestimmung der durch den Ausbau der regenerativen Erzeugung vermiedenen CO_2-Emissionen orientiert sich konzeptionell an dem methodischen Vorgehen des Öko-Instituts (2009) zur Verifizierung der Minderungseffekte durch Kraft-Wärme-Kopplung. Ausgehend von den im Referenzjahr 1998 erzeugten Strommengen und den damit verbundenen CO_2-Emissionen werden durch erneuerbare Energien fossile Primärenergieträger in der Stromerzeugung substituiert. Je nach regenerativer Energiequelle sind von der Substitution unterschiedliche fossile Energieträger betroffen. Das Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fh-ISI 2005) hat die Verdrängungswirkung einzelner erneuerbarer Energietechnologien in Bezug auf fossile Energieträger untersucht (Tabelle 2.9). Beispielsweise weisen Laufwasserkraftwerke eine der Grundlast ähnelnde Erzeugungscharakteristik auf und substituieren damit in erster Linie den in Grundlastkraftwerken verfeuerten Primärenergieträger Braunkohle. Das Angebot an Windkraft ist weitaus unstetiger, die Verdrängungswirkung entfaltet sich größtenteils in mit Steinkohle betriebenen Mittellastkraftwerken, zu geringeren Teilen in Braunkohle- und Gaskraftwerken.

Tabelle 2.9
Verdrängungswirkungen erneuerbarer Energien auf die konventionelle Stromerzeugung

	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas
Wasserkraft	100%	0%	0%
Windenergie	20%	70%	10%
Photovoltaik	0%	50%	50%
Biomasse	30%	60%	10%
Biogener Anteil im Abfall	30%	60%	10%
Klär-/Deponiegas	100%	0%	0%

Fh-ISI (2005)

Die Bezifferung der CO_2-Minderungen durch erneuerbare Energien ergibt sich durch die Gegenüberstellung des jeweiligen Jahres mit 1998, dem Basisjahr der KWK-Vereinbarung. Die Emissionsminderungen (ΔE) durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Vergleich zu einer rein fossilen Erzeugung ergeben sich formal für jedes Beobachtungsjahr aus:

$$\Delta E = \sum_{reg.ET} \sum_{foss.ET} Erzeugungsmenge_{reg} * Anteil_{reg,\ foss} * CO2_{foss} * 1/\eta_{foss}$$

Die von jeder regenerativen Energiequelle erzeugte Strommenge wird mit dem in Tabelle 2.9 dargestellten Anteil gewichtet, mit dem sie fossile Energieträger substituiert ($Anteil_{reg,foss}$) und anschließend mit dem CO_2-Faktor (CO_{2foss}) des jeweiligen Primärenergieträgers multipliziert. Indessen ist jede herkömmliche Kraftwerkstechnologie mit Umwandlungsverlusten verbunden, so dass beispielsweise pro erzeugter kWh aus Wasserkraft die Emissionen der aus Braunkohle netto erzeugten Strommenge zuzüglich der Emissionen der Umwandlungsverluste vermieden werden. Daher muss der elektrische Nutzungsgrad der jeweiligen Kraftwerkstechnologie in der Rechnung mit berücksichtigt werden. Dies geschieht, indem der Kehrwert des Nutzungsgrades in die Betrachtung einbezogen wird.

Tabelle 2.10
Emissionsfaktoren und elektrischer Nutzungsgrad der entsprechenden Kraftwerkstechnologien

		(Roh-) Braunkohle	Steinkohle	Erdgas
CO_2-Emissionsfaktor	in kg CO_2 / GJ	112	93	56
CO_2-Emissionsfaktor	in t CO_2 / GWh	403,2	334,8	201,6
Elektrischer Nutzungsgrad	in %	35,5	36,5	47

TUM (2004), RWI (2011), eigene Berechnungen. Emissionsfaktoren sind primärenergetisch bewertet.

Die CO_2-Emissionsfaktoren und die mit der Kraftwerkstechnologie verbundenen Nutzungsgrade sind in Tabelle 2.10 abgetragen. Sie entsprechen den Werten, die für das CO_2-Monitoring vereinbart worden sind (RWI 2011). Für Braunkohle wurde der Emissionsfaktor für Rohbraunkohle gewählt, da öffentliche Heizkraftwerke mit Braunkohleverfeuerung in weit überwiegendem Maße Rohbraunkohle zur Elektrizitätserzeugung verwendet haben (AGEB 2008).[4] Die Nutzungsgrade der Kraftwerke sind einer Studie der Technischen Universität München (TUM 2004) entnommen.

Als CO_2-Minderungsfaktoren im Monitoring ergeben sich rechnerisch die in Tabelle 2.11 dargestellten Werte. Diese fallen etwas höher aus als die von Fraunhofer-ISI (2005) ausgewiesenen Werte, wobei die Differenz insbesondere auf die unterschiedlichen Annahmen hinsichtlich der Emissionsfaktoren der Primärenergieträger zurückzuführen ist.

Tabelle 2.11
CO_2-Vermeidungsfaktoren in der ungekoppelten Stromerzeugung
in kg CO_2 / kWh

	Monitoring	Fh-ISI
Wasserkraft	1,136	1,030
Windenergie	0,912	0,856
Photovoltaik	0,673	0,584
Biomasse	0,934	0,929
Biogener Anteil im Abfall	0,934	0,929
Klär-/Deponiegas	1,136	1,030

Fh-ISI (2005), eigene Berechnungen.

[4] *Rund 97 % der im Jahr 1998 in öffentlichen Wärmekraftwerken verfeuerten Braunkohle war Rohbraunkohle. Vgl. Energiebilanz 1998, Zeile 11, Stand 29.10.2008 (AGEB 2008).*

Beispielsweise mindert jede durch Wasserkraft erzeugte kWh nach Maßgabe der Rechnung im Monitoring die CO_2-Emissionen um 1,136 kg. Fraunhofer-ISI beziffert die Minderung auf 1,030 kg CO_2. Für die Verifizierung der vermiedenen Emissionen im Rahmen der KWK-Vereinbarung bilden indessen die CO_2-Vermeidungsfaktoren des Monitoring die Grundlage.

Für die Verstromung von Grubengas wird angenommen, dass dieser Energieträger dieselbe Substitutionswirkung wie Klär- und Deponiegas entfaltet. Grubengas wird daher mit einem CO_2-Minderungsfaktor von 1,136 kg/kWh bewertet. Für den Einsatz erneuerbarer Energien in der ungekoppelten Wärmeerzeugung wird ab dem KWK-Monitoringbericht 2009 ein CO_2-Minderungsfaktor von 0,295 kg CO_2/kWh zugrunde gelegt (BMU 2008). Dieser entspricht dem des vom Öko-Instituts verwendeten (siehe zweiter Berichtsteil).

2.2.3 CO_2-Emissionsminderungswirkungen 1998-2010

Tabelle 2.12 fasst die CO_2-Emissionsminderungen im Bereich der ungekoppelten Stromerzeugung zusammen. Insgesamt wurden im Jahr 2010 rund 27,8 Mio. t CO_2 durch den Einsatz erneuerbarer Energien gegenüber einer rein fossilen Erzeugung eingespart. Die Verstromung von Grubengas sparte zudem weitere 0,362 Mio. t CO_2 ein, so dass insgesamt etwa 28,2 Mio. t CO_2 gegenüber einer rein fossilen Erzeugung eingespart wurden. Im Vergleich zum Referenzjahr 1998 entspricht dies einer Minderung von rund 7,2 Mio. t CO_2.

Tabelle 2.12
CO_2-Emissionsminderung in der ungekoppelten Stromerzeugung durch erneuerbare Energien und Grubengas
1998 bis 2010; in 1000 t

	1998	2000	2005	2009	2010
Wasserkraft	18 572,2	26 196,6	18 749,4	17 938,1	19 569,4
Windenergie	87,6	137,7	284,6	410,1	383,7
Photovoltaik / Geothermie*	0,9	1,0	3,3	23,6	22,8
Biomasse	0,7	74,7	1 751,2	2 067,7	2 371,1
Biogener Anteil im Abfall	1 133,4	1 291,3	2 262,5	3 395,3	3 684,9
Klär- / Deponiegas	1 122,2	1 315,7	2 043,0	1 887,9	1 758,8
Insgesamt Erneuerbare	20 917,0	29 017,0	25 094,0	25 722,7	27 790,7
Grubengas	120,1	135,4	340,7	341,6	362,0
Insgesamt	21 037,1	29 152,4	25 434,7	26 064,3	28 152,7
Minderung geg. 1998	-	8 208,7	4 491,0	5 120,6	7 209,0

*Eigene Berechnungen nach Angaben des Statistischen Bundesamtes: Monatsbericht über die Elektrizitätsversorgung (066), Jahresergebung über Erzeugung, Verwendung, Bezug und Abgabe von Wärme (064), Jahreserhebung über die Stromeinspeisung bei Netzbetreibern (070) sowie nach Angaben des BDEW. – * Ab 2008 einschließlich Geothermie. Leicht Veränderter Ausweis an Strom aus biogenem Abfall für das Jahr 2009 gegenüber dem Vorjahresbericht infolge von geringfügigen Korrekturen.*

Der Einsatz erneuerbarer Energien und die daraus resultierende CO_2-Emissionsvermeidung in der ungekoppelten Wärmeerzeugung sind in Tabelle 2.13 angegeben. Insgesamt wurden 2010 knapp 4,9 TWh Wärme erzeugt, vorwiegend durch den Einsatz von Biomasse und biogenen Abfällen. Bewertet mit dem CO_2-Minderungsfaktor von 295 t CO_2/GWh wurden 2010 etwa 1,4 Mill. t CO_2 gegenüber einer rein fossilen Wärmeerzeugung eingespart. Im Vergleich zum Referenzjahr 1998 entspricht dies einer Emissionseinsparung von gut 1,1 Mill. t (Tabelle 2.13).

Tabelle 2.13
Erneuerbare Energien in der ungekoppelten Wärmeerzeugung und resultierende CO_2-Emissionsminderungen
1998 bis 2010; in GWh; Minderungen in 1 000 t

	1998	2000	2005	2009	2010
Geothermie	113,1	113,9	137,5	291,1	285,0
Biomasse	157,7	324,4	1 503,0	1 874,2	1 910,6
Biogener Anteil im Abfall	841,8	945,0	1 016,5	2 271,6	2 699,2
Gesamte regenerativ erzeugt	1 112,5	1 383,3	2 657,0	4 436,9	4 894,8
CO_2-Minderung zu rein fossil	328,2	408,1	783,8	1 308,9	1 444,0
Minderung gegenüber 1998	-	79,9	455,6	980,7	1 115,8

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes: Monatsbericht über die Elektrizitätsversorgung (066), Jahresergebung über Erzeugung, Verwendung, Bezug und Abgabe von Wärme (064), Jahreserhebung über die Stromeinspeisung bei Netzbetreibern (070) sowie nach Angaben des BDEW und eigenen Berechnungen. – CO_2-Minderungsfaktor: 295 t/GWh. Im Vergleich zum Vorgängerbericht liegen für das Jahr 2009 teils deutlich verschiedene Angaben vor. Dies ist darauf zurückzuführen, dass für die Erstellung des Vorgängerberichtes auf vorläufige Angaben zurückgegriffen werden musste.

Im Jahr 2010 wurde durch die Erzeugung von 26,0 TWh Strom aus erneuerbaren Energien (Tabelle 2.15) etwa 7,2 Mio. t CO_2 von der Stromwirtschaft gegenüber 1998 eingespart (Tabelle 2.14).

Tabelle 2.14
CO_2-Minderungen gegenüber 1998
1998 bis 2010; in 1 000t

	2000	2005	2009	2010
Strom	8 208,7	4 491,0	5 120,6	7 209,0
Wärme	79,9	455,6	980,7	1 115,8
Insgesamt	8 288,6	4 946,6	6 101,3	8 324,8

Eigene Berechnungen.

Tabelle 2.15
Ungekoppelte Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und Grubengas in der allgemeinen Versorgung
1998 bis 2010; in GWh

	1998	2000	2005	2009	2010
Wasserkraft	16 352	23 065	16 508	15 794	17 230
Windenergie	96	151	312	450	421
Photovoltaik*	1	2	5	35	34
Biomasse	1	80	1 875	2 214	2 539
Biogener Anteil im Abfall	1 114	1 383	2 422	3 635	3 945
Klär-/ Deponiegas	988	1 158	1 799	1 662	1 549
Grubengas	106	119	300	301	319
Insgesamt	18 658	25 538	23 221	24 091	26 036

*1992 – 2002 nach Angaben von BDEW (1998-2002), VWEW (1998-2002), VDEW (1998-2002), ab 2003: nach Angaben des Statistischen Bundesamtes: Monatsbericht über die Elektrizitätsversorgung (066), Jahreserhebung über die Stromeinspeisung bei Netzbetreibern (070), Jahresergebung über Klärgas (073). – * Ab 2008 einschließlich Geothermie.*

Diese Ergebnisse basieren auf Angaben des Statistischen Bundesamtes, insbesondere den Angaben aus den Monatsberichten über die Elektrizitätsversorgung (066). Ausnahmen hiervon bilden die Angaben zur ungekoppelten Stromerzeugung aus dem biogenen Anteil im Abfall sowie von Deponiegas, die der Jahreserhebung über die Stromeinspeisung bei Netzbetreibern (070) entnommen wurden. Zahlen zur ungekoppelten Stromerzeugung aus Klärgas entstammen der Jahreserhebung über Klärgas (073), da die Monatsberichte zur Elektrizitätsversorgung nur Angaben von Elektrizitätsversorgern beinhalten, die mindestens eine Leistung von 1 $MW_{elektrisch}$ aufweisen. Da Klärgas aber hauptsächlich in Anlagen unter 1 $MW_{elektrisch}$ verwendet wird und darüber hinaus nur zu einem sehr kleinen Teil in Kraftwerken der allgemeinen Versorgung eingesetzt wird, würde der Ausweis des insgesamt verwendeten Klärgases bei Verwendung der Monatsberichte über die Elektrizitätsversorgung (066) zu gering ausfallen.

Insgesamt lieferten die erneuerbaren Energien in der ungekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung sowie die Grubengasverstromung bis 2010 einen Beitrag von rund 8,3 Mill. t an CO_2-Einsparungen (Tabelle 2.14) im Bereich der sonstigen Maßnahmen.

2.3 Forcierter Einsatz verbesserter Heizungs- und Warmwassertechnik im Bereich Mineralöl

Im Rahmen der „sonstigen Maßnahmen“ der KWK-Vereinbarung hat sich die Mineralölwirtschaft verpflichtet, durch einen forcierten Einsatz verbesserter Heizungs- und Warmwassertechnik im Gebäudebestand und im Neubaubereich die CO_2-Emissionen der privaten Haushalte deutlich zu reduzieren. Insbesondere geht es dabei um die Modernisierung der Kessel, u.a. durch den verstärkten Einsatz von Brennwertkesseln.

2.3.1 Im Rahmen der Klimavorsorgevereinbarung angewandte Methode

Die Angaben zu den CO_2-Minderungen der Jahre 1998 bis 2010, die durch den Einsatz verbesserter Ölheizungs- und Warmwassertechnik im Bereich privater Haushalte realisiert werden konnten, basieren zu einem wesentlichen Teil auf den Verbandsberichten für das Monitoring der Klimaschutzerklärung der Mineralölwirtschaft im Bereich Wärmewirtschaft (CO_2-Monitoringbericht) (MWV verschied. Jg.).

Ziel der Selbstverpflichtung der im September 2001 abgegebenen zweiten Klimaschutzerklärung der deutschen Mineralölwirtschaft für den Wärmemarkt ist die Steigerung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades von Ölheizungsanlagen bis 2012 um 27 bis 30 % gegenüber 1990, wobei bis 2005 bereits eine Verbesserung um 23 bis 25 % angestrebt wurde. Mit der Steigerung des Jahresnutzungsgrades ist eine Minderung des spezifischen Heizölverbrauchs und der entsprechenden CO_2-Emissionen verbunden.

Beim durchschnittlichen Jahresnutzungsgrad handelt es sich um ein Maß für die technische Effizienz einer Heizungsanlage. Er gibt an, wie viel Nutzenergie im Jahresdurchschnitt aus einer eingesetzten Energieeinheit gewonnen wird (MWV 2001a: 3). Der hier verwendete Gesamtnutzungsgrad ergibt sich aus der durchschnittlichen technischen Effizienz aller in Betrieb befindlichen Ölheizungsanlagen.

Der Ansatz der Mineralölwirtschaft im Wärmemarkt beim CO_2-Monitoring zielt somit wie die „sonstigen Maßnahmen“ der KWK-Vereinbarung auf den forcierten Einsatz verbesserter Heizungs- und Warmwassertechnik. Die Klimaschutzerklärung führt als unterstützende Maßnahmen für eine verstärkte Marktdurchdringung die Optimierung von Heizölqualitäten sowie Beratungsoffensiven bei Verbrauchern und Akteuren der Anbieterseite über Heizungsmodernisierung und moderne Heizungstechnik im Neubaubereich an.

Die Verbreitung moderner Ölheizungssysteme im Wohnungsbestand und bei Neubauten geschieht durch Substitution von Kohleheizungen durch moderne Ölheizun-

gen, Erneuerung alter Ölheizungen durch moderne Ölheizungen sowie Verbreitung moderner Ölheizungssysteme bei Neubauten.

Die Berechnung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades erfolgt mit Hilfe eines Modells des Instituts für wirtschaftliche Oelheizung (IWO), das auf Daten unterschiedlicher Quellen zurückgreift: den Ölfeuerungsanlagenbestand des Zentralinnungsverbandes des Schornsteinfegerhandwerks (ZIV), den Absatz an Niedertemperatur- und Brennwertkesseln des Bundesindustrieverbandes Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik (BDH), die Neubaustatistik des Statistischen Bundesamtes, die Absatzzahlen zu thermischen Solaranlagen des Bundesverbandes der Solarwirtschaft (BSW) sowie auf Befragungsergebnisse des vom IWO beauftragten Dienstleisters (Dr. Spence International) zum Anlagenbestand.

Bei der Berechnung wurden für die verschiedenen Baujahresklassen der Ölkessel und den Ausgangsbestand an Kohleheizkesseln Durchschnittswerte für deren Nutzungsgrade angenommen. Diese Nutzungsgrade ergeben sich als gewogenes Mittel der jeweiligen Nutzungsgrade für Heizung und Warmwasser. Für die Kombination von Ölheizkesseln mit Solaranlagen wurde der Anteil für Warmwasser um den Beitrag der Solaranlagen korrigiert.

Bei der Ermittlung der nachrichtlich in den Berichten für die Klimaschutzvereinbarung ergänzend ausgewiesenen CO_2-Emissionen wurde für das dortige Bezugsjahr 1990 der Heizölabsatz dieses Jahres für Haushalte und Kleinverbraucher zugrunde gelegt sowie der entsprechende für das CO_2-Monitoring vereinbarte Emissionskoeffizient für leichtes Heizöl. Addiert wurden zudem die CO_2-Emissionen aus den ca. 640 000 Kohleheizungen, die im Modell bis 2010 durch Ölheizungen substituiert werden sollen.

Die in den Folgejahren ausgewiesenen Emissionen sind fiktive Emissionen. Sie ergeben sich aus den geringeren Energieverbräuchen infolge der Verbesserungen des Nutzungsgrades, dem Emissionskoeffizienten für leichtes Heizöl bzw. aus der Differenz der Emissionsfaktoren für leichtes Heizöl und Steinkohle bei der Substitution Kohle gegen Öl. Nicht berücksichtigt wurden Veränderungen im Anlagenbestand sowie Auswirkungen verbesserter Wärmedämmung oder einer geänderten Wohnungsgröße auf den Wärmebedarf.

2.3.2 Modifikation der Berechnungen

Die KWK-Vereinbarung fragt explizit nach den Auswirkungen des forcierten Einsatzes verbesserter Heizungs- und Warmwassertechnik im Sinne der Klimavereinbarung. Eine kontrafaktische Situation, die diese Effizienzverbesserungen der Dekade ab 1998 als autonome Verbesserung darstellt ohne Einfluss der Klimaschutzpolitik, lässt sich jedoch nicht glaubwürdig darstellen. Eine Isolierung des allein durch

Klimaschutzmaßnahmen - wie z.B. der Optimierung der Heizölqualitäten und der Beratungsoffensiven zur Verbreitung neuer Techniken - ausgelösten Effektes auf den Modernisierungsgrad ist nicht möglich. Weiterhin gilt damit die Entwicklung des Nutzungsgrades als Indikator für die Modernisierung. Zusätzlich hat sich die Zielgröße der Selbstverpflichtung geändert. Während es in der Klimavorsorgevereinbarung um die Verbesserung des durchschnittlichen Nutzungsgrades geht und die CO_2-Emissionen nur nachrichtlich ausgewiesen werden, ist die Zielgröße hier die deutliche Reduktion der CO_2-Emissionen. Die im Rahmen dieser Vereinbarung vorgenommene Betrachtung musste in zweierlei Hinsicht modifiziert werden. So ist zum einen das Bezugsjahr für die Betrachtung der Veränderungen nun 1998. Zum anderen sind nur die Auswirkungen der Modernisierung auf die privaten Haushalte darzustellen, nicht auf Haushalte und Gewerbe insgesamt.

Für das Monitoring im Rahmen der KWK-Vereinbarung 2003 bis 2005 hat das RWI in Absprache mit dem Mineralölwirtschaftsverband (MWV) auf die Ergebnisse des Berichts zur Klimaschutzvereinbarung zurückgegriffen und die Modernisierungsauswirkungen durch Umbasierung dieser Ergebnisse auf das Jahr 1998 ermittelt. Die erforderliche Trennung zwischen den Auswirkungen auf Haushalte und Gewerbe erfolgte noch nicht. Die entsprechenden Modifikationen wurden für den Bericht der Jahre 2005 bis 2008 sowie die Berichte für 2009 und 2010 vorgenommen. Die Berechnungen hierzu wurden vom IWO durchgeführt (IWO 2011a und 2011b). Zur Beurteilung hat das RWI ergänzend Gespräche mit Experten des Statistischen Bundesamtes und des MWV geführt.

Der Ölverbrauch des Jahres 1990 als Basis für die Ermittlung der Emissionen dieses Jahres spiegelte entsprechend der Annahmen des IWO gleichzeitig den Modernisierungsgrad der Heizanlagen, den durchschnittlichen Wärmebedarf der Wohnungen sowie den entsprechenden Bestand an Ölfeuerungsanlagen des Jahres 1990 wider. Für das neue Bezugsjahr 1998 wurden nun CO_2-Emissionen ermittelt, die auf dem entsprechenden Ölverbrauch für 1998 beruhen. Anschließend wurden wie bisher durch Multiplikation mit den Veränderungen des Nutzungsgrades zwischen Bezugsjahr und jeweiligem Berichtsjahr die Auswirkungen der Modernisierungsmaßnahmen auf die Emissionen isoliert berechnet.

- Ermittlung von Ölverbrauch und Emissionen 1998: Ausgehend von den Daten zum gesamten Inlandsabsatz an leichtem Heizöl der amtlichen Mineralölstatistik wurde durch eine Lagerbereinigung der Ölverbrauch des Jahres 1998 bestimmt. Absatz und Verbrauch eines Jahres können sich deutlich voneinander unterscheiden, da Verbraucher ihre Nachfrage nicht nur am Bedarf, sondern auch an Preisen und Preiserwartungen ausrichten. Da dem IWO nach seinen Aussagen keine validen Daten für den Lagerauf- und –abbau vorliegen, wurde

hilfsweise über den gesamten Inlandsabsatz der Jahre 1970 bis 2008 ein Trend geschätzt („lineare Interpolation") (IWO 2011b: 1ff). Der Trendwert des Jahres 1998 wurde dann als Größe für den um die Lagerveränderungen bereinigten Absatz und somit den Ölverbrauch dieses Jahres herangezogen. Multipliziert mit dem Emissionskoeffizienten für leichtes Heizöl ergaben sich entsprechende Emissionen für 1998 als Referenzgröße.

- Ermittlung der Emissionen für die Berichtsjahre: Ausgehend von den Emissionen des Jahres 1998 wurden die (fiktiven) Emissionen der Jahre 2005 bis 2010 durch Multiplikation mit der jeweiligen Veränderung des durchschnittlichen Nutzungsgrades gegenüber 1998 ermittelt. Diese spiegeln dann allein die Auswirkungen der Modernisierung des Heizungsanlagenbestandes bei Konstanz aller anderen Determinanten wie Höhe des Bestandes und Wärmebedarf der Wohnungen wider.

Als eine weitere wesentliche Modifikation im Vergleich zum Monitoring der Klimavorsorgevereinbarung sollten im Sinne der KWK-Vereinbarung nur die Auswirkungen der Modernisierung für die privaten Haushalte aufgezeigt werden. Die Konsequenzen der Modernisierung in den privaten Haushalten wurden berechnet, indem für alle betrachteten Jahre der Anteil der privaten Haushalte am Inlandsabsatz an leichtem Heizöl in Höhe des langjährigen Mittels von 62 % angesetzt und von den bisher ermittelten Emissionen des gesamten Verbrauchs abgezogen wurde (IWO 2011b: 1).

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist nach Ansicht des RWI die Annahme des IWO zu berücksichtigen, dass Lageranpassungen von Haushalten und Gewerbe in gleicher Weise vorgenommen werden. Im MWV wird ebenfalls diskutiert, dass Lagerveränderungen in Haushalten stärker schwanken. Ebenso ist zu beachten, dass für die Haushalte der durchschnittliche Wirkungsgrad aller Ölheizungsanlagen angesetzt wird. Der Ölkesselbestand, auf dessen Basis die durchschnittlichen Wirkungsgrade berechnet wurden, bezieht sich auf Haushalte und Gewerbe. Beim Ölfeuerungsanlagenbestand des ZIV wird nur hinsichtlich der Leistungen der Anlagen differenziert. Mitglieder der AGEB gehen jedoch davon aus, dass die Struktur des Ölverbrauchs und der Nutzungsgrad der Kessel sich bei Haushalten und Gewerbe kaum unterscheiden.

Im Unterschied zum Monitoring im Rahmen der Klimavorsorgevereinbarung wurden die Substitutionen der Kohlekessel durch Ölkessel vernachlässigt. Dies erscheint vertretbar angesichts der Tatsache, dass 1998 entsprechend der Daten des IWO nur noch ein Anteil von etwa 1 % Kohlekessel bezogen auf den Ölkesselbestand von 1998 vorhanden waren und zudem deren Aufteilung auf Haushalte und Gewerbe nicht bekannt ist.

Da das Statistische Bundesamt im Rahmen der umweltökonomischen Gesamtrechnung (UGR) direkt lager- und temperaturbereinigte Zahlen zum Verbrauch der privaten Haushalte ausweist, wurde eine Vergleichsrechnung zu den Berechnungen des IWO durchgeführt, bei der als entsprechender Ölverbrauch des Basisjahres 1998 der UGR-Wert herangezogen wurde (StaBuA 2009). Bei der Ermittlung dieser Verbrauchswerte greift das Statistische Bundesamt nach eigener Auskunft für den Inlandsabsatz der privaten Haushalte an leichtem Heizöl auf Ergebnisse der AGEB zurück und übernimmt dabei für die Lager- und Temperaturbereinigung Ergebnisse der AG Nutzenergiebilanzen, einem Arbeitskreis der AGEB.

Ein Vergleich mit den IWO-Daten wird jedoch dadurch erschwert, dass neben der Lager- gleichzeitig auch eine Temperaturbereinigung vorgenommen wurde. Das IWO hat ergänzend durch eine Berücksichtigung entsprechender Gradtage eine Temperaturbereinigung durchgeführt und somit ebenfalls einen lager- und temperaturbereinigten Verbrauch ausgewiesen (IWO 2011b: Bild 5). Als Ausgangswert für die Betrachtung hier gilt nach Ansicht des IWO der allein lagerbereinigte Wert als der bessere, da Schwankungen aufgrund von Wettereinflüssen nicht mit einbezogen werden sollten.

2.3.3 Ergebnisse

Der durchschnittliche Jahresnutzungsgrad der Ölheizungs- und Warmwasserbereitungsanlagen ist zwischen 1998 und 2010 stetig von 78,5 % auf 87,4 % um insgesamt 11,4 % gestiegen (Tabelle 2.16). Die Höhe des Bestandes hat sich in diesen Jahren kaum verändert. 2005 lag er mit 6,425 Mill. Anlagen auf gleichem Niveau wie 1998. Danach sank er auf 5,969 Mill. Anlagen im Jahr 2010, gegenüber 1998 ein Rückgang um insgesamt 7,2 %. Die Struktur hat sich in diesen Jahren indes deutlich gewandelt. Bis 2005 wurde ein Viertel der Anlagen ausgetauscht. 2010 lag der Anteil der seit 1998 ausgetauschten Anlagen bei 35,6 %. Die Erneuerung erfolgt inzwischen verstärkt durch die Einführung von Brennwertgeräten. War deren Anteil am Absatz der Ölheizgeräte 1998 noch vernachlässigbar gering, lag er 2005 bei 14,5 %. Bis 2010 stieg er auf 61,1 %.

Gemäß den Berechnungen des IWO ergab sich für 1998 ein lagerbereinigter Ölverbrauch der privaten Haushalte von 19,2 Mill. t mit einem Emissionsniveau von 60,6 Mill. t (Tabelle 2.17). Allein aufgrund der Verbesserung des Wirkungsgrades der Ölfeuerungsanlagen ergab sich unter Annahme eines konstanten Bestandes bis 2005 für den lagerbereinigten Ölverbrauch eine Emissionsminderung von 4,5 Mill. t auf 56,1 Mill. t CO_2. Bis 2010 erhöhten sich die Einsparungen auf 6,2 Mill. t bei einem Emissionsvolumen von 54,4 Mill. t.

Tabelle 2.16
Anlagenbestand und jahresdurchschnittlicher Nutzungsgrad im Bereich Ölheizung und Warmwasserbereitung
1998 bis 2010

	1998	2005	2008	2009	2010
Anlagenbestand insg., in 1000	6 429	6 425	6 174	5 997	5 969
Veränd. geg. 1998, in %		-0,1	-4,0	-6,7	-7,2
Dar.: Anlagen ab 1998	198	1 680	1 994	2 053	2 126
Anteil an insgesamt, in %	3,1	26,2	32,3	34,2	35,6
Brennwertgeräte, Anteil an Absatz Ölheizgeräten in %		14,5	55,2	62,1	61,1
Durchschnittlicher Jahresnutzungsgrad	78,5	84,8	86,4	87,0	87,4
Veränd. geg. 1998, in %		8,1	10,1	10,9	11,4

Eigene Berechnungen nach Angaben des IWO. – Änderungen gegenüber dem Vorjahresbericht beruhen auf revidierten Anlagenbeständen durch das IWO.

Demgegenüber weisen die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten jedoch sowohl lager– als auch witterungsbereinigten UGR-Daten für 1998 einen Ölverbrauch der privaten Haushalte von 20,4 Mill. t aus. Daraus ergaben sich CO_2-Emissionen von 65,1 Mill. t (Tabelle 2.17). Zwischen 1998 und 2009 sanken die Emissionen als Folge der Modernisierungsmaßnahmen hiernach um 6,4 Mill. t. Der vom Statistischen Bundesamt ausgewiesene Ölverbrauch lag 1998 um 1,3 Mill. t bzw. 6,3 % über dem lagerbereinigten Wert des IWO. Verglichen mit dem höheren Ausgangsverbrauch in 1998 ergibt sich denn auch 2009 eine um 500 000 t größere CO_2-Vermeidung[5].

Für den aus Vergleichsgründen ebenfalls vom IWO berechneten lager- und witterungsbereinigten Ölverbrauch ergibt sich für die Haushalte ein Wert für 1998 von 18,5 Mill. t. Bezogen auf diesen Wert liegt der UGR-Wert sogar um 10,3 % darüber.

Die Berechnungen des IWO und des Statistischen Bundesamtes zum Ölverbrauch gehen zwar auf die gleichen Ausgangsdaten beim Inlandsabsatz zurück. Sie unterscheiden sich jedoch deutlich aufgrund der unterschiedlichen Lager- und Temperaturbereinigungsverfahren beim Ölverbrauch. Da das Bereinigungsverfahren der UGR-Daten nicht nachvollziehbar ist und keine Bewertung der Güte der jeweiligen Bereinigungsverfahren vorgenommen werden kann, werden hier die vom IWO ausgewiesenen CO_2-Minderungen – so für 2010 in Höhe von 6,2 Mill. t – als Folgen der Modernisierungsmaßnahmen angesehen, jedoch als Untergrenze interpretiert.

[5] *Die UGR 2011 weist für den Heizölverbrauch privater Haushalte nur Daten bis 2009 aus.*

Tabelle 2.17

Auswirkung der Modernisierung der Ölheizungs- und Warmwasserbereitungsanlagen der privaten Haushalte auf die CO_2-Emissionen

Mill. t CO_2, 1998 bis 2010

	1998	2005	2008	2009	2010
Modernisierungseffekt bei konstantem Anlagenbestand von 1998 - Vergleich der Rechnungen auf Basis der Referenzwerte für 1998 von IWO und Statistischem Bundesamt					
Basiswert IWO	60,6	56,1	55,1	54,7	54,4
Minderung geg. 1998		4,5	5,6	5,9	6,2
Basiswert Statistisches Bundesamt	65,1	60,2	59,2	58,7	- [1]
Minderung geg. 1998		4,9	6,0	6,4	
Modernisierungseffekt, Referenzwert IWO, Minderung geg. 1998					
CO_2-Emissionen, konstanter Bestand 1998		4,5	5,6	5,9	6,2
Anzurechnende CO_2-Emissionen aus Bestandsverminderungen[2]		-	-0,13	-0,13	-0,14
Modernisierungseffekt insgesamt		4,5	5,4	5,8	6,1

Eigene Berechnungen nach Angaben des IWO (2011b) und des Statistischen Bundesamtes (2011). – [1] Angaben für 2010 in UGR 2011 nicht ausgewiesen. – [2] Die Überarbeitung der Berechnungen hat zu Abweichungen gegenüber den Ergebnissen im Vorjahresbericht geführt.

Die Folgen der Modernisierungsmaßnahmen für die Emissionen sind unter der Annahme eines konstanten Bestandes des Jahres 1998 berechnet worden. Ergänzend wird jedoch auch der Modernisierungseffekt berücksichtigt, der der Bestandsverminderung in Höhe von 7,2 % des Ausgangsbestandes von 1998 zugerechnet werden kann. Nimmt man dabei an, dass auch von den Bestandsrückgängen 62 % auf private Haushalte entfallen und legt hier ebenfalls die Entwicklung der jahresdurchschnittlichen Nutzungsgrade des Ölfeuerungsanlagenbestandes zugrunde, ergibt sich für 2010 eine um rund 142 000 t niedrigere CO_2-Minderung gegenüber der Rechnung mit konstantem Bestand (Tabelle 2.17). Damit lässt sich ein um 6,1 Mill. t geringerer CO_2-Ausstoß den Modernisierungsanstrengungen zurechnen. Insgesamt gehen die CO_2-Emissionen für private Haushalte und Kleinverbraucher als Folge der Veränderung von Modernisierungsgrad und Bestand in dieser Branche um rund 10,0 Mill. t (MWV 2011) zurück.

Die aus der Bestandsverringerung resultierenden Minderungen lassen sich jedoch nicht als tatsächliche CO_2-Minderung des gesamten Wärmebereichs der Haushalte interpretieren. Es ist davon auszugehen, dass eine Substitution durch Heizkessel auf Basis anderer Energieträger erfolgt ist. Da bei den Berechnungen die Einflüsse anderer Determinanten des Nutzwärmebedarfs fehlen, kann hier die tatsächliche Minderung nur in Höhe des Modernisierungseffektes angegeben werden.

Die Auswertung der zur Verfügung stehenden Daten zum Ölverbrauch der privaten Haushalte im Bereich Wärme sowie die Gespräche mit Experten des Statistischen Bundesamtes, des Mineralölwirtschaftsverbandes und der AG Energiebilanzen machten deutlich, dass die Datensituation dort für aussagefähige Analysen unzureichend ist. Es wäre daher wünschenswert, entsprechende umfassende Erhebungen zu durchzuführen, die diesen Bereich transparenter machen. Dies kann letztendlich nur von Seite der Ministerien initiiert werden.

2.4 Der forcierte Einsatz verbesserter Heizungs- und Warmwassertechnik in privaten Haushalten im Bereich Gas

Ebenso wie die Mineralölwirtschaft hat sich das Gasfach im Rahmen der „Sonstigen Maßnahmen" der KWK-Vereinbarung verpflichtet, durch Modernisierungen der Heizungs- und Warmwasserversorgung im Gebäudebestand und bei Neubauten der privaten Haushalte die CO_2-Emissionen deutlich zu reduzieren. Im Fokus steht hierbei insbesondere die Modernisierung des Kesselbestandes durch den verstärkten Einsatz von Brennwertkesseln.

2.4.1 Im Rahmen der Klimavorsorgevereinbarung angewandte Methode

Der Einsatz verbesserter Gasheizungs- und Warmwassertechnik bei privaten Haushalten und die entsprechenden CO_2-Minderungen werden in den Fortschrittsberichten des BDEW (früher BGW) für das CO_2-Monitoring der Klima-Vorsorgevereinbarung des deutschen Gasfachs dokumentiert (Schmitz 20011a und 2011b). Der Verband hat im Rahmen dieser Erklärung differenziert nach Einzelbereichen eine umfassende Verpflichtung zur CO_2-Minderung abgegeben. Die Darstellung umfasst jeweils getrennt den Wärmebereich und die Versorgung durch BHKW bei privaten Haushalten und Kleinverbrauchern, die Warmwasserbereitung bei Haushalten und Kleinverbrauchern zusammen, den Bereich Prozesswärme bei Kleinverbrauchern, Erdgasfahrzeuge und die Reparatur von Graugussleitungen. Neben einer Zielvorgabe für die CO_2-Minderungen im Jahr 2012 für das Gasfach insgesamt erfolgte eine Konkretisierung für die einzelnen Bereiche in Form von Einzelzielen oder es wurden Annahmen über die erwartete Entwicklung formuliert.

Das Gasfach hat den Monitoringberichten durch das RWI eine technische Plausibilitätsprüfung seiner Angaben über die Fortschritte bei der CO_2-Minderung vorangestellt. Die Verbandsunterlagen werden von Professor Schmitz von der TU Hamburg-Harburg geprüft. Vom RWI werden die Berechnungen im Anschluss daran anhand der Fortschrittsberichte nachvollzogen.

Die angestrebten Ziele für den Wärmebereich der privaten Haushalte beziehen sich speziell auf die technische Weiterentwicklung der Heizkessel und deren Verbreitung in den Haushalten. Indikator für die Verbesserungen der Heizungs- und Warmwassertechnik ist dabei die Entwicklung des durchschnittlichen Jahresnut-

zungsgrades bzw. Jahreswirkungsgrades der Heizkessel. Indikatoren für die Verbreitung neuer Heizungsanlagen sind die Anzahl der modernisierten Gasheizungen, der auf Gaskessel umgestellten Heizungen auf Basis anderer Energieträger sowie der Anzahl der Gasheizungen bei Neubauten. Technische Verbesserungen resultieren aus der Verringerung der Bereitschaftsverluste, d.h. der Energieverluste, die beim Aufheizen eines kalten und Abkühlen eines heißen Kessels entstehen, vor allem aber aus der Zunahme des Anteils der Brennwertgeräte.

Der Verband weist in seinem Fortschrittsbericht für den Heizungsbereich der privaten Haushalte ohne BHKW CO_2-Emissionsminderungen für die einzelnen Jahre gegenüber 1990 aus. Er differenziert bei der Ermittlung nach Minderungen aus der Modernisierung im Bestand der Erdgasheizungen und aus der Substitution von Heizungen auf Basis anderer fossiler Energieträger durch Erdgasheizungen sowie Minderungen durch den Einbau von Erdgasheizungen im Neubau. In die Berechnungen des Erdgasverbrauchs der jeweiligen Jahre gehen nach Verbandsaussagen als wesentliche Determinanten die Zahl modernisierten Gasheizungen und der umgestellten Heizungen sowie die Zahl der Wohnungen in Neubauten mit Gasheizungen ein.

Darüber hinaus werden zur Bestimmung des Nutzenergiebedarfs Annahmen getroffen: etwa über die Höhe der gegenüber dem Basisjahr realisierten Wärmedämmung (-0,5 % pro Jahr), zur Höhe der durchschnittlichen Wohnfläche vor und nach der Renovierung, zur durchschnittlichen Wohnfläche der Neubauten sowie die Vorgaben der Energieeinsparverordnung.

Als Determinante für den jeweiligen Modernisierungsgrad wird der durchschnittliche Mischnutzungsgrad der Gaskessel angesehen. Konkret ist das

- bei der Modernisierung der alten Kessel die Veränderungen des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades des Bestandes,
- bei der Substitution anderer Energieträger die Differenzen zwischen den Nutzungsgraden der neuen Gaskessel und der der ausgetauschten Kessel und
- bei Neubauten die Differenzen der Mischnutzungsgrade neuer Gasheizungen zu denen neuer Ölheizungen; seit 2008 die Differenzen zum Mischnutzungsgrad des in diesen Jahren eingesetzten Heizungs-Mix außer Gas, da in diesen Jahren nicht mehr davon ausgegangen werden kann, dass bei Neubauten anstatt Gas Öl gewählt wird (Schmitz 2011a: 12).

Zur Berechnung der CO_2-Emissionen wird der für das CO_2-Monitoring vereinbarte CO_2-Koeffizient für Erdgas verwendet. Im Bereich der Substitution von Heizungen auf Basis anderer fossiler Energieträger durch Gasheizungen wird die Differenz der jeweiligen Emissionskoeffizienten zum Koeffizienten für Erdgas herangezogen und

bei den neuen Wohnungen die Differenz der Emissionskoeffizienten von Öl und Gas benutzt bzw. seit 2008 die Differenz zum gemittelten CO_2-Faktor auf Basis der übrigen eingesetzten Energieträger.

Die für 1990 für den damaligen Bestand an gasbeheizten Wohnungen ausgewiesenen Emissionen sind eine hypothetische Größe. Sie wird auf Basis des 1990 existierenden Bestandes gasbeheizter Wohnungen ermittelt.

Die CO_2-Minderungen durch verbesserte Warmwasseraufbereitungsanlagen sind in den CO_2-Monitoringberichten des Gasfachs der Klimavorsorgevereinbarung nur informell mit aufgeführt. Sie werden dort für Haushalte und Kleinverbrauch zusammen ausgewiesen. In die Evaluierung der Erfüllung dieser Vereinbarung gehen sie nicht ein. Für die KWK-Vereinbarung muss der Gasverbrauch mit den entsprechenden Emissionen der Warmwasseraufbereitung hingegen in das Monitoring einbezogen werden. Laut Bericht des Verbandes wurde der Gasverbrauch auf Basis von Annahmen zum Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung pro Haushalt und Jahr nach Angaben des Statistischen Bundesamtes und Daten über die Wohneinheiten mit Warmwasserbereitungsanlagen der E.ON Ruhrgas AG für den Haushaltssektor ermittelt (Schmitz 2011a: 15-18). Für das Gewerbe wurde ebenfalls die Zahl der neu installierten Warmwasseraufbereitungsanlagen ermittelt. Bei Berechnung der durch Modernisierung ausgelösten CO_2-Minderungen wird für die Referenzreihen in beiden Sektoren unterstellt, dass statt Gas Öl oder Strom genommen worden wäre. Dabei wurde für Öl und Gas ein gleicher Nutzungsgrad angenommen, für Strom ein Nutzungsgrad von eins unterstellt. Zudem wurden die entsprechenden CO_2-Koeffizienten für Heizöl und Strom benutzt.

2.4.2 Modifikation der Berechnungen für den KWK-Bericht

Die obigen Berechnungen wurden für den CO_2-Minderungsnachweis im Rahmen der KWK-Vereinbarung insofern modifiziert, als die erreichten Reduktionen auf das Basisjahr 1998 bezogen wurden anstatt auf 1990. Die Minderungen gegenüber 1998 wurden berechnet, indem die CO_2-Reduktion in den einzelnen Bereichen, die 1998 realisiert werden konnten, von den im Jahr 2010 erzielten abgezogen wurden. Damit wurde das gleiche Vorgehen wie in den vorangegangenen Monitoringberichten angewandt.

Als Manko bei dieser Berechnung erscheint dem RWI, dass damit der den CO_2-Berechnungen zugrundeliegende Erdgasverbrauch für das Basisjahr 1998 ein Modellergebnis ist, das auf Ausgangswerten von 1990 basiert. Zudem wird dieser Modellwert für den Gasverbrauch 1998 nicht ausgewiesen. Daher kann keine Gegenüberstellung mit dem Erdgasverbrauch der privaten Haushalte, wie er von der AGEB in der Energiebilanz für 1998 veröffentlicht ist, erfolgen und seine Größenordnung beurteilt werden.

Die durchgeführten Maßnahmen zur Verbesserung der Kesselnutzungsgrade entsprechen inhaltlich den Verpflichtungen der KWK-Vereinbarung. In der Entwicklung des CO_2-Ausstoßes sind sowohl die Auswirkungen, die durch Veränderung des Nutzenergiebedarfs ausgelöst wurden, als auch die der eigentlichen Modernisierung enthalten. Im Bereich Modernisierung des Bestandes muss der eigentliche Modernisierungseffekt noch gesondert isoliert werden. Die Berechnungen konnten nur zum Teil nachvollzogen werden, da nicht alle Daten des BDEW für das RWI zugänglich waren. Im Sektor Warmwasseraufbereitung konnte aus diesem Grund die Trennung nach Haushalten und Kleinverbrauchern nicht durchgeführt werden.

2.4.3 Ergebnisse

Der Absatz von Gas-Heizkesseln sank von 720 im Jahr 1998 auf einen Tiefstwert von 398 im Jahr 2007 und stieg dann bis 2010 auf 454 (Tabelle 2.18). Dieser im Vergleich zu 1998 immer noch deutlich niedrigere Wert dürfte die Verbesserung des Mischnutzungsgrades verlangsamt haben. Kompensiert wurde dies durch die zunehmende Bedeutung der Brennwertkessel. Deren Anteil am Absatz der Gas-Heizkessel stieg seit 1998 von 26,4 % auf 74,9 %; gegenüber 2009 betrug die Zunahme 0,6 Prozentpunkte. Der Mischnutzungsgrad der neuinstallierten Geräte stieg von 87,2 % im Jahr 2000 auf 97,0 % im Jahr 2010[6]. Angesichts der in Tabelle 2.18 dargestellten Absatzentwicklung für Gasheizkessel und Brennwertkessel überrascht der Rückgang des Mischnutzungsgrades gegenüber 2009 um 0,8 Prozentpunkte. Da die Angaben auf die Plausibilitätsberechnungen der TU Hamburg-Harburg (Schmitz 2011a und 2011b) im Auftrag des BDEW beruhen, waren die Gründe für diesen Rückgang für das RWI nicht nachvollziehbar. Nach Informationen des BDEW hat dieser Rückgang jedoch nur marginale Auswirkungen. Der Mischnutzungsgrad für den gesamten Altbestand gasbeheizter Wohnungen stieg zwischen 2000 und 2010 von 83,6 % auf 88,1 %.

[6] *Die sich jährlich ergebenden Mischnutzungsgrade sowohl der neu installierten Gaskessel als auch der des Altbestandes wurden vom Verband nur für die Jahre ab 2000 ausgewiesen.*

Tabelle 2.18
Absatz von Gasheizkesseln
1998 bis 2010; in Tausend

	1998	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Gasheizkessel	720	516	521	398	424	451	454
Veränd. geg. 1998		-28,3	-27,6	-44,7	-41,1	-37,4	-36,9
Dar.:							
Brennwertkessel	190	328	354	276	312	335	340
Veränd. geg. 1998		72,6	86,3	45,3	64,2	76,3	78,9
Anteil an insgesamt, in %	26,4	63,6	67,9	69,3	73,6	74,3	74,9

Nach Angaben von Schmitz 2011b.

Durch den Einsatz verbesserter Gasheizungstechniken bei privaten Haushalten gelang es, zwischen 1998 und 2010 eine Minderung des CO_2-Ausstoßes um 8,07 Mill. t zu erreichen (Tabelle 2.19). Davon waren 3,21 Mill. t oder 39,8 % auf Modernisierungen im Haushaltsbestand, 3,1 Mill. t bzw. 38,4 % auf die Substitution anderer Energieträger durch Erdgas und gut 1,76 Mill. t oder 21,8 % auf den Einsatz von Erdgas in Neubauten zurückzuführen.

Tabelle 2.19
CO2-Minderungen durch private Haushalte im Bereich Heizung und Warmwasser-aufbereitung mit Gas
2005 bis 2010 jeweils gegenüber 1998, in Mill. t

	2005	2006	2007	2008	2009[1]	2010
Heizung						
Neubau	1,49	1,61	1,72	1,74	1,75	1,76
Bestand	2,02	2,26	2,50	2,74	2,98	3,21
Substitution	2,25	2,42	2,64	2,84	2,98	3,10
insgesamt	5,76	6,29	6,86	7,32	7,71	8,07
Warmwasserbereitung[2]	0,29	0,31	0,32	0,37	0,40	0,66
Insgesamt (einschließl. Warmwasser-aufbereitung)	6,05	6,60	7,18	7,69	8,10	8,73

Nach Angaben von Schmitz 2011b. - [1] Abweichungen zu den Angaben aus dem Bericht für 2009 ergaben sich durch nachträgliche Korrekturen des bereitgestellten Datenmaterials. - [2] Einschließlich Kleinverbraucher.

Zählt man die CO_2-Minderungen aus der Warmwasserbereitung (einschließlich Kleinverbrauch) in Höhe von rund 0,66 Mill. t des Jahres 2010 hinzu, ergibt sich eine

Minderung des CO_2-Ausstoßes von insgesamt 8,73 Mill. t. Das bedeutet gegenüber 2009 eine Verbesserung um mehr als 0,6 Mill. t.

Zu den 3,21 Mill. t CO2-Minderungen, die durch Modernisierungen im Bestand realisiert werden konnten, hat neben dem verbesserten Mischnutzungsgrad der Kessel ein deutlich niedriger Nutzenergiebedarf beigetragen. Hier wurden laut Angaben des Verbandes Auswirkungen von Wärmedämmmaßnahmen unterstellt. Entsprechende Berechnungen für diesen Bereich zeigen, dass bei Konstanz des durchschnittlichen Mischnutzungsgrades des Jahres 1998 die CO_2-Einsparungen im Jahr 2010 nur etwa 40 % der gesamten Einsparungen betragen hätten, der reine Modernisierungseffekt damit mit ungefähr 1,9 Mill. t zu beziffern ist.

Der um 3,1 Mill. t geringere CO_2-Ausstoß aufgrund der Substitution anderer Energieträger durch Erdgas wurde wesentlich durch die Zahl der Umsteller und die Veränderung der beheizten Wohnfläche bestimmt. Der Verband ermittelt den Nutzenergiebedarf nach eigenen Angaben differenziert sowohl nach Energieträgern als auch nach östlichen und westlichen Bundesländern getrennt. Bei der Umstellung auf den Energieträger Gas wird gleichzeitig von einer Renovierung der Wohnfläche mit einer danach jeweils deutlich größeren Wohnfläche ausgegangen. Der Modernisierungseffekt wird getrennt erfasst. Gemessen wird er als Differenz der Nutzungsgrade von neuem Gas- und altem Ölkessel.

Aufgrund der Differenz zwischen durchschnittlichem Nutzungsgrad neuer Gaskessel und dem jeweiligen Referenzwert konnten 2010 verglichen mit 1998 gut 1,76 Mill. t CO_2 durch den Einsatz von Erdgas als Heizenergie in Neubauten vermieden werden (Tabelle 2.19). Dabei ging der in jedem Jahr hinzukommende Nutzenergiebedarf vor allem aufgrund des Rückgangs der Zahl der Neubauten drastisch zurück. Die Anzahl gasbeheizter neuer Wohnungen sank zwischen 1998 und 2010 um 75,8 % von 311 500 auf 75 352. Dies führte dazu, dass der CO_2-Vermeidungseffekt in den letzten Jahren in etwa konstant blieb.

Wegen der gemeinsamen Betrachtung von Haushalten und Kleinverbrauchern bei der Warmwasserbereitung können die CO_2-Minderungen als leicht überhöht gelten. Dies fällt aufgrund des geringen Niveaus von etwa 0,7 Mill. t jedoch weniger ins Gewicht, da sich zudem der Anteil des Gasverbrauchs der Kleinverbraucher am gesamten Wasserverbrauch für Warmwasserbereitung anhand der AGEB-Daten in etwa mit 25 % angeben lässt. Berücksichtigt man im Bereich Modernisierung des Gaskesselbestandes die 1,3 Mill. t CO_2-Ausstoß, die nicht auf die Verbesserung der Heizkessel sondern auf den verringerten Nutzwärmebedarf zurückzuführen sind, lässt sich der gesamte Modernisierungseffekt statt mit 8,73 Mill. t mit 7,45 Mill. t beziffern.

Bei der ausgewiesenen Gesamtminderung wird ein eventueller Rückgang beim Altbestand an Gaskesseln infolge von Wohnungsabriss nicht berücksichtigt. Ebenfalls nicht einbezogen wurde der Ersatz alter Gaskessel durch andere Heiztechniken, wie Fernwärme oder Wärmepumpen, die diesen Energieträgern zuzurechnen wären. Da der Modellwert des Gasverbrauchs im Basisjahr 1998 nicht bekannt ist, kann dessen Plausibilität nicht beurteilt werden und damit auch nicht der Effekt, den ein unterschiedliches Ausgangsniveau auf die Höhe der CO_2-Vermeidung hat.

2.5 Energieeffizienzkampagnen gemeinsam mit der Elektroindustrie

Die Stromwirtschaft hat sich in der KWK-Vereinbarung zur Durchführung von Effizienzkampagnen verpflichtet, um Verbraucher verstärkt für das Thema Energieeffizienz zu sensibilisieren, damit bestehende Energieeffizienzpotentiale zu heben, die Energienachfrage zu mindern und damit einen Beitrag zum energiepolitischen Zieldreieck Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit zu leisten. Die Aktivitäten wurden in der *Initiative EnergieEffizienz* gebündelt, eine von der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) und der Energiewirtschaft getragenen Plattform, gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Die *Initiative EnergieEffizienz* spricht dabei seit Oktober 2002 gleichermaßen private Haushalte, die Industrie und das verarbeitende Gewerbe und den Dienstleistungssektor an.

Um die mit der Kampagne verbundenen Emissionseinsparungen beziffern zu können, ist eine Evaluation des Programms unabdingbar. Die dena führt regelmäßig Studien durch, die in erster Linie das Verbraucherverhalten und den Bekanntheitsgrad der Kampagne untersuchen. Die Ergebnisberichte werden auf der Internetseite der Kampagne zum Download bereitgestellt.[7] Für eine Bezifferung der Emissionseinsparungen sind diese „Evaluationsberichte“ indessen wenig geeignet, da in der Regel lediglich die Publikumswirkung der Aktionsplattform beschrieben wird. Bestenfalls kann aus den regelmäßigen Befragungen zum Verbraucherverhalten tendenziell abgelesen werden, ob sich das Konsumentenverhalten in Richtung effizienterer Energieverwendung wandelt.

Eine solide wissenschaftliche Programmevaluation erfordert die Identifizierung der dem Programm kausal zuzuschreibenden Energieeinsparungen. Um diese zu bestimmen, bedarf es der Approximation einer hypothetischen Situation, in der keine Konsumentensensibilisierung stattgefunden hätte (Train 1994). Diese herausfordernde Aufgabe wird in der Regel durch das Vergleichsgruppenkonzept gelöst: der Energieverbrauch einer Stichprobe von „Programmteilnehmern“, beispielswei-

[7] *Die Studien sind unter http://www.stromeffizienz.de/ueber-uns/veroeffentlichungen/evaluierungen.html verfügbar.*

se wird Menschen, die die *Initiative EnergieEffizienz* bereits kennen, der Energieverbrauch einer Stichprobe von „Nicht-Teilnehmern“ gegenübergestellt. Beide Stichproben müssen in wesentlichen sozio-ökonomischen Charakteristika übereinstimmen und sich im Idealfall nur durch die Programmteilnahme unterscheiden. Die durch die Informationskampagne kausal hervorgerufenen Energieeinsparungen ergeben sich dann näherungsweise als Differenz des Energieverbrauchs der beiden Stichproben.

Bislang mangelt es noch an einer solch systematischen Untersuchung, inwiefern sich die Konsumentensensibilisierung für das Thema Energieeffizienz in tatsächliche Energie- und damit Emissionseinsparungen übersetzen lassen. Es ist wünschenswert, dass eine solche gezielte Evaluation zukünftig ein Bestandteil der Aktivitäten ist und so die Effektivität der Kampagne quantifiziert werden kann. Ohne eine solche Evaluation können keine Emissionseinsparungen beziffert werden.

2.6 Erdgasfahrzeuge und Brennstoffzelle

Die KWK-Vereinbarung sieht eine Förderung der Entwicklung von Erdgasfahrzeugen und Brennstoffzellen durch unternehmerische Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen und Demonstrationsprojekte vor. Ziel von Forschungs- und Entwicklungsprojekten ist es, die technischen Grundlagen zu schaffen, damit Erdgas- und Brennstoffzellenfahrzeuge zur Serienreife gelangen. Die eigentliche Emissionseinsparung findet durch eine verstärkte Marktdurchdringung dieser Antriebsarten statt.

Es liegt somit in der Natur von Forschungs- und Entwicklungsprojekten, dass sie ihre Wirkung erst mit einer großen Zeitverzögerung entfalten. Diese kann üblicherweise nicht einem einzelnen Forschungsprojekt zugerechnet werden. Dennoch ist es unverkennbar, dass Erdgasfahrzeuge nicht mehr nur Gegenstand der Forschung, sondern in zunehmender Zahl auch im Straßenverkehr vertreten sind.

Tabelle 2.20
Pkw-Bestand am 1. Januar 2011 nach Antriebsarten

	Bestand
Benzin	30 487 578
Diesel	11 266 644
Flüssiggas (einschließlich bivalent)	418 659
Erdgas (einschließlich bivalent)	71 519
Elektro	2 307
Hybrid	37 256
Sonstige (einschließlich Wasserstoff)	17 600
Bestand insgesamt	42 301 563

KBA (2012)

Im Folgenden werden die durch die zunehmende Zahl an Erdgasfahrzeugen erzielten Emissionseinsparungen ermittelt. Zwar zeigt Tabelle 2.20, dass der Bestand an Pkw in Deutschland nach wie vor nahezu vollständig mit herkömmlichen Kraftstoffen wie Diesel und Benzin angetrieben wird. Dennoch stieg die Zahl der mit Erdgas betriebenen Pkw von 1 605 im Jahr 1998 auf insgesamt 71 519 im Jahr 2010 stark an. Darunter befinden sich auch bivalente PKW, die sowohl mit Gas als auch mit Benzin oder Diesel betrieben werden (Tabelle 2.21). Bei der Ermittlung der CO_2-Einsparungen wird davon ausgegangen, dass diese bivalent betriebenen Fahrzeuge nur im Notfall mit konventionellem Kraftstoff betrieben werden. Dies ist plausibel, denn das Tanken von Erdgas ist wesentlich günstiger.

Zusätzlich wird angenommen, dass mit Erdgas zu 75 % Benzin-Pkw und zu 25 % Diesel-Pkw ersetzt wurden (Tabelle 2.21). Die Unterscheidung nach Diesel und Benzin ist nötig, da der Einsatz von Erdgas anstatt Benzin etwa 21 % an CO_2-Emissionen einspart, während bei Diesel nur 11 % eingespart werden können (EMPA 2007). Zudem führt der Verbrauch von 1 Liter Benzin zu 2,33 kg CO_2, während der Verbrauch von 1 Liter Diesel mit 2,64 kg CO_2 zu etwas höheren Emissionen führt (BayLfU 2009).

Tabelle 2.21
Pkw-Bestand an Gasfahrzeugen
1998 bis 2010

		Erdgasfahrzeuge	
	Insgesamt	Ersetzte Benzin-Pkw	Ersetzte Diesel-Pkw
1998	1 605	1 204	401
1999	2 320	1 740	580
2000	3 382	2 537	845
2001	5 401	4 051	1 350
2002	8 023	6 017	2 006
2003	11 882	8 912	2 970
2004	20 773	15 580	5 193
2005	30 554	22 916	7 638
2006	42 759	32 069	10 690
2007	50 614	37 961	12 653
2008	60 744	45 558	15 186
2009	68 515	5 1386	17 129
2010	71 519	53 639	17 880

Eigene Berechnungen nach KBA (2012).

Um die CO_2-Einsparungen nicht zu überschätzen, muss berücksichtigt werden, dass der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch der konventionell betriebenen Fahrzeuge im Laufe der Zeit abnimmt. So sank der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugbestandes im Zeitraum von 1998 bis 2008 von 8,8 l/km auf 8,0 l/km bei Benzin und von 8,0 l/100 km auf 6,8 l/100 km bei Diesel (Tabelle 2.22). Mangels spezifischer Verbrauchsangaben für das Jahr 2010 werden diese Durchschnittsverbräuche auch für das Jahr 2010 verwendet.

Aus diesen Angaben kann nun die durchschnittliche CO_2-Einsparung pro Erdgasfahrzeug ermittelt werden, indem die jährliche Fahrleistung, die im Durchschnitt bei etwa 12 000 km liegt (Biere et al. 2009), mit dem Kraftstoffverbrauch, dem Emissionsfaktor des Kraftstoffes und der Einsparung gegenüber dem konventionellen Kraftstoff multipliziert wird.

Tabelle 2.22
Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugbestandes in Liter / 100 km
1998 bis 2010

	Benzin	Diesel
1998	8.8	7.2
1999	8.8	7.1
2000	8.6	6.9
2001	8.5	6.9
2002	8.5	6.9
2003	8.4	6.9
2004	8.4	6.8
2005	8.3	6.8
2006	8.3	6.9
2007	8.2	6.9
2008	8.2	6.9
2009	8.0	6.8
2010	8.0	6.8

BMWi (2012)

So sparte das durchschnittliche Erdgasfahrzeug gegenüber einem Benzin betriebenen im Jahr 1998, dessen Verbrauch im Schnitt bei 8,8 Litern pro 100 km lag, etwa 517 kg CO_2 ein. Berücksichtigt man die Anzahl der mit Erdgas betriebenen Fahrzeuge (Tabelle 2.21), so summieren sich die durch alle Gasfahrzeuge zwischen 1998 und 2010 erzielten Einsparungen auf etwa 160 647 t CO_2 (Tabelle 2.23).

Die letzte Spalte aus Tabelle 2.23 weist die gegenüber 1998 zusätzlich durch Gasfahrzeuge erzielten jährlichen CO_2-Einsparungen aus, die sich insgesamt auf etwa 150 930 t beliefen. Die Einsparungen dürften tatsächlich noch etwas höher ausfallen, denn Pkw stellen nur 79 % der gesamten mit Erdgas betriebenen Fahrzeuge dar. Weitere 19 % entfallen auf Lkw und 2 % auf Busse (GVR 2009).

Tabelle 2.23
CO_2-Einsparung pro Fahrzeug und über alle Erdgasfahrzeuge
1998 bis 2010; alle Angaben in Tonnen

	Einsparung pro Erdgasfahrzeug		Einsparung insgesamt		Kumuliert	Einsparung gegenüber 1998
	ersetzt Benzin	ersetzt Diesel	ersetzt Benzin	ersetzt Diesel		
1998	0,517	0,251	622	101	723	-
1999	0,517	0,247	899	144	1 043	320
2000	0,505	0,240	1 281	203	1 484	761
2001	0,499	0,240	2 023	325	2 346	1 624
2002	0,499	0,240	3 003	482	3 485	2 763
2003	0,493	0,240	4 395	714	5 110	4 387
2004	0,493	0,237	7 684	1 231	8 915	8 192
2005	0,487	0,237	11 169	1 810	12 978	12 255
2006	0,487	0,240	15 629	2 570	18 199	17 476
2007	0,481	0,240	18 550	3 042	21 592	20 869
2008	0,481	0,240	22 202	3 651	25 853	25 130
2009	0,481	0,240	24 717	4 111	28 828	28 105
2010	0.470	0.237	25 800	4291	30 091	29 048
Gesamte Einsparung					160 647	150 930

Eigene Berechnungen

Neben dem Einsatz von Erdgas stellt die Brennstoffzelle eine weitere Alternative zur Einsparung von CO_2 im Straßenverkehr dar. Bei der Brennstoffzellentechnologie wird Wasserstoff als Kraftstoff verwendet. Wasserstoff wird stromintensiv mittels Elektrolyse erzeugt. Werden jedoch CO_2-freie Stromerzeugungstechnologien verwendet, ist sein Einsatz als Kraftstoff mit keinerlei Treibhausgasemissionen verbunden. Dies trifft auf den aktuellen Brennstoffmix in der Elektrizitätserzeugung nicht zu. Vielmehr werden bei der Stromerzeugung erhebliche Mengen an CO_2 freigesetzt. Auch mittelfristig werden die fossilen Energieträger in der Elektrizitätserzeugung bestimmend sein: Im Jahr 2020 soll der Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch nach Plänen der Bundesregierung 30 % betragen.

Da zum einen nur wenige Fahrzeuge mit Brennstoffzellen betrieben werden und zum anderen bei der Herstellung des benötigten Wasserstoffs CO_2 anfällt, fallen die Emissionseinsparungen vernachlässigbar gering aus.

Literaturverzeichnis RWI

AGEB (1998-2002a) Energiebilanz der Bundesrepublik, verschiedene Jahrgänge, Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Internet: www.ag-energiebilanzen.de.

AGEB (1998-2002b), Satellitenbilanz Erneuerbare Energien, verschiedene Jahrgänge. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen. Internet: www.ag-energiebilanzen.de.

AGEB (2003-2011), Satellitenbilanz Erneuerbare Energien, verschiedene Jahrgänge. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen. Internet: www.ag-energiebilanzen.de.

AGEB (2008), Energiebilanz 1998 der Bundesrepublik, Stand 29.10.2008. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen. Internet: www.ag-energiebilanzen.de.

AGFW (1999), Hauptbericht der Fernwärmeversorgung 1998. Frankfurt a.M.: Arbeitsgemeinschaft Fernwärme.

AGFW (2010), Arbeitsblatt FW 308. Zertifizierung von KWK-Anlagen – Ermittlung des KWK-Stromes. Frankfurt a.M.: Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

BayLfU (2009), Ermittlung der CO_2-Emissionen. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt. Internet: http://www.izu.bayern.de/praxis/detail_praxis.php?pid=020301010121 7, abgerufen am 02.11.2009.

BDEW (1998-2002), BDEW Stromstatistik – Stromerzeugung der Kraftwerke der allgemeinen Versorgung, verschiedene Jahrgänge. Berlin: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft.

BDEW (2010), Wirkungsgradsteigernde Maßnahmen an Kraftwerken der allgemeinen Versorgung über den Zeitraum 1999-2009. Oktober 2010. Berlin: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft.

BDEW (verschiedene Jahrgänge), BDEW Stromstatistik. Jahresdaten der Stromversorger. Berlin: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft.

Biere, D., Dallinger, D., Wietschel, M. (2009), Ökonomische Analyse der Erstnutzer von Elektrofahrzeugen, *Zeitschrift für Energiewirtschaft*, 02/2009.

BMU (1994): Klimaschutz in Deutschland. Erster Bericht der Regierung der Bundes-republik Deutschland nach dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Natio-nen über Klimaänderungen. Bonn: Bundesministerium für Umwelt.

BMU (2008), Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und Internationale Entwicklung, Stand Dezember 2008. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

BMU (verschiedene Jahrgänge), Erneuerbare Energien in Zahlen. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

BMWi (2012), Energiestatistiken. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Internet: http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/energie.html.

EMPA (2007), Emissionsvergleich verschiedener Antriebsarten in aktuellen Personenwagen. Dübendorf: EMPA Materials Science and Technology.

Fh-ISI (2005), Gutachten zur CO_2-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer

Energien. Bericht für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien Statistik (AGEE-Stat). Karlsruhe: Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung.

GVR (2009), Worldwide NGV Statistics. Gas Vehicle Report Vol.7, Nr.85, Februar 2009. Internet: http://www.thegvr.com.

IWO (2011a), Fortschrittsbericht des MWV zum Monitoring für die Zusatzvereinbarung (KWK-Zusatzvereinbarung) zur Klimaschutzerklärung zwischen der Bundesrepublik und der Deutschen Wirtschaft vom 05.00.2011. Hamburg: Institut für wirtschaftliche Oelheizung.

IWO (2011b), Zuarbeit für den MWV zum Reporting für die Zusatzvereinbarung (KWK-Zusatzvereinbarung) zur Klimaschutzerklärung zwischen der Bundesrepublik und der Deutschen Wirtschaft vom 22.07.2011. Hamburg: Institut für wirtschaftliche Oelheizung.

KBA (2012), Bestand an Personenkraftwagen in den Jahren 2006 bis 2012 nach Kraftstoffarten. Flensburg: Kraftfahrt-Bundesamt. Internet: www.kba.de.

MWV (2008), Siebter Fortschrittsbericht der deutschen Mineralölwirtschaft zur Klimaschutzerklärung für den Wärmemarkt. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.

MWV (2009), Achter Fortschrittsbericht der deutschen Mineralölwirtschaft zur Klimaschutzerklärung für den Wärmemarkt. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.

MWV (2010), Neunter Fortschrittsbericht der deutschen Mineralölwirtschaft für den Wärmemarkt. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.

MWV (2011), Zehnter Fortschrittsbericht der deutschen Mineralölwirtschaft für den Wärmemarkt. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.

Öko-Institut (2009), Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung: Berichtszeitraum 1998-2005. Berlin: Öko-Institut e.V.

Öko-Institut (2012), Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung: Berichtszeitraum 2010. Berlin: Öko-Institut e.V.

RWI (2011), Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft – Monitoringbericht 2010. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung.

RWI (2011b), Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung: Berichtsjahr 2009. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung.

Schmitz (2011a), Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzerklärung des deutschen Gasfachs 2009/ 2010. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.

Schmitz (2011b), Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzerklärung des deutschen Gasfachs 2009/ 2010. Bilder mit Zahlen. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.

StaBuA (1998-2011a), Erhebung über die Verwendung von Klärgas (073). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

StaBuA (2011), Umweltnutzung und Wirtschaft. Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Teil 2: Energie und Rohstoffe. Ausgabe 2011 (Tabelle 3.3.6.1). Wiesbaden: Statisti-

sches Bundesamt. Internet: http://www.destatis.de, abgerufen am 07.12.2011.

StaBuA (versch. Jgg.), Jahreserhebung über die Stromeinspeisung bei Netzbetreibern (070), Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

StaBuA (versch. Jgg), Jahreserhebung über Erzeugung, Verwendung, Bezug und Abgabe von Wärme (064). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

StaBuA (versch. Jgg.), Monatsbericht über die Elektrizitätsversorgung (066). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Train, K.E. (1994), Estimation of Net Savings from Energy Conservation Programs. *Energy* 19(4).

TUM (2004), CO_2-Vermeidungskosten im Kraftwerksbereich, bei den erneuerbaren Energien sowie bei nachfrageseitigen Effizienzmaßnahmen. München: Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, Technische Universität München.

VDEW (1998-2002), Erneuerbare Energien Statistik, Verband der Elektrizitätswirtschaft.

VWEW (1998-2002), Elektrizitätswirtschaft in Deutschland, verschiedene Jahrgänge. VWEW Verlag.

3 Das Monitoring für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung Berichtszeitraum 2010 (Vierter und letzter Bericht)

Bericht für das

Rheinisch-Westfälische Institut
für Wirtschaftsforschung (RWI)

Berlin, 04. Juni 2012

Dipl.-Ing. Sabine Gores

Dipl.-Ing. Ralph O. Harthan

Öko-Institut e.V.

Büro Berlin
Novalisstraße 10
D-10115 Berlin
Tel.: +49-30-40 50 85-380
Fax: +49-30-40 50 83-388

Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
D-64295 Darmstadt
Tel.: +49-61 51-81 91-0
Fax: +49-61 51-81 91-33

Geschäftstelle Freiburg
Merzhauser Str. 173
D-79100 Freiburg
Tel.: +49-761-452 95-0
Fax: +49-761-452 95 - 88

www.oeko.de

www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis ... 3

Tabellenverzeichnis ... 5

Abbildungsverzeichnis ... 8

1 Einleitung und Hintergrund ... 9

2 Stromwirtschaftliche Gesamtentwicklung ... 14

3 Methodischer Grundansatz zur Ermittlung der CO_2-Minderungseffekte durch die Kraft-Wärme-Kopplung ... 19

4 Datengrundlagen ... 20

4.1 Monitoringberichte der Verbände ... 20

4.2 Amtliche und Verbandsstatistiken sowie zusätzliche Daten ... 20

4.3 Emissionsfaktoren ... 21

4.4 Weitere Datenquellen ... 21

5 Analyse- und Auswertungsgang ... 22

6 Ergebnisse der Monitoringberichte der Verbände ... 23

6.1 BDEW (Allgemeine Versorgung) ... 23

6.1.1 Berichtete Ergebnisse ... 23

6.1.2 Bewertung und Anpassungen des Gutachters ... 24

6.2 VKU (Kommunale Unternehmen) ... 25

6.2.1 Berichtete Ergebnisse ... 25

6.2.2 Bewertung und Anpassungen des Gutachters ... 26

6.3 VIK (Industrielle Kraftwirtschaft) ... 27

6.3.1 Berichtete Ergebnisse ... 27

6.3.2 Bewertung und Anpassungen des Gutachters ... 27

7 KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungskreises der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft ... 29

7.1 Fossil betriebene Blockheizkraftwerke ... 29

7.1.1 Bestand an BHKW unter 1 MW ... 30

7.1.2 Strom- und Wärmeerzeugung aus BHKW unter 1 MW ... 33

7.1.3 Vergleich der berechneten Stromerzeugung aus BHKW unter 1 MW mit vorhandenen Quellen ... 34

7.2 Biogen betriebene KWK-Anlagen ... 37

7.2.1 Einleitung ... 37

7.2.2 KWK-Stromerzeugung der Biomasse-Anlagen ... 39

7.2.3 KWK-Wärmeerzeugung der Biomasse-Anlagen ... 49

8 Zusammenführung der Einzelergebnisse ... 51

8.1 Vorbemerkungen ... 51

8.2 Strom- und Wärmeerzeugung ... 51

8.2.1 Exkurs zum Einfluss der Gradtagszahlen auf die Wärmeerzeugung von KWK-Anlagen ... 52

8.3 CO_2-Emissionsfaktoren ... 54

8.3.1 Vorbemerkungen ... 54

8.3.2 Abfall (Allgemeine Versorgung, Zeitreihe) ... 54

8.3.3 Abfall (Industrielle Kraftwirtschaft, Zeitreihe) ... 57
8.3.4 Sonstige Gase (Industrielle Kraftwirtschaft, Zeitreihe) ... 57
8.3.5 Sonstige (Industrielle Kraftwirtschaft, Zeitreihe) ... 58
8.4 CO_2-Emissionen ... 58
8.5 Rekalkulationen gegenüber dem Monitoringbericht 2009 ... 59
8.5.1 CO_2-Emissionen aus Abfall-Energieträgern der allgemeinen Versorgung ... 59
8.5.2 CO_2-Emissionen der industriellen Kraftwirtschaft ... 59
8.5.3 KWK-Strom und Wärmeerzeugung aus biogenen Anlagen ... 61
8.6 Gesamtgerüst ... 62
8.6.1 Ergebnistabellen ... 63
8.6.2 Komponentenanalyse ... 74
8.6.3 Exkurs zum Referenzsystem ... 77

9 Betrachtung der installierten KWK-Leistung ... 79

9.1 Definition der KWK-Leistung ... 79
9.2 Analyse des BDEW für Anlagen der allgemeinen Versorgung ... 80
9.3 Bewertung der Gutachter ... 82
9.4 Gesamtgerüst der KWK-Leistung ... 86
9.4.1 Methodisches Vorgehen zur Ergänzung der Leistungen der allgemeinen Versorgung ... 86
9.4.2 Industrielle Kraftwirtschaft ... 88
9.4.3 Fossil betriebene Motoren ... 89
9.4.4 Biogen betriebene Anlagen außerhalb der Statistik ... 89
9.4.5 Zusammenfassung zum Gesamtgerüst ... 90
9.5 Zeitreihe der KWK-Leistung ... 91

10 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen ... 96

11 Literatur und Datenquellen ... 101

11.1 Literatur ... 101
11.2 Amtliche und Verbandsstatistiken sowie andere regelmäßig erhobene Daten ... 102

Anhang 1: KWK-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003

Anhang 2: Fortschrittsberichte der Verbände sowie Anmerkungen zum Entwurf des KWK-Monitoringberichts

Anhang 3: Stellungnahme der Gutachter zu den Fortschrittsberichten und den Kommentaren zum Entwurf

Anhang 4: Zusätzliche Daten- und Berechnungsdokumentation

Tabellenverzeichnis

Tabelle 6-1: Berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO_2-Emissionen im Rahmen des BDEW-Monitoringberichts, 1998-2010 ... 23

Tabelle 6-2: Anpassungen der Gutachter im Zahlengerüst des BDEW, 2010 ... 24

Tabelle 6-3: Berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO_2-Emissionen im Rahmen des VKU-Monitoringberichtes, 1998-2010 ... 25

Tabelle 6-4: Berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO_2-Emissionen im Rahmen des VIK-Monitoringberichtes, 1998-2009 ... 27

Tabelle 6-5: Anpassung der Gutachter bzgl. der Emissionsfaktoren ... 28

Tabelle 7-1 Entwicklung des Bestands fossil betriebener BHKW, 1986-2010 ... 32

Tabelle 7-2: KWK-Strom- und -Wärmeerzeugung sowie CO_2-Emissionen fossil betriebener BHKW, 1998-2010 ... 34

Tabelle 7-3 Nach dem KWKG geförderte KWK-Strommengen, 2005-2012 ... 35

Tabelle 7-4: Stromerzeugung aus biogenen Energieträgern nach AGEE-Stat ... 37

Tabelle 7-5 Nach dem EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse ... 38

Tabelle 7-6: Eigenbedarfsanteile nach Energieträgern auf Basis der Statistiken 066 und 067 ... 40

Tabelle 7-7 Verwendete Eigenbedarfsanteile ... 41

Tabelle 7-8: Vergleich der Daten nach AGEE-Stat und der Vergütung biogener Stromerzeugung nach dem EEG (brutto) ... 42

Tabelle 7-9 EEG-vergütete Stromeinspeisung sieben großer Papierwerke ... 43

Tabelle 7-10 Summen aus nach dem EEG vergüteter biogener Stromerzeugung und nicht vergüteter biogener Stromerzeugung der Papier- und Zellstoffindustrie ... 44

Tabelle 7-11: Verwendete KWK-Anteile der Stromerzeugung ... 45

Tabelle 7-12 Biogene Netto-Stromerzeugung, abgeleitet aus AGEE-Stat ... 45

Tabelle 7-13: Biogene KWK-Stromerzeugung (netto), abgeleitet aus den Daten von AGEE-Stat ... 46

Tabelle 7-14: Biogene KWK-Stromerzeugung außerhalb der Statistiken 066 und 067 des Statistischen Bundesamtes 47

Tabelle 7-15 Ermittlung der KWK-Wärmeerzeugung aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse außerhalb der Statistiken 066 und 067 50

Tabelle 7-16: KWK-Wärmeerzeugung von Biomasse-Anlagen außerhalb der Statistiken 066 und 067 51

Tabelle 8-1 Herleitung des Emissionsfaktors für Industriemüll 56

Tabelle 8-2: Ableitung des CO_2-Emissionsfaktors für „Sonstige Gase“, 1998, 2009 58

Tabelle 8-3 Rekalkulation der CO_2-Emissionen der allgemeinen Versorgung (2003- 2009) 59

Tabelle 8-4 Rekalkulation der CO_2-Emissionen der industriellen Kraftwirtschaft (2003- 2009) 60

Tabelle 8-5 Rekalkulation der biogenen KWK-Stromerzeugung 61

Tabelle 8-6 Rekalkulation der biogenen KWK-Wärmeerzeugung 61

Tabelle 8-7: KWK-Nettostromerzeugung nach Berichtskreis, 1998, 2003-2010 64

Tabelle 8-8 KWK-Anteile 1998 und 2003-2010 65

Tabelle 8-9: Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen nach Berichtskreis, 1998, 2003-2010 66

Tabelle 8-10: Stromkennzahlen in KWK-Anlagen nach Berichtskreis, 1998, 2003-2010 67

Tabelle 8-11: CO_2-Emissionen der Kraft-Wärme-Kopplung nach Berichtskreis, 1998, 2003-2010 68

Tabelle 8-12: Spezifische CO_2-Emissionen der Kraft-Wärme-Kopplung nach Berichtskreis, 1998, 2003 -2010 69

Tabelle 8-13: Spezifische CO_2-Emissionen der KWK-Stromerzeugung nach Berichtskreis, bereinigt um CO_2-Emissionen der KWK-Wärmeerzeugung, 1998, 2003-2010 70

Tabelle 8-14 Jährliche CO_2-Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 1 (Strom: 770 g CO_2/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO_2/kWh_{th}), 1998, 2003-2010 72

Tabelle 8-15: Jährliche CO_2-Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 1, bezogen auf das Basisjahr (Strom: 770 g CO_2/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO_2/kWh_{th}), 1998, 2003-2010 73

Tabelle 8-16: Jährliche CO_2-Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 2, bezogen auf das Basisjahr (Strom: 860 g CO_2/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO_2/kWh_{th}), 1998, 2003-2010 73

Tabelle 8-17: Einfluss der einzelnen Komponenten zur CO_2-Minderung - Gesamtgerüst (Referenzsystem 1), 1998, 2003-2010 75

Tabelle 8-18: Einfluss der einzelnen Komponenten zur CO_2-Minderung - Gesamtgerüst (Referenzsystem 2), 1998, 2003-2010 75

Tabelle 8-19: Einfluss der einzelnen Komponenten zur CO_2-Minderung im Erfassungskreis der Verbände (Referenzsystem 1), 1998, 2003-2010 76

Tabelle 8-20 CO_2-Einsparungen gegenüber dynamischen Referenzsystem 78

Tabelle 9-1 Analyse der Daten des StBA zum Vergleich mit den durch den BDEW ermittelten KWK-Leistungen..... 85

Tabelle 9-2 Ableitung der KWK-Leistung für die industrielle Kraftwirtschaft (2010) 89

Tabelle 9-3 Gesamtgerüst der installierten KWK-Leistung, 2010 90

Tabelle 9-4 Herleitung der KWK-Leistung 1998..... 94

Tabelle 9-5 Gesamt KWK-Leistung 1998-2010..... 95

Tabelle A- 1: CO_2-Emissionsfaktoren

Tabelle A- 2: KWK-Leistung, Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO_2-Emissionen von BHKW, 1998

Tabelle A- 3: CO_2-Emissionen des Referenzsystems 1 (Strom: 770 g CO_2/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO_2/kWh_{th}), 1998, 2003-2010

Tabelle A- 4: CO_2-Emissionen des Referenzsystems 2 (Strom: 860 g CO_2/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO_2/kWh_{th}), 1998, 2003-2010

Tabelle A- 5: Jährliche CO_2-Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 2 (Strom: 860 g CO_2/kWhel, Wärme: 295 g CO_2/kWhth), 1998, 2003-2010

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: CO_2-Emissionen der Stromerzeugung sowie der öffentlichen Strom- und Wärmeversorgung von 1990 bis 2010 15

Abbildung 2-2: CO_2-Emissionen der Stromerzeugung, gesamte Bruttostromerzeugung sowie spezifische Emissionen der Stromerzeugung von 1990 bis 2010 17

Abbildung 7-1 Installierte Leistung von fossil betriebenen BHKW mit Stilllegung nach 15 Jahren 31

Abbildung 7-2 Vergleich der KWK-Stromerzeugung für fossil betriebene Anlagen bis 2 MWel mit IBN ab 2002 36

Abbildung 7-3 Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse nach AGEE-Stat sowie der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft 48

Abbildung 8-1 Gradtagszahlen und KWK-Wärmeerzeugung 53

Abbildung 8-2 KWK-Erzeugung und CO_2-Emissionen 1998-2010 71

Abbildung 9-1 Installierte Leistung der Allgemeinen Versorgung nach Anlagentypen mit KWK – im Jahr 2010 84

Abbildung 9-2 KWK-Leistung der allgemeinen Versorgung 1998-2010 92

Abbildung 9-3 KWK-Leistung der industriellen Kraftwirtschaft 2003-2010 93

Abbildung 10-1: Erzielte CO_2-Minderung durch KWK und Zielwerte der KWK-Vereinbarung (Referenzsystem 1) 99

Abbildung 10-2: Erzielte CO_2-Minderung durch KWK und Zielwerte der KWK-Vereinbarung (Referenzsystem 2) 100

Abbildung A - 1: Brennstoffmix der KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung, 2003-2010

1 Einleitung und Hintergrund

Mit der Unterzeichnung der am 25. Juni 2001 paraphierten „Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge, zur Minderung der CO_2-Emissionen und zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 9.11.2000“ (im Folgenden: KWK-Vereinbarung) am 19. Dezember 2003 ist neben den Verpflichtungen zur Umsetzung der vereinbarten Maßnahmen auch die Begleitung durch ein kontinuierliches Monitoring initiiert worden.

Dieser Monitoringprozess soll in direkter Verbindung mit dem Monitoring für die Klimaschutzvereinbarung vom 9. November 2000 durchgeführt werden.

Die KWK-Vereinbarung umfasst einen breiten Bereich von Maßnahmen, die in den Anlagen zur KWK-Vereinbarung detailliert aufgeführt worden sind:

1. In der Anlage „KWK/ Nah- und Fernwärme/ BHKW und Brennstoffzellen“ zur KWK-Vereinbarung sind folgende Maßnahmen aufgeführt, die im Jahr 2010 einen jährlichen Emissionsminderungsbeitrag von möglichst 23 Mio. t CO_2, mindestens aber 20 Mio. t CO_2 im Jahr 2010 erbringen sollen:
    a. Planung, Errichtung und Betrieb neuer KWK-Anlagen (Zubau)
    b. Erneuerung bestehender KWK-Anlagen (Modernisierung)
    c. Förderung von Blockheizkraftwerken bis zu 2 MW und Brennstoffzellen
    d. Erhöhte Wärmeabgabe in Nah- und Fernwärmenetze
2. In der Anlage „Sonstige CO_2-Minderungsmaßnahmen“ zur KWK-Vereinbarung sind folgende Maßnahmen aufgeführt, die im Jahr 2010 einen jährlichen Emissionsminderungsbeitrag von bis zu 25 Mio. t CO_2 erbringen sollen:
    a. Modernisierung des Kraftwerksparks
    b. Beschleunigter Ausbau erneuerbarer Energien
    c. Forcierter Einsatz verbesserter Heizungs- und Warmwassertechnik
    d. Energieeffizienzkampagnen gemeinsam mit der Elektroindustrie
    e. Erdgasfahrzeuge und Brennstoffzelle

Mit dem Monitoring der KWK-Vereinbarung ist das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) beauftragt worden. Das RWI hat wiederum das Öko-Institut mit der Erstellung des Monitoring-Berichts für die in der Anlage „KWK/ Nah- und Fernwärme/ BHKW und Brennstoffzellen“ erfassten Maßnahmen beauftragt. Die in der Anlage „Sonstige CO_2-Minderungsmaßnahmen“ aufgeführten Maßnahmen werden davon vereinbarungsgemäß nicht erfasst.

Der hier vorgelegte Monitoringbericht stützt sich einerseits auf die von den an der Vereinbarung teilnehmenden Verbänden, d.h. dem Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)[1], dem Verband kommunaler Unternehmen (VKU) sowie dem Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft (VIK) erstellten Monitoringberichte und andererseits auf die einschlägige amtliche Statistik, Daten zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien von AGEE-Stat sowie der Bundesnetzagentur, andere Verbandsstatistiken sowie Zusatzerhebungen des Öko-Instituts. Das Zahlengerüst umfasst dadurch auch die Stromerzeugung in kleinen KWK-Anlagen, die in Stadtwerken, kommunalen Unternehmen und Industriebetrieben sowie insbesondere auch im privaten und gewerblichen Bereich und der Landwirtschaft anzutreffen sind (kleine Blockheizkraftwerke und kleine Biomasse-KWK-Anlagen). Damit stellt der vorliegende KWK-Monitoringbericht ein vollständiges Gerüst der gesamten KWK-Stromerzeugung in Deutschland dar.

Die vereinbarten Maßnahmen zur Kraft-Wärme-Kopplung betreffen einen technologiespezifischen Teilbereich der Energieerzeugung im Bereich der öffentlichen Energieversorgung, im Bereich der Industrie sowie in anderen (Endverbrauchs-) Sektoren. Vor diesem Hintergrund ergibt sich für das Monitoring eine besondere Herausforderung. Die Datenlage in Bezug auf die KWK ist vergleichsweise schlecht und vor allem durch eine Reihe von gravierenden Veränderungen (Liberalisierung der Energiewirtschaft und damit einhergehende nachlassende Repräsentativität von Verbandsstatistiken, Umstellung der amtlichen Statistik etc.) im Zeitverlauf mit erheblichen Konsistenzproblemen behaftet. Insbesondere für das Jahr 1998 als Basisjahr der in der KWK-Vereinbarung eingegangenen Verpflichtungen ergeben sich Datenprobleme, die im ersten Monitoringbericht für die Jahre 2003-2005 adressiert wurden.

Darüber hinaus ist auf das technologieimmanente Bewertungsproblem der gekoppelten Strom- und Wärmeproduktion in Bezug auf die CO_2-Minderungseffekte hinzuweisen. Die damit einhergehenden Fragen bilden seit langer Zeit einen kontroversen Diskussionsgegenstand und sind für das Monitoring der KWK-Vereinbarung letztlich ergebnisentscheidend.

Die wesentlichen Zielstellungen des hier vorgelegten vierten und letztem (Teil-) Berichtes zum Monitoring der KWK-Vereinbarung für das Jahr 2010 sind vor diesem Hintergrund

- die Ergänzung und Überarbeitung der Datengrundlage für die Entwicklung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung, die in Anlagen der allgemeinen Versorgung, kommunalen Unternehmen und Industriebetrieben. Zusätzlich wird auch die KWK-Erzeugung ermittelt, die im privaten und gewerblichen Bereich sowie

[1] Die KWK-Vereinbarung wurde seitens der Elektrizitätswirtschaft von der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) sowie dem Verband der Verbundunternehmen und Regionalen Energieversorgern (VRE) eingegangen, die zusammen mit dem ebenfalls an der KWK-Vereinbarung teilnehmenden Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) im Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) aufgegangen sind.

der Landwirtschaft und damit außerhalb des Geltungsbereichs der unterzeichnenden Verbände stattfand und damit in den Monitoringberichten der Verbände und der amtlichen Statistik bislang nur teilweise erfasst wurde. Dies betrifft insbesondere die „kleine“ Biomasse-KWK (einschließlich biogene Gase und Öle) sowie fossil betriebene Blockheizkraftwerke (BHKW);

- die Auswertung der für die Jahre 2010 berichteten bzw. ermittelten Daten;
- eine Bewertung der Ergebnisse mit Blick auf die Zielerreichung.

Ergänzend wurde in diesem letzten Bericht erstmalig eine Zusammenstellung der KWK-Leistung durchgeführt. Die KWK-Leistung stellt prinzipiell die Basis dar für die bislang ausschließlich betrachtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung und ist weniger abhängig von kurzfristigen Einflussgrößen. Deshalb und zur Einordnung der zukünftigen Zubau-Aktivitäten im Bereich der KWK wurde hier ein detailliertes Bild der KWK-Leistung in Deutschland entworfen.

Es ist darauf hinzuweisen, dass ein getrenntes Monitoring der vier in der Anlage „KWK/ Nah- und Fernwärme/ BHKW und Brennstoffzellen“ aufgeführten Maßnahmen nicht möglich ist. Aufgrund vielfacher Überlagerungen ist die Ermittlung von CO_2-Minderungseffekten nur in einer Gesamtschau möglich.

Der hier vorgelegte Monitoringbericht zu den in der Anlage „KWK/ Nah- und Fernwärme/ BHKW und Brennstoffzellen“ zur KWK-Vereinbarung enthaltenen Maßnahmen gliedert sich wie folgt.

Im Kapitel 2 wird die CO_2-Emissionsentwicklung für die Stromerzeugung sowie die öffentliche Strom- und Wärmeerzeugung überblicksartig zusammengestellt, um eine Einordnung der KWK-spezifischen Entwicklungen und Effekte zu ermöglichen. Das Kapitel 3 enthält eine kompakte Beschreibung des methodischen Grundansatzes zur Ermittlung der CO_2-Minderungseffekte durch die Kraft-Wärme-Kopplung, die die entscheidende Bewertungsgröße für das Monitoring der Vereinbarung bilden. Im Kapitel 4 werden die Datengrundlagen des Monitoringprozesses beschrieben. Der methodische Ansatz für die Auswertung und Einordnung der Daten ist im Kapitel 5 beschrieben. In den Kapiteln 6 (Monitoringberichte der Verbände) und 7 (zusätzliche Auswertungen für nicht erfasste fossile BHKW sowie biogen betriebene KWK-Anlagen) werden die verschiedenen Daten- und Informationsgrundlagen im Detail beschrieben und die notwendigen Datenaufarbeitungen dokumentiert. Die Zusammenführung der Ergebnisse zu einem konsistenten Mengengerüst sowie die Ermittlung der CO_2-Minderungseffekte ist im Kapitel 8 dokumentiert. Anschließend erfolgt die erstmalige Ermittlung der KWK-Leistung in Kapitel 9. Im abschließenden Kapitel 10 erfolgt eine Zusammenfassung der Ergebnisse.

Eine Reihe zusätzlicher Dokumente, Daten und Informationen ist in den Anhängen dokumentiert. Der Anhang 1 enthält den Text der KWK-Vereinbarung. Im Anhang 2 sind die Monitoringberichte der Verbände (in der jeweils aktuellsten Fassung) sowie die Anmerkungen der Verbände zum Entwurf des Monitoring-Berichts dokumentiert. In

Anhang 3 sind die Stellungnahmen der Gutachter zu finden, der Anhang 4 enthält eine Reihe ergänzender Daten.

Einige Berichtsteile haben sich gegenüber den vorhergehenden Berichten des KWK-Monitorings (1998-2005; 2005-2008 und 2009) nicht verändert. Dies betrifft insbesondere die grundsätzliche Methodik sowie viele Datenquellen. In diesen Fällen wird auf die Monitoringberichte verwiesen, so dass in dem hier vorliegenden Monitoringbericht nur ergänzte oder modifizierte Bereiche detailliert beschrieben werden. Die Ableitung des Zahlengerüstes für das Basisjahr 1998 im Bereich der allgemeinen Versorgung sowie der industriellen Kraftwirtschaft wurde bereits im ersten KWK-Monitoringbericht vorgenommen und wird deshalb im Rahmen dieses vierten KWK-Monitoringberichts nicht erneut aufgeführt.

Die Bewertung des Zahlengerüstes für 2003 bis 2009 wurde im Rahmen der vorherigen Monitoringberichte vorgenommen. Im Rahmen des vierten Monitoringberichtes wird eine Betrachtung der Entwicklung im Jahr 2010 vorgenommen, wobei in diesem letzten Bericht die Zielerreichung abschließend diskutiert wird. Wo relevant, wird auf das in den vorhergehenden Berichten bewertete Zahlengerüst hingewiesen.

Verbesserung der Datenbasis gegenüber dem Monitoringbericht 2009

Für die industrielle Kraftwirtschaft wurden für den KWK-Monitoringbericht 2010 erstmalig die detaillierten Tabellen zum KWK-Brennstoffeinsatz den Gutachtern zur Verfügung gestellt. Dadurch ergaben sich Rekalkulationen für die gesamte Zeitreihe bezüglich der CO_2-Emissionen aus dem KWK-Einsatz der industriellen Kraftwirtschaft und damit auch zu den eingesparten Emissionen (s. Abschnitt 8.5.2).

Die Berechnungen im Bereich biogener KWK-Anlagen im privaten und gewerblichen Bereich sowie in der Landwirtschaft wurden gegenüber dem dritten Bericht hinsichtlich der verwendeten Strom-Eigenbedarfsanteile und der Stromkennzahlen für Biogas-Anlagen an neuere Erkenntnisse angepasst, wodurch sich eine Rekalkulation der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung von Anlagen außerhalb der Statistiken 066 und 067 des Statistischen Bundesamtes ergibt (s. Abschnitt 7.2 und 8.5.3).

Änderungen gegenüber dem Berichtsentwurf

Gegenüber dem Berichtsentwurf, der Ende April an die Verbände versendet wurde, fand neben kleineren textlichen Änderungen vor allem eine Überarbeitung im Bereich der biogen betriebenen KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungskreises der berichtenden Verbände statt. Durch eine leichte Änderung der Strom-Eigenbedarfsanteile und erneute Überarbeitung der Stromkennzahlen ergeben sich Änderungen der biogenen Strom- und Wärmeerzeugung.

Außerdem wurde die KWK-Leistung der Dampfturbinen in der industriellen Kraftwirtschaft der Expertenschätzung des VIK angepasst, wodurch sich eine Änderung der

KWK-Leistung über die gesamte Zeitreihe ergibt. Auch bezüglich der KWK-Leistung im AJhr 1998 fand im Bereich der industriellen Kraftwirtschaft eine Überarbeitung statt.

Außerdem wurden die Bewertungen der Monitoringbericht der einzelnen Verbände in Kapitel 6 entsprechend der finalen Berichte überarbeitet.

2 Stromwirtschaftliche Gesamtentwicklung

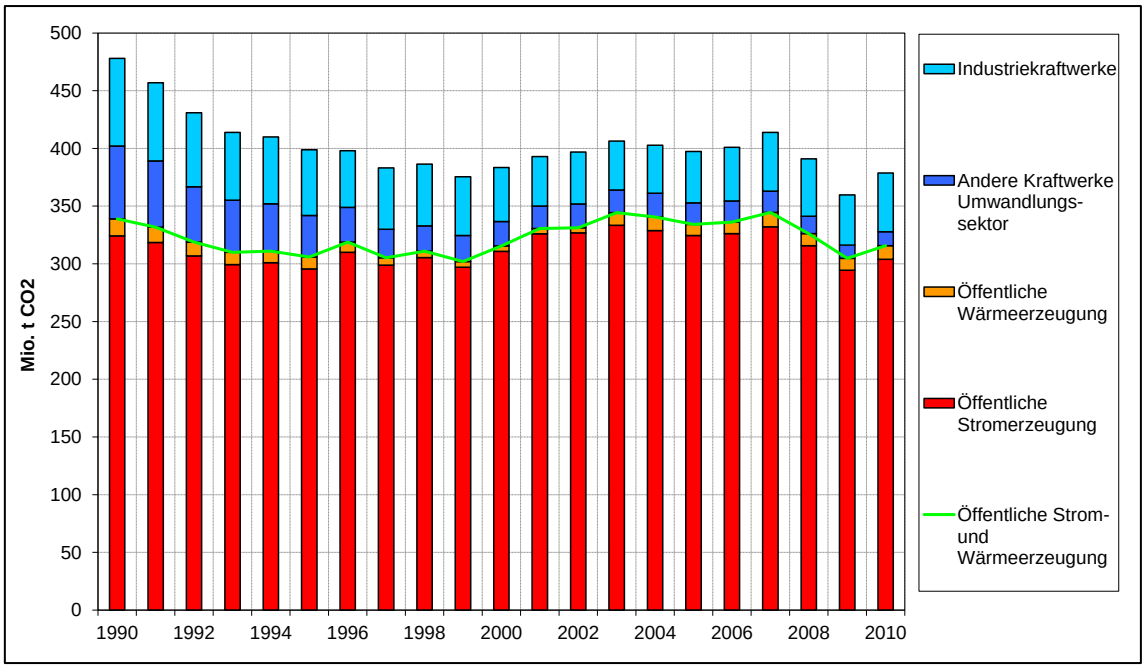
Das deutsche Stromversorgungssystem ist seit 1990, aber auch im Zeitraum seit 1998 erheblichen Veränderungen unterworfen worden. Dies betrifft erstens die Effekte der deutschen Vereinigung, die grundlegende Modernisierung der Stromwirtschaft in den neuen Bundesländern, die Liberalisierung der Energiewirtschaft seit 1998, die Veränderungen auf den internationalen Energiemärkten sowie die zunehmende Intensität energie- und umweltpolitischer Interventionen (von der massiven Förderung erneuerbarer Energien bis hin zur Einführung grundsätzlich neuer Instrumente wie dem CO_2-Emissionshandelssystem der Europäischen Union). Diese Veränderungen der energiewirtschaftlichen und energie- bzw. umweltpolitischen Rahmenbedingungen haben sich auch in der Entwicklung der CO_2-Emissionen niedergeschlagen.

Im Gegensatz zum letzten Jahr erfolgten nur geringfügige methodische Änderungen in der Berechnung der Zeitreihe der CO_2-Emissionen der Strom- und Wärmeerzeugung im diesjährigen Treibhausgas-Inventarbericht. Diese hatten keinen Einfluss auf die grundsätzlichen zu beobachtenden Entwicklungen, deshalb wird nicht weiter auf diese Änderungen eingegangen, sondern hier auf den Inventarbericht verwiesen (UBA 2012).

In Abbildung 2-1 ist die Entwicklung der CO_2-Emissionen aus der Stromerzeugung sowie der öffentlichen Strom- und Wärmeerzeugung im Überblick dargestellt[2].

[2] Die genannten Emissionsdaten beziehen sich auf die Abgrenzungen, die für die offizielle Emissionsberichterstattung in Deutschland in Ansatz gebracht werden. Den Stromerzeugungsanlagen werden damit alle Emissionen zugerechnet, die in diesen Anlagen entstehen. Für KWK-Anlagen erfassen sie damit auch die der Wärmeerzeugung zugerechneten Brennstoffeinsätze bzw. CO_2-Emissionen. In der Abgrenzung der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen – für die deutschen Energiebilanzen – werden die der Wärmeerzeugung zugerechneten Brennstoffeinsätze dagegen der öffentlichen Wärmeversorgung (bei Heizkraftwerken der öffentlichen Versorgung) bzw. den jeweiligen Endverbrauchssektoren (bei Industriekraftwerken) zugerechnet.

Abbildung 2-1: CO_2-Emissionen der Stromerzeugung sowie der öffentlichen Strom- und Wärmeversorgung von 1990 bis 2010



Quellen: Umweltbundesamt, Berechnungen Öko-Institut.

Die folgenden Entwicklungen sind in Abbildung 2-1 erkennbar:

- Vor allem geprägt durch die Auswirkungen der deutschen Vereinigung sowie der damit einhergehenden Modernisierungsprozesse sind die CO_2-Emissionen von 1990 bis zum Ende des Jahrtausends deutlich zurückgegangen.
- Seit 1999 ist bis 2003 sowohl für die Stromerzeugung insgesamt als auch für die öffentliche Strom- und Wärmeversorgung wieder ein Anstieg der CO_2-Emissionen zu verzeichnen. Die Höhe der CO_2-Emissionen schwankt seitdem auf ähnlichem Niveau, ein eindeutiger Trend zeichnet sich bis zum Jahr 2007 nicht ab.
- Die Jahre 2008 und 2009 sind durch eine kontinuierliche Abnahme der CO_2-Emissionen gekennzeichnet: Im Vergleich zum Jahr 2007 sind bis 2009 die Emissionen um 11 % bei der öffentlichen Stromerzeugung und um 17 % bei der öffentlichen Wärmeerzeugung gesunken.
- Im Jahr 2010 ist ein deutlicher Anstieg der CO_2-Emissionen in allen Bereichen zu verzeichnen, wobei dieser besonders groß ist bei den Industriekraftwerken (17 % gegenüber 2009) und bei der öffentlichen Wärmeerzeugung (15 %). Letzterer korrespondiert mit dem in Abschnitt 8.2.1 dargestellten Anstieg der Gradtagszahlen um 14 %, also dem Indikator für eine kalte Winterperiode, die einen erhöhten Heizwärmeverbrauch bedingte.
- Der Anteil der CO_2-Emissionen aus Industriekraftwerken des Umwandlungssektors bzw. des verarbeitenden Gewerbes an den Gesamtemissionen ist im

Zeitverlauf deutlich gesunken. Dies kann mit dem Modernisierungsprozess in diesem Bereich sowie dem sinkenden Anteil der Stromerzeugung dieses Segments am gesamten Stromaufkommen begründet werden, wobei dieser Effekt teilweise auf Umbuchungen von Kraftwerken aus dem Bereich der industriellen in die öffentliche Stromversorgung zurückzuführen ist. Generell muss darauf hingewiesen werden, dass die Grenze zwischen industrieller und öffentlicher Stromerzeugung nicht immer klar zu ziehen ist. Dies gilt beispielsweise bei der KWK-Stromerzeugung von Industrieparks, die der öffentlichen Versorgung zugerechnet wird, oder für Eigentümerwechsel im Rahmen von Contracting-Lösungen.

- Die CO_2-Emissionen aus der öffentlichen Wärmeversorgung (d.h. in Heizwerken – ohne Kraft-Wärme-Kopplung) sind bis 2002 deutlich zurückgegangen. Seit 2003 schwanken die CO_2-Emissionen umbuchungsbedingt auf deutlich höherem Niveau[3] als in den Vorjahren.

In Bezug auf die verschiedenen Basisjahre (1990 für die nationalen Klimaziele und 1998 für die KWK-Vereinbarung) ergibt sich damit die folgende Situation:

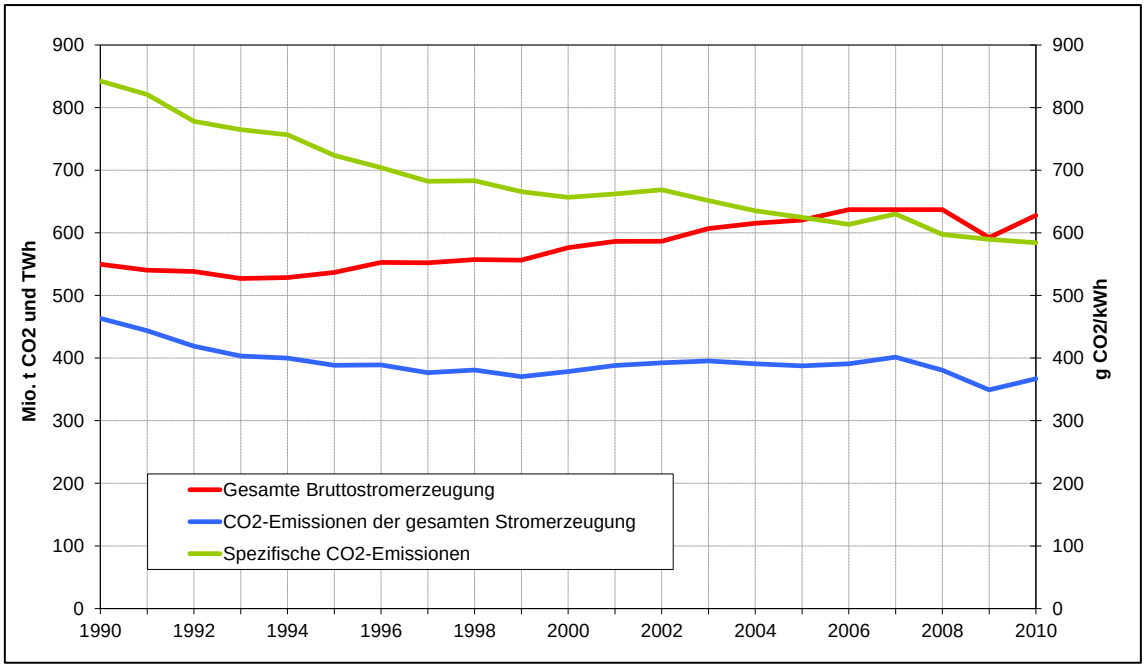
- Die Emissionen der gesamten Stromerzeugung (ohne Wärmeversorgung) lagen im Jahr 2010 trotz des Anstiegs gegenüber dem Vorjahr noch um 21 % unter den Werten für das Jahr 1990. Im Vergleich zu 1998 lagen die CO_2-Emissionen im Jahr 2010 um knapp 4 % niedriger.
- Die Emissionen der öffentlichen Strom- und Wärmeversorgung lagen im Jahr 2010 um 7 % unter den Werten für 1990. Im Vergleich zu 1998 lagen die CO_2-Emissionen im Jahr 2010 um knapp 2 % über dem Wert des Basisjahrs.

Für die weitergehende Analyse der Entwicklung der Emissionen wird diese ins Verhältnis gesetzt zu einer der zentralen Determinanten, der Brutto-Stromerzeugung. In Abbildung 2-2 werden die Trends der (Brutto-) Stromerzeugung in Deutschland und der CO_2-Emissionen sowie die daraus resultierenden spezifischen Emissionen dargestellt.[4]

[3] Die Umbuchungen ergeben sich aus der Änderung des Energiestatistikgesetzes und den damit einhergehenden Umstellungen in der Energiebilanz.

[4] Die spezifischen Emissionen beziehen sich auf die Emissionsniveaus in der Abgrenzung der deutschen Treibhausgasinventare und beinhalten damit für Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung auch den Brennstoffeinsatz für die Wärmeerzeugung.

Abbildung 2-2: CO_2-Emissionen der Stromerzeugung, gesamte Bruttostromerzeugung sowie spezifische Emissionen der Stromerzeugung von 1990 bis 2010



Quellen: Umweltbundesamt, Statistik der Kohlenwirtschaft, Berechnungen Öko-Institut.

Die Zusammenstellung verdeutlicht, dass die Emissionsentwicklung nicht dem Trend der Bruttostromerzeugung folgt: Die Bruttostromerzeugung stieg von 550 TWh im Jahr 1990 auf 637 TWh im Jahr 2008 an. Krisenbedingt sank die Bruttostromerzeugung im Jahr 2009 auf 592 TWh und stieg mit der wirtschaftlichen Erholung im Jahr 2010 wieder auf das Niveau von 2008 (628 TWh). Gleichzeitig nahmen die CO_2-Emissionen aus der Stromerzeugung zwischen 1990 und 2008 von 463 auf 381 Mio. t CO_2 ab. Im Jahr 2009 sanken die CO_2-Emissionen noch weiter auf 350 Mio. t CO_2, um dann 2010 wieder auf 367 Mio. t CO_2 anzusteigen. Damit ergibt sich ein über die gesamte Zeitreihe nahezu stetig sinkender Wert der spezifischen CO_2-Emissionen von 843 g CO_2/kWh auf 584 g CO_2/kWh. In dem für das Monitoring relevanten Zeitraum von 1998 bis 2010 sanken die spezifischen CO_2-Emissionen um knapp 15 %.

In den 1990er Jahren zeigt sich ein besonders starker Rückgang der spezifischen CO_2-Emissionen, der ab Mitte der 1990er Jahre die ansteigende Stromproduktion bis zur Jahrtausendwende emissionsseitig überkompensiert. In den ersten Jahren nach der Jahrtausendwende überwiegt zunächst der Einfluss der steigenden Stromerzeugungsniveaus, die Wachstumsdynamik für die Stromerzeugung ist größer als die Verringerung der spezifischen Emissionen und die CO_2-Emissionen steigen bis zum Jahr 2002 wieder an. Von diesem Zeitpunkt an sinken die spezifischen Emissionen erneut bis auf das Jahr 2007 stetig.

Die Reduktion der spezifischen CO_2-Emissionen lässt auf einen sukzessiven Umbau des Kraftwerksparks schließen, wobei verschiedene Entwicklungen diesen befördern:

Zum einen änderte sich der Energieträgermix hin zu einem verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien bzw. zu kohlenstoffärmeren Energieträgern. Zum anderen führte die Inbetriebnahme von Neuanlagen oder Modernisierungen bestehender Anlagen durch eine erhöhte Effizienz zu sinkenden spezifischen Emissionen. Insgesamt werden diese Umstrukturierungen des Stromparks auch durch die veränderten Rahmenbedingungen auf Grund der Einführung des Emissionshandels ab 2005 gefördert.

Die hier dargestellten spezifischen CO_2-Emissionen der Stromerzeugung enthalten eine Unschärfe in Bezug auf die KWK: Da die Daten über die CO_2-Emissionen der Stromerzeugung, wie oben erwähnt, nicht nach der Erzeugung in KWK und nicht-KWK unterscheiden (und diese auch nicht aus anderen Quellen verfügbar sind), handelt es sich bei der hier durchgeführten Betrachtung ausschließlich um eine aggregierte Form der spezifischen CO_2-Emissionen für Strom, die die Entwicklung der KWK beinhaltet aber nicht beschreibt. In Bezug auf die spezifischen CO_2-Emissionen der Stromproduktion kann ein verstärkter Einsatz der KWK durchaus auch zu einem Anstieg der spezifischen CO_2-Emissionen der Stromerzeugung führen, da der elektrische Wirkungsgrad dieser Anlagen auf Grund der Wärmeauskopplung im Allgemeinen niedriger liegt als bei der ungekoppelten Stromproduktion (bei höheren Gesamtnutzungsgraden).

Bei der Betrachtung der spezifischen Emissionen der Stromerzeugung über die gesamte Zeitreihe fällt auf, dass die durchschnittliche jährliche Minderung der spezifischen Emissionen bis zum Jahr 2006 stärker ausgefallen ist als in den letzten vier Jahren. Wie sich in diesem Rahmen die KWK seit 1998 entwickelt hat, wird in diesem Bericht untersucht.

3 Methodischer Grundansatz zur Ermittlung der CO_2-Minderungseffekte durch die Kraft-Wärme-Kopplung

Die CO_2-Minderungswirkungen durch die Kraft-Wärme-Kopplung lassen sich nur im Vergleich zur ungekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung ermitteln. Wenn die Emissionen einer KWK-Anlage geringer sind als die Emissionen der Anlagen, mit denen die entsprechenden Wärme- und Strommengen ungekoppelt erzeugt worden wären (Referenzsysteme), ergibt sich im Gesamtsystem eine Emissionsminderung, im gegenteiligen Fall ein Emissionszuwachs. In den Diskussionen zur Emissionsbewertung der KWK hat sich – wie auch in Bezug auf die der primärenergetischen Bewertung der KWK z.B. im Kontext der KWK-Richtlinie der EU – der folgende Grundansatz durchgesetzt, der auch dem Monitoring zu Grunde gelegt wird:

$$\Delta E = \sum_i \left(W_i^{KWK} \cdot e_i^{KWK} \right) - \left(A^{KWK} \cdot e_{ref}^{A} + Q^{KWK} \cdot e_{ref}^{Q} \right)$$

mit

ΔE	Emissionsminderung
W_i^{KWK}	Brennstoffeinsatz in der KWK-Anlage
e_i^{KWK}	Emissionsfaktor für den Brennstoffeinsatz in der KWK-Anlage
A^{KWK}	Stromerzeugung der KWK-Anlage
e_{ref}^{A}	Emissionsfaktor der Referenzanlage für die ungekoppelte Stromerzeugung
Q^{KWK}	Wärmeerzeugung der KWK-Anlage
e_{ref}^{Q}	Emissionsfaktor der Referenzanlage für die ungekoppelte Wärmeerzeugung

Die Definition der für diesen methodischen Ansatz notwendigen Referenzsysteme ist stets auch spekulativer Natur. Unter der Vielzahl möglicher methodischer Ansätze für die Referenzsysteme der ungekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung ist durch den festen Bezug der KWK-Vereinbarung auf das Jahr 1998 bereits eine erste Vorentscheidung getroffen worden: es muss ein statisches Referenzsystem in Ansatz gebracht werden. Die Vergleichsysteme für die ungekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung bzw. deren spezifischen Emissionen müssen damit auf das Jahr 1998 referenziert werden.

In der Diskussion zum Monitoringkonzept wurde mit den beteiligten Verbänden eine Einigung erzielt, dass folgende Referenzsysteme (Bezugsjahr 1998) in Ansatz gebracht werden

- für die ungekoppelte Stromerzeugung eine Bandbreite von 770 g CO_2/kWh (Strom-Referenzsystem 1) bis 860 g CO_2/kWh (Strom-Referenzsystem 2);
- für die ungekoppelte Wärmeerzeugung ein Wert von 295 g CO_2/kWh.

Berücksichtigt werden für die Ermittlung der CO_2-Effekte jeweils der KWK-Stromanteil an der gesamten Stromerzeugung, die KWK-Nutzwärmeauskopplung sowie der der KWK zuzurechnende Brennstoffeinsatz der jeweiligen Anlage.

4 Datengrundlagen

4.1 Monitoringberichte der Verbände

Vereinbarungsgemäß sind die Fortschrittsberichte der Energiewirtschaftsverbände BDEW, VKU und VIK (im Folgenden: Monitoringberichte der Verbände) Grundlage des Monitoringprozesses und des hier vorliegenden Monitoringberichtes. Die von den Verbänden vorgelegten Monitoringberichte wurden vom Gutachter geprüft. Daraufhin wurden vom BDEW Anpassungen des Berichts in Bezug auf die Ermittlung der KWK-Leistung, der Berechnung der CO_2-Emissionen aus Industrieabfall und weiteren textlichen Änderungen durchgeführt. Auch vom VKU wurde eine Überarbeitung der Emissionsfaktoren vorgenommen, der Bericht des VIK blieb unverändert.

Grundlage des Monitoringberichtes sind die folgenden Monitoringberichte der Verbände (zum jeweils letzten Überarbeitungsstand):

- Bericht des BDEW „*Bericht für das Jahr 2010 des BDEW (Teilbericht 2) zur Verifikation der Vereinbarungen zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge und zur Minderung der CO_2-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung*“ mit Stand vom 21. Mai 2012;
- Bericht des VKU „*Bericht des VKU zur Umsetzung der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO_2-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 9.11.2000, Zeitraum 2010*“ mit Stand vom 04. Juni 2012;
- Bericht des VIK „*VIK-Monitoringbericht 2010 zur Verifikation der Vereinbarungen zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge und zur Minderung der CO_2-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung*“ mit Stand vom November 2011.

Die aktuellen Fortschrittsberichte der Verbände sind im Anhang 2 dokumentiert, in Anhang 3 sind die Stellungnahmen der Gutachter zu den Berichten zu finden. Seitens der Verbände wurden zum Teil ergänzende Datengerüste und Zusatzinformationen geliefert.

4.2 Amtliche und Verbandsstatistiken sowie zusätzliche Daten

Zur Verifikation der in den Monitoringberichten der Verbände gemachten Angaben, zur eventuellen Begründung eines Anpassungsbedarfs seitens des Gutachters sowie zur Ergänzung um kleine KWK-Anlagen in Stadtwerken, kommunalen Unternehmen und Industriebetrieben, sowie insbesondere auch im privaten und gewerblichen Bereich und in der Landwirtschaft wurden verschiedene Datenquellen herangezogen. Dies umfasst folgende periodisch erscheinende amtliche und Verbandsstatistiken:

- Statistisches Bundesamt: „Monatsberichte der öffentlichen Stromversorgung“ (Tabelle 066);
- Statistisches Bundesamt: „Stromerzeugungsanlagen der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe“, Fachserie 4 / Reihe 6.4 (Tabelle 067);
- Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. (VIK): „Statistik der Energiewirtschaft“;
- Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW): „Hauptbericht der Fernwärmeversorgung“;
- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): „Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland“;
- Umweltbundesamt (UBA): “National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory”.

Zur Ergänzung der Datengrundlage im Bereich kleiner Biogas- und Pflanzenöl-BHKW sowie anderer kleiner Biomasse-KWK-Anlagen wurden darüber hinaus Daten der Bundesnetzagentur zur Vergütung der Stromeinspeisung nach dem EEG verwendet, die dem Öko-Institut für dieses Monitoring für die Jahre 2006 bis 2010 zur Verfügung gestellt wurden. Des Weiteren wurden die Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) genutzt, die jährlich in der BMU-Publikation „Erneuerbare Energien in Zahlen“ veröffentlicht werden (BMU 2012).

Darüber hinaus wurden Daten mit Hilfe einer regelmäßigen (jährlichen) Befragung des Öko-Instituts zum Absatz von BHKW in Deutschland zur Ergänzung der Mengengerüste im Bereich kleiner fossil betriebener BHKW erhoben.

4.3 Emissionsfaktoren

Grundlage für die Ermittlung der Emissionen im Rahmen dieses Monitoringberichts sind die CO_2-Emissionsfaktoren, wie sie in den RWI-Monitoringberichten (RWI 2011) enthalten sind. Die Emissionsfaktoren sind hierbei konstant über die gesamte Zeitreihe.

Für einige Sonderbrennstoffe bzw. Brennstoffkategorien werden im RWI-Monitoringbericht und im Nationalen Inventarbericht keine Emissionsfaktoren ausgewiesen oder es bedarf im Rahmen des KWK-Monitoring einer anderen Brennstoffdefinition. Die Ableitung dieser Emissionsfaktoren wird in Abschnitt 8.3 erörtert.

Tabelle A- 1 im Anhang enthält einen Überblick über die CO_2-Emissionsfaktoren.

4.4 Weitere Datenquellen

Neben den in den Abschnitten 4.1 bis 4.3 genannten Quellen wird im Rahmen dieses Monitoringberichtes auf weitere Daten und Information zugegriffen. Diese werden in den entsprechenden Abschnitten referenziert.

5 Analyse- und Auswertungsgang

Aufgabe des Gutachters im Rahmen des KWK-Monitoring ist es, die inhaltliche Konsistenz und Plausibilität der einzelnen Monitoringberichte zu überprüfen, Datengrundlagen und Annahmen zwischen den Berichten zu harmonisieren sowie ein konsistentes Gesamtgerüst der Ergebnisse zusammenzustellen.

Vor diesem Hintergrund erfolgen die Analysen und Bewertungen für das Monitoring in drei Schritten:

1. Prüfung der Einzelberichte

   Die Prüfung der Berichte der einzelnen Verbände dient in erster Linie der Verifizierung der internen Validität der verwendeten Datenquellen und Annahmen. So können im Rahmen dieser Prüfung beispielsweise Zu- oder Abrechnungen von Brennstoffeinsätzen innerhalb des jeweiligen Verbandes oder die Anpassung von Emissionsfaktoren oder Annahmen (beispielsweise Benutzungsstunden, Wirkungsgrade usw.) erfolgen. Die Darstellung der zentralen Ergebnisse der jeweiligen Monitoringberichte sowie die Begründung eventueller Anpassungen werden in Kapitel 6 vorgenommen.

2. Erstellung des Gesamtdatengerüstes

   Bei der Erstellung des Gesamtdatengerüstes werden die berichteten und gegebenenfalls angepassten Monitoringergebnisse der einzelnen Verbände zusammengeführt. Hierbei werden eventuelle Doppelzählungen zwischen den Verbänden bereinigt. Des Weiteren werden zentrale Annahmen zwischen den Verbänden harmonisiert (beispielsweise Brutto- oder Nettobetrachtung, Referenzsysteme, Benutzungsstunden). Darüber hinaus werden geeignete Ergänzungen zur Erfassung der nicht direkt den berichtenden Verbänden zurechenbaren KWK-Stromerzeugung aus fossil betriebenen Blockheizkraftwerken (BHKW) sowie kleinen Biomasse-KWK-Anlagen vorgenommen (Kapitel 7). Die Erstellung des Gesamtdatengerüstes wird in Kapitel 8 dargestellt.

3. Ermittlung der CO_2-Emissionen sowie der CO_2-Minderungseffekte

   Auf Grundlage des im zweiten Schritt erstellten Gesamtmengengerüstes werden die CO_2-Emissionen der in den verschiedenen Berichtskreisen erfassten KWK-Anlagen sowie die im Referenzfall der ungekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung zuzurechnenden CO_2-Emissionen ermittelt. Die entsprechenden Ergebnisse werden ebenfalls in Kapitel 8 dargestellt.

Im Ergebnis dieser drei aufeinander aufbauenden Arbeitsschritte können die Entwicklungen im Bereich der KWK für die verschiedenen Berichtskreise konsistent, umfassend und transparent bewertet werden.

6 Ergebnisse der Monitoringberichte der Verbände

6.1 BDEW (Allgemeine Versorgung)

6.1.1 Berichtete Ergebnisse

In dem vom BDEW vorgelegten Bericht werden die auf den Daten des Statistischen Bundesamtes (Tabelle 066) basierenden Ergebnisse dargestellt und ausgewertet. Zusätzlich wurden in diesem Jahr zum einen ein Emissionsfaktor für die neue Abfallkategorie „Industrieabfall“ hergeleitet, zum anderen wurde die installierte KWK-Leistung auf Anlagenebene für drei Stichjahre (1998, 2005 und 2010) ermittelt.

Die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung im Bereich der allgemeinen Versorgung wurden direkt der amtlichen Statistik (Tabelle 066) entnommen. Unter Verwendung der dort ebenfalls aufgeführten Brennstoffeinsätze der Jahre 2003 bis 2010 wurden die CO_2-Emissionen der KWK-Anlagen ermittelt.

Diesmal wurde anders als im dritten Monitoring-Bericht 2009 die neue Unterteilung des Statistischen Bundesamtes der Abfall-Kategorie in Industrieabfall und Abfall (Hausmüll und Siedlungsabfälle) in die Klassifizierung der vom BDEW aufgeführten Energieträger übernommen. Der vom BDEW vorgeschlagene Emissionsfaktor für CO_2 aus Industriemüll beruht auf einer Befragung der BDEW-Mitgliedsunternehmen im Mai 2011 hinsichtlich der derzeit in Kohlekraftwerken und Ersatzbrennstoff (EBS)-Kraftwerken der allgemeinen Versorgung eingesetzten Industrie- und Gewerbeabfälle.

Die Emissionsfaktoren für die restlichen Energieträger sind gegenüber dem letzten Jahr konstant geblieben. Die CO_2-Emissionen des Referenzsystems ergeben sich aus der ermittelten KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie den Emissionsfaktoren für das Referenzsystem ungekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung.

Tabelle 6-1 gibt einen Überblick über die vom BDEW berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie über die entsprechenden CO_2-Emissionen.

Tabelle 6-1: Berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO_2-Emissionen im Rahmen des BDEW-Monitoringberichts, 1998-2010

	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
KWK-Stromerzeugung (TWh)	34,2	50,3	52,4	52,3	54,0	51,9	53,8	50,5	53,4
KWK-Wärmerzeugung (PJ)	288,3	338,3	360,6	365,2	365,1	348,1	355,4	343,3	363,1
CO_2-Emissionen (Mio. t)	40,0	51,9	53,5	51,2	49,4	46,5	48,6	47,1	49,8

Quelle: BDEW-Monitoringbericht 2012.

Zusätzlich enthält der BDEW-Monitoringbericht eine Ausarbeitung zur installierten KWK-Leistung, die auf Anlagenebene durchgeführt wurde. Diese ist in die Arbeiten zur Abschätzung der gesamten installierten KWK-Leistung eingeflossen, weiteres dazu in Abschnitt 9.2.

6.1.2 Bewertung und Anpassungen des Gutachters

Die vom BDEW durchgeführte Ableitung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung für die Jahre 2003 bis 2010 entspricht dem abgestimmten Vorgehen für die KWK-Monitoringberichte und kann damit prinzipiell als plausibel bezeichnet werden.

Anpassungen ergeben sich aus einer größeren Brennstoffdetaillierung in Anlehnung an die in der amtlichen Statistik verfügbaren Daten (Tabelle 6-2).

Tabelle 6-2: Anpassungen der Gutachter im Zahlengerüst des BDEW, 2010

Variable, Parameter	Ursprünglicher Wert	Angepasster Wert	Begründung
Andere Braunkohlenprodukte (GJ)	5.893.352	-	Andere Braunkohleprodukte werden durch eine größere Detaillierung von Brennstoffen, wie in Tabelle 066 der amtlichen Statistik verfügbar, ersetzt.
Braunkohlenkoks (GJ)		35.801	
Wirbelschichtkohle (GJ)		3.801.910	
Staub- und Trockenkohle (GJ)		2.010.155	
Sonstige Braunkohlen (GJ)		45.486	

Quellen: BDEW-Monitoringbericht, Statistisches Bundesamt, Tabelle 066 (2010).

Der BDEW folgt mit der geringeren Aufschlüsselungstiefe bei den Braunkohlenprodukten der AG Energiebilanzen, der Unterschied bezüglich der Emissionen durch die unterschiedliche Aufschlüsselung ist unerheblich (0,7 kt CO_2).

Die Herleitung des Emissionsfaktors für Industrieabfall konnte an Hand der Tabellen nachvollzogen werden, wobei eine Überprüfung der Umfrageergebnisse außerhalb der gutachterlichen Möglichkeiten im Rahmen des KWK-Monitorings liegt. Die Abdeckung des Abfalleinsatzes durch die Umfrage des BDEW erscheint angemessen für die Gewinnung eines allgemeingültigen Emissionsfaktors, der Anteil des Industrieabfalls an der gesamten Abfallmenge entspricht mit 11% dem Anteil, der im Jahr 2009 für den KWK-Brennstoffeinsatz nach Tabelle 066 ausgewiesen wird. Im Rahmen des Monitorings wurde eine Berechnung unter Verwendung der Emissionsfaktoren aus dem deutschen Inventarbericht angeregt, die aufgenommen wurde (mehr dazu in Kapitel 8.3.2 und in der Stellungnahme im Anhang 3).

Anpassungen für die anzuwendenden CO_2-Emissionsfaktoren der Brennstoffkategorien Hausmüll, Siedlungsabfall und sonstige Energieträger sowie das resultierende Gesamtdatengerüst werden in Kapitel 8 dargestellt.

Die Arbeiten zur Abschätzung der KWK-Leistung können nicht vollständig nachvollzogen werden und sind im Rahmen der gutachterlichen Arbeiten des Monitorings hinsichtlich der Frage nach den eingesparten CO_2-Emissionen durch die KWK nicht relevant. Dennoch erfolgte eine detaillierte Stellungnahme zu diesem Thema und eine anschließende Überarbeitung dieses Kapitels durch den BDEW (mehr dazu in Abschnitt 9.3, die Stellungnahme im Anhang 3).

6.2 VKU (Kommunale Unternehmen)

6.2.1 Berichtete Ergebnisse

Die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung im Bereich der kommunalen Unternehmen basiert für 2005 auf einer detaillierten Liste des VKU von Heizkraftwerken und BHKW. Diese umfasst zum einen Anlagen, die in den AGFW-Hauptberichten enthalten sind. Zum anderen sind weitere Anlagen aus VKU-eigenen Daten aufgeführt (vgl. erster KWK-Monitoringbericht). Für die Jahre 2006 und 2007 wurde über eine Abfrage bei den größten Mitgliedern des VKU die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie Informationen über die Brennstoffzusammensetzung erhoben. Der Brennstoffeinsatz wurde über die Annahme eines durchschnittlichen Nutzungsgrads ermittelt. KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie Brennstoffeinsatz wurden des Weiteren über den Erfassungsgrad der Abfrage auf die Gesamtheit der VKU-Mitglieder skaliert. Für die Jahre ab 2008 beruht das Zahlengerüst auf den Angaben von 193 (2008), 201 (2009) bzw. 225 (2010) VKU-Mitgliedern zur KWK-Stromerzeugung. Dabei wurden jeweils nur der kommunale Anteil der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie der jeweilige Hauptbrennstoff berücksichtigt. Die Wärmeerzeugung wurde im Jahr 2008 auf Basis einer angenommenen Steigerungsrate abgeschätzt, 2009 wurde diese erstmalig bei der Umfrage mit erfasst. Der Brennstoffeinsatz wurde auf Basis eines durchschnittlichen Nutzungsgrades ermittelt. Dieser beruht seit dem Monitoringbericht 2009 auf den jährlichen Nutzungsgraden, die sich aus der Statistik für die allgemeine Versorgung ergeben und für die Jahre 2008-2010 bei etwa 0,76 liegen. Die Brennstoffzusammensetzung wurde über den jeweiligen Regelenergieträger und die KWK-Stromerzeugung ermittelt. Für die Jahre 2006 bis 2008 wurden darüber hinaus einzelne Angaben auf Basis des AGFW-Hauptberichtes 2006 hinzugeschätzt.

Die CO_2-Emissionen errechnen sich aus den ermittelten Brennstoffeinsätzen unter Verwendung der CO_2-Emissionsfaktoren. Die CO_2-Emissionen des Referenzsystems ergeben sich aus der ermittelten KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie den Emissionsfaktoren für das Referenzsystem ungekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung.

Tabelle 6-3 gibt einen Überblick über die vom VKU berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie über die entsprechenden CO_2-Emissionen.

Tabelle 6-3: Berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO_2-Emissionen im Rahmen des VKU-Monitoringberichtes, 1998-2010

	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
KWK-Stromerzeugung (TWh)	14,3	17,4	17,5	19,5	21,8	20,9	21,3	22,5	25,1
KWK-Wärmerzeugung (PJ)	121,0	129,9	128,6	129,8	130,3	126,6	128,7	127,7	146,7
CO_2-Emissionen (Mio. t)	16,3	18,4	18,0	17,7	17,4	16,8	17,1	17,9	20,1

Quelle: VKU-Monitoringbericht.

6.2.2 Bewertung und Anpassungen des Gutachters

Die Zeitreihe zur Strom- und Wärmeerzeugung des VKU wurde bis zum Jahr 2007 auf verschiedenen Wegen erstellt. Seit 2008 liegt eine vergleichsweise umfassende Erhebung von Erzeugungsdaten vor. Da in den einzelnen Jahren unterschiedliche Datenquellen verwendet wurden und sich damit der Erfassungsgrad sowie die methodischen Ansätze änderten, sind die Daten der einzelnen Jahre nicht direkt miteinander vergleichbar. Die detaillierte Abfrage ab dem Jahr 2008 stellt jedoch eine recht robuste Abschätzung der kommunalen KWK-Erzeugung dar.

Der dem Monitoring zu Grunde liegende Datensatz der Umfrageergebnisse wurde in diesem Jahr nicht fristgerecht den Gutachtern zur Verfügung gestellt, so dass eine detaillierte Untersuchung oder Überprüfung der Rechnung nicht möglich war. Da der VKU-Monitoringbericht den Gutachtern zeitlich knapp vor der Fertigstellung des KWK-Monitoringberichts 2010 zur Verfügung gestellt wurde, erfolgte nur ein kurzfristiger Austausch zwischen den Gutachtern und dem VKU. Neben textlichen Anmerkungen wurde dabei darauf hingewiesen, dass die vom VKU verwendeten Emissionsfaktoren für Heizöl und sonstige Energieträger nicht denen des Monitorings entsprechen. Es erfolgte daraufhin eine Überarbeitung des Berichts, so dass sich leichte Veränderungen entlang der gesamten Zeitreihe ergeben haben.

Entsprechend den Schlussfolgerungen des Monitoringberichts 2009 werden keine Anpassungen im VKU-Datengerüst vorgenommen. Innerhalb des Gesamtgerüstes (Kapitel 8) wird ein gemeinsames Datengerüst der allgemeinen Versorgung, das die Verbände BDEW und VKU umfasst, basierend auf der amtlichen Statistik abgeleitet.

6.3 VIK (Industrielle Kraftwirtschaft)

6.3.1 Berichtete Ergebnisse

Im Bereich der industriellen Kraftwirtschaft liegen für die Jahre ab 2003 in der amtlichen Statistik (Tabelle 067) die Strom- und Wärmeerzeugung sowie der Brennstoffeinsatz in KWK-Anlagen vor. Für den diesjährigen Bericht stellte das statistische Bundesamt erstmals die detaillierten Daten zur Verfügung, die in der Fachserie 4, Reihe 6.4 nur aggregiert vorliegen. Die Gutachter haben diese Zahlen dem VIK im Herbst 2011 zukommen lassen, so dass diese für den VIK-Monitoringbericht übernommen werden konnten. Im März 2012 wurden den Gutachtern aktualisierte Zahlen durch das statistische Bundesamt zugesendet, die dem Bericht hier nun zu Grunde liegen. Eine erneute Überarbeitung des VIK-Monitoringberichts hat nicht stattgefunden.

Die CO_2-Emissionen aus industriellen KWK-Anlagen wurden mit den jeweiligen CO_2-Emissionsfaktoren aus den Brennstoffeinsätzen berechnet, wobei durch die nun detailliertere Aufgliederung der Brennstoffe einige neue Emissionsfaktoren eingeführt werden mussten.

Die CO_2-Emissionen des Referenzsystems ergeben sich aus der ermittelten KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie den Emissionsfaktoren für das Referenzsystem ungekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung.

Tabelle 6-4 gibt einen Überblick über die vom VIK berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie über die entsprechenden CO_2-Emissionen.

Tabelle 6-4: Berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO_2-Emissionen im Rahmen des VIK-Monitoringberichtes, 1998-2009

	1998	2007	2008	2009	2010
KWK-Stromerzeugung (TWh)	27,2	25,8	25,7	26,2	29,5
KWK-Wärmerzeugung (PJ)	313,2	287,3	286,4	282,5	312,7
CO_2-Emissionen (Mio. t)	40,0			30,0	31,3

Quelle: VIK-Monitoringbericht.

6.3.2 Bewertung und Anpassungen des Gutachters

Die vom VIK durchgeführte Ableitung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung für das Jahr 2010 kann prinzipiell als plausibel bezeichnet werden, da aus der amtlichen Statistik (Tabelle 067) die Brennstoffeinsätze sowie die Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen abgelesen werden können. Leider wurde der Bericht nicht mit den Zahlen vom März 2010 aktualisiert, so dass sich Abweichungen zwischen den für die Berechnungen verwendeten Brennstoffeinsätzen ergeben.

Zudem sahen die Gutachter an einigen Stellen Klärungsbedarf wegen fehlender Brennstoffe oder der Verwendung von Daten ohne Quellenangabe. Diese Punkte wurden von den Gutachtern in einer detaillierten Stellungnahme aufgelistet (siehe Anhang). Der VIK antwortete darauf mit einer kurzen Stellungnahme (siehe ebenfalls im

Anhang). Insbesondere für die in diesem Monitoring relevanten Sachverhalte bezüglich der Brennstoffeinsätze und den Emissionsfaktoren, stimmt der VIK den Vorschlägen der Gutachter zu.

Die Anpassungen der Gutachter in diesem Bericht entsprechen denen, die in der Stellungnahme vom 12. April 2012 detailliert aufgeführt sind, die zahlreichen Abweichungen zu den statistischen Zahlen der Jahre 2007-2010 werden an dieser Stelle nicht wiederholt, zumal diese Daten nicht öffentlich zur Verfügung stehen. Es ergeben sich zusätzlich Anpassungen durch korrigierte Emissionsfaktoren, wie in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 6-5: Anpassung der Gutachter bzgl. der Emissionsfaktoren

	VIK-Monitoring 2010	KWK-Monitoringbericht 2010	Quellen
	t CO_2 /TJ		
Braunkohlen-Mix	110,0	107	berechnet
Kokereigas	45,0	44,0	RWI-Monitoringbericht 2011
Sonstige Brennstoffe	30,8	34,3	berechnet
Industrie-Abfall	75,0	39,5	Inventarbericht 2012
Hausmüll-Siedlungsabfall	35,0	91,5	Inventarbericht 2012
Sonstige Energieträger	75,0	71,0	Inventarbericht 2012

Quelle: VIK-Monitoringbericht, UBA 2012, RWI 2011, Öko-Institut.

Der berechnete Wert für den Braunkohle-Mix ergibt sich durch die Aufgliederung der Braunkohle-Kategorien nach den detaillierten Daten des Statistischen Bundesamtes. Ebenso erfolgte die Berechnung des Emissionsfaktors für Sonstige Brennstoffe, das Vorgehen dazu ist in der Stellungnahme in Anhang 3 ersichtlich (mit geschwärzten Werten). Die Emissionsfaktoren der beiden Abfallkategorien werden in Abschnitt 8.3.3 erläutert.

7 KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungskreises der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft

Neben Anlagen mittlerer und großer Leistungen sind für die Kraft-Wärme-Kopplung ebenfalls kleine Blockheizkraftwerke (BHKW) relevant, die vor allem im häuslichen und gewerblichen Bereich, aber auch in Stadtwerken, kommunalen Unternehmen und der Industrie eingesetzt werden. Darüber hinaus gibt es kleine KWK-Anlagen, die mit biogenen Brennstoffen betrieben werden. Diese kleinen KWK-Anlagen sind nur teilweise in der amtlichen Statistik erfasst und müssen deshalb auf Basis weiterer Daten zum KWK-Gesamtgerüst hinzugeschätzt werden.

Seit dem KWK-Monitoringbericht 2005-2008 wird für die Ermittlung der Stromerzeugung im Bereich fossiler BHKW ein BHKW-Bestandsmodell verwendet, das auf den Ergebnissen der BHKW-Umfrage des Öko-Instituts basiert. In dem hier vorliegenden Bericht wird die Methodik der Berechnung gegenüber dem im Monitoringbericht 2009 beschriebenen Vorgehen nicht geändert, es erfolgt ausschließlich eine Aktualisierung der Datenbasis für das Jahr 2010 in Abschnitt 7.1.

Die Berechnung der biogenen KWK-Stromerzeugung erfolgte im KWK-Monitoringbericht 2005-2008 erstmals auf Basis von Daten der AGEE-Stat und der Bundesnetzagentur. Seitdem umfasst die KWK-Stromerzeugung aus biogenen Brennstoffen neben BHKW auch andere (kleine) KWK-Anlagen. Dieser Ansatz für die Biomasse-Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung in den Tabellen 066 und 067 des Statistischen Bundesamtes musste bedingt durch die EEG-Novelle 2009 für den Monitoringbericht 2009 umgearbeitet werden, denn durch die Novelle konnten erstmals auch Anlagen mit einer Inbetriebnahme vor 2004 einen KWK-Bonus erhalten, ebenso wie Anlagen über 20 MW_{el}. Für die im vorliegenden Bericht erfolgte Aktualisierung in Abschnitt 7.2 erfolgte keine methodische Änderung, nur wurden die Werte der Eigenbedarfsanteile und der Stromkennzahl für Biogas neueren Erkenntnissen angepasst.

7.1 Fossil betriebene Blockheizkraftwerke

Im Basisjahr 1998 sind diejenigen BHKW nicht in den Monitoringberichten der Verbände erfasst, die weder direkt der öffentlichen Versorgung noch der industriellen Kraftwirtschaft zugeordnet werden können. In den Jahren ab 2003 sind BHKW in der amtlichen Statistik für die öffentliche und Industriestromerzeugung zwar prinzipiell berücksichtigt, jedoch werden BHKW mit einer installierten elektrischen Leistung von kleiner einem Megawatt dort nicht erfasst.

Um dennoch eine Abschätzung über den zeitlichen Verlauf des durch diese Anlagen erzeugten KWK-Stroms zu ermöglichen, wird die alljährliche BHKW-Umfrage des Öko-Instituts verwendet, die Aussagen über den Zubau installierter Leistungen erlaubt. Diese Umfrage dient als Grundlage für ein BHKW-Bestandsmodell, in dem außerdem historische Daten seit 1986 aus der ASUE-Datenbank und der Zeitschrift Energie & Management berücksichtigt werden. In dem Bestandsmodell wird weiterhin angenommen,

dass das Jahr der Meldung des Absatzes dem Jahr der Inbetriebnahme entspricht. Weitere detaillierte Angaben zum Aufbau des Bestandsmodells sind im Monitoringbericht 2005-2008 zu finden. Informationen über die BHKW-Umfrage des Öko-Instituts sowie über die Annahmen zum Bestand an BHKW im Basisjahr können dem ersten KWK-Monitoringbericht entnommen werden. Für diesen Bericht werden nur die innerhalb Deutschlands abgesetzten Anlagen betrachtet, die exportierten Module werden in der Umfrage getrennt vom inländischen Absatz abgefragt.

Die Ermittlung der KWK-Stromerzeugung von fossil betriebenen BHKW unter 1 MW basiert damit auf drei Elementen:

- Dem jährlichen Zubau an BHKW,
- der jährlichen Stilllegung und
- den angenommenen Volllaststunden.

Es wird angenommen, dass die Stromerzeugung aus fossilen BHKW vollständig im KWK-Betrieb erfolgt, für den feste Verhältnisse zwischen der Stromerzeugung und der damit verbundenen Wärmeerzeugung vorliegen. Somit wird ein KWK-Anteil von 100 % angesetzt und für die Berechnung der Wärmerzeugung eine durchschnittliche Stromkennzahl verwendet. Für die Ermittlung der Brennstoffeinsätze der BHKW wird ein durchschnittlicher Gesamtnutzungsgrad angesetzt. Bei der anschließenden Berechnung der CO_2-Emissionen wird seit dem KWK-Monitoringbericht 2009 zwischen dem Einsatz von Heizöl und Erdgas unterschieden. Im Folgenden werden die Annahmen zur Ermittlung des Bestands an Anlagen (7.1.1) und zur Ermittlung der Strom- und Wärmeerzeugung (7.1.2) detailliert erläutert, die Ergebnisse werden in 7.1.3 mit der gesamten statistisch erfassten Bruttostromerzeugung abgeglichen.

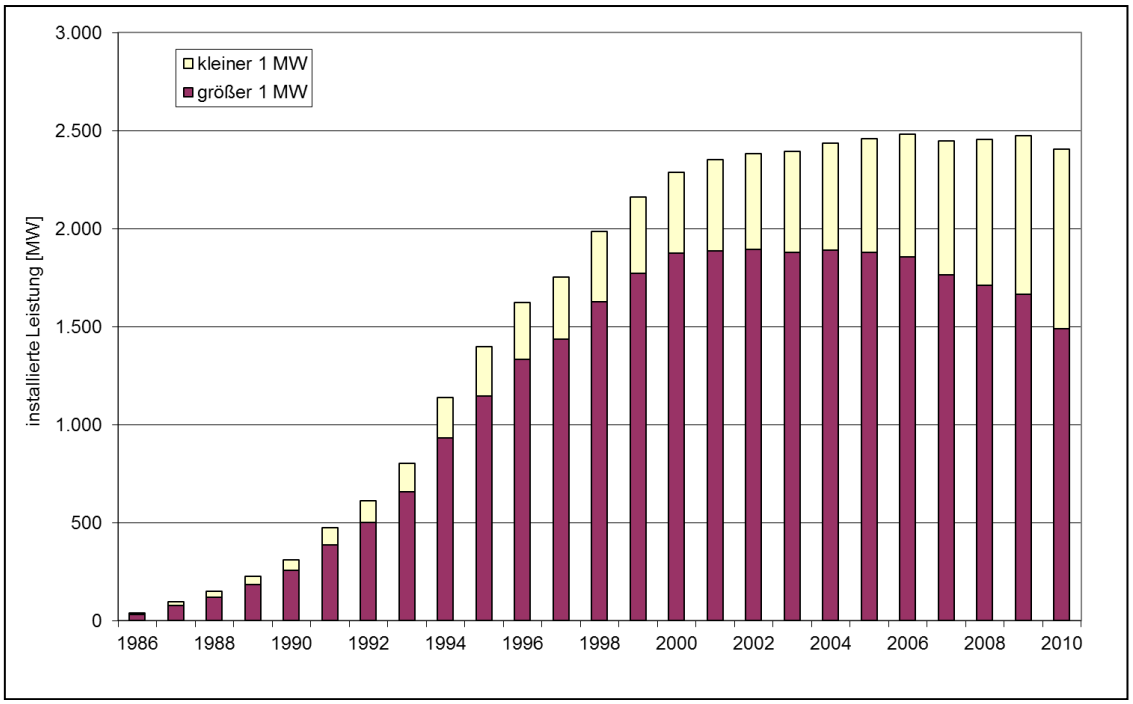
7.1.1 Bestand an BHKW unter 1 MW

Seit dem Jahr 2002 wird die jährlich abgesetzte elektrische Leistung, die mit der BHKW-Umfrage erhoben wird, zur Ermittlung des BHKW-Bestands verwendet. Vergleiche mit anderen Datenquellen haben bestätigt, dass im Bereich der fossilen Anlagen mit der Umfrage eine sehr gute Abdeckung des Gesamtmarktes erreicht wird und damit die Entwicklung in diesem Segment ausreichend genau beschrieben werden kann.

Neben der Entwicklung der jährlich neu installierten Leistung ist die Annahme zur Stilllegung der Anlagen für die Abschätzung des Anlagenbestands von großer Bedeutung: Seit dem Monitoring-Bericht 2009 wird als Durchschnittwert für kleine und große Motoren angenommen, dass eine Stilllegung nach 15 Jahre erfolgt, gerechnet vom Jahr der Meldung in der Umfrage.

Der mit den Ergebnissen der BHKW-Umfrage 2011 aktualisierte Verlauf der installierten elektrischen Leistung ist in der folgenden Abbildung für fossile BHKW grafisch dargestellt.

Abbildung 7-1 Installierte Leistung von fossil betriebenen BHKW mit Stilllegung nach 15 Jahren



Quellen: AGFW-Hauptbericht 1998, VDEW-BHKW-Statistik 1998, Statistisches Bundesamt (Tabelle 067, 1998), ASUE, Wagner (1999), FGBHKW, E&M, Annahmen und Berechnungen Öko-Institut.

Insgesamt ergibt sich damit im Jahr 2010 eine installierte Leistung an fossilen BHKW von rund 2.400 MW, sie ist damit im Vergleich zum Vorjahr um fast 3% gesunken. In der folgenden Tabelle sind die Entwicklungen bezüglich des Zubaus, des Netto-Zubaus (also mit Berücksichtigung der Stilllegungen im jeweiligen Jahr) und der Bestandsentwicklung dargestellt. Dabei wird erstmalig die Größenklasse unter 50 kW einzeln dargestellt, die eine besonders dynamische Entwicklung zeigt, da sich die Leistung in diesem Segment seit 1998 mehr als verzehnfacht hat:

Tabelle 7-1 Entwicklung des Bestands fossil betriebener BHKW, 1986-2010

Fossil betriebene BHKW	1986	1990	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	MW_{el}										
Zubau	**39**	**85**	**232**	**70**	**95**	**102**	**106**	**128**	**149**	**205**	**269**
bis 50 kW	0	1	3	13	21	29	27	23	28	46	48
50kW-1MW	7	14	39	24	20	21	34	64	58	53	119
größer 1 MW	32	70	190	33	54	53	46	40	63	106	102
Netto-Zubau	**39**	**85**	**232**	**13**	**42**	**24**	**21**	**-33**	**9**	**17**	**-68**
bis 50 kW	0	1	3	12	21	28	26	21	26	44	44
50kW-1MW	7	14	39	14	11	7	19	37	35	21	62
größer 1 MW	32	70	190	-14	11	-12	-24	-92	-52	-48	-174
Bestand	**39**	**313**	**1.987**	**2.394**	**2.436**	**2.460**	**2.481**	**2.448**	**2.457**	**2.474**	**2.406**
bis 50 kW	0	3	21	51	71	99	125	146	173	216	261
50kW-1MW	7	53	337	463	474	481	501	538	572	593	655
größer 1 MW	32	256	1.629	1.881	1.891	1.880	1.855	1.764	1.712	1.664	1.491

Quellen: AGFW-Hauptbericht 1998, VDEW-BHKW-Statistik 1998, Statistisches Bundesamt (Tabelle 067, 1998), ASUE, Wagner (1999), FGBHKW, E&M, Annahmen und Berechnungen Öko-Institut.

Die installierte elektrische Leistung im kleinen Leistungsbereich unter 50 kW ist in den letzten Jahren erheblich angestiegen, so dass diese im Jahr 2010 mit 261 MW trotz der niedrigen Leistungen einen Anteil von 11% an der gesamten fossilen BHKW-Leistung aufweisen. Aber auch in der Größenklasse von 50 kW bis 1 MW ist seit dem Jahr 1998 eine Verdopplung der installierten Leistung zu verzeichnen auf nun 665 MW installierte elektrische Leistung. Allein bei den großen BHKW über 1 MW ist eine Netto-Abnahme der Leistung zu verzeichnen, weil der jährliche Zubau nach den Ergebnissen der BHKW-Umfrage niedriger ausfällt als die Stilllegungen. So wurde im Jahr 2010 BHKW zwischen 1 und 20 MW mit 102 MW an elektrischer Leistung zugebaut, wohingegen modelltechnisch angenommen wird, dass 276 MW aus Altersgründen stillgelegt worden sind, so dass sich ein negativer Netto-Zubau von 174 MW ergibt.

Bislang erfolgte durch den Zubau im Bereich der kleinen Leistungen (bis auf das Jahr 2007) ein jährlicher Zuwachs des Gesamt-Bestands. Im Jahr 2010 hingegen sinkt die installierte Leistung im Bestand um 68 MW. Der sich hier aus den Modellergebnissen ergebende, sinkende Trend bei den BHKW über 1 MW lässt sich nicht durch Vergleiche mit Zahlen der AGFW Hauptberichte und des Statistischen Bundesamtes unterlegen: Nach den Tabellen 066 und 067 steigt die installierte Leistung für Verbrennungsmotoren der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft von 1,2 GW im Jahr 2003 nahezu stetig auf 1,5 GW im Jahr 2010, wobei letzteres dem Ergebnis des BHKW-Modells entspricht. Der Erfassungsgrad der Statistik ist durch die beschränkte Fallzahl gerade in diesem Leistungsbereich jedoch nicht gesichert, es kann davon ausgegangen werden, dass einige Anlagen wie z.B. im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen nicht berücksichtigt sind. Die Zahlen der AGFW-Berichte erlauben durch die Beschränkung auf die Mitgliedsunternehmen grundsätzlich keine Aussage über den Gesamtbestand. In beiden Quellen können die Leistungen für kleinere Erzeugungseinheiten (unter 1 MW) bei der Meldung zusammengefasst werden, so dass davon ausgegangen werden muss, dass eine unbestimmte Anzahl von Anla-

gen unter 1 MW in den statistischen Zahlen enthalten ist. Dahingegen bezieht sich die Untergliederung in der BHKW-Umfrage auf abgesetzte Module, die in derzeit noch unbestimmter Zahl zu Gesamtanlagen zusammengefasst worden sein können. An dieser Stelle besteht eine Unschärfe in der Abgrenzung, die zurzeit nicht genau zu quantifizieren ist.

Bei den Betrachtungen sind Umwidmungen und vorzeitige Stilllegungen nicht berücksichtigt. Letzteres fällt für die fossilen BHKW zahlenmäßig nicht sehr ins Gewicht, da sich die äußeren Gegebenheiten (wie vor allem die Brennstoffpreise) für diese Anlagen über die Lebensdauer nicht stark verändert haben- anders als bei den Pflanzenöl-BHKW, bei denen Stilllegungen wegen extrem gestiegener Energieträgerpreise unbedingt zu beachten sind. Mit Umwidmungen durch die Umstellung von fossilen auf biogene Energieträger ist grundsätzlich erst ab dem Jahr 2010 verstärkt zu rechnen, da die Förderung durch das KWKG ab Ende dieses Jahres für zahlreiche Anlagen ausgelaufen ist und diese durch die Umstellung auf die Verwendung biogener Energieträger eine Förderung durch das EEG erhalten könnten. Es ist anzunehmen, dass bislang solche Umwidmungen - besonders in Bezug auf das Jahr 2010 - nicht in entscheidendem Umfang erfolgten, insbesondere da die Erzeugungskapazitäten erst schrittweise ausgebaut werden. Auch nach DBFZ (2011) finden bisher nur geringe Mengen des dabei erzeugten Biomethans Absatz im Kraftstoff- und Wärmemarkt.

7.1.2 Strom- und Wärmeerzeugung aus BHKW unter 1 MW

Die Ermittlung der Stromerzeugung aus BHKW erfolgt durch die Multiplikation der Leistung mit den angenommenen durchschnittlichen Vollbenutzungsstunden. Die Vollbenutzungsstunden für die Blockheizkraftwerke im Jahr 1998 werden aus der BHKW-Stromerzeugung und installierten Leistung, die im BDEW-Zahlengerüst enthalten sind, abgeleitet. Dadurch ergeben sich für fossile Anlagen unter 1 MW im Jahr 1998 3.577 Stunden in Volllast (4.273 für Anlagen größer 1 MW). Im KWK-Monitoringbericht 2009 wurde die durchschnittliche Volllaststundenzahl des BHKW-Bestands im Zeitverlauf überarbeitet. Der dort ermittelte Durchschnittswert für die in das Gesamtgerüst eingehenden Anlagen unter 1 MW von 3.577 h/a wird in diesem Bericht weiter verwendet.

Analog zu den vorhergehenden KWK-Monitoringberichten wird eine Stromkennzahl von 0,65 angenommen sowie ein Gesamt-Nutzungsgrad von 85 %. Tabelle 7-2 enthält die sich aus diesen Angaben ergebende KWK-Strom- und Wärmeerzeugung aller fossil betriebenen BHKW für 1998 sowie für die 2003 bis 2010.

Tabelle 7-2: KWK-Strom- und -Wärmeerzeugung sowie CO_2-Emissionen fossil betriebener BHKW, 1998-2010

	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Stromerzeugung, KWK (TWh)	7,7	9,9	10,0	10,1	10,2	10,0	10,0	10,0	9,6
davon < 1 MW	1,4	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9	3,3
davon >= 1 MW	6,3	8,0	8,1	8,0	7,9	7,5	7,3	7,1	6,4
Wärmeerzeugung, KWK (PJ)	43,6	55	56	56	56	55	55	55	53
davon < 1 MW	8,7	10	11	12	12	14	15	16	18
davon >= 1 MW	34,9	45	45	44	44	42	41	39	35

Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts.

Damit steigt die KWK-Stromerzeugung aus Anlagen kleiner 1 MW von 1,4 TWh im Jahr 1998 auf 3,3 TWh in 2010, parallel dazu steigt die Wärmeerzeugung von 8,7 auf 18 PJ. Die Stromerzeugung aus größeren BHKW, die nicht in das Gesamtgerüst einfließt, ist seit dem Jahr 2004 im Sinken begriffen.

Für die Berechnung der CO_2-Emissionen wurde nach mit Heizöl oder Erdgas betriebenen BHKW unterschieden. Im Jahr 2010 teilt sich der fossile BHKW-Bestand unter 1 MW auf in gut 800 MW gas- und knapp 100 MW ölbetriebene BHKW. Die CO_2-Emissionen für BHKW unter 1 MW steigen im Verlauf der Zeitreihe von 0,9 auf 2,1 Mio. t.

Relevant für die Ergänzung im KWK-Gesamtgerüst ist die fossile KWK-Stromerzeugung aus nicht-EVU-BHKW für 1998 (unabhängig von der Leistungsklasse) sowie aus BHKW mit einer installierten Leistung kleiner 1 MW elektrisch für die Jahre 2003 bis 2010 (Kapitel 8).

7.1.3 Vergleich der berechneten Stromerzeugung aus BHKW unter 1 MW mit vorhandenen Quellen

Für die Plausibilisierung der ermittelten KWK-Stromerzeugung wird die Stromerzeugung der Anlagen bis 2 MW, die zwischen 2002 und 2010 in Betrieb gegangen sind, mit den Daten der Netzbetreiber zur Förderung nach dem KWKG verglichen.

Vergleich mit den Daten der Netzbetreiber

Der Verbund der Netzbetreiber veröffentlicht jährlich die Datenbasis zum KWKG bzw. KWKModG, aus der die durch dieses Gesetz geförderten Strommengen nach Anlagenkategorien ersichtlich sind. Für die hier in Frage kommenden Förderkategorien sind die geförderten KWK-Strommengen in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 7-3 Nach dem KWKG geförderte KWK-Strommengen, 2005-2012

Förderkategorien unter 2 MW		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
		GWh							
Gesamt unter 2 MW		**402**	**653**	**707**	**1.011**	**1.595**	**2.124**	**1.371**	**2.357**
Kleine bis 50 kW und Brennstoffzelle		117	114	156	243	504	628	629	942
Bis 50 kW ab 2002 in Betrieb	§5.2.1b			*151*	*238*	*499*	*622*	*616*	940
Brennstoffzelle	§5.2.2			*5*	*5*	*5*	*6*	*13*	*2*
Neue kleine 50 kW bis 2 MW		285	539	551	768	1.091	1.496	742	1.415
50 kW bis 2 MW mit IBN 2002-2008	§5.2.1a					*875*	*1.042*		
Hocheffiziente Anlagen ab 2009	§5.2.1c					*216*	*454*	*742*	*1415*

Quellen: Datenbasis zum KWKG 2005-2012 vom VDN bzw. 50 Herz, Amprion, EnBW Transportnetze, Transpower.

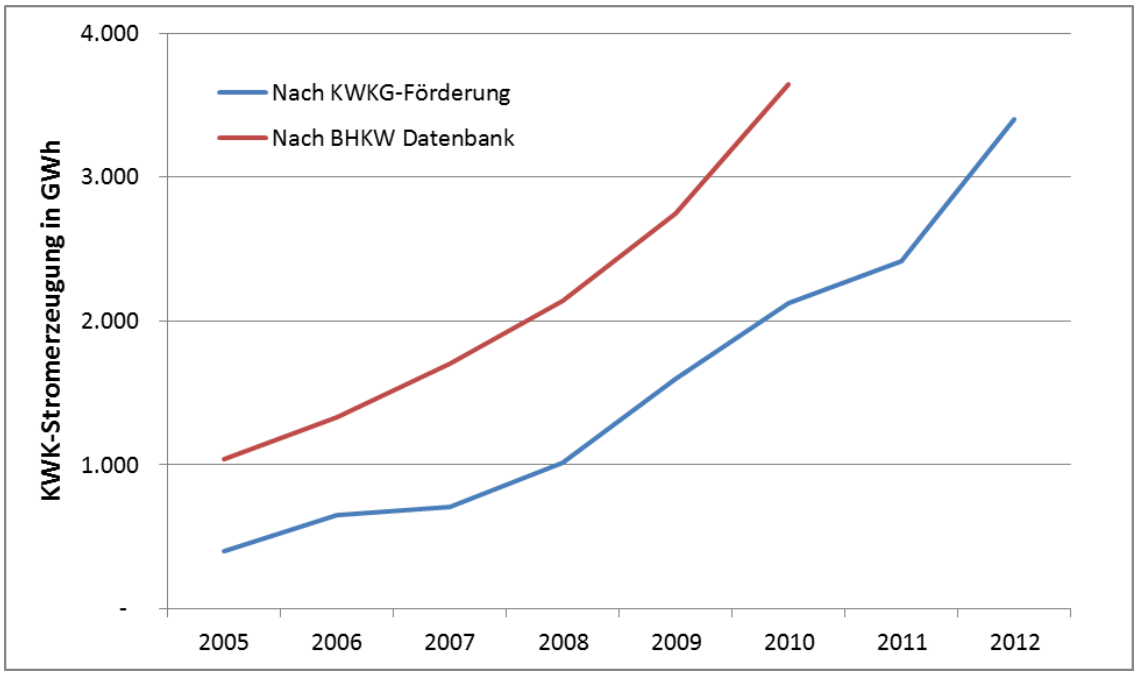
Im Jahr 2009 wurde erstmalig auch selbstgenutzter Strom gefördert, unter anderem dadurch ergibt sich zwischen den Jahren 2008 und 2009 ein deutlicher Sprung in der geförderten KWK-Strommenge von 1.011 auf 1.595 GWh, der sich auch noch im Jahr 2010 fortsetzt. Deutlich zu sehen ist das Ende der KWK-Stromförderung für Anlagen zwischen 50 kW und 2 MW mit Inbetriebnahme zwischen 2002 und 2008 im Jahr 2011.

Nach den Daten der Netzbetreiber wurde in den hier betrachteten Kategorien im Jahr 2011 eine KWK-Stromerzeugung von 1.371 GWh nach dem KWKG gefördert (siehe Tabelle 7-3). Da die Anlagen bis 2 MW mit einer Inbetriebnahme zwischen 2002 und 2008 zwar keine Förderung nach dem KWKG mehr erhalten aber angenommen werden kann, dass sie weiter betrieben werden, sollte zur Abschätzung der KWK-Stromerzeugung nach diesen Daten die letzte geförderte Strommenge von 1.042 GWh zu der im Jahr 2011 geförderten Menge addiert werden, so dass sich eine KWK-Stromerzeugung von rund 2.413 GWh ergibt im Jahr 2011 und 3.399 GWh im Jahr 2012.

Mit den wie im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen konstant gehaltenen Volllaststunden, errechnet sich die Stromerzeugung allein aus Anlagen bis 2 MW, die ab 2002 als abgesetzt gemeldet worden sind, auf Basis der BHKW-Datenbank zu 3.647 GWh im Jahr 2010.

Die Verläufe der Stromerzeugung für fossil betriebene BHKW unter 2 MW sind in der folgenden Abbildung vergleichend dargestellt, wobei für die Stromerzeugung nach der KWKG-Förderung die wie oben beschriebene Korrektur vorgenommen wurde, um die aus der Förderung gefallenen Anlagen mit Inbetriebnahme zwischen 2002 und 2008 zu berücksichtigen.

Abbildung 7-2 Vergleich der KWK-Stromerzeugung für fossil betriebene Anlagen bis 2 MWel mit IBN ab 2002



Quellen: Datenbasis zum KWKG 2005-2012 vom VDN bzw. 50 Herz, Amprion, EnBW Transportnetze, Transpower und BHKW-Datenbank.

Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass die berechnete KWK-Stromerzeugung aus den Daten der BHKW-Datenbank den (korrigierten) geförderten KWK-Strommengen zwei Jahr später sehr gut entspricht. Das lässt sich damit erklären, dass die Meldung der neuen KWK-Anlagen bei der BAFA auch einige Jahre nach dem in der Umfrage erhobenen Absatz der Anlage erfolgen kann, besonders wenn die Anlage an Weiterverarbeiter verkauft wurde.

Ein grundsätzlich etwas höherer berechneter Wert aus der BHKW-Datenbank ist auch aus dem Grund zu erwarten, dass nicht für alle fossilen Anlagen die Förderung durch das KWKG (bzw. KWKModG) beantragt bzw. genehmigt wird. So werden ab dem Jahr 2009 nur hocheffiziente Anlagen gefördert und nicht für alle Anlagen, die nach der Umfrage abgesetzt wurden, wurde dieses Kriterium bestätigt.

Durch diese nur eingeschränkt gegebene Vergleichbarkeit der beiden Datensätze, stellt die höhere Stromerzeugung aus der BHKW-Datenbank die für die Berechnung gewählten Parameter nicht in Frage.

7.2 Biogen betriebene KWK-Anlagen

7.2.1 Einleitung

Seit dem KWK-Monitoringbericht 2005-2008 wird die KWK-Stromerzeugung kleiner biogen betriebener Anlagen auf der Grundlage der Daten der AGEE-Stat zur biogenen Stromerzeugung sowie Einspeisedaten der Bundesnetzagentur berechnet.

Im Bereich der biogen betriebenen KWK-Anlagen herrscht in der verfügbaren Statistik eine große Unsicherheit über die installierte Leistung, aber auch über den tatsächlichen Betrieb der Anlagen sowie die technischen Parameter, unter denen die Anlagen betrieben werden. Im Gegensatz zu den fossilen BHKW werden biogene KWK-Anlagen nur zu einem deutlich geringeren Teil im KWK-Betrieb[5] gefahren, der sowohl vom Einsatzgebiet, der Größe der Anlage als auch der Art des Energieträgers abhängt. Anlagen werden oftmals in direkter Abhängigkeit von den Energieträger-Preisen betrieben und können auch vollständig außer Betrieb genommen werden, sofern die Preise keinen wirtschaftlichen Betrieb gewährleisten. Dazu kommt, vornehmlich ab dem Jahr 2010, eine unbekannte Zahl von umgewidmeten Anlagen, die von fossilen auf biogene Energieträger umgestellt worden sind[6].

Für die Ermittlung der KWK-Stromerzeugung aus Biomasse werden die Daten zur Stromerzeugung aus biogenen Energieträgern der AG Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) verwendet, die in der Reihe „Erneuerbare Energien in Zahlen“ jährlich durch das BMU veröffentlicht werden und den Ausbauzustand der erneuerbaren Energien in Deutschland beschreiben (BMU 2012). Die dieser Quelle entnommenen Zahlen zur biogenen Stromerzeugung in Deutschland sind in Tabelle 7-4 aufgeführt.

Tabelle 7-4: Stromerzeugung aus biogenen Energieträgern nach AGEE-Stat

Biogene Stromerzeugung nach AGEE-Stat	**1998**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
	TWh_{el}								
Gesamt	**1,6**	**6,1**	**8,0**	**11,0**	**14,8**	**19,8**	**22,9**	**26,0**	**29,1**
Biomasse (fest, flüssig, gasf.)	0,3	4,6	6,1	9,0	12,8	17,8	20,9	24,1	27,3
Feste Biomasse	0,2	2,9	4,7	7,0	8,5	9,9	11,3	11,4	11,2
Flüssige Biomasse	0,0	0,2	0,3	0,3	0,9	1,5	1,5	2,0	1,7
Biogas	0,1	1,5	1,1	1,7	3,3	6,4	8,1	10,8	14,5
Deponiegas	0,7	0,7	1,0	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
Klärgas	0,6	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1

Quelle: BMU 2012.

Die Daten enthalten die biogene Stromerzeugung durch Anlagen der Allgemeinen Versorgung, der kleinen, statistisch nicht erfassten Anlagen und seit dem Jahr 2000 auch

[5] Grundlage der Definition des KWK-Anteils für biogene KWK-Anlagen ist im Rahmen dieses Monitorings die KWK-Nutzwärme. Der Eigenverbrauch an Wärme, zum Beispiel zur Beheizung des Fermenters oder des Faulturms, wird nicht als KWK-Nutzwärme angesehen.

[6] Siehe auch Abschnitt 7.1 zur Berücksichtigung umgewidmeter BHKW bei der Ableitung des Bestands an fossilen BHKW.

die der industriellen Kraftwirtschaft. Es handelt sich bei diesen Zahlen um Brutto-Werte, da üblicherweise der biogen erzeugte Strom vollständig eingespeist wird und der Eigenbedarf aus dem Netz bezogen wird.

Die Stromerzeugung aus Biomasse ist im hier betrachteten Zeitraum von 1998 bis 2010 sehr stark angestiegen von 1,6 auf 29,1 TWh. Deutlich zu erkennen ist dabei, dass der Anstieg der biogenen Stromerzeugung hauptsächlich im Bereich der festen und gasförmigen Biomasse stattgefunden hat. Dabei ist eine stetige und hohe jährliche Dynamik bei der Stromerzeugung aus Biogas zu beobachten, die sich auch im Jahr 2010 fortgesetzt hat. Bis zum Jahr 2008 war auch der Anstieg der Stromerzeugung aus fester Biomasse sehr dynamisch, seit diesem Jahr stagniert diese auf hohem Niveau. Allein die Stromerzeugung aus Deponiegas ist seit dem Maximum im Jahr 2006 im Sinken begriffen. Dieses beruht auf dem Verbot der Deponierung von biologisch abbaubaren Abfällen durch die Anforderungen der Abfallablagerungs- und Deponieverordnung seit dem Jahr 2005. Mit einem gewissen zeitlichen Verzug macht sich dieses Verbot auch in der Stromerzeugung aus Deponiegas bemerkbar, so dass dieser Posten in den nächsten Jahren sukzessive sinken wird.

Die Betrachtung der AGEE-Stat-Zahlen umfasst diejenigen Energieträger, bei denen die Anwendung der KWK möglich und üblich ist. Es bleibt zu erwähnen, dass auch im Bereich der Geothermie die KWK zur Anwendung kommen kann, jedoch ist die Gesamt-Stromerzeugung aus diesem Bereich (noch) so gering (27,7 GWh im Jahr 2010), dass sie hier nicht weiter berücksichtigt wird.

Eine weitere Informationsquelle über die Stromerzeugung aus Biomasse stellen die EEG-Daten der Bundesnetzagentur dar, die auf den Informationen der Übertragungsnetzbetreiber beruhen. Den Gutachtern liegen diese Daten für die Jahre 2006 bis 2010 über die nach dem EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse nach Anlagen und Vergütungskategorien aufgeschlüsselt vor.

Die nach dem EEG vergütete Stromerzeugung stieg von 2006 bis 2010 von 10,4 auf 25,1 TWh an (Tabelle 7-5). Sie ist jeweils etwas niedriger als die nach AGEE-Stat berichtete biogene Stromerzeugung, da die Vergütung mit bestimmten Voraussetzungen verbunden ist, die nicht von allen Anlagen erfüllt werden. Von 2006 bis 2009 ist der Teil der biogenen Stromerzeugung nach AGEE-Stat, der durch das EEG vergütet wird, stetig angestiegen von 81 auf 95 %, der Anteil sank im Jahr 2010 erstmals auf nun 92 %. Den Daten der BNA kann auch die nach dem EEG mit einem KWK-Bonus vergütete Stromerzeugung entnommen werden. Auch diese ist sehr dynamisch in den betrachteten Jahren angestiegen: von 1,2 TWh im Jahr 2006 auf 9,3 TWh im Jahr 2009.

Tabelle 7-5 Nach dem EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse

Nach EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse	2006	2007	2008	2009	2010
	TWh_{el}				
Gesamt	10,4	15,9	19,1	23,0	25,1
davon mit KWK-Bonus	1,2	3,4	5,3	8,0	9,3

Quellen: BNA 2012; eigene Berechnungen Öko-Institut.

Die vergütete KWK-Stromerzeugung aus den BNA-Daten stellt somit einen ersten Wert für die Größenordnung der KWK-Stromerzeugung aus Biomasse dar. Da aber ein Teil der KWK-Stromerzeugung nicht nach dem EEG vergütet wird und weil die BNA-Daten nicht die gesamte Stromerzeugung aus Biomasse abdecken, musste eine geeignetes Verfahren entwickelt werden, um die biogene KWK-Stromerzeugung zu quantifizieren, die für die Ergänzung des KWK-Gesamtgerüstes berücksichtigt werden muss. Die Methodik für diese Abschätzung wird im folgenden Abschnitt erläutert. Seit dem KWK-Monitoringbericht 2009 erfolgt dabei eine differenzierte Berücksichtigung der Papier- und Zellstoffindustrie nach vergüteter und nicht-vergüteter Stromerzeugung (gesamt und KWK).

7.2.2 KWK-Stromerzeugung der Biomasse-Anlagen

Die Berechnungsmethodik gliedert sich in mehrere Schritte:

- Im ersten Schritt werden die Werte der AGEE-Stat um den Eigenbedarfsanteil korrigiert. (Abschnitt a).
- Anschließend wird die KWK-Stromerzeugung auf Basis dieser Werte mit Hilfe von KWK-Anteilen berechnet, die eine pauschale Größe zum Verhältnis der KWK-Stromerzeugung zur gesamten Stromerzeugung darstellen (b).
- Von dieser KWK-Stromerzeugung wird die der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft abgezogen, die in den Tabellen 066 und 067 des Statistischen Bundesamtes veröffentlicht ist. Damit wird eine konsistente Einbeziehung der KWK-Stromerzeugung nach der Statistik berücksichtigt. Der verbleibende Rest stellt die biogene KWK-Stromerzeugung der Anlagen außerhalb des Berichtskreises der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft dar (c).

a) Ermittlung der biogenen Netto-Stromerzeugung

Aus den Brutto-Werten der biogenen Stromerzeugung nach AGEE-Stat wird mit Hilfe prozentualer Eigenbedarfsanteile die Netto-Stromerzeugung berechnet. Dazu wird der gewichtete Eigenbedarfsanteil der allgemeinen Versorgung und der IKW aus den Daten des Statistischen Bundesamtes (Tabellen 066 und 067) getrennt nach den Energieträgern ermittelt. Die sich daraus ergebenden Eigenbedarfs-Anteile sind in Tabelle 7-6 dargestellt.

Tabelle 7-6: Eigenbedarfsanteile nach Energieträgern auf Basis der Statistiken 066 und 067

	2006	2007	2008	2009	2010
Eigenbedarfsanteil					
Feste Biomasse	10%	10%	10%	10%	10%
Flüssige Biomasse	11%	11%	12%	16%	16%
Biogas	9%	6%	11%	4%	4%
Deponiegas	4%	5%	4%	9%	11%
Klärgas	2%	4%	7%	8%	9%

Quellen: Statistisches Bundesamt (Tabellen 066 und 067), Berechnungen Öko-Institut.

Für die feste Biomasse liegt der Eigenbedarfsanteil konstant bei rund 10 %. Im Bereich der flüssigen Biomasse zeigt sich ein deutlicher Anstieg des Eigenbedarfs von dem Niveau von 11-12 % in den Jahren 2006 bis 2008 auf einen Wert von 16 % in den Jahren 2009 und 2010. Dieser Sprung beruht auf einer Umbuchung im Bereich der industriellen Stromerzeugung zwischen den Jahren 2008 und 2009: Während bis zum Jahr 2008 beim Statistischen Bundesamt Schwarzlauge als flüssige Biomasse kategorisiert wurde, wird diese seit 2009 wie bei der AGEE-Stat als feste Biomasse verbucht.

Der Eigenbedarfsanteil von Biogas schwankt erheblich und liegt mit 4% in den Jahren 2009 und 2010 sehr niedrig. Auch wenn bereits vereinzelt erste Anlagen in der Statistik für die Jahre 2009 und 2010 enthalten sein sollten, die mit Biomethan und somit mit sehr geringem Eigenbedarf betrieben werden, erscheint es zum einen aus quantitativen Gründen fragwürdig, dass der Eigenbedarfsanteil derart sinkt. Zum anderen wäre im Fall von Biomethananlagen dann auch der Eigenbedarf der entfernt stehenden Biogas-Anlagen geeignet zu berücksichtigen. Bei Deponie- und Klärgas zeigt sich ein steigender Trend der Eigenbedarfsanteile, der sich im Fall von Deponiegas mit im Zeitverlauf stärker ausgegasten Deponien erklären lässt, die höhere Hilfsstromaufwendungen erfordern (vgl. dazu die sinkende Stromerzeugung in Tabelle 7-4 und anschließende Erläuterung).

Hinsichtlich der Stromerzeugung aus Biogas, Deponie- und Klärgas sind die entsprechenden Werte in den Tabellen des Statistischen Bundesamtes sehr niedrig, so dass die empirische Basis als zu gering angesehen wird, als dass die einzelnen Werte zum Eigenbedarf und die Zeitreihen als ausreichend belastbar erscheinen. Deshalb wird für diese drei Brennstoffkategorien jeweils ein Durchschnittswert aus den Jahren 2006 bis 2010 verwendet, da es sich um Abschätzungen handelt, die auf eine deutlich größere

Grundgesamtheit angewendet werden. Für Biogas ergibt sich damit ein Wert von 6,8 %, der etwa dem Durchschnittswert von 7,8 % entspricht, der in DBFZ (2011) für Biogas-Anlagen angegeben wird.

Während für feste Biomasse zweifelsfrei der Durchschnittswert angesetzt werden kann, wird für flüssige Biomasse der Durchschnittswert der Jahre 2009 bis 2010 für die Berechnung der Netto-Stromerzeugung verwendet, um der unterschiedlichen Verbuchung der Schwarzlauge in den beiden Quellen Rechnung zu tragen.

Tabelle 7-7 Verwendete Eigenbedarfsanteile

	2006 - 2010
Verwendeter Eigenbedarfsanteil	
Feste Biomasse	10%
Flüssige Biomasse	16%
Biogas	7%
Deponiegas	6%
Klärgas	5%

Damit ändert sich die Netto-Stromerzeugung aus Biomasse im Gegensatz zum vorhergehenden Bericht in den Jahren 2006-2009 leicht (siehe dazu Abschnitt 8.5.3).

Unter Annahme der durchschnittlichen Eigenbedarfsanteile ergibt sich die biogene Nettostromerzeugung auf Basis der AGEE-Stat Daten, die in Tabelle 7-12 aufgeführt ist.

b) Ermittlung der biogenen KWK-Stromerzeugung

Die Berechnung der biogenen KWK-Stromerzeugung aus den Daten der AGEE-Stat erfolgt durch Multiplikation mit einem durchschnittlichen KWK-Anteil (Tabelle 7-11).

Für Deponie- und Klärgas wird für alle Jahre ein konstanter KWK-Anteil von 5 % bzw. 15 % verwendet, der in Anlehnung an IE (2004) ermittelt wurde. Die Anwendung eines KWK-Anteils auf Basis der EEG-Daten (BNA 2012) für die KWK-Stromerzeugung aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse, erfordert eine Aufteilung der Netto-Stromerzeugung nach AGEE-Stat in zwei Kategorien:

- Anlagen mit einer Inbetriebnahme ab 2004 (IBN ab 2004): Für diese Anlagen erfolgt eine Vergütung des KWK-Stroms nach dem EEG seit 2004. Damit lässt sich für diese Anlagen aus den Daten der BNA ein jährlicher durchschnittlicher KWK-Anteil aus dem Verhältnis der KWK-Stromerzeugung zu der gesamten Stromerzeugung dieser Anlagen ermitteln.
- Anlagen mit einer Inbetriebnahme bis Ende 2003 (IBN vor 2004): Für diese Anlagen wurde bis zur Novelle des EEG im Jahr 2009 keine KWK-Vergütung gewährt. Seit dem 1.1.2009 erhalten auch diese Anlagen unter bestimmten Voraussetzungen eine Vergütung der ohnehin erfolgenden KWK-Stromerzeugung innerhalb der Leistungszone bis 500 kW. Außerdem erhalten diese Anlagen seit 2009 wie alle Anlagen mit einer Inbetriebnahme vor 2009 eine Vergütung für erstmalig seit dem Jahr 2009 erzeugten KWK-Strom. Für den KWK-Anteil dieser Anlagen muss eine geeignete Abschätzung erfolgen.

Ermittlung der KWK-Anteile für die Stromerzeugung aus fester, gasförmiger und flüssiger Biomasse:

Den Daten der Bundesnetzagentur (BNA 2012) kann anlagenscharf die nach dem EEG vergütete Jahresnetzeinspeisung entnommen werden, zusammen mit den jeweiligen Vergütungsschlüsseln. Diese enthalten Informationen über den Vergütungsgrund sowie zusätzliche Boni in den jeweiligen Leistungszonen und das Inbetriebnahmejahr. Mit Hilfe dieser Vergütungsschlüssel ist damit auch die KWK-Stromerzeugung der Anlagen identifizierbar, die im Jahr 2010 nach fünf verschiedenen Bonus-Typen vergütet wird (KWK, K09, K10, KA3 und K).

Für biogen betriebene Anlagen erfolgt in den Daten der BNA (2012) keine weitere Untergliederung nach festen, flüssigen oder gasförmigen Energieträgern. Klär- und Deponiegas werden zusammen mit Grubengas berichtet, deren KWK-Stromerzeugung erhält jedoch nicht den KWK-Bonus im Rahmen des EEG und wird aus diesem Grund nicht ausgewiesen.

Bei den Daten der BNA handelt es sich um Brutto-Werte, da die gesamte biogene Stromerzeugung in das Netz eingespeist und vergütet wird, der Eigenstrombedarf jedoch aus dem Netz bezogen wird. In Tabelle 7-8 sind die aus den Daten der Bundesnetzagentur abgeleiteten Werte im Vergleich zu den Zahlen nach AGEE-Stat dargestellt sowie nach Inbetriebnahme-Gruppen unterteilt.

Tabelle 7-8: Vergleich der Daten nach AGEE-Stat und der Vergütung biogener Stromerzeugung nach dem EEG (brutto)

Strom aus Biomasse (fest+ flüssig+ gasförmig)	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
	TWh_{el}				
Nach AGEE-Stat	12,8	17,8	20,9	24,1	27,3
Vergütung nach dem EEG Bundesnetzagentur	10,4	15,9	19,1	23,0	25,1
davon					
IBN vor 2004	5,2	5,2	4,9	5,2	5,1
IBN ab 2004	5,3	10,7	14,1	17,7	20,0
KWK (IBN vor 2004)	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
KWK (IBN ab 2004)	1,2	3,4	5,3	7,8	9,0

Quellen: BMU 2012, Bundesnetzagentur 2012, Berechnungen Öko-Institut.

Wie oben schon beschrieben, nimmt die Differenz zwischen den Daten nach AGEE-Stat und der nach dem EEG vergüteten biogenen Stromerzeugung von 2,4 auf 1,1 TWh in den Jahren 2006 bis 2009 ab, wohingegen im Jahr 2010 die Differenz wieder auf 2,2 TWh ansteigt. Diese steigende Differenz kann mit der wirtschaftlichen Erholung nach dem Krisenjahr erklärt werden: Es kann angenommen werden, dass vor allem ein Teil der biogenen Stromerzeugung in der industriellen Kraftwirtschaft nicht durch das EEG vergütet wird und dieser durch die wirtschaftliche Erholung stärker gestiegen ist.

Im Jahr 2010 entfallen 20,0 TWh der gesamten biogenen Stromerzeugung auf Anlagen, die nach dem 1.1.2004 in Betrieb gegangen sind (siehe Tabelle 7-8). Die erstmalig im Jahr 2009 für KWK-Anlagen mit Inbetriebnahme vor 2004 vergütete KWK-

Stromerzeugung beträgt mit 0,3 TWh nur 3 % der gesamten vergüteten KWK-Stromerzeugung. Dieser Wert ist von 2009 auf 2010 nur um 0,05 TWh angestiegen.

Berücksichtigung der biogenen Stromerzeugung der Papier- und Zellstoff-Industrie

Die biogene Stromerzeugung der Papier- und Zellstoffindustrie umfasst etwa die Hälfte der gesamten biogenen Stromerzeugung der industriellen Kraftwirtschaft, und wird seit der EEG Novelle 2009 zu mehr als der Hälfte nach dem EEG vergütet. Damit kann dieser Sektor nicht mehr pauschal aus der Berechnung der KWK-Anteile ausgeschlossen werden. Mit der überarbeiteten Methodik erfolgt stattdessen eine Identifizierung der Papierwerke, die seit 2009 eine Vergütung nach dem EEG erhalten haben. Es handelt sich dabei um sieben Papierwerke (Rosenthal, Stendal, Stockstadt, Ehingen, Alfeld, Mannheim und Kehl), deren vergütete biogene Stromeinspeisung in der folgenden Tabelle dargestellt ist.

Tabelle 7-9 EEG-vergütete Stromeinspeisung sieben großer Papierwerke

Vergütete Stromerzeugung der sieben identifizierten Papierwerke	2006	2007	2008	2009	2010
	TWh_{el}				
Biogene Stromerzeugung	0,36	0,44	0,40	0,87	0,88
davon KWK-Strom	0,00	0,00	0,00	0,18	0,18

Quellen: 2007-2010: Daten der BNA 2012 und eigene Berechnungen des Öko-Instituts, 2006: Abschätzung des BDEW.

Die nicht vergütete Stromerzeugung der Papier und Zellstoffindustrie wird durch Abzug der vergüteten Stromeinspeisung nach Tabelle 7-9 von dem Wert der gesamten biogenen Stromerzeugung des Sektors nach der Tabelle 067 des statistischen Bundesamtes gewonnen. Diese nicht vergütete Stromerzeugung wird auf die Grundgesamtheit der Stromerzeugung nach BNA aufgeschlagen, wodurch sich die Differenz zu den Daten der AGEE von 2,2 auf 1,3 TWh (also von 8 auf 5 %) verringert. Ebenso wird mit der nicht vergüteten KWK-Stromerzeugung dieses Sektors verfahren, die ebenfalls auf die vergütete KWK-Stromerzeugung nach BNA aufgeschlagen wird. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in Tabelle 7-10 dargestellt. Die erforderliche Aufteilung in die beiden Jahrgangskategorien erfolgt mit Hilfe der Tatsache, dass nur ein Papierwerk (Stendal) in der Kategorie der Anlagen mit Inbetriebnahme nach dem 1.1.2004 zu finden ist und dessen gesamte biogene Stromerzeugung aus einer Eigenveröffentlichung des Werks entnommen werden kann[7].

[7] Daten zur Gesamtstromerzeugung: www.zellstoff-stendal.de

[8] Eine Änderung in der Nachkommstelle ergibt sich für das Jahr 2009 auf Grund einer leichten Ände-

Tabelle 7-10 Summen aus nach dem EEG vergüteter biogener Stromerzeugung und nicht vergüteter biogener Stromerzeugung der Papier- und Zellstoffindustrie

Nach EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse UND nicht vergütete biogene Stromerzeugung der Papier- und Zellstoffindustrie	2006	2007	2008	2009	2010
	TWh_{el}				
Gesamt	11,6	17,0	20,2	23,7	26,1
IBN vor 2004	*5,6*	*5,7*	*5,4*	*5,6*	*5,6*
IBN ab 2004	*5,9*	*11,4*	*14,8*	*18,1*	*20,4*
davon aus KWK	2,4	4,5	6,4	9,2	10,6
IBN vor 2004	*0,7*	*0,7*	*0,7*	*1,0*	*1,2*
IBN ab 2004	*1,7*	*3,9*	*5,8*	*8,2*	*9,4*

Quellen: BNA 2012, Statistisches Bundesamt (Tabelle 067), eigene Berechnungen des Öko-Instituts.

Die in Tabelle 7-10 dargestellte KWK-Stromerzeugung stellt somit das gesicherte Minimum der biogenen KWK-Stromerzeugung dar. Wegen der weiterhin bestehenden Differenz zu der biogenen Stromerzeugung nach AGEE-Stat sowie insbesondere weil die KWK-Stromerzeugung der Anlagen mit Inbetriebnahme vor 2004 bis zum Jahr 2009 nicht vergütet wurde, erfolgt nun die Abschätzung über die KWK-Anteile.

Für die Kategorie der Anlagen mit einer Inbetriebnahme ab 2004 wird die KWK-Stromerzeugung (vergütet und nicht vergütete der P&Z-Industrie) zu deren Gesamtstromerzeugung ins Verhältnis gesetzt. Es ergibt sich für 2010 ein nur leicht gegenüber dem Vorjahr gestiegener KWK-Anteil von 46 % (siehe Tabelle 7-11).

Für Anlagen mit Inbetriebnahme vor 2004 ergibt sich mit diesem Verfahren für das Jahr 2010 ein KWK-Anteil von 21 %, er ist damit, wie im KWK-Monitoringbericht 2009 erwartet, leicht gegenüber dem Vorjahr angestiegen (2009: 18%), da im Jahr 2009 erstmalig eine Vergütung dieser KWK-Stromerzeugung möglich war. Dennoch wird weiterhin für Biomasse-Anlagen mit einer Inbetriebnahme vor 2004 durchgängig ein KWK-Anteil von 25 % angesetzt: Zum einen, weil in der Leistungszone über 500 kW für ältere Anlagen ein KWK-Bonus nur gewährt wird, wenn seit 2009 erstmalig KWK-Strom erzeugt wurde. Zum anderen kann davon ausgegangen werden, dass für einige ältere Anlagen die Förderung der KWK-Stromerzeugung entweder aus Unkenntnis oder wegen formaler Hürden nicht beantragt wurde. Dieser KWK-Anteil von 25 % entspricht dem, der seit dem ersten KWK-Monitoringbericht verwendet wird und im KWK-Monitoring 2009 durch den Vergleich mit den vorliegenden statistischen Daten bestätigt werden konnte.

Tabelle 7-11: Verwendete KWK-Anteile der Stromerzeugung

KWK-Anteile	2006	2007	2008	2009	2010
Biomasse					
IBN vor 2004	25%	25%	25%	25%	25%
IBN ab 2004	29%	34%	39%	45%	46%
Deponiegas	5%	5%	5%	5%	5%
Klärgas	15%	15%	15%	15%	15%

Quellen: BNA 2012, Statistisches Bundesamt (Tabelle 066 und 067), eigene Berechnungen Öko-Institut.

Bei den neueren Biomasse-Anlagen ist ein stark steigender KWK-Anteil zu beobachten, der zwei Ursachen hat:

- Die KWK-Förderung im EEG erhöhte offenbar die Installation von KWK-Anlagen.
- Den Daten der Bundesnetzagentur kann entnommen werden, dass der KWK-Anteil der Anlagen eines Inbetriebnahmejahres zunächst einige Jahre lang steigt, bevor er konstant bleibt. Das liegt darin begründet, dass der Ausbau der Wärmenutzungsstrukturen oftmals erst nach der Installation der Anlage fertig gestellt wird.

Die oben dargestellten KWK-Anteile werden nun auf die biogene Netto-Stromerzeugung nach AGEE-Stat aufgeschlagen, um **alle** biogen betriebenen Anlagen zu berücksichtigen. Dazu wird die biogene Netto-Stromerzeugung nach AGEE-Stat auf die beiden Inbetriebnahmegruppen (IBN vor und ab 2004) aufgeteilt. Dazu wird das Verhältnis angesetzt, dass sich aus der detaillierten Aufgliederung nach Tabelle 7-10 ergibt. Damit ergibt sich die folgende gesamte biogene Netto-Stromerzeugung:

Tabelle 7-12 Biogene Netto-Stromerzeugung, abgeleitet aus AGEE-Stat

Biogene Nettostromerzeugung (aus AGEE-Stat-Daten)	2006	2007	2008	2009	2010
	TWh_{el}				
Gesamt	**13,5**	**18,0**	**20,8**	**23,7**	**26,6**
Biomasse[1]	11,6	16,1	19,0	21,9	25,0
IBN vor 2004	5,6	5,4	5,1	5,1	5,4
IBN ab 2004	5,9	10,7	13,9	16,8	19,6
Deponiegas	1,0	0,9	0,9	0,8	0,6
Klärgas	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0

[1] fest+flüssig+gasförmig

Quelle: BMU 2012, eigene Berechnungen Öko-Institut.

Die sich damit ermittelte gesamte biogene KWK-Stromerzeugung ist in Tabelle 7-13 dargestellt.

Tabelle 7-13: Biogene KWK-Stromerzeugung (netto), abgeleitet aus den Daten von AGEE-Stat

KWK-Stromerzeugung (AV+IKW+Anlagen außerhalb der Statistiken 066 und 067)	2006	2007	2008	2009	2010
	TWh_{el}				
Nach AGEE-Stat	**3,3**	**5,2**	**6,9**	**9,1**	**10,5**
Biomasse	3,2	5,0	6,7	8,9	10,4
davon					
IBN vor 2004	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4
IBN ab 2004	1,7	3,7	5,4	7,6	9,0
Deponiegas	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Klärgas	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2

Quellen: BMU 2012, eigene Berechnungen Öko-Institut.

Damit beträgt die gesamte biogene KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung, der industriellen Kraftwirtschaft und der kleinen privaten Anlagen im Jahr 2010 10,5 TWh, seit 2006 ist sie damit kontinuierlich angestiegen und hat sich damit mehr als verdreifacht.

c) Abzug der KWK-Stromerzeugung der Allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft

Von der KWK-Stromerzeugung nach AGEE-Stat (Tabelle 7-13) wird im nächsten Schritt die biogene KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft abgezogen. Diese Zahlen liegen seit 2003 in der Tabelle 066 und 067 des Statistischen Bundesamtes vor. Für den Bereich der allgemeinen Versorgung ist dabei bis zum Jahr 2007 auch die Stromerzeugung der „Sonstigen Erneuerbaren Energien“ aus Tabelle 066 zu berücksichtigen, die zu der der festen Biomasse addiert wird.

Nachdem die in der Statistik ausgewiesene KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft von der gesamten biogenen KWK-Stromerzeugung aus Tabelle 7-13 abgezogen wurde, ergibt sich daraus die KWK-Stromerzeugung aus Biomasseanlagen, die nicht in den Tabellen 066+067 des Statistischen Bundesamtes erfasst werden, dargestellt in Tabelle 7-14.

Tabelle 7-14: Biogene KWK-Stromerzeugung außerhalb der Statistiken 066 und 067 des Statistischen Bundesamtes

KWK-Stromerzeugung von Biomasse-Anlagen außerhalb der Statistiken 066 und 067	2006	2007	2008	2009	2010
	TWh_{el}				
AGEE-Stat, nach Abzug der AV und IKW	**0,5**	**2,5**	**4,0**	**5,5**	**6,6**
Biomasse	0,4	2,4	3,9	5,3	6,5
Deponiegas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Klärgas	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

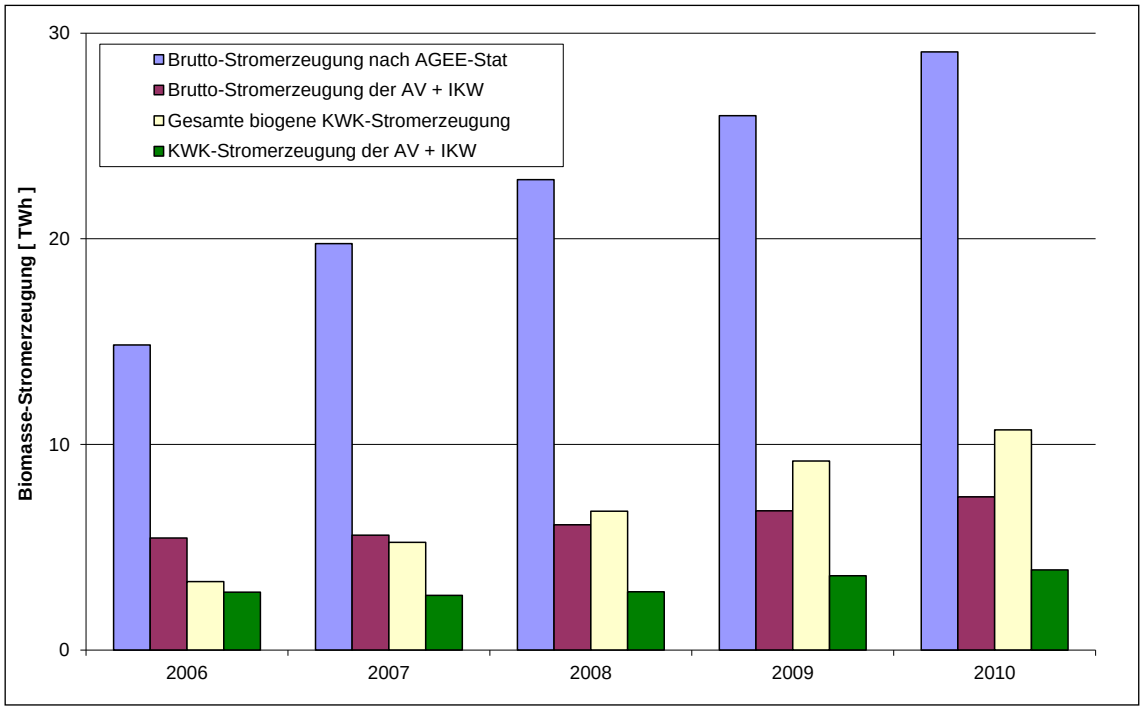
Quellen: Statistisches Bundesamt (Tabellen 066 und 077), BMU 2012, BNA 2012, eigene Berechnungen Öko-Institut[8].

Die KWK-Stromerzeugung aus Biomasse-Anlagen außerhalb der Statistiken 066 und 067 beträgt damit im Jahr 2010 6,5 TWh und ist somit seit dem Jahr 2006 sehr stark angestiegen, wobei die der Deponie- und Klärgasanlagen auf niedrigem Niveau verbleibt.

Die KWK-Stromerzeugung aus Biomasse steigt parallel zu dem allgemein starken Anstieg der Stromerzeugung aus Biomasse nach AGEE Stat. Dieser Zusammenhang ist in der folgenden Grafik veranschaulicht:

[8] Eine Änderung in der Nachkommstelle ergibt sich für das Jahr 2009 auf Grund einer leichten Änderung der angegebenen Gesamtstromerzeugung des Papierwerks Stendal für die Jahre 2007 bis 2009 auf der Homepage www.zellstoff-stendal.de .

Abbildung 7-3 Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse nach AGEE-Stat sowie der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft



Quellen: Statistisches Bundesamt (Tabellen 066 und 077), BMU 2012, BNA 2012, eigene Berechnungen Öko-Institut.

Deutlich zu erkennen ist, dass der größte Treiber der Anstieg der Brutto-Stromerzeugung nach AGEE-Stat ist. Während sich die Brutto-Stromerzeugung nach AGEE-Stat im betrachteten Zeitraum verdoppelte, stieg die der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft nach den Tabellen des Statistischen Bundesamtes nur um etwas mehr als ein Drittel. Die gesamte biogene KWK-Stromerzeugung hat sich in diesem Zeitraum mehr als verdreifacht. Da die in den Tabellen des StBA ausgewiesene KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft in den fünf Jahren nur um 38 % gestiegen ist, erhöhte sich die Differenz zwischen der gesamten biogenen Stromerzeugung stetig von 0,5 TWh im Jahr 2006 auf 6,8 TWh im Jahr 2010 (vgl. Tabelle 7-14).

Das Ergebnis zeigt, dass sich die Dynamik des Ausbaus der biogenen Stromerzeugung hauptsächlich außerhalb der statistischen Erfassung abspielt. Das hat auch seinen Grund darin, dass nicht alle Betreiber von Anlagen automatisch von der Berichtspflicht in Kenntnis gesetzt werden und damit die Erfassung der neuen größeren Biomasseanlagen mit einigen Megawatt installierter Leistung durch die statistischen Landesämter zeitlich verzögert ist. Deshalb kann nicht grundsätzlich darauf geschlossen werden, dass alle Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung im Jahr 2010 ausschließlich Anlagen mit einer installierte Leistungen unter einem Megawatt sind.

Es ist offensichtlich erforderlich, die biogene KWK-Stromerzeugung außerhalb der statistischen Erfassung zusätzlich im Gesamtgerüst zu berücksichtigen. Da die hier eingesetzten Energieträger als CO_2-neutral angesehen werden, ist eine nachträgliche Anpassung an das CO_2-Gesamtgerüst hingegen nicht erforderlich.

7.2.3 KWK-Wärmeerzeugung der Biomasse-Anlagen

Die KWK-Wärmeerzeugung wird auf Basis der KWK-Stromerzeugung mit Hilfe von durchschnittlichen Stromkennzahlen berechnet. Die hier zu Grunde liegenden Stromkennzahlen basieren auf über verschiedene Größenklassen gemittelten Werten von Referenzanlagen aus den Studien des Instituts für Energetik und Umwelt (2004) (mit Prognos 2006), des DBFZ (2009) und Arbeiten des ZSW (unveröffentlicht) für die verschiedenen biogenen Energieträger.

Sie betragen wie im vorhergehenden Monitoringbericht 0,39 für feste Biomasse, 0,91 für flüssige, 0,61 für Deponie- und 0,6 für Klärgas. Der im Vorjahr verwendete Wert von 0,68 für Biogas erscheint in Anbetracht der Arbeiten des ZSW, die bei der AG Wärme vorgestellt wurden, überarbeitungswürdig: Im Rahmen der Arbeiten für die AGEE-Stat erfolgte eine detaillierte Analyse von Anlagendaten, in deren Ergebnis die Stromkennzahlen in Abhängigkeit von der elektrischen Anlagenleistung dargestellt wurden. Während sich damit für feste und flüssige Biomasse-Anlagen die oben genannten Stromkennzahlen als geeignete Mittelwerte bestätigen lassen, erscheint der gewählte Wert für Biogas-Anlagen eher dem von Anlagen unter 100 kW zu entsprechen, für größere Anlagen (100 - 2500 kW) liegen die Werte in einem recht stabilen Band von 0,8 bis 1 und entsprechen damit der allgemeinen Einschätzung von Experten. Da derzeit keine aktuelle Untersuchung zu durchschnittlichen Stromkennzahlen vorliegt, wird die Stromkennzahl verwendet, die sich aus den statistischen Daten für allgemeine Versorgung (Tab 066) im Jahr 2010 ergibt: Mit 0,83 liegt sie am unteren Rand der Analyse des ZSW für Anlagen über 100 kW.

Da die außerstatistische KWK-Wärmeerzeugung nach Tabelle 7-14 nicht in die einzelnen Biomasse-Energieträger aufgeschlüsselt vorliegt (fest, flüssig, gasförmig), ist im Folgenden eine Abschätzung der Aufteilung der KWK-Stromerzeugung aus Biomasse erforderlich. Auch für diese lassen sich vergleichend die Ergebnisse von UBA/ZSW im Rahmen der Arbeiten der AGEE-Stat heranziehen (bislang unveröffentlicht): Mit einer detaillierten Analyse der BNA-Daten zur EEG-vergüteten biogenen Stromerzeugung 2009 wurden die nach dem EEG geförderten Biomasse-Anlagen in die drei verschiedenen Energieträgern unterteilt. So ergeben sich KWK-Anteile von 0,20; 0,78 und 0,38 für feste, flüssige und gasförmige Energieträger. Diese Werte spiegeln jedoch nur die Verhältnisse für die nach dem EEG geförderten Anlagen im Jahr 2009 wieder. Da die hier ermittelte biogene KWK-Stromerzeugung auch Anlagen umfasst, die nicht nach dem EEG-gefördert werden und nicht in der Statistik enthalten sind, können diese Zahlen nicht direkt übernommen werden. Sie wurden jedoch als Stützwerte verwendet für die Größenordnung, anschließend wurden die Werte jährlich nach dem folgenden Verfahren kalibriert:

Ausgehend von der biogenen Brutto-Stromerzeugung, die sich nach Abzug der in der amtlichen Statistik erfassten Werte von denen aus BMU (2012) ergibt[9], wurden unter Verwendung der oben genannten Eigenbedarfsanteile (Tabelle 7-7) die KWK-Anteile dementsprechend kalibriert, dass die summierte KWK aus Biomasse dem Wert in Tabelle 7-14 entspricht.

Tabelle 7-15 Ermittlung der KWK-Wärmeerzeugung aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse außerhalb der Statistiken 066 und 067

	2006	2007	2008	2009	2010
			TWh_{el}		
Biogene brutto-Stromerzeugung nach AGEE-Stat abzgl. der AV und IKW	**8,0**	**12,4**	**15,0**	**17,5**	**20,0**
Feste Biomasse	4,4	5,5	6,3	5,4	4,7
Flüssige Biomasse	0,3	0,7	0,7	1,5	1,2
Biogas	3,3	6,3	8,0	10,6	14,2
Durchschnittlicher KWK-Anteil pro Energieträger					
Feste Biomasse	0,05	0,13	0,16	0,20	0,20
Flüssige Biomasse	0,30	0,50	0,67	0,70	0,70
Biogas	0,05	0,25	0,35	0,35	0,38
KWK-Stromerzeugung (außerstatistisch)	**0,4**	**2,4**	**3,9**	**5,3**	**6,5**
Feste Biomasse	0,20	0,64	0,91	0,98	0,84
Flüssige Biomasse	0,08	0,28	0,39	0,90	0,71
Biogas	0,15	1,46	2,61	3,44	4,97
			TWh_{th}		
KWK-Wärmeerzeugung (außerstatistisch)	**0,8**	**3,7**	**5,9**	**7,6**	**8,9**
Feste Biomasse	0,51	1,64	2,34	2,51	2,15
Flüssige Biomasse	0,08	0,31	0,43	0,99	0,78
Biogas	0,18	1,76	3,15	4,15	5,99
			-		
Durschnittliche Stromkennzahl für Biomasse	0,55	0,64	0,66	0,70	0,73

Quellen: BMU 2012, Statistisches Bundesamt (Tab 066+067), IE 2004, IE/Prognos 2006, DBFZ 2009, Abschätzungen Öko-Institut, eigene Berechnungen.

Die sich damit ergebenden durchschnittlichen jährlichen Stromkennzahlen zeigen einen stetig steigenden Trend. Sie liegen vor allem durch die vorgenommene Erhöhung der Stromkennzahl für Biogas-Anlagen etwas über den Werten des KWK-Monitoringberichts 2009, wodurch sich eine leicht niedrigere Wärmeerzeugung ergibt.

Durch Division der KWK-Stromerzeugung außerhalb der Statistiken 066 und 067 aus Deponie- und Klärgas durch die Stromkennzahl ergibt sich die KWK-Wärmerzeugung für diese Energieträger. In Tabelle 7-16 ist die gesamte KWK-Wärmeerzeugung biogener KWK-Anlagen, die nicht durch die Statistiken 066 und 067 erfasst werden, zusammenfassend dargestellt.

[9] Bei diesem Abzugsverfahren wurde der Anteil der Schwarzlauge in der industriellen Statistik in den Jahren 2006-2008 geschätzt und von flüssige auf feste Biomasse umgebucht.

Tabelle 7-16: KWK-Wärmeerzeugung von Biomasse-Anlagen außerhalb der Statistiken 066 und 067

	2006	2007	2008	2009	2010
	PJ				
Wärmeerzeugung biogener Anlagen außerhalb der stat. Erfassung	**3,4**	**14,2**	**21,9**	**28,3**	**32,9**
Biomasse	2,7	13,5	21,2	27,5	32,1
Deponiegas	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Klärgas	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7

Quellen: BNA 2012, BMU 2012, Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen Öko-Institut.

Im Jahr 2010 ergibt sich damit eine gesamte KWK-Wärmeerzeugung der nicht in den Statistiken 066 und 067 erfassten Anlagen von rund 33 PJ.

Im Vergleich zum vorhergehenden Monitoringbericht ist die KWK-Wärmeerzeugung in den Jahren 2006-2009 durch die etwas geringere KWK-Stromerzeugung und die überarbeitete Stromkennzahl für Biogas etwas gesunken, in Abschnitt 8.5.3 sind die Differenzen detailliert dargestellt.

Die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung (Tabelle 7-14 und Tabelle 7-16) ab dem Jahr 2006 gehen direkt als zusätzliche KWK-Erzeugung aus statistisch nicht erfassten Biomasse-Anlagen in das Gesamtgerüst ein (Kapitel 8).

8 Zusammenführung der Einzelergebnisse

8.1 Vorbemerkungen

Für die Zusammenführung der angepassten Einzelergebnisse der Monitoringberichte der Verbände sowie der statistisch nicht erfassten Biomasse-KWK-Anlagen und fossilen BHKW müssen zunächst die Zahlengerüste in Bezug auf KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie Brennstoffeinsatz harmonisiert werden. In einem zweiten Schritt müssen CO_2-Emissionsfaktoren einheitlich angewandt und die entstehenden Emissionen einem einheitlichen Referenzsystem gegenübergestellt werden. Alle Ergebnisse werden bezogen auf die Netto-Strom- und -Wärmeerzeugung dargestellt.

8.2 Strom- und Wärmeerzeugung

Die Zusammenführung der Zahlengerüste der allgemeinen Versorgung (BDEW und VKU) sowie die Ermittlung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung der industriellen Kraftwirtschaft im Jahr 1998 wurden im ersten KWK-Monitoringbericht abgeleitet und können diesem entnommen werden. Für die Jahre 2003 bis 2010 kann die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung der öffentlichen Versorgung bzw. der industriellen Kraftwirtschaft direkt der amtlichen Statistik (Tabelle 066 bzw. 067) entnommen werden.

Für fossil betriebene BHKW wird für alle Jahre diejenige Strom- und Wärmemenge hinzugerechnet, die nicht bereits durch die Monitoringberichte der Verbände abgedeckt wurde. Hierbei handelt es sich im Basisjahr um die nicht von EVU oder Industrieunternehmen betriebenen BHKW (Tabelle A- 2). Für die Jahre 2003 bis 2010 werden zum Gesamtgerüst diejenigen fossilen BHKW hinzuaddiert, die eine installierte Leistung kleiner einem Megawatt aufweisen (Tabelle 7-2). Damit unterscheidet sich der Zuschnitt der zusätzlich zu addierenden fossil betriebenen BHKW zwischen 1998 und der Zeitreihe 2003 bis 2010.

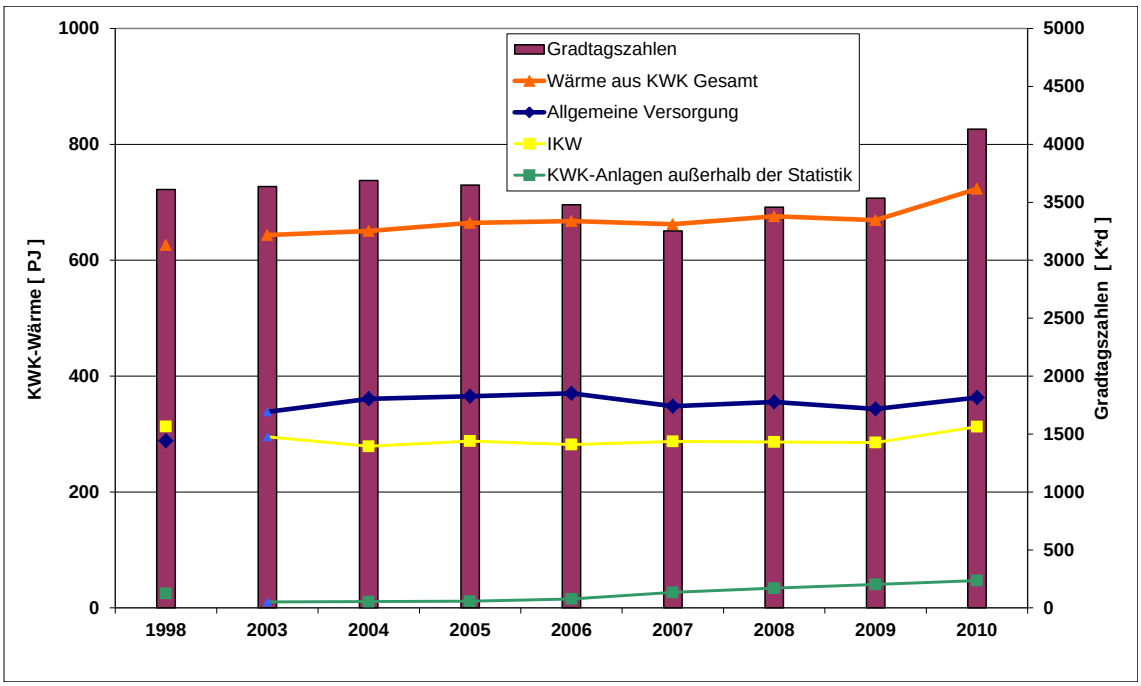
Zusätzliche nicht erfasste KWK-Strom- und Wärmeerzeugung aus biogen betriebenen KWK-Anlagen ist ab dem Jahr 2006 relevant und kann Tabelle 7-14 und Tabelle 7-16 entnommen werden.

8.2.1 Exkurs zum Einfluss der Gradtagszahlen auf die Wärmeerzeugung von KWK-Anlagen

Bei den Diskussionen zum KWK-Monitoring wurde öfter die Frage aufgeworfen, in wie weit die Erzeugung von KWK-Wärme der allgemeinen Versorgung, die ja hauptsächlich Heizzwecken dient, unter dem Einfluss der jährlichen mittleren Temperaturen stehen könnte. Dieser Frage soll an dieser Stelle nachgegangen werden, wobei das Ergebnis nur einen informatorischen Wert hat, da im Rahmen des Monitorings grundsätzlich keine Korrektur der KWK-Erzeugung auf Grund externer Parameter stattfindet.

Die Temperatureinflüsse werden auf der Basis von Gradtagzahlen ermittelt, die ein Maß für die temperaturbedingten Witterungseinflüsse darstellen. Sie sind definiert als Summe über die Differenzen zwischen einer festgelegten Raumtemperatur (hier Innentemperatur: 20 °C) und dem Tagesmittel der (Außen-) Lufttemperatur (Heizgrenztemperatur: 15 °C). In Abbildung 8-1 sind die Gradtagszahlen seit dem Jahr 1998 im Vergleich zu der KWK-Wärmeerzeugung aufgetragen.

Abbildung 8-1 Gradtagszahlen und KWK-Wärmeerzeugung



Quellen: DWD 2011, StBA (Tabelle 066 und 067), Berechnungen Öko-Institut.

Die Gradtagszahlen liegen im betrachteten Zeitraum im Mittel bei rund 3550 Kd, mit einem Minimum im Jahr 2007 und einem deutlichen Maximum im Jahr 2010, mit einem Anstieg um 14 % im gegenüber dem Vorjahr. Die gesamte KWK-Wärmeerzeugung ist im betrachteten Zeitraum bis 2009 Jahre relativ konstant geblieben bei rund 650 PJ, nur im Jahr 2010 ist ein deutlicher Anstieg um 8 % gegenüber 2009 zu beobachten.

Es wäre anzunehmen, dass besonders die KWK-Wärme der allgemeinen Versorgung in Bezug zur Gradtagszahl stehen könnte. Bis zum Jahr 2006 steigt diese jedoch an, obwohl die Gradtagszahlen von 2004 bis 2007 stetig gesunken sind. Der Anstieg der Gradtagszahlen im Jahr 2008 zeichnet sich nur leicht in der KWK-Wärme der allgemeinen Versorgung ab, im Jahr 2009 ist wieder ein gegenläufiger Trend zu beobachten. Bei einem Anstieg der Gradtagezahlen von 2009 auf 2010 von 14 % ist die KWK-Wärmeerzeugung der allgemeinen Versorgung schließlich nur um 6 % gestiegen.

Die KWK-Wärmeerzeugung der IKW wird grundsätzlich eher als abhängig von der wirtschaftlichen Situation und nicht von der Gradtagszahl angesehen. Sie ist über den Zeitraum eher konstant geblieben mit einem deutlichen Anstieg um 10 % von 2009 auf 2010, parallel zur wirtschaftlichen Erholung nach den Krisenjahren. Der größte prozentuale Anstieg der KWK-Wärmeerzeugung im gesamten Zeitraum sowie von 2009 auf 2010 ist im Bereich der KWK-Anlagen außerhalb der Statistik zu verzeichnen, die kontinuierlich parallel zu deren Ausbau über den gesamten Zeitraum angestiegen ist.

Grundsätzlich lässt sich an Hand dieses Bildes feststellen, dass kein direkter Einfluss der Gradtagszahlen auf die Wärmeerzeugung durch KWK-Anlagen zu verzeichnen ist.

8.3 CO_2-Emissionsfaktoren

8.3.1 Vorbemerkungen

Zur Ermittlung der CO2-Emissionen der KWK-Anlagen werden die Brennstoffeinsätze mit entsprechenden CO2-Emissionsfaktoren multipliziert. In den KWK-Monitoringberichten der einzelnen Verbände wurden zum Teil unterschiedliche Emissionsfaktoren verwendet. Zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit der Monitoringberichte werden die verwendeten CO_2-Emissionsfaktoren harmonisiert. Basis der Berechnungen sind die CO_2-Emissionsfaktoren, wie sie im RWI-Monitoringbericht 2005-2008 (RWI 2010) enthalten sind. Die Emissionsfaktoren werden über den gesamten Betrachtungszeitraum nicht verändert. Eine Übersicht über die Emissionsfaktoren kann Tabelle A- 1 im Anhang entnommen werden.

Für einige Brennstoffe sind im RWI-Monitoringbericht (2011) keine Emissionsfaktoren aufgeführt. Entsprechende Werte wurden im ersten KWK-Monitoringbericht abgeleitet und können diesem entnommen werden. In den folgenden Abschnitten werden lediglich diejenigen Emissionsfaktoren aufgeführt, die im Rahmen dieses Monitorings zusätzlich abgeleitet werden.

8.3.2 Abfall (Allgemeine Versorgung, Zeitreihe)

Die Brennstoffkategorie „Abfall“ ist im Bereich der allgemeinen Versorgung seit 2009 aufgeteilt in die Kategorien „Industrie Abfall“ und „Abfall (Hausmüll, Siedlungsabfall)“, seit dem KWK Monitoring 2010 werden den beiden Kategorien auch unterschiedliche Emissionsfaktoren zugewiesen.

Im BDEW-Monitoringbericht wurde für die gesamte Zeitreihe ein Emissionsfaktor von 0,046 t CO_2/GJ angesetzt für die Kategorie „Abfall (Hausmüll, Siedlungsabfall)“, womit ein 50 %iger biogener Anteil unterstellt wird. Für die Kategorie „Industrie Abfall“ wurde ein Emissionsfaktor von 0,041 t CO_2/GJ verwendet, der auf einer Herleitung des BDEW basiert.

Im VKU-Monitoringbericht wurde im Rahmen der Überarbeitung der verwendeten Emissionsfaktoren ein dem Vorgehen im KWK-Monitoring angepasster Emissionsfaktor von 0,051 t CO_2/GJ angesetzt.

Hausmüll/Siedlungsabfall (allgemeine Versorgung)

Im Rahmen des Gesamtgerüstes für den KWK-Monitoringbericht wird der CO_2-Emissionsfaktor für Hausmüll/Siedlungsabfall aus den dem Nationalen Inventarbericht zugrunde liegenden Inventardaten abgeleitet, der sowohl die fossilen wie auch die biogenen Müllbestandteile berücksichtigt. Über die Auswertung der entsprechenden Emissionsdaten wurde der CO_2-Emissionsfaktor mit 0,0468 t CO_2/GJ für 1998 bestimmt, in den folgenden Jahren nimmt er leicht ab (im Anhang 4).

Den Inventardaten lässt sich entnehmen, dass bis zum Jahr 2008 ein hälftiger Anteil an biogenem Müll angesetzt wurde. Seit dem Jahr 2003 ist der biogene Anteil etwas nied-

riger: In den Jahren 2009 und 2020 liegt er nur noch bei 44 %, wodurch der Emissionsfaktor auf 0,051 t CO_2/GJ anstieg.

Für die Jahre 2003 bis 2009 ergab sich eine Rekalkulation der Inventardaten: während sich für die Berechnung des KWK Monitorings 2009 eine durchgehend hälftige Aufteilung der biogenen und fossilen Anteile bis zum Jahr 2004 aus den Daten des ZSE ergab, änderte sich diese nun schon ab dem Jahr 2003. Auch die Höhe der biogenen Anteile änderte sich (vor allem in den Jahren 2003-2008). Damit ergeben sich leicht korrigierte Emissionsfaktoren, die für das Monitoring 2010 für diese Kategorie für die allgemeine Versorgung verwendet werden.

Industrie Abfall – Allgemeine Versorgung

Zur Ermittlung des Emissionsfaktors für „Industrie Abfall“ für die allgemeine Versorgung gibt es noch keine Methodik in der Inventarberechnung, der hier gefolgt werden kann: Für die deutsche Inventarberichterstattung (UBA 2012) wurde der Industrieabfall in diesem Bereich nicht getrennt vom Hausmüll berechnet, damit wird er gleichfalls mit einem hälftigen Ansatz für den biogenen Anteil beaufschlagt. Laut Informationen des Umweltbundesamtes ist geplant, den Industrieabfall im nächsten Jahr getrennt auszuweisen. Zwischenergebnisse, die hier verwendet werden könnten sind noch nicht verfügbar[10].

Die Gutachter folgen deshalb der Herleitung des BDEW nach der Überarbeitung des BDEW-Monitoringberichts, die nach der Stellungnahme der Gutachter (siehe Anhang 3) erfolgte. Damit wird hier die grundsätzliche Ableitung über die Umfrageergebnisse übernommen, womit ein Emissionsfaktor von 40,7 t CO_2/TJ für die Kategorie „Industrie Abfall“ im Bereich der allgemeinen Versorgung angesetzt wird. Der Herleitung des Emissionsfaktors über die einzelnen Brennstoffkategorien ist in der folgenden Tabelle dargestellt:

[10] Information von Frau Juhrich, Umweltbundesamt, per Email vom 11.04.2012

Tabelle 8-1 Herleitung des Emissionsfaktors für Industriemüll

Abfallkategorien	Brennstoffeinsatz	Biogener Anteil	EF	CO_2-Emissionen
	TJ	%	t CO_2/TJ	t CO_2
Ölschlamm	365	0	84,0	30.660
Deinking-Faserschlamm (Faser/Deinking-Rückstände)	1.766	60	54,9	38.781
Gewerbeabfall (Kunststoff)	641	0	83,1	53.267
Gewerbeabfall (Verpackungen)	450	40	56,9	15.363
Gewerbeabfall (sonstiger-BPG)	1.635	25,3	68,1	83.174
Siedlungsabfall aufbereitet (Brennstoff aus Abfällen /SBS, EBS)	6.835	50	59,8	204.367
Siedlungsabfall aufbereitet (brennbare Abfälle / Sortierreste)	10.038	50	91,5	459.239
Gesamt	21.730	46	40,7	884.850

Quelle: BDEW-Monitoringbericht; eigene Berechnungen Öko-Institut.

Die sich damit ergebende Neuberechnung gegenüber dem vorigen Bericht, in dem ein Emissionsfaktor von 51 t CO_2/TJ verwendet wurde, ist in Kapitel 8.5.1 dargestellt.

8.3.3 Abfall (Industrielle Kraftwirtschaft, Zeitreihe)

Die Brennstoffkategorie „Abfall“ ist im Bereich der industriellen Kraftwirtschaft seit dem Jahr 2008 aufgeteilt in die Kategorien „Industrie Abfall“ und „Abfall (Hausmüll, Siedlungsabfall)“, seit dem KWK Monitoring 2010 werden den beiden Kategorien auch unterschiedliche Emissionsfaktoren zugewiesen.

Im Monitoringbericht des VIK wurde ein Emissionsfaktor für „Abfall (Hausmüll, Siedlungsabfall)“ von 35 t CO_2/TJ und für „Industrie Abfall“ mit 75 t CO_2/TJ angesetzt.

Hausmüll/Siedlungsabfall (industrielle Kraftwirtschaft)

Für die Berechnung der Emissionsinventare (UBA 2012) wird bei Industriekraftwerken ausschließlich der Einsatz von Industriemüll angenommen.

Im Bereich der industriellen Kraftwirtschaft wird deshalb angenommen, dass der biogene Anteil in dieser Kategorie nicht vergleichbar ist mit dem bei der allgemeinen Versorgung. Somit wird hier pauschal der Wert für Hausmüll/Siedlungsabfall von 91,5 t CO_2/GJ aus dem Nationalen Inventarbericht (UBA 2012) angesetzt, ohne biogene Anteile.

Industriemüll – Industrielle Kraftwirtschaft

Aus den Inventarberechnungen ergibt sich für diese Kategorie ein Emissionsfaktor von etwa 39 t CO_2/TJ bei einem hälftigen biogenen Anteil. Die Zeitreihe dazu wurde aus dem ZSE ausgelesen und für die Kategorie „Industrie Abfall“ der industriellen Kraftwirtschaft übernommen (s. Tabelle A- 1).

8.3.4 Sonstige Gase (Industrielle Kraftwirtschaft, Zeitreihe)

Die Ableitung eines CO_2-Emissionsfaktors für „sonstige Gase“ ist notwendig zur Berechnung der CO_2-Emissionen im Bereich der industriellen Kraftwirtschaft für alle Berichtsjahre. Im VIK-Monitoringbericht wird der im vorherigen Monitoringbericht seitens des Gutachters für das Jahr 2008 abgeleitete Emissionsfaktor von 0,059 t CO_2/GJ angesetzt. Im Rahmen dieses Monitoringberichts wird der Emissionsfaktor für die Jahre 2009 und 2010 aktualisiert.

Die Methodik entspricht den vorherigen Monitoringberichten. Der abgeleitete CO_2-Emissionsfaktor für „sonstige Gase“ beträgt demnach 0,059 t CO_2/GJ für 1998 und bleibt im Zeitverlauf weitestgehend konstant. Tabelle 8-2 stellt die Ableitung für 1998 und 2009 dar, Tabelle A- 1 im Anhang enthält die vollständige Zeitreihe. Der Wert für 2010 wurde vom Jahr 2009 übernommen, da die Energiebilanz zurzeit noch nicht für das Jahr 2010 vorliegt.

Tabelle 8-2: Ableitung des CO_2-Emissionsfaktors für „Sonstige Gase", 1998, 2009

	1998	2009	Klassifizierung	Emissionsfaktor		1998	2009
Gase	Brennstoffeinsatz (TJ)				t CO_2/GJ	CO_2-Emissionen (t CO_2)	
Flüssiggas	3.639	3.354	Sonstige Gase	Flüssiggas (RWI)	0,065	236.535	218.010
Raffineriegas	8.980	6.822	Sonstige Gase	Raffineriegas (RWI)	0,060	538.800	409.320
Kokerei- u. Stadtgas	14.443	9.229	Kokereigas	Kokereigas (RWI)	0,044	635.492	406.056
Gichtgas u. Konvertergas	44.545	29.209	Gichtgas	Gichtgas (RWI)	0,105	4.677.225	3.066.894
Naturgase, Erdgas, Erdölgas	123.263	135.999	Erdgas	Erdgas (RWI)	0,056	6.902.728	7.615.944
Grubengas	5.998	2.465	Sonstige Gase	Grubengas (RWI)	0,054	323.892	133.102
Summe	200.868	187.077					
Summe sonstige Gase	18.617	12.641	CO_2-Emissionsfaktor (t CO_2/GJ)			0,0590	0,060

Quelle: Energiebilanz (Zeile 12), RWI-Monitoringbericht 2011, Annahmen und Berechnungen Öko-Institut.

8.3.5 Sonstige (Industrielle Kraftwirtschaft, Zeitreihe)

Die Ableitung eines CO_2-Emissionsfaktors für „Sonstige" ist notwendig zur Berechnung der CO_2-Emissionen im Bereich der industriellen Kraftwirtschaft. Es handelt sich dabei um eine Sammelgröße, deren Emissionsfaktor deshalb prinzipiell nur abgeschätzt werden kann. „Sonstige" enthält verschiedenste Energieträger, unter anderem auch Abwärme. Im aktuellen VIK-Monitoringbericht wird ein Wert von 75 t CO_2/TJ vorgeschlagen, der nicht durch Quellen oder Erläuterungen hinterlegt wurde.

Durch die erstmalige Verwendung der detaillierten Statistik der industriellen Kraftwirtschaft des Statistischen Bundesamtes konnte der Anteil der „Sonstigen Energieträger" im Vergleich zum Vorjahr erheblich reduziert werden. Während im KWK-Monitoring 2009 durch die Verwendung der Daten der Fachserie 4, Reihe 6.4 fast 23 % des gesamten KWK-Brennstoffeinsatzes nicht genauer identifiziert werden konnte, reduziert sich der Anteil dieser Kategorie unter Verwendung der detaillierten Statistik auf knapp 3 % (siehe dazu 8.5). Wegen des geringen Prozentsatzes und der unbekannten Zusammensetzung erfolgt deshalb keine Ableitung des Emissionsfaktors mehr, sondern es wird pauschal der Wert für Industriemüll von 71 t CO_2/TJ aus dem Inventarbericht (UBA 2012) verwendet.

8.4 CO_2-Emissionen

Die CO_2-Emissionen der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft im Jahr 1998 wurden im ersten KWK-Monitoringbericht abgeleitet und können diesem entnommen werden. Für die Jahre 2003 bis 2010 werden diese über den Brennstoffeinsatz aus den amtlichen Statistiken (Tabelle 066 bzw. 067) und den in Abschnitt 8.3 aufgeführten Emissionsfaktoren berechnet.

Die CO_2-Emissionen nicht erfasster fossiler BHKW werden unter Berücksichtigung des Einsatzes von Erdgas und leichtem Heizöl ermittelt (Abschnitt 7.1).

8.5 Rekalkulationen gegenüber dem Monitoringbericht 2009

8.5.1 CO_2-Emissionen aus Abfall-Energieträgern der allgemeinen Versorgung

Durch die in Abschnitt 8.3.2 erfolgte Verwendung von aktualisierten bzw. neu ermittelten Emissionsfaktoren für den Abfallbereich, ergeben sich leichte Änderungen gegenüber dem Monitoringbericht 2009 in Bezug auf die Emissionen aus der allgemeinen Versorgung. Die Änderungen sind nach Energieträgern aufgeführt in der folgenden Tabelle („Sonstige Energieträger“ werden generell mit dem Emissionsfaktor für Haus- und Siedlungsabfall beaufschlagt):

Tabelle 8-3 Rekalkulation der CO_2-Emissionen der allgemeinen Versorgung (2003- 2009)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	Mio t. CO_2						
CO_2-Emissionen							
KWK-Monitoring 2009	51,8	53,4	51,1	49,7	46,4	48,5	47,6
KWK-Monitoring 2010	51,9	53,5	51,3	49,9	46,7	48,7	47,5
Differenzen Moitoringbericht 2010 zu 2009	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	-0,1
aus							
Hausmüll /Siedlungsabfall							
KWK-Monitoring 2009	1,6	1,6	2,5	2,6	2,8	3,2	3,5
KWK-Monitoring 2010	1,7	1,6	2,7	2,8	3,1	3,4	3,5
Industrie-Abfall							
KWK-Monitoring 2009							0,5
KWK-Monitoring 2010							0,4
Sonstige Energieträger							
KWK-Monitoring 2009	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
KWK-Monitoring 2010	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2

Quellen: Statistisches Bundesamt: Fachserie 4, Reihe 6.4 und Tabelle 067 (detailliert), Öko-Institut 2011, Berechnungen Öko-Institut.

Insgesamt ergeben sich geringfügige Änderungen über die gesamte Zeitreihe, wobei sich leicht höhere Emissionen zwischen 2003 und 2008 ergeben und um 0,1 Mio. t CO_2 niedrigere im Jahr 2009.

8.5.2 CO_2-Emissionen der industriellen Kraftwirtschaft

Für diesen letzten Monitoringbericht wurde durch das Statistische Bundesamt die detaillierte Aufschlüsselung der Brennstoffeinsätze im Bereich der industriellen Kraftwirtschaft von 2003 bis 2010 zur Verfügung gestellt. Bei den bisher verwendeten öffentlich verfügbaren Daten der Fachserie 4, Reihe 6.4 war der Anteil der „Sonstigen Energieträger“ sehr hoch, so betrug er im Jahr 2009 knapp 23 %. Für diesen großen Anteil wurde in den vorhergehenden Monitoringberichten jeweils ein jährlich neu abgeschätzter Emissionsfaktor angesetzt. Durch die Verwendung der detaillierten Energieträger-

Aufschlüsselung ist der Anteil der „Sonstigen Energieträger“ auf knapp 3 % gesunken. Für die folgenden Energieträger konnten deshalb nun weitgehend analog zu dem Vorgehen bei der allgemeinen Versorgung Emissionsfaktoren verwendet werden:

- Dieselkraftstoff
- Flüssiggas
- Raffineriegas
- Andere Mineralölprodukte
- Feste, flüssige und gasförmige biogene Stoffe
- Klärgas
- Klärschlamm
- Grubengas
- Industrie Abfall (EF siehe Abschnitt 8.3.3)
- Abfall (Hausmüll / Siedlungsabfall) (EF siehe Abschnitt 8.3.3)
- Sonstige Energieträger (EF siehe Abschnitt 8.3.5).

So ergeben sich für das Jahr 2009 CO_2-Emissionen von 3,8 statt 4,7 Mio. t CO_2 durch den Einsatz „Sonstiger Brennstoffe“. Auch durch die nun mögliche Aufschlüsselung in verschiedene Braunkohletypen wird eine genauere Bestimmung der CO_2-Emissionen durch Braunkohle möglich, so ergeben sich diesbezüglich für das Jahr 2009 CO_2-Emissionen von 3,6 statt 3,7 Mio. t CO_2. Die Rekalkulationen der Zeitreihe sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 8-4 Rekalkulation der CO_2-Emissionen der industriellen Kraftwirtschaft (2003- 2009)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	Mio t. CO_2						
CO_2-Emissionen							
KWK-Monitoring 2009	31,0	29,3	30,6	30,3	30,2	30,1	30,1
KWK-Monitoring 2010	30,5	28,9	29,8	29,6	29,5	29,1	29,1
Differenzen Moitoringbericht 2010 zu 2009	-0,5	-0,4	-0,8	-0,7	-0,7	-1,0	-1,0
hauptsächlich aus							
Braunkohle	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
KWK-Monitoring 2009	3,6	3,7	3,9	3,9	3,9	4,0	3,7
KWK-Monitoring 2010	3,5	3,6	3,8	3,8	3,7	3,8	3,6
Sonstige Energieträger	-0,4	-0,3	-0,8	-0,5	-0,6	-0,8	-0,9
KWK-Monitoring 2009	5,2	4,7	5,4	5,2	5,5	4,5	4,7
KWK-Monitoring 2010	4,8	4,4	4,6	4,7	4,9	3,6	3,8

Quellen: Statistisches Bundesamt: Fachserie 4, Reihe 6.4 und Tabelle 067(detailliert), Öko-Institut 2011, Berechnungen Öko-Institut.

Somit ergeben sich für das Jahr 2009 insgesamt um 1 Mio. t geringere CO_2-Emissionen aus dem KWK-Brennstoffeinsatz, als im KWK-Monitoring 2009 ermittelt wurde. Kleinere zusätzliche Differenzen entstehen durch die Aktualisierung des Emis-

sionsfaktors für „Sonstige hergestellte Gase“ (s. Kapitel 8.3.4) sowie durch die Verwendung von genaueren Zahlen (in der Fachserie wird der Brennstoffeinsatz in TJ angegeben).

8.5.3 KWK-Strom und Wärmeerzeugung aus biogenen Anlagen

Durch die Verwendung von durchschnittlichen Eigenbedarfsanteilen wie in Abschnitt 7.2.2 dargestellt, ändert sich die daraus ermittelte Netto-Stromerzeugung und damit schließlich auch die biogene KWK-Stromerzeugung außerhalb der Statistiken 066 und 067 des Statistischen Bundesamtes. Die sich daraus ergebenden Differenzen sind mit +/- 0,1 TWh sehr gering, wie in der folgenden Tabelle ersichtlich ist:

Tabelle 8-5 Rekalkulation der biogenen KWK-Stromerzeugung

	2006	2007	2008	2009	2010
	TWh				
KWK-Stromerzeugung biogener Anlagen außerhalb der Statistik 066 und 067 / Biomasse					
KWK-Monitoring 2009	0,4	2,5	3,8	5,5	
KWK-Monitoring 2010	0,4	2,4	3,9	5,3	6,5
Differenz Monitoringbericht 2010 zu 2009	0,0	-0,1	0,1	-0,1	

Quellen: Öko-Institut 2011, Eigene Berechnungen Öko-Institut.

Wie in Kapitel 7.2.3 erläutert, ergeben sich neue Werte für die KWK-Wärmeerzeugung aus biogenen Anlagen außerhalb der Statistiken 066 und 067 durch die Verwendung der überarbeiteten Stromkennzahl für Biogas. Die Differenzen sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 8-6 Rekalkulation der biogenen KWK-Wärmeerzeugung

	2006	2007	2008	2009	2010
	PJ				
KWK-Wärmeerzeugung biogener Anlagen außerhalb der Statistik 066 und 067 / Biomasse					
KWK-Monitoring 2009	2,6	14,8	22,5	29,2	
KWK-Monitoring 2010	2,7	13,5	21,2	27,5	32,1
Differenz Monitoringbericht 2010 zu 2009	0,1	-1,3	-1,4	-1,6	

Quellen: Öko-Institut 2011, Eigene Berechnungen Öko-Institut.

Somit ergibt sich nun zum einen durch die leicht reduzierte KWK-Stromerzeugung, vor allem aber durch die erhöhte Stromkennzahl für Biogas z.B. für das Jahr 2009 eine um 1,6 PJ geringere KWK-Wärmeerzeugung aus Biomasse-Anlagen, als im KWK-Monitoring 2009 ermittelt wurde.

8.6 Gesamtgerüst

Die in den Kapiteln 6 und 7 abgeleitete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung für die einzelnen Verbände, für sonstige biogene KWK sowie kleine fossile BHKW sollen im Folgenden gemeinsam für die gesamte Zeitreihe dargestellt werden. Die Ableitung der CO_2-Minderungen durch KWK erfolgt über den Ansatz von Referenzwerten für die ungekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung (s. Kapitel 3).

Es werden jeweils die Ergebnisse für die allgemeine Versorgung dargestellt, die die KWK-Anlagen, die unter BDEW und VKU berichtet werden, zusammenfasst. Darunter wird der Beitrag kommunaler Unternehmen separat ausgewiesen. Hierbei muss darauf hingewiesen werden, dass es sich bei diesen Zahlen um die vom VKU berichteten, Werte handelt. Eine getrennte Ausweisung der kommunalen Unternehmen für das korrigierte Zahlengerüst ist nicht möglich, da die öffentliche Versorgung aufgrund des Zuschnitts der amtlichen Statistik prinzipiell als Aggregat gerechnet werden muss. Darüber hinaus wird die industrielle Kraftwirtschaft separat dargestellt.

Schließlich werden diejenigen fossilen BHKW hinzuaddiert, die in den vorgenannten Bereichen nicht erfasst werden. Hierbei muss beachtet werden, dass die zusätzlichen BHKW sich 1998 alle nicht von EVU oder Industrieunternehmen betriebenen BHKW umfassen (bzw. die bei keinem der Verbände berichtet wurden), während sie ab 2003 alle BHKW kleiner ein Megawatt einbeziehen. Die unter „nicht erfasste BHKW“ berichteten Daten sind damit als Abgrenzungsposten zu verstehen.

Gleichermaßen werden nicht erfasste biogene KWK-Anlagen zum Gesamtgerüst hinzuaddiert. Es handelt sich hierbei um diejenige KWK-Strom- und Wärmeerzeugung aus biogenen Brennstoffen, die nicht bereits in der allgemeinen Versorgung und industriellen Kraftwirtschaft enthalten sind. Es handelt sich damit ebenfalls um einen Abgrenzungsposten. Sie werden im Folgenden kurz als „statistische nicht erfasste“ Anlagen bezeichnet, womit die Erfassung in den Tabellen 066 und 067 des Statistischen Bundesamtes gemeint ist.

Die Ergebnisse der einzelnen Berichtskreise zwischen dem Jahr 1998 und dem Zeitraum 2003 bis 2010 sind also intern nicht miteinander vergleichbar, da für diese Zeitspannen unterschiedliche Aggregate gebildet wurden. Lediglich das Gesamtdatengerüst für alle KWK-Anlagen ist für die gesamte Zeitreihe konsistent und damit unmittelbar vergleichbar.

Die Ergebnisse des KWK-Monitorings unterscheiden sich *innerhalb* der Berichtskreise aufgrund statistischer Effekte (unterschiedliche statistische Datengrundlagen 1998 und 2003 bis 2010 bzw. auch zwischen den Jahren (Abschnitt 6.2)) sowie aufgrund von Umbuchungen (beispielsweise aufgrund von Contractingmodellen zwischen Industrie und EVU).

Im Folgenden werden die von den Verbänden berichteten KWK-Anlagen getrennt von den nicht von den Verbänden erfassten KWK-Anlagen betrachtet. Dabei handelt es sich um die in Kapitel 7 besprochenen (überwiegend) kleinen biogenen KWK-Anlagen sowie fossile BHKW, die in Stadtwerken, kommunalen Unternehmen und Industriebe-

trieben, insbesondere jedoch auch im privaten und gewerblichen Bereich sowie in der Landwirtschaft installiert wurden. Damit kann die Zielerreichung der KWK-Vereinbarung sowohl für die unterzeichnenden Verbände als auch für die KWK-Erzeugung insgesamt bewertet werden.

Darüber hinaus wird der Einfluss der Ausweitung der KWK-Strom- bzw. Wärmeerzeugung sowie der Veränderung der eingesetzten Brennstoffe auf die Minderung der CO_2-Emissionen untersucht. Dies wird getrennt für große fossil betriebene KWK-Anlagen, für fossile BHKW insgesamt (im Erfassungsbereich der Verbände sowie außerhalb) sowie für die biogene KWK-Erzeugung insgesamt (im Erfassungsbereich der Verbände sowie außerhalb) dargestellt. Auf Grundlage dieser Auswertungen kann bewertet werden, welche die Haupttreiber für die CO_2-Minderung durch KWK seit 1998 sind.

Abschließend wird an Hand eines Exkurses auf die Sensitivität der Ergebnisse in Bezug auf das verwendete Referenzsystem hingewiesen.

8.6.1 Ergebnistabellen

Entwicklung der KWK-Stromerzeugung

In Tabelle 8-7 ist die KWK-Stromerzeugung für 1998 sowie 2003 bis 2010 für alle vier Segmente dargestellt (allgemeine Versorgung, industrielle Kraftwirtschaft, kleine fossile Anlagen und biogene Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung). Die gesamte KWK-Stromerzeugung nahm zwischen 1998 und 2010 nahezu stetig von 66,0 TWh auf 93,1 TWh um 41 % zu, wobei nur im Jahr 2009 eine Abnahme gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen war. Diese Abnahme beruhte auf dem deutlichen Absinken der KWK-Stromerzeugung im Bereich der allgemeinen Versorgung auf das Niveau des Jahres 2003, hauptsächlich verursacht durch die Auswirkungen der Wirtschaftskrise, durch die besonders der Absatz bei den Industrie-Contractinganlagen zurückgegangen ist. Darüber hinaus ist nach Angaben des BDEW für die Erklärung dieser Abnahme auch eine statistische Umgruppierung zwischen allgemeiner Versorgung und industrieller Kraftwirtschaft im Zuge des Betreiberwechsels eines Großkraftwerkes zu berücksichtigen (s. BDEW-Monitoringbericht 2012). Im Jahr 2010 wird das Niveau des Jahres 2008 wieder erreicht.

Bei der Betrachtung des Zeitraums 2003 bis 2010 schwankt die KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung stark, wobei im Mittel ein steigender Trend zu verzeichnen ist. Die KWK-Stromerzeugung der industriellen Kraftwirtschaft ist hingegen seit dem Jahr 2004 fast kontinuierlich angestiegen von 22,9 auf 29,8 TWh und weist keinen Abfall von 2008 auf 2009 auf. Die stärksten Entwicklungen sind außerhalb der statistischen Erfassung zu beobachten, die mit einer KWK-Stromerzeugung von 9,9 TWh im Jahr 2010 bereits 11 % der gesamten KWK-Stromerzeugung stellen. Während bei den kleinen fossilen KWK-Anlagen ein Zuwachs von 2003 auf 2010 um fast 80 % zu verzeichnen ist, hat sich die KWK-Stromerzeugung biogen betriebener Anlagen allein zwischen den Jahren 2006 und 2010 mehr als verzehnfacht. Von 2009 auf 2010 ist jedoch

zu bemerken, dass sich die Dynamik des Ausbaus der statistisch nicht erfassten biogenen Anlagen im Gegensatz zu den Vorjahren etwas abgeschwächt hat.

Tabelle 8-7: KWK-Nettostromerzeugung nach Berichtskreis, 1998, 2003-2010

Berichtskreis	Netto-Stromerzeugung (TWh)								
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Allgemeine Versorgung	34,2	50,3	52,4	52,3	54,0	51,9	53,8	50,5	53,4
davon kommunale Unternehmen[1]	*14,3*	*17,4*	*17,5*	*19,5*	*21,8*	*20,9*	*21,3*	*22,5*	*25,1*
Industrielle Kraftwirtschaft	27,3	23,5	22,9	25,6	25,8	25,8	25,7	26,6	29,8
Gesamt (AV und IKW)	61,5	73,8	75,3	77,9	79,8	77,6	79,5	77,0	83,2
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	4,5	1,8	2,0	2,1	2,8	5,0	6,7	8,4	9,9
nicht erfasste BHKW[2]	*4,5*	*1,8*	*2,0*	*2,1*	*2,2*	*2,4*	*2,7*	*2,9*	*3,3*
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen[3]	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,5*	*2,5*	*4,0*	*5,5*	*6,6*
Gesamte KWK-Stromerzeugung	66,0	75,6	77,2	80,0	82,5	82,6	86,2	85,4	93,1

[1] entspricht berichteten Werten ohne Anpassungen

[2] 1998 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossil betriebenen BHKW, die nicht von öffentlicher Versorgung und Industrie erfasst wurden. Ab 2003 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, da diese nicht von der amtlichen Statistik erfasst werden.

[3] Nicht erfasste biogene KWK-Anlagen entsprechen der biogenen KWK-Stromerzeugung, die aus Daten von AGEE-Stat und Bundesnetzagentur abgeleitet werden kann und nicht bereits in den Datengerüsten der allgemeinen Versorgung oder industriellen Kraftwirtschaft enthalten sind (Abzugsverfahren).

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Wird die Gesamtstromerzeugung (netto) berücksichtigt und die KWK-Stromerzeugung durch Berechnung des KWK-Anteils zu dieser ins Verhältnis gesetzt, ergibt sich ein differenzierteres Bild der Entwicklung der KWK-Stromerzeugung (siehe dazu Tabelle 8-8). Dadurch wird ersichtlich, dass der KWK-Anteil der öffentlichen Versorgung im Zeitraum 2003 bis 2010 kontinuierlich leicht angestiegen ist. Insgesamt konnte dabei ein Prozentpunkt gewonnen werden, so dass der KWK-Anteil im Jahr 2010 bei 11,4 % liegt. Im Bereich der industriellen Stromerzeugung ergibt sich ein erheblich höherer KWK-Anteil, der von 2003 auf 2009 um neun Prozentpunkte angestiegen ist und damit bei 62 % im Jahr 2009 liegt, im Jahr 2010 ist er um einen Prozentpunkt gesunken. Der KWK-Anteil der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft zusammen ist von 12,0 % (1998) auf 16,1 % (2010) nahezu kontinuierlich gestiegen.

Tabelle 8-8 KWK-Anteile 1998 und 2003-2010

	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
					TWh				
Stromerzeugung Kond+KWK (netto, AV+IKW)	515	542	543	543	552	537	534	489	518
Allgemeine Versorgung		498	499	498	505	488	489	446	469
Industrielle Kraftwirtschaft		44	44	46	47	49	46	43	49
Brutto-Stromerzeugung insgesamt (STRERZ)	557	607	615	621	637	637	637	592	628
Eigenverbrauch AV+IKW (brutto-netto)	37	39	39	39	39	39	38	36	37
Eigenverbrauch Private (netto+7%)	0	2	2	3	3	4	5	5	5
Netto-Stromerzeugung	520	566	574	579	594	594	594	552	586
					%				
KWK-Anteil (AV+IKW)	12,0%	13,6%	13,9%	14,3%	14,5%	14,4%	14,9%	15,8%	16,1%
Allgemeine Versorgung		10,1%	10,5%	10,5%	10,7%	10,6%	11,0%	11,3%	11,4%
Industrielle Kraftwirtschaft	52%	53%	52%	56%	55%	53%	56%	62%	61%
KWK-Anteil (insgesamt)	12,7%	13,4%	13,4%	13,8%	13,9%	13,9%	14,5%	15,5%	15,9%

Quellen: Statistik der Kohlenwirtschaft (02/2012), Statistisches Bundesamt, Berechnungen Öko-Institut.

Für die Berechnung eines alle Segmente übergreifenden KWK-Anteils ist die gesamte Netto-Stromerzeugung der deutschen Stromerzeugung erforderlich. Dieser Wert liegt derzeit nicht statistisch abgesichert vor. Für eine diesbezügliche Abschätzung wird die Brutto-Stromerzeugung der AG STRERZ (Statistik der Kohlenwirtschaft) um den Eigenstromverbrauch der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft sowie der privaten Stromerzeugung reduziert. Die ersten beiden ergeben sich aus den Tabellen 066 und 067 des Statistischen Bundesamtes durch den Abzug der Netto- von der Brutto- Stromerzeugung. Der Eigenverbrauch der privaten Stromeinspeiser wird pauschal auf 7 % abgeschätzt, angelehnt an die Ergebnisse der Tabelle 7-6[11]. Mit diesen angestellten Überlegungen ergibt sich eine gesamte Netto-Stromerzeugung für Deutschland, zu der die gesamte KWK-Stromerzeugung ins Verhältnis gesetzt werden kann. Für die gesamte KWK-Stromerzeugung in Deutschland ergeben sich damit stetig steigende KWK-Anteile von 12,7 % im Jahr 1998 bis 15,9 % im Jahr 2010.[12]

Entwicklung der KWK-Wärmeerzeugung

Die gesamte KWK-Wärmeerzeugung stieg von 626 PJ im Jahr 1998 auf 727 PJ im Jahr 2010 – ein Anstieg um rund 16 % (Tabelle 8-9). Dabei ist ein besonders hoher Anstieg von 2009 auf 2010 zu verzeichnen, der in allen vier Segmenten zu beobachten ist, prozentual am stärksten bei den außerstatistischen Anlagen.

[11] Dieser Wert wurde beim KWK-Monitoring 2009 mit 10 % abgeschätzt. Nach weiteren Recherchen erscheint ein niedrigerer Wert von 7 % angebrachter.

[12] Für das Jahr 1998 musste auf Grund nicht verfügbarer Daten des Statistischen Bundesamtes eine Abschätzung bezüglich des Eigenstrombedarfs vorgenommen werden: Es wurde der Mittelwert des konstant bei rund 7 % liegenden berechneten Wertes für den Eigenstrombedarf der Jahr 2003 bis 2009 verwendet, sowie die gesamte Netto-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft aus dem ersten KWK-Monitoringbericht.

Tabelle 8-9: Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen nach Berichtskreis, 1998, 2003-2010

Berichtskreis	KWK-Wärmeerzeugung (PJ)								
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Allgemeine Versorgung	288	338	361	365	370	348	355	343	363
davon kommunale Unternehmen[1]	*121*	*130*	*129*	*130*	*130*	*127*	*129*	*128*	*147*
Industrielle Kraftwirtschaft	313	295	279	288	282	287	286	285	313
Gesamt (AV und IKW)	602	633	640	653	652	635	642	629	676
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	25	10	11	12	16	28	37	44	51
nicht erfasste BHKW[2]	*25*	*10*	*11*	*12*	*12*	*14*	*15*	*16*	*18*
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen[3]	*0*	*0*	*0*	*0*	*3*	*14*	*22*	*28*	*33*
Gesamte KWK-Wärmeerzeugung	626	644	650	665	668	663	678	673	727

[1] entspricht berichteten Werten ohne Anpassungen

[2] 1998 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossil betriebenen BHKW, die nicht von öffentlicher Versorgung und Industrie erfasst wurden. Ab 2003 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, da diese nicht von der amtlichen Statistik erfasst werden.

[3] Nicht erfasste biogene KWK-Anlagen entsprechen der biogenen KWK-Stromerzeugung, die aus Daten von AGEE-Stat und Bundesnetzagentur abgeleitet werden kann und nicht bereits in den Datengerüsten der allgemeinen Versorgung oder industriellen Kraftwirtschaft enthalten sind (Abzugsverfahren).

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Diese Verhältnisse der Strom- und Wärmeerzeugung lassen sich durch die Stromkennzahlen abbilden, die in Tabelle 8-10 dargestellt sind. Insgesamt stieg die mittlere Stromkennzahl von 1998 bis 2010 deutlich von 0,38 auf 0,46, mit der größten Dynamik bis zum Jahr 2005. Von 2008 auf 2009 ergeben sich entsprechend der gegenläufigen Entwicklungen im Krisenjahr sinkende (bei der allgemeinen Versorgung) und steigende (bei der industriellen Kraftwirtschaft) Stromkennzahlen, die sich im Jahr 2010 nicht geändert haben.

Tabelle 8-10: Stromkennzahlen in KWK-Anlagen nach Berichtskreis, 1998, 2003-2010

Berichtskreis	Stromkennzahl								
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Allgemeine Versorgung	0,43	0,54	0,52	0,52	0,52	0,54	0,54	0,53	0,53
davon kommunale Unternehmen[1]	*0,42*	*0,48*	*0,49*	*0,54*	*0,60*	*0,59*	*0,60*	*0,63*	*0,62*
Industrielle Kraftwirtschaft	0,31	0,29	0,30	0,32	0,33	0,32	0,32	0,34	0,34
Gesamt (AV und IKW)	0,37	0,42	0,42	0,43	0,44	0,44	0,45	0,44	0,44
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	0,65	0,65	0,65	0,65	0,63	0,64	0,66	0,68	0,70
nicht erfasste BHKW[2]	*0,65*	*0,65*	*0,65*	*0,65*	*0,65*	*0,65*	*0,65*	*0,65*	*0,65*
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen[3]					*0,56*	*0,64*	*0,66*	*0,69*	*0,73*
Durchschnittliche Stromkennzahl	0,38	0,42	0,43	0,43	0,44	0,45	0,46	0,46	0,46

[1] entspricht berichteten Werten ohne Anpassungen

[2] 1998 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossil betriebenen BHKW, die nicht von öffentlicher Versorgung und Industrie erfasst wurden. Ab 2003 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, da diese nicht von der amtlichen Statistik erfasst werden.

[3] Nicht erfasste biogene KWK-Anlagen entsprechen der biogenen KWK-Stromerzeugung, die aus Daten von AGEE-Stat und Bundesnetzagentur abgeleitet werden kann und nicht bereits in den Datengerüsten der allgemeinen Versorgung oder industriellen Kraftwirtschaft enthalten sind (Abzugsverfahren).

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Entwicklung der KWK-bedingten CO_2-Emissionen

Die CO_2-Emissionen der Kraft-Wärme-Kopplung stiegen von 1998 bis 2004 geringfügig von 81,3 auf 83,7 Mio. t, was einem Anstieg um rund 4 % entspricht (Tabelle 8-11). Bis zum Jahr 2007 nahmen die CO_2-Emissionen anschließend deutlich ab auf 77,7 Mio. t, was unter anderem auf die deutliche Abnahme des Steinkohleeinsatzes zur KWK-Strom- und Wärmeerzeugung im Bereich der allgemeinen Versorgung zurückzuführen ist (Abbildung A - 1 im Anhang). Im Jahr 2008 stiegen die CO_2-Emissionen erneut auf 79,6 Mio. t CO_2, vor allem durch die steigende KWK-Stromerzeugung im Bereich der allgemeinen Versorgung. Im Jahr 2009 hingegen führte die sinkende KWK-Erzeugung in diesem Bereich in der Gesamtsumme nur zu leicht abnehmenden CO_2-Emissionen. Im Jahr 2010 ist ein deutlicher Anstieg um 7 % auf 83,7 Mio. t CO_2 zu verzeichnen.

Während die KWK-Stromerzeugung von 1998 bis 2010 um 41 % angestiegen ist, haben sich die damit verbundenen CO_2-Emissionen nur um 3 % erhöht. Dies beruht vor allem auf einer Änderung des Brennstoffmixes (mehr Erdgas, weniger Kohle) sowie insbesondere auf einer deutlichen Ausweitung der biogenen KWK-Stromerzeugung.

Tabelle 8-11: CO_2-Emissionen der Kraft-Wärme-Kopplung nach Berichtskreis, 1998, 2003-2010

Berichtskreis	CO_2-Emissionen (Mio. t CO_2)								
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Allgemeine Versorgung	40,0	51,9	53,5	51,3	49,9	46,7	48,7	47,5	50,3
davon kommunale Unternehmen[1]	*16,3*	*18,4*	*18,0*	*17,7*	*17,4*	*16,8*	*17,1*	*17,9*	*20,1*
Industrielle Kraftwirtschaft	38,5	30,5	28,9	29,8	29,6	29,5	29,1	29,1	31,4
Gesamt (AV und IKW)	78,6	82,4	82,4	81,1	79,5	76,2	77,9	76,6	81,7
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	2,7	1,2	1,3	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0
nicht erfasste BHKW[2]	*2,7*	*1,2*	*1,3*	*1,3*	*1,4*	*1,6*	*1,7*	*1,8*	*2,0*
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen[3]	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
Gesamte KWK-CO_2-Emissionen	81,3	83,6	83,7	82,4	80,9	77,7	79,6	78,4	83,7

[1] entspricht berichteten Werten ohne Anpassungen

[2] 1998 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossil betriebenen BHKW, die nicht von öffentlicher Versorgung und Industrie erfasst wurden. Ab 2003 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, da diese nicht von der amtlichen Statistik erfasst werden.

[3] Nicht erfasste biogene KWK-Anlagen entsprechen der biogenen KWK-Stromerzeugung, die aus Daten von AGEE-Stat und Bundesnetzagentur abgeleitet werden kann und nicht bereits in den Datengerüsten der allgemeinen Versorgung oder industriellen Kraftwirtschaft enthalten sind (Abzugsverfahren).

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Damit sinkt die brutto berechnete CO_2-Intensität der KWK-Stromerzeugung (also die gesamten CO_2-Emissionen für die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung bezogen auf die KWK-Stromerzeugung) von rund 1.231 g CO_2/kWh_{el} im Jahr 1998 auf 899 g CO_2/kWh_{el} im Jahr 2010, d.h. etwa um 27 %. Damit liegen die spezifischen CO_2-Emissionen im Jahr 2010 um gut ein Viertel unter den Werten von 1998. Von 2008 auf 2009 sind die spezifischen CO_2-Emissionen im Bereich der allgemeinen Versorgung erstmalig im Vergleich zum Vorjahr angestiegen, im Jahr 2010 setzte sich dieser Trend (schwächer) weiter fort (Tabelle 8-12). Als entscheidende Ursache davon wurde für das Jahr 2009 vom BDEW die durch die Krise reduzierte Wärmeabnahme der Contractinganlagen genannt, die im Allgemeinen mit emissionsärmeren Brennstoffen (Erdgas und Abfall) betrieben werden. Dadurch, dass der Anteil dieser Anlagen an der Erzeugung abnahm, stieg derjenige der emissionsintensiveren Anlagen, wodurch sich die spezifischen Emissionen erhöhen.

Tabelle 8-12: Spezifische CO_2-Emissionen der Kraft-Wärme-Kopplung nach Berichtskreis, 1998, 2003 -2010

Berichtskreis	Spezifische CO_2 Emissionen (g CO_2/kWh)								
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Allgemeine Versorgung	1.169	1.031	1.021	980	924	900	906	941	942
davon kommunale Unternehmen[1]	*1.142*	*1.060*	*1.025*	*908*	*797*	*805*	*801*	*795*	*801*
Industrielle Kraftwirtschaft	1.411	1.299	1.262	1.164	1.149	1.144	1.134	1.094	1.053
Gesamt (AV und IKW)	1.277	1.116	1.095	1.040	996	981	980	994	982
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	602	643	642	640	517	312	251	218	205
nicht erfasste BHKW[2]	*602*	*643*	*642*	*640*	*638*	*634*	*631*	*628*	*622*
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen[3]					*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Durchschnittliche spezifische CO_2-Emissionen	1.231	1.105	1.083	1.030	980	941	923	918	899

[1] entspricht berichteten Werten ohne Anpassungen

[2] 1998 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossil betriebenen BHKW, die nicht von öffentlicher Versorgung und Industrie erfasst wurden. Ab 2003 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, da diese nicht von der amtlichen Statistik erfasst werden.

[3] Nicht erfasste biogene KWK-Anlagen entsprechen der biogenen KWK-Stromerzeugung, die aus Daten von AGEE-Stat und Bundesnetzagentur abgeleitet werden kann und nicht bereits in den Datengerüsten der allgemeinen Versorgung oder industriellen Kraftwirtschaft enthalten sind (Abzugsverfahren).

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Werden von den in Tabelle 8-12 berechneten spezifischen Gesamtemissionen die der Wärmeerzeugung zuzurechnenden Emissionen mit dem für das KWK-Monitoring vereinbarten spezifischen Emissionswert des Referenzsystems (295 g CO_2/kWh_{th}) abgezogen, so ergibt sich für die KWK-Stromerzeugung ein Rückgang der spezifischen Emissionen von 454 g CO_2/kWh_{el} (1998) auf 260 g CO_2/kWh_{el} im Jahr 2010. Dies entspricht einer Minderung von 43 % im gesamten Zeitraum von 1998 bis 2010 (Tabelle 8-13).

Tabelle 8-13: Spezifische CO_2-Emissionen der KWK-Stromerzeugung nach Berichtskreis, bereinigt um CO_2-Emissionen der KWK-Wärmeerzeugung, 1998, 2003-2010

Berichtskreis	Spezifische CO_2 Emissionen (g CO_2/kWh)								
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Allgemeine Versorgung	479	480	457	408	362	350	365	384	385
davon kommunale Unternehmen[1]	*448*	*447*	*424*	*363*	*307*	*309*	*306*	*330*	*321*
Industrielle Kraftwirtschaft	472	271	266	242	252	230	221	214	193
Gesamt (AV und IKW)	476	413	399	354	326	310	318	325	316
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	148	189	188	186	50	-145	-198	-218	-216
nicht erfasste BHKW[2]	*148*	*189*	*188*	*186*	*184*	*180*	*177*	*174*	*169*
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen[3]					*-528*	*-461*	*-447*	*-425*	*-405*
Durchschnittliche spezifische CO_2-Emissionen	454	408	393	349	317	283	278	272	260

[1] entspricht berichteten Werten ohne Anpassungen

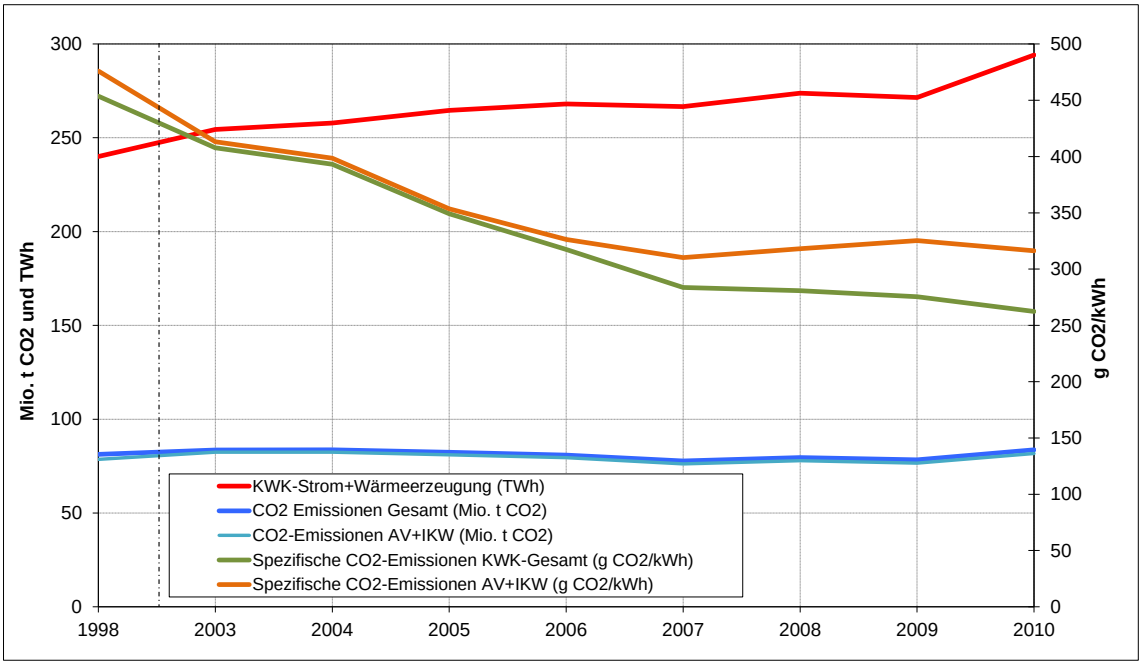
[2] 1998 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossil betriebenen BHKW, die nicht von öffentlicher Versorgung und Industrie erfasst wurden. Ab 2003 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, da diese nicht von der amtlichen Statistik erfasst werden.

[3] Nicht erfasste biogene KWK-Anlagen entsprechen der biogenen KWK-Stromerzeugung, die aus Daten von AGEE-Stat und Bundesnetzagentur abgeleitet werden kann und nicht bereits in den Datengerüsten der allgemeinen Versorgung oder industriellen Kraftwirtschaft enthalten sind (Abzugsverfahren).

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Mit den bis hierhin ermittelten Ergebnissen lässt sich eine Abbildung der Entwicklung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung, der daraus bedingten CO_2-Emissionen sowie der spezifischen CO_2-Emissionen der KWK erstellen, analog zu Abbildung 2-2 (siehe Abbildung 8-2). Deutlich zu sehen ist die relative Konstanz der CO_2-Emissionen bei steigender KWK-Erzeugung, die besonders von 2009 auf 2010 einen erheblichen Zuwachs zeigt. Entsprechend dazu sinken die spezifischen CO_2-Emissionen über die Zeitreihe kontinuierlich.

Abbildung 8-2 KWK-Erzeugung und CO_2-Emissionen 1998-2010



Quellen: Eigene Berechnungen Öko-Institut.

Während die um die Wärmeerzeugung bereinigten Werte der spezifischen CO_2-Emissionen der gesamten KWK-Erzeugung kontinuierlich innerhalb des betrachteten Zeitraums um 43 % gesunken sind, sanken die der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft in dieser Zeitspanne deutlich schwächer um nur 34 %. Zwischen 2007 und 2009 ist dazu ein steigender Trend zu verzeichnen, der von 2009 auf 2010 durch die Entwicklung in der industriellen Kraftwirtschaft leicht aufgehalten werden konnte. Grundsätzlich beruht die Reduktion der spezifischen CO_2-Emissionen auf einem veränderten Brennstoffmix, so ist der Kohleanteil im KWK-Einsatz nach den statistischen Daten von 40 % im Jahr 1998 auf 27 % im Jahr 2010 gesunken, während Biomasse, Abfall und Sonstige Energieträger deutlich zugenommen haben von 7 % auf 17%. Der Anstieg der spezifischen CO_2-Emissionen in den Jahren 2008 und 2009 kann damit begründet werden, dass der Kohleanteil in der allgemeinen Versorgung von 1998 bis 2007 kontinuierlich abgenommen hat, aber seit 2008 wieder ein Anstieg zu verzeichnen ist.

Ermittlung der Einsparungen

In der folgenden Tabelle sind die Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 1 dargestellt. (Für die CO_2-Emissionen der Referenzsysteme sowie die Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 2 vgl. Tabelle A- 3 bis Tabelle A- 5 im Anhang 4). Die durch den Einsatz der KWK im Gesamtsystem vermiedenen CO_2-Emissionen haben sich gegenüber dem Strom-Referenzsystem 1 im Zeitraum 1998 bis 2010 von 20,9 auf 47,5 Mio. t CO_2 mit einem Anstieg von 127 % deutlich mehr als verdoppelt. (Für das Strom-Referenzsystem 2 fand ein Anstieg um 108 % statt).

Tabelle 8-14 Jährliche CO_2-Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 1 (Strom: 770 g CO_2/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO_2/kWh_{th}), 1998, 2003-2010

Berichtskreis	CO_2-Einsparungen (Mio. t CO_2) - Minimum								
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Allgemeine Versorgung	10,0	14,6	16,4	18,9	22,1	21,8	21,8	19,5	20,5
davon kommunale Unternehmen[1]	*4,6*	*5,6*	*6,1*	*7,9*	*10,1*	*9,6*	*9,9*	*9,9*	*11,2*
Industrielle Kraftwirtschaft	8,1	11,7	11,6	13,5	13,3	13,9	14,1	14,8	17,2
Gesamt (AV und IKW)	18,1	26,3	28,0	32,4	35,4	35,7	35,9	34,3	37,8
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	2,8	1,1	1,1	1,2	2,0	4,6	6,5	8,3	9,8
nicht erfasste BHKW[2]	*2,8*	*1,1*	*1,1*	*1,2*	*1,3*	*1,4*	*1,6*	*1,7*	*2,0*
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen[3]	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,7*	*3,1*	*4,9*	*6,5*	*7,8*
Gesamte KWK-CO_2-Einsparungen (Minimum)	20,9	27,4	29,1	33,7	37,4	40,2	42,4	42,5	47,5

[1] entspricht berichteten Werten ohne Anpassungen

[2] 1998 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossil betriebenen BHKW, die nicht von öffentlicher Versorgung und Industrie erfasst wurden. Ab 2003 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, da diese nicht von der amtlichen Statistik erfasst werden.

[3] Nicht erfasste biogene KWK-Anlagen entsprechen der biogenen KWK-Stromerzeugung, die aus Daten von AGEE-Stat und Bundesnetzagentur abgeleitet werden kann und nicht bereits in den Datengerüsten der allgemeinen Versorgung oder industriellen Kraftwirtschaft enthalten sind (Abzugsverfahren).

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Bezogen auf die Ausgangsniveaus des Jahres 1998 ergeben sich damit für die verschiedenen Referenzsysteme die in Tabelle 8-15 und Tabelle 8-16 gezeigten Werte.

Im Vergleich zum Monitoringbericht 2009 ist durch die in Kapitel 8.5.2 dargestellten Rekalkulationen der CO_2-Emissionen der industriellen Kraftwirtschaft der Betrag der eingesparten CO_2-Emissionen für die Jahre 2003 bis 2009 jährlich um rund eine Mio. t CO_2 gestiegen. Durch die Neuberechnung der biogenen KWK-Strom- aber vor allem Wärmeerzeugung der Biomasseanlagen außerhalb der statistischen Erfassung (s. Kapitel 8.5.3) sind die eingesparten CO_2-Emissionen leicht gesunken, im Jahr 2009 z.B. um 0,3 Mio. t CO_2. Nicht unerwähnt soll auch die geringfügige Verringerung der CO_2-Emissionen im Abfallbereich der allgemeinen Versorgung im Jahr 2009 bleiben mit 0,1 Mio. t. CO_2 (s. Kapitel 8.5.1). Durch die Kombination dieser Effekte sind die eingesparten CO_2-Emissionen gegenüber 1998 im Jahr 2009 in beiden Referenzsystemen um 0,8 Mio. t CO_2 gestiegen.

Während von 2008 auf 2009 erstmalig die gesamte Einsparungen kaum im Vergleich zum Vorjahr angestiegen sind, ist von 2009 auf 2010 der höchste jährliche Zuwachs zu verzeichnen.

Tabelle 8-15: Jährliche CO_2-Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 1, bezogen auf das Basisjahr (Strom: 770 g CO_2/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO_2/kWh_{th}), 1998, 2003-2010

Berichtskreis	CO_2-Einsparungen ggü. 1998 (Mio. t CO_2) - Minimum								
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Allgemeine Versorgung	0,0	4,6	6,4	9,0	12,1	11,8	11,9	9,5	10,6
davon kommunale Unternehmen[1]	*0,0*	*1,0*	*1,5*	*3,3*	*5,5*	*5,0*	*5,3*	*5,3*	*6,6*
Industrielle Kraftwirtschaft	0,0	3,6	3,4	5,4	5,2	5,8	6,0	6,6	9,1
Gesamt (AV und IKW)	0,0	8,2	9,9	14,3	17,3	17,6	17,8	16,1	19,6
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	0,0	-1,7	-1,7	-1,6	-0,8	1,8	3,7	5,5	7,0
nicht erfasste BHKW[2]	*0,0*	*-1,7*	*-1,7*	*-1,6*	*-1,5*	*-1,4*	*-1,2*	*-1,1*	*-0,8*
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen[3]	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,7*	*3,1*	*4,9*	*6,5*	*7,8*
Gesamte KWK-CO_2-Einsparungen ggü. 1998 (Minimum)	0,0	6,5	8,2	12,8	16,5	19,3	21,5	21,6	26,6

[1] entspricht berichteten Werten ohne Anpassungen

[2] 1998 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossil betriebenen BHKW, die nicht von öffentlicher Versorgung und Industrie erfasst wurden. Ab 2003 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, da diese nicht von der amtlichen Statistik erfasst werden.

[3] Nicht erfasste biogene KWK-Anlagen entsprechen der biogenen KWK-Stromerzeugung, die aus Daten von AGEE-Stat und Bundesnetzagentur abgeleitet werden kann und nicht bereits in den Datengerüsten der allgemeinen Versorgung oder industriellen Kraftwirtschaft enthalten sind (Abzugsverfahren).

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Tabelle 8-16: Jährliche CO_2-Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 2, bezogen auf das Basisjahr (Strom: 860 g CO_2/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO_2/kWh_{th}), 1998, 2003-2010

Berichtskreis	CO_2-Einsparungen ggü. 1998 (Mio. t CO_2) - Maximum								
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Allgemeine Versorgung	0,0	6,1	8,1	10,6	13,9	13,4	13,6	11,0	12,3
davon kommunale Unternehmen[1]	*0,0*	*1,3*	*1,8*	*3,8*	*6,2*	*5,6*	*5,9*	*6,0*	*7,6*
Industrielle Kraftwirtschaft	0,0	3,2	3,0	5,2	5,0	5,6	5,8	6,6	9,3
Gesamt (AV und IKW)	0,0	9,3	11,1	15,8	18,9	19,0	19,4	17,5	21,6
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	0,0	-2,0	-1,9	-1,8	-1,0	1,8	3,9	5,8	7,5
nicht erfasste BHKW[2]	*0,0*	*-2,0*	*-1,9*	*-1,8*	*-1,7*	*-1,5*	*-1,4*	*-1,2*	*-0,9*
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen[3]	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,7*	*3,3*	*5,3*	*7,0*	*8,4*
Gesamte KWK-CO_2-Einsparungen ggü. 1998 (Maximum)	0,0	7,4	9,2	14,0	18,0	20,8	23,3	23,3	29,1

[1] entspricht berichteten Werten ohne Anpassungen

[2] 1998 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossil betriebenen BHKW, die nicht von öffentlicher Versorgung und Industrie erfasst wurden. Ab 2003 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, da diese nicht von der amtlichen Statistik erfasst werden.

[3] Nicht erfasste biogene KWK-Anlagen entsprechen der biogenen KWK-Stromerzeugung, die aus Daten von AGEE-Stat und Bundesnetzagentur abgeleitet werden kann und nicht bereits in den Datengerüsten der allgemeinen Versorgung oder industriellen Kraftwirtschaft enthalten sind (Abzugsverfahren).

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Im Vergleich mit der ungekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung und damit als gesamter CO_2-Effekt der KWK wurden für den Zeitraum von 1998 bis 2010 die folgenden Werte ermittelt:

- Auf Grundlage des stromseitigen Referenzsystems 1 (mit einer spezifischen Emission von 770 g CO_2/kWh_{el}) nimmt die CO_2-Minderung durch die KWK bis 2010 um 26,6 Mio. t zu (Tabelle 8-15). Die CO_2-Minderung im Jahr 2010 im Erfassungsbereich der unterzeichnenden Verbände liegt bei 19,6 Mio. t CO_2.
- Auf Grundlage des stromseitigen Referenzsystems 2 (mit einer spezifischen Emission von 860 g CO_2/kWh_{el}) nimmt die CO_2-Minderung durch die KWK bis 2010 um 29,1 Mio. t zu (Tabelle 8-16). Die CO_2-Minderung im Erfassungsbereich der unterzeichnenden Verbände liegt bei 21,6 Mio. t CO_2.

Der größte Teil der erzielten CO_2-Minderung entfällt dabei auf den Bereich der allgemeinen Energieversorgung. Sowohl für die allgemeine Versorgung als auch für die industrielle Kraftwirtschaft stagniert die CO_2-Minderung von 2006 bis 2008. Danach sinkt sie im Jahr 2009 im Bereich der allgemeinen Versorgung deutlich, um dann 2010 wieder anzusteigen, ohne das Niveau von 2008 wieder zu erreichen. Für die industrielle Kraftwirtschaft steigen die CO_2-Emissionen ab 2009 deutlich, so dass im Jahr 2010 die höchsten Einsparungswerte von 9,1 (bzw. 9,3) Mio. t CO_2 erreicht werden. Deutliche Zuwächse bei der CO_2-Minderung seit 2006 können vor allem im Bereich der sich dynamisch entwickelnden biogenen KWK-Erzeugung außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände verzeichnet werden. Im Jahr 2010 beruht mehr als ein Viertel der Einsparungen auf der Entwicklung in dem Bereich der KWK-Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung.

8.6.2 Komponentenanalyse

Tabelle 8-17 und Tabelle 8-18 zeigen den Einfluss einzelner Komponenten auf die CO_2-Minderung. Dies ist zum einen die Ausweitung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung und zum anderen der verstärkte Einsatz erneuerbarer Energien bzw. Brennstoffsubstitution, die sich in den CO_2-Emissionen ausdrückt. Darüber hinaus wird dargestellt, in welchen Bereichen diese Minderungen erzielt wurden: in (überwiegend) großen fossil betriebenen KWK-Anlagen, fossil betriebenen BHKW sowie biogenen KWK-Anlagen.

Die CO_2-Minderungseffekte für KWK-Strom- und Wärmeerzeugung werden in diesen Tabellen separat ausgewiesen. Für fossile BHKW entsprechen die angesetzte Strom- und Wärmeerzeugung bzw. die CO_2- Emissionen denen aller fossilen BHKW, unabhängig von den Leistungsklassen (Tabelle 7-2). Damit werden alle BHKW, also auch die durch die Verbände bereits erfassten, ausgewiesen. Für biogene KWK wurden die Minderungseffekte auf Basis der gesamten biogenen KWK-Stromerzeugung (Tabelle 7-13) sowie einer gesamten biogenen KWK-Wärmeerzeugung, die auf Basis einer durchschnittlichen Stromkennzahl ermittelt wurde, abgeschätzt. Damit werden die Minderungseffekte der gesamten biogenen KWK-Erzeugung ausgewiesen. Die Gesamtef-

fekte entsprechen jeweils der gesamten KWK-Strom- und Wärmeerzeugung (Tabelle 8-7 und Tabelle 8-9). Die Minderungseffekte durch große fossile KWK entsprechen den gesamten Minderungseffekten abzüglich der Minderungseffekte durch fossile BHKW und biogene KWK.

Da es sich um eine von der Bilanzierung nach Erfassungskreisen unterschiedliche Aggregation handelt, muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass es sich bei dieser Komponentenbewertung um eine nachrichtliche Analyse zur Veranschaulichung der Einflussgrößen handelt.

Tabelle 8-17: Einfluss der einzelnen Komponenten zur CO_2-Minderung - Gesamtgerüst (Referenzsystem 1), 1998, 2003-2010

	CO_2-Minderung ggü. 1998 (Minimum, Mio. t CO_2)							
	1998	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010
KWK-Stromerzeugung	0	7	11	13	13	15	15	21
Große KWK, fossil	0	6	7	8	7	8	6	11
BHKW, fossil	0	2	2	2	2	2	2	1
Biogene KWK	0	0	2	3	4	5	7	8
KWK-Wärmeerzeugung	0	1	3	3	3	4	4	8
Große KWK, fossil	0	0	2	1	0	0	-1	3
BHKW, fossil	0	1	1	1	1	1	1	1
Biogene KWK	0	0	0	2	2	3	4	4
CO_2-Emissionen der KWK-Anlagen	0	-2	-1	0	4	2	3	-2
Große KWK, fossil	0	-1	0	2	5	3	4	-1
BHKW, fossil	0	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-1
Biogene KWK	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	0	7	13	16	19	21	22	27

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Tabelle 8-18: Einfluss der einzelnen Komponenten zur CO_2-Minderung - Gesamtgerüst (Referenzsystem 2), 1998, 2003-2010

	CO_2-Minderung ggü. 1998 (Maximum, Mio. t CO_2)							
	1998	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010
KWK-Stromerzeugung	0	8	12	14	14	17	17	23
Große KWK, fossil	0	6	8	9	8	9	7	13
BHKW, fossil	0	2	2	2	2	2	2	2
Biogene KWK	0	0	2	3	4	6	8	9
KWK-Wärmeerzeugung	0	1	3	3	3	4	4	8
Große KWK, fossil	0	0	2	1	0	0	-1	3
BHKW, fossil	0	1	1	1	1	1	1	1
Biogene KWK	0	0	0	2	2	3	4	4
CO_2-Emissionen der KWK-Anlagen	0	-2	-1	0	4	2	3	-2
Große KWK, fossil	0	-1	0	2	5	3	4	-1
BHKW, fossil	0	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-1
Biogene KWK	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	0	7	14	18	21	23	23	29

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Die Darstellung zeigt, dass rund ein Viertel der gesamten CO_2-Minderungen auf den Zeitraum vor der Unterzeichnung der KWK-Vereinbarung im Jahr 2003 entfällt.

Insgesamt weist die Ausweitung der KWK-Stromerzeugung die größte CO_2-Minderung von 21 bzw. 23 Mio. t CO_2 bis 2010 auf. Davon entfallen rund 40 % (8 bzw. 9 Mio. t CO_2) auf die dynamisch wachsende KWK-Stromerzeugung mit biogenen Brennstoffen, insbesondere seit 2005. Dieser Betrag ist von 2008 auf 2009 auch durch den Einbruch im Bereich der großen KWK besonders deutlich ausgefallen. Im Bereich der großen fossilen KWK-Erzeugung hat hingegen zwischen 2003 und 2008 keine wesentliche Ausweitung der Minderungseffekte durch KWK-Stromerzeugung stattgefunden. Im Jahr 2009 hingegen ist ein deutlicher Einbruch festzustellen, der im Jahr 2010 von einem erheblichen Anstieg auf ein bisheriges deutliches Maximum gefolgt wird.

Die KWK-Wärmerzeugung weist mit 8 Mio. t CO_2 bis 2010 den zweitgrößten CO_2-Minderungsbeitrag auf. Da die KWK-Wärmeerzeugung nicht in gleichem Maße wie die KWK-Stromerzeugung angestiegen ist (vgl. die steigende Stromkennzahl in Tabelle 8-10) fällt diese Zunahme relativ gesehen niedriger aus. Während die CO_2-Minderung durch KWK-Wärme im Bereich großer fossiler KWK-Anlagen zwischen 2005 und 2009 rückläufig ist und erst im Jahr 2010 wieder ein deutlicher Minderungsbeitrag zu beobachten ist, hat der Beitrag der biogenen KWK-Anlagen im gleichen Zeitraum stark zugenommen (auf 4 Mio. t CO_2 im Jahr 2010).

In den Tabellen werden nur geringe zusätzliche CO_2-Minderungseffekte durch die Einsparung der CO_2-Emissionen der KWK-Anlagen ausgewiesen, im Jahr 2010 fallen diese sogar negativ aus. Dabei muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass eine annähernde Konstanz der CO_2-Emissionen der KWK-Anlagen bei seit 1998 gestiegener KWK-Strom- und Wärmeproduktion nur durch eine deutliche Verringerung der spezifischen CO_2-Emissionen durch Veränderung des Brennstoffmixes (siehe die spezifischen CO_2-Emissionen in Tabelle 8-12 und Tabelle 8-13) möglich war.

Wird diese Analyse nur für die beiden Berichtskreise der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft durchgeführt, ergibt sich eine ähnliche Verteilung der Einflussparameter:

Tabelle 8-19: Einfluss der einzelnen Komponenten zur CO_2-Minderung im Erfassungskreis der Verbände (Referenzsystem 1), 1998, 2003-2010

	CO_2-Minderung ggü. 1998 (Minimum, Mio. t CO_2)							
	1998	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010
KWK-Stromerzeugung	0	9	13	14	12	14	12	17
Allgemeine Versorgung	0	12	14	15	14	15	12	15
Industrielle Kraftwirtschaft	0	-3	-1	-1	-1	-1	-1	2
KWK-Wärmeerzeugung	0	3	4	4	3	3	2	6
Allgemeine Versorgung	0	4	6	7	5	5	5	6
Industrielle Kraftwirtschaft	0	-1	-2	-3	-2	-2	-2	0
CO_2-Emissionen der KWK-Anlagen	0	-4	-2	-1	2	1	2	-3
Allgemeine Versorgung	0	-12	-11	-10	-7	-9	-7	-10
Industrielle Kraftwirtschaft	0	8	9	9	9	9	9	7
Gesamt	0	8	14	17	18	18	16	20

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Der Einfluss der erhöhten KWK-Stromerzeugung fällt im Erfassungskreis der Verbände noch stärker ins Gewicht: so hat diese einen Anteil von 85 % an der Gesamteinsparung gegenüber 79 % bei der Gesamtbetrachtung.

8.6.3 Exkurs zum Referenzsystem

In dem hier vorliegenden Monitoringbericht werden wie zu Beginn des KWK-Monitorings vereinbart zwei verschiedene statische Referenzsysteme zur Berechnung der CO_2-Einsparungen verwendet. Für den hier erforderlichen Zweck der Vergleichbarkeit zwischen den Jahren ist dieses ein angemessenes Verfahren. Dennoch soll in diesem Kapitel ein kurzer Vergleich angestellt werden, welche Auswirkungen die Verwendung eines dynamischen Systems auf die berechneten CO_2-Einsparungen haben würde.

Ein solches dynamisches System mit im Zeitverlauf sinkenden spezifischen Emissionen für das Referenzsystem trägt der Tatsache Rechnung, dass sich mit der Zeit auch Verbesserungen im Referenzsystem beobachten lassen und ein statisches System unweigerlich nach einem gewissen Zeitraum ein veraltetes System abbildet. Für diese Beispielrechnung sollen deshalb die aktuellen Vermeidungsfaktoren aus BMU (2012) verwendet werden für das Jahr 2010[13]: 679 g CO_2/kWh für die Strom- und 273 g CO_2/kWh für die Wärmeerzeugung. Zwischen 1998, für das die Vermeidungsfaktoren des ersten Referenzsystems gewählt werden (770 bzw. 295 g CO_2/kWh), und 2010 findet eine lineare Interpolation statt.

[13] Diese beziehen sich auf die Verdrängungswirkung von Biomasse-Anlagen, sollen hier dennoch beispielhaft herangezogen werden, um einen sinkenden Verlauf der spezifischen CO_2-Emissionen des Strom-Referenzsystems zu veranschaulichen.

Tabelle 8-20 CO_2-Einsparungen gegenüber dynamischen Referenzsystem

Berichtskreis	CO_2-Einsparungen ggü. 1998 (Mio. t CO_2) - Minimum								
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Allgemeine Versorgung	0,0	1,9	3,0	4,9	7,3	6,7	6,0	3,4	3,5
davon kommunale Unternehmen[1]	*0,0*	*1,1*	*1,6*	*3,5*	*5,8*	*5,3*	*5,5*	*5,4*	*6,8*
Industrielle Kraftwirtschaft	0,0	1,9	1,5	3,0	2,5	2,7	2,6	2,8	4,4
Gesamt (AV und IKW)	0,0	3,8	4,5	7,9	9,8	9,4	8,5	6,2	7,9
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	0,0	-1,8	-1,8	-1,7	-1,0	1,3	3,0	4,5	5,8
nicht erfasste BHKW[2]	*0,0*	*-1,8*	*-1,8*	*-1,7*	*-1,7*	*-1,6*	*-1,5*	*-1,4*	*-1,2*
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen[3]	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,6*	*2,9*	*4,5*	*5,9*	*7,0*
Gesamte KWK-CO_2-Einsparungen ggü. 1998 (Minimum)	0,0	2,0	2,7	6,1	8,7	10,7	11,5	10,7	13,7

[1] entspricht berichteten Werten ohne Anpassungen

[2] 1998 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossil betriebenen BHKW, die nicht von öffentlicher Versorgung und Industrie erfasst wurden. Ab 2003 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, da diese nicht von der amtlichen Statistik erfasst werden.

[3] Nicht erfasste biogene KWK-Anlagen entsprechen der biogenen KWK-Stromerzeugung, die aus Daten von AGEE-Stat und Bundesnetzagentur abgeleitet werden kann und nicht bereits in den Datengerüsten der allgemeinen Versorgung oder industriellen Kraftwirtschaft enthalten sind (Abzugsverfahren).

Quellen: Eigene Berechnungen Öko-Institut.

Bei ansonsten völlig gleichbleibenden Werten ergibt sich eine Gesamteinsparung von 13,7 Mio. t CO_2 im Jahr 2010 (davon 7,9 Mio. t CO_2 im Erfassungsbereich der Verbände), gegenüber dem Ergebnis von 26,6 Mio. t CO_2 bei Verwendung des statischen Referenzsystems 1 (19,6 Mio. t CO_2 für die Verbände). Diese Beispielrechnung veranschaulicht die große Sensitivität der Rechnung in Bezug auf das verwendete Referenzsystem.

9 Betrachtung der installierten KWK-Leistung

Grundsätzlich ist auch die Entwicklung der installierten KWK-Leistung von Interesse, da diese weniger von konjunkturellen Schwankungen betroffen ist als die Strom- und Wärmeerzeugung aus KWK-Anlagen. Damit wird die Betrachtung der Auswirkung der KWK-Vereinbarung um tatsächliche Zubaueffekte ergänzt.

Im Rahmen der abschließenden Arbeiten zur KWK-Vereinbarung erfolgte deshalb durch den BDEW in Absprache mit dem VIK eine Zusammenstellung der KWK-Leistungen, um eine Übersicht über den Stand an KWK-Installationen zu erlangen.

Unterschieden wird dabei grundsätzlich in die Kategorien

- Dampfturbinen (DT-Entnahmekondensations- und Gegendruckmaschinen)
- Gasturbinen (GT mit Abhitzekessel)
- GuD-Anlagen (Gasturbinen mit nachgeschalteter Dampfturbine und Abwärmenutzung)
- Verbrennungsmotoren und sonstige Anlagen (VM- BHKW)

Diese Betrachtungen des BDEW werden durch das Öko-Institut geprüft und durch Annahmen in Bezug auf die installierte Leistung im Bereich der industriellen Kraftwirtschaft sowie von Verbrennungsmotoren und biogen betriebenen KWK-Anlagen ergänzt. Die Zusammenführung der Gesamtleistung stellt damit einen Zusammenschnitt aus einer Bottom-up-Betrachtung des BDEW und einer Top-down-Analyse des Öko-Instituts dar, die keinen Anspruch auf eine exakte Abgrenzung zwischen den einzelnen Erfassungsbereichen haben kann. Vielmehr geht es hier um eine solide Schätzung der installierten KWK-Leistung, die das Bild der KWK-Landschaft ergänzen und die Einordnung von jährlich zugebauten Leistungsmengen ermöglichen soll.

Die Analyse der KWK-Leistung beschränkt sich auf die Stichjahre des KWK-Monitorings und umfasst damit die Jahre 1998 bzw. 2003, 2005 und 2010.

9.1 Definition der KWK-Leistung

Im Folgenden wird unter der „KWK-Leistung“ die elektrische installierte Engpaßleistung einer Anlage verstanden, die der maximalen elektrischen Leistung bei gleichzeitiger maximaler Wärmeauskopplung entspricht. Dabei wird nur derjenige Anteil der elektrischen Leistung betrachtet, der direkt mit Wärmeauskopplung verbunden ist (die KWK-Scheibe). Der Anteil der elektrischen Leistung, der sich ausschließlich auf die Erzeugung von Strom bezieht (Kondensations-Anteil, im Folgenden „Kond-Leistung“), wird nicht berücksichtigt. Der Begriff der „elektrischen Leistung der KWK-Anlage“ hingegen summiert beide Leistungsanteile.

Je nach Anlagentyp und KWK-Konfiguration entspricht die KWK-Leistung damit entweder der installierten elektrischen Leistung oder sie ist kleiner als diese. Insbesondere bei Anlagen mit nur einer geringen Wärmeanschlussleistung oder einer geringen

Stromkennzahl, ist die elektrische KWK-Leistung häufig deutlich kleiner als die gesamte elektrische Leistung.

Bei Gasturbinen mit Abhitzekesseln, ORC-Anlagen, Verbrennungsmotoren und Gegendruckmaschinen kann angenommen werden, dass die elektrische Nettoleistung der Anlage der KWK-Leistung entspricht, wenn eine entsprechende Nutzwärmeauskopplung möglich ist.

Bei Anzapf- und Entnahmekondensationsmaschinen muss die entsprechende KWK-Leistung entweder auf Anlagenbasis bestimmt oder mit Hilfe geeigneter Kennwerte geschätzt werden.

9.2 Analyse des BDEW für Anlagen der allgemeinen Versorgung

Für die Analyse des BDEW wurden vor allem die AGFW-Hauptberichte zur Fernwärmeversorgung 1998-2009 als Datengrundlage verwendet, die seit dem Jahr 2007 in dem hier verwendeten Detaillierungsgrad nicht mehr öffentlich verfügbar sind. Als weitere Datenquelle wurden die von der DEHSt veröffentlichten Emissionshandelsinventare und die von den Übertragungsnetzbetreibern veröffentlichten EEG-Anlagenstammdaten verwendet. Für Informationen zu Veränderungen im Anlagenbestand in den Jahren 2005-2010 wurden zusätzlich zu diesen Quellen Erhebungen des Verbandes, Kraftwerkslisten (UBA und BNA), Literatur- und Internetrecherchen sowie Unternehmensangaben verwendet.

Abgrenzung

Der vom BDEW in dieser Analyse betrachtete Berichtskreis umfasst vornehmlich Dampfturbinen, Gasturbinen und GuD-Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW. Für Anlagen dieser Größenordnung ließ sich mit Hilfe der Emissionshandel-Daten der DEHst und der EEG-Daten der Übertragungsnetzbetreiber feststellen, welche Anlagen in Betrieb sind und ob ggf. über den Berichtszeitraum wesentliche Erweiterungen oder Stilllegungen stattgefunden haben, die sich auf die KWK-Leistung ausgewirkt haben könnten.

Die Daten zu den Verbrennungsmotoren wurden vom BDEW nur indikativ mitgeführt. Das liegt vor allem darin begründet, dass diese Anlagenleistungen in den AGFW-Daten häufig summiert angegeben werden und damit in der Rubrik Blockheizkraftwerke eine unbestimmte Leistung an Verbrennungsmotorenanlagen und sonstigen Anlagen (z.B. ORC-Anlagen oder Brennstoffzellen) mit einer Leistung von weniger als $1MW_{el}$ ausgewiesen wird. Andererseits ist davon auszugehen, dass nicht alle BHKW gemeldet wurden und nicht wie bei den großen Anlagen eine nachträgliche anlagenscharfe Erfassung möglich ist. Die vom BDEW angegebene Zahl für dieses Segment ist damit nur als Anhaltswert zu verstehen, der weder einen Anspruch auf Vollständigkeit noch auf eine exakte Abgrenzung hinsichtlich der Anlagengröße hat.

Zuweisung zu einzelnen Jahren

Für das Jahr Basisjahr 1998 wurden Anlagenleistungen des AGFW ergänzt durch zusätzlich einzubeziehende Dampf- und Gasturbinen sowie GuD-Anlagen, die der BDEW bereits im ersten Monitoringbericht für die Jahre 1998-2005 in seinem Fortschrittsbericht aufführte.

Veränderungen des Berichtskreises der AGFW-Statistik und eine Bereinigung des Fremdbezugs um Anlagen, die dem Berichtskreis Bergbau und verarbeitendes Gewerbe zugehören, sowie Neuinbetriebnahmen, Kapazitätserweiterungen und Schließungen bis zum Jahr 2010 wurden durch den BDEW durch anlagenscharfe Betrachtungen berücksichtigt.

Für das Jahr 2005 wurden die Daten des AGFW mit Informationen aus dem Bericht für das Jahr 2006 ergänzt, da Neuinbetriebnahmen und Modernisierungen, die aufgrund der Fristen es KWK-Gesetzes in verstärktem Maße gegen Ende des Jahres 2005 erfolgten, sich erst in den Statistiken des Jahres 2006 niedergeschlagen haben.

Identifizierung der KWK-Leistung

In den AGFW-Berichten wird die elektrische KWK-Leistung von eigenen Anlagen der berichtenden Unternehmen nach Anlagentyp ausgewiesen.

Bezüglich des Fremdbezugs erfolgt in den AGFW-Berichten jeweils die Angabe des Wärmebezugs, des Prozentsatzes der davon in KWK erzeugten Wärme und die vertragliche Wärmeleistung. Der BDEW berichtet, dass die Bezugsleistung in Gänze identifiziert und entweder dem Bereich der allgemeinen Versorgung oder der Industrie zugeordnet werden konnte. Durch die anlagenscharfe Identifizierung war auch eine Aufteilung auf die Maschinenarten möglich. Die Quantifizierung der KWK-Leistung für diese und andere Anlagen, die nicht in den AGFW-Berichten aufgeführt werden, erfolgte dann mit dem im Folgenden beschriebenen Verfahren:

Für Gasturbinen mit Abhitzekesseln, ORC-Anlagen, Verbrennungsmotoren und Gegendruckmaschinen (inklusive GuD-Anlagen mit Gegendruckturbine) wird angenommen, dass die gesamte elektrische Nettoleistung der Anlage der elektrischen KWK-Leistung entspricht, insoweit eine entsprechende Nutzwärmeauskopplung aufgrund vorhandener Wärmesenken möglich ist.

Für Anzapf- und Entnahmekondensationsmaschinen (inklusive GuD-Anlagen mit Entnahmekondensationsturbine) wird die zugehörige KWK-Leistung über typische leistungs- und arbeitsbezogene Stromkennzahlen nach Anlagenart und Brennstoff abgeleitet.

Für Anlagen, bei denen die Maschinenart nicht eindeutig bestimmt werden konnte, erfolgt im Falle stromgeführter Anlagen (im Regelfall installierte Leistung $MW_{el} > MW_{th}$) die Bestimmung der KWK-Leistung über Multiplikation einer typischen Stromkennzahl (nach Brennstoff bzw. Feuerungsanlagentechnologie) mit der installierten Nettowärmeleistung (ohne Spitzenkessel.)

Die Ableitung von typischen leistungsbezogenen Stromkennzahlen beruht im Fall von Steinkohle-, Braunkohle- oder erdgasgefeuerten Anlagen auf den Daten des AGFW-Hauptberichtes 2006 und 2009. Für andere Brennstoffe wurden arbeitsbezogene Stromkennzahlen aus der Energiestatistik der allgemeinen Versorgung der Jahre 2005-2010 ermittelt, ebenso wie Umrechnungsfaktoren für Brutto-Netto-Verhältnisse.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte in fünf Teilgruppen für die Anlagenarten Dampfturbinen, Gasturbinen (mit Abhitzekessel), GuD-Anlagen und Sonstige (BHKW). Die Abgrenzung zu Anlagen der industriellen Kraftwirtschaft wurde mit dem VIK abgestimmt.

9.3 Bewertung der Gutachter

Die vom BDEW angestellte Analyse ergibt ein detailliertes Bild der installierten KWK-Leistung der allgemeinen Versorgung, das vom beschrieben Verfahren her in sich stimmig erscheint. Grundsätzlich kann die Analyse jedoch wegen der zum Teil unveröffentlichten AGFW-Daten und Verbandsumfragen, aber auch auf Grund der zahlreichen zusätzlichen anlagenspezifischen Informationen, von den Gutachtern nicht im Detail nachvollzogen werden. In Bezug auf einzelne Aspekte ergaben sich Nachfragen insbesondere durch den Vergleich mit statistischen Daten, die in einer ersten Stellungnahme vom 14.03.2012 zusammengefasst wurden. Der Bericht wurde daraufhin an einzelnen Stellen im betreffenden Kapitel überarbeitet, vor allem in Bezug auf die Stromkennzahl für GuD-Anlagen.

Die vom BDEW verwendeten **leistungsbezogenen Stromkennzahlen**, die auf Basis der AGFW-Berichte erstellt wurden, sind an Hand von Stichproben nachvollzogen worden. Die Werte für Dampfturbinen und Gasturbinen in den Stichproben entsprechen den vom BDEW verwendeten Werten. Die angesetzten Stromkennzahlen für GuD-Anlagen basieren auf dem AGFW-Bericht 2009, der nicht öffentlich ist. Mit der Überarbeitung des Berichts wurde die Stromkennzahl für GuD-Anlagen zusätzlich unterteilt in Entnahmekondensationsanlagen und Gegendruckanlagen. Die weiterhin in der Analyse erwähnten öffentlich verfügbaren Daten aus den AGFW-Berichten konnten weitgehend nachvollzogen werden.

Im AGFW-Arbeitsblatt FW 308 sind Obergrenzen leistungsbezogener Stromkennzahlen für verschiedene Prozesse bzw. Anlagentypen aufgeführt, die in der Praxis nur in Ausnahmefällen erreicht oder überschritten werden und damit für Plausibilitätsbetrachtungen als Obergrenze anzusetzen sind. Dampfturbinen-Heizkraftwerke im Fernwärmebereich haben hier einen Wert von 0,7, die Werte des BDEW liegen im Bereich von 0,21-0,42. Gasturbinen-Abhitzekessel haben eine Obergrenze von 0,8, GuD-Anlagen (über 400 MW) liegen bei 1,5. Die Werte des BDEW befinden sich mit 0,6 und 0,98 bzw. 0,93 deutlich unter diesen Obergrenzen, jedoch sind in der BDEW-Analyse auch erheblich kleinere GuD-Anlagen abgedeckt.

Die **arbeitsbezogenen Stromkennzahlen** für mit Biomasse betriebene Dampfturbinen lassen sich mit den Daten des Statischen Bundesamtes (Tabelle 066) nachvollziehen.

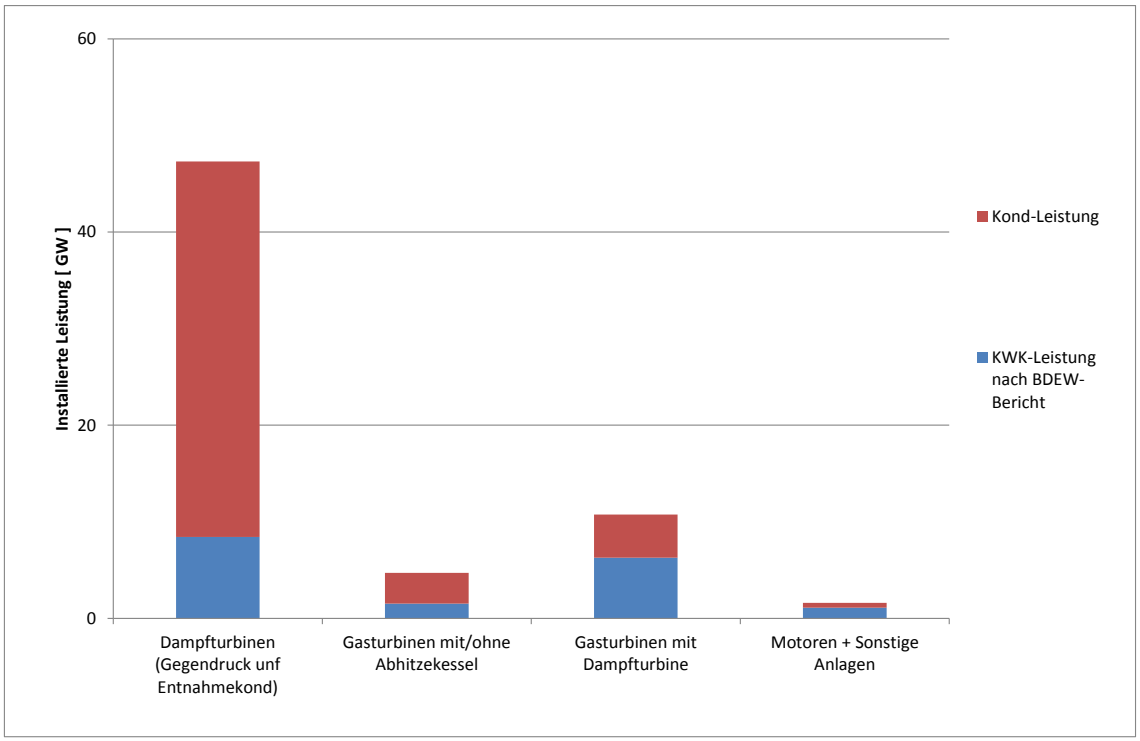
Für die Jahre 2005-2010 ergibt sich eine durchschnittliche Stromkennzahl von 0,4, im Zeitraum 2006-2010 jedoch wie vom BDEW angesetzt 0,41- wobei ein deutlich steigender Trend über die Jahre zu beobachten ist. Die Verwendung einer Stromkennzahl von 0,41 erscheint damit angemessen. Für Hausmüll/Siedlungsabfall ergibt sich im Zeitraum 2005-2010, wie vom BDEW genannt, eine durchschnittliche Stromkennzahl von 0,26 - ebenso für Industrie-Abfall 2009-2010, so dass auch diese Stromkennzahl als geeignet für die Abschätzung der Leistung erscheint.

Für arbeitsbezogene Stromkennzahlen werden im AGFW-Arbeitsblatt FW 308 Bandbreiten angegeben: Für mit Müll/Ersatzbrennstoffen betriebene Dampfturbinen liegt die arbeitsbezogene Stromkennzahl mit 0,26 im unteren Bereich der in der FW 308 gegebenen Bandbreite von 0,2-0,4. Für biogen betriebene Dampfturbinen rechnet der BDEW mit 0,41, ein Wert, der wegen dem Biomasse-Einsatz im unteren Bereich für Fernwärme-Dampfturbinen in der FW 308 liegt (0,4-0,7).

Abgleich mit statistischen Daten zur installierten Leistung

Für eine Einordnung der vom BDEW ermittelten KWK-Leistung wird diese im Folgenden der installierten Netto-Engpaßleistung der allgemeinen Versorgung nach den Daten des Statistischen Bundesamtes gegenüber gestellt. Berücksichtigt werden dabei nur Anlagentypen mit KWK nach den Daten des Statistischen Bundesamtes (Tabelle 066/Tabelle 1). Diese sind damit Dampfturbinen (hier nur Gegendruck und Entnahmekondensationsmaschinen), Gasturbinen, Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen, Stirling-Motoren, Dampfmotoren und ORC-Anlagen sowie „Sonstige Anlagen“. Die installierte elektrische Netto-Engpaßleistung dieser Maschinenarten, wie sie sich aus der Statistik ablesen lässt, entspricht damit der Summe der KWK-Leistung nach den Angaben des BDEW und einem Differenzbetrag, hier „Kond-Leistung“ genannt.

Abbildung 9-1 Installierte Leistung der Allgemeinen Versorgung nach Anlagentypen mit KWK – im Jahr 2010



Quellen: StBa Tab 066; BDEW-Monitoringbericht 2012.

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, dass im Bereich der allgemeinen Versorgung knapp 18 % der installierten Gegendruck- und Entnahmekondensations - Dampfturbinen-Leistung KWK-Leistung ist, 58 % der installierten GuD-Leistung, 32 % der restlichen Gasturbinen, sowie 69 % der Sammelkategorie „Motoren und sonstigen Anlagen“. Beim letzten Block muss jedoch berücksichtigt werden, dass dieser nur indikativ durch den BDEW berichtet wurde, wegen der Einbeziehung von Anlagen unter 1 MW und der unsicheren Abdeckung der Anlagen bis 20 MW Feuerungswärmeleistung.

Für eine weitere Untersuchung der durch den BDEW ermittelten KWK-Leistungen wurden weiterhin auch die Daten des Statistischen Bundesamtes zur thermischen Netto-Engpassleistung sowie zur KWK- und Gesamtstromerzeugung nach Anlagentypen betrachtet. Durch die Bildung von arbeitsbezogenen KWK-Anteilen und Stromkennzahlen wurden KWK-Leistungen abgeschätzt. Diese und die Stromkennzahlen wurden den Daten des BDEW gegenüber gestellt:

Tabelle 9-1 Analyse der Daten des StBA zum Vergleich mit den durch den BDEW ermittelten KWK-Leistungen

	Engpassleistung elektrisch netto	Engpassleistung thermisch netto	KWK-Stromerzeugung	KWK-Anteil (arbeitsbez.)	Stromkennzahl (arbeitsbez.)	Stromkennzahl (leistungsbez.)	KWK-Leistung mit KWK-Anteil	KWK-Leistung mit arbeitsbez. Stromkennzahl	**KWK-Leistung**
	GW		TWh				GW		
Allgemeine Versorgung	**64,4**	**38,4**	**53,4**				**15,3**	**20,3**	**17,3**
Dampfturbinen	47,3	26,1	25,3			0,21-0,42	5,9	10,7	8,5
Gegendruck	2,8	7,8	8,5	0,90	0,26		2,5	2,1	
Entnahmekondensation	44,5	18,3	16,8	0,08	0,47		3,4	8,6	
Gasturbinen	15,4	9,5	24,4				8,3	8,3	7,7
ohne Abhitzekessel	2,3	0,4	1,0	0,72	0,80		1,6	0,3	
mit Abhitzekessel	2,4	3,5	6,3	0,90	0,71	0,60	2,2	2,5	1,5
GUD	10,7	5,6	17,2	0,41	0,98	0,93-0,98	4,5	5,5	6,2
Motoren + Sonstige Anlagen	1,6	2,8	3,7			1,0	1,1	1,3	1,1
Verbrennungsmotoren	1,1	1,3	3,6	0,88	0,72		1,0	1,0	
Brennstoffzellen, Stirling- und Dampfmotoren, ORC	0,0	0,0	0,0	1,00	0,13		0,0	0,0	
Sonstige Anlagen	0,5	1,5	0,1	0,23	0,24		0,1	0,3	
Quellen	*StBA*			*Ableitung Öl aus StBA Zahlen*		*BDEW*	*Ableitung Öl aus StBA Zahlen*		*BDEW*

Quellen: StBa Tab 066; BDEW-Monitoringbericht 2012; eigene Berechnungen Öko-Institut.

Während sich die KWK-Leistung der Dampfturbinen nach den Arbeiten des BDEW mit 8,5 GW in der Mitte zwischen der mit Hilfe des KWK-Anteils und der Stromkennzahl abgeschätzten KWK-Leistung befindet[14], ist der Wert für die Gasturbinen-Leistung mit 7,7 GW etwa 0,5 MW unter der mit Hilfe der statistischen Daten ermittelten KWK-Leistung. Dabei ist der BDEW-Wert für GuD-Anlagen erheblich höher, für Gasturbinen mit Abhitzekessel hingegen niedriger.

Diese Abweichungen können aus unterschiedlichen Zuordnungen von Maschinenarten resultieren:

- ⇨ Zum einen ist aus den erhobenen statistischen Daten ersichtlich, dass die von den Betreibern angegebenen Informationen zu der Einordnung nach Maschinenarten nicht immer eindeutig ist: So wird z.B. KWK-Strom – und Wärmeerzeugung in nicht unerheblichen Mengen von Gasturbinen ohne Abhitzekessel berichtet, was entweder auf einer fehlerhaften Angabe oder einer besonderen Anlagenkonstruktion beruht, die solch eine Eingruppierung erklären könnte (z.B. eine direkte Abgabe der Wärme).
- ⇨ Zum anderen ist anzunehmen, dass auch besonders in Bezug auf die Angaben zu Gas- und Dampfturbinen unterschiedliche Einschätzungen dazu herrschen können, welche Anlagen als GuD-Anlage oder als getrennte Gas- und Dampfturbinen gemeldet werden. Da es keine eindeutigen Definitionen zu dem maximalen räumlichen Abstand zwischen den Turbinen für eine GuD-Anlage gibt und diese einzelnen Turbinen auch zu unterschiedlichen Zeiten installiert wor-

[14] Details zum methodischen Vorgehen in 9.4.1.

den sein können, gibt es in Bezug auf die Eingruppierung einen Ermessensspielraum.

Der vom BDEW als rein indikativ angegebene Wert für die KWK-Leistung von Motoren entspricht sehr gut der aus den statischen Daten ermittelten KWK-Leistung für Motoren und sonstige Anlagen.

Ein Abgleich mit der KWK-Stromerzeugung für die einzelnen Maschinenarten mit den Daten des Statistischen Bundesamtes zeigt, dass die sich damit ergebenden Vollbenutzungsstunden im Jahr 2010 zwischen 2.993 und 3.319 Stunden liegen, also in einer plausiblen Größenordnung (siehe dazu Tabelle 9-3).

Insgesamt erscheint die Vorgehensweise zur Abschätzung der Leistung als angemessen und das Ergebnis damit plausibel, so dass die durch den BDEW erhobenen Zahlen zur KWK-Leistung für das Gesamtgerüst der KWK-Leistung verwendet werden.

9.4 Gesamtgerüst der KWK-Leistung

Während im Bereich der allgemeinen Versorgung vom BDEW eine anlagenscharfe Untersuchung durchgeführt wurde, ist dies für den Bereich der industriellen Kraftwerke nicht möglich. In dem Monitoring-Bericht des VIK wurde nur die installierte Gesamtleistung aus den Daten des Statistischen Bundesamtes zitiert, eine Ermittlung der sich damit ergebenden KWK-Leistung erfolgte nicht. Für die Abschätzung der gesamten installierten KWK-Leistung ist weiterhin eine Ergänzung im Bereich der kleinen fossil betriebenen BHKW und der biogen betriebenen Anlagen außerhalb der Statistik erforderlich.

Für ein vollständiges Bild der installierten KWK-Leistung müssen für diese drei zusätzlichen Bereiche geeignete Abschätzungen durch die Gutachter durchgeführt werden. Dazu werden zum einen die Daten des Statistischen Bundesamtes sowohl in Bezug auf die installierten Leistungen als auch die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung verwendet (Tabellen 066 und 067). Zum anderen werden die Informationen aus der BHKW-Datenbank des Öko-Instituts für kleine fossil betriebene BHKW als auch die Daten der Bundesnetzagentur zu EEG-geförderten Biomasse-Anlagen verwendet.

9.4.1 Methodisches Vorgehen zur Ergänzung der Leistungen der allgemeinen Versorgung

Für die Ermittlung der KWK-Leistung in der industriellen Kraftwirtschaft werden die Daten des Statistischen Bundesamtes nach Anlagentypen genutzt (Tabellen 1 und 3), um Kennzahlen zur KWK zu gewinnen. Anschließend erfolgen geeignete Abschätzungen analog zu den Ergebnissen des Vergleichs dieser Kennzahlen mit den Bottom-up-Ergebnissen des BDEW.

Als Kennzahlen wurde einerseits der arbeitsbezogene KWK-Anteil als Verhältnis der KWK-Stromerzeugung zur gesamten Stromerzeugung ermittelt, zum anderen die ar-

beitsbezogene Stromkennzahl als Verhältnis der jährlichen KWK-Strom- zur KWK-Wärmeerzeugung. Durch die Multiplikation entweder der installierten elektrischen Engpassleistung mit dem KWK-Anteil bzw. der installierten thermischen Engpassleistung mit der Stromkennzahl ergeben sich zwei Abschätzungswerte für die KWK-Leistung:

$$\text{KWK–Leistung}_{\text{KWK-Anteil}} = \text{Stromerzeugung}_{\text{KWK}} / \text{Stromerzeugung}_{\text{Gesamt}} * \text{Leistung}_{\text{elektr,gesamt}}$$

$$\text{KWK–Leistung}_{\text{Stromk.}} = \text{Stromerzeugung}_{\text{KWK}} / \text{Wärmeerzeugung}_{\text{KWK}} * \text{Leistung}_{\text{therm,gesamt}}$$

Im Gegensatz zur anlagenscharfen Analyse des BDEW werden dabei die Leistungen auf hochaggregierter Ebene der Maschinenarten ermittelt. Außerdem findet durch die Verwendung der über das Jahr gemittelten Erzeugungswerte eine Berücksichtigung der tatsächlichen (durchschnittlichen) Fahrweise der KWK-Anlagen statt.

Während sich leistungsbezogene Kennzahlen auf Größen beziehen, die in einer Messzeit (meistens dem Auslegungszustand) ermittelt werden und damit Obergrenzen darstellen, beziehen sich arbeitsbezogene Kennzahlen auf Werte innerhalb einer Berichtszeit (hier ein Jahr). Damit liegen arbeitsbezogenen Werte, die auf langen Berichtszeiträumen beruhen, unter den leistungsbezogenen Werten, da die Anlagen im Mittel nicht im Auslegungszustand betrieben werden[15].

Die detaillierte Bottom-up-Betrachtung der installierten Leistungen und der Verwendung von leistungsbezogenen Stromkennzahlen bei der Analyse des BDEW stellt damit vom methodischen Gesichtspunkt eher eine Obergrenze für die KWK-Leistung dar.

Die Multiplikation der installierten elektrischen Leistung mit dem KWK-Anteil nach den Daten des Statistischen Bundesamtes stellt eine sichere Verknüpfung der KWK-und Gesamtleistung dar, die damit jedoch zu tendenziell niedrigeren Werten führt, in Abhängigkeit der Fahrweise der KWK-Anlagen pro Jahr.

Die Multiplikation der installierten thermischen Leistung mit der Stromkennzahl nach den Daten des Statistischen Bundesamtes führt hingegen zu etwas zu hohen Werten bezüglich der KWK-Leistung, da nicht die gesamte thermische Leistung für die Wärmeerzeugung in KWK zur Verfügung steht. So wird nur ein Anteil von rund 90% der in den Tabellen 66 und 67 berichteten Wärmeerzeugung in KWK erzeugt, insbesondere, weil in der berichteten thermischen Engpassleistungen auch Spitzenkessel mit berücksichtigt sein können. Die Verwendung eines Abschlags wäre hier angebracht, da die Quantifizierung eine Abschätzung der Spitzenkesselleistung erfordern würde und diese Angabe nicht verfügbar ist, würde diese Herangehensweise keine genaueren Ergebnisse erzielen. Der durch die arbeitsbezogene Stromkennzahl ermittelte Wert der KWK-Leistung wird damit rein qualitativ als oberer Wert angesehen.

---

[15] Im vorliegenden Fall liegt die leistungsbezogene Stromkennzahl nach der Auswertung der AGFW-Daten unter den arbeitsbezogenen Werten. Dieses beruht auf den in Kapitel 9.3 dargestellten unterschiedlichen Abgrenzungen.

9.4.2 Industrielle Kraftwirtschaft

Für die Abschätzung der KWK-Leistung der industriellen Kraftwirtschaft wird analog zum Vergleich der Leistungszahlen der allgemeinen Versorgung in Kapitel 9.3 eine Tabelle mit Hilfe der statistischen Daten erstellt. Das Verfahren wird dabei zusätzlich gestützt durch die Ergebnisse, die im Vergleich der Zeitreihen zur KWK-Leistung für die allgemeine Versorgung gewonnen wurden (siehe dazu auch Abbildung 9-2). Durch die so ermittelten Eckwerte der KWK-Leistung kann auf detaillierter Maschinenartebene eine Abschätzung vorgenommen werden mit den folgenden Annahmen:

- Für Gegendruck-Dampfturbinen wurde die installierte elektrische Gesamtleistung angesetzt
- Für Entnahme-Kondensationsmaschinen sollte nach Experten-Einschätzung des VIK 90 % der installierten elektrischen Leistung angesetzt werden, da die Anlagen in der Industrie im Allgemeinen dafür ausgelegt sind, mit 10 % des Dampfmassenstroms durch den Kondensator zu fahren.
- Für Gasturbinen ohne Abhitzekessel wird die mit der Stromkennzahl bestimmte Leistung angesetzt. Eigentlich kann angenommen werden, dass bei dieser Maschinenart keine KWK-Erzeugung stattfindet. Da aber (geringfügige) Daten zur KWK-Erzeugung vorliegen, finden diese hier damit dennoch Berücksichtigung. Der VIK merkt an, dass Gasturbinen generell nicht als reine Stromerzeuger in der Industrie eingesetzt werden.
- Für Gasturbinen mit Abhitzekessel und GuD-Anlagen wird der niedrigere der Eckwerte angesetzt – damit liegen die Werte jeweils knapp unter der elektrischen installierten Leistung.
- Für Verbrennungsmotoren und Brennstoffzellen wird die gesamte installierte elektrische Leistung angesetzt.
- Für sonstige Anlagen wird die mit dem KWK-Anteil bestimmte KWK-Leistung verwendet.

Tabelle 9-2 Ableitung der KWK-Leistung für die industrielle Kraftwirtschaft (2010)

	Engpassleistung elektrisch netto	Engpassleistung thermisch netto	KWK-Stromerzeugung	KWK-Anteil (arbeitsbez.)	Stromkennzahl (arbeitsbez.)	KWK-Leistung mit KWK-Anteil	KWK-Leistung mit arbeitsbez. Stromkennzahl	**KWK-Leistung**
	GW		TWh			GW		
Industrielle Kraftwirtschaft	**9,7**	**25,5**	**29,8**			**6,2**	**8,0**	**9,1**
Dampfturbinen	6,7	19,2	12,9			3,3	4,5	6,3
Gegendruck	2,4	9,9	7,5	0,86	0,18	2,1	1,8	2,4
Entnahmekondensation	4,3	9,3	5,4	0,29	0,29	1,2	2,7	3,8
Gasturbinen	2,6	4,8	16,0			2,5	3,3	2,5
ohne Abhitzekessel	0,1	0,1	0,1	0,42	0,34	0,0	0,0	0,0
mit Abhitzekessel	1,8	3,3	11,5	0,98	0,65	1,8	2,1	1,8
GUD	0,7	1,4	4,3	0,98	0,82	0,7	1,2	0,7
Motoren + Sonstige Anlagen	0,5	1,5	0,9			0,3	0,2	0,4
Verbrennungsmotoren	0,3	0,2	0,8	0,93	0,79	0,3	0,2	0,3
Brennstoffzellen, Stirling- und Dampfmotoren, ORC	0,0	0,0	0,1	0,80	0,21	0,0	0,0	0,0
Sonstige Anlagen	0,1	1,2	0,0	0,12	0,02	0,0	0,0	0,0

Quellen: StBa Tab 067; BDEW-Monitoringbericht 2012; eigene Berechnungen Öko-Institut.

Damit ergibt sich für das Jahr 2010 eine KWK-Leistung von insgesamt 9,1 GW im Bereich der industriellen Kraftwirtschaft.

9.4.3 Fossil betriebene Motoren

Die installierte Leistung von BHKW unter 1 MW wird durch die Informationen der BHKW-Datenbank ergänzt (siehe dazu 7.1.1), die dieser direkt entnommen werden können. Für das Jahr 2010 ergibt sich eine installierte KWK-Leistung von 0,9 GW, die der installierten Gesamtleistung entspricht.

9.4.4 Biogen betriebene Anlagen außerhalb der Statistik

Die KWK-Leistung von biogen betriebenen Anlagen wird aus den Daten der Bundesnetzagentur gewonnen. Im Jahr 2010 sind dort 4,5 GW installierter Leistung für die Förderung durch das EEG gemeldet gewesen, davon 2,7 GW unter 1 MW und 1,8 GW über 1 MW.

Beim Vergleich mit den Daten der AGEE-Stat ergibt sich ein Anteil von 73 % der Stromerzeugung aus Biomasse (fest, flüssig, gasförmig), die außerhalb der Statistik erfolgt (AGEE-Stat: 27,3 TWh, nach StBA: 7,3 TWh). Deshalb wird überschlägig angenommen, dass dieser Anteil auch der installierten Leistung entspricht, die nicht statistisch erfasst ist. Damit liegen dann rund 75 %* 4,5 GW, also 3,3 GW außerhalb der Statistik. Unter Beaufschlagung des KWK-Anteils von 37 %, der sich aus den Daten der EEG-geförderten Biomasse-Anlage für alle Anlagen ergibt (siehe dazu 7.2), lässt sich eine KWK-Leistung von 1,2 GW abschätzen.

Für biogene KWK-Anlagen erfolgt die Aufteilung in Motoren und Dampfturbinen unter Verwendung der Ergebnisse des Umweltbundesamtes im Rahmen der AGEE-Stat[16]. Daraus ergibt sich, dass der Motoren-Anteil zwischen 2006 und 2010 deutlich angestiegen ist: von 70% auf 88 %.

9.4.5 Zusammenfassung zum Gesamtgerüst

Damit ergibt sich das in der folgenden Tabelle dargestellte Gesamtgerüst der installierten KWK-Leistung in Deutschland:

Tabelle 9-3 Gesamtgerüst der installierten KWK-Leistung, 2010

	Engpass-leistung elektrisch	KWK-Leistung	Kond-Leistung	KWK-Strom-erzeugung	Voll-benutzungs-stunden
	GW			MWh	Std.
Gesamt	**78,3**	**28,5**	**49,8**	**93.368.188**	**3.272**
Dampfturbinen	54,4	14,9	39,5	39.011.773	2.622
Gasturbinen	18,0	10,2	7,8	40.430.638	3.961
Motoren + Sonstige Anlagen	5,9	3,5	2,4	13.925.777	4.034
Gesamt AV + IKW	**74,1**	**26,4**	**47,7**	**83.199.753**	**3.151**
Dampfturbinen	54,0	14,7	39,3	38.217.664	2.593
Gasturbinen	18,0	10,2	7,8	40.430.638	3.961
Motoren + Sonstige Anlagen	2,1	1,5	0,6	4.551.451	3.127
Allgemeine Versorgung	**64,4**	**17,3**	**47,1**	**53.405.153**	**3.090**
Dampfturbinen	47,3	8,5	38,9	25.300.517	2.993
Gasturbinen	15,4	7,7	7,7	24.447.500	3.163
Motoren + Sonstige Anlagen	1,6	1,1	0,5	3.657.136	3.319
Industrielle Kraftwirtschaft	**9,7**	**9,1**	**0,6**	**29.794.600**	**3.267**
Dampfturbinen	6,7	6,3	0,4	12.917.147	2.055
Gasturbinen	2,6	2,5	0,1	15.983.139	6.449
Motoren + Sonstige Anlagen	0,5	0,4	0,1	894.315	2.528
Außerhalb der Statistik	**4,2**	**2,1**	**2,1**	**10.168.435**	**4.759**
Fossile BHKW unter 1 MW	0,9	0,9	0,0	3.274.649	3.577
Motoren	0,9	0,9	0,0	3.274.649	3.577
Biogen betriebene Maschinen außerhalb der Statistik *	3,3	1,2	2,1	6.893.786	*
dv. Dampfturbinen	0,4	0,1	0,2	794.109	
dv. Motoren	2,9	1,1	1,8	6.099.677	

* Biogene KWK-Anlagen benötigen einen Teil der erzeugten Wärme zur Aufrechterhaltung des Prozesses, dieser Wärmeanteil wird hier nicht in die Leistungsberechnung einbezogen. Aus diesem Grund ist auch die Berechnung der Vbh mit Hilfe der KWK-Stromerzeugung nicht sinnvoll.

Quellen: StBa Tab. 066 und 067; BDEW-Monitoringbericht 2012; BNA 2012, BMU 2012, BHKW-Umfrage, eigene Berechnungen Öko-Institut.

[16] Persönliche Kommunikation mit Herrn Schneider vom Umweltbundesamt.

Insgesamt wird damit eine KWK-Leistung von 28,5 GW abgeschätzt. Die Zuordnung zu der entsprechenden KWK-Stromerzeugung zeigt, dass sich damit plausible Vollbenutzungsstunden ergeben.

Der Zusammenschnitt aus einer anlagenscharfen Bottom-up-Betrachtung und einer Top-down-Analyse der statistischen Daten führt zu gewissen Unschärfen an den folgenden Stellen:

- Die Abgrenzung zwischen der Allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft kann nicht im Detail nachvollzogen werden und ist auch veränderlich von einem Jahr zum nächsten.
- Anlagen bis 20 MW sind nicht sicher erfassbar, da sie oft in der Berichterstattung (sowohl beim Statistischen Bundesamt als auch bei den AGFW-Daten) zusammengefasst werden.
- Motoren und biogen betriebene Anlagen außerhalb der Statistik sind nur grob abschätzbar, durch die relativ geringe Größenordnung ist der zu erwartende Fehler in Bezug auf die installierte KWK-Gesamtleistung jedoch begrenzt.

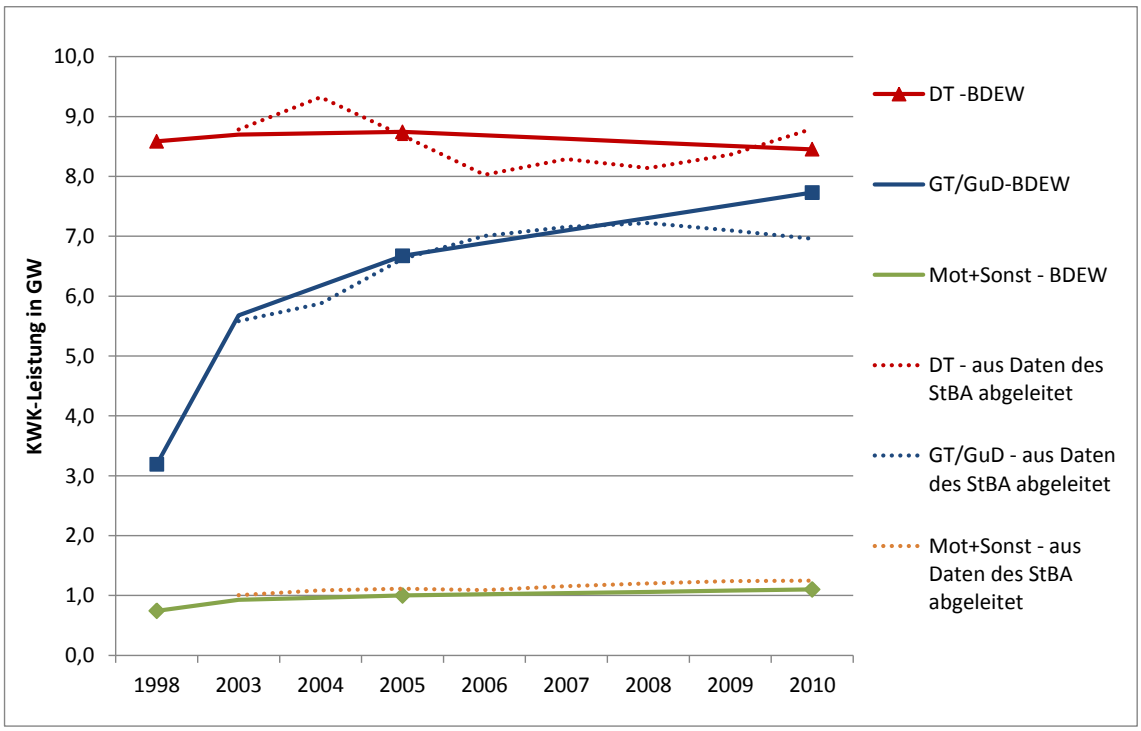
Diese Punkte gelten jedoch nicht nur in Bezug auf das Leistungsgerüst, sondern zum Teil auch bei der Ermittlung der Strom- und Wärmemengengerüste, und müssen grundsätzlich in Kauf genommen werden.

9.5 Zeitreihe der KWK-Leistung

Im Bericht des BDEW sind die KWK-Leistungen der Jahre 1998, 2005 und 2010 angegeben. In der folgenden Grafik sind diese Angaben vergleichend dargestellt mit den Werten, die sich aus den Herleitungen nach den Daten aus der Statistik 066 des Statistischen Bundesamtes ergeben. Die Daten des BDEW wurden zu diesem Zweck zwischen den Jahren interpoliert.

Für die Ableitung an Hand der statistischen Daten werden die in Abschnitt 9.2 getroffenen Annahmen für die Abschätzung der KWK-Leistung der industriellen KWK im Allgemeinen übernommen. Nur für Entnahmekondensationsanlagen kann die Annahme aus dem Industriebereich von 90% der installierten Leistungen nicht sinnvoll auf die allgemeine Versorgung übertragen werden. Hier wird deshalb für diese Maschinenart die Mitte der abgeschätzten Leistungen (mit KWK-Anteil und Stromkennzahl) als KWK-leistung angesetzt. Somit ergibt sich ein Verlauf der KWK-Leistung der allgemeinen Versorgung über die Zeitreihe, der in der folgenden Abbildung dargestellt ist:

Abbildung 9-2 KWK-Leistung der allgemeinen Versorgung 1998-2010



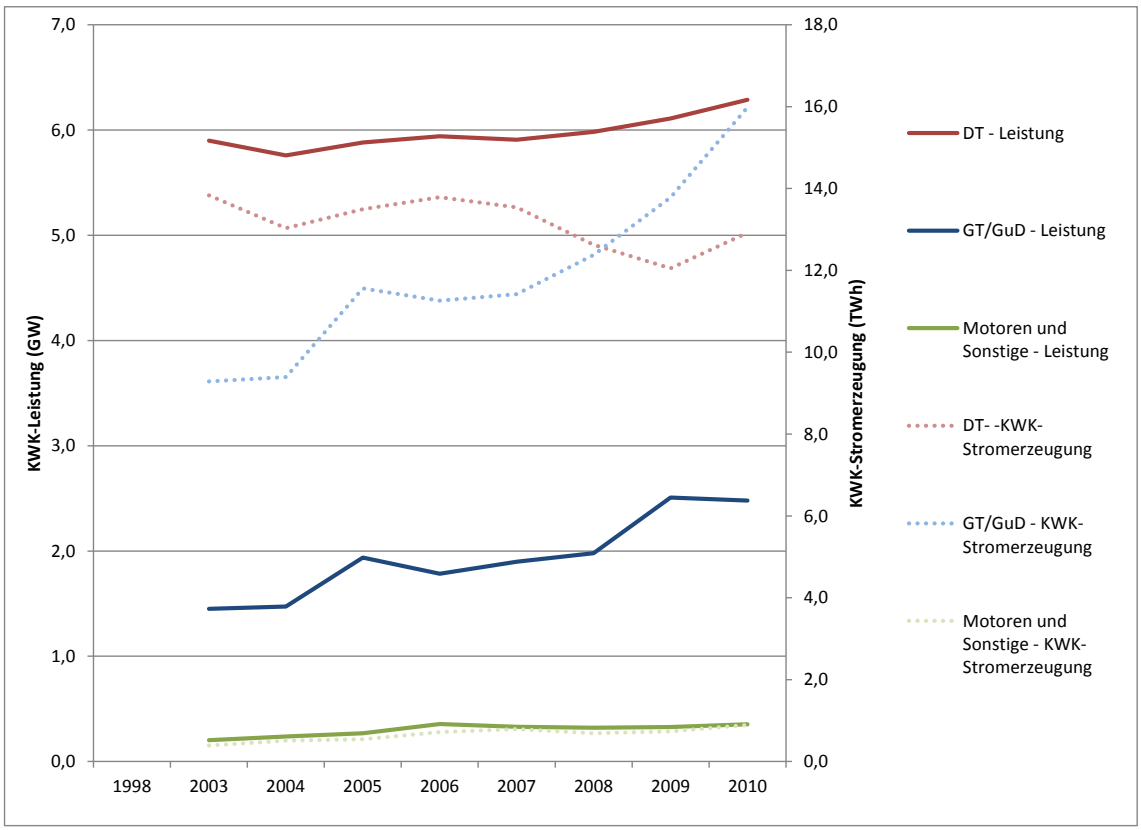
Quellen: StBa Tab. 066 und 067; BDEW-Monitoringbericht 2012; eigene Berechnungen Öko-Institut.

Im Vergleich der KWK-Leistungen aus der Abschätzung aus den statischen Daten und den Ergebnisse des BDEW zeigt sich ein ähnlicher Verlauf, wobei die Differenz bezüglich der Gasturbinen (inklusive GuD)-Leistungen im Jahr 2010 am größten ist. Dieses lässt sich damit begründen, dass in den Arbeiten des BDEW der Bau von Gasturbinen im Jahr 2010 eventuell bereits antizipiert wurde, der sich noch nicht in den Daten des Statistischen Bundesamtes niedergeschlagen hat. Für das Jahr 2005 ist eine gute Übereinstimmung der Leistungen bemerkenswert.

Die Dampfurbinenleistung der allgemeinen Versorgung ist durchgängig am höchsten und bewegt sich zwischen 8 und 9 GW, mit einem offensichtlich eher konstanten, leicht sinkenden Verlauf. Die KWK-Leistung der Gasturbinen ist hingegen stark angestiegen von gut 3 GW im Jahr 1998 auf knapp 8 GW im Jahr 2010 (nach den Angaben des BDEW).

Für die installierte KWK-Leistung der industriellen Kraftwirtschaft ergibt ein analoges Vorgehen den in der folgenden Abbildung dargestellten Verlauf der KWK-Leistung, wobei hier vergleichend die KWK-Stromerzeugung nach Maschinenarten aufgeführt ist:

Abbildung 9-3 KWK-Leistung der industriellen Kraftwirtschaft 2003-2010



Quellen: StBa Tab. 066 und 067; BDEW-Monitoringbericht 2012; eigene Berechnungen Öko-Institut.

Die Dampfturbinen-Leistung bewegt sich um die 6 GW mit einem leicht steigenden Trend, wobei ab dem Jahr 2008 eine deutlich Entkopplung der Leistung und der Stromerzeugung zu erkennen ist. Ähnliches zeigt sich im Jahr 2010 für die Gasturbinen: während die KWK-Stromerzeugung von 2009 auf 2010 deutlich anstieg, ist die Leistung konstant geblieben. Es lässt sich daraus schließen, dass das Krisenjahr 2009 auf die installierte KWK-Leistung der industriellen Kraftwirtschaft im Folgejahr leicht dämpfend gewirkt hat, wohingegen die Stromerzeugung deutlich stieg. Insgesamt zeigt auch hier die Gasturbinenleistung wie bei der allgemeinen Versorgung einen deutlichen Anstieg im Zeitverlauf, der bestimmend ist für den Zuwachs der Gesamt KWK-Leistung der industriellen Kraftwirtschaft.

Da die statistischen Daten nur bis zum Jahr 2003 zurück reichen, muss für das Jahr 1998 eine Abschätzung vorgenommen werden. Dieses geschieht mit Angaben aus der Tafel 83a zur Nennleistung (nach Maschinenarten) und 85a zur Engpassleistung (nicht nach Maschinenarten untergliedert) in der Statistik der Energiewirtschaft 1998/1999 (VIK 2000). Die direkten Werte aus dieser Statistik sind in der folgenden Tabelle aus Gründen der Übersichtlichkeit grau hinterlegt dargestellt.

Tabelle 9-4 Herleitung der KWK-Leistung 1998

	Nenn-leistung aus Tafel 83a	Engpass-leistung aus Tafel 85a	Netto-Engpass-leistung	KWK-Leistung	Anteile an Nenn-leistung	Anteile DT-Maschinen-arten
	GW				%	
Gesamt	**12,6**	**11,0**	**10,1**	**7,1**	**100%**	**100%**
Dampfturbinen	10,7	9,3	8,4	5,7	85%	
Gegendruck	4,6	4,1	3,6	3,6		43%
Entnahmekond	2,9	2,6	2,3	2,1		27%
Kondensations.	3,1	2,7	2,4	0,0		29%
Gasturbinen und -maschinen	1,6	1,4	1,3	1,3	12%	
Dieselmotoren	0,2	0,1	0,1	0,1	1%	
Wasserturbinen uns sonstige	0,2	0,2	0,2	0,0	2%	

Quellen: Statistik der Energiewirtschaft (2000); eigene Berechnungen Öko-Institut.

Da die Ermittlung der KWK-Leistung auf der Engpassleistung basiert und nicht auf der installierten Leistung, muss die Aufteilung nach Maschinenarten bezüglich der Engpassleistung abgeschätzt werden. Dieses erfolgt analog zur Aufteilung in Tafel 83a, damit ergibt sich z.B. eine Engpassleistung von 9,3 GW für Dampfturbinen. Da in Tafel 83a die Dampfturbinen wiederum unterteilt in Maschinenarten vorliegen, wird diese ebenfalls genutzt für die Aufgliederung bezüglich der Engpassleistung. Weil die Ermittlung der KWK-Leistung auf der Netto-Engpassleistung basiert, wird anschließend noch das Verhältnis der Netto- zur Brutto-Leistung in Anlehnung an die Werte aus der Statistik 067 mit 90 % für Dampfturbinen und 98% für Gasturbinen und Motoren abgeschätzt. Schließlich kann die KWK-Leistung analog zu Abschnitt 9.2 ermittelt werden. So lässt sich eine KWK-Leistung der industriellen Kraftwirtschaft von 7,1 GW im Jahr 1998 ermitteln.

Schließlich ergibt sich damit die folgende Zusammenstellung der KWK-Leistung in Deutschland (siehe Tabelle 9-5), wobei die Werte für die allgemeine Versorgung aus dem BDEW-Bericht übernommen wurden für die Jahre 1998, 2005 und 2010, mit Interpolationen zwischen den Jahren.

Die KWK-Leistung ist damit im betrachteten Zeitraum um insgesamt 8,5 GW angestiegen also um 43 %, wobei 6,7 GW, also rund 80 % auf die allgemeine Versorgung und die industrielle Kraftwirtschaft entfallen. Maßgeblich für die Zunahme der Leistung ist der Ausbau im Bereich der Gasturbinen, wohingegen die Dampfturbinenleistung eher konstant geblieben ist.

Tabelle 9-5 Gesamt KWK-Leistung 1998-2010

	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	GW								
Gesamt	**20,0**	**23,4**	**23,9**	**25,1**	**25,6**	**26,3**	**26,9**	**27,9**	**28,5**
Dampfturbinen	14,3	14,6	14,5	14,6	14,7	14,7	14,7	14,8	14,9
Gasturbinen / GuD	4,5	7,1	7,6	8,6	8,7	9,0	9,3	10,0	10,2
Motoren und Sonst. Anlagen	1,2	1,6	1,7	1,8	2,2	2,6	2,8	3,1	3,5
Allgemeine Versorgung	**12,5**	**15,3**	**15,9**	**16,4**	**16,6**	**16,8**	**16,9**	**17,1**	**17,3**
Dampfturbinen	8,6	8,7	8,7	8,7	8,7	8,6	8,6	8,5	8,5
Gasturbinen / GuD	3,2	5,7	6,2	6,7	6,9	7,1	7,3	7,5	7,7
Motoren und Sonst. Anlagen	0,7	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1
Industrielle Kraftwirtschaft	**7,1**	**7,6**	**7,5**	**8,1**	**8,1**	**8,1**	**8,3**	**8,9**	**9,1**
Dampfturbinen	5,7	5,9	5,8	5,9	5,9	5,9	6,0	6,1	6,3
Gasturbinen / GuD	1,3	1,5	1,5	1,9	1,8	1,9	2,0	2,5	2,5
Motoren und Sonst. Anlagen	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4
Außerhalb der Statistik	**0,4**	**0,5**	**0,5**	**0,6**	**0,9**	**1,4**	**1,6**	**1,9**	**2,1**
Fossile BHKW unter 1 MW	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9
Biogen betriebene Maschinen außerhalb der Statistik					0,3	0,7	0,9	1,0	1,2
dv. Dampfturbinen					0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
dv. Motoren					0,2	0,5	0,7	0,9	1,1

Quellen: Eigene Berechnungen Öko-Institut.

10 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der vorliegende vierte und letzte Monitoringbericht zur KWK-Vereinbarung bezieht sich auf das Berichtsjahr 2010. Die Methodik für die Ermittlung des Basisjahres sowie für die Ableitung der CO_2-Minderung im Bereich der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft entspricht der des ersten Berichts. Für die abschließenden Ermittlungen zur Erfüllung der Vereinbarung lagen den Gutachtern detailliertere Daten zum Energieträgereinsatz für die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung der industriellen Kraftwirtschaft für die Zeitreihe 2003 bis 2010 vor. Außerdem konnten jüngste Forschungsergebnisse des ZSW zu Stromkennzahlen von Biogas-Anlagen verwendet werden, die eine genauere Abschätzung der KWK-Wärmeerzeugung aus Biomasse-Anlagen außerhalb der Erfassung der Statistiken 066 und 067 erlaubten.

Durch die detaillierte Betrachtung der Anlagen, die außerhalb der statistischen Erfassung liegen, können mit diesem Monitoringbericht nicht nur die CO_2-Minderungseffekte der allgemeinen Versorgung und industriellen Kraftwirtschaft durch KWK seit 1998 ermittelt werden. Gleichermaßen werden die zusätzlichen CO_2-Minderungsleistungen durch biogene KWK-Anlagen und kleine fossil betriebene BHKW, die in Stadtwerken, kommunalen Unternehmen und Industriebetrieben, insbesondere jedoch auch im privaten und gewerblichen Bereich sowie in der Landwirtschaft anzutreffen sind, transparent ausgewiesen, was eine Übersicht über die gesamte KWK-Landschaft in Deutschland ermöglicht.

Die detaillierten Monitoring-Ergebnisse für den Zeitraum 1998 bis 2010 ergeben sich wie folgt:

Stand im Basisjahr 1998

Im Jahr 1998 wurden danach in Deutschland insgesamt 66 TWh KWK-Strom und 626 PJ KWK-Wärme erzeugt. Der KWK-Anteil der Stromerzeugung betrug 12,7 %, bezogen auf die gesamte Netto-Stromerzeugung in Deutschland. Die der KWK-Energieerzeugung zuzurechnenden CO_2-Emissionen belaufen sich auf 81 Mio. t CO_2.

Erstmalig wurde in diesem Monitoring die Entwicklung der KWK-Leistung untersucht: Die Abschätzung für 1998 ergibt eine KWK-Leistung von 20 GW, wobei ein Großteil (nämlich14,3 GW) auf Dampfturbinen entfällt.

Entwicklung 1998 bis 2010

Bis zum Jahr 2010 stieg die gesamte KWK-Nettostromerzeugung auf 93,1 TWh und damit um **41 %** gegenüber dem Jahr 1998, der Zuwachs auf 727 PJ bei der KWK-Wärmeerzeugung fiel mit **16 %** deutlich geringer aus.

Deutliche Zuwächse sind im betrachteten Zeitraum außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände zu beobachten: Während die KWK-Stromerzeugung aus fossilen BHKW unter 1 MW stetig wächst (im Vergleich zu 2003 um 78 %), zeigt diese eine noch stärkere Dynamik im Bereich der biogenen Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung.

Dadurch erfolgte im Jahr 2010 etwa 11 % der KWK-Stromerzeugung außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände. Die KWK-Wärmeerzeugung aus diesen Anlagen zeigt (auch rechnungsbedingt) die gleiche Dynamik und beträgt 7 % an der gesamten KWK-Wärmeerzeugung.

Die KWK-Anteile sowohl in der allgemeinen Versorgung als auch in der industriellen Kraftwirtschaft sind von 2003 auf 2010 um 13 bzw. 14% angestiegen, auf 11% in der allgemeinen Versorgung und 61% in der industriellen Kraftwirtschaft im Jahr 2010. Der Gesamt-KWK-Anteil bezogen auf die Netto-Stromerzeugung beträgt damit im Jahr 2010 knapp 16 %.

Die Stromkennzahlen sind in der allgemeinen Versorgung zwischen 2003 und 2010 relativ konstant geblieben, während die der industriellen Kraftwirtschaft einen Anstieg erkennen lassen.

Die CO_2-Emissionen sind 1998 bis 2010 trotz des deutlichen Ausbaus der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung nur um 2,4 Mio. t CO_2 gestiegen, also um 3 %. Für die gesamte KWK-Stromerzeugung sind die spezifischen bereinigten CO_2-Emissionen im betrachteten Zeitraum durch den veränderten Energieträgermix kontinuierlich um 43 % gesunken. Die spezifischen CO_2-Emissionen der KWK-Erzeugung im Erfassungsbereich der Verbände sanken in diesem Zeitraum deutlich schwächer als die der gesamten KWK-Erzeugung, Zwischen 2007 und 2009 war sogar ein Anstieg zu verzeichnen, vor allem durch einen seit 2008 zu beobachtenden verstärkten Einsatz von Stein- und Braunkohle in der allgemeinen Versorgung.

Die KWK-Leistung ist in diesem Zeitraum von 20 auf 28,5 GW gestiegen, wobei der größte Zuwachs mit 80 % vor allem im Erfassungsgereich der Verbände stattfand, besonders im Bereich der Gasturbinen. Außerhalb der statistischen Erfassung ergibt sich im Jahr 2010 eine KWK-Leistung von 2,1 GW.

Entwicklung 2009-2010

Während im Jahr 2009 krisenbedingt ein erheblicher Einbruch sowohl in der KWK-Strom- als auch Wärmeerzeugung maßgeblich in der allgemeinen Versorgung zu verzeichnen gewesen ist, fand von 2009 auf 2010 ein bemerkenswerter Anstieg der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung um 8 % im Erfassungsbereich der Verbände statt, so dass sich im Jahr 2010 Maximalwerte sowohl bezüglich der KWK-Strom- als auch der Wärmeerzeugung ergaben. Die CO_2-Emissionen stiegen dabei um 7 % gegenüber dem Vorjahr. Damit konnte der Trend der steigenden spezifischen CO_2-Emissionen gestoppt werden, bedingt durch die Entwicklung in der industriellen Kraftwirtschaft. Die kleinen fossilen BHKW unter 1 MW zeigen ebenfalls eine leicht erhöhte Ausbaudynamik, wohingegen die der biogenen Anlagen außerhalb der Statistik etwas schwächer ausfiel als in den Vorjahren, aber weiterhin auf hohem Niveau verblieb.

CO_2-Emissionsminderungen

Daraus ergeben sich für den Zeitraum von 1998 bis 2010 die folgenden zusätzlichen CO_2-Emissionsminderungen durch die Ausweitung der KWK-Erzeugung bzw. die Senkung der CO_2-Emissionen aus KWK-Prozessen:

- Im Jahr 2005 errechnet sich gegenüber dem Jahr 1998 eine gesamte CO_2-Minderung von 12,8 bis 14,0 Mio. t CO_2 [17],
- Im Jahr 2010 errechnet sich gegenüber dem Jahr 1998 eine CO_2-Minderung von 19,6 bis 21,6 Mio. t CO_2 für die allgemeine Versorgung und die industrielle Kraftwirtschaft. Wird die dynamische Entwicklung außerhalb des Erfassungskreises der Verbände zusätzlich mit berücksichtigt, erhöht sich die gesamte CO_2-Minderung auf 26,6 bis 29,1 Mio. t CO_2.

In Abbildung 10-1 und Abbildung 10-2 ist die Entwicklung der CO_2-Minderung über den gesamten Zeitraum im Vergleich zum Ziel der KWK-Vereinbarung dargestellt: bis zum Jahr 2010 sollen durch die Maßnahmen der Anlage „KWK/ Nah- und Fernwärme/ BHKW und Brennstoffzellen“ zur KWK-Vereinbarung möglichst 23 Mio. t CO_2, mindestens aber 20 Mio. t CO_2 im Jahr 2010 eingespart werden.

Die CO_2-Minderung durch KWK-Erzeugung der berichtenden Verbände (rot gefüllter Balken) hat im Jahr 2010 unter Berücksichtigung des ersten Referenzsystem knapp das untere Ziel der Vereinbarung verfehlt, für das zweite Referenzsystem liegt die Minderung mit 21,6 Mio. t CO_2 genau innerhalb der Ziel-Bandbreite von 20 bis 23 Mio. t CO_2. Wird die KWK-Stromerzeugung aus biogen betriebenen Anlagen und fossilen BHKW außerhalb der statistischen Erfassung (schwarz gestreifter Balken) hinzugerechnet, liegen die CO_2-Minderungen für beide Referenzsysteme deutlich über dem Ziel.

Unter Berücksichtigung der sehr hohen Zuwachsraten der KWK-Erzeugung von 2009 auf 2010 und der etwas gesunkenen Dynamik der Entwicklung im Bereich der außerstatistischen biogenen KWK-Erzeugung kann angenommen werden, dass im Jahr 2010 eine Verbesserung des Erfassungsgrades des Statistischen Bundesamtes in Bezug auf Biomasse-Anlagen mit einigen Megawatt elektrischer Leistung stattgefunden hat, die zu einer Verschiebung der Einsparungen hin zum Erfassungskreis der Verbände geführt hat. Unter diesem Gesichtspunkt sind auch weitere Verschiebungen durch erweiterte statistische Erfassungen im Laufe der nächsten Jahre zu erwarten.

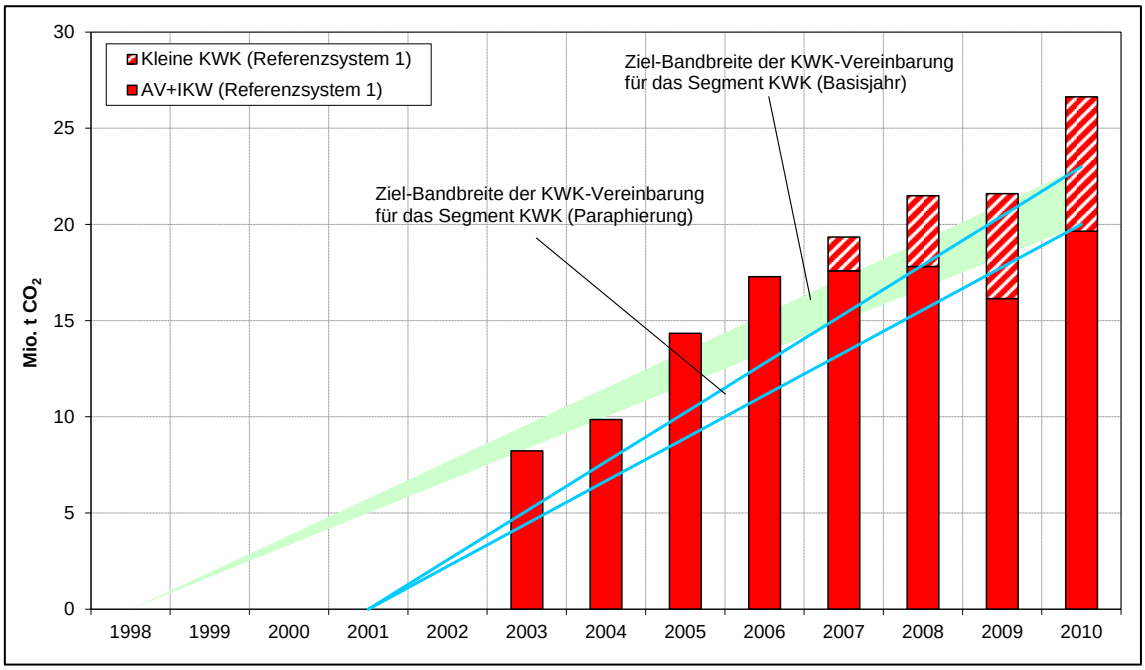
Durch die Komponentenanalyse wurde gezeigt, dass der größte Anteil der CO_2-Einsparung auf der deutlich gesteigerten KWK-Stromerzeugung basiert, wobei beson-

[17] Die Studie der FFE (2005) zur CO_2-Vermeidung durch KWK in Deutschland kommt trotz eines völlig anderen Berechnungsansatzes zu einer Einsparung von 12,7 Mio. t CO_2 für den Zeitraum 1998 bis 2005 durch den Einsatz von KWK in der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft und stützt damit die hier erzielten Ergebnisse

ders im Bereich der allgemeinen Versorgung große negative Beiträge durch erhöhte CO_2-Emissionen zu verzeichnen sind.

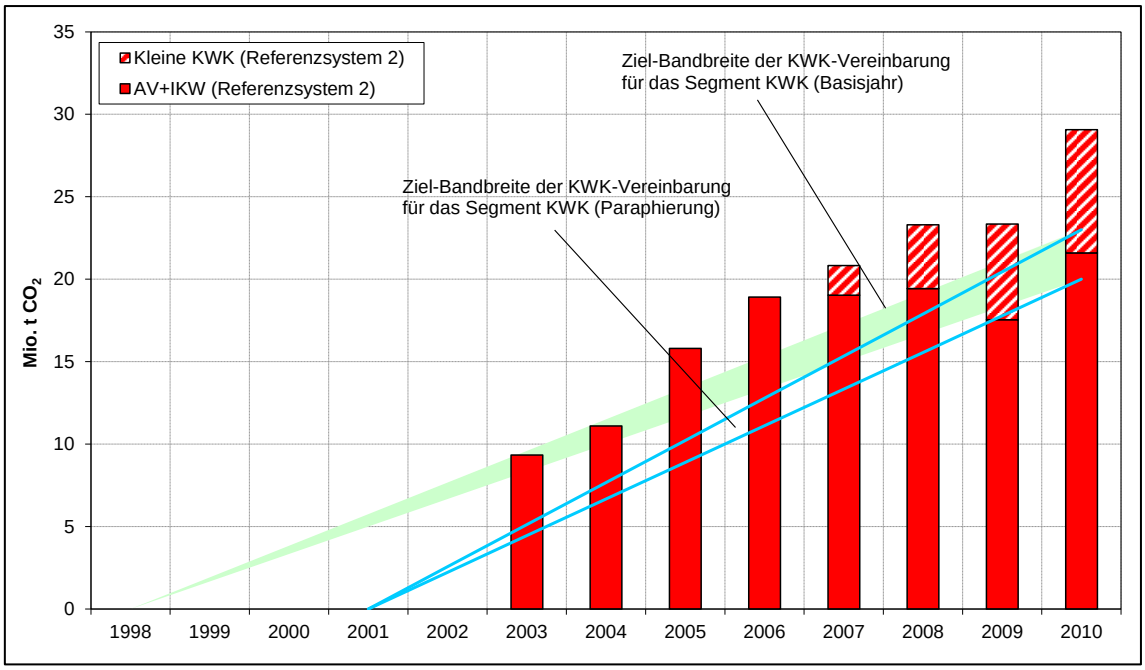
Die KWK-Vereinbarung kann mit den Ergebnissen des Monitoringberichts als erfüllt im Sinne der vereinbarten Methodik angesehen werden. Diese Methodik basiert jedoch auf statischen Referenzsystemen, die vor allem den sinkenden spezifischen CO_2-Emissionen im gesamten Strommarkt nicht Rechnung tragen, die sich durch den Ausbau der erneuerbaren Energien und den Neubau von hocheffizienten Erdgas-GuD-Anlagen ergeben. Außerdem bleiben leichte methodische Unschärfen in Bezug auf den Erfassungskreis der Verbände durch die Gleichsetzung mit der Abgrenzung nach der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft bestehen. Diese können zu Verschiebungen der CO_2-Einsparungen zwischen den Berichtskreisen in beide Richtungen führen – insbesondere in Bezug auf die private Stromerzeugung.

Abbildung 10-1: Erzielte CO_2-Minderung durch KWK und Zielwerte der KWK-Vereinbarung (Referenzsystem 1)



Quelle: Öko-Institut.

Abbildung 10-2: Erzielte CO_2-Minderung durch KWK und Zielwerte der KWK-Vereinbarung (Referenzsystem 2)



Quelle: Öko-Institut.

11 Literatur und Datenquellen

11.1 Literatur

Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW) (2011): AGFW- Arbeitsblatt FW 308. Zertifizierung von KWK-Anlagen - Ermittlung des KWK-Stromes. Frankfurt a.M., Juli 2011 (Ersatz für die Ausgabe Januar 2009).

BMU 2012: Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Unter Verwendung der Daten der AGEE-Stat. Excel-Datei. Stand 08.März 2012.

Bundesnetzagentur (BNA) 2012: Daten zur Vergütung der EEG-Stromerzeugung in den Jahren 2006 bis 2010, direkte Übermittlung durch die BNA.

Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) 2011: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Kurztitel: Stromerzeugung aus Biomasse . FKZ: 03MAP138. Zwischenbericht „Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse 2008“. Im Auftrag des BMU. Leipzig. März 2011.

Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FFE) 2005: CO_2 Vermeidung durch KWK in Deutschland – Kurzfassung. (Die Langfassung ist nicht öffentlich zugänglich)

http://www.ffe.de/taetigkeitsfelder/energiebedarfsprognosen-struktur-und-marktanalysen/181

Institut für Energetik und Umwelt (IE) 2004: Wärmegewinnung aus Biomasse. Anlagenband zur Projektnummer 17/02 für das BM für Wirtschaft und Arbeit, Leipzig, April 2004

Öko-Institut (2011): Monitoring der KWK-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung. Berichtszeitraum 2009. Gores, S.; Harthan, R.; Penninger, G.; Berlin, April 2011.

Öko-Institut (2010): Monitoring der KWK-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung. Berichtszeitraum 2005-2008. Harthan, R.; Gores, S.; Penninger, G.; Berlin, November 2010.

Öko-Institut (2009): Monitoring der KWK-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung. Berichtszeitraum 1998-2005. Matthes, F. Chr.; Harthan, R.; Gores, S.; Berlin, Oktober 2009.

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) (2011): Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungsvereinbarung: Berichtsjahre 2009. Endbericht. RWI Projektberichte, November 2011.

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) (2010): Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungsvereinbarung: Berichtsjahre 2005-2008. Endbericht. RWI Projektberichte, November 2010.

Umweltbundesamt (UBA) (2012): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2011. Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar 1990-2010., Dessau-Roßlau, Fassung vom 15.03.2012.

Wagner, E. (1999): Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft, Stand 1998. In: Elektrizitätswirtschaft, Jahrgang 1998 (1999), Heft 24.

11.2 Amtliche und Verbandsstatistiken sowie andere regelmäßig erhobene Daten

Statistisches Bundesamt: „Monatsberichte der öffentlichen Stromversorgung“ (Tabelle 066), laufende Jahrgänge

Statistisches Bundesamt: „Stromerzeugungsanlagen der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe“, Fachserie 4 / Reihe 6.4 (Tabelle 067), laufende Jahrgänge

Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. (VIK): „Statistik der Energiewirtschaft“, laufende Jahrgänge

Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW): „Hauptbericht der Fernwärmeversorgung“, laufende Jahrgänge

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): „Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland“, laufende Jahrgänge

Umweltbundesamt (UBA): “National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory”, laufende Jahrgänge

Öko-Institut: „Umfrage zum BHKW-Absatz in Deutschland“, laufende Jahresberichte, veröffentlicht in Energie und Management

Anhänge

Anhang 1: KWK-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003

Vereinbarung
zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland
und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO_2-Emissionen
und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung
in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 9.11.2000

I Zusage der deutschen Wirtschaft/Energiewirtschaft

Am 09. November 2000 haben die Bundesregierung und die deutsche Wirtschaft eine Vereinbarung zur Klimavorsorge unterzeichnet, in der sich die deutsche Wirtschaft bereit erklärt, in erheblichem Umfang zur Erreichung des nationalen und des internationalen Klimaschutzziels beizutragen.

Unter Bezugnahme und aufbauend auf dieser Vereinbarung besteht zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der unterzeichnenden Wirtschaft /Energiewirtschaft Einvernehmen, dass im Rahmen des nationalen Klimaschutzprogramms der Bundesregierung vom 18. Oktober 2000 (5. Bericht der interministeriellen Arbeitsgruppe „CO_2-Reduktion") durch die Energiewirtschaft eine Emissionsreduktion von insgesamt bis zu 45 Mio. t CO_2/Jahr bis zum Jahr 2010 erreicht wird.

Dieser Beitrag soll durch Erhalt, Modernisierung und Zubau von Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) (einschließlich kleiner Blockheizkraftwerke (BHKW) und der Markteinführung von Brennstoffzellen) mit einem Minderungsziel (Basis 1998) von insgesamt möglichst 23 Mio. t CO_2/Jahr, jedenfalls nicht unter 20 Mio. t CO_2/Jahr in 2010 erreicht werden. Des weiteren soll eine CO_2-Minderung bis zu 25 Mio. t/Jahr in 2010 über andere Maßnahmen erfolgen, die in den die Selbstverpflichtung der Wirtschaft konkretisierenden Einzelerklärungen der Energiewirtschaftsverbände näher ausgeführt werden.

Die Bundesregierung sowie Unternehmen und Verbände der Wirtschaft/ Energiewirtschaft treten gemeinsam für eine aktive, vorsorgende und wettbewerbskonforme Klimaschutzpolitik ein. Die unterzeichnende Wirtschaft / Energiewirtschaft wird Maßnahmen ergreifen, die wesentlich zum Klimaschutzziel beitragen.

Die Unterzeichner unterstützen den Erhalt, die Modernisierung und den Zubau von Anlagen der KWK unter Berücksichtigung des anliegenden Maßnahmenpakets (Anlagen: KWK/ Nah- und Fernwärme/ BHKW und Brennstoffzellen sowie Förderung von BHKW-Anlagen bis zu 2 MW_{el} und Brennstoffzellen) und damit das Ziel, einen Minderungsbeitrag in einer Größenordnung von 10 Mio. t CO_2/Jahr bis 2005 (Zwischenziel) bzw. insgesamt möglichst 23 Mio. t CO_2/Jahr, jedenfalls nicht unter 20 Mio. t CO_2/Jahr bis 2010 zu erreichen.

Die Bundesregierung und die unterzeichnende Energiewirtschaft gehen ferner davon aus, dass sonstige CO_2-Minderungsmaßnahmen (Anlage: Sonstige CO_2-Minderungsmaßnahmen) die Emissionsvolumina im Jahre 2005 um 10 Mio. t CO_2/Jahr und bis zum Jahr 2010 um bis zu 25 Mio. t CO_2/Jahr senken. Bei diesen CO_2-Minderungen sind die infolge der Kernenergie-Verständigung möglichen CO_2-Emissionserhöhungen nicht berücksichtigt (siehe 5. Bericht der interministeriellen Arbeitsgruppe „CO_2-Reduktion").

Die deutsche Wirtschaft trägt mit ihrer Selbstverpflichtung zur Klimavorsorge erheblich zur Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung bei. Bis 1998 wurden gegenüber 1990 die CO_2-Emissionen in der Industrie um 31 % und in der Energiewirtschaft um 16 % zurückgeführt. Hierauf aufsetzend ist das Referenzjahr für alle o. g. CO_2-Minderungsmaßnahmen das Jahr 1998 (letzter Monitoring-Bericht des RWI, Essen).

Für den Erhalt, die Modernisierung und den Zubau von KWK-Anlagen verpflichten sich Stromwirtschaft und industrielle Kraftwirtschaft.

Für die Maßnahmen zur Modernisierung des Kraftwerksparks (Kond.-Anlagen), den beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien sowie Effizienzkampagnen verpflichtet sich die Stromwirtschaft.

Für die Maßnahmen zur Verbesserung der Heizungs- und Warmwassertechnik verpflichten sich die Gaswirtschaft und die Mineralölwirtschaft.

II Zusage der Bundesregierung

Die Bundesregierung begrüßt die Erklärung der unterzeichnenden Wirtschaft / Energiewirtschaft zur Konkretisierung der Selbstverpflichtung und zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung. Bundesregierung und unterzeichnende Wirtschaft / Energiewirtschaft gehen davon aus, dass die zugesagten CO_2-Emissionsreduktionen erreicht werden.

Die von der Bundesregierung angestrebte CO_2-Minderung kann durch ein Bündel von Maßnahmen erbracht werden. Für die Bundesregierung ist die Sanierung und der Ausbau der KWK ein wichtiger Eckpfeiler für die Erreichung der nationalen CO_2-Minderungsziele (Nationales Klimaschutzprogramm der Bundesregierung vom 18.10.2000). Die Bundesregierung geht davon aus, dass durch die Kombination aus Selbstverpflichtung der Industrie und einem Förderprogramm CO_2-Minderungen in der Größenordnung der im Klimaschutzprogramm für den Ausbau der KWK genannten Beiträge erreichbar sind. Präferiert wird von der Bundesregierung für die Förderung ein Bonussystem.

Die Bundesregierung wird unter Beachtung marktwirtschaftlicher Grundsätze den Entwurf eines Gesetzes zur Förderung ökologisch effizienter KWK einbringen, das das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz vom 12.05.2000 ablöst.

Diese gesetzliche Regelung soll folgende Eckpunkte enthalten:

1. Definition der KWK-Anlagen, die Förderung erhalten, und des begünstigten Stroms
2. Übergangsregelungen für den Anlagenbestand
3. Regelungen für die KWK-Modernisierung
4. Regelungen für den KWK-Zubau
5. Finanzierungs- und Weiterwälzungsregelungen.

Die Bundesregierung wird dabei die Vorschläge der Wirtschaft / Energiewirtschaft zur gesetzlichen Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung (Anlage: Eckpunkte für eine gemeinsame Position zur KWK) berücksichtigen. Unabhängig von dem geplanten Gesetz zur Förderung ökologisch effizienter Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-

Fördergesetz), kann eine CO_2-Minderung durch erhöhte Wärmeabgabe in Nah- und Fernwärmenetze erreicht werden.

Solange diese Vereinbarung erfolgreich umgesetzt wird, wird die Bundesregierung in den von dieser Vereinbarung erfaßten Bereichen der Energiewirtschaft keine Initiative ergreifen, um die klimaschutzpolitischen Ziele auf ordnungsrechtlichem Wege zu erreichen. Die Umsetzung von EU-Recht bleibt unberührt. Die Bundesregierung wird sich dafür einsetzen, dass der unterzeichnenden Wirtschaft / Energiewirtschaft auch bei der Fortentwicklung der ökologischen Steuerreform im internationalen Vergleich keine Wettbewerbsnachteile entstehen.

III Monitoring

Die Umsetzung dieser Vereinbarung wird durch ein kontinuierliches Monitoring begleitet. Das Monitoring wird Aussagen zur konjunkturellen und sektoralen Entwicklung, zur Investitionstätigkeit und zu weiteren Indikatoren beinhalten, die für die Beurteilung der erreichten CO_2-Minderungen relevant sind.

Die regelmäßige Überprüfung der Umsetzung dieser Vereinbarung wird durch ein unabhängiges wirtschaftswissenschaftliches Institut in direkter Verbindung mit dem Monitoring für die Klimaschutzvereinbarung vom 09.11.2000 durchgeführt. Die Berichterstattung über die Maßnahmen gemäß dieser Vereinbarung erfolgt in den Branchen-Monitoringberichten zur o. g. Klimaschutzvereinbarung, wird aber getrennt bilanziert. In Zweifelsfällen besteht gegenseitige Deckungsfähigkeit. Bei Übererfüllung einzelner CO_2-Minderungsbeiträge sind gegenseitige Verrechnungen zulässig. Doppelzählungen sind zu vermeiden.

IV Gemeinsame Zwischenüberprüfung

Sollte aufgrund einer gemeinsamen Zwischenüberprüfung Ende 2004 unter Berücksichtigung bereits eingetretener und sich abzeichnender, gemeinsam festgestellter Entwicklungen (insbesondere im Bau befindliche Anlagen, genehmigte, beantragte und sicher geplante Vorhaben) die Zielerreichung für das Jahr 2005 in Frage gestellt sein, wird die Bundesregierung unter Berücksichtigung der

internationalen Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft am Standort Deutschland zum 01.01.2006 solche ordnungsrechtlichen Maßnahmen ergreifen, die bewirken, dass die mit dieser Vereinbarung angestrebten CO_2-Minderungen erreicht werden. Nach heutiger Einschätzung der Bundesregierung empfiehlt sich in diesem Fall eine Quotenregelung.

V Beirat

Fragen der Durchführung und Auslegung dieser Vereinbarung werden vom Beirat gem. Ziff. VI der Vereinbarung vom 09.11.2000 geklärt. Der Beirat wird um eine Vertretung der Energiewirtschaft erweitert.

VI Zusicherung

Mit der Unterzeichnung dieser Vereinbarung bringt die Wirtschaft / Energiewirtschaft ihren Willen zum Ausdruck, im Rahmen sowie in Ergänzung der Vereinbarung zur Klimavorsorge vom 09.11.2000, einen wesentlichen Beitrag zur Erfüllung der von der Bundesregierung angestrebten klimapolitischen Ziele zu leisten.

Sie wird zur Erfüllung dieser Vereinbarung im Rahmen des wirtschaftlich Möglichen durch Maßnahmen auf der Basis des bestehenden Ordnungsrahmens sowie durch Maßnahmen mit finanzieller Unterstützung zur Senkung des CO_2-Ausstoßes beitragen.

Erklärung der Wirtschaft / Energiewirtschaft: Die Zusagen der unterzeichnenden Wirtschaft / Energiewirtschaft stehen unter dem Vorbehalt, dass keine ordnungsrechtlichen Regelungen in Kraft treten, die den Unternehmen die notwendigen wirtschaftlichen Spielräume für ihre Eigeninitiative zur Erreichung der in dieser Vereinbarung zugesagten CO_2-Minderungsziele nehmen würden und dass ein den Vorgaben dieser Vereinbarung entsprechendes Gesetz zur Förderung ökologisch effizienter KWK zeitnah in Kraft tritt.

Für die Bundesregierung

.....
Gerhard Schröder
Bundeskanzler

.....
Dr. Werner Müller
Bundesminister für Wirtschaft und Technologie

.....
Jürgen Trittin
Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Für die deutsche Wirtschaft / Energiewirtschaft

.....
Dr. Michael Rogowski
Präsident des Bundesverbandes der Deutschen Industrie e.V.

.....
Dr. Werner Brinker
Präsident des Verbandes der Elektrizitätswirtschaft e.V.

.....
Gerhard Widder
Präsident des Verbandes Kommunaler Unternehmen e.V.

.....
Dr. Klaus Rauscher
Präsident des Verbandes
der Verbundunternehmen und
Regionalen Energieversorgern in
Deutschland e.V.

.....
Dr. Manfred Scholle
Präsident des Bundesverbandes der Deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e.V.

.....
Horst R. Wolf
Vorsitzender des VIK Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.

Anlage: KWK/ Nah- und Fernwärme/ BHKW und Brennstoffzellen

Ziel ist insgesamt ein CO_2-Minderungsbeitrag von insgesamt möglichst 23 Mio. t/Jahr, jedenfalls mindestens 20 Mio. t/Jahr in 2010.

1. **Planung, Errichtung und Betrieb neuer KWK-Anlagen (Zubau)**
   In den Unternehmen liegen Projekte zu Errichtung und Betrieb neuer KWK-Anlagen vor. Das Potenzial für hocheffiziente KWK-Anlagen wird entsprechend der relevanten Energiepreisentwicklung unter Marktbedingungen Zug um Zug erschlossen.[1] Diese Anlagen werden für die eigene Strom- und Wärmeerzeugung der Unternehmen sowie im Rahmen von Contracting-Modellen errichtet. Sie werden in einer wachsenden Wirtschaft einen zunehmenden Beitrag zum Klimaschutz leisten.

2. **Erneuerung bestehender KWK-Anlagen (Modernisierung)**
   Der CO_2-Ausstoß bestehender Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung soll durch Modernisierungsmaßnahmen gesenkt werden. Die Bundesregierung wird in einem Entwurf eines Gesetzes zur Förderung ökologisch effizienter KWK Förderbedingungen festlegen, die solche Maßnahmen unterstützen.

3. **Förderung von Blockheizkraftwerken bis zu 2 MW_{el} und Brennstoffzellen**
   Die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung in kleinen BHKW und Brennstoffzellen-Anlagen kann ebenfalls einen wichtigen Beitrag zur CO_2-Reduzierung leisten. Die Bundesregierung wird daher auch für diese Anlagen eine Förderung in den Entwurf der gesetzlichen Regelung aufnehmen. Die Eckpunkte der Förderung ergeben sich aus der Anlage Förderung von BHKW-Anlagen bis zu 2 MW_{el} und Brennstoffzellen.

---

[1] Dabei wird auf die Aussagen der Energieprognose von Prognos/EWI von November 1999 für das BMWi Bezug genommen, d. h. es werden im Vergleich zum heutigen Stand leicht steigende Strompreise und leicht sinkende Brennstoffpreise zugrunde gelegt.

4. **Erhöhte Wärmeabgabe in Nah- und Fernwärmenetze**

Durch Verdichtung und Erweiterung bestehender Netze sowie weitere Optimierungen im Bereich der Wärmeerzeugung kann die Wärmeabgabe in Nah- und Fernwärmenetze bis zum Jahr 2010 gesteigert werden.

Anlage: Sonstige CO_2-Minderungsmaßnahmen

Ziel ist ein CO_2-Minderungsbeitrag bis zu 25 Mio. t/Jahr in 2010.

1. **Modernisierung des Kraftwerksparks**
   Die unterzeichnende Energiewirtschaft wird durch eine Modernisierung der Erzeugungsstruktur sowie durch Neubaumaßnahmen die CO_2-Emissionen ihres Kraftwerksparks weiter senken. In Ostdeutschland wurden diese Maßnahmen im Zeitraum von 1990-2000 bereits realisiert. Im einzelnen werden insbesondere folgende Maßnahmen durchgeführt:
   - Neubau von Kraftwerken mit optimierter Anlagentechnik,
   - Verlagerung der Erzeugung auf effizientere Kraftwerke,
   - wirkungsgradsteigernde Maßnahmen in vorhandenen Kraftwerken.

2. **Beschleunigter Ausbau erneuerbarer Energien**
   Die unterzeichnende Energiewirtschaft wird sich mit ihren technischen und finanziellen Möglichkeiten auch künftig aktiv engagieren, um den Beitrag erneuerbarer Energien weiter zu steigern. Im einzelnen werden insbesondere folgende Maßnahmen durchgeführt:
   - Bau von Biomassekraftwerken, Biogasanlagen und Wind- und Wasserkraftwerken,
   - Verwertung von Grubengas,
   - Nutzung von Umgebungswärme in Wärmepumpen,
   - thermische Verwertung CO_2-neutraler Abfälle und Ersatzbrennstoffe.

3. **Forcierter Einsatz verbesserter Heizungs- und Warmwassertechnik**
   Durch Modernisierung der Heizungs- und Warmwasserversorgung in privaten Haushalten werden die CO_2-Emissionen im Gebäudebestand sowie im Neubaubereich deutlich gesenkt. Diese Verpflichtung wird von der Gaswirtschaft und der Mineralölwirtschaft übernommen. Im einzelnen werden insbesondere folgende Maßnahmen durchgeführt:
   - Modernisierung von Kesseln für Heizung und Warmwasserbereitung in Gebäuden, u.a. durch verstärkten Einsatz von Brennwertkesseln.

4. Energieeffizienzkampagnen gemeinsam mit der Elektroindustrie

Durch innovative Technologien soll der sparsame, effiziente Energieeinsatz im privaten und gewerblichen Bereich gefördert werden.

Schwerpunkte sind dabei:

- die Förderung des Einsatzes von Elektrowärmepumpen,
- die verstärkte Nutzung von Energiesparlampen und effizienten Geräten in allen Anwendungsbereichen,
- verstärkte Nutzung von Elektrogeräten mit niedrigen Stillstands- und Leerlaufverlusten (stand by-Verluste) im Betrieb,
- der verstärkte Einsatz energieeffizienter Elektromotoren,
- die Reduzierung von Blindleistungsverlusten in Energienetzen.

5. Erdgasfahrzeuge und Brennstoffzelle

Durch Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen sowie durch Demonstrationsprojekte werden Innovationen bei der Entwicklung von Erdgasfahrzeugen und Brennstoffzellen unternehmerisch gefördert. Diese Maßnahmen ergänzen die bestehende staatliche Förderung in diesen Bereichen.

Anlage

Eckpunkte für eine gemeinsame Position zur KWK

In mehreren Arbeitssitzungen und Spitzengesprächen haben die stromwirtschaftlichen Verbände Verband der Verbundunternehmen und Regionalen Energieversorger in Deutschland und Verband kommunaler Unternehmen e. V., VKU, auf Initiative des Verbands der Elektrizitätswirtschaft, VDEW e. V., gemeinsam mit der Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e. V., AGFW, beim VDEW sowie dem Bundesverband der Deutschen Industrie e. V., BDI, und dem Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e. V., VIK, Eckpunkte für eine gemeinsame Position zur KWK erarbeitet.

1. Ausgangssituation

Als Grundlage für ihre Überlegungen haben die Verbände folgende politische Ausgangssituation festgestellt: Aufgrund des Gesprächs zwischen dem Kanzleramtschef und den Bundesministern für Wirtschaft und Technologie sowie für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit am 07.03.2001 haben sich veränderte Grundlagen im Hinblick auf die von der Bundesregierung geplanten Maßnahmen zur KWK ergeben:

- Selbstverpflichtungen der Wirtschaft werden als Grundlage der weiteren Verhandlungen akzeptiert.

- Eine Quotenregelung wird von der Bundesregierung derzeit nicht weiter verfolgt.

- Die von der Bundesregierung angestrebte CO_2-Minderung kann durch ein Bündel von Maßnahmen erbracht werden. Für die Bundesregierung ist die Sanierung und der Ausbau der KWK ein wichtiger Eckpfeiler für die Erreichung der nationalen CO_2-Minderungsziele (Nationales Klimaschutzprogramm der Bundesregierung vom 18.10.2000). Die Bundesregierung geht davon aus, dass durch die Kombination aus Selbstverpflichtungserklärung der Industrie und einem Förderprogramm die im Klimaschutzprogramm für den Ausbau der KWK genannten Minderungsbeiträge erreichbar sind. Präferiert wird von der Bundesregierung für die Förderung ein Bonussystem, das sich allein aus Beiträgen der Stromverbraucher refinanziert und keine staatlichen Fördermittel erforderlich macht.

- Es besteht Einvernehmen über eine Finanzierung der Unterstützung der KWK vergleichbar dem Volumen des bestehenden KWK-Gesetzes. Beabsichtigt ist eine Umwandlung des KWK-Gesetzes.

2. Eckpunkte

- **Fördergegenstand**

  Gefördert wird die KWK-Strommenge. Hierbei werden folgende Kategorien von KWK unterschieden:

  - Alte KWK-Bestandsanlagen.
    Alle KWK-Anlagen, die vor dem 01.01.1990 in Betrieb gegangen sind.

  - Neue KWK-Bestandsanlagen.
    Alle KWK-Anlagen, die ab dem 01.01.1990 erstmals in kommerziellen Dauerbetrieb gegangen oder durch Erneuerung wesentlicher Anlagenteile gemäß nachfolgendem dritten Tirez modernisiert worden sind.

  - Modernisierte KWK-Anlagen.
    Ersatz alter KWK-Bestandsanlagen durch Erneuerung wesentlicher Anlagenteile. Eine Erneuerung wesentlicher Anlagenteile liegt vor, wenn die Kosten der Erneuerung mindestens 50 vom Hundert der Kosten einer Neuinvestition der gesamten Anlage betragen. Basis für die Förderung: Testierte Wärmesenke (Nah- , Fern- und Prozesswärmesenke) am Standort der Altanlage.

  Die Entwicklung der geförderten KWK-Stromerzeugung wird einem jährlichen Monitoring-Prozess unterzogen, mit dem die Erreichung der angestrebten CO_2-Minderung überprüft und auf dessen Grundlage ggf. über ergänzende Maßnahmen entschieden werden kann. In diesem Zusammenhang ist dann politisch zu entscheiden, ob ein Zubau neuer KWK-Anlagen, die bestimmten technischen, ökologischen und ökonomischen Kriterien genügen, gefördert werden soll. Bei der Beurteilung dieser Frage sind die vorhandenen energiewirtschaftlichen Parameter im europäischen Energiebinnenmarkt heranzuziehen.[2]

  Die Unternehmen prüfen, besondere Anstrengungen zum Ausbau von Brennstoffzellen, Klein-BHKW und anderen dezentralen KWK-Anlagen zu unternehmen.

- **Fördergrundlagen**

  Als wesentliche Fördergrundlagen werden festgestellt:

  - Eine klare Abgrenzung des KWK-Stroms gemäß AGFW-Definition.

  - Eine Testierung der begünstigten Anlagen nach AGFW.
    Bei wesentlichen Anlagenänderungen ist die Testierung erneut durchzuführen.

---

[2] VIK und VKU plädieren für einen zeitlich früheren geförderten Zubau der KWK.

- **Förderbegünstigte**

  Die Förderbegünstigten sind grundsätzlich alle Betreiber von KWK-Anlagen.

  Dies betrifft:

  - KWK-Anlagen in der Allgemeinen Versorgung.
  - KWK-Anlagen von anderen Betreibern, aus denen KWK-Strom in das Netz der Allgemeinen Versorgung eingespeist wird.[3]

- **Ausgestaltung des Fördermodells**

  - Für die Förderung wird ein Zuschlagsmodell (Bonusmodell) zugrunde gelegt.
  - Die Förderung soll zeitlich befristet und grundsätzlich degressiv ausgestaltet sein (keine Dauersubvention).
  - Die Stromversorger setzen voraus, dass die Weiterwälzung der Kosten aus der KWK-Förderung an die Verbraucher durch Verankerung im Gesetz geregelt wird. Sachgerecht ist eine Weiterwälzung mit dem Ziel, die industriellen und gewerblichen Verbraucher prozentual nicht stärker zu belasten als die privaten Verbraucher. Darüber hinaus ist gegebenenfalls eine Härteregelung für stromintensive Unternehmen vorzusehen. Ferner ist nach Ansicht der Stromversorger eine für KWK und EEG gleichermaßen gültige, leicht handhabbare und eindeutige Regelung anzustreben.
  - Von der Stromwirtschaft wird die Forderung des VIK unterstützt, dass im Rahmen des Gesamtpakets eine möglichst geringe Belastung der Industrie, die der Größenordnung von maximal 0,1 Pf/kWh entspricht, angestrebt und ein Fördervolumen von rund 8 Mrd. DM im Zeitraum von 2002 bis 2010 nicht überschritten wird.
  - Das neue KWK-Gesetz soll an die Stelle des bestehenden KWK-Vorschaltgesetzes treten.

- **Fördergrundsätze**

  - Der Bonus soll einen Ausgleich für KWK-spezifische Mehrkosten darstellen. Die AGFW-Vorstudie zur pluralistischen Wärmeversorgung vom März 2000 ergab Mehrkosten von im Mittel 3 Pf/kWh.
  - Die Höhe der Vergütung soll in der Regel in Abständen von zwei Jahren überprüft werden.
  - Bei kleinen Anlagen sind bestehende anderweitige Förderungen (z. B. Befreiung von der Ökosteuer) zu berücksichtigen.

---

3 Nach Ansicht VIK bedarf es im Sinne einer Gleichbehandlung aller KWK-Anlagen auch einer angemessenen Förderung der industriellen Eigenstromerzeugung.

- **Struktur der Förderung**

a) Alte Bestandsanlagen
Degressive und befristete Förderung: 4 Jahre 3,0 Pf/kWh, im 5. Jahr 2,5 Pf/kWh

Begründung: Bestandsanlagen, die vor dem 1.1.1990 in Betrieb gingen, verfügen überwiegend über ein CO_2-Minderungspotential. Sie sind im allgemeinen weitgehend abgeschrieben und sollen zur Erschließung dieses Minderungspotentials Zug um Zug modernisiert werden.

b) Neue Bestandsanlagen
Fördersatz für bestimmte Laufzeiten, der unter demjenigen für modernisierte Anlagen liegt: 6 Jahre 3,0 Pf/kWh, im 7. Jahr 2,5 Pf/kWh, im 8. Jahr 2,0 Pf/kWh

Begründung: Aufgrund der erstmaligen Inbetriebnahme dieser Anlagen ab dem 1.1.1990 oder deren erfolgter Modernisierung ist eine hohe Effizienz sichergestellt. Geringeres Fördervolumen als bei modernisierten Anlagen, da die Bestandsanlagen bereits einen Teil der Kapitalkosten verdient haben.

c) Modernisierte Anlagen
Fördersatz für bestimmte Laufzeiten, der über dem für neue Bestandsanlagen liegt: 3,0 Pf/kWh für die Dauer der Förderung ab Inbetriebnahme. Der Mittelbedarf nach 2010 ist eine unmittelbare Folge der gewünschten Modernisierung. Da nur sehr schwer zu prognostizieren ist, ob die KWK-Stromerzeugung zu Beginn der nächsten Dekade angesichts des dann zu erwartenden erheblichen Kraftwerksersatzbedarfs voll im Markt ist oder nicht, sind Angaben über den nach 2010 anfallenden Mittelbedarf rein spekulativ.[4]

Begründung: Höheres Fördervolumen, weil noch die gesamten Kapitalkosten der Modernisierung zu verdienen sind.

d) Zubau neuer KWK-Anlagen
In Abhängigkeit vom Ergebnis des Monitoring-Prozesses (siehe Spezifizierung unter "Fördergegenstand") ist über die Zubauförderung politisch zu entscheiden.

e) Preisanpassung
Der Ansatz des Ausgangsfördersatzes von 3 Pf/kWh beruht auf Mehrkosten des KWK-Stroms, die in hohem Maße durch marktbedingt niedrige Strompreise und marktgetrieben hohe Brennstoffpreise, insbesondere Erdgaspreise, verursacht sind. Die Experten erwarten allgemein, dass sich diese Differenz mittelfristig durch steigende Strompreise und sinkende Brennstoffpreise reduzieren wird.

---

[4] Seitens VKU ist - in Abhängigkeit der Energiepreisentwicklung - eine auch nach 2010 fortgesetzte Förderung Bestandteil einer notwendigen Investitionssicherheit. Hieraus unterstellt der VKU einen Förderzeitraum von zwölf Jahren (Modernisierung).

Um diese als wahrscheinlich erachtete Entwicklung zu berücksichtigen, wurde eine moderate Preisanpassung unterstellt. Dabei wurde angenommen, dass die Mehrkosten des KWK-Stroms sich im Zweijahresrhythmus um jeweils 0,3 Pf/kWh verringern, so dass sich ohne Berücksichtigung anderer Degressionseffekte der Ausgangsfördersatz von 3 Pf/kWh auf 1,8 Pf/kWh im Jahre 2010 vermindert.

- ***Modellrechnungen***

Um den Mittelbedarf zur KWK-Förderung abzuschätzen und einzugrenzen, wurden Modellrechnungen durchgeführt.

Dabei wurden folgende Randbedingungen berücksichtigt:

- hälftige Erreichung des von der Bundesregierung für 2010 vorgegebenen CO_2-Minderungsziels durch KWK durch die vorgesehene gesetzliche Regelung, während die andere Hälfte durch sonstige KWK-Maßnahmen im Rahmen der Klimaschutzvereinbarung realisiert werden soll.

- Anwendung der im Eckpunktepapier entwickelten Grundsätze

- sparsamer Mitteleinsatz, um die Belastung der nach dem Willen der Bundesregierung zur Finanzierung heranzuziehenden Stromverbraucher so gering wie möglich zu halten.

	Alte Bestandsanlagen (vor 1990)	***Neue Bestandsanlagen (ab 1990)***	***KWK-Modernisierung***
2002	*3,0 Pf/kWh*	*3,0 Pf/kWh*	*3,0 Pf/kWh*
2003	*3,0 Pf/kWh*	*3,0 Pf/kWh*	*3,0 Pf/kWh*
2004	*2,7 Pf/kWh*	*2,7 Pf/kWh*	*2,7 Pf/kWh*
2005	*2,7 Pf/kWh*	*2,7 Pf/kWh*	*2,7 Pf/kWh*
2006	*1,9 Pf/kWh*	*2,4 Pf/kWh*	*2,4 Pf/kWh*
2007		*2,4 Pf/kWh*	*2,4 Pf/kWh*
2008		*1,6 Pf/kWh*	*2,1 Pf/kWh*
2009		*1,1 Pf/kWh*	*2,1 Pf/kWh*
2010			*1,8 Pf/kWh*
Summe	***rd. 2 Mrd. DM***	***rd. 3 Mrd. DM***	***rd. 3 Mrd. DM***

Je nach Entwicklungspfad des KWK-Stroms in den einzelnen KWK-Kategorien errechnet sich hieraus eine

Gesamtsumme von rund 7,5 bis rund 8 Mrd. DM

Frankfurt/Main, den 14. Mai 2001

Anlage: Förderung von BHKW-Anlagen bis zu 2 MW_{el} und Brennstoffzellen

Verständigung:

- Förderung von BHKW bis zu 2 MW_{el} je Anlage
- Förderung von Brennstoffzellen mit 10 Pf/kWh für die Laufzeit des Gesetzes
- Zusatzkosten: max. 700 Mio. DM bis 2010, entsprechend 14 TWh. Wenn eine Einspeiseleistung von 500 MW_{el} erreicht ist, wird die Fortsetzung der Förderung im Beirat beraten.
- Bestandsförderung: 3 Pf/kWh (wie in den Eckpunkten für eine gemeinsame Position zur KWK)
- Zubauförderung: max. 5 Pf/kWh (mit Preisanpassung wie in Buchstabe e) der Eckpunkte für eine gemeinsame Position zur KWK);
- Ausschließliche Förderung von ins Netz der öffentlichen Versorgung eingespeistem KWK-Strom nach AGFW-Definition
- Keine Verdrängung von bestehenden Fernwärmepotentialen, die durch KWK bereits bedient werden

Anhang 2: Fortschrittsberichte der Verbände sowie Anmerkungen zum Entwurf des KWK-Monitoringberichts

Anhang 2.1: Fortschrittsbericht des BDEW

Anhang 2.2: Fortschrittsbericht des VKU

Anhang 2.3: Fortschrittsbericht des VIK

Anhang 2.4: Anmerkungen des BDEW zum Entwurf des KWK-Monitoringberichts

Anhang 2.5: Anmerkungen des VIK zum Entwurf des KWK-Monitoringberichts

Der VKU hatte keine Anmerkungen zum Berichtsentwurf.

bdew
Energie. Wasser. Leben.

Bericht für das Jahr 2010 des BDEW („Teilbericht 2“)

zur Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO_2-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung

Teilbericht 2 zu:

„Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO_2-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 09.11.2000“

- Berichtsteil Kraft-Wärme-Kopplung für das mit dem Monitoring beauftragte Öko-Institut -

Berlin, den 21.05.2012 (finale Fassung)

Energie. Wasser. Leben.

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung

2. Einführung

3. Methodik zur Ermittlung der CO_2-Minderungseffekte durch KWK in der allgemeinen Versorgung

4. Ergebnisse der KWK-Ausbaumaßnahmen in Anlagen der allgemeinen Versorgung

ANHANG

LITERATURVERZEICHNIS

1. Zusammenfassung

Der hier vorgelegte Monitoringbericht der allgemeinen Strom- und Wärmeversorgung für die Jahre 2005 - 2010 umfasst die Unterzeichnerverbände VDEW und VRE, beide vertreten durch den Rechtsnachfolger BDEW. Der Bericht bezieht sich auf die Berichterstattung zur „Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO_2-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 09.11.2000 (KWK-Vereinbarung) vom 25. Juni 2001“ und behandelt den Themenkomplex **„Kraft-Wärme-Kopplung“. Mit dem vorliegenden Bericht für das Jahr 2010 endet das Monitoring der Vereinbarung.**

Im vorliegenden **Monitoringbericht** wird der Fortschritt der **allgemeinen Versorgung** hinsichtlich Ausbau von Kraft-Wärme-Kopplung für das Berichtsjahr 2010 fortgeschrieben. Der Bericht setzt auf der methodischen Vorgehensweise der Monitoringberichte des Öko-Instituts für die Jahre 2003 – 2005 bzw. 2005 – 2008 und 2009 auf. Die vermiedenen Emissionen durch Kraft-Wärme-Kopplung eines Berichtsjahres werden hierbei durch einen Vergleich der tatsächlich beobachteten CO_2-Emissionen mit den Emissionen von zwei Referenzsystemen für eine ungekoppelte Erzeugung im Jahr 1998 ermittelt.

Gegenüber der ersten Berichtsperiode (2003 – 2005) zeigt sich eine weitere Zunahme der KWK-Stromerzeugung in den Jahren 2006 und 2008 bei annähernd gleichem und teilweise sogar rückläufigem Wärmeabgabeniveau. Die Ausweitung der KWK-Stromerzeugung geht einher mit einer deutlichen Verringerung der spezifischen CO_2-Emissionen der Nutzenergieerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung. Die Zunahme der KWK-Stromerzeugung ist insbesondere auf eine Reihe von Ende 2005 neu in Betrieb genommenen großen erdgasbefeuerten GuD-Anlagen zurückzuführen.

In 2009 war die Entwicklung des Einsparpotentials im Zuge der Auswirkungen der Wirtschaftskrise auf den Strom- und Wärmeverbrauch sowie aufgrund statistischer Umgruppierung zwischen allgemeiner Versorgung und industrieller Kraftwirtschaft im Zuge des Betreiberwechsels eines Großkraftwerks stark rückläufig. Dies ist insbesondere auch darauf zurückzuführen, dass ein erheblicher Teil der Fernwärmelieferungen an industrielle und gewerbliche Kunden erfolgt, deren Produktion und Wärmebedarf im Zuge der Wirtschaftskrise erheblich zurückgegangen ist. Im Jahr 2010 haben KWK-Strom- und KWK-Wärmeerzeugung wieder das Niveau von 2008 erreicht. Auffällig ist jedoch die deutliche Zunahme der kohlebasierten KWK-Stromerzeugung gegenüber einer auf dem Niveau des Jahres 2009 stagnierenden Erzeugung aus Erdgas.

Die Berechnungen ergeben ein erhebliches, mithilfe zweier Referenzsysteme bewertetes CO_2-Einsparpotential gegenüber dem Referenzjahr 1998. Für die Berichtsjahre 2008 und 2009 belaufen sich die gegenüber einer ungekoppelten Erzeugung zusätzlich vermiedenen Emissionen durch Anlagen der allgemeinen Versorgung auf 12,0 – 13,7 Mio. Tonnen CO_2 bzw. 9,9 – 11,3 Mio. Tonnen CO_2. Für das Jahr 2010 ergibt sich eine gegenüber dem „Krisenjahr 2009“ deutlich erhöhte CO_2-Vermeidung von 11,0 – 12,7 Mio. Tonnen CO_2. Das in 2008 erreichte Einsparpotential konnte aber noch nicht wieder erreicht werden.

Betrachtet man zusätzlich zum erzielten CO_2-Einsparpotential auch die Entwicklung der spezifischen Emissionen der Kraft-Wärme-Kopplung bezogen auf die Nutzenergie-auskopplung, so fällt auf, dass aufgrund von Veränderungen im Energieträgereinsatz und der Fahrweise der KWK-Anlagen sich die spezifischen Emissionen der letzten beiden Jahre gegenüber den Jahren 2006 bis 2008 um ca. 3% erhöht haben. Die spezifischen Emissionen liegen aber immer noch um 7% unter denen des Referenzjahres 1998. Die Gründe für diesen Anstieg liegen in erster Linie im vermehrten Einsatz fester Brennstoffe (Kohle, Abfall, Biomasse) bei gleichzeitig geringerem Einsatz von Erdgas.

Bei einer Bewertung der hier ermittelten CO_2-Einsparpotentiale durch KWK ist zu berücksichtigen, dass die Ermittlung vereinbarungsgemäß auf einer theoretischen Vergleichsbetrachtung mit einem statischen Referenzsystem des Jahres 1998 beruht mit dem Ziel, die tatsächlich verwirklichten KWK-Maßnahmen mit den Zusagen der KWK-Vereinbarung zu vergleichen, ohne eine Vermischung oder Doppelzählung mit den sonstigen Klimaschutzmaßnahmen zu bewirken.

Um die tatsächlich im jeweiligen Bezugsjahr erreichte CO_2-Minderung zu bewerten, müsste stattdessen – analog der üblicherweise angesetzten Betrachtungsweise für erneuerbare Energien[1] – ein dynamisches Referenzsystem angesetzt werden, welches den tatsächlich im jeweiligen Bezugsjahr anzusetzenden Substitutionsmix der ungekoppelten Erzeugung verbunden mit den zugehörigen spezifischen Emissionen der Energieträger berücksichtigt. In einer solchen Betrachtung wäre zu erwarten, dass bei Ansetzen eines dynamischen Ansatzes die tatsächliche CO_2-Vermeidung durch Kraft-Wärme-Kopplung geringer ausfallen würde. Denn tatsächlich sind die spezifischen CO_2-Emissionen im deutschen Strommix seit 1998 durch effizientere Kraftwerke und den Ausbau der erneuerbaren Energien kontinuierlich kleiner geworden. Mit dem weiteren rasanten Ausbau der erneuerbaren Energien wird sich dieser Effekt langfristig noch verstärken.

Für eine Bewertung des Fortschritts der gesamten Energiewirtschaft auf dem Weg zur Zielerreichung der KWK-Vereinbarung sind die hier vorgelegten Ergebnisse noch um die entsprechenden Werte für mit fossilen Brennstoffen befeuerte BHKW privater Betreiber, die KWK-Stromerzeugung privater Anlagenbetreiber unter dem EEG sowie für die Kraft-Wärme-Kopplung der industriellen Kraftwirtschaft zu ergänzen.

[1] Umweltbundesamt (Memmler et al.): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger – Durch Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Emissionen im Jahr 2007. UBA Dessau, 12/2009.

2. Einführung

Der hier vorgelegte Monitoringbericht der allgemeinen Strom- und Wärmeversorgung für das Berichtsjahr 2010 umfasst die Unterzeichnerverbände Verband der Elektrizitätswirtschaft - VDEW - e.V. und Verband der Verbundunternehmen und Regionalen Energieversorger in Deutschland - VRE - e.V. Der BDEW hat die aus den Klimaschutzerklärungen erwachsenden Verpflichtungen der beiden Verbände als Rechtsnachfolger übernommen. Der vorliegende Bericht bezieht sich auf die Berichterstattung zur „Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO_2-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 09.11.2000 (KWK-Vereinbarung) vom 25. Juni 2001“ (siehe Textbox 1). Der Bericht wird mit „**Teilbericht 2**“ bezeichnet.

Textbox 1: KWK-Vereinbarung von Januar 2001

Unterzeichner der Energiewirtschaft: VDEW, VIK, BGW, VRE, VKU

Referenzjahr: 1998

Berichtsperiode: 1998 – 2010

Allgemeine Strom- und Wärmeversorgung: inklusive Kraftwerke der Deutschen Bahn und Mitte der Neunziger in die allgemeine Versorgung umgruppierte Industriekraftwerke

Minderungsziel: bis zu 45 Mio. t gegenüber 1998 (davon möglichst 23 Mio. t durch KWK)

Zwischenziel: Vermeidung von 10 Mio. t CO_2 in 2005 durch KWK sowie zusätzliche Vermeidung von 10 Mio. t CO_2 durch sonstige Maßnahmen

Bedingungen: Ungestörter Betrieb der übrigen Kernkraftwerke (Anrechnung des seit 2003 einsetzenden Kernkraftausstiegs)

Darüber hinaus erfolgt in einem separaten „**Teilbericht 1**“ die jährliche Berichterstattung für die aus Sicht der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft relevante Erklärung im Rahmen der „Klimaschutzerklärung der deutschen Wirtschaft von 2000“ die „Selbstverpflichtungs-erklärung der Stromwirtschaft vom 27. März 1996“, die eine Überarbeitung der Erklärung des VDEW zum Klimaschutz vom 10. März 1995 darstellt.

Mit dem Monitoring der KWK-Vereinbarung ist das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) beauftragt worden. Das RWI hat wiederum das Öko-Institut mit der Erstellung des Monitoring-Berichts für die in der Anlage „KWK/ Nah- und Fernwärme/ BHKW und Brennstoffzellen“ erfassten Maßnahmen beauftragt. Die in der Anlage „Sonstige CO_2-Minderungsmaßnahmen“ aufgeführten Maßnahmen werden davon vereinbarungsgemäß nicht erfasst. Die Berichterstattung zu den „sonstigen Maßnahmen“ erfolgt direkt an das RWI in einem separaten Bericht.

Der vorliegende Teilbericht 2 ist demzufolge vornehmlich an das Öko-Institut gerichtet und behandelt nur den Themenkomplex **„Kraft-Wärme-Kopplung“**.

Unter dem Begriff der allgemeinen Versorgung werden die nicht-industriellen Erzeuger, die Netzbetreiber sowie die Endversorgungsunternehmen der Elektrizitäts-, Wärme- und Heizkraftwirtschaft zusammengefasst.

Im vorliegenden Bericht wird der Fortschritt der allgemeinen Versorgung hinsichtlich Ausbau von Kraft-Wärme-Kopplung für das Berichtsjahr 2010 fortgeschrieben. Die methodischen Grundlagen für die Erstellung der Branchenteilberichte beruhen im Wesentlichen auf den Vorgaben der vorangegangenen Monitoringberichte des Öko-Instituts für das Referenzjahr 1998 und die Berichtsjahre 2003 – 2005, der am 23. Oktober 2009 vorgelegt wurde[2], sowie für die Berichtsjahre 2005 – 2008 bzw. 2009, die am 2. Juli 2010 [3] bzw. am 26. April 2011 [4] fertiggestellt wurden. Im Folgenden wird immer wieder auf diese Berichte verwiesen werden, die deshalb in abgekürzter Form mit *„Monitoringberichte des Öko-Instituts“* bezeichnet werden.

Die methodischen Datengrundlagen und Vorgehensweisen bei der Datensammlung, Auswertung und Bestimmung der durch Kraft-Wärme-Kopplung erzielten CO_2-Minderungen sind in den genannten Monitoringberichten bereits ausführlich beschrieben. Die Darstellung der Methodik im nachfolgenden Kapitel beschränkt sich vornehmlich auf Bereiche, in denen methodische Anpassungen oder Veränderungen in den Datengrundlagen gegenüber dem Vorgehen der Vorjahre vorgenommen wurden.

---

[2] Öko-Institut (Harthan, Matthes, Gores): Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung - Berichtszeiträume 1998 bis 2005. Erster Bericht für das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI).

[3] Öko-Institut (Harthan, Matthes, Gores): Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung - Berichtszeitraum 2005 bis 2007 sowie 2008. Zweiter Bericht für das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI).

[4] Öko-Institut (Gores, Harthan, Penninger): Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung - Berichtszeitraum 2009. Dritter Bericht für das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI).

3. Methodik zur Ermittlung der CO_2-Minderungseffekte durch KWK in der allgemeinen Versorgung

Die CO_2-Emissionen der allgemeinen Versorgung werden auf Grundlage des Brennstoffeinsatzes zur Strom- und Wärmeerzeugung rechnerisch unter Ansetzen spezifischer CO_2-Emissionsfaktoren pro eingesetzter Brennstoffmenge berechnet.

3.1. CO_2-Emissionsfaktoren

Die spezifischen CO_2-Emissionsfaktoren für einzelne Energieträger beruhen auf den verbändeübergreifenden Vereinbarungen zu den CO_2-Emissionsfaktoren im Monitoring[5] (siehe hierzu Tabelle 5 im Anhang). Die Emissionsfaktoren sind hierbei vereinbarungsgemäß als konstant über die gesamte Zeitreihe angesetzt. Die vereinbarten Emissionsfaktoren weichen teilweise von den aktuellen Vorgaben der Zuteilungsverordnung ZuV 2012 für den CO_2-Emissionshandel und der Methodik des Umweltbundesamtes für die Erstellung des Nationalen Inventarberichts zum Deutschen Treibhausgasinventar (NIR)[6] ab. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit den vorangegangenen Monitoringberichten und den Berichten anderer Unterzeichnerverbände zu gewährleisten, wird jedoch vereinbarungsgemäß keine Anpassung der CO_2-Faktoren vorgenommen.

Darüber hinaus wird aber für einige nicht aufgeführte Brennstoffkategorien das Ansetzen weiterer spezifischer CO_2-Emissionsfaktoren erforderlich, für die ursprünglich kein eigener Emissionsfaktor vereinbart wurde. Im vorliegenden Bericht werden für die Berichtsjahre 2005 - 2010 hierzu auch die Vorgaben des Anhangs 3 des Monitoringberichts des Öko-Institutes für die Jahre 2005 bis 2008 angewendet:

- „anderes Gas“: 0,065 t CO_2/GJ Brennstoffeinsatz
- Klärschlamm wird als 100% biogen bewertet
- Hausmüll/Siedlungsabfall: 0,0915 t CO_2/GJ Brennstoffeinsatz (davon 50% biogener Anteil)
- „Sonstige“: Hierbei handelt es sich im Bereich der allgemeinen Versorgung vornehmlich um von Abfall- und Klärschlammverbrennungsanlagen im Fremdbezug bezogenen Prozessdampf zur Verstromung in Kraftwerken der allgemeinen Versorgung sowie Abhitzenutzungen und Rückspeisungen in Industrieparks. Hinzukommen ggf. Einsätze nicht kommerzieller Sonderbrennstoffe und Sonderabfälle sowie Strom- und Wärmeerzeugung über Gasentspannungs-/Expansionsturbinen. Es werden im Rahmen des Monitorings vereinfacht der gleiche Emissionsfaktor und ein hälftiger biogener Anteil wie für Hausmüll angesetzt.

---

[5] Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung: Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft. Monitoringbericht 2003 – 2004, S. 259.

[6] Umweltbundesamt (UBA) (2008): National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2006. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change 2008. UBA Climate Change 07-08, Dessau-Roßlau, May 2008.

Für die Kategorie **„Industriemüll“** wird für das Monitoring ein gegenüber den Vorjahren abweichendes Vorgehen vorgeschlagen: Seit 2009 wird diese Kategorie nicht mehr in Verbindung mit der Kategorie Hausmüll in der Energiestatistik erhoben, sondern separat berichtet. Die Ausgliederung ist aufgrund des erheblichen Anstiegs des Einsatzes solcher Abfälle im Zuge der Inbetriebnahme einer Reihe von Mono-EBS-Kraftwerken sowie der Ausweitung der Mitverbrennung in Kohlekraftwerken vorgenommen worden. In diesen Kraftwerken werden hierbei nicht zuletzt aufgrund der Abgabeverpflichtungen für fossile CO_2-Emissionen im Emissionshandel vornehmlich Abfälle mit hohen Heizwerten und/oder hohen biogenen Kohlenstoffanteilen eingesetzt.

Für die Zuweisung eines CO_2-Emissionsfaktors für die Kategorie „Industrieabfall“ hat der **BDEW im Mai 2011 eine Befragung seiner Mitgliedsunternehmen** hinsichtlich der derzeit in Kohlekraftwerken und EBS-Kraftwerken der allgemeinen Versorgung eingesetzten Industrie- und Gewerbeabfälle durchgeführt. Die Erhebung wurde ergänzt mit Angaben aus Unternehmensberichten und Umwelterklärungen.

Eine Übersicht über Mengenströme und Eigenschaften der im Jahr 2009 eingesetzten Industrie- und Gewerbeabfälle vermittelt die Tabelle 7 im Anhang, die die Kernergebnisse der Erhebung zusammenfasst. Die Angaben beziehen sich hierbei immer auf die jeweiligen Gesamtanlagen im Kalenderjahr. Eine Differenzierung der Abfalleinsätze nach ungekoppelter und gekoppelter Erzeugung liegt nicht vor.

Die Zuweisung der einzelnen, in der Regel detailliert berichteten Abfall- und Brennstoffarten zu den Kategorien der Energiestatistik erfolgt durch die statistischen Landesbehörden. Um die Zuordnung der Abfalleinsätze nachvollziehen zu können, wurde eine ergänzende „Bottom-up“-Betrachtung für die übrigen thermischen Abfallbehandlungsanlagen (TAB) zur Verbrennung von Siedlungsabfällen (im Folgenden vereinfacht als MVA bezeichnet) durchgeführt.

Die Durchsatzmengen liegen für die identifizierten Siedlungsabfallverbrennungsanlagen grundsätzlich bis auf wenige Fälle in berichteter Form vor. Aufgrund der unterschiedlichen Quellenlage und Erfassungsmethodik können sich allerdings (geringfügige) Abweichungen bei einem Vergleich mit anderen Statistiken ergeben. Dies gilt insbesondere für den Heizwert, aber auch für einzelne Durchsätze der eingesetzten Abfälle.

Abfallwirtschaftlich relevante Daten der MVA werden vom Verband ITAD jährlich auf der Internetseite des Verbandes anlagenscharf veröffentlicht. Die Angaben umfassen u. a. Durchsatz, Heizwert, Strom-, Wärme- und Dampferzeugung. Zu beachten ist hierbei, dass für einzelne Abfallverbrennungsanlagen die Angaben nur lückenhaft vorliegen und teilweise Auslegungs- und Kapazitätsdaten anstelle tatsächlicher Werte enthalten sind. Darüber hinaus liegen die aktuell veröffentlichten Daten zum Teil für unterschiedliche Berichtsjahre vor, da die Angaben kontinuierlich fortgeschrieben werden. Der Datensatz wird deshalb mithilfe von historischen ITAD-Angaben, Unternehmensangaben und Informationen der Landesbehörden (Abfallbilanzen, Abfallkataster, sonstige statistische Veröffentlichungen)

bereinigt und um einzelne bekannte Standorte ergänzt, insoweit deren Durchsätze nicht vom Berichtskreis der ITAD erfasst sind.

Zu berücksichtigen ist ferner, dass nicht alle MVA in der Energiestatistik für die allgemeine Versorgung enthalten sind. Einige der nicht im Berichtskreis der allgemeinen Versorgung (Erhebung 066 und 064) enthaltenen Anlagen sind in der Erhebung für das Verarbeitende Gewerbe (Erhebung 067) oder in der Erhebung über die Stromeinspeisung bei den Netzbetreibern (Erhebung 070) enthalten. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass einige MVA Prozessdampf an benachbarte mit fossilen Brennstoffen befeuerte Kraftwerke anderer Betreiber zur Verstromung und Wärmeerzeugung liefern. Für mehrere MVA konnte über Unternehmensangaben, Eigentumsverhältnisse und Energiebilanzdaten der Länder diese Prozessdampflieferung im Fremdbezug der Kategorie „Sonstige Energieträger“ zugeordnet werden.

Aus der Erhebung 070 des Statistischen Bundesamtes und einem Abgleich der Abfall- und Energiebilanzen der Länder mit den Angaben der Einzelstandorte konnten für das Jahr 2009 acht MVA in Hamburg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Schleswig-Holstein und Thüringen identifiziert werden, die in 2009 offensichtlich (noch) nicht vom Berichtskreis der allgemeinen Versorgung erfasst waren. Bei den Betreibern handelt es sich entweder um Anlagen im Probebetrieb oder um Unternehmen, deren Hauptaktivitäten in der Sammlung und Behandlung von Abfällen liegen.

Von den verbleibenden Abfallverbrennungsanlagen liefern acht Anlagen Prozessdampf an benachbarte mit fossilen Brennstoffen befeuerte Kraftwerke zur Verstromung und ggf. Wärmeerzeugung. Es wird davon ausgegangen, dass der Energieträgereinsatz einer MVA, die überwiegend von denselben Eigentümern wie das belieferte Kraftwerke betrieben wird, in der Energiestatistik als Verbund mit dem Kraftwerk von den Unternehmen berichtet wird.

Für vier MVA, die weder Strom noch Fernwärme selbst erzeugen, konnte über Unternehmensangaben, Eigentumsverhältnisse und Energiebilanzdaten der Länder die Berichterstattung als Fremddampflieferung identifiziert werden. In diesen Fällen berichtet das belieferte Kraftwerk in der Regel nur den Energieinhalt des Fremddampfbezuges. Umwandlungsverluste, Leitungsverluste und Eigenverbrauch der MVA bleiben dabei oftmals unberücksichtigt. Fremddampfbezüge zur Verstromung werden üblicherweise der Kategorie „Sonstige Energieträger“ zugeordnet. Anlagen im Probebetrieb sind im Rahmen der Abfallstatistik üblicherweise erfasst, werden im Rahmen der Energiestatistik aber im Regelfall erst nach Aufnahme des Regelbetriebes erfasst.

In Tabelle 1 sind die im Rahmen der BDEW-Auswertung identifizierten Abfallströme und Brennstoffeinsätze den entsprechenden Angaben aus Energiestatistik und Abfallstatistik gegenübergestellt. Der Abfalleinsatz der BDEW-Erhebung ist ohne Klärschlamm und Bioabfälle (Tiermehl, Altholz etc.) dargestellt, die ebenfalls eigenständige Kategorien in der Energiestatistik bilden.

Die Betrachtung der Abfallströme und Brennstoffeinsätze der konventionellen Siedlungsabfallverbrennungsanlagen (MVA) für das Jahr 2009 ergab eine gute Übereinstimmung mit der Energieträgerkategorie Abfall (Hausmüll, Siedlungsabfall) des Statistischen Bundesamtes (siehe Tabelle 1).

Betrachtet man die identifizierten Abfalleinsätze in energetischen Verwertungsanlagen (Mitverbrennung in Kohlekraftwerken, Einsatz in EBS-Kraftwerken und MVA) in ihrer Gesamtheit, kann nach Auffassung des BDEW für die Ableitung von CO_2-Emissionsfaktoren vereinfacht davon ausgegangen werden, dass im Rahmen der Energiestatistik der gesamte Abfalleinsatz der Siedlungsabfallverbrennungsanlagen der Kategorie Abfall (Hausmüll, Siedlungsabfall) zugeordnet werden kann, während der Abfalleinsatz in mitverbrennenden Kohlekraftwerken und EBS-Kraftwerken unter der Kategorie Industrie-Abfall geführt wird.

Für den Bereich „Sonstige Energieträger“ entsprechen die nicht in der Energiestatistik berichteten Verluste bei Fremddampflieferung aus Müllheizkraftwerken in etwa den übrigen, teilweise nicht identifizierten, im Regelfall emissionsfreien sonstigen Energieträgereinsätzen (Abhitzenutzung, Rückspeisungen, Entspannungsturbinen, Fremddampf aus Klärschlammverbrennung etc.). Der bisher für diese Abfallkategorie angesetzte CO_2-Emissionsfaktor von Hausmüll/Siedlungsabfall sollte deswegen nach Auffassung des BDEW beibehalten werden.

Für die Kategorie „Industrie-Abfall“ lässt sich für das Jahr 2009 ein durchschnittlicher CO_2-Emissionsfaktor für die allgemeine Versorgung über die Einsatzmengen nach Tabelle 7 im Anhang und die Annahmen zur Abfallcharakterisierung nach Tabelle 6 im Anhang bestimmen. Die dort verwendeten Emissionsfaktoren entsprechen nach Kenntnisstand des BDEW im Grundsatz den vom Umweltbundesamt im Rahmen der Treibhausgasberichterstattung (Nationaler Inventarbericht – NIR) angesetzten Emissionsfaktoren für „Sonderbrennstoffe“.

Für die Kategorie „Faser-/ Deinkingrückstände“ der Papier- und Zellstoffindustrie setzt die Studie UBA 07/06 einen biogenen Anteil von 100% für den industriellen Bereich an. Zu berücksichtigen ist hierbei aber, dass die Rückstände und Schlämme der Papierherstellung je nach Herkunftsart und Abfallschlüssel sehr unterschiedliche biogene Anteile aufweisen. Deinkingschlämme bestehen überwiegend aus anorganischen Bestandteilen (Kalk, Farbreste, Kaolin etc.). Der Energieinhalt der Spuckstoffe und Rejekte ist weitgehend auf den Gehalt von Kunststoffen und andere nicht biogene Bestandteile zurückzuführen. Fangstoffe, Faserschlämme und sonstige Papierschlämme enthalten vornehmlich biogene Fasern und Reste von Füllstoffen.

Erfahrungen der Anlagenbetreiber im Emissionshandel weisen auf einen durchschnittlichen biogenen Kohlenstoffanteil der an Kraftwerke der allgemeinen Versorgung gelieferten Schlämme und Rückstände der Papier- und Zellstoffindustrie von ca. 60% als Durchschnitt des Berichtsjahres 2009 hin. Im Jahr 2008 lag der biogene Anteil sogar bei über 70%.

Tabelle 1: Gegenüberstellung von Abfalldurchsatz- und Brennstoffeinsätzen nach BDEW-Erhebung mit der Berichterstattung des Statistischen Bundesamtes (Kraftwerke/Heizwerke)

Berichtskreis	Abfalldurchsatz (BDEW)	Brennstoffeinsatz (BDEW)	Abfalldurchsatz (StaBu)	Brennstoffeinsatz (StaBu)
	Mio. t	PJ	Mio. t	PJ
Siedlungsabfall-verbrennungsanlagen	**19,2**	**194,7**	**19,8** [7]	**--**
Davon Probebetrieb/nicht von Energiestatistik der allg. Versorgung erfasst	1,4	15,2	--	--
Davon Fremddampf/ sonstiger Energieträger	0,9	7,9 - Input MVA 6,3 -Dampfbezug	Siehe unten	Siehe unten
Davon Kategorie Abfall (Hausmüll/Siedlungsabfall)	16,9	171,7	16,3	165,5
Energetische Verwertung (EVA) in Kraftwerken/Heizwerken	**2,8**	**29,7**	**--**	**--**
Davon Probebetrieb/nicht von Energiestatistik der allg. Versorgung erfasst	0,3	4,7	--	--
Davon Fremddampf/ sonstiger Energieträger	0,4	2,6	Siehe unten	Siehe unten
Davon Industrie-Abfall (Kraft-/Heizwerke)	2,0	21,7	2,1	22,5
Sonstiger Energieträger (gesamt MVA + EVA)	**(1,3) – siehe oben**	**(8,9) – siehe oben**	**1,6** [8]	**8,7**

Quelle: BDEW-Erhebung; Statistisches Bundesamt Fachserie 19 Reihe 1 – Abfallentsorgung 2009; Statistisches Bundesamt Erhebung 066/064

[7] Abfallverbrennungsanlagen (gesamt) nach Fachserie 19 Reihe 1 Tabelle 3.1, inklusive Klärschlamm- und Bioabfalleinsatz in Abfallverbrennungsanlagen

[8] Sonstige Energieträger inklusive Fremddampfbezug, Abhitzenutzungen, Rückeinspeisungen, Entspannungsturbinen, Sonderbrennstoffe, etc.

Für die mengenmäßig bedeutsamste Kategorie „Brennstoffe aus Abfällen“ des Mittelkalorikbereiches wird eine Unterteilung in aufbereitete Fraktionen aus Siedlungs- und Gewerbeabfällen im jahresdurchschnittlichen Heizwertbereich 14 – 16 kJ/kg (Brennstoffe aus Abfällen - SBS/EBS - vornehmlich zum Einsatz in Stein- und Braunkohlekraftwerken) und jahresdurchschnittlichen Heizwertbereich 11 – 14 kJ/kg (brennbare Abfälle und sonstige Abfälle aus der mechanischen Behandlung vornehmlich zum Einsatz in EBS-Kraftwerken) angesetzt. Der Emissionsfaktor der UBA-Studie 07/06 für „Siedlungsabfall aufbereitet“ bezieht sich vornehmlich auf den Einsatz in Zementwerken und entspricht dem Heizwertbereich 14 – 16 kJ/kg, der auch dem üblicherweise in Kohlekraftwerken zur Anwendung kommenden Heizwertband entspricht. Der hierbei angesetzte biogene Anteil von 55% deckt sich mit Angaben der Anlagenbetreiber, die im Rahmen des Emissionshandels für diese Fraktionen biogene Anteile von bis zu 70% durch Messungen ermittelt haben.

Erfahrungen im Anlagenbetrieb der EBS-Kraftwerke zeigen, dass viele der zum Einsatz kommenden aufbereiteten Siedlungs- und Gewerbeabfallfraktionen und Sortierreste im Jahresdurchschnitt Heizwerte von weniger als 14 kJ/kg aufweisen. Zur Abbildung dieser Sortierfraktionen wird auf eine vor Kurzem veröffentlichte Studie der TU Dresden zurückgegriffen (UBA 33/2011).

Die Studie enthält umfangreiche Informationen und Annahmen zur stofflichen Beschaffenheit einzelner Sortierfraktionen sowie entsprechende Mengenflüsse und Anteile der Verfahren im Hinblick auf die Verwertung in Kraftwerken. Hierbei wird grundsätzlich zwischen den Aufbereitungsverfahren mechanische Aufbereitung (MA), mechanisch-biologische Aufbereitung (MBA), mechanisch-physikalische Stabilisierung (MPS) und mechanisch-biologische Stabilisierung (MBS) unterschieden (zur Klassifikation und Begrifflichkeit wird an dieser Stelle auf die Studie verwiesen). Über Mengengerüst und Abfalleigenschaften kann dann ein durchschnittlicher Parametersatz für die Kategorie „Siedlungsabfall aufbereitet“ des unteren Mittelkalorikbereiches bestimmt werden. Es ergibt sich hier ein Emissionsfaktor für „Siedlungsabfall aufbereitet“ in Höhe von 71,6 CO_2/TJ bei einem biogenen Anteil von 55%. Um eine Vergleichbarkeit und Konsistenz mit den übrigen – letztlich aus dem Nationalen Inventarbereich des UBA entnommenen – Emissionsfaktoren sicherzustellen, wird für diese Abfallkategorie konservativ für die Bilanzierung in Abstimmung mit dem Gutachter der Emissionsfaktor des UBA für Siedlungsabfall in Höhe von 91,5 CO_2/TJ bei einem biogenen Anteil von 50% angesetzt.

Die Zusammenführung der Energieträgereinsätze und der entsprechenden CO_2-Emissionsfaktoren für einzelne Industrieabfälle (siehe Tabellen 6 und 7 im Anhang) führt für den Bereich der Kraftwerke der allgemeinen Versorgung zu dem Ergebnis, dass für die Kategorie „Industrie-Abfälle“ ein durchschnittlicher spezifischer Emissionsfaktor von **75,7 t CO_2/TJ** in 2009 angesetzt werden kann (ermittelt als mengengewichteter Durchschnitt). Bei Berücksichtigung des durchschnittlichen biogenen Anteils von 46% ergibt sich ein durchschnittlicher treibhausgasrelevanter Emissionsfaktor von **40,7 CO_2/TJ** [9].

[9] Das Umweltbundesamt verwendet im Nationalen Inventarbericht 2009 einen Emissionsfaktor von 71,8 t CO_2/TJ für die Kategorie „Industriemüll“, die sich allerdings auf den Abfalleinsatz über alle Sektoren bezieht.

3.2. Energieträgereinsatz

Der Energieträgereinsatz sowie Strom- und Wärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung ergeben sich für die Berichtsperiode aus Informationen des Statistischen Bundesamtes (2005 – 2009), jeweils getrennt für gekoppelte und ungekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung[10].

Die Erhebungen des Statistischen Bundesamtes ermöglichen eine konsistente Betrachtung von Strom- und Wärmeerzeugung sowie Brennstoffeinsatz und zuzuordnenden CO_2-Emissionen, getrennt für allgemeine Versorgung und industrielle Kraftwirtschaft („Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe“) nach einzelnen Energieträgern. Von der Statistik des Statistischen Bundesamtes werden aber nur Anlagen mit einer Betreiberleistung > 1 MW_{el} erfasst.

Die Aufteilung des Brennstoffeinsatzes der Kraft-Wärme-Kopplung nach Statistischem Bundesamt auf die Produkte KWK-Strom und KWK-Wärme kann analog dem Vorgehen der AG Energiebilanzen mithilfe der „Finnischen Methode“ vorgenommen werden. Für die hier vorgenommene Bewertung ist eine solche Aufteilung jedoch nicht erforderlich.

3.3. Vermiedene CO_2-Emissionen

Als Vergleichsbasis für durch Kraft-Wärme-Kopplung vermiedene Emissionen werden die tatsächlich entstandenen CO_2-Emissionen mit denen einer ungekoppelten Erzeugung verglichen. Es wird ein statisches Referenzsystem unter Bezugnahme auf das Referenzjahr 1998 zugrunde gelegt. Als Referenzemissionen der ungekoppelten Erzeugung werden für das Jahr 1998 gemäß Monitoringberichten des Öko-Instituts vereinbarungsgemäß angesetzt:

- für die ungekoppelte Stromerzeugung eine Bandbreite von 770 g CO_2/kWh (Strom-Referenzsystem 1) bis 860 g CO_2/kWh (Strom-Referenzsystem 2) sowie
- für die ungekoppelte Wärmeerzeugung ein Wert von 295 g CO_2/kWh.

Bei einer Anwendung des hier angesetzten Verfahrens zur Bestimmung der CO_2-Einsparpotentiale durch KWK-Ausbau und Modernisierung ist zu berücksichtigen, dass die Ermittlung vereinbarungsgemäß auf einer theoretischen Vergleichsbetrachtung mit einem statischen Referenzsystem des Jahres 1998 beruht mit dem Ziel, die tatsächlich verwirklichten KWK-Maßnahmen mit den Zusagen der KWK-Vereinbarung zu vergleichen, ohne eine Vermischung oder Doppelzählung mit den sonstigen Klimaschutzmaßnahmen zu bewirken.

[10] Statistisches Bundesamt („Stabu 066“): Monatsbericht über die Elektrizitätsversorgung - Tabelle 5b, Stromerzeugung, und Tabelle 6b, Brennstoffeinsatz, jeweils für Wärmekraftwerke und Heizkraftwerke.

Um die tatsächlich im jeweiligen Bezugsjahr erreichte CO_2-Minderung zu bewerten, müsste stattdessen – analog der üblicherweise angesetzten Betrachtungsweise für erneuerbare Energien[11] – ein dynamisches Referenzsystem angesetzt werden, welches den tatsächlich im jeweiligen Bezugsjahr anzusetzenden Substitutionsmix der ungekoppelten Erzeugung verbunden mit den zugehörigen spezifischen Emissionen der Energieträger berücksichtigt.

In einer solchen Betrachtung wäre zu erwarten, dass bei Ansetzen eines dynamischen Ansatzes die tatsächliche CO_2-Vermeidung durch Kraft-Wärme-Kopplung geringer ausfallen würde. Denn tatsächlich sind die spezifischen CO_2-Emissionen im deutschen Strommix seit 1998 durch effizientere Kraftwerke und den Ausbau der erneuerbaren Energien kontinuierlich kleiner geworden. Mit dem weiteren rasanten Ausbau der erneuerbaren Energien wird sich dieser Effekt langfristig noch verstärken.

Berücksichtigt werden für die Ermittlung der CO_2-Effekte jeweils der KWK-Stromanteil an der gesamten Stromerzeugung sowie der der KWK zuzurechnende Brennstoffeinsatz der jeweiligen Anlage.

Die vermiedenen Emissionen durch Kraft-Wärme-Kopplung eines Berichtsjahres lassen sich dann durch einen Vergleich der tatsächlich beobachteten CO_2-Emissionen mit den Emissionen des Referenzsystems für die ungekoppelte Erzeugung ermitteln.

Für das Basisjahr 1998 werden gemäß Öko-Institut für die allgemeine Versorgung die folgenden Referenzwerte angesetzt: (Monitoringbericht des Öko-Instituts für die Jahre 2005 bis 2007 sowie 2008, Kapitel 8, S. 49 - 50)

- KWK-Stromerzeugung: 34,2 TWh
- KWK-Wärmeerzeugung: 288,3 PJ
- CO_2-Emissionen der KWK: 40,0 Mio. Tonnen

[11] Umweltbundesamt (Memmler et al.): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger – Durch Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Emissionen im Jahr 2007. UBA Dessau, 12/2009.

4. Ergebnisse der KWK-Ausbaumaßnahmen in Anlagen der allgemeinen Versorgung

4.1. Entwicklung der installierten KWK-Leistung in Anlagen der allgemeinen Versorgung über die Berichtsperiode 1998 – 2010

Zur Beurteilung des Ausbauzustandes der Kraft-Wärme-Kopplung wird neben der in den folgenden Abschnitten vorgenommenen Betrachtung der KWK-Strom- und KWK-Wärmeerzeugung eine Analyse der Entwicklung der verfügbaren KWK-Leistung vorgenommen. Der Schwerpunkt wird nicht auf eine Betrachtung nach (Haupt-)Brennstoffen, sondern auf die für den Einsatz zur Verfügung stehenden **Maschinenarten** gelegt. In Anlehnung an die Erhebungen des Statistischen Bundesamtes und der AGFW wird eine Unterscheidung in Dampfturbinen („DT“ – Entnahmekondensations- und Gegendruckmaschinen), Gasturbinen („GT“ – GT mit Abhitzekessel), GuD-Anlagen (GuD – Gasturbinen mit nachgeschalteter Dampfturbine und Abwärmenutzung) sowie Verbrennungsmotoren und sonstige Anlagen („VM“ – Blockheizkraftwerke) getroffen.

Die Betrachtung soll nur Anlagen des Berichtskreises der allgemeinen Versorgung mit einer Leistung von mehr als 1 MW_{el} bezogen auf die maximal mögliche ungekoppelte Stromerzeugung einbeziehen. Als wichtigste Datenquelle werden hierbei die AGFW-Hauptberichte zur Fernwärmeversorgung der Jahre 1998 – 2009 herangezogen. Zu beachten ist hierbei, dass die AGFW-Berichte in der Rubrik Blockheizkraftwerke auch Verbrennungsmotorenanlagen und sonstige Anlagen (z. B. ORC-Anlagen oder Brennstoffzellen) mit einer Leistung von weniger als 1 MW_{el} einbeziehen, wenn diese Angaben von den beteiligten Unternehmen übermittelt werden. Eine systematische Unterscheidung von Blockheizkraftwerken nach Größenklasse ist aufgrund der aggregierten Veröffentlichung der AGFW-Statistik nicht ohne Weiteres möglich.

Da die Angaben zur Entwicklung des Ausbauzustandes von Verbrennungsmotoren nur lückenhaft vorliegen und in vielen Fällen mögliche vorübergehende oder dauerhafte Stilllegungen im Bestand nicht bekannt sind, bezieht sich die vorliegende Betrachtung der nicht bereits in der AGFW-Statistik erfassten Betreiber vornehmlich auf Dampfturbinen, Gasturbinen und GuD-Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW. Für dieses Anlagenkollektiv lässt sich über die von der DEHSt veröffentlichten Emissionshandelsinventare und den von den Übertragungsnetzbetreibern veröffentlichten EEG-Anlagenstammdaten vergleichsweise einfach feststellen, ob die identifizierten Anlagen weiterhin in Betrieb sind und ob ggf. über den Berichtszeitraum wesentliche Erweiterungen oder Stilllegungen stattgefunden haben, die sich auf die installierte KWK-Leistung ausgewirkt haben könnten.

Die Ausbauentwicklung der Verbrennungsmotoren wird im Rahmen des KWK-Monitoring über eine entsprechende Betrachtung des Öko-Instituts über alle Sektoren hinweg bestimmt. Die im Folgenden präsentierten Daten zu Verbrennungsmotoren sind deshalb nur der Vollständigkeit halber aufgeführt und die Angaben nur als indikativ zu verstehen.

Zur Abbildung der Ausbauentwicklung der übrigen vom Berichtskreis der allgemeinen Versorgung erfassten Anlagen werden die **Jahre 1998, 2005 und 2010** im Detail betrachtet.

Für das Jahr 1998 wird hierzu analog der Bestimmung der Erzeugungsmengen und der CO_2-Emissionen für das Referenzjahr der von der AGFW-Statistik im Jahr 1998 erfasste Anlagenpark ergänzt um einzelne nicht vom Berichtskreis der AGFW-Statistik erfasste Anlagen der allgemeinen Versorgung betrachtet.

Eine Liste der im Basisjahr zusätzlich einzubeziehenden Dampfturbinen-, Gasturbinen- und GuD-Anlagen findet sich im Anhang des KWK-Monitoringberichts des Öko-Instituts für die Berichtsperiode 1998 – 2005 (Fortschrittsbericht des VDEW, Anhang 4.11, Tabelle 14, S. 68ff).

Aktuelle nach Einzelbetreibern aufgeschlüsselte AGFW-Berichte liegen dem Verband für die Jahre 1998 - 2006 in veröffentlichter Form vor. Darüber hinaus wurden von der AGFW vertrauliche Einzelangaben für das Jahr 2009 zur Verfügung gestellt, die es erlauben, den Teilnehmerkreis und mögliche Veränderungen in der KWK-Leistung gegenüber dem Jahr 2009 zu identifizieren. Zu berücksichtigen sind hierbei insbesondere die Veränderungen im Berichtskreis der AGFW-Statistik durch Zu- und Abgänge, die so bis zum Jahr 2009 im Detail nachverfolgt werden können.

Im Folgenden dienen die AGFW-Hauptberichte der Jahre 1998, 2005 und 2006/2009 als Ausgangsgrundlage für die Abbildung der Inventarjahre 1998, 2005 und 2010. Zu berücksichtigen ist hierbei insbesondere, dass das Jahr 2005 aufgrund der Fristen des KWK-Gesetzes von einer Fülle von Neuinbetriebnahmen und Modernisierungen gekennzeichnet war, für die genaue Inbetriebnahmen und Stilllegungen von Altanlagen über das Berichtsjahr 2005 in einigen Fällen nicht genau verfolgbar sind und gleichzeitig der Berichtskreis der AGFW erhebliche Veränderungen erfahren hat. Einige der Modernisierungen und Inbetriebnahmen sind erst gegen Ende des Jahres 2005 erfolgt und haben sich deswegen teilweise erst in 2006 in der Statistik niedergeschlagen.

Mögliche Veränderungen des Berichtskreises der AGFW-Statistik in Form von Zu- und Abgängen von Betreibern werden unter dem Berichtskreis der „Sonstigen Unternehmen der allgemeinen Versorgung“ bereinigt und erfasst. Für das im Rahmen der AGFW-Statistik aufgeführte Anlagenkollektiv erfolgt zudem eine Bereinigung des „Fremdbezugs“ um einige im Berichtskreis der Energiestatistik für Bergbau und das Verarbeitende Gewerbe erfasste Anlagen (insbesondere des Steinkohlenbergbaus). Für das Jahr 2010 werden identifizierte Neuinbetriebnahmen, Kapazitätserweiterungen und Schließungen berücksichtigt und den jeweiligen Berichtsgruppen zugeschlagen.

Für Veränderungen im Anlagenbestand über die Berichtsjahre 2005 bis 2010 beruhen die Angaben auf Erhebungen des Verbandes, Literatur- und Internetrecherchen sowie Unternehmensangaben. Darüber hinaus liegen für viele von der AGFW-Statistik in einem bestimmten Jahr nicht erfasste Fernwärmebetreiber Daten zu den installierten KWK-Leistungen aus vorangegangenen oder nachfolgenden AGFW-Berichten vor, die nach einer Überprüfung auf mögliche Veränderungen für die Ergänzung des Leistungsinventars herangezogen werden können.

Während das Leistungsinventar für die Erzeugung in eigenen Anlagen des Berichtskreises der AGFW-Statistik detailliert nach Maschinenarten vorliegt, wird in den AGFW-

Hauptberichten für den Fremdbezug von nicht in der AGFW-Statistik im Rahmen der Eigenerzeugung erfassten Anlagenbetreibern nur eine über alle Maschinenarten aggregierte geschätzte Gesamt-KWK-Leistung angegeben. Darüber hinaus liegen berichtete Angaben zu den Wärmebezügen und Wärmeanschlussleistungen sowie zur Brennstoffart und dem KWK-Anteil der Bezüge nach einzelnen Betreibern der Wärmenetze vor. Die den AGFW-Fremdbezügen zugrunde liegenden Anlagen konnten gemessen an der berichteten Bezugsleistung in Gänze identifiziert und den Sektoren allgemeine Versorgung oder Industrie zugeordnet werden. In vielen Fällen handelt es sich hierbei entweder um städtische Müllheizkraftwerke, von Tochter- oder Mutterunternehmen betriebene konventionelle Heizkraftwerksanlagen oder um Auskopplungen aus Industrieanlagen. Die Maschinenarten der Bezüge aus Anlagen der allgemeinen Versorgung konnten identifiziert und die entsprechende KWK-Leistung aus Unternehmens- oder Herstellerangaben ermittelt werden (zum Vorgehen siehe unten). Die so ermittelte KWK-Strom-Leistung des Fremdbezugs ergab kumuliert eine Leistung, die nahezu deckungsgleich mit der von der AGFW zugewiesenen KWK-Strom-Leistung des Fremdbezuges für das Jahr 2006 ist[12].

Die Zuordnung einer betreiberspezifischen KWK-Strom-Leistung nach Maschinenart erfolgt auf Grundlage der AGFW-Hauptberichte für alle vom Berichtskreis der AGFW-Statistik erfassten Unternehmen (inklusive zeitnaher Zugänge und Abgänge).

Für die übrigen nicht von der AGFW-Statistik erfassten Anlagen und Neuinbetriebnahmen erfolgt eine anlagenspezifische Zuweisung nach Maschinenart wie folgt:

a) Für Gasturbinen mit Abhitzekessel, ORC-Anlagen, Verbrennungsmotoren und Gegendruckmaschinen (inklusive GuD-Anlagen mit Gegendruckturbine) wird angenommen, dass die Nettoleistung der Anlage der KWK-Strom-Leistung entspricht, insoweit eine entsprechende Nutzwärmeauskopplung aufgrund vorhandener Wärmesenke möglich ist.

b) Für Anzapf- und Entnahmekondensationsmaschinen (inklusive GuD-Anlagen mit Entnahmekondensationsturbine) wird die zugehörige KWK-Leistung über typische leistungs- bzw. arbeitsbezogene Stromkennzahlen nach Anlagenart und Brennstoff abgeleitet (siehe Tabelle 2).

c) Für einige Anlagen, bei denen die Maschinenart der Turbine nicht eindeutig bestimmt werden konnte, erfolgt im Falle stromgeführter Anlagen (im Regelfall installierte Leistung $MW_{el} > MW_{th}$) die Bestimmung der KWK-Leistung über Multiplikation einer typischen Stromkennzahl (nach Brennstoff bzw. Feuerungsanlagentechnologie) und installierter Nettowärmeleistung (ohne Spitzenkessel).

Leistungsangaben und technische Merkmale für Einzelanlagen sind entweder direkte Unternehmensangaben, Angaben von Anlagenbauern oder aus entsprechenden

[12] Der AGFW-Hauptbericht 2006 weist eine aggregierte KWK-Leistung der Anlagen im Fremdbezug von 1.994 MW_{el} aus, die BDEW Berechnung ergab eine KWK-Leistung im Fremdbezug nach Maschinenarten in Höhe von 1.980 MW_{el}.

Fachpublikationen (UBA-Kraftwerksliste; Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur etc.) entnommen.

Die Ableitung einer typischen leistungsbezogenen Stromkennzahl beruht im Falle von Steinkohle-, Braunkohle- oder erdgasgefeuerten Anlagen auf Angaben, die aus den Leistungsangaben des AGFW-Hauptberichts des Jahres 2006 abgeleitet wurden.

Die Ableitung von Stromkennzahlen für die übrigen Brennstoffe sowie, falls erforderlich, die Umrechnung von Brutto- in Nettoangaben erfolgen auf Grundlage des Durchschnitts der Energiestatistik der allgemeinen Versorgung für die Jahre 2005 – 2010 ausgedrückt als Verhältnis von KWK-Strom- zu KWK-Wärmeerzeugung bzw. gesamter Netto- zu Brutto-stromerzeugung. Die so ermittelte Stromkennzahl ist arbeitsbezogen.

Die so abgeleiteten Annahmen sind in nachfolgender Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Leistungs- und arbeitsbezogene Stromkennzahlen zur Ableitung der KWK-Stromleistung

Brennstoff/Anlagenart	**Stromkennzahl**	**Bezugsart**	**Quelle**
Steinkohle (DT)	0,42	leistungsbezogen	AGFW-Hauptbericht
Braunkohle (DT)	0,36	leistungsbezogen	AGFW-Hauptbericht
Erdgas (DT)	0,21	leistungsbezogen	AGFW-Hauptbericht
Erdgas (GT)	0,60	leistungsbezogen	AGFW-Hauptbericht
Erdgas (GuD-EK)	0,98	leistungsbezogen	AGFW-Hauptbericht
Erdgas (GuD-GD)	0,93	leistungsbezogen	AGFW-Hauptbericht
Müll/EBS (DT)	0,26	arbeitsbezogen	StaBu 066
Biomasse (DT)	0,41	arbeitsbezogen	StaBu 066

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt für fünf Teilgruppen (siehe Tabelle 3):

- AGFW-Eigenerzeugung (Betreiberkollektiv Stand 2006)
- AGFW-Fremdbezug (Betreiberkollektiv Stand 2006)
- EVU-betriebene Contracting-Anlagen (Kundenkraftwerke) sowie Industrie- und Gewerbeparks
- sonstige nicht vom Berichtskreis der AGFW-Statistik in 2006 erfasste Anlagen der allgemeinen Versorgung
- Industriekraftwerke mit Fernwärmelieferungen als Fremdbezug im Rahmen der AGFW-Statistik

Das vom AGFW-Hauptbericht erfasste Betreiberkollektiv von 2006 entspricht hinsichtlich der Eigenerzeugung nahezu dem des Jahres 2005. Wesentliche Verschiebungen waren allerdings im Bereich des Fremdbezuges zu verzeichnen. Um ein eindeutiges Anlagenkollektiv zu erhalten, wird deshalb das aktuellste Jahr 2006, für welches betreiberscharfe Angaben zum Fremdbezug vorliegen, herangezogen.

Zu beachten ist ferner, dass es über die gesamte Berichtsperiode immer wieder zu Verschiebungen zwischen den einzelnen Klassen gekommen ist und dass insbesondere im Falle der Contractinganlagen und Gewerbeparks in vielen Fällen eine Übernahme von vormals im Rahmen der industriellen Energiestatistik erfassten Anlagen erfolgt ist, die nach der Übernahme entweder ersetzt oder modernisiert wurden.

Insbesondere über die Periode 1998 – 2002 sind infolge der Marktliberalisierung eine ganze Reihe von Kundenkraftwerken in Betrieb genommen worden und mehrere große Kraftwerksanlagen in Industrieparks in den Berichtskreis der allgemeinen Versorgung getreten. Darüber hinaus sind über die Berichtsperiode auch statistische Umgruppierungen aus der allgemeinen Versorgung in den Berichtskreis der industriellen Kraftwirtschaft im Zuge von Betreiberwechseln oder Veränderungen der Hauptaktivität erfolgt. Eine abschließende Bewertung der Zubauentwicklung sollte deshalb nur im Zusammenhang mit vergleichbaren Angaben zur Leistungsentwicklung für Industriekraftwerke erfolgen.

Um eine Konsistenz zu den Betrachtungen der Leistungen aus EEG-geförderten Anlagen und mögliche Doppelzählungen zu vermeiden, wird zudem die Bruttoleistung der von der Betrachtung erfassten Biomasseanlagen angegeben.

Tabelle 3: KWK-Stromleistung der Anlagen der allgemeinen Versorgung sowie des Fremdbezugs aus Industriekraftwerken nach Maschinenarten (in MW_{el}) (Quelle: BDEW Ausarbeitung)

Jahr	Maschinenart	AGFW-Eigen-erzeugung	AGFW-Fremdbezug	Contracting-Anlagen und Industrieparks	Sonstige Anlagen der allgemeinen Versorgung	Industrie-Kraftwerke (067)	Gesamt	Gesamt AV (ohne IKW)
1998	Dampfturbinen	7444	*973*	84	85	376 + 24	8986	8585
	Gasturbinen (mit AHK)	1104	*30*	20	16	--	1170	1170
	GuD-Anlagen	1551	*376*	96	--	0 + 390	2413	2023
	Sonstige (BHKW)	461	*27*	43	213	--	745	745
	Gesamt	**10.560**	**1406**[13]	**244**	**314**	**790**	**13314**	**12.523**
2005	Dampfturbinen	6956	782	495	509	501 + 32	9276	8743
	Gasturbinen (mit AHK)	1014	130	250	108	--	1502	1502
	GuD-Anlagen	3031	491	1060	590	20 + 390	5648	5172
	Sonstige (BHKW)	491	72	74	363	--	1001	1001
	Gesamt	**11.493**	**1476**[14]	**1882**	**1570**	**943**	**17.362**	**16.418**

[13] Fremdbezug in 1998 aus Anlagen der allgemeinen Versorgung ohne 376 MW_{el} aus Anlagen des Steinkohlenbergbaus/der Industriekraftwerke (067). Gesamtfremdbezug nach AGFW-Hauptbericht 1998: 1781 $MW_{el.}$

[14] Fremdbezug in 2006 aus Anlagen der allgemeinen Versorgung ohne 521 MW_{el} aus Anlagen des Steinkohlenbergbaus/der Industriekraftwerke (067). Gesamtfremdbezug nach AGFW-Hauptbericht 2006: 1994 MW_{el}. Für das Jahr 2005 werden von der AGFW 1710 MW_{el} ausgewiesen, allerdings ohne den Fremdbezug aus Anlagen von RWE Power AG, die im Jahr 2005 nur unvollständig berichtet haben und im Jahr 2006 sich nicht mehr im Berichtskreis der AGFW befanden.

Jahr	Maschinenart	AGFW-Eigen-erzeugung	AGFW-Fremdbezug	Contracting-Anlagen und Industrieparks	Sonstige Anlagen der allgemeinen Versorgung	Industrie-Kraftwerke (067)	Gesamt	Gesamt AV (ohne IKW)
2010	Dampfturbinen	6449	793	526	684	447 + 38	8936	8452
	Gasturbinen (mit AHK)	1020	130	257	109	--	1516	1516
	GuD-Anlagen	3874	492	1180	668	20 + 390	6623	6213
	Sonstige (BHKW)	555	72	91	384	--	1102	1102
	Gesamt	**11.898**	**1486**	**2054**	**1845**	**894**	**18.117**	**17.283**

Anmerkungen:

AGFW-Eigenerzeugung und -Fremdbezug spiegeln in 2005 und 2010 den Berichtskreis der AGFW-Statistik des Jahres 2006 wider. Darüber hinaus wurden im Jahr 2005 einige kleinere Korrekturen in der Klassifizierung der Maschinenarten entsprechend dem neuesten Wissensstand vorgenommen.

Die BHKW-Leistung ist nur indikativ und bezieht sich nur auf BHKW-Anlagen mit einer Leistung von mehr als 1 MW_{el}.

Die Spalte Industriekraftwerke bezieht sich auf identifizierte Anlagen innerhalb des Fremdbezuges der AGFW-Statistik, die dem Berichtskreis der Industriekraftwerke nach Statistischem Bundesamt zuzuordnen sind. Darüber hinaus ist in dieser Spalte an zweiter Stelle für die Jahre 1998, 2005 und 2010 die statistische Umgruppierung von Anlagen der allgemeinen Versorgung in den Jahren 2009 - 2010 in den Berichtskreis der Industriekraftwerke zur Bereinigung mit ausgewiesen.

Die BDEW-Betrachtung umfasst hierbei im Jahr 2010 inklusive der Anlagen der allgemeinen Versorgung, die nicht oder nur teilweise in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden, eine Bruttoleistung EEG-geförderter Anlagen (> 1 MW_{el}) von 798 MW_{el} aus fester Biomasse, von 28 MW_{el} aus flüssiger Biomasse und von 48 MW_{el} aus gasförmiger Biomasse, sowie eine Leistung von 43 MW_{el} aus Klärgas- und Deponiegasblockheizkraftwerken.

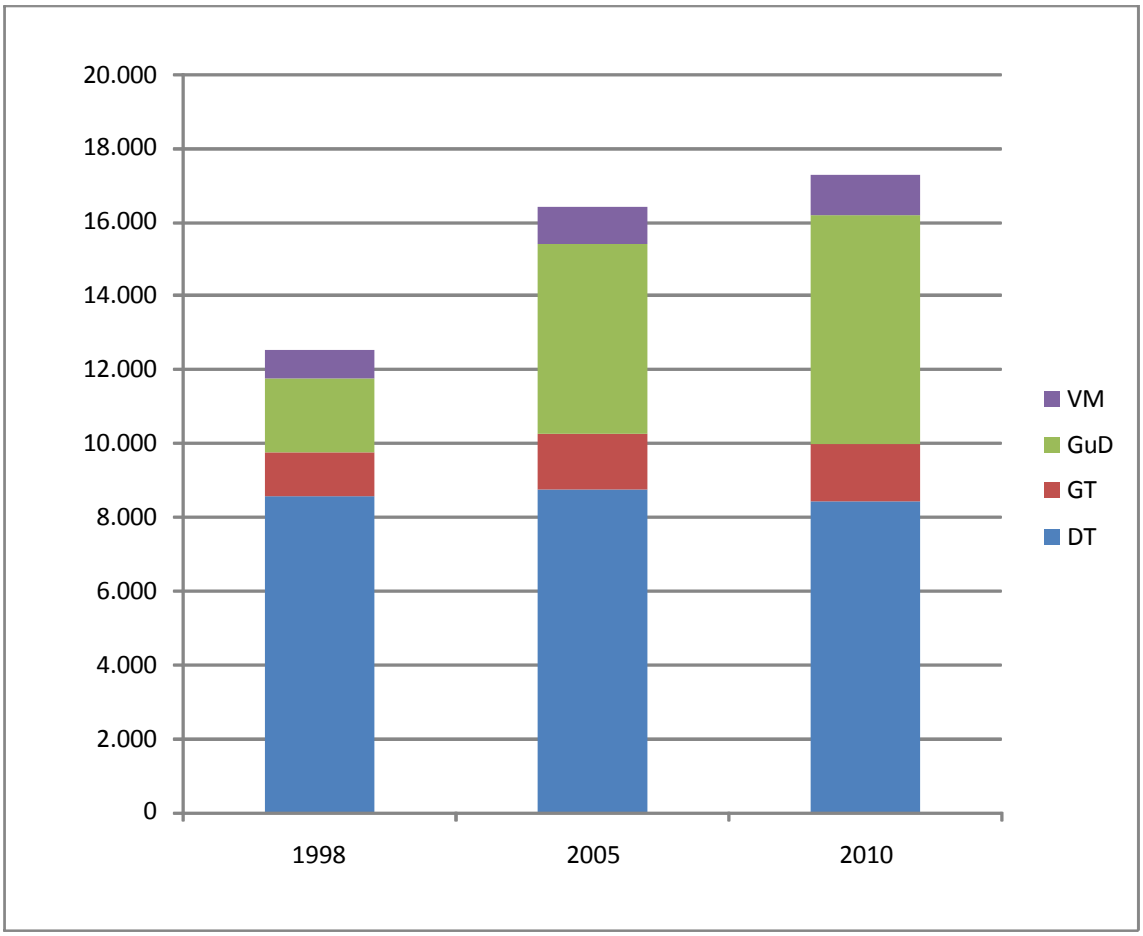


Abbildung 1: Entwicklung der KWK-Stromleistung in MW_{el} der Anlagen der allgemeinen Versorgung nach Maschinenarten (Quelle: BDEW-Ausarbeitung)

Auswertung der Ergebnisse

Über den Berichtszeitraum ist die gesamte KWK-Stromleistung der Anlagen der allgemeinen Versorgung (ohne Industriekraftwerke) bis zum Jahr 2005 gegenüber dem Basisjahr 1998 um fast ein Drittel gestiegen. In den Jahren 2006 – 2010 hat die verfügbare Leistung dann noch einmal um ca. 5% gegenüber 2005 zugelegt (siehe Tabelle 3 und Abbildung 1). Zu beachten ist hierbei aber, dass die Leistungszunahme zwischen 1998 und 2005 zu einem erheblichen Anteil auf Kraftwerksübernahmen und statistische Umgruppierungen aus der industriellen Kraftwirtschaft in den Berichtskreis der allgemeinen Versorgung im Zuge der Neuausrichtung von Industrie- und Gewerbeparks sowie auf die Modernisierung industrieller Energieversorgung durch EVU-betriebene Kundenkraftwerke (Contracting-Anlagen) zurückzuführen ist. Darüber hinaus ist bis Ende 2005 eine ganze Reihe von im Zuge des KWK-Gesetzes modernisierten Bestandsanlagen von Stadtwerken in Betrieb gegangen. Über den Zeitraum 2005 – 2010 dominierten der Zubau von Biomasse- und Müllverbrennungsanlagen sowie die Inbetriebnahme einer Reihe von neuen erdgasgefeuerten GuD-Anlagen.

Betrachtet man die Entwicklung der installierten KWK-Leistung über die einzelnen Berichtskreise, so fällt auf, dass der Leistungszubau im Rahmen der von den AGFW-Hauptberichten erfassten Eigenerzeugung und des Fremdbezugs über die Berichtsperiode eher gering ausfällt und vornehmlich eine Verschiebung von Dampfturbinen zu GuD-Anlagen verzeichnet. Eine solche Betrachtung muss allerdings berücksichtigen, dass der von der AGFW-Statistik abgebildete klassische Fernwärmebereich in vielen Fällen eher von schrittweiser Modernisierung des Bestandes geprägt ist. Darüber hinaus haben sich allerdings auch eine Vielzahl von Zu- und Abgängen von an der Statistik teilnehmenden Betreibern auf die Gesamtentwicklung ausgewirkt, deren Leistung im Rahmen des Inventars unter dem Berichtskreis „Sonstige Anlagen der allgemeinen Versorgung“ miterfasst wird. Der Bereich dieser sonstigen von EVU betriebenen Anlagen verzeichnet darüber hinaus einen erheblichen Anstieg „neuer Marktteilnehmer“, die Biomasse-, Müll- und EBS-Heizkraftwerke über den Zeitraum 2005 bis 2010 in Betrieb genommen haben.

Für den Berichtskreis der Kundenkraftwerke und Industrieparks ist der deutliche Anstieg infolge der Marktliberalisierung in 1998 augenfällig. Der Schwerpunkt liegt hier – auch in den Folgejahren – in der Regel auf erdgasgefeuerten Gasturbinen- und GuD-Anlagen.

Der Fremdbezug aus Industriekraftwerken (ohne industrielle Abwärmenutzung aus Prozessen) hat nur eine geringe Veränderung über die Berichtsperiode erfahren. Zu beachten sind aber einige statistische Umgruppierungen aus dem Berichtskreis der allgemeinen Versorgung in den Bereich der Industriekraftwerksstatistik. Diese Umgruppierungen wurden bereinigt, um Doppelzählungen mit der industriellen Kraftwirtschaft im letzten Berichtsjahr zu vermeiden und um einen sachgerechten Vergleich der Entwicklung über die Berichtsperiode 1998 – 2010 vornehmen zu können.

Eine Betrachtung der Entwicklung nach einzelnen Maschinenarten zeigt, dass in 2010 der Bestand an Dampfturbinen nach einem deutlichen Rückgang gegenüber 2005 wieder in etwa das Niveau des Jahres 1998 erreicht hat. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass hierbei eine deutliche Brennstoffverschiebung von Steinkohle und Erdgas hin zu Biomasse, Abfällen und Ersatzbrennstoffen erfolgt ist. Für den Braunkohlebereich ist ebenfalls eine Zunahme zu verzeichnen, die vor allem auf den schrittweisen Ausbau von Fernwärmenetzen sowie auf einzelne Ertüchtigungsmaßnahmen an bestehenden Braunkohlekraftwerken zurückzuführen ist.

Für den Bereich der Gasturbinen mit nachgeschaltetem Abhitzekessel zur Fernwärme- und Dampferzeugung ist nur eine geringe Veränderung in den Jahren 2006 – 2010 gegenüber dem Jahr 2005 zu verzeichnen. Die deutliche Zunahme zwischen 1998 und 2005 ist insbesondere auf die Inbetriebnahme einer Vielzahl von gasgefeuerten Kundenkraftwerken sowie Gasturbinenanlagen in Industrieparks zurückzuführen.

Der mengenmäßig mit Abstand bedeutsamste Anstieg der KWK-Leistung über die Berichtsperiode ist auf die Inbetriebnahme von erdgasgefeuerten Gasturbinen mit nachgeschalteten Dampfturbinen und Abwärmenutzung im Industrie- und Fernwärmebereich zurückzuführen. Der Ausbau ist hierbei vor allem in Form von GuD-Anlagen mit Entnahmekondensationsmaschinen und hohen Stromkennzahlen erfolgt.

Bei mittleren bis kleineren Anlagen ist hierbei oftmals im Zuge der Modernisierung bzw. Erweiterung die neue GuD-Anlage unter Einbeziehung bestehender Infrastruktur (Dampfturbinen, Gasturbinen, Kesselhäuser etc.) verwirklicht worden.

Für den Bereich der Blockheizkraftwerke (Verbrennungsmotoren, ORC-Anlagen, sonstige Anlagen) ist ein vergleichsweise kontinuierlicher Zubau über den Leistungsbereich zwischen 1 und 5 MW_{el} zu verzeichnen. Darüber hinaus sind aber auch einige größere Gasmotorenanlagen insbesondere zur Versorgung von Industriekunden in Betrieb genommen worden.

4.2. Ergebnisse der CO_2-Minderungseffekte durch KWK in der allgemeinen Versorgung

Aufbauend auf den vom Statistischen Bundesamt berichteten Brennstoffeinsatz- und Erzeugungsdaten ergeben sich die in Tabelle 4 zusammengefassten Minderungseffekte („Vermiedene Emissionen“) durch Kraft-Wärme-Kopplung im Bereich der allgemeinen Versorgung. Die den Berechnungen zugrunde gelegten Daten sind in einem Datenanhang in Excel-Format diesem Bericht beigelegt.

Gegenüber der vorangegangenen Berichtsperiode (2003 – 2005) zeigt sich eine leichte weitere Zunahme der KWK-Stromerzeugung in den Jahren 2006 und 2008 bei annähernd gleichem und teilweise sogar rückläufigem Wärmeabgabeniveau (siehe Abbildung 2). Im Jahr 2007 war wieder ein leichter Rückgang zu verzeichnen. Die Ausweitung der KWK-Stromerzeugung geht einher mit einer deutlichen Verringerung der tatsächlichen spezifischen CO_2-Emissionen der Nutzenergieerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung (bezogen auf die Nutzenergieabgabe – siehe Abbildung 3). Im Zuge der Auswirkungen der Wirtschaftskrise auf insbesondere gewerblichen und industriellen Strom- und Wärmeverbrauch ist in 2009 auch die Erzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung der allgemeinen Versorgung stark rückläufig gegenüber den Vorjahren gewesen. Darüber hinaus ist eine statistische Umgruppierung zwischen allgemeiner Versorgung und industrieller Kraftwirtschaft im Zuge des Betreiberwechsels eines Großkraftwerks mit ca. 400 MW_{el} KWK-Leistung zu berücksichtigen.

Der deutliche Rückgang der KWK-Stromerzeugung um rund 6% gegenüber dem Vorjahr fiel allerdings geringer als der Rückgang der ungekoppelten Stromerzeugung aus, der im Berichtsjahr sogar um 9% gegenüber dem Vorjahr gesunken ist.

Im Jahr 2010 haben KWK-Strom- und Wärmeerzeugung wieder das Niveau von 2008 erreicht. Auffällig ist jedoch die deutliche Zunahme der KWK-Stromerzeugung aus Kohle, Biomasse, Müll und „sonstigen Energieträgern“ gegenüber einer auf dem Niveau des Jahres 2009 stagnierenden Erzeugung aus Erdgas. Während die Zunahme der KWk-Stromerzeugung aus Biomasse möglicherweise auch auf eine leichte Ausdehnung des Berichtskreises der amtlichen Statistik zurückzuführen sein könnte, ist für den Abfalleinsatz eine Reihe von Neuinbetriebnahmen über die Jahre 2009 bis 2010 zu verzeichnen gewesen.

Der Anteil des in KWK erzeugten Stromes an der Gesamtnettostromerzeugung der allgemeinen Versorgung erhöhte sich im Berichtsjahr 2008 um einen halben Prozentpunkt

gegenüber 2005 auf 11% und hat in den Jahren 2009 und 2010 auf 11,3% bzw. 11,4% weiter zugelegt. Bezogen auf die gesamte Nettostromerzeugung aus Brennstoffen, für die grundsätzlich eine Erzeugung in KWK in Frage kommt (d.h. fossile Energieträger, Biomasse, Müll, etc., ohne Kernenergie, Wasser, Wind und Sonne) ergibt sich für 2008 bis 2010 ein Anteil von jeweils rund 17% mit leicht steigender Tendenz.

Die Zunahme der KWK-Stromerzeugung in 2006 ist insbesondere auf eine Reihe von im Jahr 2005 neu in Betrieb genommenen großen erdgasbefeuerten GuD-Anlagen zurückzuführen. Viele dieser Anlagen wurden gegen Ende 2005 in Betrieb gesetzt, so dass sich die zugehörige CO_2-Einsparung erst ab dem Jahr 2006 statistisch bemerkbar macht. Diese neue Generation von GuD-Anlagen zeichnet sich durch deutlich höhere Stromkennzahlen als Anlagen früherer Bauart aus. In vielen Fällen wurden hierbei gleichzeitig vornehmlich mit Steinkohle gefeuerte Heizkraftwerke oder –blöcke oder andere Altanlagen ersetzt. In 2009 wurden zwei weitere große erdgasbefeuerte GuD-Anlagen für die innerstädtische Fernwärmeversorgung in Betrieb genommen.

Im Berichtsjahr 2010 war insbesondere die Inbetriebnahme von zwei Gaskraftwerken, die Industriekunden mit Prozessdampf versorgen, und eines Fernwärmeheizkraftwerkes auf GuD-Basis zu verzeichnen. Eine Projektübersicht ist im Anhang, Tabelle 8, zusammengestellt.

Neben diesen Kraftwerksprojekten ist eine Vielzahl weiterer Inbetriebnahmen und Kapazitätserweiterungen von kleineren bis mittleren KWK-Anlagen vor allem in den Bereichen Biomasse (Einzelanlagen bis 20 MW_{el}) und Müllverbrennung (Einzelanlagen bis 45 MW_{el}) über den Berichtszeitraum erfolgt. Zu berücksichtigen ist hierbei aber, dass viele dieser Anlagen nicht ganzjährig in Kraft-Wärme-Kopplung aufgrund fehlender ganzjähriger Wärmesenken (vor allem in den Sommermonaten) betrieben werden. Eine Zusammenstellung wichtiger Projekte ist in den Tabellen 9 und 10 im Anhang aufgeführt.

Darüber hinaus wurden über den Berichtszeitraum auch eine ganze Reihe von vornehmlich erdgasgefeuerten Blockheizkraftwerken mit einer Leistung von jeweils mehr als 1 MW_{el} neu in Betrieb gesetzt (kumuliert ca. 175 MW_{el}), die in einzelnen Fällen aber auch nur bestehende ältere Anlagen ersetzt haben (siehe Tabelle 11 im Anhang).

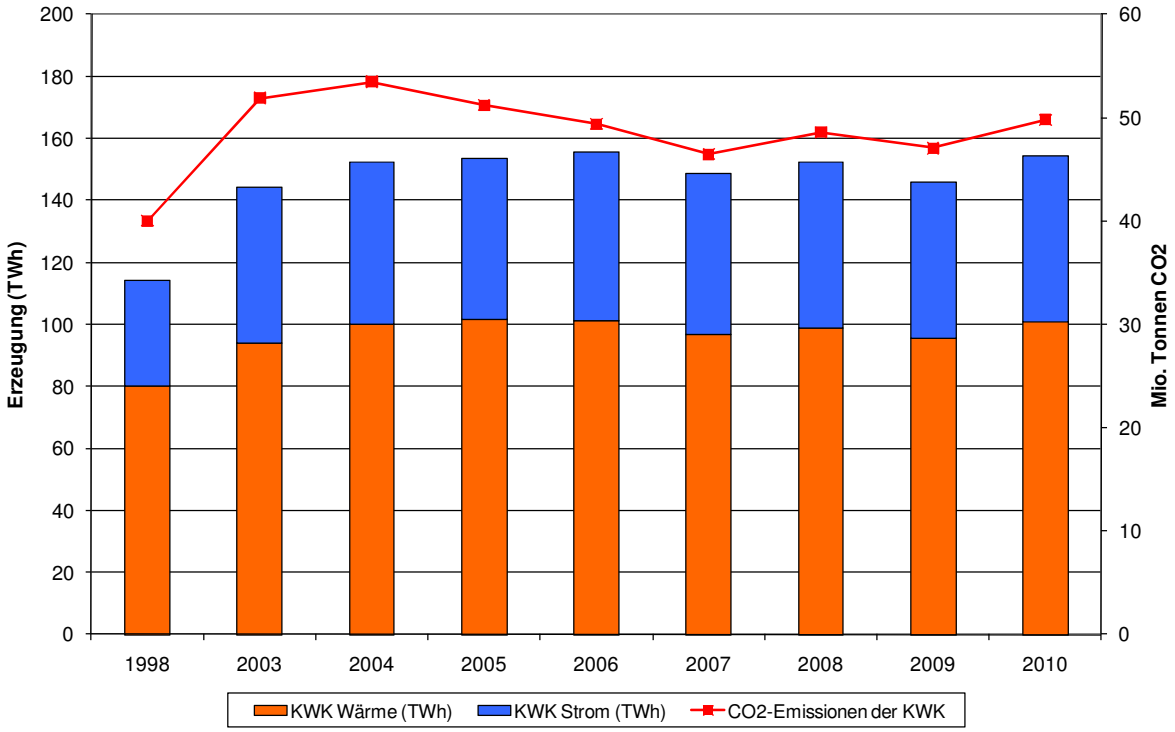


Abbildung 2: Entwicklung der Erzeugung von Strom und Wärme in Kraft-Wärme-Kopplung im Berichtsrahmen der allgemeinen Versorgung

4.3. CO_2-Minderungseffekte durch KWK in der allgemeinen Versorgung

Die durch den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung vermiedenen CO_2-Emissionen werden über einen Vergleich der tatsächlich entstandenen CO_2-Emissionen mit denen einer ungekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme im Referenzjahr 1998 verglichen.

In Summe ergibt sich für die Jahre 2006 bis 2008 eine deutliche Erhöhung des gegenüber dem Referenzjahr 1998 bewerteten CO_2-Einsparpotentials von zusätzlichen rund 3 Mio. Tonnen CO_2 gegenüber dem Jahr 2005 des Zwischenziels der KWK-Vereinbarung. Im Jahr 2009 war die Entwicklung des Einsparpotentials im Zuge der Auswirkungen der Wirtschaftskrise auf den Strom- und Wärmeverbrauch stark rückläufig. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass ein erheblicher Teil der Fernwärmelieferungen an industrielle und gewerbliche Kunden erfolgt, deren Produktion und Wärmebedarf im Zuge der Wirtschaftskrise erheblich zurückgegangen ist. Dies betrifft insbesondere Wärmelieferungen aus vornehmlich erdgasbefeuerten Kundenkraftwerken (Contracting-Anlagen) und aus EVU-betriebenen Heizkraftwerken in Industrie- und Gewerbeparks.

Im Jahr 2010 hat die Erzeugung dieser Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im Zuge der Erholung der Konjunktur erwartungsgemäß wieder zugenommen.

Die gegenüber dem langjährigen Durchschnitt vergleichbar milden Winter in 2007 und 2008 und in Teilen auch in 2009 haben dazu geführt, dass die KWK-Wärmeabgabe an Nah- und Fernwärmenetze gegenüber den Vorjahren leicht rückläufig war. In 2010 wurde das Niveau der Jahre 2004 – 2006 in etwa wieder erreicht.

Insgesamt wurden so in den Jahren 2008 und 2009 je nach Referenzsystem 12,0 – 13,7 Mio. Tonnen CO_2 bzw. 9,9 – 11,3 Mio. Tonnen CO_2 durch den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber dem Referenzjahr 1998 vermieden. Für das Jahr 2010 ergibt sich eine gegenüber dem „Krisenjahr 2009“ deutlich erhöhte CO_2-Vermeidung von 11,0 – 12,7 Mio. Tonnen CO_2. Das in 2008 erreichte Einsparpotential konnte aber noch nicht wieder erreicht werden.

Die Ergebnisse der Berichtsjahre 2003 bis 2005 sowie 2006 bis 2010 sind in Tabelle 4 noch einmal abschließend zusammengefasst.

Eine abschließende Bewertung des insgesamt durch Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland erzielten Einsparpotentials kann nur in Gesamtschau mit den vermiedenen CO_2-Emissionen der industriellen Kraftwirtschaft, der mit fossilen Brennstoffen betriebenen BHKW mit einer Leistung von weniger als 1 MW_{el} sowie der nicht von der Energiestatistik erfassten KWK-Anlagen, die mit erneuerbaren Energieträgern betrieben werden, vorgenommen werden.

Tabelle 4: Kenndaten der Erzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung der allgemeinen Versorgung (BDEW-Ausarbeitung)

Kraft-Wärme-Kopplung	**Einheit**	**1998**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
KWK-Stromerzeugung (Netto)	TWh	34,2	50,3	52,4	52,3	54,0	51,9	53,8	50,5	53,4
KWK-Wärmeerzeugung (Netto)	PJ	288,3	338,3	360,6	365,2	365,1	348,1	355,4	343,3	363,1
KWK – tatsächliche CO_2-Emissionen	Mio. t CO_2	40,0	51,9	53,5	51,2	49,4	46,5	48,6	47,1	49,8
CO_2-Emissionen des Referenzsystems 1	Mio. t CO_2	50,0	66,5	69,9	70,2	71,5	68,5	70,5	67,0	70,9
CO_2-Emissionen des Referenzsystems 2	Mio. t CO_2	53,1	71,0	74,6	74,9	76,4	73,1	75,4	71,5	75,7
CO_2-Einsparung gegenüber Referenzsystem 1	Mio. t CO_2	10,0	14,6	16,4	19,0	22,1	22,0	22,0	19,9	21,0
CO_2-Einsparung gegenüber Referenzsystem 2	Mio. t CO_2	13,1	19,1	21,1	23,7	27,0	26,7	26,8	24,4	25,8
Einsparung an CO_2-Emissionen (geg. Referenzsystem 1 und 1998)	Mio. t CO_2	--	4,6	6,4	9,0	12,1	12,0	12,0	9,9	11,0
Einsparung an CO_2-Emissionen (geg. Referenzsystem 2 und 1998)	Mio. t CO_2	--	6,0	8,0	10,6	13,9	13,6	13,7	11,3	12,7

Anmerkung: Referenzsystem REF 1: 770 g CO_2/kWh Strom; 295 g CO_2/kWh Wärme
Referenzsystem REF 2: 860 g CO_2/kWh Strom; 295 g CO_2/kWh Wärme

Quellen: Monitoringbericht des Öko-Instituts;
Statistisches Bundesamt (StaBu 066)

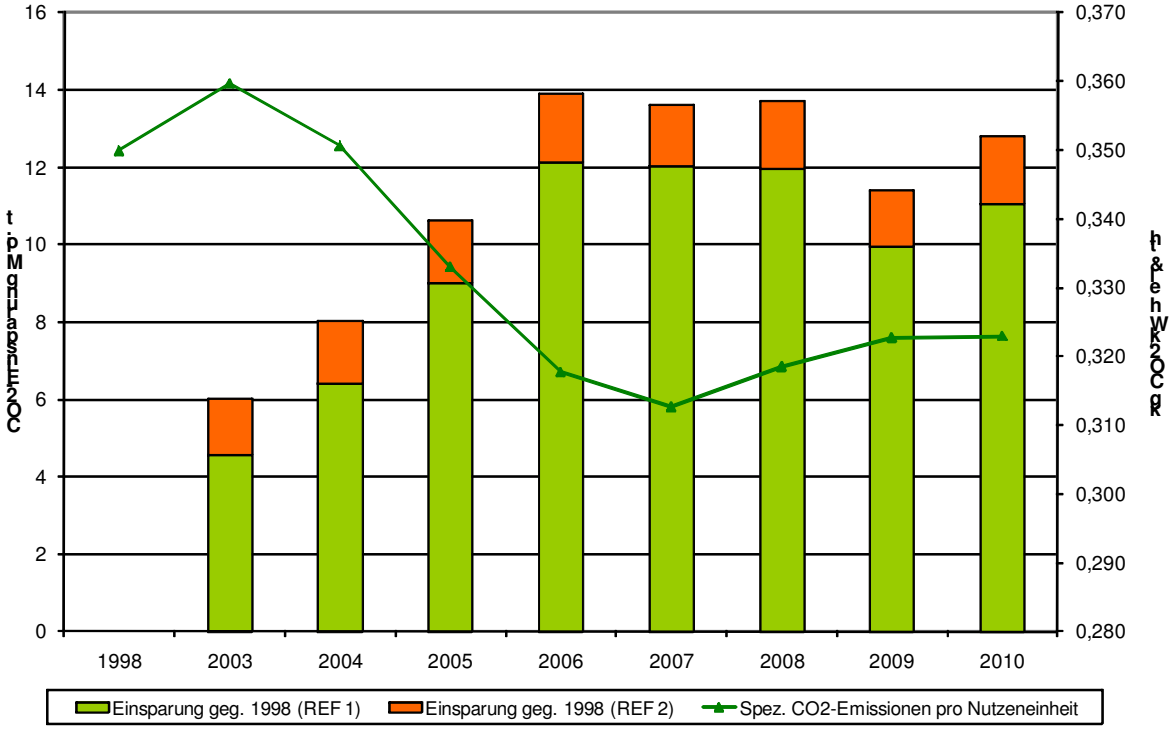


Abbildung 3: Einsparung an CO_2-Emissionen durch Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber einer ungekoppelten Erzeugung im Referenzjahr 1998 – nur allgemeine Versorgung

Betrachtet man die Entwicklung der spezifischen Emissionen der Kraft-Wärme-Kopplung bezogen auf die Nutzenergieauskopplung, so fällt auf, dass aufgrund von Veränderungen im Energieträgereinsatz und der Fahrweise der KWK-Anlagen sich die spezifischen Emissionen der letzten beiden Berichtsjahre gegenüber den Jahren 2006 bis 2008 um ca. 3% erhöht haben (siehe Abbildung 3). Bei einem Nutzungsgrad von durchschnittlich 76% über den Zeitraum 2008 - 2010 beliefen sich die spezifischen CO_2-Emissionen auf 319 g CO_2/kWh in 2008 sowie 323 g CO_2/kWh in 2009 und 2010 (jeweils bezogen auf die gesamte Nutzenergieauskopplung). Die spezifischen Emissionen liegen aber in 2010 immer noch um 8% unter denen des Referenzjahres 1998. Die Gründe für den Anstieg der letzten Jahre liegen in erster Linie im vermehrten Einsatz fester Brennstoffe (Kohle, Abfall) bei gleichzeitig geringerem Einsatz von Erdgas.

Die über alle Energieträger aggregierte arbeitsbezogene Stromkennzahl hat sich über die Berichtsperiode 2005 – 2010 nur unwesentlich verändert und bewegt sich in einem Bereich von 0,52 – 0,54. Im Jahr 1998 lag diese noch bei 0,43. Auffällig hierbei ist, dass sich die Stromkennzahl bei Abfalleinsatz nicht wesentlich verändert und bei Steinkohleeinsatz sogar tendenziell verringert hat, während sie im Falle von Braunkohle und fester Biomasse zulegen konnte. Die Entwicklung der Stromkennzahl bei erdgasgefeuerten Anlagen ist uneinheitlich. Während bis zum Jahr 2008 eine stetige Zunahme zu verzeichnen war, ist die Kennzahl in den letzten beiden Jahren rückläufig und hat in etwa das Niveau von 2005 wieder erreicht.

ANHANG (Zusätzliche Informationen)

Tabelle 5: Brennstoffspezifische CO_2-Emissionsfaktoren

Energieträger	**CO_2-Faktor (t CO_2/GJ)**
Braunkohlen	
Rohbraunkohle	112
Braunkohlebriketts	98
Hartbraunkohle	97
Sonstige Braunkohlen	98
Steinkohlen	
Steinkohle	93
Steinkohlenkoks	105
Mineralölprodukte	
Diesel	74
Leichtes Heizöl	74
Schweres Heizöl	78
Petrolkoks	101
Flüssiggas	65
Raffineriegas	60
Andere Mineralölprodukte	80
Gasförmige Brennstoffe	
Erdgas	56
Kokereigas	44
Gichtgas	105
Grubengas	54

Quelle: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung: Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft – Monitoringbericht 2000 – 2002, Teil C Datengrundlagen, S. 270.

Tabelle 6: Stoffwerte, biogene Anteile und CO_2-Emissionsfaktoren der Industrieabfälle zur Strom- und Wärmeerzeugung in Kraftwerken der allgemeinen Versorgung

(Quellen: BDEW; UBA 07/06; UBA 33/2011)

Abfall	C-Gehalt kg C/t TS	Biogener Anteil	Wasser-gehalt	Heiz-wert GJ/t	Oxyda-tions-faktor	CO_2-Faktor tCO_2/TJ	Quelle
Ölschlamm, Destillationsrückstände	397	0%	5,9%	16,0	97%	84,0	UBA 07/06
Deinking-/Faser-schlamm (aus Papier- und Zellstoffindustrie)	181	[60%] (BDEW)	61,3%	4,54	97%	54,9	UBA 07/06
Gewerbeabfall (Kunststoff)	550	0%	5,9%	22,2	97%	83,1	UBA 07/06
Gewerbeabfall (Verpackungen)	386	40,0%	6,7%	22,2	97%	56,9	UBA 07/06
Gewerbeabfall (sonstiger - BPG)	504	52,3%	13,0%	22,9	97%	68,1	UBA 07/06
Siedlungsabfall aufbereitet (Brennstoff aus Abfällen / SBS, EBS)	343	50,0%	22,1%	15,9	[97%]	59,8	UBA 07/06
Siedlungsabfall aufbereitet (brennbare Abfälle / Sortierreste *)	334	[54,8%] 50% (ange-setzt)	19,5%	13,3	[97%]	[71,6] 91,5 (ange-setzt)	BDEW/ UBA 33/2011 UBA 07/06

*) Für Siedlungsabfall aufbereitet (brennbare Abfälle/Sortierreste) wird konservativ der Emissions-faktor des UBA Nationalen Inventarberichts für Siedlungsabfall mit 50% biogenem Anteil angesetzt.

Quellen:

UBA Texte 07/06: „Einsatz von Sekundärbrennstoffen“, Dessau, März 2006

UBA Texte 33/2011: TU Dresden: „Nutzung der Potenziale des biogenen Anteils im Abfall zur Energieerzeugung“, Dessau, Mai 2011

BDEW: Mitgliederbefragung bezüglich des Einsatzes von Industrieabfällen in Kraftwerken der allgemeinen Versorgung, Berlin, Mai 2011 (unveröffentlicht). Angabe für Deinking-/Faserschlamm bezieht sich auf das Jahr 2009. In UBA 07/06 wurde ein biogener Anteil von 100% angesetzt.

Tabelle 7: Einsatz von Industrieabfällen als Zufeuerung in Stein- und Braunkohlekraftwerken sowie zur energetischen Verwertung in EBS-Kraft-/Heizwerken der allgemeinen Versorgung in **2009** (Quelle: BDEW – ohne Biomasse/Bioabfälle und Klärschlamm)

Abfallkategorie	**Haupt-brennstoff**	**Biogener C-Gehalt**	**Heizwertbe-reich - kJ/kg**	**Abfalleinsatz 1000 t**	**Brennstoff-einsatz - TJ**	**CO_2-Emissionen 1000 t**
Ölschlamm, Altöl, Destillationsrückstände	Sk	0%	15 – 20	23	365	31 (ges.)/31 (fossil)
Deinkingschlamm/Faserschlamm/ Fangstoffe/Rückstände/Schlämme (aus Papier-/Zellstoffindustrie)	Bk	[60%]	2 – 7	517	1.766	97 / 39
Gewerbeabfall (Kunststoff)	Sk	0%	16 – 25	32	641	53 / 53
Gewerbeabfall (Verpackungen)	Sk	40%	16 – 25	25	450	26 / 15
Gewerbeabfall (sonstige BPG*)	Sk	25%	16 – 25	65	1.635	111 / 83
Siedlungsabfall aufbereitet (Brennstoff aus Abfällen / EBS, SBS)	Sk/Bk	50%	14 – 20	522	6.835	409 / 204
Siedlungsabfall aufbereitet (brennbare Abfälle / Sortierreste)	EBS	50%	11 – 15	835	10.038	918 / 459
Gesamt (zum Vergleich StaBu 066/064)		**46% (--)**	**11 (11)**	**2.018 (2.054)**	**21.730 (22.462)**	**1.645 (gesamt) / 885 (fossil)**

* Brennstoff aus produktionsspezifischen Gewerbeabfällen (BPG)

Der CO_2-Faktor des Industrieabfalls (ermittelt als mengengewichteter Durchschnitt) beläuft sich damit in 2009 auf **75,7 t CO_2/TJ**. Bei Berücksichtigung des biogenen Anteils ergibt sich ein Durchschnittswert von **40,7 CO_2/TJ**.

Tabelle 8: Ausgewählte Inbetriebnahmen von neuen KWK-Anlagen (nur fossil befeuerte Kraftwerke > 20 MW_{el}) über den Zeitraum 2005 – 2010

Betreiber	**Standort**	**Brennstoff**	**INB***	**MW el**	**MW th**	**Bemerkung**
Mainova	Frankfurt-Niederrad	Eg	2005	73	91	
Stw. Duisburg	Duisburg-Wanheim	Eg	2005	239	167	
EV Halle	Halle-Dieselstr.	Eg	2005	89	160	Verbunden mit Stilllegung
N-Ergie	Sandreuth (Nürnberg)	Eg	2005	90	272	Neue Gesamt-anlage: 190 MW + 320 MW
Stw. Münster	Münster-Hafen	Eg	2005	95	220	Verbunden mit Stilllegung von Kohlekesseln
Wuppertaler Stw.	Wuppertal-Barmen	Eg	2005	82	67	Verbunden mit Stilllegung
Stw. Würzburg	Würzburg (GuD 1)	Eg	2005	75	82	Verbunden mit Stilllegung
Vattenfall Europe	Hamburg-Tiefstack	Eg	2009	125	180	
Stw. Würzburg	Würzburg (GuD 2)	Eg	2009	50	64	
BS Energie	Braunschweig	Eg	2010	77	65	
RWE Power	Lingen-Emsland (KWK-Anteil)	Eg	2010	Ca. 80	Ca. 80	100 t/h Prozessdampf
E.ON Energy Projects	Plattling	Eg	2010	125	150	Contracting-Anlage

* INB: Inbetriebnahmejahr

Quelle: BDEW-Ausarbeitung auf Grundlage von Betreiberangaben

Tabelle 9: Ausgewählte Inbetriebnahmen von neuen EBS- und Müllheizkraftwerken mit Kraft-Wärme-Kopplung über den Zeitraum 2005 – 2010

Betreiber	**Standort**	**Brennstoff**	**INB***	**MW**	**Bemerkung**
TUS Thüringer Umweltservice	Erfurt	Müll	2005	5	Zusätzlich Dampflieferung an GuD der Stw. Erfurt
Mainova	Frankfurt-Nordweststadt	Müll	2005	45	Erweiterung
Stw. Magdeburg / BKB	Magdeburg-Rothensee	Müll	2005 2006	34 34	1. Linie 2. Linie
ZAW Südwest	Zella-Mehlis	Müll	2007	14	
MVV	Korbach	EBS	2008	4	
E.ON Energy f. W.	Premnitz	Müll	2008	14	2. Linie (Erweiterung)
swb Entsorgung	Bremen (MKK)	EBS	2009	29	
MVV	Gersthofen	EBS	2009	4	Versorgung Industriepark
EBS Kraftwerk GmbH	Hürth (Knappsack)	EBS	2009	33	Versorgung Chemiepark
MHKW Mainz	Mainz	Müll	2009	20	3. Linie (Erweiterung)
MVV	Mannheim	Müll	2009	24	Ersatz und Modernisierung
PD Energy	Bitterfeld	EBS	2010	10	Versorgung Chemiepark
Vattenfall	Rostock	EBS	2010	20	
E.ON Energy f. W.	Schwedt	EBS	2010	22	Versorgung Papierfabrik

* INB: Inbetriebnahmejahr

Quelle: BDEW-Ausarbeitung auf Grundlage von Betreiberangaben

Tabelle 10: Ausgewählte Inbetriebnahmen von neuen Biomasse-KWK-Anlagen über den Zeitraum 2005 – 2010 (feste Brennstoffe; ≥ 1 MW_{el})

Betreiber	Standort	Brennstoff	INB*	MW	Bemerkung
RWE Innogy	Bergkamen	Bm	2005	20	
RWE Innogy	Berlin-Neukölln	Bm	2005	20	
Mark-E (Enervie)	Hagen-Kabel	Bm	2005	20	
Steag New Energy	Ilmenau	Bm	2005	5	
Heizkraftwerk	Pforzheim	Bm	2005	13	
Vattenfall	Sellessen	Bm	2005	3	
Stw. Neustrelitz	Neustrelitz	Bm	2006	8	
Biotherm Baden	Rheinmünster	Bm	2006	5	
Stw. Crailsheim	Dinkelsbühl	Bm	2007	9	Im Verbund mit KSV
Stw. Dinslaken	Dinslaken	Bm	2007	2	
Stw. Düsseldorf	Düsseldorf-Garath	Bm	2007	4	
Stw. Ludwigsfelde	Ludwigsfelde	Bm	2007	2	
Stw. Augsburg	Augsburg	Bm	2008	8	
Stw. Flensburg / Novus Energie	Brunsbüttel	Bm	2008	8	Versorgung Chemiepark
Stw. Hermsdorf	Hermsdorf	Bm	2008	2	
Stw. Kassel	Kassel	Bm	2008	11	
EnBW Klenk	Baruth	Bm	2009	8	Gemeinschaftsprojekt mit Holzwerke Klenk
ENNI	Moers	Bm	2009	3	
Stw. Leipzig	Piesteritz	Bm	2009	20	Versorgung Stickstoffwerke
RWE Innogy	Wittgenstein (Erndtebrück)	Bm	2010	5	

* INB: Inbetriebnahmejahr

Quelle: BDEW-Ausarbeitung auf Grundlage von Betreiberangaben

Tabelle 11: Identifizierte Zubauten und Stilllegungen von fossil-befeuerten BHKW ≥ 1 MW_{el} in der allgemeinen Versorgung über den Berichtszeitraum 2005 – 2010

BHKW	Einheit	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Gesamt
Zubau	MW_{el}	44	21	8	38	20	44	175
Stilllegung	MW_{el}	13	5	1	5	3	2	30
Nettozubau	MW_{el}	31	16	7	32	17	42	145

Quelle: BDEW-Ausarbeitung auf Grundlage von Betreiberangaben, Internetrecherche und AGFW-Hauptberichten zur Fernwärmeversorgung 2004 - 2009

Literaturverzeichnis

AGFW - Arbeitsgruppe Fernwärme: Hauptbericht(e) der Fernwärmeversorgung 1998 – 2007

Öko-Institut (Harthan, Matthes, Gores): Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung - Berichtszeitraum 1998 bis 2005. Erster Bericht für das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI)

Öko-Institut (Harthan, Matthes, Gores): Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung - Berichtszeitraum 2005 bis 2007 sowie 2008. Zweiter Bericht für das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI)

Öko-Institut (Gores, Harthan, Penninger): Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung - Berichtszeitraum 2009. Dritter Bericht für das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI)

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung: Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft – Monitoringbericht 2000 – 2002, Teil C Datengrundlagen, S. 270.

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) (2008): Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft. Monitoringbericht 2003-2004. RWI Projektberichte, Februar 2008

Statistisches Bundesamt („Stabu 066“): Monatsbericht über die Elektrizitätsversorgung - Tabelle 5b, Stromerzeugung, und Tabelle 6b, Brennstoffeinsatz, sowie 7b, jeweils für Wärmekraftwerke und Heizkraftwerke, Berichtsjahre 2003 - 2010

Statistisches Bundesamt („Stabu 064“): Erhebung über Erzeugung, Bezug, Verwendung und Abgabe von Wärme - Tabelle 2, Wärmerzeugung, und Tabelle 3, Brennstoffeinsatz, jeweils für Heizwerke, Berichtsjahr 2009

Statistisches Bundesamt („Stabu 070“): Erhebung über die Stromeinspeisung bei Netzbetreibern, Berichtsjahr 2009

Umweltbundesamt (Memmler et al.): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger – Durch Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Emissionen im Jahr 2007. UBA Dessau, 12/2009

Umweltbundesamt (UBA) (2008): National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2006. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change 2008. UBA Climate Change 07-08, Dessau-Roßlau, May 2008

Umweltbundesamt (UBA) (2006): Einsatz von Sekundärbrennstoffen, UBA Texte 07/06, Dessau, März 2006

Umweltbundesamt (UBA) (2011): Nutzung der Potenziale des biogenen Anteils im Abfall zur Energieerzeugung, Studie der TU Dresden, UBA Texte 33/2011, Dessau, Mai 2011

Verband kommunaler Unternehmen e.V.

4. BERICHT DES VKU

zur Umsetzung der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO_2-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 09.11.2000

Zeitraum 2010

Berlin, 04. Juni 2012

Verband kommunaler Unternehmen e.V. • Hausvogteiplatz 3-4 • 10117 Berlin • Fon +49(0)30.58580-0 • Fax +49(0)30.58580-100
www.vku.de • info@vku.de

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

2 Einsparung von CO_2-Emissionen durch kommunale KWK-Anlagen im Jahr 2010

2.1 Methodische Vorgehensweise

2.2 Entwicklung der Stromerzeugung in kommunalen KWK-Anlagen

2.2.1 Installierte Leistung (Produktionskapazität)

2.2.2 Elektrische Arbeit

2.3 Entwicklung der Wärmeerzeugung in kommunalen KWK-Anlagen

2.4 Entwicklung des Brennstoffmixes in kommunalen KWK-Anlagen

2.5 Entwicklung der Stromkennzahl A kommunaler KWK-Anlagen

2.6 Entwicklung der CO_2-Emissionen kommunaler KWK-Anlagen

2.7 Entwicklung der CO_2-Emissionen in den Referenzsystemen

2.8 Entwicklung der CO_2-Einsparung durch kommunale KWK-Anlagen

3 Zusammenfassung und Fazit

1 Einleitung

Am 24.06.2001 haben die Bundesregierung und Verbände der deutschen (Energie-) Wirtschaft, darunter auch der Verband kommunaler Unternehmen (VKU), eine Vereinbarung zur Minderung der CO_2-Emissionen und zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) getroffen. Diese Vereinbarung baut auf der vorhergehenden Klimavereinbarung zwischen der Bundesregierung und der deutschen Wirtschaft (ohne Beteiligung des VKU) vom 09.11.2000 auf.

In der Vereinbarung vom 24.06.2001 verpflichteten sich die Unterzeichnerverbände, bis zum Jahr 2010 eine Emissionsreduktion von insgesamt bis zu 45 Mio. t CO_2/Jahr im Verhältnis zu 1998 zu erreichen.

Bis 2010 sollen der Erhalt, die Modernisierung und der Zubau von KWK-Anlagen (einschließlich kleiner Blockheizkraftwerke und der Markteinführung von Brennstoffzellen) mit einer CO_2-Minderung von insgesamt möglichst 23 Mio. t/Jahr, jedenfalls nicht unter 20 Mio. t/Jahr (gegenüber 1998), zu dieser Zielsetzung beitragen. Als Zwischenziel für das Jahr 2005 sieht die Vereinbarung eine Senkung von 10 Mio. t CO_2/Jahr vor.

Weitere CO_2-Minderungen bis zu 25 Mio. t/Jahr im Jahr 2010 (bzw. 10 Mio. t/Jahr in 2005) sollen über andere Maßnahmen erreicht werden. Hierzu ist der Erlass konkretisierender Einzelerklärungen der Energiewirtschaftsverbände vorgesehen.

Die Umsetzung der Vereinbarung wird durch ein kontinuierliches Monitoring begleitet.

Zur Unterstützung des Monitoring-Prozesses hat der VKU am 24.10.2007 einen ersten Bericht über die im Zeitraum 2002 – 2005 durch den Ausbau und die Modernisierung der KWK erreichten CO_2-Einsparungen abgegeben. Daraus geht hervor, dass die kommunale KWK durch den kontinuierlichen Ausbau und die Modernisierung von KWK-Anlagen die jährlichen CO_2-Einsparungen gegenüber 1998 um 3,3 Mio. t. auf 7,9 Mio. t CO_2 steigerte. Im Jahr 2008 erzielte die kommunale KWK bereits CO_2-Einsparungen in einer Größenordnung von rd. 9,9 Mio. t CO_2, wie der zweite Monitoringbericht des VKU feststellte. Im dritten VKU-Bericht zeigt sich, dass die kommunale Energiewirtschaft die jährlichen CO_2-Einsparungen bis 2009 weiter auf 9,9 Mio. t CO_2 halten konnte.

Der vorliegende vierte Monitoringbericht untersucht die Entwicklung bis zum Jahr 2010. Ebenso wie die vorangegangenen Monitoringberichte bezieht sich der vorliegende Bericht auf die durch den Erhalt, die Modernisierung und den Zubau von

KWK-Anlagen erzielte CO_2-Reduzierung. Dargestellt wird der Minderungsbeitrag, den die Mitglieder des VKU bis einschließlich 2010 geleistet haben.

2 Einsparung von CO_2-Emissionen durch kommunale KWK-Anlagen im Jahr 2010

Im Jahr 2010 wurden durch die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung in der kommunalen Energiewirtschaft CO_2-Einsparungen von rund 11,2 Mio. t vermieden.

2.1 Methodische Vorgehensweise

Für den Monitoringbericht 2010 wurden Daten durch den VKU erhoben. Insgesamt wurden Daten von 225 VKU-Mitgliedern einschließlich ihrer prozentualen Beteiligungen an Kraftwerken bzw. an Erzeugungsgesellschaften in der Erfassung ausgewertet. Damit sind 24 Unternehmen neu hinzugekommen. Eine nachträgliche Berücksichtigung dieser Unternehmen in Bezug auf den zurückliegenden Zeitraum 1998 – 2009 ist nicht erfolgt, da insoweit keine Datensätze vorliegen. Erfasst sind alle Unternehmen, von denen ausreichende Daten verfügbar waren. Einige Datensätze nicht meldender Unternehmen wurden mit geeigneten Annahmen geschätzt. Die Berechnungsmethodik bis zum Jahr 2010 beruht auf unterschiedlichen Ansätzen, was eine Vergleichbarkeit zwischen den Jahren nur bedingt erlaubt. So wurde beispielsweise erst ab dem Jahr 2008 eine differenzierte Betrachtung von Gemeinschaftskraftwerken durchgeführt. Das genaue Vorgehen ist im beiliegenden Datengerüst beschrieben.

Um zu ermitteln, in welcher Höhe kommunale Unternehmen durch den Betrieb von KWK-Anlagen CO_2-Emissionen eingespart haben, sind die CO_2-Emissionen dieser Anlagen mit den CO_2-Emissionen zu vergleichen, die bei ungekoppelter Erzeugung entstanden wären.

Die CO_2-Emissionen von KWK-Anlagen bestimmen sich nach dem Brennstoffeinsatz. Die Menge des eingesetzten Brennstoffs lässt sich anhand der vorliegenden Erkenntnisse zur Strom- und Wärmeproduktion und zum Brennstoffmix der einzelnen Unternehmen sowie zur Effizienz der KWK-Anlagen bei der Wärmeverteilung ermitteln.

Zur Bestimmung der CO_2-Intensität der verschiedenen Brennstoffe wurde auf die Emissionsfaktoren[1] gemäß Anhang 1 der Verordnung über die Zuteilung von Treibhausgas-Emissionsberechtigungen in der Zuteilungsperiode 2008 bis 2012 (Zutei-

[1] nach Ökoinstitut 2011

lungsverordnung 2012 – ZuV 2012) Bezug genommen. Die Emissionsfaktoren geben Auskunft über die Menge der CO_2-Emissionen, die bei der Erzeugung einer bestimmten Wärme- und Strommenge freigesetzt werden. Für die Brennstoffe Rohbraunkohle, Steinkohle, Öl und Erdgas gelten folgende Emissionsfaktoren:

Emissionsfaktoren für Rohbraunkohle, Steinkohle, Öl und Erdgas

	t CO_2/TJ	**t CO_2/GWh**
Rohbraunkohle	112	403,2
Steinkohle	93	334,8
Öl	74	266,4
Erdgas	56	201,6

Für die Bewertung von Abfallverbrennung (Müllverbrennung) wurde in Entsprechung des Nationalen Emissionsinventars der biogene Anteil (Gebrauchtholz) als klimaneutral bewertet. Demnach beträgt der CO_2-Emissionsfaktor (fossil) für Hausmüll im Durchschnitt rund 51 t CO_2/TJ. Dies entspricht 183,6 t CO2/GWh. Bei den „Sonstigen“ Brennstoffen, wurde ein zum Müll analoger Emissionsfaktor gewählt.

Emissionsfaktor für Müll

	t CO_2/TJ	**t CO_2/GWh**
Müll	51	183,6
Sonstige	51	183,6

Die Ermittlung der CO_2-Emissionen, die bei ungekoppelter Erzeugung entstanden wären, erfolgt üblicherweise anhand von Referenzsystemen für die ungekoppelte Stromerzeugung einerseits und für die ungekoppelte Wärmeerzeugung andererseits.

Der Nutzungsgrad von KWK-Anlagen, der für die Berechnungen herangezogen wurde, liegt durchschnittlich bei 0,76[2]. Mit dem Nutzungsgrad wird das Verhältnis der gesamten genutzten Energieabgabe (Summe von Strom- und Wärmeabgabe) zum Energieeinsatz bezeichnet. Dies bedeutet, dass 76 % der eingesetzten Energie in nutzbare Wärme und Strom umgewandelt werden.

Für den vorliegenden Bericht wurde auf der Stromseite ein hälftiger Mittellast-Mix aus Steinkohle- und Erdgas-Bestandsanlagen, mit einem spezifischen Emissionswert von 770 g CO_2 je kWh ungekoppelter Stromerzeugung zugrunde gelegt[3]. Hierbei handelt es sich um statische Referenzsysteme, die auf konstanten Emissionswerten basieren.

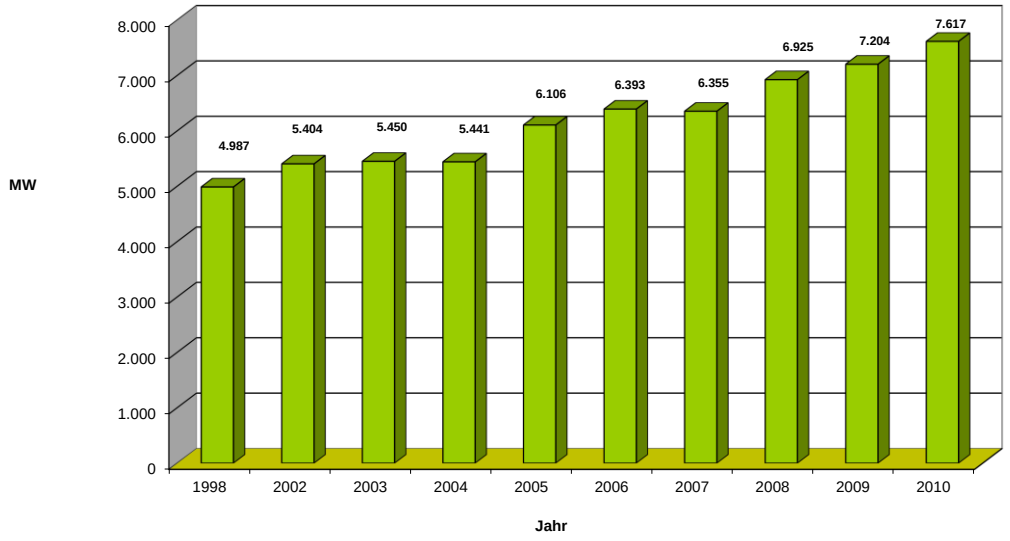
Auf der Wärmeseite wurde als Mittelwert aus industrieller und öffentlicher Wärmebereitstellung ein Emissionswert von 295 g/kWh_{th} zu Grunde gelegt.

2.2 Entwicklung der Stromerzeugung in kommunalen KWK-Anlagen

2.2.1 Installierte Leistung (Produktionskapazität)

Die installierte elektrische Leistung in KWK erhöhte sich im Jahr 2010 gegenüber dem Vorjahr um gut 400 MW auf ca. 7.600 MW.

Entwicklung der elektrischen Leistung der kommunalen KWK-Anlagen 1998-2010



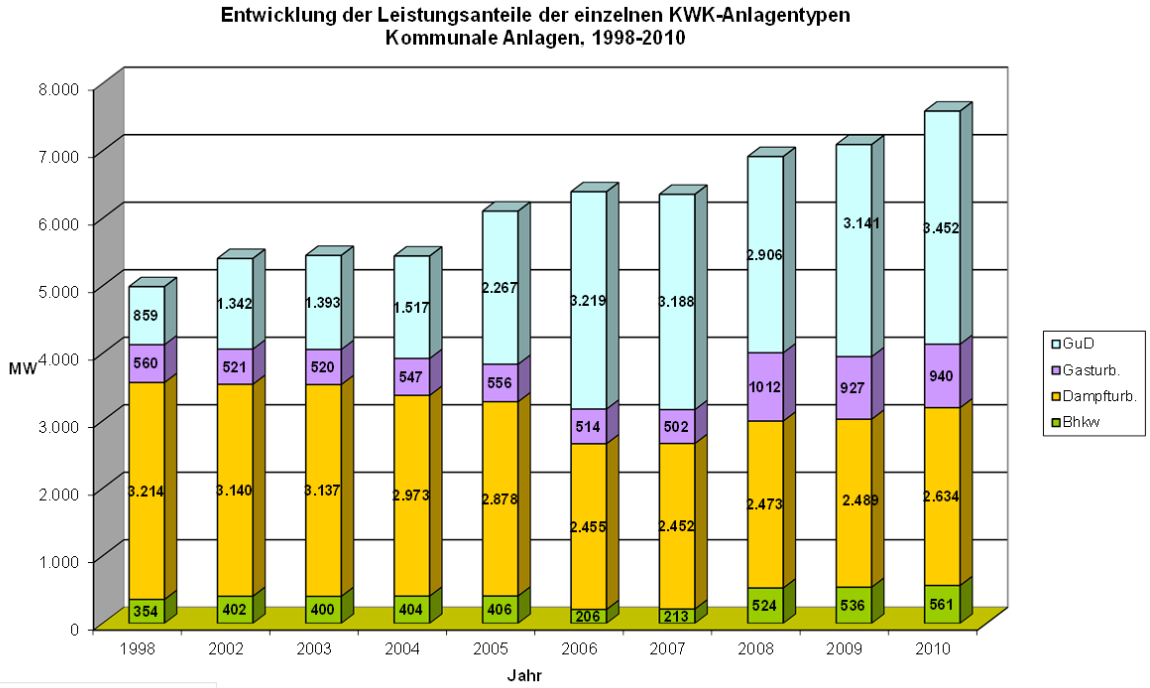
Quelle: VKU 2011

[2] Vgl. StBA Tab 066+067; Gesamtnutzungsgrad der allgemeinen Versorgung
[3] Vgl. Öko-Institut, Endgültige Auswertung der aktualisierten VKU-Modernisierungsumfrage 2003, S. 3

Differenziert nach Anlagentypen setzt sich der Trend der Vorjahre fort. Der historisch leistungsmäßig größte Anteil, die Dampfturbinen, der von 1998 – 2006 auf eine Größe von ca. 2.450 MW geschrumpft ist, hat sich in den letzten Jahren leicht erhöht auf ca. 2.600 MW im Jahr 2010.

Der Anteil an GuD-Anlagen ist im Jahr 2010 deutlich gestiegen, nämlich von ca. 3.140 MW im Jahr 2009 auf ca. 3.450 MW. Damit wurde der bisherige Spitzenwert von ca. 3.220 MW im Jahr 2006 übertroffen.

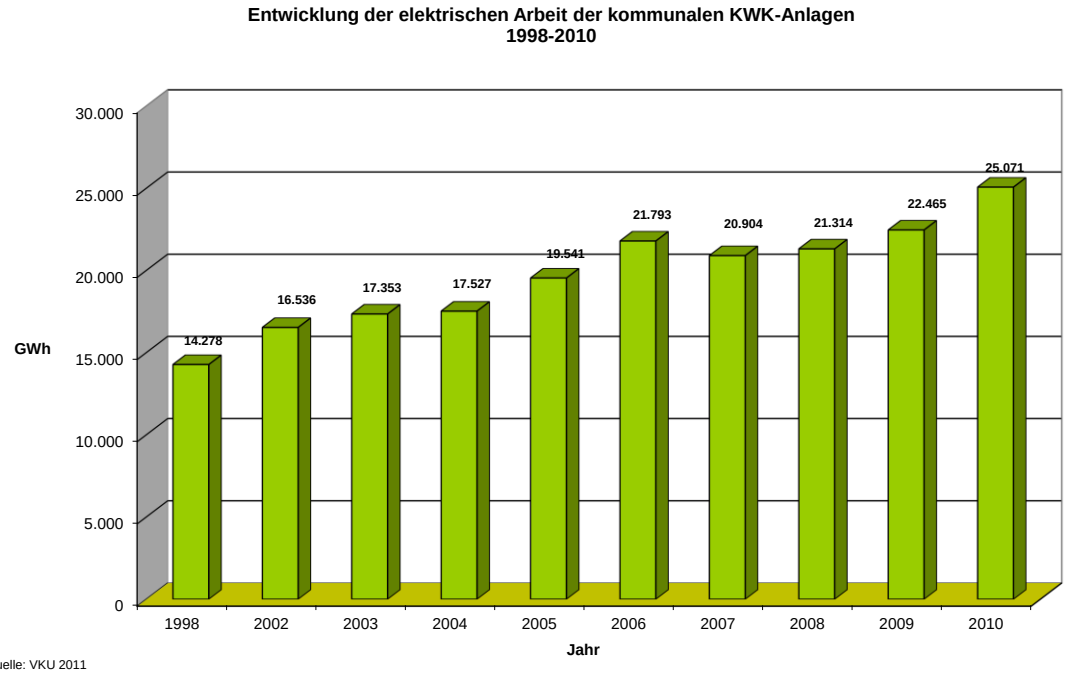
Die installierte Leistung der Gasturbinen, die sich im Zeitraum 2007 – 2008 auf einen Wert von ca. 1.012 MW verdoppelt hat, beträgt im Jahr 2010 ca. 940 MW. Die installierte Leistung der BHKW liegt im Jahr 2010 mit ca. 560 MW etwas höher als im Vorjahr.



Quelle: VKU 2011

2.2.2 Elektrische Arbeit

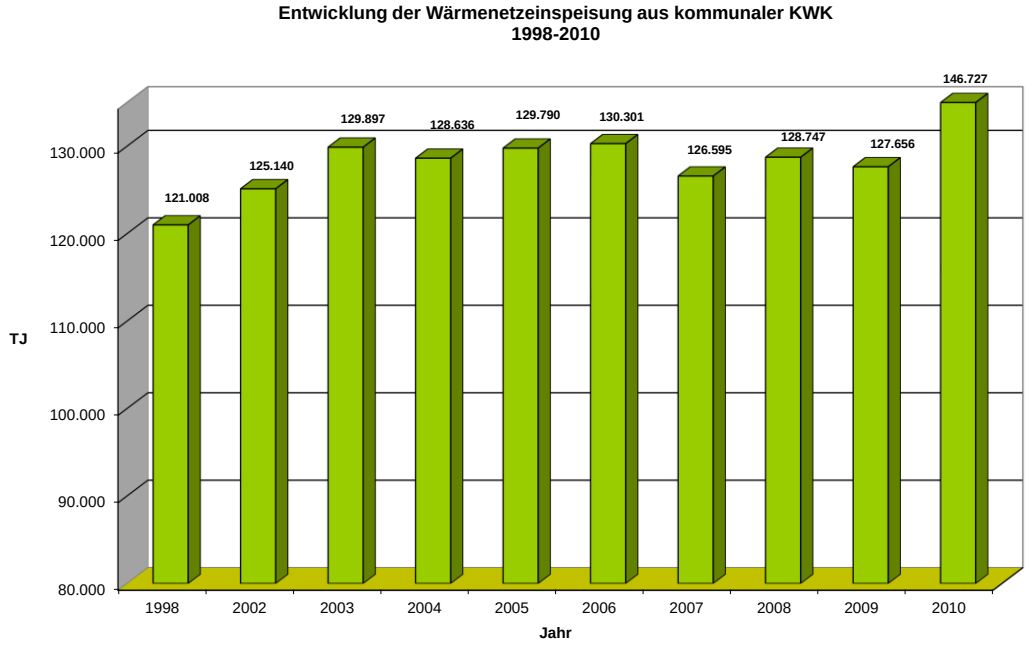
Die in das öffentliche Netz eingespeisten KWK-Strommengen betrugen im Jahr 2010 rund 25.000 GWh. Gegenüber dem Vorjahr ist das eine Steigerung um ca. 2.500 GWh. Damit setzt sich der Trend einer kontinuierlichen Zunahme der elektrischen Arbeit aus kommunalen KWK-Anlagen, der 1998 erst ca. 14.000 GWh betrug, fort.



Quelle: VKU 2011

2.3 Entwicklung der Wärmeerzeugung in kommunalen KWK-Anlagen

Die Wärmenetzeinspeisung war im Jahr 2010 mit über 146.700 TJ deutlich höher als in den Jahren zuvor. Gegenüber 2009 handelt es sich um eine Steigerung in Höhe von ca. 19.000 TJ. Damit wurde der bislang höchste Wert von ca. 130.300 TJ im Jahr 2006 deutlich übertroffen.



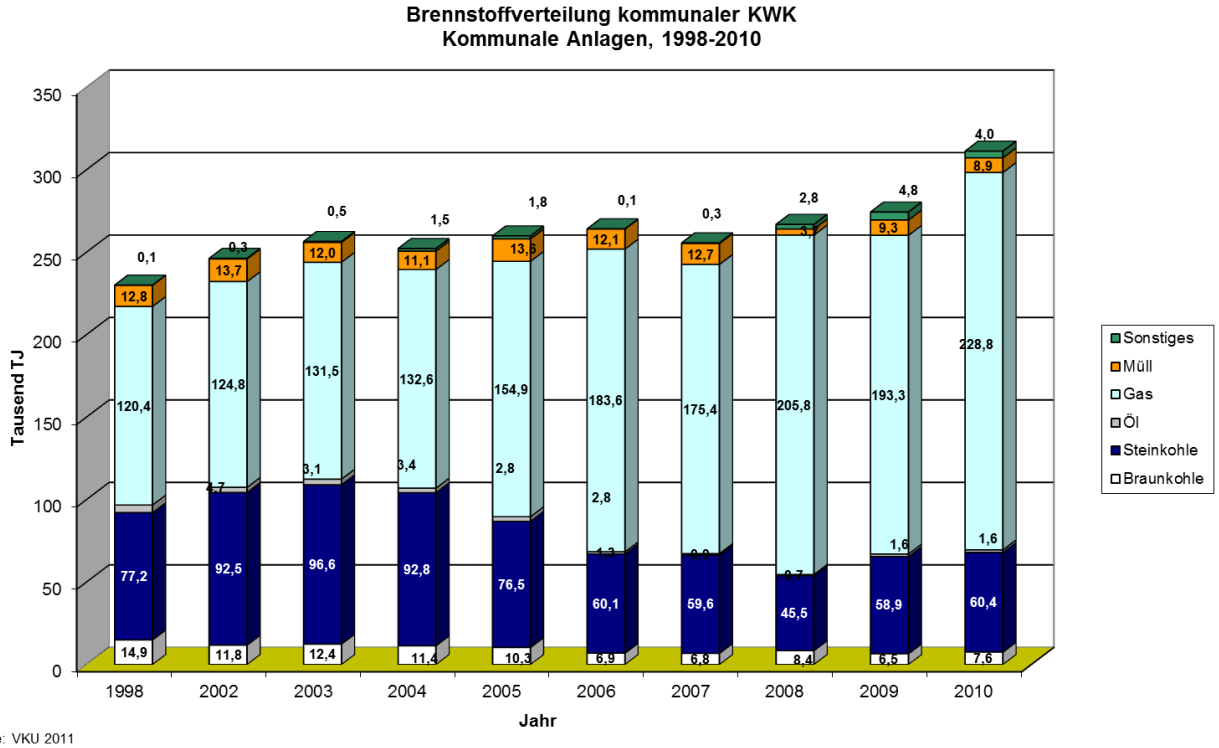
Quelle: VKU 2011

2.4 Entwicklung des Brennstoffmixes in kommunalen KWK-Anlagen

Seit 1998 ist ein stetig zunehmender Erdgasanteil zu beobachten. Im Jahr 2010 hat der Anteil von Erdgas an den eingesetzten Brennstoffen noch einmal deutlich zugenommen auf ca. 230.000 TJ im Vergleich zu ca. 193.000 TJ im vergangenen Jahr.

Demgegenüber ist der Anteil von Stein- und Braunkohle an den eingesetzten Brennstoffen gegenüber 1998 Jahren deutlich zurückgegangen und beläuft sich auf ca. 68.000 TJ im Jahr 2010.

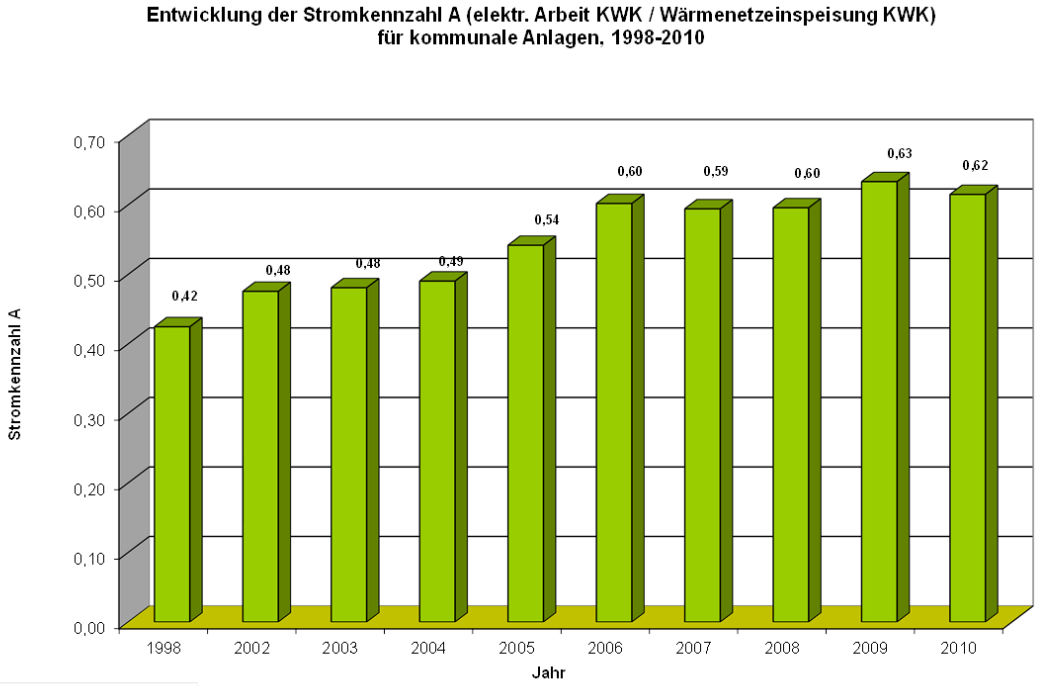
Der Anteil von Müll am Brennstoffmix liegt mit knapp 9.000 TJ etwas niedriger als im Jahr zuvor.



Quelle: VKU 2011

2.5 Entwicklung der Stromkennzahl A kommunaler KWK-Anlagen

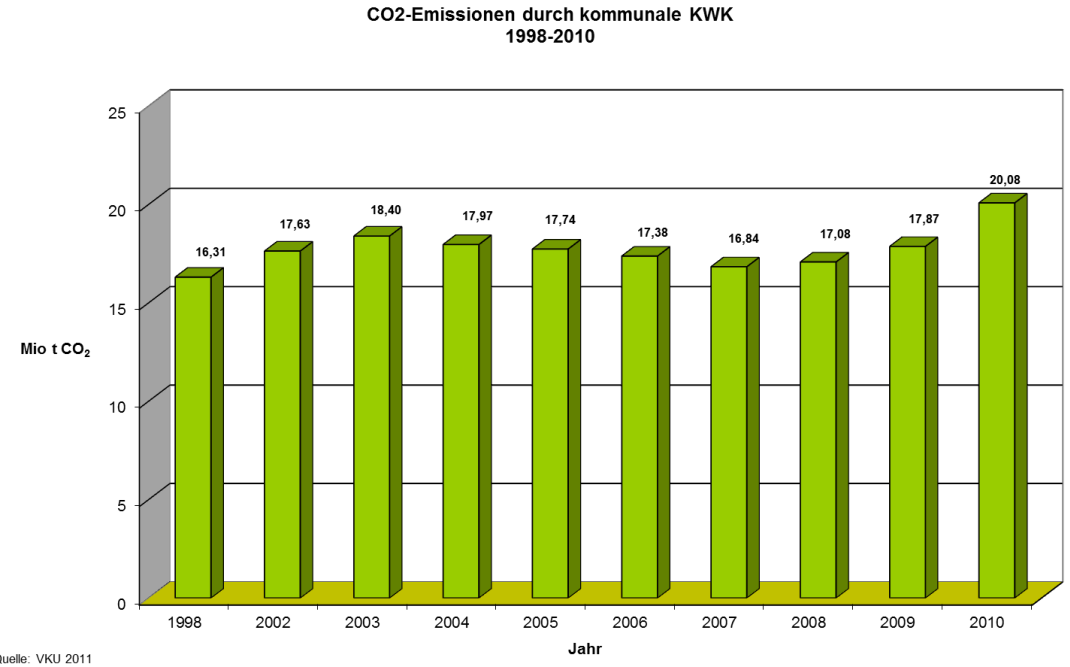
Im Jahr 2010 war die durchschnittliche Stromkennzahl A mit 0,62 nicht ganz so hoch wie im Vorjahr (0,63), doch immer noch deutlich höher als noch vor 6 Jahren, wo sie unter 0,5 lag. Das Verhältnis der Stromproduktion zur Wärmeproduktion hat sich damit merklich erhöht.



Quelle: VKU 2011

2.6 Entwicklung der CO_2-Emissionen kommunaler KWK-Anlagen

Auf der Grundlage der Entwicklung der Strom- und Wärmeerzeugung, des Brennstoffmixes und der Effizienz kommunaler KWK-Anlagen lassen sich die verursachten CO_2-Emissionen berechnen. Hierbei zeigt sich, dass die CO_2-Emissionen im Jahr 2010 bei wachsender Stromproduktion (vgl. Abschnitt 2.2.2) auf ca. 20,1 Mio. t angestiegen sind.

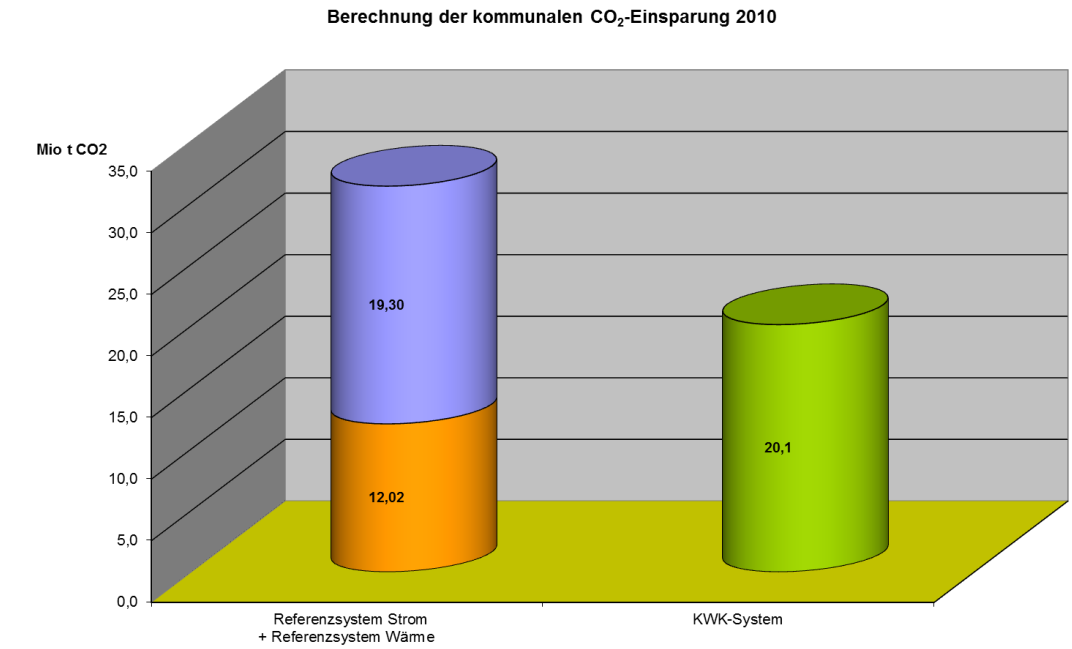


Quelle: VKU 2011

2.7 Entwicklung der CO_2-Emissionen in den Referenzsystemen

Wären die im Jahr 2010 in kommunalen KWK-Anlagen erzeugten Strom- und Wärmemengen in ungekoppelter Erzeugung produziert worden, wären erheblich mehr CO_2-Emissionen entstanden.

Die CO_2-Menge, die ohne KWK freigesetzt worden wäre, wird in den Referenzsystemen für die ungekoppelte Stromerzeugung einerseits und für die ungekoppelte Wärmeerzeugung andererseits abgebildet. Sie beträgt insgesamt 31,3 Mio. t.

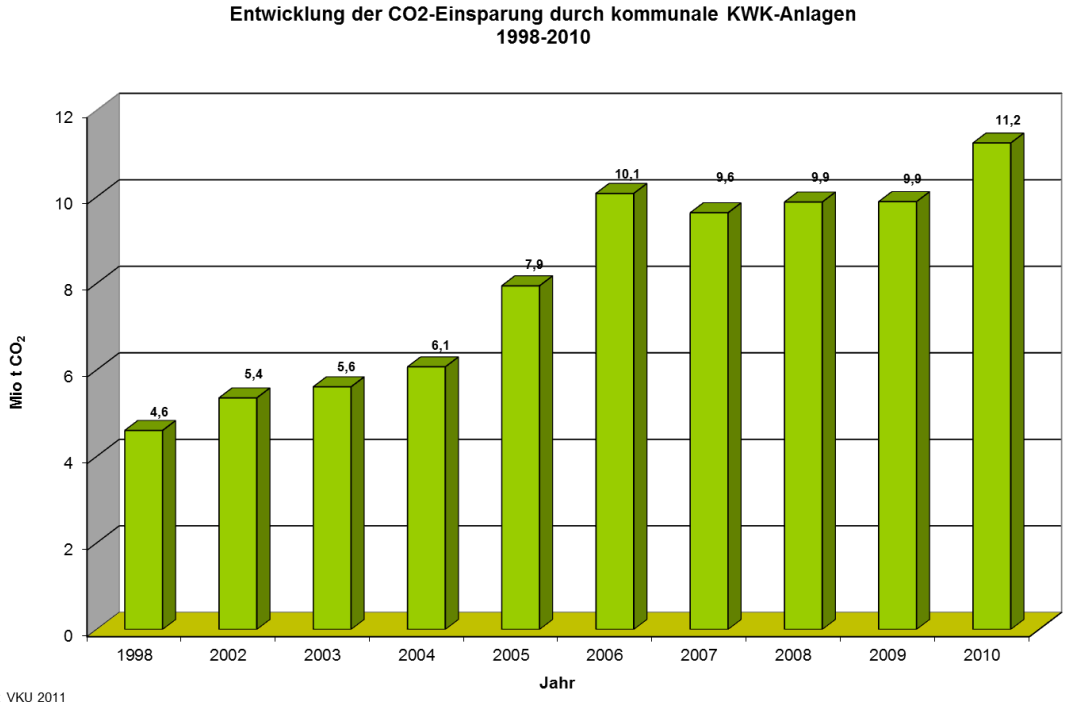


Quelle: VKU 2011

Die Differenz zwischen den CO_2-Emissionen im Referenzsystem (31,3 Mio. t. in 2010) und den tatsächlich verursachten CO_2-Emissionen (20,1 Mio. t in 2010) ergibt die Höhe der CO_2-Einsparungen durch kommunale KWK-Anlagen (11,2 Mio. t in 2010).

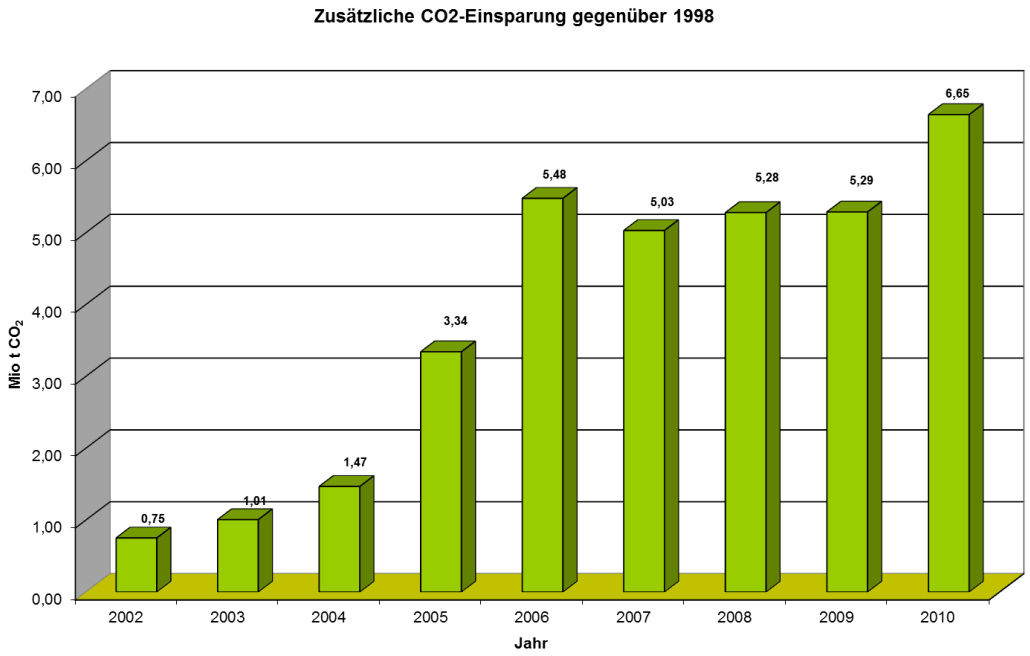
2.8 Entwicklung der CO_2-Einsparung durch kommunale KWK-Anlagen

Mit einer CO_2-Ersparnis von 11,2 Mio. t im Jahr 2010 wurde der bisherige Spitzenwert von 10,1 Mio. t im Jahr 2006 noch übertroffen. Zudem handelt es sich um eine deutliche Steigerung gegenüber den letzten drei Jahren, in denen die Einsparungen 9,6 – 9,9 Mio. t betrugen.



Quelle: VKU 2011

Gegenüber dem Jahr 1998 erhöhte die kommunale KWK ihren Beitrag zur Emissionsminderung um ca. 6,6 Mio. t CO_2 pro Jahr.



Quelle: VKU 2011

3 Zusammenfassung und Fazit

Die von dem Bericht erfassten kommunalwirtschaftlichen Unternehmen haben im Jahr 2010 ihre Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber dem Vorjahr weiter gesteigert. Die in das öffentliche Netz eingespeisten Strommengen sind im Jahr 2010 auf ca. 25.000 GWh gestiegen. Die installierte Leistung hat sich auf ca. 7.600 MW erhöht. Die Wärmenetzeinspeisung war im Jahr 2010 mit über 146.700 TJ deutlich höher als in den Jahren zuvor.

Die CO_2-Emissionen der im Bericht erfassten KWK-Anlagen waren im Jahr 2010 mit ca. 20,1 Mio. t etwas höher als im Vorjahr.

Bei ungekoppelter Produktion der erzeugten Strom- und Wärmemengen im Jahr 2010 wären CO_2-Emissionen in einer Größenordnung von rd. 31,3 Mio. t entstanden.

Demzufolge haben die in dem Bericht erfassten kommunalwirtschaftlichen Unternehmen durch die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme im Jahr 2010 rd. 11,2 Mio. t CO_2 eingespart. Der CO_2-Minderungsbeitrag, den die kommunalen Unternehmen im Jahr 1998 durch die Erzeugung in KWK erreicht haben, beläuft sich auf rd. 4,6 Mio. t CO_2. Damit konnten bis zum Jahr 2010 zusätzliche Einsparungen gegenüber 1998 in einer Größenordnung von ca. 6,6 Mio. t. pro Jahr erzielt werden.

VIK-Monitoringbericht 2010

zur Verifizierung der Vereinbarungen zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge und zur Minderung der CO_2-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung

Bericht an das Ökoinstitut Berlin zum Monitoring der KWK-Vereinbarung

(Stand: November 2011)

C:\Users\g.menzler\Desktop\Eigene Dateien aus LW C_Sicherungskopie\Monitoring_Selbstverpfichtung\Monitoring_2010\VIK_Monitoring_2006-2010_RWi.docx

VIK Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.
Richard-Wagner-Straße 41 · 45128 Essen · Postanschrift: Pf 10 39 53 · 45039 Essen
Telefon +49 (0) 2 01 / 8 10 84-0 · Telefax +49 (0) 2 01 / 8 10 84-30
Internet: www.vik.de · eMail: info@vik.de

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 3

2. Charakterisierung der Branche 3

2.1 Vorbemerkungen zur Datenerhebung 3

2.2 Daten zur Strom- und Wärmeerzeugung sowie zum Brennstoffeinsatz 3

2.3 Daten zum Strom- und Wärmeverbauch 4

2.4 KWK-Anlagenliste 4

3. CO_2-Emissionsentwicklung seit 1998, Emissionsbilanz für das Jahr 2010

4. Zusammenfassung 4

5. Quellen 5

1. Einleitung

Dieser Fortschrittsbericht zeigt die Ergebnisse für das Jahr 2010. Da der VIK selbst kein qualitatives Klimaschutzziel eingegangen ist, ist dieser Bericht branchenübergreifend zu sehen.

Die Nutzung der KWK zur Bereitstellung von Strom, mechanischer Energie sowie Kälte und Wärme auf verschieden Druck- und Temperaturniveaus bietet eine hohe Energieeffizienz, verbunden mit einer entsprechenden Brennstoffeinsparung. Damit ist die auch eine entsprechende Einsparung von Primärenergie und CO_2 verbunden. Die Anstrengungen der Industrie zur Erfüllung der Klimaschutzziele werden so dokumentiert.

Im Rahmen der Zwischenüberprüfung des KWK-G durch die Prognos AG wurden Zahlen zum Umfang der Neubau und Modernisierungsvorhaben im Rahmen des im Jahr 2008 novellierten KWK-G dokumentiert. Durch diese Novellierung wurde ein entscheidendes Hemmnis der industriellen KWK, die Förderung des selbstgenutzten KWK-Stromes, beseitigt. Erste Anzeichen für verstärkte Aktivitäten in der Industrie können so dokumentiert werden.

2. Charakterisierung der Branche

Der VIK Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. ist seit 1947 als deutscher Energiefachverband im Interesse aller Branchen des verarbeitenden Gewerbes tätig, für die Energie eine wichtige und kostenintensive Größe darstellt. Im VIK sind ca. 350 Mitglieder gebündelt. Der VIK steht mit seinen Mitgliedern für einen sehr hohen Prozentsatz des industriellen Energieeinsatzes sowie der versorgerunabhängigen KWK-Strom und -Wärmeerzeugung in Deutschland. Die industrielle Energieversorgung wird zu beträchtlichen Teilen in der Statistik der allgemeinen Versorgung mit abgebildet. Die Versorgung mit Strom in Industrieparks stellt eine Versorgung von Dritten dar und wird daher nicht im Segment „Stromerzeugungsanlagen der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden“ [2] statistisch erfasst.
Die Bedeutung des Kostenfaktors Energie kommt u.a. darin zum Ausdruck, dass bei etlichen seiner Mitgliedsunternehmen, z.B. aus der chemischen Industrie, der Papierindustrie und der Metallerzeugung, die Energiekosten über 30% der Fertigungskosten betragen. Für viele Unternehmen die Eigenerzeugungsanlagen betreiben ist trotz der Kosteneffekte aus diesen Anlagen die Härtefallregelung zur Minderung der EEG-Umlage existenziell.

2.1 Vorbemerkungen zur Datenerhebung

Die Berichterstattung bezieht sich auf die bis zum Oktober 2011 verfügbaren Daten für das Betrachtungsjahr 2010 [1] [2].

2.2 Daten zur Strom- und Wärmeerzeugung sowie zum Brennstoffeinsatz

Die aktuell vorliegenden Daten zur industriellen Stromeigenerzeugung sowie die anteiligen KWK-Strom und -Wärmemengen zeigen eine deutliche Erhöhung der KWK-Stromerzeugung von 26,2 TWh im Jahr 2009 auf 29,8 TWh im Jahr 2010. Der größte Anteil der KWK-Stromerzeugung erfolgt in Gasturbinen mit 15,9 TWh und in Dampfturbinen mit 12,9 TWh.

In der Tabelle 1a ist die Entwicklung der elektrischen Brutto-Engpassleistung dargestellt. Im Berichtsjahr erfolgte ein deutlicher Zuwachs der Dampfturbinenkapazitäten. Dieser Zuwachs hat

nach Einschätzung des VIK zwei hauptsächliche Ursachen, den Zubau erneuerbarer Energien und den verstärkten Einsatz von EBS-Brennstoff. Bei den Gasturbinen hingegen gab es einen leichten Rückgang der Kapazitäten. Zu den Ursachen können noch keine genauen Aussagen getroffen werden.

Tabelle 1a) Bruttoengpassleistung elektrisch 2006 - 2010

	Brutto-Engpassleistung MW			
	Dampfturbinen	Gasturbinen	Verbrennungsmotoren	Sonst. Anlagen
2010	9.041	2.616	340	183
2009	8.801	2.691	328	139
2008	8.640	2.112	323	149
2007	8.434	2.033	327	150
2006	8.478	1.894	356	154

Quelle: Statistik der Energiewirtschaft, Fachserie 4 / Reihe 6.4

Allerdings muss der Kapazitätszuwachs in Zusammenhang mit der KWK-Stromerzeugung bewertet werden, hierbei festzuhalten, dass zwar mit Dampfturbinen eine höhere KWK-Stromerzeugung erfolgte, die mit Gasturbinen war im Vergleich zu 2009 deutlich höher. Die Tabelle 1 b zeigt diese Sachverhalte auf.

	KWK-Nettostromerzeugung GWh			
	Dampfturbinen	Gasturbinen	Verbrennungsmotoren	Sonst. Anlagen
2010	12.917	15.983	803	91
2009	12.050	13.779	701	34
2008	12.626	12.376	650	43
2007	13.540	11.420	728	64
2006	13.788	11.261	666	55

Quelle: Statistik der Energiewirtschaft, Fachserie 4 / Reihe 6.4

Nach Angaben aus [1] erfolgte im Jahr 2010 eine Einspeisung von 25,3 TWh Strom aus Anlagen der Industrie in das Netz der allgemeinen Versorgung, was einer Erhöhung von 5,4 % im Vergleich zum Vorjahr entspricht. Diese Einspeisemengen dürften zu einem wesentlichen Teil aus den o.a. Industrieparkanlagen stammen, wobei die genaue Datenlage zwischen den Verbänden noch abzustimmen ist

Im Jahr 2010 wurden eine Reihe von Modernisierungs-, Erweiterungs- und Neubaumaßnahmen an industriellen KWK-Anlagen vorgenommen. Dies erfolgte vielfach in der Papierindustrie aber auch in der Lebensmittelindustrie und weiteren Branchen (siehe unter 2.4). Desweiteren erfolgte auch eine höhere Auslastung der Kapazitäten (2009 = 3902 h und 2010 = 4421 h).

Tabelle 1 c: Eigenerzeugung und KWK-Anteile von Strom und Wärme in GWh

GWh	1998	2007	2008	2009	2010
Netto-Stromerzeugung	52.337	48.983	45.541	40.332	48.973
dav. KWK-Strom	27.200	25.753	25.695	26.201	29.795
Wärmeerzeugung	*Keine Daten*	87.276	89.375	87.450	97.408
dav. KWK-Wärme	87.000	79.818	79.545	78.483	86.866

Quelle: Statistik der Energiewirtschaft, Fachserie 4 / Reihe 6.4

Der Brennstoffeinsatz nach Tabelle 2 zeigt als wichtigsten Brennstoff Erdgas mit einem Anteil von 55 %. Es folgen die sonstigen Brennstoffe mit 23 %, wobei hier größere Anteil erneuerbare die nEnergieträger einbezogen sind. Danach folgt Kohle (Stein- und Braunkohle) mit 13 %. Der Brennstoff Erdgas konnte im Vergleich zu 2009 kaum noch zulegen. Vor allem bei Steinkohleanteil aber auch bei Braunkohle wurde deutlich mehr Brennstoff als im Jahr 2008 eingesetzt. Betrachtet man die prozentuale Verteilung ergibt sich ein geringer Zuwachs bei Braunkohle, welcher auf die verstärkte Nutzung von Braunkohlenstaub zurückzuführen ist. .

Tabelle 2: Brennstoffeinsatz in TJ, nur Anteil für KWK

	1998 [1)]	2007	2008	2009	2010
Steinkohle	124.060	37.032	38.666	30.639	38.989
Braunkohle	30.584	34.468	35.314	33.208	38.181
Erdgas	252.934	252.028	257.075	288.613	288.857
Sonst. Gase	25.299	8.303	11.391	11.059	9.830
Kokereigas	12.290	2.170	2.775	2.566	1.922
Hochofengas	27.819	6.719	7.536	7.754	9.502
Heizöl EL	13.386	2.235	1.992	2.999	2.926
Heizöl S	13.508	23.338	24.904	19.731	21.048
Sonstige	34.312	117.737	107.228	121.483	122.018
Summe	**534.192**	**484.030**	**486.882**	**486.366**	**533.273**

1) Hochgerechnet aus anteiligem Brennstoffbedarf der „Stromscheibe“ nach Ökoinstitut 2009

Quelle: Statistik der Energiewirtschaft, Fachserie 4 / Reihe 6.4, eigene Berechnungen VIK

2.3 Daten zum Strom- und Wärmeverbrauch

Im Jahr 2010 betrug die Bruttostromerzeugung der öffentlichen Kraftwerke 621.500 GWh im Vergleich zu 592.000 GWh im Jahr 2009.

Der Stromverbrauch aus dem Netz der allgemeinen Versorgung betrug 223.000 GWh, was gegenüber 2009 ein Anstieg um 6,7 % bedeutet. Dies ist ein Beleg für die deutliche Konjunkturbelebung. Bezogen auf diesen Stromverbrauch aus dem Netz zuzüglich der KWK-Eigenerzeugung beträgt der Anteil der KWK-Stromerzeugung am Verbrauch in der Industrie 11,5 %.

2.4 KWK-Anlagenliste 2010

Nachfolgend ist ein Auszug von de VIK bekannten Vorhaben zur Modernisierung und dem Neubau von KWK-Analgen im Jahr 2010 aufgeführt. Bis auf die Anlage bei der Salzgitter AG sind die Angaben zur elektrischen Leistung auf den KWK-Anteil bezogen.

Unternehmen	Branche	elektr. Leistung	Brennstoff	Inbetriebnahme
Michwerke Mittelelbe	Lebensmittel	4,7 MW	Erdgas	Dez 10
ADM Oelmühel	Lebensmittel	5,4 MW	Erdgas	Dez 10
Homan Feinkost	Lebensmittel	1,5 MW	Erdgas	Jul 10
Munskjö Ahlen/SW	Papier	8,1 MW	Erdgas	2009/2010
Eon/Mylikowki Plattling	Papier	125 MW	Edgas	Jan 10
Steinbeis	Papier	8,1 MW	Erdgas	Jan 10
Klingele Weener	Papier	2 MW	EBS	Jul 10

Me-

Kanzan Düren	Papier	2,1 MW	BKS	Jul 10
Stora Enso Maxau	Papier	30 Mw	Steinkohle/Biomasse	Ap 10
Solvay Bernburg	Chemie	ca. 50 MW	EBS	Okt 10
Salzgitter Stahl *)	Metallerz.	220 MW (ges.)	Gichtgas	Dez 10
Industriepark Gersthofen	Chemie	2,8 MW	EBS	Ap 10
Chemiepark Wolfen	Chemie	10,5 MW	EBS	2010

3. CO_2-Emissionsentwicklung seit 1998, Emissionsbilanz für das Jahr 2010

Durch die Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München, (FFE) wurden die Referenzsysteme zur Bewertung der durch KWK eingesparten CO_2-Emissionen entwickelt.

Stromseitiges Referenzsystem

CO_2-Emissionen des durch KWK-Strom substituierten Strommixes:

Referenzsystem 1: 770 g CO_2 / $kWh_{el,}$

Referenzsystem 2: 860 g CO_2 / $kWh_{el,}$

Wärmeseitiges Referenzsystem

Die Mittelwertbildung aus industrieller und öffentlicher Wärmebereitstellung ergibt:

295 g CO_2 / kWh_{th}

Die Vorgehensweise zur Ermittlung CO_2-Emission im Basisjahr 1998 wurde im Bericht für die Jahre 2005 – 2007 dargelegt, einschließlich die entsprechenden Korrekturhinweise des Ökoinstituts. Der Berechnungsweg für die CO_2-Emissionen aus industrieller KWK des Basisjahres 1998 kann dem Bericht des Ökoinstituts [4] entnommen werden.

Vermiedene Emissionen durch KWK im Jahr 2010

Der detaillierte Berechnungsgang für die CO_2-Einsparung wird mit den Brennstoffeinsätzen nach Tabelle 2 sowie mit den Emissionsfaktoren lt. Ökoinstitut vorgenommen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 3 dargestellt. Für das Segment sonstige Brennstoffe wurde der Emissionsfaktor neu abgeleitet. Nach Darstellung von [3] aber auch dem Ökoinstitut Berlin dürfte ein nicht unbeträchtlicher Zuwachs der KWK-Stromstromerzeugung aus dem Einsatz erneuerbarer Brennstoffe resultieren, was auch in den Tabellen 1 a und 1 b dokumentiert ist. Die Tabelle 3a zeigt den Berechnungsgang zu Ableitung des Emissionsfaktors, aus Gründen der Datenverfügbarkeit wurde mit dem Jahr 2009 gerechnet.

Bilanz sonst. Brennstoffe 2009

	EF t_{CO2}/TJ	BS-Einsatz TJ	Emissionen t $C0_2$/a
feste Biomasse		44.055	0
flüssige Biomasse	0	9.874	0
Biogas	0	1.423	0
Klärgas	0	240	0
Klärschlamm	0	1.282	
Abhitze	0	3.341	0
Summe emissionsfr.	0	0	0

Grubengas	54	0	0
Ind-Abfall	75	558	41.850
EBS (Hausmüll)	35	6.436	225.260
sonst. Energietr.	75	13.445	1.008.368
andere Mineralölpr.	80	24.505	1.960.400
Summe sonst. BS		105.159	3.235.878
tCO_2/TJ	**30,8**		

Tabelle 3 a Emissionsfaktor für „sonstige“

Brennstoff			Emissionen Faktor	Emissionen Mengen	**KWK-Erzeugung**	
					Wärme	**Strom**
	Anteil	TJ	t_{CO2}/TJ	t $C0_2$/a	MWh/a	MWh/a
Steinkohle	7,3%	38.989	93	3.625.977	6.290.000	1.888.000
Braunkohle	7,2%	38.181	110	4.199.910	7.174.000	1.353.000
Erdgas	54,2%	288.857	56	16.175.992	45.164.000	19.889.000
sonst. Gase	1,8%	9.830	59	579.970	1.699.000	402.000
Kokereigas	0,4%	1.922	45	86.490	316.000	96.000
Hochofengas	1,8%	9.502	105	997.710	1.579.000	481.000
Heizöl EL	0,5%	2.926	74	216.524	489.000	165.000
Heizöl S	3,9%	21.048	78	1.641.744	3.647.000	745.000
sonstiges	22,9%	122.018	30,8	3.758.154	20.508.000	4.506.000
Summe	**100%**	**533.273**		**31.282.471**	**86.866.000**	**29.525.000**

Tabelle 3 Brennstoffeinsatz, KWK-Erzeugung und CO_2-Emissionen im Jahr 2009

In der Tabelle 4 ist auf Basis des Referenzsystems 1 dargestellt, welche CO_2 -Minderung durch KWK erreicht wird, wenn anstelle der KWK-Strom- und -Wärmeerzeugung eine getrennte Erzeugung von Strom und Wärme vorgenommen würde.

Tabelle 4 CO_2-Einsparung für das Jahr 2010

		MWh/a		Referenzen getrennte Erzeugung		
BS-Einsatz		**148.131.389**		t_{CO2}/MWh	t $C0_2$/a	
KWK-Strom		**29.525.000**	**19,9%**	0,770	22.734.250	
KWK-Wärme		**86.866.000**	**58,6%**	0,295	25.625.470	
Summe		**116.391.000**			48.359.720	
Stromkennzahl		**0,34**		CO_2 KWK	31.282.471	
Nutzungsgrad		**78,57%**				
CO2 Einsparung durch KWK-Nutzung:					**17.077.249**	**t CO2**

Diese CO_2-Einsparung in Höhe von 17,077 Mio. t ist noch entsprechend der Systematik des Ökoinstitutes in das Monitoring einzuarbeiten. Auf die Berechnung nach Referenzsystem 2 wird verzichtet.

4. Zusammenfassung

Die unter 3. dokumentierten CO_2-Vermeidungsmengen zeigen den Beitrag der industriellen KWK zu den zugesagten Mengen im Rahmen der Selbstverpflichtungserklärung auf. Durch den Einsatz der industriellen KWK wird ein wichtiger Baustein für den Klimaschutz und den ressourcensparenden Umgang mit Energie geleistet. Dies wird auch durch die Aussagen von Prognos [3] bekräftig, wonach die CO_2-Einsparung seit dem Jahr 1998 ca. 24 Mio. Tonnen/a beträgt.

.

5. Quellen

[1] BDEW Entwicklung der Energieversorgung 2010

[2] Stromerzeugungsanlagen der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe

Fachserie 4 / Reihe 6.4 (Jahre 2006 -2010)

[3] Prognos Berlin Studie Zwischenüberprüfung zu Gesetz zur Förderung der KWK

Vermerk

bdew
Energie. Wasser. Leben.

Kommentare des BDEW zum Entwurf für den Abschlussbericht des Monitorings der KWK-Vereinbarung für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung

11. Mai 2012

Dr. Martin Ruhrberg/Ruh, GB Recht und Betriebswirtschaft

Das Ökoinstitut hat am 27. April 2012 den Entwurf für den Abschlussbericht des Monitorings der KWK-Vereinbarung für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung vorgelegt. Der BDEW begrüßt den Berichtsentwurf nachdrücklich. Nach unserer Auffassung enthält der Bericht ein umfassendes und methodisch transparentes und nachvollziehbares Datengerüst für den Ausbauzustand der Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland für den Zeitraum 1998 - 2010.

Der Berichtsentwurf behandelt den Berichtszeitraum bis 2010 und baut in weiten Teilen auf den Annahmen und dem Vorgehen der Vorgängerberichte auf. An einigen Stellen wurde jedoch insbesondere im Bereich der KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungskreises der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft vom Vorgehen der Vorjahre abgewichen. Durch das gegenüber den Vorjahren leicht veränderte Vorgehen ergibt sich an einigen Stellen des Berichtes noch methodischer Diskussionsbedarf.

Der BDEW nimmt im Einzelnen zu dem Berichtsentwurf wie folgt Stellung:

Zu Kapitel 7.1: Fossil betriebene BHKW

Auf den S. 28 – 30 wird die Entwicklung des Bestandes fossil betriebener BHKW über den Zeitraum 1986 – 2010 dargestellt. Der BDEW unterstützt grundsätzlich das gewählte methodische Vorgehen. Hinsichtlich der Auswertung und Diskussion der Ergebnisse würden wir aber vorschlagen, nicht von einer „massiven Stilllegung von [BHKW-Anlagen] über 1 MW“ zu sprechen. Der Entwicklungstrend beruht ja vornehmlich auf den Annahmen zur Sterbelinie der größeren BHKW, die sich nicht unbedingt empirisch belegen lässt, sondern vielmehr als vereinbarte „Rechenvorschrift“ für das Monitoring zu sehen sind.

Betrachtet man die Entwicklung des Bestandes der Verbrennungsmotoren > 1 MW in der industriellen Kraftwirtschaft der amtlichen Statistik, so sieht man, dass hier die installierte Leistung zwischen 2003 und 2010 sogar von 202 MW auf 340 MW gestiegen ist. Auch aus den Angaben der AGFW Hauptberichte zur Fernwärmeversorgung lässt sich über den gleichen Zeitraum keine derart signifikante Veränderung des erfassten Anlagenbestandes feststellen, obwohl hier sicherlich auch Veränderungen im Berichtskreis sowie die Einbeziehung von EEG-Anlagen und fossil betriebenen BHKW < 1 MW mit zu berücksichtigen sind.

Wir würden anregen, die Diskussion der Entwicklung an dieser Stelle noch etwas auszudehnen und dabei auf die Unsicherheiten einzugehen. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Frage, ob die amtliche Statistik in diesem Leistungsbereich tatsächlich vollständig

erscheint, oder ob aufgrund der Beschränkung der zulässigen Fallzahlen bei der Abfrage durch die Landesämter nicht auch viele Anlagen im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, Flughäfen und Messen sowie Universitäten und Forschungseinrichtungen mit einer Leistung von mehr als 1 MW nicht einbezogen sind.

Für den Endpunkt der Entwicklung entspricht der Bestand an BHKW > 1 MW in etwa der Summe aus installierter Leistung der Verbrennungsmotoren der Industrie und der allgemeinen Versorgung der amtlichen Statistik (siehe S. 78 und S. 81). Ein weiterer „Stützpunkt" der Entwicklung für das Jahr 2005 wäre hier sehr nützlich.

Zu Kapitel 7.2.2: Eigenstrombedarf von Biomasse-Anlagen

Der Gutachter leitet den Eigenstrombedarf nach Energieträgern aus einer Betrachtung der amtlichen Statistik für industrielle Kraftwirtschaft und allgemeine Versorgung her (S. 36).

Hinsichtlich des mit Einsatz flüssiger Biomasse verbundenen Eigenbedarfs wird auf den Einfluss der statistischen Einstufung von Schwarzlauge hingewiesen. In der weiteren Betrachtung ist allerdings unklar, wie hiermit umgegangen wird. Da in der AGEE Statistik die Stromerzeugung aus biogenen Brennstoffen in der Papier- und Zellstoffindustrie der festen Biomasse zugeschlagen wird, bietet sich hier im Rahmen des Monitoringberichtes ein ähnliches Vorgehen an. Der Eigenbedarf der Zellstoffwerke verzerrt andernfalls den Eigenbedarf der mit flüssigen Brennstoffen betriebenen Verbrennungsmotoren. Bei der Bestimmung der Nettostromerzeugung aus solchen Kleinanlagen sollte ein Eigenbedarf ohne die Werte der Papier- und Zellstoffindustrie angesetzt werden.

In der Betrachtung fällt auf, dass der Eigenbedarf der mit Biogas betriebenen Anlagen ab 2009 stark abgenommen hat. Dieser Umstand ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die Zunahme des Biogaseinsatzes im Bereich der allgemeinen Versorgung vor allem auf eine Reihe neu in Betrieb genommener Biomethan-BHKW zurückzuführen sein sollte. Solche Anlagen haben generell einen deutlich niedrigeren statistischen Eigenbedarf, da es sich faktisch um erdgasbetriebene BHKW handelt und der Strombedarf für die Biomethanerzeugung außerhalb der Berichtsgrenze liegt. Wir würden deswegen anregen zu prüfen, ob hier nicht besser auf andere Quellen zurückgegriffen werden sollte. So enthält beispielsweise eine aktuelle Untersuchung des DBFZ[1] auf den S. 60 – 61 entsprechende Angaben zum Eigenstrombedarf von Biogasanlagen.

Zu Kapitel 7.22: KWK-Anteile für EEG-Anlagen mit Inbetriebnahme vor 2004

Für Anlagen mit Inbetriebnahme vor 2004 (S. 40) sollte im Text noch ergänzt werden, dass sich der neu eingeführte KWK-Bonus zum einen auf erstmals ab 2009 in KWK-betriebene

[1] DBFZ: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse, März 2011.

Anlagen (K09 bzw. K10)[2] sowie auf sonstige Kraft-Wärme-Kopplung bis 500 kW Leistung bezieht (KA3)[3] . Für bestehende KWK-Anlagen mit Inbetriebnahme vor 2004 besteht für mehr als 500 kW demzufolge kein Leistungsanspruch – außer für erstmaligen KWK-Betrieb. Dies betrifft für die nicht von der amtlichen Statistik erfassten Anlagen insbesondere den Leistungsbereich 500 – 1000 kW, aber auch weitere, nicht von der amtlichen Statistik erfasste Biomassekraftwerke > 1000 kW.

Zu Kapitel 7.2.3: Stromkennzahlen für EEG-Anlagen

Der Gutachter schlägt hinsichtlich der Ableitung der KWK-Wärmemengen für Biomasseanlagen ein gegenüber den Vorjahren abweichendes Vorgehen vor. Aus der Gegenüberstellung des neuen und zuvor verwendeten Verfahrens (siehe S. 55) wird deutlich, dass die zugrunde gelegten Annahmen zu den Stromkennzahlen einen **erheblichen Einfluss** auf die Bestimmung der eingesparten CO_2-Emissionen besitzen. Im aktuellen Monitoringbericht greift das Ökoinstitut auf Annahmen zu typischen Stromkennzahlen für Biomasseanlagen zurück, die aus einer noch nicht veröffentlichten Studie des ZSW stammen (S. 44). Der BDEW bedauert ausdrücklich, dass die neu angesetzten Stromkennzahlen aufgrund der Unkenntnis der Studie nicht nachvollzogen werden können und auch im Monitoringbericht nicht näher auf die methodischen Grundlagen der Herleitung eingegangen wird.

Für eine Einschätzung der neuen Annahmen sind insbesondere folgende Informationen erforderlich:

- Beruhen die Stromkennzahlen auf der Nettostromerzeugung oder beziehen sie sich auf die Einspeisung bzw. Bruttostromerzeugung, wie sie üblicherweise im Rahmen der AGEE Statistik verwendet wird?
- Sind bei der Ableitung vergleichbare Eigenverbräuche wie im Monitoringbericht angesetzt worden?
- Beziehen sich die Werte auf die hocheffiziente KWK-Stromerzeugung oder die Stromerzeugung der Gesamtanlage?
- Erheben die Werte den Anspruch der Repräsentativität (Durchschnitt) oder handelt es sich nur um Werte für neue Anlagen?
- Wird auch der Papier- und Zellstoffsektor in die Betrachtung mit eingebunden? Und wenn ja, auf Seiten der festen Biomasse (wie in der AGEE Statistik bei der Stromer-

[2] Bonus K09 (§ 66 Abs. 1 Nr. 3 Satz 1 EEG 2009): Für Biomasseanlagen, die vor dem 01.01.2009 in Betrieb genommen wurden und die nach dem 31.12.2008 erstmals in Kraft-Wärme-Kopplung nach Maßgabe der Anlage 3 zum EEG 2009 betrieben wurden, beträgt der KWK-Bonus 3,0 ct/kWh bei erstmaligem KWK-Betrieb in 2009 (Bonus K09).

[3] Bonus KA3 (§ 66 Abs. 1 Nr. 3 Satz 2 EEG 2009): Für Strom aus sonstigen Biomasseanlagen mit Inbetriebnahme vor dem 01.01.2009, der in Kraft-Wärme-Kopplung nach Maßgabe der Anlage 3 zum EEG 2009 erzeugt worden ist, beträgt der KWK-Bonus bis einschließlich einer Leistung von 500 Kilowatt 3,0 ct/kWh.

zeugung) oder auf Seiten der flüssigen Biomasse (wie in der AGEE Statistik bei der Wärmeerzeugung)
- Erfolgt eine Betrachtung unterschiedlicher Anlagengrößen und Maschinenarten?
- Beziehen sich die Stromkennzahlen bei der Biogasverstromung auf die gesamte Wärmeerzeugung (inklusive Prozesswärme) oder nur auf die Nutzwärme?
- Eine erste Einschätzung der deutlich nach oben angehobenen Stromkennzahl für Biogas in Höhe von 0,91 wirft zudem die Frage nach den angesetzten Nutzungsgraden insbesondere bei kleineren Biogasanlagen auf.

Der BDEW regt an, die methodischen Grundlagen und Annahmen für die Ableitung der neuen Stromkennzahlen im Bericht näher zu erläutern.

Bei der Ableitung der durchschnittlichen Stromkennzahl (Tabelle 7.14) fällt auf, dass die Annahmen zum durchschnittlichen KWK-Anteil pro Energieträger auf die biogene Stromerzeugung ohne AV und IKW zu einer KWK-Strommenge von 9 TWh führen. Dies steht im Widerspruch zu Tabelle 7.13, die eine Menge von 6,8 TWh aufweist.

Das Vorgehen bei der Ermittlung der durchschnittlichen Stromkennzahl in Tabelle 7.14 ist nicht nachvollziehbar. Im Bericht wird für das Jahr 2010 eine Stromkennzahl von 0,85 angeführt. Eine Mittelung der Stromkennzahlen des ZSW (siehe S. 44)[4] nach den prozentualen Anteilen der Energieträger bezogen auf die gesamte biogene Stromerzeugung ergibt für dieses Jahr einen Wert von 0,76. Berücksichtigt man darüber hinaus naheliegender Weise den KWK-Anteil pro Energieträger reduziert sich die durchschnittliche Stromkennzahl sogar auf 0,70 im Jahr 2010. Die Berechnungen sollten hier noch einmal überprüft werden und die Mengengerüste im Folgenden ggf. angepasst werden.

Darüber hinaus möchten wir anregen, noch einen Vergleich der Ergebnisse nach Energieträgern mit den in der AGEE Statistik angesetzten erneuerbaren Wärmemengen für feste Biomasse (aus HKW/HW), flüssige Biomasse und Biogas für das Jahr 2010 vorzunehmen.

Zu Kapitel 8.2.1: Gradtagszahlen und KWK-Wärmeerzeugung

Bei der Betrachtung der Korrelation zwischen KWK-Wärmeerzeugung und Gradtagszahlen sollte auch die ungekoppelte Fernwärmeerzeugung in Spitzenkesseln und Heizwerken in geeigneter Weise mitberücksichtigt werden. So ist beispielsweise für das Jahr 2010 festzustellen, dass die ungekoppelte Wärmeerzeugung gegenüber dem Vorjahr um 20% gestiegen ist. Der Grund hierfür liegt darin, dass bei besonders niedrigen Außentemperaturen in der Regel die Spitzenkessel bestimmungsgemäß vermehrt zum Einsatz kommen.

Zu Kapitel 8.6.3: Exkurs zum Referenzsystem: dynamisches Referenzsystem (S. 70)

Dem im Monitoringbericht vereinbarten Referenzsystem liegt keine pauschale Durchschnittsbetrachtung der CO_2-Emissionen der Stromerzeugung zu Grunde. Eine solche Durch-

[4] Feste Biomasse: 0,23; flüssige Biomasse: 0,99; Biogas: 0,91.

schnittsbetrachtung führt schon deswegen in die Irre, weil in der Bestimmung des zugrunde zu legenden Brennstoffeinsatzes für die Stromerzeugung die Auswirkung der KWK-Stromerzeugung mit ihrer Primärenergieeinsparung enthalten ist.

Das statische Referenzsystem beruht auf einer Betrachtung der Verdrängung anderer Arten der Stromerzeugung. Diese Substitutionsbeziehungen werden modellbasiert unter Berücksichtigung der Tages- und Jahresgänge für einzelne Energieträger errechnet. Ein vergleichbares Vorgehen wird auch vom BMU/UBA[5] bei der Bestimmung der durch erneuerbaren Energien vermiedenen Emissionen angesetzt. Für Biomasse liegt hierbei der Verdrängungsfaktor derzeit üblicherweise bei ca. 0,7 – 0,8 kg CO_2/kWh und ist damit vergleichbar zum unteren Wert des im Monitoringbericht verwendeten Referenzsystems. Die Werte für Biomasse können aber nicht ohne Weiteres auf die fossile KWK-Stromerzeugung übertragen werden.

Zu Kapitel 9.1: Definition der KWK-Leistung

Im Rahmen des Berichtes wird unter der „KWK-Leistung“ die *„elektrische installierte Netto-Leistung einer Anlage verstanden, die der maximalen elektrischen Leistung bei gleichzeitiger maximaler Wärmeauskopplung entspricht“* (S. 72).

Hier sollte besser die Begrifflichkeit der Engpassleistung verwendet werden (erreichbare Dauerleistung unter Normalbedingungen) und noch ergänzt werden, dass zusätzlich die Hocheffizienzkriterien der FW 308 beachtet werden sollten.

Ungekoppelte Wärmeengpassleistung aus Spitzen-, Reservekesselanlagen oder mittels Frischdampfentnahme aus dem Dampferzeuger einer Kraftwerksanlage vor einer Energienutzung werden nicht berücksichtigt.

Zu Kapitel 9.5: Zeitreihen der KWK-Leistung

In der Auswertung der Zeitreihen der KWK-Leistung (S. 84 ff) sollte klargestellt werden, dass die Leistungsgruppe der Gasturbinen („GT“) jeweils bei GuD-Anlagen immer auch die Leistung des Dampfturbinenteiles mit einbezieht. Wir schlagen deshalb die Bezeichnung „GT/GuD“ in den Abbildungen 9.2 und 9.3 sowie in Tabelle 9.4 vor.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Martin Ruhrberg
Telefon: +49 30 300199-1518
martin.ruhrberg@bdew.de

[5] BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen (verschiedene Berichtsjahre)

VIK-Stellungnahme

Monitoring KWK-Vereinbarung

09.05.2012

Bemerkungen zur Betrachtung des Ökoinstitut Berlin

Allgemeines

Der vom Ökoinstitut vorgelegte Bericht wird grundsätzlich positiv bewertet. Durch die Vorlage des Berichtes existiert eine sehr gute Daten- und Berechnungsgrundlage für die Bewertung der KWK im zukünftigen Energiemix.

Die Differenzen mit den verwendeten Daten der Fachserie 4 Reihe 6.4 beruhen darauf, dass einerseits der Termin der Fertigstellung der VIK-Berichtes und noch möglicher Korrekturen durch das Statistische Bundesamt nicht immer vereinbar ist.

Ein Problemfeld bleibt nach wie vor das Segment KWK-Strom- und –Wärme aus sonstigen Brennstoffen, insbesondere bei der Ermittlung der CO_2-Emissionen. Hier gibt es in Folge von nicht vollständig aufbereiteten Daten aus den Erfassungsbögen 067 Unschärfen mit denen gelebt werden muss. Hier ist ein Ansatz für eine mögliche Weiterführung der Arbeiten zu erkennen und Anzuregen. Die entsprechenden Korrekturen durch den Gutachter werden somit anerkannt.

Ein weiteres Problemfeld stellt die Betrachtung der installierten KWK-Leistung dar. Die bisher geleistete Arbeit ist in wesentlichen Schritten schon geleistet, sollte jedoch vor allem bei den Entnahme-Kondensations-Dampfturbinen noch vervollständigt werden. Auch hier zeigt sich, das die KWK weitgehend zusammenbetrachten werden sollte, weil es in nicht wenigen Fällen zu Überschneidungen zwischen der KWK für allgemeine Versorgung und Industrie kommt.

Zum Kapitel 2.2

Tabelle 1a

Die Brutto – Engpassleistung, elektrisch wurde ohne Wasserkraft bei den Sonstigen Anlagen jedoch incl. Wind- und PV-Anlagen aufegführt. In den ersten Jahren der Berichterstattung spielte diese Leistung keine Rolle und es lagen keine separaten Daten vor. Für 2010 liegen entsprechende Daten vor und es ergibt sich und Berücksichtigung von angenommenen Benutzungsstunden die folgende Situation:

Windstrom :	86.078 MWh	: 1200 h/a =	72 MW
PV-Strom:	7.155 MWh	: 800 h/a =	9 MW

Die Engpassleistung bei den Sonstigen reduziert sich somit um rund 80 MW.

VIK Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.
Hauptgeschäftsstelle Essen: Richard-Wagner-Straße 41 • 45128 Essen
Büro Berlin: Prager Straße 5 • 10779 Berlin
Tel.: +49 (0)2 01/ 8 10 84-0 • Fax. +49 (0)2 01 / 8 10 84-30
Postanschrift: PF 10 39 53 · 45039 Essen
info@vik.de • www.vik.de

Die von Industrieanlagen ausgespeiste Strommenge sollte als Verdeutlichung der Wechselwirkungen zwischen Eigenerzeugung und dem Netz der allgemeinen Versorgung dienen.
Die Korrektur der Benutzungsstunden durch den Gutachter ist ein wichtiger Hinweis zur Bewertung des Anlagenparks, dieser wird in der Berechnungssystematik des VIK entsprechend übertragen.

Zum Kapitel 2.3

Die Angaben zur Bruttostromerzeugung ist der BDEW-Statistik vom 27.02.2011 entnommen und stellt die gesamte Bruttostromversorgung dar.

Zum Kapitel 3

Für vertiefte Betrachtungen zu den Emissionsfaktoren fehlt leider die Zeit aber auch mit Ausnahme des Jahres 2010 die Daten. Entsprechend werden die vom Gutachter vorgeschlagenen Emissionsfaktoren akzeptiert.
Der Begriff Abhitze ist der NWR-Statistik entnommen. In den Industrieparks wird Abwärme aus den Produktionsprozessen in die Dampfnetze eingespeist und zu den Erzeugungsanlagen zurückgespeist. Hier liegt ein CO_2 freier Brennstoff vor.

F Brennstoffbezug und -bestand für die Strom- und / oder Wärmeerzeugung im Berichtsjahr

Brennstoff	Durchschnittl. Heizwert kJ/kg bzw. kJ/m³	Code	Bezug im Berichtsjahr	Bestand am Jahresende
			GJ	
Erdgas, Erdölgas	33273	31	210811	0
Kokereigas	17403	33	8576630	0
Hochofengas, Konvertergas	3617	34	34649692	0
sonst. Energietr. (Abhitze usw.)	1675	81	1705696	0
Summe		**99**	**45145629**	**0**

Erhebung über Stromerzeugungsanlage im Bergbau und verarbeitenden Gewerbe

für das Berichtsjahr 2008
- Einzellistung Statistik 067 -
Wirtschaftszweig: 24100 Land: 05

Zum Kapitel 9

Die installierte KWK-Leistung sollte weiter spezifiziert werden. In den Fragebögen 067 wird die Engpassleistung für Dampfturbinen in Kondensations-, EK-, und GD-Anlagen unterschieden. Für die EK-Anlagen sollte beachtet werden, dass diese dafür ausgelegt sind mit unter 10% Dampfmassenstrom durch den Kondensator fahren zu können. Da bedeutet die installierte KWK-Leistung sollte mit 90% der elektrischen Leistung angesetzt werden. Für das Basisjahr 1998 liegen noch entsprechende Daten vor.

	MW, ges.	MW, KWK
GD-DT	4.638	4.638
EK-DT	2.921	2.629
Kond-DT	3.109	0
Summe	10.668	7.267
Quelle: Tafel: 83a Statistik der Energiewirtschaft		

Beim Thema Gasturbinen ohne Abhitzekessel (unbedeutend) dürfte in der Mehrzahl eine Wärmenutzung erfolgen, da GT das Abgas in vorhandene Dampfkessel leiten. Konstellationen wo GT als reiner Stromerzeuger in der Industrie eingesetzt werden sind dem VIK nicht bekannt.

Anhang 3: Stellungnahme der Gutachter zu den Fortschrittsberichten und den Kommentaren zum Entwurf

Anhang 3.1: Stellungnahme zum Fortschrittsbericht des BDEW – in Bezug auf die Ermittlung der KWK-Leistung

Anhang 3.2: Stellungnahme zum Fortschrittsbericht des BDEW

Anhang 3.3: Stellungnahme zum Fortschrittsbericht des VIK

Die Stellungnahme zum Fortschrittsbericht des VKU, der den Gutachtern erst am 16. Mai 2012 zuging, erfolgte kurzfristig per Email und entspricht den inhaltlichen Anmerkungen in Kapitel 6.2.2.

Energie & Klimaschutz
Sabine Gores

14. März 2012

Analyse und Bewertung des KWK-Monitoringberichtes des BDEW

– in Bezug auf die Ermittlung der KWK-Leistung

zur „Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge und zur Minderung der CO_2-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 9.11.2000“ (Teilbericht 2)

Diese Stellungnahme bezieht sich ausschließlich auf Kapitel 4 des KWK-Monitoringberichts des BDEW. Gegebenenfalls folgt etwas später eine weitere Stellungnahme zu den anderen Berichtsteilen.

Kommentare zur Abschätzung der KWK-Leistung

Zur Abgrenzung:

Auf Seite 15 steht, dass sich die Analyse vornehmlich auf Dampfturbinen, Gasturbinen und GUD-Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW beziehen würde. Nach dem Verständnis der Gutachter geht es dabei vor allem um die Berücksichtigung der Anlagen, die **zusätzlich** zu den AGFW-Anlagen aufgenommen wurden, da in dem Anlagenkollektiv der AGFW auch Anlagen mit niedrigerer Leistung enthalten sind. Dieses sollte in der Erläuterung erwähnt werden.

Zum Fremdbezug:

Wie wurde genau vorgegangen bei der Berechnung der KWK-Leistung des Fremdbezugs: wurde die in AGFW-Tafel 1 angegebene vertraglich zugesicherte Wärmeleistung (18) mit den Verfahren nach den identifizierten Maschinentypen ermittelt? Erfolgte ein Abgleich mit den Prozentwerten, die unter (17) im AGFW Bericht angegeben wurden?

Zur anlagenspezifischen Zuweisung nach Maschinenart (S. 17):

Die Erläuterung zum Fall a) lässt die Frage offen, wie die Annahmen getroffen werden zum Vorhandensein von Wärmesenken. Unter Betrachtung der Daten des Statistischen Bundesamtes ergibt sich im Durchschnitt für AV-Gegendruckmaschinen nur ein Anteil von 90% KWK-Strom zur gesamten Stromerzeugung, für Verbrennungsmotoren sogar ein noch etwas niedrigerer Wert. Wenn nicht ohnehin schon geschehen oder im Detail anders berücksichtigt, erscheint es angemessen, pauschal 90% der Gesamt-Leistung anzusetzen, um das nicht grundsätzlich vollständige Vorhandensein der Wärmesenken zu berücksichtigen.

Der Fall c), erscheint noch ein wenig unklar: wenn die Maschinenart nicht eindeutig bestimmt werden konnte, kann doch dieser Anlage nicht wie nachfolgend beschrieben eine typische Stromkennzahl nach Anlagentechnologie zugewiesen werden? Wahrscheinlich erfolgte dann die Zuweisung allein über den Brennstoff- was aber große Spielräume eröffnet (Gas: 0,21-0,85). Auch bleibt in dieser Beschreibung of-

fen, was im Fall der wärmegeführten Anlagen geschieht (das ist eher ein sprachlicher als ein inhaltlicher Punkt).

Biogen betriebene Anlagen:

Auf Seite 21 werden unten Daten zu biogen betriebenen Anlagen gegeben- beziehen sich diese auf das Jahr 2010?

Zu den KWK-Leistungen von Gasturbinen-Anlagen:

Die leistungsbezogene Stromkennzahl für Gasturbinen-Anlagen erscheinen diskussionswürdig: Während die leistungsbezogene Gasturbinen-Stromkennzahl gut an den AGFW-Daten nachvollzogen werden konnte, ergibt sich für GuD-Anlagen aus den AGFW-Daten für das Jahr 2006 eine durchschnittliche Stromkennzahl von 0,66. Auch für die vorherigen Jahre liegt der durchschnittliche Wert für GuD-Anlagen nicht über 0,7. Auf Anlagenebene zeigt sich eine erhebliche Spreizung von 0,07 bis 1,1. Auch ohne die Werte unter 0,4, die als fehlerbehaftet bewertet werden könnten, steigt die durchschnittliche Stromkennzahl nur auf 0,71. Eine Erläuterung der Herleitung des Wertes von 0,85 erscheint erforderlich.

Zum Vergleich wurde mit den Daten des StBA eine arbeitsbezogene Stromkennzahl berechnet. Für GuD-Anlagen der allgemeinen Versorgung ergibt sich ein Wert von 0,98, also deutlich über der in der Analyse des BDEW angesetzten leistungsbezogenen Stromkennzahl. Auch für Gasturbinen mit Abhitzekessel ergibt sich eine höhere Stromkennzahl von 0,71 statt 0,6. Aus theoretischen Erwägungen sollte die leistungsbezogene Stromkennzahl über der arbeitsbezogenen liegen, da sie auf den Auslegungswerten basiert.

Andererseits liegt die in der Bottom-up ermittelte KWK-Leistung von 6,3 GW für GuD-Anlagen trotz der eventuell zu niedrig angesetzten Stromkennzahl deutlich über den Schätzwerten der vom Öko-Institut angestellten Top-down Analyse mit Hilfe der Daten des Statistischen Bundesamtes (siehe Tabelle 9-1 des Berichts-Entwurfs), bei der sich KWK-Leistungen von 4,5-5,5 GW ergeben.

Die KWK-Leistung für Gasturbinen mit Abhitzekessel mit 1,5 GW erscheint hingegen im Vergleich zur Top-down Analyse etwas niedrig, bei der 2,2-2,5 GW abgeschätzt werden.

Eventuell liegt hier ein Zuordnungsproblem zwischen Gasturbinen- und GuD-Anlagen oder zwischen der Aufteilung allgemeiner Versorgung und industrieller Kraftwirtschaft vor?

Zu den arbeitsbezogenen Stromkennzahlen:

Wurden diese in Bezug auf die Leistung oder die Arbeit angesetzt?

Energie & Klimaschutz
Sabine Gores

12. April 2012

Analyse und Bewertung des KWK-Monitoringberichtes des BDEW

zur „Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge und zur Minderung der CO_2-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 9.11.2000“ (Teilbericht 2)

Der vom BDEW gelieferte Monitoring-Bericht 2010 entspricht der Systematik des KWK-Monitoring-Berichtes des Öko-Instituts vom März 2011.

Der Monitoring-Bericht 2010 wird auf Grundlage der Berechnungen in den Monitoring-Berichten 1998-2005, 2005-2008 und 2009 sowie auf Basis der amtlichen Statistiken erstellt, sowie unter der Verwendung der im Folgenden dargestellten Daten und Annahmen, die an einzelnen Stellen von denen im BDEW-Monitoringbericht erwähnten abweichen. Auf die Abweichungen wird in den folgenden Punkten eingegangen. Sofern Sie damit nicht einverstanden sind, bitten wir um jeweilige Begründungen und Vorlage entsprechender Datenquellen.

In Bezug auf die Ermittlung der KWK-Leistung in Kapitel 4.1 erfolgte bereits eine Stellungnahme am 14. März 2012, in deren Anschluss eine überarbeitete Version des BDEW-Monitoringberichts an das Öko-Institut versendet wurde. Die dort überarbeiteten Werte fließen in die Ermittlung der Gesamt KWK-Leistung ein.

Zu Kapitel 3.1 CO_2 - Emissionsfaktoren

Die Herleitung des Emissionsfaktors für Industriemüll erscheint schlüssig, wobei eine detaillierte Überprüfung für die Gutachterin im Rahmen des KWK-Monitorings nicht möglich ist. Für die Verwendung des Ansatzes für das Monitoring müssen die zu Grunde liegenden Emissionsfaktoren der einzelnen Brennstoffe jedoch referenzierbar sein, deshalb werden einzelne Anpassungen bei den verwendeten Emissionsfaktoren vorgenommen, um diese an die aktuellen Daten des Inventarberichts anzupassen (in der folgenden Tabelle rot hinterlegt).

Es handelt sich dabei um geringfügige Änderungen bis auf den Emissionsfaktor für aufbereiteten Siedlungsabfall (brennbare Abfälle/Sortierreste). Dieser Emissionsfaktor soll den Brennstoffeinsatz in Mono-EBS-Kraftwerken abdecken, die vorwiegend heizwertärmere und mittelkalorische Fraktionen der Siedlungsabfallaufbereitung verwenden. Der Wert für den Emissionsfaktor ergibt sich nach BDEW Angaben aus der Bildung eines durchschnittlichen Parametersatzes bezüglich der Mengen und Abfalleigenschaften, basierend auf den Ergebnissen der Studie UBA 33/2011. Diese Zusammenstellung kann mit den vorliegenden Unterlagen nicht nachvollzogen werden. Eine weitere Erläuterung der Herleitung des Emissionsfaktors ist erforderlich, damit er ggf. im Rahmen des Monitorings verwendet werden kann. Ohne diese muss in jedem Fall auf den pauschalen Wert für Siedlungsabfall des Inventarberichts zurückgegriffen werden. Nach Rücksprache mit Frau Juhrich wird diese Annahme vom Umweltbundesamt unterstützt. Damit ergibt sich eine leichte Erhöhung des durch-

schnittlichen Emissionsfaktors für Industrieabfall auf 38 t CO_2 / TJ führt (s. Tabelle unten).

Abfallkategorien	Brennstoff-einsatz	Biogener Anteil	EF	CO_2-Emissionen	EF	CO_2-Emissionen	Quellen
			tCO_2/TJ	tCO_2	tCO_2/TJ	tCO_2	
	TJ	%	nach BDEW		korrigiert mit EF aus NIR 2012 / nur fossil		
Ölschlamm	365	0	83	30.295	84	30.660	NIR 2012, S. 680
Deinking-Faserschlamm (Faser/Deinking-Rückstände)	1.766	60	54,8	38.711	54,9	38.781	NIR 2012, S. 681
Gewerbeabfall (Kunststoff)	641	0	83	53.203	83,1	53.267	NIR 2012, S. 680
Gewerbeabfall (Verpackungen)	450	40	57,8	15.606	56,9	15.363	NIR 2012, S. 680
Gewerbeabfall (sonstiger-BPG)	1.635	25,3	68,1	83.174	68,1	83.174	NIR 2012, S. 680
Siedlungsabfall aufbereitet (Brennstoff aus Abfällen /SBS, EBS)	6.835	55	59,8	183.930	59,8	183.930	NIR 2012, S. 680
Siedlungsabfall aufbereitet (brennbare Abfälle / Sortierreste)	10.038	55	71,6	324.862	91,5	415.152	NIR 2012, S. 680
Gesamt	21.730	50	34	729.780	38	820.327	

Zu Kapitel 3.2 - Energieträgereinsatz

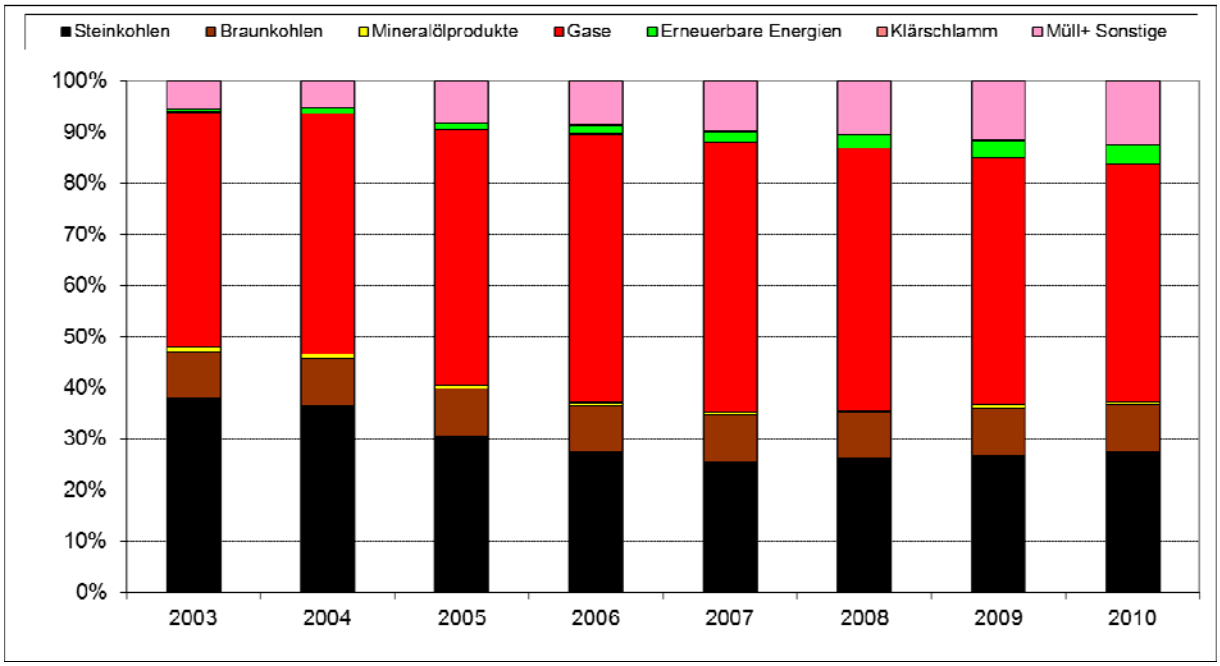
- Im Gegensatz zu der Berechnung des BDEW werden in der Berechnung des Öko-Instituts wie in den vorhergehenden KWK-Monitoringberichten die einzelnen Energieträger entsprechend der Tafel 066 des StBa genauer aufgegliedert. So werden die „anderen Braunkohleprodukte“ in Braunkohlenkoks, Wirbelschichtkohle, Staub- und Trockenkohle sowie sonstige Braunkohlen unterteilt – mit den entsprechenden Emissionsfaktoren.

Zu Kapitel 4.2 – Ergebnisse der CO_2 Minderungseffekte

- Zum zweiten Absatz, erster Satz: Im Jahr 2007 ist die KWK-Stromerzeugung wieder erheblich niedriger gewesen als im Jahr 2006. In der Betrachtung der beiden 3-Jahres-Zeiträume (2003-2005 und 2006-2008) stieg die KWK-Stromerzeugung nur von 155 auf 159 TWh, also eher unbedeutend. Die Wärmeerzeugung stieg sogar in Summe vom einen zum anderen 3-Jahres-Zeitraum. Aus diesen Gründen erscheint die Aussage des ersten Satzes nicht angemessen und sollte geändert werden.
- Die CO_2-Emissionen 2003-2009 entsprechen nicht vollständig den Ergebnissen des KWK-Monitoringberichts, vor allem da für Sonstige Energieträger, Industrieabfälle und Nicht-erneuerbare Abfälle und Abwärme abweichende Emissionsfaktoren verwendet wurden. Für den KWK-Monitoringbericht 2010 ist geplant einen ähnlichen Emissionsfaktor (s.o.) für Industriemüll auch rückwirkend für 2009 zu verwenden, wohingegen die Emissionsfaktoren für Abfall

(Hausmüll/Siedlungsabfall) auf der Zeitreihe basieren, die sich aus den Inventarberechnungen ergibt. Für 2009 und 2010 liegt dieser Wert bei 51 t CO_2/TJ. Diese Werte sollten angepasst werden um die Ergebnisse zu harmonisieren.

- Für das Jahr 2010 wird eine „deutliche Zunahme der kohlebasierten KWK-Stromerzeugung“ erwähnt, wobei darauf hingewiesen werden sollte, dass der Anteil der Müll - und sonstigen Energieträger deutlich stärker von 2009 auf 2010 angewachsen ist (um 8% statt nur um 2% bei Steinkohle), der Anteil der Erneuerbaren Energien ist sogar um 10% gestiegen. Die Diskussion sollte dementsprechend angepasst werden.



- Die Berechnung des KWK-Anteils bezogen auf die Erzeugung der Wärmekraftwerke ergibt unter der Verwendung der Daten des StBA leicht abweichende Werte. So ergibt sich nach der Auflistung in der unten dargestellten Tabelle eine Gesamt-Stromerzeugung in diesen Kraftwerken von 284,3 TWh im Jahr 2010, wodurch sich ein KWK-Anteil von 19% ergibt – im den Jahren 2004-2006 lag er nach dieser Systematik hingegen sogar bei 22%. Die Zahlen sollten deshalb korrigiert werden.

	Engpassleistung elektrisch netto	Engpassleistung thermisch netto	Gesamt Stromerzeugung nur Wärmekraftanlagen	KWK-Strom-erzeugung
	GW		TWh	TWh
Allgemeine Versorgung	**64,4**	**38,4**	**284,3**	**53,4**
Dampfturbinen	47,3	26,1	230,2	25,3
Gegendruck	2,8	7,8	9,5	8,5
Entnahmekondensation	44,5	18,3	220,7	16,8
Gasturbinen	15,4	9,5	49,8	24,4
ohne Abhitzekessel	2,3	0,4	1,4	1,0
mit Abhitzekessel	2,4	3,5	6,9	6,3
GUD	10,7	5,6	41,5	17,2
Motoren + Sonstige Anlagen	1,6	2,8	4,4	3,7
Verbrennungsmotoren	1,1	1,3	4,1	3,6
Brennstoffzellen, Stirling- und Dampfmotoren, ORC	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige Anlagen	0,5	1,5	0,3	0,1

Energie & Klimaschutz
Sabine Gores

12. April 2012

Analyse und Bewertung des KWK-Monitoringberichtes des VIK

zur „Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge und zur Minderung der CO_2-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 9.11.2000“ (Teilbericht 2)

1 Grundsätzliche Bemerkungen

Der vom VIK gelieferte Monitoring-Bericht 2010 entspricht grundsätzlich der Systematik des KWK-Monitoring-Berichtes des Öko-Instituts vom März 2011. Einige Werte stimmen jedoch nicht mit den Angaben der letztveröffentlichten Statistiken überein oder erfordern nach Ansicht der Gutachterin im Rahmen der Gesamtschau des Monitorings eine Überarbeitung.

Der Monitoring-Bericht 2010 wird auf Grundlage der Berechnungen in den Monitoring-Berichten 1998-2005, 2005-2008 und 2009 sowie auf Basis der amtlichen Statistiken erstellt, sowie unter der Verwendung der im Folgenden dargestellten Daten und Annahmen, die zum Teil von denen im VIK-Monitoringbericht erwähnten abweichen. Auf die Abweichungen wird in den folgenden Punkten eingegangen. Sofern Sie damit nicht einverstanden sind, bitten wir um jeweilige Begründungen und Vorlage entsprechender Datenquellen.

2 Bewertung des KWK-Monitoring-Berichtes des VIK im Detail

2.1 Kapitel 2.2

- Die KWK-Stromerzeugung betrug im Jahr 2009 26,6 TWh (statt 26,2 TWh).
- Tabelle 1a: Bei der Summierung der sonstigen Anlagen sind die Wasserkraftanlagen nicht berücksichtigt worden (wohingegen Windkraftanlagen, die ebenfalls ohne Wärme-Auskopplung betrieben werden, einbezogen sind). Im Rahmen des KWK-Monitorings wird die KWK-Leistung der industriellen Kraftwerke nun auf Basis der Daten des Statistischen Bundesamtes ermittelt, dazu wurde am 14.3.2012 ein Entwurf versendet.
- In welchem Zusammenhang steht die Angabe zur Einspeisung aus Anlagen der Industrie mit 25,3 TWh nach BDEW (2012)? Diese Angabe sollte ins Verhältnis gesetzt werden zur gesamten Netto-Stromerzeugung der IKW mit 48,9 TWh im Jahr 2010 und 42,4 TWh im Jahr 2009. Diese ist damit um 15% von 2009 auf 2010 angestiegen. Das würde bedeuten, dass der Eigenverbrauch der Industrie anstieg, da nur noch ein kleinerer Anteil (52% statt 56%) der Netto-Stromerzeugung in das Netz eingespeist wurde.

- Die Berechnungen der Auslastungsstunden basiert nicht auf aktuellen Daten. Mit den aktuellen statistischen Daten ergibt sich eine Erhöhung der Auslastung von 3817 auf 4322 Stunden.

	2009			2010		
	h/a	MW [1]	MWh/a [2]	h/a	MW [1]	MWh/a [2]
Strom brutto	3.909	11.029	43114000	4.421	12.209	53.973.000
Netto-Engpassleistung therm.	3.766	23.223	87450000	3.818	25.515	97.408.000
Strom brutto - korrigiert	3.817	12.041	45.961.000	4.322	12.256	52.973.000
Netto-Engpassleistung therm. -korrigiert	3.690	23.913	88237000	3.818	25.515	97.408.000

- Die Zahlen in der Tabelle 1c spiegeln nicht durchgängig die aktuellen Zahlen der Statistik wider, die aktuellen Zahlen sind in der folgenden Tabelle als Kommentar hinterlegt:

GWh	1998	2007	2008	2009	2010
Netto-Stromerzeugung	52.337	48.983	45.541	40.332	48.973
dav. KWK-Strom	27.200	25.753	25.695	26.201	29.795
Wärmeerzeugung	*Keine Daten*	87.276	89.375	87.450	97.408
dav. KWK-Wärme	87.000	79.818	79.545	78.483	86.866

Kommentar [sg1]: 42.506
Kommentar [sg2]: 48.937
Kommentar [sg3]: 26.564
Kommentar [sg4]: 88.237
Kommentar [sg5]: 79.817
Kommentar [sg6]: 79.269

- Auch in Tabelle 2 wurden die aktuellen Zahlen als Kommentar hinterlegt:

	1998 [1)]	2007	2008	2009	2010
Steinkohle	124.060	37.032	38.666	30.639	38.989
Braunkohle	30.584	34.468	35.314	33.208	38.181
Erdgas	252.934	252.028	257.075	288.613	288.857
Sonst. Gase	25.299	8.303	11.391	11.059	9.830
Kokereigas	12.290	2.170	2.775	2.566	1.922
Hochofengas	27.819	6.719	7.536	7.754	9.502
Heizöl EL	13.386	2.235	1.992	2.999	2.926
Heizöl S	13.508	23.338	24.904	19.731	21.048
Sonstige	34.312	117.737	107.228	121.483	122.018
Summe	**534.192**	**484.030**	**486.882**	**486.366**	**533.273**

Kommentar [sg7]: 35.888
Kommentar [sg8]: 267.234
Kommentar [sg9]: 7.953
Kommentar [sg10]: 2.944
Kommentar [sg13]: 3.002
Kommentar [sg11]: 2.225
Kommentar [sg12]: 1.984
Kommentar [sg14]: 2.924
Kommentar [sg15]: 19.739
Kommentar [sg18]: 111.177
Kommentar [sg16]: 118.097
Kommentar [sg17]: 107.236
Kommentar [sg19]: 122.020
Kommentar [sg20]: 492.005
Kommentar [sg21]: 533.272

2.2 Kapitel 2.3

- Aus welcher Quelle stammen die im ersten Absatz erwähnten Daten zur Bruttostromerzeugung? Nach den Daten der Kohlenstatistik betrug diese 592.400 im Jahr 2009 und 628.100 GWh im Jahr 2010. Diese Stromerzeugung fand nicht ausschließlich (wie in diesem Absatz erwähnt) in öffentlichen Kraftwerken statt, sondern umfasst die gesamte Stromerzeugung in Deutschland, also die der allgemeinen Versorgung, der industriellen Kraftwirtschaft und der privaten Erzeuger.
- Aus welcher Quelle stammt die im zweiten Absatz erwähnte Information zum Stromverbrauch der industriellen Kraftwirtschaft?

2.3 Kapitel 3

- Es sollte eingangs erläutert werden, dass auf diesen Referenzwerten die Berechnung der CO_2-Einsparung im Monitoring basiert.
- Zu Tabelle 3a, Emissionsfaktor für sonstige Brennstoffe:
  - Es fehlen Dieselkraftstoff, Flüssiggas und Raffineriegas.
  - Einige Zahlen entsprechen nicht der Statistik.
  - Woher kommt die Kategorie „Abhitze“?
  - Die Emissionsfaktoren wurden nicht erläutert, ohne Quellenangaben oder Herleitungen können diese Werte jedoch nicht für das Monitoring übernommen werden. Bei drei Kategorien wird deshalb die Verwendung eines abweichenden Emissionsfaktors vorgesehen:
    - Für Industrie-Abfall kann der Wert aus den deutschen Inventarberechnungen verwendet werden (Industrielle Kraftwerke/Industriemüll). Dieser sieht einen hälftigen biogenen Anteil vor. Mit diesem Vorgehen liegt eine Zeitreihe für den Emissionsfaktor vor, für 2009 beträgt er 39 t CO_2/TJ. Oder gibt es Ihrer Meinung nach Gründe anzunehmen, dass sich in der Industrie der Einsatz von Industriemüll zur reinen Stromerzeugung von der von KWK-Anlagen grundsätzlich unterscheidet?
    - Für Hausmüll/Siedlungsabfall sollte ein höherer Wert angesetzt werden als für öffentliche Kraftwerke (51 t CO_2/TJ), da angenommen werden kann, dass der biogene Anteil geringer ist. Deshalb wird mangels weiterer Informationen und angesichts der geringen Menge pauschal rein fossiler Hausmüll als Einsatz in den Industriekraftwerken angesetzt, so dass sich damit ein Emissionsfaktor von 91,5 t CO_2/TJ ergibt.
    - Die Kategorie der sonstigen Energieträger kann auch von Seiten des Statistischen Bundesamtes nicht näher spezifiziert werden. Da ein referenzierbarer Wert erforderlich ist, wird hier auf den Wert für „Industriemüll“ aus dem Inventarbericht (71 t CO_2 / TJ) zurückgegriffen.

  Mit diesen Annahmen und Aktualisierungen ergibt sich eine neue Bilanz der sonstigen Brennstoffe, die in der folgenden Tabelle dargestellt ist:

	2009 - nach VIK Monitoringbericht 2010			2009 - Überarbeitung durch Gutachter		
Brennstoff nach Statistik	t CO_2/TJ	TJ	Mio. t CO_2	t CO_2/TJ	TJ	Mio. t CO_2
Summe sonstige Brennstoffe	30,8	105.158	3,2	34,3	111.177	3,8
Dieselkraftstoff				74		
Flüssiggas				65		
Raffineriegas				60		
Andere Mineralölprodukte	80			80		
Feste biogene Stoffe	0			0		
Flüssige biogene Stoffe	0			0		
Biogas	0			0		
Klärgas	0			0		
Klärschlamm	0			0		
Industrie Abfall	75			39		
Abfall (Hausmüll, Siedlungsabfälle)	35			92		
Sonstige Energieträger	75			71		
Abhitze	0			0		

Bereich nachträglich geschwärzt zum Schutz unveröffentlichter Zahlen

Bereich nachträglich geschwärzt zum Schutz unveröffentlichter Zahlen

- Zu Tabelle 3, Brennstoffeinsatz: Einzelne (hier aktualisierte und gelb markierte) Daten entsprechen nicht denen der aktuellen Statistik. Die lila hinterlegten Zellen zeigen Abweichungen zu den im Monitoring verwendeten Emissionsfaktoren an:
  - Der Wert für Braunkohle reduziert sich durch die Verwendung der detaillierten Braunkohle-Kategorien auf 107 t CO_2/TJ im Jahr 2010.
  - Für Kokereigas wird im Monitoring 44 t CO_2/TJ angesetzt, dem RWI-Monitoringbericht 2003-2004 folgend.
  - Der Emissionsfaktor für „Sonstige“ ergibt sich nach der Zusammenstellung oben zu 34,3 t CO_2/TJ.

Brennstoff	**KWK-Brennstoffeinsatz**			**Emissionen**		**KWK-Wärme**	**KWK-Strom-erzeugung (Netto)**
				Faktor	Mengen		
	Anteil	MWh/a	TJ	t_{CO2}/TJ	t $C0_2$/a	MWh/a	MWh/a
Steinkohle	7,3%	10.830.145	38.989	93	3.625.932	6.290.000	1.888.000
Braunkohle	7,2%	10.605.794	38.181	110	4.199.894	7.174.000	1.353.000
Erdgas	54,2%	80.237.917	288.857	56	16.175.964	45.164.000	19.889.000
sonst. Gase	1,8%	2.730.567	9.830	59	579.972	1.699.000	402.000
Kokereigas	0,4%	533.895	1.922	45	86.491	316.000	96.000
Hochofengas	1,8%	2.639.432	9.502	105	997.705	1.579.000	481.000
Heizöl EL	0,5%	812.317	2.924	74	216.401	489.000	134.970
Heizöl S	3,9%	5.846.553	21.048	78	1.641.712	3.647.000	808.611
sonstiges	22,9%	33.894.444	122.020	30,8	3.758.216	20.508.000	4.742.019
Summe	**100%**	**148.131.065**	**533.272**		**31.282.289**	**86.866.000**	**29.794.600**

- Entsprechend den oben aufgeführten Änderungen ergeben sich andere Werte in Tabelle 4 und damit eine Einsparung von 16,97 t CO_2.

Auf Abweichungen durch Rundungsfehler wurde nicht weiter eingegangen.

Anhang 4: Zusätzliche Daten- und Berechnungsdokumentation

Tabelle A- 1: CO_2-Emissionsfaktoren

	Emissionsfaktoren (t CO_2/GJ)					
Brennstoff	**1998**	**2003**	**2005**	**2008**	**2009**	**2010**
Andere Braunkohlenprodukte (BDEW)	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980
Andere Mineralölprodukte (NIR)	0,0800	0,0800	0,0800	0,0800	0,0800	0,0800
Anderes Gas (BDEW)	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400
Anderes Gas (Öko-Institut, Ableitung aus DESTATIS, AV)	0,0646	0,0646	0,0646	0,0646	0,0646	0,0646
Braunkohlenbriketts (NIR)	0,0997	0,0997	0,0997	0,0996	0,0998	n.v.
Braunkohlenbriketts (RWI)	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980
Braunkohlenkoks (NIR)	0,1080	0,1080	0,1080	0,1080	0,1080	n.v.
Braunkohlenkoks (RWI)	0,1060	0,1060	0,1060	0,1060	0,1060	0,1060
Braunkohlenstaub (RWI)	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980
Braunkohlenstaub- und wirbelschichtkohle (NIR)	0,0978	0,0979	0,0980	0,0980	0,0980	n.v.
Dieselkraftstoff (NIR)	0,0740	0,0740	0,0740	0,0740	0,0740	0,0740
Emissionsfreier Brennstoff	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Erdgas (NIR)	0,0560	0,0560	0,0560	0,0560	0,0560	n.v.
Erdgas (RWI)	0,0560	0,0560	0,0560	0,0560	0,0560	0,0560
Erdölgas (NIR)	0,0580	0,0580	0,0580	0,0580	0,0580	n.v.
Erdölgas (RWI)	0,0590	0,0590	0,0590	0,0590	0,0590	0,0590
Flüssiggas (NIR)	0,0650	0,0650	0,0650	0,0650	0,0650	n.v.
Flüssiggas (RWI)	0,0650	0,0650	0,0650	0,0650	0,0650	0,0650
Gichtgas (RWI)	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050
Grubengas (NIR)	0,0550	0,0550	0,0550	0,0550	0,0550	n.v.
Grubengas (RWI)	0,0540	0,0540	0,0540	0,0540	0,0540	0,0540
Hartbraunkohle (NIR)	0,0970	0,0970	0,0970	0,0970	0,0970	n.v.
Hartbraunkohlen (RWI)	0,0970	0,0970	0,0970	0,0970	0,0970	0,0970
Hausmüll, Siedlungsabfall (NIR)	0,0936	0,0915	0,0915	0,0915	0,0915	0,0915
Hausmüll, Siedlungsabfall (ZSE, PSz VI)	0,0468	0,0467	0,0483	0,0478	0,0513	0,0511
Heizöl, leicht (NIR)	0,0740	0,0740	0,0740	0,0740	0,0740	n.v.
Heizöl, leicht (RWI)	0,0740	0,0740	0,0740	0,0740	0,0740	0,0740
Heizöl, schwer (NIR)	0,0780	0,0780	0,0780	0,0780	0,0780	n.v.
Heizöl, schwer (RWI)	0,0780	0,0780	0,0780	0,0780	0,0780	0,0780
Industriemüll (NIR)	0,0711	0,0711	0,0711	0,0711	0,0711	0,0711
Industriemüll (Ableitung Öko-Institut)	0,0703	0,0559	0,0482	0,0418	0,0420	n.v.
Industriemüll (ZSE, PSz VI)	0,0370	0,0390	0,0388	0,0383	0,0386	0,0395
Industrieabfall (BDEW Ableitung)	0,0407	0,0407	0,0407	0,0407	0,0407	0,0407
Kokerei- und Stadtgas (NIR)	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	n.v.
Kokereigas (RWI)	0,0440	0,0440	0,0440	0,0440	0,0440	0,0440
Misch-EF Heizöl, schwer/Petrolkoks (hälftig)	0,0895	0,0895	0,0895	0,0895	0,0895	n.v.

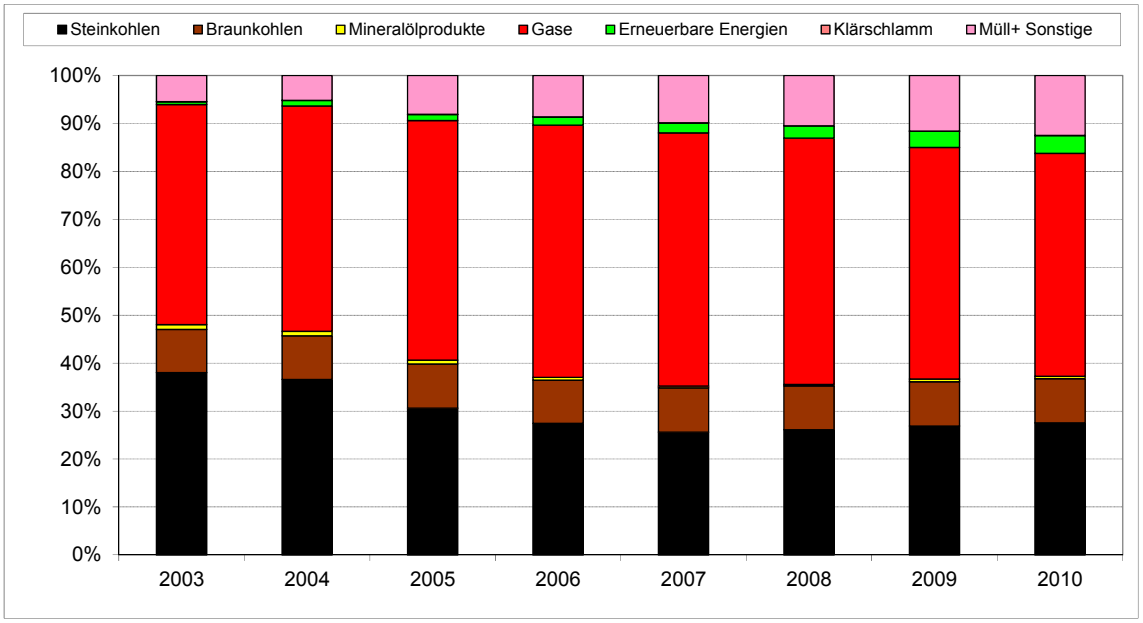
Quellen: RWI-Monitoringbericht 2011, Nationaler Inventarbericht 2012, BDEW, Berechnungen des Öko-Instituts.

Tabelle A-1: CO_2-Emissionsfaktoren (Fortsetzung)

	Emissionsfaktoren (t CO_2/GJ)					
Brennstoff	**1998**	**2003**	**2005**	**2008**	**2009**	**2010**
Petrolkoks (NIR)	0,1010	0,1010	0,1010	0,1010	0,1010	n.v.
Petrolkoks (RWI)	0,1010	0,1010	0,1010	0,1010	0,1010	0,1010
Raffineriegas (NIR)	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600	n.v.
Raffineriegas (RWI)	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600
Rohbraunkohlen (ZSE)	0,1122	0,1121	0,1123	n.v.	n.v.	n.v.
Rohbraunkohlen (RWI)	0,1120	0,1120	0,1120	0,1120	0,1120	0,1120
Sonstige (Öko-Institut, Ableitung aus DESTATIS, AV, 1998)	0,0988	0,0988	0,0988	0,0988	0,0988	0,0988
Sonstige Brennstoffe (RWI)	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930
Sonstige Gase (VIK)	0,0722	0,0722	0,0722	0,0722	0,0722	0,0722
Sonstige Gase (Öko-Institut, Ableitung aus Energiebilanz, IKW)	0,0590	0,0594	0,0590	0,0596	0,0602	0,0602
Sonstiges (VIK)	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200
Steinkohle (NIR)	0,0937	0,0940	0,0940	0,0943	0,0943	n.v.
Steinkohlen (RWI)	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930
Steinkohlenbriketts (NIR)	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930	n.v.
Steinkohlenbriketts (RWI)	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930
Steinkohlenkoks (NIR)	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	n.v.
Steinkohlenkoks (RWI)	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050

Quellen: RWI-Monitoringbericht 2011, Nationaler Inventarbericht 2012, BDEW, Berechnungen des Öko-Instituts.

Abbildung A - 1: Brennstoffmix der KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung, 2003-2010



Quellen: Statistisches Bundesamt (Tabelle 066), Berechnungen des Öko-Instituts.

Tabelle A- 2: KWK-Leistung, Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO_2-Emissionen von BHKW, 1998

	Öffentliche Versorgung		Industrielle Kraftwirtschaft	Nicht-EVU BHKW	Gesamt
Datengrundlage	**AGFW**	**VDEW-BHKW-Statistik**	**Statistisches Bundesamt**		**ASUE, FGBHKW, E&M**
Installierte Leistung (MW)	395	254	232	1.083	1.964
davon < 1 MW	83	74	67	190	414
fossil	69	74	67	131	341
biogen	15	0	0	59	73
davon >= 1 MW	311	180	165	894	1.550
fossil	311	180	165	894	1.550
biogen	0	0	0	0	0
KWK-Stromerzeugung (TWh)	2,0	0,7	0,6	4,6	7,9
davon < 1 MW	0,4	0,2	0,2	0,9	1,6
fossil	0,3	0,2	0,2	0,8	1,4
biogen	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2
davon >= 1 MW	1,6	0,5	0,5	3,7	6,3
fossil	1,6	0,5	0,5	3,7	6,3
biogen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
KWK-Wärmeerzeugung (PJ)	12,7	3,1	3,4	25,7	45,0
davon < 1 MW	3,4	0,8	0,9	5,0	10,1
fossil	2,8	0,8	0,9	4,2	8,7
biogen	0,5	0,0	0,0	0,8	1,4
davon >= 1 MW	9,3	2,3	2,5	20,7	34,9
fossil	9,3	2,3	2,5	20,7	34,9
biogen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO_2-Emissionen (Mio. t)	1,3	0,4	0,4	2,7	4,7
davon < 1 MW	0,3	0,1	0,1	0,5	0,9
fossil	0,3	0,1	0,1	0,5	0,9
biogen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
davon >= 1 MW	1,0	0,3	0,3	2,3	3,8
fossil	1,0	0,3	0,3	2,3	3,8
biogen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Anmerkung: Rundungsbedingte Abweichungen bei der Summenbildung möglich

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Tabelle A- 3: CO_2-Emissionen des Referenzsystems 1 (Strom: 770 g CO_2/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO_2/kWh_{th}), 1998, 2003-2010

Berichtskreis	CO_2-Emissionen (Mio. t CO_2) - Referenz (Minimum)								
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Allgemeine Versorgung	50	66	70	70	72	68	71	67	70,9
davon kommunale Unternehmen[1]	*21*	*24*	*24*	*26*	*27*	*26*	*27*	*28*	*31,3*
Industrielle Kraftwirtschaft	47	42	41	43	43	43	43	44	48,6
Gesamt (AV und IKW)	97	109	110	114	115	112	114	111	119,4
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der	5,5	2,2	2,4	2,5	3,4	6,1	8,2	10,1	11,8
nicht erfasste BHKW[2]	*5,5*	*2,2*	*2,4*	*2,5*	*2,7*	*3,0*	*3,3*	*3,5*	*4,0*
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen[3]	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,7*	*3,1*	*4,9*	*6,5*	*7,8*
Gesamte KWK-CO_2-Emissionen Refere	102	111	113	116	118	118	122	121	131

[1] entspricht berichteten Werten ohne Anpassungen

[2] 1998 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossil betriebenen BHKW, die nicht von öffentlicher Versorgung und Industrie erfasst w urden. Ab 2003 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, da diese nicht von der amtlichen Statistik erfasst w erden.

[3] Nicht erfasste biogene KWK-Anlagen entsprechen der biogenen KWK-Stromerzeugung, die aus Daten von AGEE-Stat und Bundesnetzagentur abgeleitet w erden kann und nicht bereits in den Datengerüsten der allgemeinen Versorgung oder industriellen Kraftw irtschaft enthalten sind (Abzugsverfahren).

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Tabelle A- 4: CO_2-Emissionen des Referenzsystems 2 (Strom: 860 g CO_2/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO_2/kWh_{th}), 1998, 2003-2010

Berichtskreis	CO_2-Emissionen (Mio. t CO_2) - Referenz (Maximum)								
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Allgemeine Versorgung	53	71	75	75	77	73	75	72	76
davon kommunale Unternehmen[1]	*22*	*26*	*26*	*27*	*29*	*28*	*29*	*30*	*34*
Industrielle Kraftwirtschaft	49	44	43	46	45	46	46	46	51
Gesamt (AV und IKW)	102	115	117	121	122	119	121	118	127
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der	5,9	2,4	2,6	2,7	3,7	6,6	8,8	10,8	12,7
nicht erfasste BHKW[2]	*5,9*	*2,4*	*2,6*	*2,7*	*2,9*	*3,2*	*3,5*	*3,8*	*4,3*
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen[3]	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,7*	*3,3*	*5,3*	*7,0*	*8,4*
Gesamte KWK-CO_2-Emissionen Refere	108	118	120	123	126	125	130	129	140

[1] entspricht berichteten Werten ohne Anpassungen

[2] 1998 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossil betriebenen BHKW, die nicht von öffentlicher Versorgung und Industrie erfasst w urden. Ab 2003 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, da diese nicht von der amtlichen Statistik erfasst w erden.

[3] Nicht erfasste biogene KWK-Anlagen entsprechen der biogenen KWK-Stromerzeugung, die aus Daten von AGEE-Stat und Bundesnetzagentur abgeleitet w erden kann und nicht bereits in den Datengerüsten der allgemeinen Versorgung oder industriellen Kraftw irtschaft enthalten sind (Abzugsverfahren).

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Tabelle A- 5: Jährliche CO_2-Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 2 (Strom: 860 g CO_2/kWhel, Wärme: 295 g CO_2/kWhth), 1998, 2003-2010

Berichtskreis	CO_2-Einsparungen (Mio. t CO_2) - Maximum								
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Allgemeine Versorgung	13,0	19,1	21,1	23,6	26,9	26,5	26,6	24,0	25,4
davon kommunale Unternehmen[1]	*5,6*	*7,0*	*7,5*	*9,6*	*12,0*	*11,5*	*11,7*	*11,8*	*13,4*
Industrielle Kraftwirtschaft	10,6	13,9	13,6	15,8	15,7	16,2	16,4	17,2	19,9
Gesamt (AV und IKW)	23,6	33,0	34,7	39,5	42,6	42,7	43,1	41,2	45,2
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	3,2	1,2	1,3	1,4	2,2	5,0	7,1	9,0	10,7
nicht erfasste BHKW[2]	*3,2*	*1,2*	*1,3*	*1,4*	*1,5*	*1,7*	*1,8*	*2,0*	*2,3*
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen[3]	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,7*	*3,3*	*5,3*	*7,0*	*8,4*
Gesamte KWK-CO_2-Einsparungen (Maximum)	26,8	34,2	36,1	40,9	44,8	47,7	50,1	50,2	55,9

[1] entspricht berichteten Werten ohne Anpassungen

[2] 1998 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossil betriebenen BHKW, die nicht von öffentlicher Versorgung und Industrie erfasst w urden. Ab 2003 entsprechen die nicht erfassten BHKW den fossilen BHKW mit einer Leistung bis 1 MW, da diese nicht von der amtlichen Statistik erfasst w erden.

[3] Nicht erfasste biogene KWK-Anlagen entsprechen der biogenen KWK-Stromerzeugung, die aus Daten von AGEE-Stat und Bundesnetzagentur abgeleitet w erden kann und nicht bereits in den Datengerüsten der allgemeinen Versorgung oder industriellen Kraftw irtschaft enthalten sind (Abzugsverfahren).

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.