

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

Research Report

Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung: Berichtsjahr 2009. 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 (2011) : Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung: Berichtsjahr 2009. 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/10419/69963>

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.



Projektbericht

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung: Berichtsjahr 2009

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);

Dr. Henning Osthues-Albrecht; Dr. Rolf Pohlig; Reinhold Schulte
(stellv. Vorsitzende);

Manfred Breuer; Oliver Burkhard; Dr. Hans Georg Fabritius;

Hans Jürgen Kerkhoff; Dr. Thomas Köster; Dr. Wilhelm Koll;

Prof. Dr. Walter Krämer; Dr. Thomas A. Lange; Reinhard Schulz;

Hermann Rappen; Dr.-Ing. Sandra Scheermesser

Forschungsbeirat

Prof. Michael C. Burda, Ph.D.; Prof. David Card, Ph.D.; Prof. Dr. Clemens Fuest;

Prof. Dr. Justus Haucap; Prof. Dr. Walter Krämer; Prof. Dr. Michael Lechner;

Prof. Dr. Till Requate; Prof. Nina Smith, 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 2011

Schriftleitung: Prof. Dr. Christoph M. Schmidt

**Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung: Berichtsjahr 2009 –
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

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs- Vereinbarung: Berichtsjahr 2009

**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

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	29
2.2.1	Entwicklung der Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien, Grubengas und biogenen Abfällen	29
2.2.2	Methodischer Ansatz zur Ermittlung der CO ₂ -Minderung durch den Ausbau erneuerbarer Energien	30
2.2.3	CO ₂ -Emissionsminderungswirkungen 1998-2009	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.....	45
2.4.1	Im Rahmen der Klimavorsorgevereinbarung angewandte Methode.....	45
2.4.2	Modifikation der Berechnungen für den KWK-Bericht 2009.....	47
2.4.3	Ergebnisse	48
2.5	Energieeffizienzkampagnen gemeinsam mit der Elektroindustrie.....	51
2.6	Erdgasfahrzeuge und Brennstoffzelle	53
	Literaturverzeichnis RWI.....	57
3	Das Monitoring für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung.....	60

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 „CO₂-Monitorings“ laufend den Stand der Emissionsminderungszusagen (RWI 2010).

In Erweiterung der Klimavorsorgevereinbarung des Jahres 2000 unterzeichnete die Bundesregierung zusammen mit den beteiligten Wirtschaftsverbänden BDI, BDEW¹, VKU und VIK die „Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO₂-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 CO₂-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 CO₂-Minderungsmaßnahmen“ vor. Diese sollen bis 2005 die CO₂-Emissionsvolumina insgesamt um 10 Mill. t und bis 2010 um 25 Mill. t senken.

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.

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

Quelle: KWK-Vereinbarung

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 26. April 2011 den Bericht für 2009 vorgelegt hat. Der Bericht des Öko-Instituts (2011) ist dem vorliegenden Bericht beigelegt.

Die „sonstigen CO₂-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 CO₂-Emissionseinsparungen durch die sonstigen CO₂-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.

KWK-Monitoring 2009

1.2 Überblick über die Emissionsminderungen 2009

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 CO₂-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* CO₂-Emissionen bei der gekoppelten Erzeugung von Kraft und Wärme einer hypothetischen ungekoppelten Erzeugung gegenüberstellt. Aus der Differenz resultieren die durch KWK-Anlagen *vermiedenen* CO₂-Emissionen (Öko-Institut 2010). Die so vermiedenen Emissionen wären angefallen, falls Kraft und Wärme anstatt durch KWK in ungekoppelter Weise bereit gestellt worden wären.

Auch bei den „sonstigen CO₂-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 CO₂-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 CO₂-Reduktion um insgesamt 36,8 Mill. t zwischen 1998 und 2009 verifiziert werden (Tabelle 1.2). Dazu beigetragen hat die KWK-Nutzung, die in diesem Zeitraum zu einer Emissionsminderung von etwa 1,0 Mill. t führte. Zu dieser Minderung hat vorwiegend die KWK-Nutzung in der Industriellen Kraftwirtschaft beigetragen. Im Gegensatz dazu ergab sich in der Allgemeinen Elektrizitätsversorgung bei der Kraft-Wärme-Kopplung ein Anstieg der Emissionen um 8 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 9,0 Mill. t senken. In der industriellen Kraftwirtschaft war dies nicht zuletzt ein Ergebnis des Contractings.

RWI Projektbericht

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

	Tatsächliche Emissionsminderung 2009	Vermiedene Emissionen 2009
Ausbau und Modernisierung KWK		
Allgemeine Energieversorgung	-8,0	9,5 bis 10,9
Industrielle Kraftwirtschaft	9,0	5,6 bis 5,6
Insgesamt	1,0	15,1 bis 16,5
Sonstige Maßnahmen		
Kraftwerkspark	21,9	12,2
Ausbau erneuerbarer Energien	-	6,1
Verbesserte Heizungs- und Warmwassertechnik	13,8	12,6
Mineralöl	5,6	5,6
Gas	8,2	7,0
Dar.: Neubau	1,8	1,8
Modernisierung Altbestand	3,0	1,8
Substitution	3,0	3,0
Warmwasserbereitung*	0,4	0,4
Energieeffizienzkampagnen	-	-
Erdgasfahrzeuge und Brennstoffzellen	0,1	0,1
Insgesamt	35,8	30,1
Insgesamt KWK-Vereinbarung	36,8	45,2 bis 46,6

Quelle: Öko-Institut (2011) und eigene Berechnungen. *:einschließlich Kleinverbraucher.

Bei den sonstigen Maßnahmen lassen sich tatsächliche Minderungen in Höhe von 35,8 Mill. t nachweisen, davon 21,9 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 CO₂-Minderungen 8,2 Mill. t betragen. Für Mineralöl resultieren daraus im Minimum Minderungen in Höhe von 5,6 Mill. t.

KWK-Monitoring 2009

Die für die Überprüfung der Zwischenziele 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 2009 laut Öko-Institut (2011) durch den Ausbau und die Modernisierung von KWK 15,1 bis 16,5 Mill. t an CO₂ gegenüber 1998 vermieden werden.

Allein durch Maßnahmen zur Modernisierung des Kraftwerksparks der Allgemeinen Energieversorgung konnten rein rechnerisch bis 2009 Emissionen in Höhe von 12,2 Mill. t vermieden werden. Durch die Verbesserung der Heizungs- und Warmwasseraufbereitungstechnik gelang es bis 2009 im Bereich Mineralöl 5,6 Mill. t CO₂ gegenüber 1998 zu vermeiden. Im Bereich Gas kann der Modernisierungseffekt mit etwa 7 Mill. t angegeben werden.

Die CO₂-Vermeidung durch Energieeffizienzkampagnen sowie durch den Einsatz von Brennstoffzellen ließ sich bis 2009 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 2009 rechnerisch rund 30,1 Mill. t CO₂ vermieden werden.

Es bleibt zum Schluss zu bemerken, dass die durch die Maßnahmen der KWK-Vereinbarung erreichten tatsächlichen CO₂-Minderungen zum größten Teil bereits in den Emissionsrückgängen enthalten sind, die im Rahmen des CO₂-Monitoringberichts 2009 ausgewiesen werden (RWI 2011: 16). Nach Berechnungen des RWI wurden zwischen 1998 und 2009 im industriellen Bereich sowie vom Gasfach und der Mineralölwirtschaft CO₂-Minderungen in Höhe von 77,6 Mill. t realisiert. Davon waren 30,8 Mill. t bzw. knapp 40 % den hier untersuchten Maßnahmen zuzurechnen.

Nicht in den Ergebnissen der CO₂-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, die hier dokumentiert werden, sind nicht in den CO₂-Monitoringberichten erfasst.

RWI Projektbericht

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 CO₂-Emissionen zu reduzieren. Die Modernisierung des Kraftwerksparks 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 2009 die „Monatsberichte der öffentlichen Stromversorgung“ des Statistischen Bundesamtes, und zwar die Tabellen 064 und 066 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 2009 entsprach dem bereits für die KWK-Berichte der Zeiträume 2003 bis 2005 sowie 2005 bis 2008 gewählten Verfahren. Ergänzt wurde dieser Bericht darüber hinaus durch Sensitivitätsanalysen, die die Güte der Annahmen zur Datenermittlung für das Referenzjahr 1998 absichern. Ebenso wurde wie im Bericht für 2005 bis 2008 auch hier 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 2009 konnten den „Monatsberichten der öffentlichen Stromversorgung“ des Statistischen Bundesamtes entnommen werden. Für analoge Werte zur ungekoppelten Nettostrom- und Wärmeerzeugung des Jahres 1998 sowie die hierzu erforderlichen Primärenergieeinsätze gibt es keine offiziellen Statistiken. Sie müssen stattdessen berechnet werden. Die Berechnung der Werte greift auf Daten unterschiedlicher Quellen zurück:

KWK-Monitoring 2009

- 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 incl. 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 2009 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 2009).

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 Heizwer-

RWI Projektbericht

ken. 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 Komponentenerlegung die CO₂-Reduktionen der Jahre 2003 bis 2009 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 2009 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 Energieträgern 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 CO₂-Koeffizienten ermittelt. Die Differenz zwischen beiden Werten eines Jahres gibt dann die durch Modernisierung erreichten CO₂-Minderungen an. Die Berechnungen wurden vom RWI insofern noch abgeändert, als dass die Auswirkungen der Modernisierung bei Kraftwerken mit Grubengasein-

KWK-Monitoring 2009

satz 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 CO₂-Monitoring vereinbarten CO₂-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 CO₂-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 2009 zusammengefasst. Hartbraunkohle blieb getrennt. Herangezogen wurden die CO₂-Emissionsfaktoren für Rohbraunkohle (0,112 t/GJ) und Hartbraunkohle (0,097 t/GJ).

Tabelle 2.1

Im Rahmen der Klimaschutzzerklärung vereinbarte CO₂-Emissionsfaktoren
in t CO₂/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 CO₂-Emissionskoeffizienten benutzt. Die Stromerzeugung auf Basis unterschiedlicher Mineralölprodukte einschließlich der auf Mineralöl basierenden Gase wurde zu einem Wert zusammengefasst. Zugeordnet wurde der CO₂-Emissionskoeffizient für schweres Heizöl (0,078 t/GJ), dessen Einsatz 1998 dominierte. Bei der Wärmeerzeugung auf Mineralölbasis wurde die differenzierte Brenn-

RWI Projektbericht

stoffstruktur, bei der schweres und leichtes Heizöl dominierten, beibehalten und die entsprechenden CO₂-Koeffizienten herangezogen.

Die beim Vergleich der Daten von 1998 und der Berichtsjahre aufgrund der unterschiedlichen statistischen Konzepte auftretende Datenunschärfe ist auch 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 liefert im Bereich der ungekoppelten Stromerzeugung plausible Werte. Bei der Gegenüberstellung mit 1998 ergab sich für 2008 eine deutliche Verbesserung des Primärenergieeinsatzfaktors auf 9,8 TH/GWH (-6 %). 2009 stieg dieser Faktor wieder um 1 % auf das Niveau von 2005 (Tabelle 2.2).

Bei einem Anstieg der ungekoppelten Stromerzeugung von 1998 bis 2008 um 3,2 % und einem gleichzeitigen Sinken des erforderlichen Brennstoffeinsatzes um 3 % sind die effektiven Emissionen um 2,2 % bzw. um 5,9 Mill. t zurückgegangen. 2009 sank die ungekoppelte Nettostromerzeugung gegenüber 2008 aufgrund der Wirtschaftskrise deutlich um 9,2 %, der effektive Brennstoffeinsatz ging um 8,2 % zurück und die effektiven CO₂-Emissionen um 7,5 %.

Allein durch die Veränderung des Primärenergieeinsatzfaktors sind 2009 im Vergleich mit 1998 160 PJ an Brennstoffen eingespart und 12,2 Mill. t CO₂ vermieden worden². 2008 hätten ohne Veränderung des Primärenergieeinsatzfaktors der Brennstoffeinsatz um 198,2 PJ und die Emissionen um 15,1 Mill. t höher gelegen. Grund für den deutlich niedrigeren Vermeidungseffekt im aktuellen Berichtsjahr war neben der leichten Verschlechterung des Primäreinsatzfaktors vor allem der drastische Einbruch der Stromerzeugung.

Für den Bereich Wärme weisen die Ergebnisse zwischen 1998 und 2009 einen Anstieg der Wärmeerzeugung um 56,9 % und des Brennstoffeinsatzes um 61,2 % aus (Tabelle 2.2). Der Primärenergieeinsatzfaktor stieg damit in diesem Zeitraum um 2,7 %. Der Modernisierungseffekt führte somit 2009 verglichen mit dem Refe-

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

KWK-Monitoring 2009

renzjahr zu einem um 2,6 TJ höheren Brennstoffeinsatz. Die CO₂-Emissionen blieben in etwa konstant. 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.

Zwischen 2005 und 2009 lässt sich anhand der Daten des Statistischen Bundesamtes ein Rückgang der Wärmeerzeugung um 9,9 % und des Brennstoffeinsatzes um 13,2 % feststellen; der Primärenergieeinsatzfaktor sank in diesem Zeitraum um 3,7 %.

Fasst man Strom- und Wärmebereich zusammen, sodass sich die Allokationsmängel in etwa aufheben, ergeben sich zwischen 1998 und 2009 ein Rückgang der Erzeugung um 2,2 %, des Brennstoffeinsatzes um 8,9 % und damit eine Verbesserung des Primärenergieeinsatzes um 6,9 % (Tabelle 2.2). Das impliziert eine Reduzierung der effektiven CO₂-Emissionen in diesen Jahren um 12,2 Mill. t bzw. 8,2 %. Ohne Modernisierungsmaßnahmen wären der Brennstoffeinsatz um 157 PJ und die Emissionen um 12,2 Mill. t höher gewesen. Vor allem aufgrund des Einbruchs bei der Erzeugung war dieser Effekt 2009 um 2,5 Mill. t niedriger als 2008.

Neben dem Wachstum der Strom- und Wärmeerzeugung insgesamt bestimmt auch die Energieträgerstruktur des Kraftwerksparks die Höhe der Emissionen. Denn der Primärenergieeinsatzfaktor insgesamt spiegelt neben der Verbesserung der Wirkungsgrade auch die Einflüsse aus der Veränderung der Energieträgerstruktur des Kraftwerksparks wider. Zwischen 1998 und 2009 gab es im Bereich der ungekoppelten Stromerzeugung einen beträchtlichen Strukturwandel bei den eingesetzten Energieträgern. Die Stromerzeugung auf Basis von Steinkohle ging bis 2009 um 29,3 % zurück (Tabelle 2.3), davon allein zwischen 2008 und 2009 um 15,3 %. Ihr Anteil an der gesamten Stromerzeugung sank von 1998 bis 2009 von 44,3 % auf knapp 33,5 %. Die Stromerzeugung aus Braunkohle stieg zwischen 1998 und 2005 um 12,2 %, bis 2009 sank sie dann um 5,5 %, so dass insgesamt zwischen 1998 und 2009 ein Anstieg um 6,1 % erfolgte. Ihr Anteil an der Stromerzeugung insgesamt stieg von 47,2 % im Basisjahr auf 53,5 % im Jahr 2009. Steinkohle und Braunkohle vereinigten damit 2009 einen Anteil von 87 % an der gesamten ungekoppelten Stromerzeugung fossiler Energieträger auf sich.

Der Primärenergieeinsatzfaktor hat sich in Braunkohlekraftwerken zwischen 1998 und 2009 um 3,6 % auf 10,36 TJ/GWh verbessert. Bei Steinkohlekraftwerken ist hingegen in diesem Zeitraum kein Effizienzfortschritt festzustellen.

RWI Projektbericht

Tabelle 2.2
Auswirkungen der Modernisierung des fossilen Kraftwerksparks im Bereich
ungekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung auf Brennstoffeinsatz und CO₂-
Emissionen
 1998 bis 2009

	1998	2005	2008	2009	2005	2008	2009
	Veränd.geg.1998 in %						
Strom							
Nettostromerzeug, TWh	255,3	261,7	263,4	239,1	2,5	3,2	-6,3
BSE effektiv, PJ	2 659	2 593	2 581	2 369	-2,5	-3,0	-10,9
BSE-Einsparung, PJ		164,3	198,3	160,0			
CO ₂ -Ausstoß, Mill. t	262,3	261,4	256,5	237,3	-0,3	-2,2	-9,5
CO ₂ -Einsparung, Mill. t		13,4	15,1	12,2			
Primärenergieeinsatz, TJ/GWh	10,42	9,91	9,80	9,91	-4,9	-5,9	-4,9
Wärme							
Nettowärmeerzeug, TWh	17,9	31,1	28,3	28,1	74,1	58,2	56,9
BSE effektiv, PJ	75	139	126	121	85,8	68,9	61,2
BSE-Einsparung, PJ		-10,2	-8,3	-2,6			
CO ₂ -Ausstoß, Mill. t	4,7	8,5	8,1	7,9	80,0	71,5	66,4
CO ₂ -Einsparung, Mill. t		-0,4	-0,4	-0,0			
Primärenergieeinsatz, TJ/GWh	4,19	4,47	4,47	4,30	6,7	6,8	2,7
Strom und Wärme insgesamt							
Erzeugung, TWh	273,2	292,9	291,7	267,2	7,2	6,8	-2,2
BSE effektiv, PJ	2 734	2 732	2 707	2 490	-0,1	-1,0	-8,9
BSE-Einsparung, PJ		154,0	190,0	157,4			
CO ₂ -Ausstoß, Mill. t	267,1	270,0	264,6	245,2	1,1	-0,9	-8,2
CO ₂ -Einsparung, Mill. t		13,0	14,7	12,2			
Primärenergieeinsatz, TJ/GWh	10,01	9,33	9,28	9,32	-6,8	-7,3	-6,9

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

KWK-Monitoring 2009

Tabelle 2.3

Auswirkungen der Modernisierung des Kraftwerksparks im Bereich ungekoppelter Stromerzeugung auf Brennstoffeinsatz und CO₂-Emissionen

1998 bis 2009, nach Energieträgern getrennt

	1998	2005	2008	2009	2005	2008	2009
	Veränd.geg.1998 in %						
Steinkohle							
Nettostromerzeug, TWh	113,2	99,1	94,5	80,1	-12,4	-16,5	-29,3
BSE effektiv, PJ	1 113	943	915	787	-15,2	-17,7	-29,3
BSE-Einsparung, PJ		31	13	0,4			
CO ₂ -Ausstoß, Mill. t	103,5	87,7	85,1	73,2	-15,2	-17,7	-29,3
CO ₂ -Einsparung, Mill. t		2,9	1,3	0,0			
Primärenergieeinsatz*	9,83	9,52	9,69	9,82	-3,2	-1,5	-0,1
Braunkohle							
Nettostromerzeug, TWh	120,6	135,3	131,8	127,9	12,2	9,3	6,1
BSE effektiv, PJ	1 296	1 409	1365	1 325	8,8	5,4	2,3
BSE-Einsparung, PJ		49	55	53			
CO ₂ -Ausstoß, Mill. t	143,9	157,7	152,8	148,3	9,6	6,2	3,1
CO ₂ -Einsparung, Mill. t		5,6	6,3	6,0			
Primärenergieeinsatz*	10,74	10,41	10,36	10,36	-3,1	-3,6	-3,6
Gas							
Nettostromerzeug, TWh	20	24	35	28	20,0	76,7	43,9
BSE effektiv, PJ	223	202	275	227	-9,3	23,3	1,9
BSE-Einsparung, PJ		67	119	93			
CO ₂ -Ausstoß, Mill. t	13,8	12,6	16,4	13,3	-8,7	19,1	-3,6
CO ₂ -Einsparung, Mill. t		4,0	6,8	5,3			
Primärenergieeinsatz*	11,39	8,61	7,95	8,07	-24,5	-30,2	-29,2
Öl							
Nettostromerzeug, TWh	2	4	3	3	99,6	30,2	56,3
BSE effektiv, PJ	28	38	25	31	36,1	-9,5	9,7
BSE-Einsparung, PJ		18	11	13			
CO ₂ -Ausstoß, Mill. t	1,2	3,4	2,1	2,6	182,0	74,7	116,0
CO ₂ -Einsparung, Mill. t		1,0	0,8	0,9			
Primärenergieeinsatz*	14,60	9,95	10,15	10,25	-31,8	-30,5	-29,8

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

RWI Projektbericht

Aufgrund des Anstiegs der Stromerzeugung kam es in Braunkohlekraftwerken zwischen 1998 und 2009 trotz Modernisierungsmaßnahmen zu einer Zunahme des Brennstoffeinsatz um 29 PJ und der effektiven Emissionen um 4,5 Mill. t. Demgegenüber gingen Brennstoffeinsatz und CO₂-Ausstoß aus Steinkohlekraftwerken vor allem wegen des Rückgangs der Erzeugung um 326 PJ bzw. 30,3 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 CO₂-Ausstoß. Der Modernisierungseffekt hat deutlich entlastend gewirkt.

Wären die effektiv erzeugten Strommengen mit dem Primärenergieeinsatzfaktor von 1998 erzeugt worden, hätte im Braunkohlebereich 2009 der CO₂-Ausstoß 6 Mill. t höher gelegen bei einem um 53 PJ größeren Brennstoffeinsatz. In Kraftwerken auf Steinkohlebasis wären bei Konstanz des Einsatzfaktors im Jahr 2009 nur 431 Tj Brennstoffe zusätzlich eingesetzt worden, das Emissionsniveau damit praktisch konstant geblieben.

Überdurchschnittlich gewachsen ist ebenfalls die Nettostromerzeugung aus Gaskraftwerken. So nahm sie von 1998 bis 2008 um 76,7 % zu. 2009 ging sie zwar um 18,6 % zurück. Insgesamt konnte sie aber gegenüber 1998 einen Zuwachs von 43,9 % verzeichnen (Tabelle 2.3). Ihr Anteil an der gesamten Stromerzeugung stieg von 7,7 % in 1998 auf 11,8 % in 2009.

Der Primäreinsatzfaktor verbesserte sich in dieser Zeit um 29,2 %. Die effektiven Emissionen gingen bis 2009 um 3,6 % bzw. 0,5 Mill. t zurück. Mit der Struktur der Gaskraftwerke von 1998 wären 2009 der Brennstoffeinsatz um 93 PJ und die Emissionen um 5,3 Mill. t höher gewesen. Der Modernisierungseffekt war damit aufgrund des Rückgangs der Erzeugung um 1,5 Mill. t CO₂ niedriger als 2008.

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).

KWK-Monitoring 2009

Tabelle 2.4

Auswirkungen der Modernisierung des Kraftwerksparks im Bereich ungekoppelter Wärmearzeugung auf Brennstoffeinsatz und CO₂-Emissionen

1998 bis 2009, nach Energieträgern getrennt

	1998	2005	2008	2009	2005	2008	2009
	Veränd.geg.1998 in %						
Steinkohle							
Nettowärmeerzeug,TWh	2,1	2,8	4,1	4,6	29	89	116
BSE effektiv, PJ	10	8	21	22	-22	100	114
BSE-Einsparung, PJ		5	-1	0,2			
CO ₂ -Ausstoß, Mill. t	1,0	0,7	1,9	2,0	-23	96	111
CO ₂ -Einsparung, Mill. t		0,5	-0,1	0,1			
Primärenergieeinsatz*	4,80	2,93	5,07	4,75	-39,1	5,7	-1,1
Braunkohle							
Nettowärmeerzeug,TWh	0,5	0,9	0,9	1,1	92	98	128
BSE effektiv, PJ	1,5	5,6	3,6	3,9	274	141	162
BSE-Einsparung, PJ		-1,3	0,8	1,2			
CO ₂ -Ausstoß, Mill. t	0,0	0,6	0,4	0,4	1587	957	1052
CO ₂ -Einsparung, Mill. t		-0,1	0,1	0,1			
Primärenergieeinsatz*	3,21	6,27	3,91	3,70	95	22	15
Gas							
Nettowärmeerzeug,TWh	12,9	25,7	21,9	20,7	100	70	61
BSE effektiv, PJ	52	117	95	88	127	85	70
BSE-Einsparung, PJ		-14	-8	-5			
CO ₂ -Ausstoß, Mill. t	2,9	6,6	5,3	4,9	128	86	70
CO ₂ -Einsparung, Mill. t		-0,8	-0,4	-0,3			
Primärenergieeinsatz*	4,01	4,56	4,35	4,22	13,9	8,5	5,4
Öl							
Nettowärmeerzeug,TWh	2,4	1,8	1,4	1,6	-26	-43	-32
BSE effektiv, PJ	11,5	8,1	6,9	7,3	-29	-40	-37
BSE-Einsparung, PJ		0,4	-0,3	0,6			
CO ₂ -Ausstoß, Mill. t	0,9	0,6	0,5	0,5	-30	-40	-37
CO ₂ -Einsparung, Mill. t		0,0	0,0	0,0			
Primärenergieeinsatz,	4,80	4,56	5,03	4,43	-5,1	4,8	-7,8

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

RWI Projektbericht

Kraftwerke auf Basis von Mineralöl spielten kaum eine Rolle. So lag ihr Anteil an der Nettostromerzeugung insgesamt 1998 bei 0,8 % und 2009 bei 1,3 %. Auch hier ist eine deutliche Effizienzverbesserung um 29,8 % von 14,6 TJ/GWh in 1998 auf 10,25 TJ/GWh in 2009 festzustellen (Tabelle 2.3). Der effektive Brennstoffeinsatz stieg in diesen Jahren um 9,7 % bzw. 2,7 PJ. Die effektiven Emissionen haben sich jedoch auf 2,6 Mill. t mehr als verdoppelt. 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 CO₂/GJ, die der anderen Mineralölprodukte liegen deutlich drunter (Tabelle 2.1). Bei den Ölkraftwerken wäre ohne Modernisierungsmaßnahmen 2009 der Brennstoffeinsatz um 13 PJ und der CO₂-Ausstoß um 0,9 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 Spitzenlastherzeugung hin. Einer Verbesserung der Effizienz bei der Stromerzeugung um 31,8 % zwischen 1998 und 2005 steht eine Verbesserung bei der Wärmeerzeugung um nur 5,1 % gegenüber (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.

KWK-Monitoring 2009

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

Analyseszenario	Sensitivitätsanalysen							
	Minimal-szenario		Maximal-szenario		Durchschnitts-szenario 2003 bis 2008			
	SKZ*	Wirkungs-grad (%)	SKZ*	Wirkungs-grad (%)	SKZ*	Wirkungs-grad (%)	SKZ*	Wirkungs-Grad (%)
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 Maximal-szenario 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 CO₂-Einsparung wurde der CO₂-Einsparung gegenübergestellt, die sich aus dem für die Analyse gewählten Parametersatz ergeben hat.

Tabelle 2.6
CO₂-Reduktion bei unterschiedlichen Annahmen zu Stromkennzahlen und Nutzungsgraden für die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung im Jahr 1998 gegenüber 2008

	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 Durch-

RWI Projektbericht

schnittsszenario 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 bereits 2009 zu gut 60 % 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 ändern 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 2009 zusammengestellt und versucht, den durch diese Maßnahmen möglich gewordenen verringerten CO₂-Ausstoß 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

KWK-Monitoring 2009

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 CO₂-Einsparung berechnet. Ein Vergleich dieser CO₂-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 Vollastbenutzungsstunden 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.

Tabelle 2.7

Identifizierte Modernisierungsmaßnahmen in den Jahren 1999 bis 2009 Anzahl der Kraftwerke und installierte Leistung (netto)

Brennstoff	Neuanlagen		Retrofit		Stilllegungen		Rückholungen	
	MW	Anzahl	MW	Anzahl	MW	Anzahl	MW	Anzahl
Braunkohle	3 605	4	328	9	1 246	5	-	-
Steinkohle	255	1	397	17	2 312	13	496	3
Erdgas	2 577	5	9	2	2 688	8	430	1
Mineralöl	55	1	-	-	2 186	5	265	1
Gesamt	6 492	11	733	28	8 432	31	1 191	5

Entnommen BDEW 2010.

RWI Projektbericht

In die Auswertung gingen 11 Neuanlagen mit einer Leistung von 6 492 MW (Tabelle 2.7) ein. Damit wurden im Jahr 2009 keine weiteren Neuanlagen in Betrieb genommen. Fünf Anlagen mit einer Stromerzeugungskapazität von 1 191 MW wurden aus der Kaltreserve zurückgeholt. Auch hier kam 2009 keine weitere Anlage hinzu. Bei 28 Anlagen wurden Retrofitmaßnahmen durchgeführt, was zu einem zusätzlichen Leistungsangebot von 733 MW Leistung führte. Bei den Angaben zum Retrofit wurden im Vergleich zum vorigen Bericht leichte Modifikationen der Daten durch den Verband vorgenommen. Für 2005 und 2007 wurde jeweils ein weiteres Kraftwerk einbezogen. Für 2006 wurde bei einem anderen Kraftwerk die Leistungszahl nach unten korrigiert. Für das aktuelle Berichtsjahr wurden drei zusätzliche Kraftwerke, die in diesem Jahr Retrofitmaßnahmen durchgeführt haben, einbezogen.

Insgesamt waren bis 2009 durch Neuanlagen, Rückholungen und Retrofitmaßnahmen 44 Anlagen mit einer Leistung von 8 416 MW betroffen. Seit 1999 wurden insgesamt 31 Anlagen mit einer Leistung von 8 432 MW stillgelegt oder in die Kaltreserve überführt, davon eine Anlage im Jahr 2009. Damit entsprachen sich Zubau und Stilllegungen an Kraftwerksleistung in etwa.

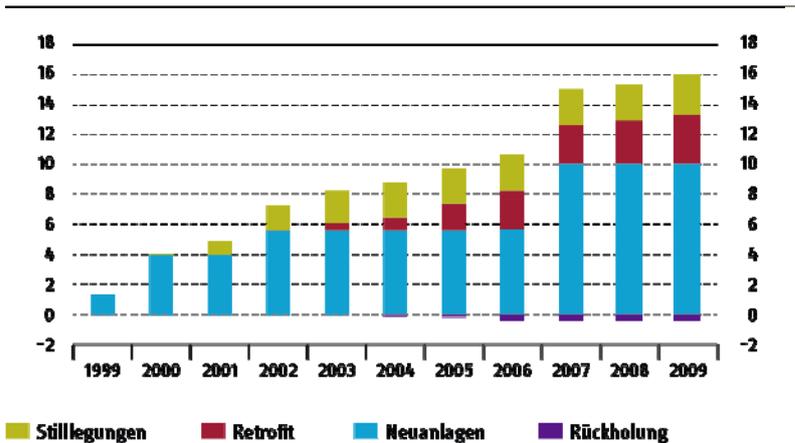
Bei den Einzelmaßnahmen wurden in den einzelnen Jahren unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt. Zu Beginn des Jahrzehnts ebenso wie in den Jahren 2006 und 2007 war es der Zugang an Neuanlagen, der die Höhe des CO₂-Einsparungspotentials bestimmte (Schaubild 2.1). 2003 bis 2006 und wieder 2009 waren es Retrofitmaßnahmen, die zu einem Anstieg des CO₂-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.

KWK-Monitoring 2009

Schaubild 2.1

Einzelmaßnahmen der Kraftwerke im Zeitablauf und ihr CO₂-Einsparungspotential in Mill. t CO₂



Nach Angaben des BDEW 2010.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen ergaben sich auf Basis jahresdurchschnittlicher Aktivitätsraten CO₂-Einsparungen von insgesamt 15,9 Mill. t, davon allein 10 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

CO₂-Einsparungspotentiale der Modernisierungsmaßnahmen der Kraftwerke 1999-2009, Mill. t CO₂

	Neuanlagen	Retrofit	Stilllegungen	Rückholungen	Insgesamt	„Statistische Methode“
Braunkohle	5,5	2,1	0,0		7,6	6,0
Steinkohle	0,1	1,6	1,0	-0,2	2,5	0,0
Erdgas	4,4	0,0	0,9	-0,1	5,1	5,3
Mineralöl	0,0	0,0	0,8	-0,1	0,8	0,9
Gesamt	10,0	3,7	2,7	-0,5	15,9	12,2

Nach Angaben des BDEW 2010.

Von Stilllegungen waren mit Ausnahme von Braunkohle alle Energieträger in ähnlicher Größenordnung betroffen. Die Tendenz in der Entwicklung hin zu Braunkoh-

RWI Projektbericht

le- und Gaskraftwerken, die sich bei der Auswertung der Daten ergab, spiegelt sich damit sowohl bei den Kapazitätswerten 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 entsprechen, die sich bei der Auswertung der offiziellen Statistiken ergaben. 2009 gab es dagegen deutliche Unterschiede: Der auf Basis der Einzelmaßnahmen errechnete Modernisierungseffekt lag bei 15,9 Mill. t. Demgegenüber betrug die durch die statistische Methode ermittelte CO₂-Reduktion 12,2 Mill. t. Ein wesentlicher Grund für den geringeren Wert liegt in dem Einbruch der Nettostromerzeugung 2009. Bei einem deutlich niedrigeren Niveau der Erzeugung lassen sich auch nur entsprechend geringere Modernisierungseffekte realisieren. Bei der Auswertung der Einzelmaßnahmen wurde demgegenüber ein jahresdurchschnittliches Aktivitätsniveau zugrunde gelegt, das weit über dem effektiven Wert lag.

Die Folgen des Einbruchs spiegeln sich auch beim Vergleich der Abweichungen bei den Energieträgern wider. So wurde 2009 für Braunkohle bei den Einzelmaßnahmen mit 7,61 Mill. t rund 1,6 Mill. t mehr ausgewiesen als bei der „statistischen Methode“. Bei Steinkohle wurden 2,5 Mill. t ausgewiesen, während sich bei der Auswertung der Daten des Statistischen Bundesamtes kein Modernisierungseffekt ergab. Demgegenüber entsprachen sich die Werte bei 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 Vollastbenutzungsstunden 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 CO₂-Reduktion bei den Einzelmaßnahmen und der statistischen Auswertung der offiziellen Daten im Wesentlichen auf die Nichtberücksichtigung der ungekoppelten Erzeugung aus GuD-Kraftwerken zurückgehen.

KWK-Monitoring 2009

Als Schlussfolgerung aus dieser Gegenüberstellung ergibt sich unter Berücksichtigung aller Einschränkungen, die gemacht wurden, dass die Größenordnung der bei der statistischen Auswertung ermittelten CO₂-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 2009 zu einer CO₂-Vermeidung von 12,2 Mill. t (Tabelle 2.2). Bezogen auf die Emissionen von 2009 in Höhe von 245,5 Mill. t machten die zwischen 1998 und 2009 erzielten Minderungen einen Anteil von knapp 5 % aus. Die erreichten Minderungen lagen vor allem aufgrund des Einbruchs der Stromerzeugung um 2,6 Mill. t unter denen des Jahres 2008.

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 von Minimal-, Maximal- und Durchschnittsszenario zu quantifizieren. Der Einfluss dieser Größen auf die ermittelten Einsparungen der ungekoppelten Erzeugung erweist sich angesichts der Höhe des Modernisierungseffektes als nicht so gravierend, da allein dieser Beitrag zum im Rahmen der KWK-Vereinbarung zu erreichenden Gesamtziels bei 60 % liegt.

RWI Projektbericht

Zur Überprüfung der Plausibilität der Ergebnisse wurde auf Anregung des RWI vom BDEW eine Auswertung wesentlicher von 1999 bis 2009 durchgeführter Einzelmaßnahmen im Bereich der ungekoppelten Stromerzeugung vorgenommen. Die hieraus resultierenden CO₂-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 CO₂-Reduktion plausibel ist.

KWK-Monitoring 2009

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 und 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 CO₂-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 erzeugt, zuzüglich rund 106 GWh Stromerzeugung aus Grubengas.³ Mit annähernd 26 TWh wurde im Jahr 2000 das Maximum der regenerativen Stromerzeugung seit 1998 erreicht. Bis 2005 sank dieser Wert wieder auf etwa 23,2 TWh ab und stieg anschließend erneut bis 2009 auf rund 24,2 TWh an.

Bedeutendster Einzelposten in der regenerativen Stromerzeugung ist Wasserkraft, also die Erzeugung von Strom in Lauf- und Speicherwasserkraftwerken. Die Erzeu-

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 einer 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.

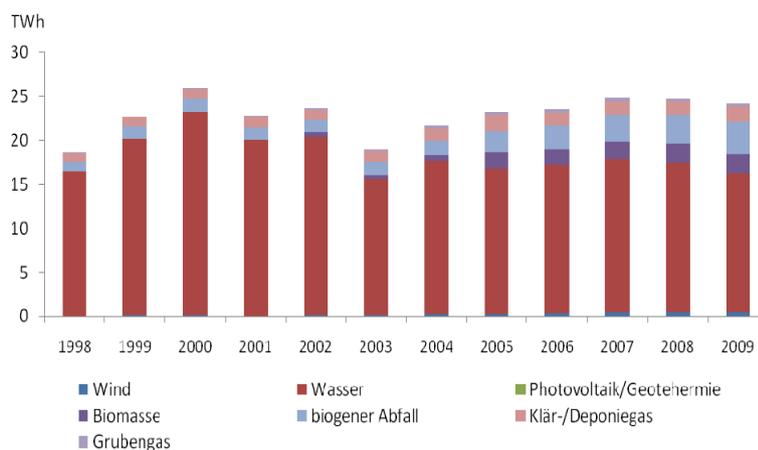
RWI Projektbericht

gung in Pumpspeicherkraftwerken aus nicht-natürlichem Zufluss wird nicht als regenerativ betrachtet. Ausgehend von rund 16,4 TWh im Jahr 1998 fiel die regenerative Stromerzeugung aus Wasserkraft bis 2009 leicht um 0,6 TWh auf 15,8 TWh. Deutlich ersichtlich ist die enorme Steigerung der Stromerzeugung aus dem biogenen Anteil von Müll. Wurden 1998 nur rund 1,2 TWh verstromt, betrug die erzeugte Strommenge 2009 bereits 3,6 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.

Schaubild 2.1

Erneuerbare Energien und Grubengas in der Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung

Angaben in TWh



1992 - 2002 nach Angaben von BDEW (1998-2002), VWEW (1998-2002), VDEW (1998-2002), BMU (versch. Jgg.), AGE B (1998-2002a), AGE B (1998-2002b), 2003 - 2009 nach Angaben von STaBuA (2003-2010a,b,c), VDEW (2003-2010), AGE B (2003-2010).

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 CO₂-Emissionen. Die Entwicklung der (ungekoppelten) Grubengasverstromung ist in Schaubild 2.2 verdeutlicht. Demnach erhöhte sich die Stromer-

KWK-Monitoring 2009

zeugung aus Grubengas zwischen annähernd um den Faktor 3: von 0,1 TWh im Jahr 1998 auf 0,3 TWh im Jahr 2009.

2.2.2 Methodischer Ansatz zur Ermittlung der CO₂-Minderung durch den Ausbau erneuerbarer Energien

Die Bestimmung der durch den Ausbau der regenerativen Erzeugung vermiedenen CO₂-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 CO₂-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 Erzeugungseigenschaft auf und substituieren damit in erster Linie den in Grundlastkraftwerken verfeuerten Primärenergieträger Braunkohle. Das Angebot an Windkraft ist weitaus unregelmäßiger, 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%

Quelle: ISI (2005)

Die Bezifferung der CO₂-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:

RWI Projektbericht

$$\Delta E = \sum_{\text{reg.ET}} \sum_{\text{foss.ET}} \text{Erzeugungsmenge}_{\text{reg}} * \text{Anteil}_{\text{reg, foss}} * \text{CO}_{2\text{foss}} * 1/\eta_{\text{foss}}$$

Die von jeder regenerativen Energiequelle erzeugte Strommenge wird mit dem in Tabelle 2.9 dargestellten Anteil gewichtet, mit dem sie fossile Energieträger substituiert ($\text{Anteil}_{\text{reg, foss}}$) und anschließend mit dem CO_2 -Faktor ($\text{CO}_{2\text{foss}}$) 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.

Die CO_2 -Emissionsfaktoren und die mit der Kraftwerkstechnologie verbundenen Nutzungsgrade sind in Tabelle 2.10 abgetragen. Als CO_2 -Faktoren werden die im Monitoring vereinbarten Werte verwendet (RWI 2009). Für Braunkohle wurde der Emissionsfaktor für Rohbraunkohle gewählt, da öffentliche Heizkraftwerke mit Braunkohleverfeuerung in weit überwiegenderem Maße Rohbraunkohle zur Elektrizitätserzeugung verwendet haben (AGEB 2008).⁴ Die Nutzungsgrade der Kraftwerke sind einer Studie der Technischen Universität München (TUM 2004) entnommen.

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	352,8	334,8	201,6
Elektrischer Nutzungsgrad	in %	35,5	39	49

Quelle: TUM (2004), RWI (2009), eigene Berechnungen. Emissionsfaktoren sind primärenergetisch bewertet.

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 unter-

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).

KWK-Monitoring 2009

schiedlichen Annahmen hinsichtlich der Emissionsfaktoren der Primärenergieträger zurückzuführen ist.

Tabelle 2.11

CO₂-Vermeidungsfaktoren in der ungekoppelten Stromerzeugung

kg CO₂ / 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	0,994	1,030

Quellen: Fh-ISI (2005), eigene Berechnungen

Beispielsweise mindert jede durch Wasserkraft erzeugte kWh nach Maßgabe der Rechnung im Monitoring die CO₂-Emissionen um 1,136 kg. Fraunhofer-ISI beziffert die Minderung auf 1,030 kg CO₂. Für die Verifizierung der vermiedenen Emissionen im Rahmen der KWK-Vereinbarung bilden indessen die CO₂-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 CO₂-Minderungsfaktor von 0,994 kg/kWh bewertet. Für den Einsatz erneuerbarer Energien in der ungekoppelten Wärmeerzeugung wird ein CO₂-Minderungsfaktor von 0,295 kg/kWh zugrunde gelegt (BMU 2008).

2.2.3 CO₂-Emissionsminderungswirkungen 1998-2009

Tabelle 2.12 fasst die CO₂-Emissionsminderungen im Bereich der ungekoppelten Stromerzeugung zusammen. Insgesamt wurden im Jahr 2009 rund 25,8 Mio. t CO₂ durch den Einsatz erneuerbarer Energien gegenüber einer rein fossilen Erzeugung eingespart. Die Verstromung von Grubengas sparte zudem weitere 0,342 Mio. t CO₂ ein, so dass insgesamt etwa 26,2 Mio. t CO₂ gegenüber einer rein fossilen Erzeugung eingespart wurden. Im Vergleich zum Referenzjahr 1998 entspricht dies einer Minderung von rund 5,2 Mio. t CO₂.

RWI Projektbericht

Tabelle 2.12
CO₂-Emissionsminderung in der ungekoppelten Stromerzeugung durch erneuerbare Energien und Grubengas
 in 1000 t

	1998	2000	2005	2008	2009
Wasserkraft	18572,2	26.196,6	18.749,4	19.282	17.938,1
Windenergie	87,6	137,7	284,6	421,0	410,1
Photovoltaik / Geothermie*	0,9	1,1	3,3	16,2	23,6
Biomasse	0,7	74,7	1.751,2	2.034,2	2.067,7
Biogener Anteil im Abfall	1.133,4	1.291,3	2.262,5	3.136,3	3.390,4
Klär-/ Deponiegas	1.122,2	1.315,7	2.043,0	1567,4	1.985,3
Insgesamt Erneuerbare	20.917,0	29.026,3	25.093,9	26.446,5	25.815,0
Grubengas	120,1	135,4	340,7	377,0	341,6
Insgesamt	21.037,1	29.161,7	25.434,6	26.834,6	26.156,7
Minderung geg. 1998	-	8.124,6	4.397,5	5.890,9	5.213,0

Quelle: eigene Berechnungen nach Angaben des Statistischen Bundesamtes: Monatsbericht über die Elektrizitätsversorgung (066), Jahreserhebung über Erzeugung, Verwendung, Bezug und Abgabe von Wärme (064), Jahreserhebung über die Stromeinspeisung bei Netzbetreibern (070), Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik für Geothermie, * enthält ab 2008 ebenfalls Geothermie.

Der Einsatz erneuerbarer Energien und die daraus resultierende CO₂-Emissionsvermeidung in der ungekoppelten Wärmeerzeugung sind in Tabelle 2.13 angegeben. Insgesamt wurden 2009 knapp 4,1 TWh Wärme erzeugt, vorwiegend durch den Einsatz von Biomasse und biogenen Abfällen. Bewertet mit dem CO₂-Minderungsfaktor von 295 t CO₂/GWh wurden 2009 etwa 1,2 Mill. t CO₂ gegenüber einer rein fossilen Wärmeerzeugung eingespart. Im Vergleich zum Referenzjahr 1998 entspricht dies einer Emissionseinsparung von gut 878 000 t (Tabelle 2.14).

KWK-Monitoring 2009

Tabelle 2.13

Erneuerbare Energien in der ungekoppelten Wärmeerzeugung und resultierende CO₂-Emissionsminderungen

Erzeugung in GWh – Minderungen in 1000 t

	1998	2000	2005	2008	2009
Geothermie	113,1	113,9	137,5	188,0	225,3
Biomasse	157,7	324,4	1.644,1	1.406,0	1.572,3
Biogener Anteil im Abfall	841,8	945,0	1.016,5	1.717,0	2.292,5
Gesamte regenerativ erzeugt	1.112,5	1.383,3	2.657,0	3.312,0	4.090,1
CO ₂ -Minderung zu rein fossil	328,2	408,1	783,8	977,0	1.206,6
Minderung gegenüber 1998	-	79,9	455,6	948,8	878,4

Quelle: nach Angaben des Statistischen Bundesamtes: Monatsbericht über die Elektrizitätsversorgung (066), Jahreserhebung über Erzeugung, Verwendung, Bezug und Abgabe von Wärme (064), Jahreserhebung über die Stromeinspeisung bei Netzbetreibern (070), Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik für Geothermie und eigene Berechnungen. CO₂-Minderungsfaktor: 295 t/GWh.

Tabelle 2.14

CO₂-Minderungen gegenüber 1998 in 1000t

	2000	2005	2008	2009
Strom	8.124,6	4.397,5	4.375,4	5.213,0
Wärme	79,9	455,6	948,8	878,4
Insgesamt	8.204,5	4.853,1	5324,4	6.091,4

Eigene Berechnungen.

Im Jahr 2009 wurde durch die Herstellung von 24,2 TWh Strom aus erneuerbaren Energien (Tabelle 2.15) etwa 5,2 Mio. t CO₂ von der Stromwirtschaft gegenüber 1998 eingespart (Tabelle 2.14).

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}

RWI Projektbericht

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 einen Beitrag von rund 6,1 Mill. t an CO₂-Einsparungen (siehe Tabelle 1.2 bzw. 2.14) im Bereich der sonstigen Maßnahmen.

Tabelle 2.15

Ungekoppelte Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und Grubengas in der allgemeinen Versorgung
in GWh

	1998	2000	2005	2008	2009
Wasserkraft	16.352	23.065	16.508	16.977	15.794
Windenergie	96	151	312	462	450
Photovoltaik *	1	15	5	24	35
Biomasse	1	80	1875	2.178	2.214
Biogener Anteil im Abfall	1.214	1.383	2.422	3.358	3.630
Klär-/ Deponiegas	988	1.158	1.799	1.382	1.748
Grubengas	106	119	300	389	301
Insgesamt	18.758	25.971	23.221	24.753	24.171

Quellen: 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), Jahreserhebung über Klärgas (073).

KWK-Monitoring 2009

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 CO₂-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 CO₂-Minderungen der Jahre 1998 bis 2009, 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 Klimaschutzklärung der Mineralölwirtschaft im Bereich Wärmewirtschaft (CO₂-Monitoringbericht) (MWV verschied. Jg.).

Ziel der Selbstverpflichtung der im September 2001 abgegebenen zweiten Klimaschutzklärung 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 CO₂-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 CO₂-Monitoring zielt somit wie die „sonstigen Maßnahmen“ der KWK-Vereinbarung auf den forcierten Einsatz verbesserter Heizungs- und Warmwassertechnik. Die Klimaschutzklärung führt als unterstützende Maßnahmen für eine verstärkte Marktdurchdringung die Optimierung von Heizölqualitäten sowie Beratungsoffensiven bei Verbrauchern und Akteuren der Anbieterseite über Heizungsmodernisierung und moderne Heizungs-technik im Neubaubereich an.

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

RWI Projektbericht

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 Ölheizung (IWO), das auf Daten unterschiedlicher Quellen zurückgreift: den Ölfeuerungsanlagenbestand des Zentralinventionsverbandes des Schornstiefegerhandwerks (ZIV), den Absatz an Nieder-temperatur- 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 CO₂-Emissionen wurde für das dortige Bezugsjahr 1990 der Heizölabsatz dieses Jahres für Haushalte und Kleinverbraucher zugrunde gelegt sowie der entsprechende für das CO₂-Monitoring vereinbarte Emissionskoeffizient für leichtes Heizöl. Addiert wurden zudem die CO₂-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 für den KWK-Bericht 2009

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

KWK-Monitoring 2009

Klimaschutzmaßnahmen - wie z.B. der Optimierung der Heizölqualitäten und der Beratungsoffensiven zur Verbreitung neuer Techniken - ausgelöstes 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 ersten Vereinbarung um die Verbesserung des durchschnittlichen Nutzungsgrades geht und die CO₂-Emissionen nur nachrichtlich ausgewiesen werden, ist die Zielgröße hier die deutliche Reduktion der CO₂-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 (MWW) 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 und jetzt für das Berichtsjahr 2009 vorgenommen. Die Berechnungen hierzu wurden vom IWO durchgeführt (IWO 2010a und 2010b). Zur Beurteilung hat das RWI ergänzend Gespräche mit Experten des Statistischen Bundesamtes und des MWW 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 Ölf Feuerungsanlagen des Jahres 1990 wider. Für das neue Bezugsjahr 1998 wurden nun CO₂-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 ge-

RWI Projektbericht

samt Inlandsabsatz der Jahre 1970 bis 2008 ein Trend geschätzt („lineare Interpolation“) (IWO 2010b: 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 2009 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 2010b).

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 Haushalten und Gewerbe nicht bekannt ist.

KWK-Monitoring 2009

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 temperaturbereinigter Verbrauch ausgewiesen (IWO 2010b: 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 2009 stetig von 78,5 % auf 87 % um insgesamt 10,9 % 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 6,035 Mill. Anlagen im Jahr 2009, gegenüber 1998 ein Rückgang um insgesamt 6,1 %. Die Struktur hat sich in diesen Jahren indes deutlich gewandelt. Bis 2005 wurde ein Viertel der Anlagen ausgetauscht. 2009 lag der Anteil der seit 1998 ausgetauschten Anlagen bei 34,6 %. 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 2009 stieg er auf 62,1 %.

RWI Projektbericht

Tabelle 2.16
Anlagenbestand und jahresdurchschnittlicher Nutzungsgrad im Bereich Ölheizung
und Warmwasserbereitung
 1998 bis 2009

	1998	2005	2008	2009
Anlagenbestand insg., in 1000	6 429	6 425	6 174	6 021
Veränd. geg. 1998, %		-0,1	-4,7	-6,1
Dar.: Anlagen ab 1998	198	1 680	1 969	2 085
Anteil an insgesamt, in %	3,1	26,2	32,1	34,6
Brennwertgeräte, Anteil an Absatz Ölheizgeräten in %		14,5	55,2	62,1
Durchschnittlicher Jahresnutzungsgrad	78,5	84,8	86,4	87,0
Veränd. geg. 1998, in %		8,1	10,1	10,9

Eigene Berechnungen nach Angaben des IWO.

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 Einsparung um 4,5 Mill. t auf 56,1 Mill. t. Bis 2009 erhöhte sich dieser Wert auf 5,9 Mill. t bei einem Emissionsvolumen von 54,7 Mill. t.

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 CO₂-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 CO₂-Vermeidung.

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 unter-

KWK-Monitoring 2009

scheiden 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 CO₂-Minderungen, so für 2009 in Höhe von 5,9 Mill. t als Folgen der Modernisierungsmaßnahmen angesehen, jedoch als Untergrenze interpretiert.

Tabelle 2.17

Auswirkung der Modernisierung der Ölheizungs- und Warmwasserbereitungsanlagen der privaten Haushalte auf die CO₂-Emissionen

Mill. t CO₂, 1998 bis 2009

	1998	2005	2008	2009
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
Minderung geg. 1998		4,5	5,6	5,9
Basiswert Statistisches Bundesamt	65,1	60,2	59,2	58,7
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
Anzurechnende CO ₂ -Emissionen aus Bestandsverminderungen		-	-0,3	-0,4
Modernisierungseffekt insgesamt		4,5	5,3	5,6

Eigene Berechnungen nach Angaben des IWO (2010b) und des Statistischen Bundesamtes (2009).

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 6,1 % 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 2009 eine um 364 000 t niedrigere CO₂-Minderung gegenüber der Rechnung mit konstantem Bestand (Tabelle 2.17). Damit lässt sich ein um 5,6 Mill. t geringerer CO₂-Ausstoß den Modernisierungsanstrengungen zurechnen. Insgesamt gehen die CO₂-Emissionen als Folge der Veränderung von Modernisierungsgrad und Bestand in dieser Branche um 9,29 Mill. t (MWV 2010) zurück.

RWI Projektbericht

Die aus der Bestandsverringerung resultierenden Minderungen lassen sich jedoch nicht als tatsächliche CO₂-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 machte deutlich, dass die Datensituation dort für aussagefähige Analysen unzureichend ist. Es wäre daher wünschenswert, entsprechende umfassende Erhebungen zu initiieren, die diesen Bereich transparenter machen. Dies kann letztendlich nur von Seite der Ministerien initiiert werden.

KWK-Monitoring 2009

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 CO₂-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 CO₂-Minderungen werden in den Fortschrittsberichten des BDEW (früher BGW) für das CO₂-Monitoring der Klimavorsorgevereinbarung des deutschen Gasfachs dokumentiert (Schmitz 20010a und 2010b). Der Verband hat im Rahmen dieser Erklärung differenziert nach Einzelbereichen eine umfassende Verpflichtung zur CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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 Jahresnutzungsgrades 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.

RWI Projektbericht

Der Verband weist in seinem Fortschrittsbericht für den Heizungsbereich der privaten Haushalte ohne BHKW CO₂-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 sind 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; für 2008 und 2009 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 2010a: 11).

Zur Berechnung der CO₂-Emissionen wird der für das CO₂-Monitoring vereinbarte CO₂-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. für die Jahre 2008 und 2009 die Differenz zum gemittelten CO₂-Faktor auf Basis der übrigen eingesetzten Energieträger.

KWK-Monitoring 2009

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 CO₂-Minderungen durch verbesserte Warmwasseraufbereitungsanlagen sind in den CO₂-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 Warmwasseraufbereitung pro Haushalt und Jahr nach Angaben des Statistischen Bundesamtes und Daten über die Wohneinheiten mit Warmwasseraufbereitungsanlagen der E.ON Ruhrgas AG für den Haushaltssektor ermittelt (Schmitz 2010:14,16). Für das Gewerbe wurde ebenfalls die Zahl der neu installierten Warmwasseraufbereitungsanlagen ermittelt. Bei Berechnung der durch Modernisierung ausgelösten CO₂-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 CO₂-Koeffizienten für Heizöl und Strom benutzt.

2.4.2 Modifikation der Berechnungen für den KWK-Bericht 2009

Die obigen Berechnungen wurden für den CO₂-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 CO₂-Reduktion in den einzelnen Bereichen, die 1998 realisiert werden konnten, von den im Jahr 2009 erzielten abgezogen wurden. Damit wurde das gleiche Vorgehen wie in den Monitoringberichten für die Jahre 2003 bis 2005 und 2005 bis 2008 angewandt.

Als Manko bei dieser Berechnung erscheint dem RWI, dass damit der den CO₂-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 CO₂-Ausstoßes sind sowohl die Auswirkungen, die durch Veränderung des

RWI Projektbericht

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 2009 auf 451 (Tabelle 2.15). Dieser im Vergleich mit 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 74,3 % und damit gegenüber 2008 um 0,7 Prozentpunkte. Der Mischnutzungsgrad der neuinstallierten Geräte stieg von 87,2 % im Jahr 2000 auf 97,8 % im Jahr 2009⁵. Der entsprechende Wert für den gesamten Altbestand gasbeheizter Wohnungen stieg zwischen 2000 und 2009 von 83,6 % auf 87,6 %.

Durch den Einsatz verbesserter Gasheizungstechniken bei privaten Haushalten gelang es, zwischen 1998 und 2009 eine Minderung des CO₂-Ausstoßes um 7,78 Mill. t zu erreichen (Tabelle 2.16). Davon waren 2,98 Mill. t oder 32,8 % auf Modernisierungen im Haushaltsbestand, 3,04 Mill. t bzw. 55,2 % auf die Substitution anderer Energieträger durch Erdgas und gut 1,76 Mill. t oder 11,9 % auf den Einsatz von Erdgas in Neubauten zurückzuführen.

Zählt man die CO₂-Minderungen aus der Warmwasserbereitung (einschließlich Kleinverbrauch) in Höhe von rund 0,37 Mill. t des Jahres 2009 hinzu, ergibt sich eine Minderung des CO₂-Ausstoßes von insgesamt 8,15 Mill. t. Das bedeutet gegenüber 2008 eine weitere Verbesserung um 0,5 Mill. t.

Zu den 2,98 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 CO₂-Einsparungen im

⁵ 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.

KWK-Monitoring 2009

Jahr 2009 nur etwa 40 % der gesamten Einsparungen betragen hätten, der reine Modernisierungseffekt damit mit ungefähr 1,8 Mill. t zu beziffern ist.

Der um 3,04 Mill. t geringere CO₂-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.

Tabelle 2.15
Absatz von Gasheizkesseln
1998 bis 2009

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

Nach Angaben von Schmitz 2010b.

Aufgrund der Differenz zwischen durchschnittlichem Nutzungsgrad neuer Gaskessel und dem jeweiligen Referenzwert konnten 2009 verglichen mit 1998 gut 1,76 Mill. t CO₂ durch den Einsatz von Erdgas als Heizenergie in Neubauten vermieden werden. 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 2009 um 74,3 % von 311 500 auf 80 000. Dies führte dazu, dass der CO₂-Vermeidungseffekt in den letzten Jahren in etwa konstant blieb.

Wegen der gemeinsamen Betrachtung von Haushalten und Kleinverbrauchern bei der Warmwasserbereitung können die CO₂-Minderungen als leicht überhöht gelten. Dies fällt aufgrund des geringen Niveaus von 0,37 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

RWI Projektbericht

Gaskesselbestandes die 1,2 Mill. t CO₂-Ausstoß, die nicht auf die Verbesserung der Heizkessel sondern auf den verringerten Nutzwärmebedarf zurückzuführen sind, lässt sich der gesamte Modernisierungseffekt statt mit 8,15 Mill. t mit 6,95 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 CO₂-Vermeidung hat.

Tabelle 2.16
CO₂-Minderungen durch private Haushalte im Bereich Heizung und Warmwasseraufbereitung mit Gas

2005 bis 2009 jeweils gegenüber 1998, in Mill. t

	2005	2006	2007	2008	2009
Heizung					
Neubau	1,49	1,61	1,72	1,74	1,76
Bestand	2,02	2,26	2,50	2,74	2,98
Substitution	2,25	2,42	2,64	2,84	3,04
insgesamt	5,76	6,29	6,86	7,32	7,78
Warmwasseraufbereitung*	0,29	0,31	0,32	0,33	0,37
Insgesamt (einschließl. Warmwasseraufbereitung)	6,05	6,60	7,18	7,65	8,15

Nach Angaben von Schmitz 2010b. * einschließlich Kleinverbraucher

KWK-Monitoring 2009

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.⁶ 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“, beispielsweise 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

⁶ Die Studien sind unter <https://www.initiative-energieeffizienz.de/initiative/studien-evaluierungen.html> verfügbar.

RWI Projektbericht

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.

KWK-Monitoring 2009

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.

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 68 515 im Jahr 2009 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 CO₂-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.

Tabelle 2.20

Pkw-Bestand am 1. Januar 2010 nach Antriebsarten

	Bestand
Benzin	30 449 617
Diesel	10 817 769
Flüssiggas (einschließlich bivalent)	369 430
Erdgas (einschließlich bivalent)	68 515
Elektro	1 588
Hybrid	28 862
Sonstige (einschließlich Wasserstoff)	1 846
Bestand insgesamt	41 737 627

Quelle: KBA (2010)

RWI Projektbericht

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 CO₂-Emissionen einspart, während bei Diesel nur 11 % eingespart werden können (EMPA 2007). Zudem führt der Verbrauch von 1 Liter Benzin zu 2,33 kg CO₂, während der Verbrauch von 1 Liter Diesel mit 2,64 kg CO₂ zu etwas höheren Emissionen führt (BayLfU 2009).

Um die CO₂-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 7,2 l/km bei Benzin und von 8,2 l/100 km auf 6,9 l/100 km bei Diesel (Tabelle 2.22). Mangels spezifischer Verbrauchsangaben für das Jahr 2009, wurden diese durch eine Trendregression unter Verwendung vergangener Verbrauchsmengen ermittelt. Demnach lag der Verbrauch für Benziner bei 8,2 l/100 km und 6,9 l/100 km für Dieselfahrzeuge.

Tabelle 2.21
Pkw-Bestand an Erdgasfahrzeugen
1998 bis 2009

	Insgesamt	Erdgasfahrzeuge	
		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	51 386	17 129

Quellen: eigene Berechnungen nach KBA (2010).

KWK-Monitoring 2009

Aus diesen Angaben kann nun die durchschnittliche CO₂-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.

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 CO₂ ein. Berücksichtigt man die Anzahl der mit Erdgas betriebenen Fahrzeuge (Tabelle 2.21), so summieren sich die durch alle Gasfahrzeuge zwischen 1998 und 2009 erzielten Einsparungen auf etwa 130 556 t CO₂ (Tabelle 2.23).

Die letzte Spalte aus Tabelle 2.23 weist die gegenüber 1998 zusätzlich durch Gasfahrzeuge erzielten jährlichen CO₂-Einsparungen aus, die sich insgesamt auf etwa 121 882 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 2.22

Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugbestandes
1998 bis 2009; in Liter / 100 km

	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	8,2	6,9

Quelle: BMWi (2010) und eigene Berechnungen.

Neben dem Einsatz von Erdgas stellt die Brennstoffzelle eine weitere Alternative zur Einsparung von CO₂ im Straßenverkehr dar. Bei der Brennstoffzellentechnologie

RWI Projektbericht

wird Wasserstoff als Kraftstoff verwendet. Wasserstoff wird stromintensiv mittels Elektrolyse erzeugt. Werden jedoch CO₂-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 CO₂ 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 CO₂ anfällt, fallen die Emissionseinsparungen vernachlässigbar gering aus.

Tabelle 2.23

CO₂-Einsparung pro Fahrzeug und über alle Erdgasfahrzeuge

1998 bis 2009; 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
Gesamte Einsparung					130 556	121 882

Quelle: eigene Berechnungen

KWK-Monitoring 2009

Literaturverzeichnis RWI

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

AGEB (2010), Satellitenbilanz Erneuerbare Energien. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen. Internet: www.ag-energiebilanzen.de.

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

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

AGEB (2003-2010) Satellitenbilanz Erneuerbare Energien, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, www.ag-energiebilanzen.de, Berlin.

AGFW (199), 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 CO₂-Emissionen. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt. Internet: http://www.izu.bayern.de/praxis/detail_praxis.php?pid=0203010101217, abgerufen am 02.11.2009.

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

BDEW (2010b), Jahrerhebung der Wärmeerzeugung der Heizwerke und Angaben des BDEW im Rahmen des Monitoring. 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 (verschiedene Jahrgänge), Erneuerbare Energien in Zahlen. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

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

BMWi (2010), 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.

RWI Projektbericht

Fh-ISI (2005), Gutachten zur CO₂-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 (2010a), Zuarbeit für den MWV zum Reporting für die Zusatzvereinbarung (KWK-Zusatzvereinbarung) zur Klimaschutzklärung zwischen der Bundesrepublik und der Deutschen Wirtschaft vom 15.06.2010. Hamburg: Institut für wirtschaftliche Ölheizung.

IWO (2010b), Zuarbeit für den MWV zum Reporting für die Zusatzvereinbarung (KWK-Zusatzvereinbarung) zur Klimaschutzklärung zwischen der Bundesrepublik und der Deutschen Wirtschaft vom 10.11.2010. Hamburg: Institut für wirtschaftliche Ölheizung.

KBA (2009), Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes. Flensburg: Kraftfahrt-Bundesamt.

KBA (2010), Bestand an Personenkraftwagen in den Jahren 2006 bis 2010 nach Kraftstoffarten. Flensburg: Kraftfahrt-Bundesamt. Internet: www.kba.de.

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

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

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

Öko-Institut (2011), Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003 für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung: Berichtszeitraum 2009. Berlin: Öko-Institut e.V.

RWI (2009), Die Klimavorsorgepflichtung der deutschen Wirtschaft – Monitoringbericht 2008, Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

RWI (2010), Die Klimavorsorgepflichtung der deutschen Wirtschaft – Monitoringbericht 2009. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung.

Schmitz (2010a), Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzklärung des deutschen Gasfachs 2008/ 2009. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.

Schmitz (2010b), Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzklärung des deutschen Gasfachs 2008/ 2009. Bilder mit Zahlen. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.

StaBuA (2009), Umweltnutzung und Wirtschaft. Tabellenband 2009 (Tabelle 3.3.6.1). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: <https://www-ec.destatis.de/csp/shop/sfg/bpm.html.cms.cBroker.cls?cmspath=struktur.vollanzeige.csp&ID=1024829>, abgerufen am 12.05.2010.

StaBuA (versch. Jgg.), Monatserhebung über die Stromerzeugung der Kraftwerke. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

KWK-Monitoring 2009

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

StBuA (versch. Jgg.), Erhebung über die Verwendung von Klärgas (073). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

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

StBuA (versch. Jgg.), Stromerzeugung der Kraftwerke der allgemeinen Versorgung. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

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

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

TUM (2004), CO₂-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.

VDEW (2003-2009), Erneuerbare Energie Statistik, Verband der Elektrizitätswirtschaft.

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

RWI Projektbericht

3 Das Monitoring für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung

**Monitoring der
Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung
vom 19. Dezember 2003
für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung
Berichtszeitraum 2009
(Dritter Bericht)**

Bericht für das
Rheinisch-Westfälische Institut
für Wirtschaftsforschung (RWI)

Berlin, 26. April 2011

Dipl.-Ing. Sabine Gores
Dipl.-Ing. Ralph O. Harthan
Dipl.-Ing. Gerhard Penninger

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

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

www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis	8
1 Einleitung und Hintergrund	9
2 Stromwirtschaftliche Gesamtentwicklung	13
3 Methodischer Grundansatz zur Ermittlung der CO₂-Minderungseffekte durch die Kraft-Wärme-Kopplung	18
4 Datengrundlagen	19
4.1 Monitoringberichte der Verbände	19
4.2 Amtliche und Verbandsstatistiken sowie zusätzliche Daten	19
4.3 Emissionsfaktoren	20
4.4 Weitere Datenquellen	20
5 Analyse- und Auswertungsgang	21
6 Ergebnisse der Monitoringberichte der Verbände	22
6.1 BDEW (Allgemeine Versorgung)	22
6.1.1 Berichtete Ergebnisse	22
6.1.2 Bewertung und Anpassungen des Gutachters	22
6.2 VKU (Kommunale Unternehmen)	24
6.2.1 Berichtete Ergebnisse	24
6.2.2 Bewertung und Anpassungen des Gutachters	25
6.3 VIK (Industrielle Kraftwirtschaft)	26
6.3.1 Berichtete Ergebnisse	26
6.3.2 Bewertung und Anpassungen des Gutachters	26
7 KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereiches der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft	27
7.1 Fossil betriebene Blockheizkraftwerke	27
7.1.1 Bestand an BHKW unter 1 MW	28
7.1.2 Strom- und Wärmeerzeugung aus BHKW unter 1 MW	30
7.1.3 Vergleich der berechneten Stromerzeugung aus BHKW unter 1 MW mit vorhandenen Quellen	32
7.2 Biogen betriebene KWK-Anlagen	35
7.2.1 Einleitung	35
7.2.2 KWK-Stromerzeugung der Biomasse-Anlagen	37
7.2.3 KWK-Wärmeerzeugung der Biomasse-Anlagen	46

8	Zusammenführung der Einzelergebnisse	47
8.1	Vorbemerkungen	47
8.2	Strom- und Wärmeerzeugung	47
8.2.1	Exkurs zum Einfluss der Gradtagszahlen auf die Wärmeerzeugung von KWK-Anlagen	48
8.3	CO ₂ -Emissionsfaktoren	49
8.3.1	Vorbemerkungen	49
8.3.2	Müll (Allgemeine Versorgung, Zeitreihe)	49
8.3.3	Sonstige Gase (Industrielle Kraftwirtschaft, Zeitreihe)	50
8.3.4	Sonstige (Industrielle Kraftwirtschaft, Zeitreihe)	51
8.4	CO ₂ -Emissionen	52
8.5	Gesamtgerüst	52
8.5.1	Ergebnistabellen	54
8.5.2	Komponentenanalyse	62
8.5.3	Exkurs zum Referenzsystem	64
9	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	66
10	Literatur und Datenquellen	70
10.1	Literatur	70
10.2	Amtliche und Verbandsstatistiken sowie andere regelmäßig erhobene Daten	72
Anhang 1: KWK-Vereinbarung vom 19. Dezember 2003		73
Anhang 2: Fortschrittsberichte der Verbände sowie Anmerkungen zum Entwurf des KWK-Monitoringberichts		74
Anhang 3: Stellungnahme der Gutachter zu den Fortschrittsberichten und den Kommentaren zum Entwurf		80
Anhang 4: Zusätzliche Daten- und Berechnungsdokumentation		81

Tabellenverzeichnis

Tabelle 6-1:	Berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO ₂ -Emissionen im Rahmen des BDEW-Monitoringberichts, 1998-2009.....	22
Tabelle 6-2:	Anpassungen des Gutachters im Zahlengerüst des BDEW, 2009	23
Tabelle 6-3:	Berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO ₂ -Emissionen im Rahmen des VKU-Monitoringberichtes, 1998-2009.....	25
Tabelle 6-4:	Berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO ₂ -Emissionen im Rahmen des VIK-Monitoringberichtes, 1998-2009.....	26
Tabelle 6-5:	Anpassungen des Gutachters im Zahlengerüst des VIK, 2009	26
Tabelle 7-1	Entwicklung des Bestands fossil betriebener BHKW, 1986-2009	30
Tabelle 7-2:	KWK-Strom- und -Wärmeerzeugung sowie CO ₂ -Emissionen fossil betriebener BHKW, 1998-2009	31
Tabelle 7-3	Nach dem KWKG geförderte KWK-Strommengen, 2005-2011	32
Tabelle 7-4	KWK-Stromerzeugung fossiler BHKW unter 1 MW im Vergleich mit der Restgröße der privaten Stromerzeugung	34
Tabelle 7-5:	Stromerzeugung aus biogenen Energieträgern nach AGEE-Stat.....	35
Tabelle 7-6	Nach dem EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse	37
Tabelle 7-7:	Eigenbedarf nach Energieträgern	38
Tabelle 7-8:	Vergleich der Daten nach AGEE-Stat und der Vergütung biogener Stromerzeugung nach dem EEG (brutto).....	39
Tabelle 7-9:	Biogene Netto-Stromerzeugung.....	40
Tabelle 7-10	EEG-vergütete Stromeinspeisung sieben großer Papierwerke	41
Tabelle 7-11	Summen aus nach dem EEG vergüteter biogener Stromerzeugung und nicht vergüteter biogener Stromerzeugung der Papier- und Zellstoffindustrie.....	41

Tabelle 7-12:	Verwendete KWK-Anteile der Stromerzeugung	42
Tabelle 7-13:	Biogene KWK-Stromerzeugung (netto), abgeleitet aus den Daten von AGEE-Stat	43
Tabelle 7-14:	KWK-Stromerzeugung aus Biomasse-Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung der 066+067 des StBA.....	44
Tabelle 7-15:	Ermittlung der durchschnittlichen Stromkennzahlen für Biomasse	46
Tabelle 7-16:	KWK-Wärmeerzeugung von Biomasse-Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung	47
Tabelle 8-1:	Ableitung des CO ₂ -Emissionsfaktors für „Sonstige Gase“, 1998, 2008	51
Tabelle 8-2:	Ableitung des CO ₂ -Emissionsfaktors für „Sonstige“, 1998, 2003-2009	52
Tabelle 8-3:	KWK-Nettostromerzeugung nach Berichtskreis, 1998, 2003-2009	54
Tabelle 8-4:	KWK-Anteile 1998 und 2003-2009.....	55
Tabelle 8-5:	Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen nach Berichtskreis, 1998, 2003-2009	56
Tabelle 8-6:	Stromkennzahlen in KWK-Anlagen nach Berichtskreis, 1998, 2003-2009	57
Tabelle 8-7:	CO ₂ -Emissionen der Kraft-Wärme-Kopplung nach Berichtskreis, 1998, 2003-2009.....	58
Tabelle 8-8:	Spezifische CO ₂ -Emissionen der Kraft-Wärme-Kopplung nach Berichtskreis, 1998, 2003 -2009.....	59
Tabelle 8-9:	Spezifische CO ₂ -Emissionen der KWK-Stromerzeugung nach Berichtskreis, bereinigt um CO ₂ -Emissionen der KWK-Wärmeerzeugung, 1998, 2003-2009	59
Tabelle 8-10:	Jährliche CO ₂ -Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 1 (Strom: 770 g CO ₂ /kWh _{el} , Wärme: 295 g CO ₂ /kWh _{th}), 1998, 2003-2009	60
Tabelle 8-11:	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, 2003-2009	61

Tabelle 8-12:	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, 2003-2009	61
Tabelle 8-13:	Einfluss der einzelnen Komponenten zur CO ₂ -Minderung (Referenzsystem 1), 1998, 2003-2009.....	63
Tabelle 8-14:	Einfluss der einzelnen Komponenten zur CO ₂ -Minderung (Referenzsystem 2), 1998, 2003-2009.....	63
Tabelle 8-15	CO ₂ -Einsparungen gegenüber dynamischen Referenzsystem	65
Tabelle A- 1:	CO ₂ -Emissionsfaktoren.....	81
Tabelle A- 3:	KWK-Leistung, Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO ₂ -Emissionen von BHKW, 1998	83
Tabelle A- 4:	CO ₂ -Emissionen des Referenzsystems 1 (Strom: 770 g CO ₂ /kWh _{el} , Wärme: 295 g CO ₂ /kWh _{th}), 1998, 2003-2009	83
Tabelle A- 5:	CO ₂ -Emissionen des Referenzsystems 2 (Strom: 860 g CO ₂ /kWh _{el} , Wärme: 295 g CO ₂ /kWh _{th}), 1998, 2003-2009	84
Tabelle A- 6:	Jährliche CO ₂ -Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 2 (Strom: 860 g CO ₂ /kWh _{el} , Wärme: 295 g CO ₂ /kWh _{th}), 1998, 2003-2009.....	84

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	CO ₂ -Emissionen der Stromerzeugung sowie der öffentlichen Strom- und Wärmeversorgung von 1990 bis 2009	14
Abbildung 2-2:	CO ₂ -Emissionen der Stromerzeugung, gesamte Bruttostromerzeugung sowie spezifische Emissionen der Stromerzeugung von 1990 bis 2009	16
Abbildung 7-1	Installierte Leistung von fossil betriebenen BHKW mit Stilllegung nach 15 Jahren	29
Abbildung 7-2	Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse nach AGEE-Stat sowie der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft	45
Abbildung 8-1	Gradtagszahlen und KWK-Wärmeerzeugung	48
Abbildung 9-1:	Erzielte CO ₂ -Minderung durch KWK und Zielwerte der KWK-Vereinbarung (Referenzsystem 1)	68
Abbildung 9-2:	Erzielte CO ₂ -Minderung durch KWK und Zielwerte der KWK-Vereinbarung (Referenzsystem 2)	69
Abbildung A - 1:	Brennstoffmix der KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung, 2003-2009	82

1 Einleitung und Hintergrund

Mit der Unterzeichnung der am 25. Juni 2001 paraphierten „Vereinbarungen zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge, zur Minderung der CO₂-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 CO₂, mindestens aber 20 Mio. t CO₂ 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 CO₂-Minderungsmaßnahmen“ zur KWK-Vereinbarung sind folgende Maßnahmen aufgeführt, die im Jahr 2010 einen jährlichen Emissionsminderungsbeitrag von bis zu 25 Mio. t CO₂ 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 CO₂-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 technologie-spezifischen 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 CO₂-Minderungseffekte hinzuweisen. Die damit einhergehenden Fragen bilden seit langer Zeit einen kontroversen Diskussionsgegenstand und sind für das Monitoring der KWK-Vereinbarung letztlich entscheidend.

Die wesentlichen Zielstellungen des hier vorgelegten dritten (Teil-) Berichtes zum Monitoring der KWK-Vereinbarung für das Jahr 2009 sind vor diesem Hintergrund

- die Ergänzung und Überarbeitung der Datengrundlage für die Entwicklung der KWK-Stromerzeugung, die in Stadtwerken, kommunalen Unternehmen und Industriebetrieben, jedoch insbesondere auch im privaten und gewerblichen Bereich sowie der Landwirtschaft und damit außerhalb des Geltungsbereichs der unterzeichnenden Verbände stattfand und damit in den Monitoringberichten

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 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 2009 berichteten bzw. ermittelten Daten;
- eine Bewertung der Ergebnisse mit Blick auf die Zielerreichung.

Schließlich 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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-Minderungseffekte ist im Kapitel 8 dokumentiert. Im abschließenden Kapitel 9 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. Der Anhang 3 enthält eine Reihe ergänzender Daten.

Eine Reihe von Berichtsteilen hat sich gegenüber den vorhergehenden beiden Berichten des KWK-Monitorings (1998-2005 und 2005-2008) 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 Zahlengerüsts 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 dritten KWK-Monitoringberichts nicht erneut aufgeführt.

Die Berechnungen im Bereich kleiner KWK-Anlagen im privaten und gewerblichen Bereich sowie in der Landwirtschaft wurden gegenüber dem zweiten Bericht weiter verfeinert bzw. den neuen gesetzlichen Gegebenheiten (EEG-Novelle 2009) angepasst.

Die Bewertung des Zahlengerüsts für 2003 bis 2008 wurde im Rahmen der ersten beiden Monitoringberichte vorgenommen. Im Rahmen des dritten Monitoringberichtes wird eine Betrachtung der Entwicklung im Jahr 2009 vorgenommen. Wo relevant, wird dabei jeweils auf das in den vorhergehenden Berichten bewertete Zahlengerüst hingewiesen.

Die Verbände BDEW, VIK und VKU haben Anmerkungen zum Entwurf des KWK-Monitoringberichts eingereicht (Anhang 2.4 - 2.6). Die Anmerkungen wurden, wo relevant, in den Bericht eingearbeitet. Dies betrifft folgende Kapitel:

Kapitel 2: Formulierungsänderungen.

Kapitel 7.2: Die Methodik zur Ermittlung der biogenen KWK-Stromerzeugung außerhalb der statistischen Erfassung wurde überarbeitet. Die Papier- und Zellstoffindustrie wird nun einheitlich über die gesamte Zeitreihe unter Berücksichtigung der vergüteten und nicht-vergüteten Stromerzeugung in den Berechnungsgang integriert. Die Ermittlung der durchschnittlichen Stromkennzahl wurde nach vertiefenden Recherchen überarbeitet. Der KWK-Anteil für Anlagen mit Inbetriebnahme vor 2004 wurde nach einer Validierung beibehalten.

Kapitel 8.3.4: Formulierungsänderungen.

Kapitel 8.5 und 9: Aktualisierung des Gesamtgerüsts und der Schlussfolgerungen auf Basis der Änderungen in Kapitel 7.2. Aufnahme der Tabelle der absoluten Emissionsersparungen in das Kapitel.

Kleinere Änderungen wurden an anderen Stellen im Text vorgenommen, diese haben keine Auswirkungen auf die Substanz des KWK-Monitoringberichts.

Durch die Berücksichtigung der Anmerkungen der Verbände erhöht sich die gesamte CO₂-Minderung durch KWK gegenüber 1998 im Jahr 2009 um 0,3 Mio. t CO₂ im Vergleich zum Entwurf des Monitoringberichts. Durch die Überarbeitung der Zeitreihe in Kapitel 7.2 sind die CO₂-Minderungen der Jahre 2006-2008 um je rund 0,5 Mio. t CO₂ gesunken.

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 CO₂-Emissionshandelssystem der Europäischen Union). Diese Veränderungen der energiewirtschaftlichen und energie- bzw. umweltpolitischen Rahmenbedingungen haben sich auch in der Entwicklung der CO₂-Emissionen niedergeschlagen.

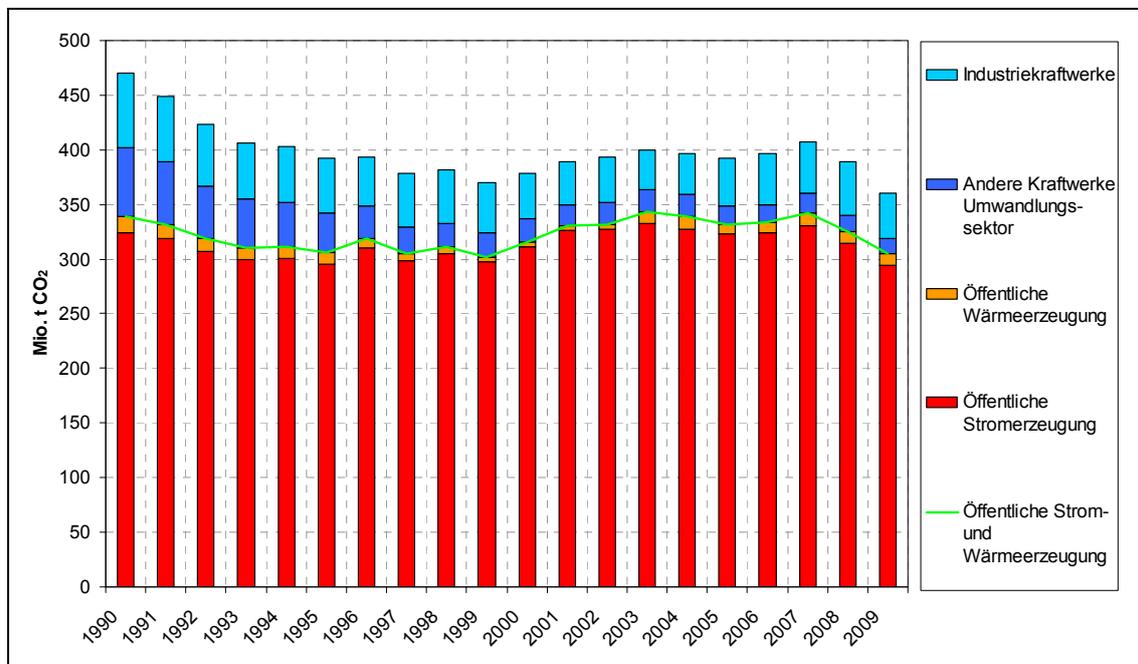
Die Zeitreihe der CO₂-Emissionen der Strom- und Wärmeerzeugung wurde für den diesjährigen Treibhausgas-Inventarbericht vollständig überarbeitet. Grund dafür ist eine methodische Änderung der Berücksichtigung der Verbrennung von Gichtgas (UBA 2011). In den früheren Jahren wurde für Gichtgas ein Emissionsfaktor von Null angesetzt, weil die kompletten CO₂-Emissionen des Reduktionsmitteleinsatzes der Hochöfen über den Kohlenstoffeinsatz in die Hochöfen berechnet wurden und damit in den deutschen Treibhausgasinventaren nicht der Stromerzeugung, sondern den prozessbedingten CO₂-Emissionen aus der Eisen- und Stahlerzeugung zugerechnet wurden. Ab der Berichterstattung 2011 werden die Emissionen der Gichtgasverbrennung für die gesamte Zeitreihe den entsprechenden Kraftwerken zugeordnet. Dadurch ergibt sich ein genereller Anstieg der CO₂-Emissionen der Stromerzeugung von rund 5 %, der besonders im Bereich der industriellen Kraftwerke zu verzeichnen ist.

Das Emissionsniveau der Stromerzeugungsanlagen in Deutschland (ohne Heizwerke der öffentlichen Versorgung) stieg damit für das Jahr 1990 gegenüber dem vorherigen Inventarbericht um rund 15 Mio. t CO₂ auf knapp 456 Mio. t CO₂, im Jahr 1998 liegen die Emissionen durch die Neuberechnung sogar um 19 Mio. t CO₂ höher, bei 376 Mio. t CO₂. Für das Jahr 2009 ergeben sich knapp 350 Mio. t CO₂². Die Auswirkungen der Neuberechnung sind für die öffentliche Strom- und Wärmeversorgung (d.h. Kraftwerke und Heizwerke) dagegen geringer. So werden dieser im Jahr 1990 mit 339 Mio. t CO₂ nur knapp 3 Mio. t CO₂ mehr Emissionen zugerechnet. Für die Jahre 1998 und 2009 ergeben sich danach 311 bzw. 305 Mio. t CO₂. In Abbildung 2-1 ist die Entwicklung der

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. CO₂-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.

CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung sowie der öffentlichen Strom- und Wärmeerzeugung im Überblick dargestellt.

Abbildung 2-1: CO₂-Emissionen der Stromerzeugung sowie der öffentlichen Strom- und Wärmeerzeugung von 1990 bis 2009



Quellen: Umweltbundesamt, Berechnungen Öko-Institut.

Die folgenden Entwicklungen werden in Abbildung 2-1 erkennbar:

- Vor allem geprägt durch die Auswirkungen der deutschen Vereinigung sowie der damit einhergehenden Modernisierungsprozesse sind die CO₂-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 Wärmeerzeugung wieder ein Anstieg der CO₂-Emissionen zu verzeichnen. Die Höhe der CO₂-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 CO₂-Emissionen gekennzeichnet: Im Vergleich zum Jahr 2007 sind die Emissionen um 11 % bei der öffentlichen Stromerzeugung und um 12 % bei der öffentlichen Wärmeerzeugung gesunken.
- Der Anteil der CO₂-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 CO₂-Emissionen aus der öffentlichen Wärmeversorgung (d.h. in Heizwerken – ohne Kraft-Wärme-Kopplung) sind bis 2002 deutlich zurückgegangen. Seit 2003 schwanken die CO₂-Emissionen umbuchungsbedingt auf deutlich höherem Niveau³ 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:

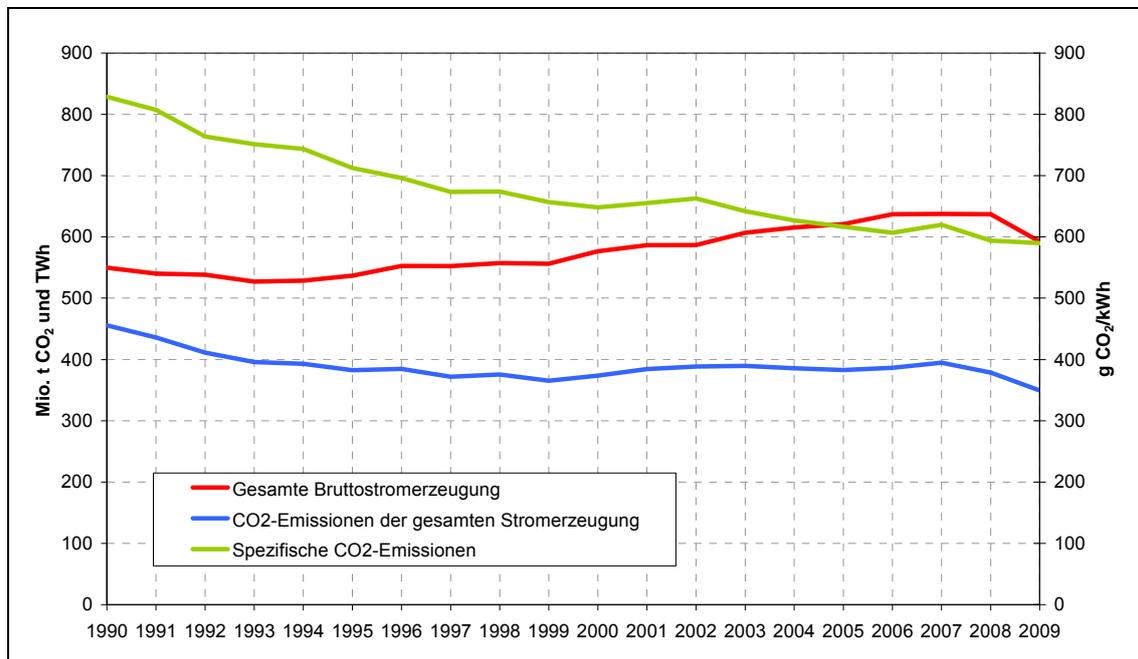
- Die Emissionen der gesamten Stromerzeugung (ohne Wärmeversorgung) lagen im Jahr 2008 um 17 %, 2009 sogar um 23 % unter den Werten für das Jahr 1990. Im Vergleich zu 1998 lagen die CO₂-Emissionen im Jahr 2008 auf dem gleichen Niveau, im Jahr 2009 um 7 % darunter
- Die Emissionen der öffentlichen Strom- und Wärmeversorgung lagen im Jahr 2009 um 10 % unter den Werten für 1990. Im Vergleich zu 1998 lagen die CO₂-Emissionen im Jahr 2008 noch um 4,5 % höher, im Jahr 2009 um knapp 2 %, unter dem Wert des Basisjahrs.

Für die weitergehende Analyse der Entwicklung der Emissionen wird diese ins Verhältnis gesetzt zu deren zentraler Determinante, der Brutto-Stromerzeugung. In Abbildung 2-2 werden beide Trends sowie die daraus resultierenden spezifischen Emissionen der (Brutto-) Stromerzeugung in Deutschland 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: CO₂-Emissionen der Stromerzeugung, gesamte Bruttostromerzeugung sowie spezifische Emissionen der Stromerzeugung von 1990 bis 2009



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

Die Zusammenstellung verdeutlicht, dass die Emissionsentwicklung nicht dem Trend der Bruttostromerzeugung folgt, denn die Bruttostromerzeugung stieg von 550 TWh im Jahr 1990 auf 637 TWh im Jahr 2008 an. (Krisenbedingt sank die Bruttostromerzeugung im Jahr 2009 auf 593 TWh.) Gleichzeitig nahmen die CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung von 456 auf 379 Mio. t CO₂ ab (und sanken im Jahr 2009 noch weiter auf 350 Mio. t CO₂). Damit ergibt sich ein über die gesamte Zeitreihe nahezu stetig sinkender Wert der spezifischen CO₂-Emissionen von 828 g CO₂/kWh auf 590 g CO₂/kWh.

In den 1990er Jahren zeigt sich ein besonders starker Rückgang der spezifischen CO₂-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 CO₂-Emissionen steigen bis zum Jahr 2002 wieder an. Von diesem Zeitpunkt an sinken die spezifischen Emissionen erneut bis auf das Jahr 2007 stetig. Von 2008 auf 2009 führten die Auswirkungen der Wirtschaftskrise zu einer deutlichen Abnahme der Stromerzeugung um 7 %, etwas stärker sanken die CO₂-Emissionen der Stromerzeugung, so dass sich die niedrigsten spezifischen Emissionen dieser Zeitreihe ergeben.

Die Reduktion der spezifischen CO₂-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 2008 gefördert.

Die hier dargestellten spezifischen CO₂-Emissionen der Stromerzeugung enthalten eine Unschärfe in Bezug auf die KWK: Da die Daten über die CO₂-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 CO₂-Emissionen für Strom, die die Entwicklung der KWK beinhaltet aber nicht beschreibt. In Bezug auf die spezifischen CO₂-Emissionen der Stromproduktion kann ein verstärkter Einsatz der KWK durchaus auch zu einem Anstieg der spezifischen CO₂-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 2005 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 CO₂-Minderungseffekte durch die Kraft-Wärme-Kopplung

Die CO₂-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:

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

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 Vergleichssysteme 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 CO₂/kWh (Strom-Referenzsystem 1) bis 860 g CO₂/kWh (Strom-Referenzsystem 2);
- für die ungekoppelte Wärmeerzeugung ein Wert von 295 g CO₂/kWh.

Berücksichtigt werden für die Ermittlung der CO₂-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. In der Folge wurden vom VKU Aktualisierungen bzw. Änderungen an den entsprechenden Zahlengerüsten und den dazugehörigen Berichten vorgenommen.

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

- Bericht des BDEW „*Bericht für das Jahr 2009 des BDEW (Teilbericht 2) zur Verifikation der Vereinbarungen zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge und zur Minderung der CO₂-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung*“ mit Stand vom 20. September 2010;
- Bericht des VKU „*Bericht des VKU zur Umsetzung der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO₂-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 9.11.2000, Zeitraum 2009*“ mit Stand vom 15. März 2011;
- Bericht des VIK „*VIK-Monitoringbericht 2006-2009 zur Verifikation der Vereinbarungen zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge und zur Minderung der CO₂-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung*“ mit Stand vom 15. Oktober 2010.

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 2009 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 2010).

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 CO₂-Emissionsfaktoren, wie sie in den RWI-Monitoringberichten (RWI 2010) 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 CO₂-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 Gesamtdatengerüsts

Bei der Erstellung des Gesamtdatengerüsts 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 Gesamtdatengerüsts wird in Kapitel 8 dargestellt.

3. Ermittlung der CO₂-Emissionen sowie der CO₂-Minderungseffekte

Auf Grundlage des im zweiten Schritt erstellten Gesamtmengengerüsts werden die CO₂-Emissionen der in den verschiedenen Berichtskreisen erfassten KWK-Anlagen sowie die im Referenzfall der ungekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung zuzurechnenden CO₂-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. Der zweite Teil, der in dem vorhergehenden Bericht enthalten war und einen Vorschlag zur Quantifizierung der KWK-Stromerzeugung aus Biomasse-Anlagen zum Inhalt hatte, wurde nicht überarbeitet und entfiel, da die detaillierte Berechnung von den Gutachtern durchgeführt wird (Abschnitt 7.2).

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 2009 wurden die CO₂-Emissionen der KWK-Anlagen ermittelt.

Im Vergleich zum zweiten Monitoring-Bericht 2005-2008 blieb die Klassifizierung der vom BDEW aufgeführten Energieträger unverändert, die neue Unterteilung des Statistischen Bundesamtes der Abfall-Kategorie in Industrieabfall und Abfall (Hausmüll und Siedlungsabfälle) wurde nicht übernommen. Die Emissionsfaktoren sind gegenüber dem letzten Jahr konstant geblieben.

Die CO₂-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 CO₂-Emissionen.

Tabelle 6-1: Berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO₂-Emissionen im Rahmen des BDEW-Monitoringberichts, 1998-2009

	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
KWK-Stromerzeugung (TWh)	34,2	50,3	52,4	52,3	54,0	51,9	53,8	50,5
KWK-Wärmeerzeugung (PJ)	288,1	338,3	360,6	365,2	365,1	348,1	355,4	343,3
CO ₂ -Emissionen (Mio. t)	38,3	51,9	53,5	51,2	49,4	46,5	48,6	47,2

Quelle: BDEW-Monitoringbericht.

6.1.2 Bewertung und Anpassungen des Gutachters

Die vom BDEW durchgeführte Ableitung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung für die Jahre 2003 bis 2009 entspricht dem abgestimmten Vorgehen für die KWK-Monitoringberichte und kann damit prinzipiell als plausibel bezeichnet werden.

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

Anpassungen im Bereich des Überlappungsbereichs mit dem Zahlengerüst des VKU und für die anzuwendenden CO₂-Emissionsfaktoren sowie das angepasste Gesamtdatengerüst werden in Kapitel 8 dargestellt.

Tabelle 6-2: Anpassungen des Gutachters im Zahlengerüst des BDEW, 2009

Variable, Parameter	Ursprünglicher Wert	Angepasster Wert	Begründung
Andere Braunkohlenprodukte (GJ)	5.738.893	-	Andere Braunkohleprodukte werden durch eine größere Detaillierung von Brennstoffen, wie in Tabelle 066 der amtlichen Statistik verfügbar, ersetzt.
Braunkohlenkoks (GJ)		42.271	
Wirbelschichtkohle (GJ)		1.339.900	
Staub- und Trockenkohle (GJ)		4.150.021	
Sonstige Braunkohlen (GJ)		206.701	
Nicht-erneuerbare Abfälle, Abwärme etc.	77.243.172		Seit 2009 wurde eine neue Untergliederung des Abfalls in Tabelle 066 eingeführt
Industrieabfall		8.919.104	
Abfall (Hausmüll, Siedlungsabfall)		68.324.068	

Quellen: *BDEW-Monitoringbericht, Statistisches Bundesamt, Tabelle 066 (2009).*

Der BDEW folgt mit der geringeren Aufschlüsselungstiefe bei den Braunkohlenprodukten der AG Energiebilanzen. Hinsichtlich der Unterteilung der Abfallkategorien nimmt der BDEW an, dass die Emissionsfaktoren für beide Abfallkategorien gleich bleiben können und deshalb eine Unterteilung dieser Kategorien nicht zu genaueren Ergebnissen führt. Die Anpassung des Gutachters im Rahmen des KWK-Monitoring setzt auf den Daten des Statistischen Bundesamtes auf und berücksichtigt deshalb grundsätzlich die dort durchgeführte Untergliederung. Die untergliederte Müllkategorie wird jedoch im Gesamtgerüst für das Jahr 2009 noch nicht mit differenzierten Emissionsfaktoren unterlegt, da die Kategorien bislang auch im Treibhausgasinventar noch nicht unterschiedlich bewertet werden. Erst im kommenden Jahr ist damit laut Auskunft des Umweltbundesamtes zu rechnen (siehe dazu Kapitel 8.3.2).

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 2008 und 2009 beruht das Zahlengerüst auf den Angaben von 193 bzw. 201 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 betrug in den vorhergehenden KWK-Monitoringberichten pauschal 0,8; nach der Prüfung und Bewertung des Gutachters wurde dieser angepasst an die jährlichen Nutzungsgrade, die sich aus der Statistik für die allgemeine Versorgung ergeben und zwischen 0,75 und 0,79 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. Der Datensatz wurde dem Öko-Institut unter Maßgabe der Beachtung der Vertraulichkeit zur Verfügung gestellt.

Die CO₂-Emissionen ergeben sich aus den ermittelten Brennstoffeinsätzen und CO₂-Emissionsfaktoren, die auf Bitte des Gutachters seit diesem Bericht auch rückwirkend an die des Monitoringberichtes angepasst worden sind.

Die CO₂-Emissionen des Referenzsystems ergeben sich aus der ermittelten KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie den Emissionsfaktoren für das Referenzsystem ungekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung. Auch an dieser Stelle fand eine rückwirkende Anpassung an den Monitoringbericht statt: Bislang wurden durch den VKU Netz-Wärmeverluste bei den Berechnungen berücksichtigt. Im KWK-Monitoringbericht wird jedoch auf Grund der verschiedenartigen Systeme die Wärmenetzeinspeisung direkt in Ansatz gebracht, wodurch eine Betrachtung der Netzverluste aus Konsistenzgründen entfällt.

Tabelle 6-3 gibt einen Überblick über die vom VKU berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie über die entsprechenden CO₂-Emissionen.

Tabelle 6-3: *Berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO₂-Emissionen im Rahmen des VKU-Monitoringberichtes, 1998-2009*

	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
KWK-Stromerzeugung (TWh)	14,3	17,4	17,5	19,5	21,8	20,9	21,3	22,5
KWK-Wärmeerzeugung (PJ)	121,0	129,9	128,6	129,8	130,3	126,6	128,7	127,7
CO ₂ -Emissionen (Mio. t)	15,5	17,4	17,1	17,8	17,4	16,8	17,2	18,0

Quelle: VKU-Monitoringbericht.

Durch die Verwendung der in diesem Bericht angesetzten Emissionsfaktoren und der geringeren Nutzungsgrade ergeben sich für die Jahre 2005 bis 2008 höhere CO₂-Emissionen im Vergleich zum vorherigen Bericht: so stiegen z.B. die Emissionen im Jahr 2008 durch die Rekalkulation von 16,5 auf 17,2 Mio. t. CO₂.

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. Die Empfehlung der Gutachter aus dem Vorjahr, nämlich die KWK-Wärmeerzeugung direkt von den beteiligten Unternehmen zu erheben, wurde umgesetzt.

99 % der von den Mitgliedsunternehmen gemeldeten installierten elektrischen Leistung beruht auf Anlagen über 1 MW, ebenso groß ist der Anteil der KWK-Stromerzeugung aus diesen Anlagen. Die Daten der Anlagen über 1 MW werden verpflichtend seit 2003 innerhalb der amtlichen Statistik der allgemeinen Versorgung (Tabelle 066) erhoben. Durch die Verwendung dieser Statistik für das Gesamtgerüst sind damit 99 % der Anlagen des VKU erfasst, für die verbleibenden 1 % kann angenommen werden, dass sie in dem Ansatz zur Erfassung der Anlagen unter 1 MW im Kapitel 7 enthalten sind. Daher werden an dieser Stelle keine Anpassungen im VKU-Datengerüst vorgenommen. Innerhalb des Gesamtgerüsts (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. Im VIK-Monitoringbericht wurden diese Werte übernommen. Mit geeigneten CO₂-Emissionsfaktoren wurden aus den Brennstoffeinsätzen CO₂-Emissionen berechnet.

Die CO₂-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 CO₂-Emissionen.

Tabelle 6-4: Berichtete KWK-Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO₂-Emissionen im Rahmen des VIK-Monitoringberichtes, 1998-2009

	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
KWK-Stromerzeugung (TWh)	25,0	23,5	22,9	25,6	25,7	25,8	25,7	26,2
KWK-Wärmeerzeugung (PJ)	313,2	294,9	278,9	287,9	281,9	287,3	286,4	282,5
CO ₂ -Emissionen (Mio. t)	40,0	31,1	29,6	30,5	30,4	30,2	30,7	29,5

Quelle: VIK-Monitoringbericht.

6.3.2 Bewertung und Anpassungen des Gutachters

Die vom VIK durchgeführte Ableitung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung für das Jahr 2009 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.

Anpassungen ergeben sich ausschließlich aus der (leichten) Korrektur verwendeter Werte in Anlehnung an die aktualisierte amtliche Statistik (Tabelle 6-5). Bezug der Anpassungen ist jeweils das vom VIK vorgelegte Zahlengerüst in Excel-Format.

Tabelle 6-5: Anpassungen des Gutachters im Zahlengerüst des VIK, 2009

Jahr	Brennstoff (TJ)	Ursprünglicher Wert	Angepasster Wert	Begründung
2009				
	Steinkohle	30.639	35.888	Weiterverwendung der genauen Werte aus der aktualisierten amtlichen Statistik (Tabelle 067)
	sonst. Gase	11.059	11.058	
	Kokereigas	2.566	2.944	
	Heizöl, leicht	2.999	3.003	
	Heizöl, schwer	19.731	19.739	

Quelle: VIK-Monitoringbericht, Statistisches Bundesamt, Tabelle 067 (2009).

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 werden einzelne Parameter wie die Laufzeit und die Vollbenutzungsstunden an aktuelle Rechercheergebnisse angepasst. Außerdem wird ein Abgleich der erhobenen Leistungen und ermittelten Strommengen mit verschiedenen Quellen durchgeführt. Die Beschreibungen des Rechengangs sowie die erwähnten Untersuchungen werden in Abschnitt 7.1 erläutert.

Im KWK-Monitoringbericht 2005-2008 wurde die Berechnung im Bereich der biogenen KWK-Stromerzeugung erstmals auf Basis verfügbarer Daten der AGEE-Stat und der Bundesnetzagentur abgeleitet. Damit umfasst die KWK-Stromerzeugung aus biogenen Brennstoffen neben BHKW auch andere (kleine) KWK-Anlagen. Dieser Ansatz für die Biomasse-Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung nach Tabelle 066 und 067 des Statistischen Bundesamtes musste bedingt durch die EEG-Novelle 2009 umgearbeitet werden. Die Beschreibung der Datengrundlage und Methodik sowie die Ableitung des Zahlengerüsts wird in Abschnitt 7.2 beschrieben.

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.

Die Stromerzeugung aus fossilen BHKW erfolgt vollständig im KWK-Betrieb, für den feste Verhältnisse zwischen der Stromerzeugung und der damit verbundenen Wärmeerzeugung vorliegen. Somit kann ein KWK-Anteil von 100 % angesetzt und für die Berechnung der Wärmeerzeugung eine durchschnittliche Stromkennzahl verwendet werden. Für die Ermittlung der Brennstoffeinsätze der BHKW wird ein durchschnittlicher Gesamtnutzungsgrad angesetzt. Bei der anschließenden Berechnung der CO₂-Emissionen wird in diesem Jahr erstmalig 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

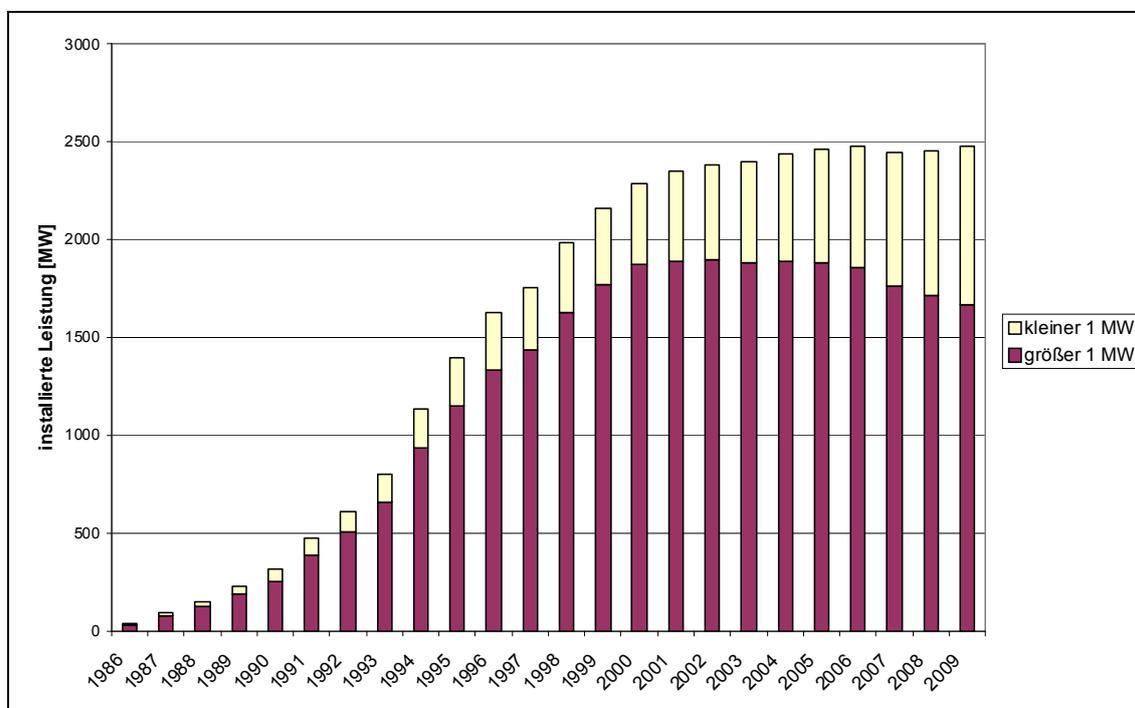
Seit dem Jahr 2002 wird die jährlich abgesetzte elektrische Leistung, die mit der BHKW-Umfrage erhoben wird, zur Ermittlung des BHKW-Bestands verwendet. Vergleiche mit anderen Datenquellen haben bestätigt, dass im Bereich der fossilen Anlagen mit der Umfrage eine sehr gute Abdeckung des Gesamtmarktes 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: Im Monitoring-Bericht 2005-2008 wurde die Stilllegung nach zehn Jahren angenommen. Nach Gesprächen mit Herstellern wird diese Annahme für den vorliegenden Bericht revidiert. Generell rechnet man in Westeuropa mit 64.000 Benutzungsstunden bis zu einer Grundüberholung der Motoren. Bei durchgängig laufenden Motoren sind das acht Jahre, im Durchschnitt ergeben sich 10 Jahre, bei kleineren BHKW unter 50 kW werden geringere Betriebsstundenzahlen angesetzt. Nach dieser Grundüberholung laufen die Anlagen dann etwa erneute 64.000 Benutzungsstunden, so dass sich Laufzeiten von 15 bis 20 Jahren ergeben. Theoretisch könnte eine neue Grundüberholung erfolgen, meistens jedoch müssen noch weitere Aggregate und Anlagenkomponenten überholt werden, wodurch sich ein Neukauf mit zusätzlich höheren Wirkungsgraden

wirtschaftlicher gestaltet. Bei einer Grundüberholung werden die Motoren in Einzelteilen überholt, so dass sich die überholten Motoren (im Gegensatz zu der Annahme im zweiten Monitoringbericht) sich nicht in den erhobenen Absatzzahlen für neue Motoren wiederfinden. Aus diesen Erwägungen erscheint eine längere Laufzeit der BHKW im Bestandsmodell angemessen. Als Durchschnittswert für kleine und große Motoren werden deshalb jetzt 15 Jahre angesetzt, gerechnet vom Jahr der Meldung in der Umfrage.

Mit den geänderten Laufzeiten der BHKW ergeben sich neue Zahlen zum Bestand an BHKW im Vergleich zu den Ergebnissen des Berichts 2005-2008, der neue Verlauf 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.

Während bei der Annahme von Stilllegungen nach zehn Jahren seit dem Jahr 2004 ein erheblicher Einbruch bei den Anlagen über 1 MW zu verzeichnen war, tritt dieser mit der Annahme einer längeren Lebensdauer deutlich gedämpfter auf. Dieses entspricht nach den Erkenntnissen der Gutachter auch eher der Realität. Insgesamt ergibt sich damit im Jahr 2009 eine installierte Leistung an fossilen BHKW von knapp 2.500 MW. 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.

Tabelle 7-1 Entwicklung des Bestands fossil betriebener BHKW, 1986-2009

Fossil betriebene BHKW	1986	1990	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	MW _d									
Zubau	39	85	232	70	95	102	106	128	149	205
kleiner 1 MW	7	15	42	37	41	50	60	87	86	98
größer 1 MW	32	70	190	33	54	53	46	40	63	106
Netto-Zubau	39	85	232	13	42	24	21	-33	9	17
kleiner 1 MW	7	15	42	27	32	35	45	58	61	65
größer 1 MW	32	70	190	-14	11	-12	-24	-92	-52	-48
Bestand	39	313	1.987	2.394	2.436	2.460	2.481	2.448	2.457	2.474
kleiner 1 MW	7	56	358	513	545	581	626	684	745	809
größer 1 MW	32	256	1.629	1.881	1.891	1.880	1.855	1.764	1.712	1.664

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

Bei den fossilen BHKW unter 1 MW fand ein jährlicher Anstieg der elektrischen Leistung des BHKW-Bestands statt von 7 MW im Jahr 1998 bis 809 MW im Jahr 2009. Bei den größeren Anlagen nahm die Leistung in der Summe seit dem Jahr 2004 ab, wenn auch durch die längeren Laufzeiten deutlich schwächer als in dem zweiten KWK-Monitoringbericht angenommen. Der Zubau im Bereich der kleinen Leistungen konnte bis auf das Jahr 2007 einen jährlichen Zuwachs des Gesamt-Bestands sichern.

Bei den Betrachtungen sind Umwidmungen und vorzeitige Stilllegungen bislang 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 besonders ab dem Jahr 2010 verstärkt zu rechnen, da die Förderung durch das KWKG in diesem Jahr für zahlreiche Anlagen ausgelaufen ist und diese durch die Umstellung auf die Verwendung biogener Energieträger eine Förderung durch das EEG erhalten könnten.

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 Vollast (4.273 für Anlagen größer 1 MW). Im vorherigen Monitoringbericht wurde angenommen, dass die durchschnittliche Vollaststundenzahl des BHKW-Bestands im Zeitverlauf linear auf 4.500 h/a im Jahr 2008 angestiegen ist. Diese Annahme erscheint durch weitergehende Recherchen als zu hoch und wird deshalb in diesem Bericht korrigiert.

Die detaillierte Liste der KWK-Anlagen, die der VKU für das Monitoring zur Verfügung gestellt hat, ermöglicht eine Berechnung durchschnittlicher Vollbenutzungsstunden für

Anlagen, die mit Erdgas betrieben werden, auf Basis der KWK-Leistung und KWK-Stromerzeugung. Die Betrachtung nach Größenklassenkategorien ergibt keinen eindeutigen Trend – die ermittelten Zahlen schwanken zwischen 4.220 h/a für Anlagen unter 50 kW, 3.950 h/a für Anlagen zwischen 50 und 1000 kW und 4.190 h/a für Anlagen zwischen 1 und 5 MW.

In verschiedenen anderen Quellen werden, insbesondere für Industrieanlagen, oftmals erheblich höhere Werte von bis zu 7.000 Stunden pro Jahr angenommen, aber auch deutlich niedrigere von 1.200 h/a für kleine BHKW in Schwarmkraftwerken. Insgesamt wird damit gerechnet, dass die durchschnittlichen Volllaststunden eher sinken werden, da die BHKW in Zukunft immer stärker stromgeführt gefahren werden.

Bei dem hier betrachteten Bestand an BHKW handelt es sich um Anlagen in allen Bereichen, also um kleine Anlagen zur Strom-Eigenverwertung sowie Anlagen in der Industrie oder solchen, die tatsächlich durch eine optimale Auslegung mit kombinierter Kälteerzeugung das ganze Jahr über in Volllast laufen können. Entgegen der Annahme im letzten Bericht wird die für das Jahr 1998 aus historischen Daten ermittelte Volllaststundenzahl bis 2009 fortgeführt. Für die in das Gesamtgerüst eingehenden Anlagen unter 1 MW liegt diese mit 3.577 h/a in einer auch im Vergleich mit anderen Quellen angemessenen Größenordnung. Eine Erhöhung der Volllaststundenzahlen im betrachteten Zeitraum lässt sich nach den durchgeführten Analysen nicht bestätigen.

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 2009.

Tabelle 7-2: KWK-Strom- und -Wärmeerzeugung sowie CO₂-Emissionen fossil betriebener BHKW, 1998-2009

	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Stromerzeugung, KWK (TWh)	7,7	9,9	10,0	10,1	10,2	10,0	10,0	10,0
davon < 1 MW	1,4	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9
davon ≥ 1 MW	6,3	8,0	8,1	8,0	7,9	7,5	7,3	7,1
Wärmeerzeugung, KWK (PJ)	43,6	55	56	56	56	55	55	55
davon < 1 MW	8,7	10	11	12	12	14	15	16
davon ≥ 1 MW	34,9	45	45	44	44	42	41	39
CO ₂ -Emissionen, KWK (Mio. t)	4,7	6,1	6,2	6,3	6,3	6,2	6,2	6,2
davon < 1 MW	0,9	1,2	1,3	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8
davon ≥ 1 MW	3,8	5,0	5,0	5,0	4,9	4,7	4,5	4,4

Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts.

Damit steigt die KWK-Stromerzeugung aus Anlagen kleiner 1 MW von 1,4 TWh im Jahr 2003 auf 2,9 TWh in 2009, parallel dazu steigt die Wärmeerzeugung von 8,7 auf 16 PJ. Trotz der reduzierten Volllaststunden überwiegt damit der Einfluss der längeren Laufzeiten der Anlagen, so dass sich im Vergleich zum Monitoringbericht 2005-2008 eine insgesamt höhere KWK-Strom- und Wärmeerzeugung aus kleinen fossilen Anlagen

ergibt. Durch die Neuberechnung ergeben sich auch leicht geänderte Werte für das Basisjahr 1998, diese sind in Tabelle A- 2 im Anhang dargestellt. Die Stromerzeugung aus größeren BHKW, die nicht in das Gesamtgerüst einfließt, ist seit dem Jahr 2004 im Sinken begriffen. Es wird im Allgemeinen erwartet, dass ab der Novelle des KWKG im Jahr 2009 die Inbetriebnahme von großen Anlagen wieder steigen wird, da diese bis zu dem Jahr von der Vergütung ausgeschlossen waren.

Für die Berechnung der CO₂-Emissionen wurde erstmalig nach mit Heizöl oder Erdgas betriebenen BHKW unterschieden. Im Jahr 2009 teilt sich der fossile BHKW-Bestand unter 1 MW auf in rund 700 MW gas- und 100 MW ölbetriebene BHKW. Die CO₂-Emissionen für kleine BHKW verdoppeln sich im Verlauf der Zeitreihe von 0,9 auf 1,8 Mio. t CO₂-Emissionen.

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 2009 (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 zum einen die Stromerzeugung der Anlagen bis 2 MW, die zwischen 2002 und 2009 in Betrieb gegangen sind, mit den Daten der Netzbetreiber zur Förderung nach dem KWKG verglichen. Zum anderen erfolgt eine Gesamtbetrachtung der Stromerzeugung in Deutschland.

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, 2005-2011

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

Quellen: Datenbasis zum KWKG 2005-2011 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 2010 eine KWK-Stromerzeugung von 2.124 GWh nach dem KWKG gefördert (siehe Tabelle 7-3). Mit den wie im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen konstant gehaltenen Volllaststunden, errechnet sich die Stromerzeugung aus Anlagen bis 2 MW, die ab 2002 als abgesetzt gemeldet worden sind, im Jahr 2009 zu 2.940 GWh.

Es erscheint hier angebracht, die geförderten KWK-Strommengen mit den Vorjahreswerten der BHKW-Datenbank zu vergleichen, da angenommen werden kann, 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 ging. Des Weiteren muss beachtet werden, dass nicht für alle fossilen Anlagen die Förderung durch das KWKG (bzw. KWKModG) beantragt wurde, z.B. da die Eigenstromerzeugung bis zur Novelle des KWKG nicht förderungswürdig war. Auch 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 begrenzt gegebene Vergleichbarkeit, stellt die höhere Stromerzeugung aus der BHKW-Datenbank die für die Berechnung gewählten Parameter nicht zwingend in Frage.

Vergleich mit der gesamten Brutto-Stromerzeugung

Grundlage für den Vergleich der errechneten KWK-Stromerzeugung mit der gesamten Stromerzeugung in Deutschland ist die Brutto-Stromerzeugung der Kohlenwirtschaft (AG STRERZ), die national und international Verwendung findet. Von dieser werden als statistisch sicher erfasste Größen die Brutto-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft (Tabellen 066 und 067) abgezogen. Die verbleibende Restgröße wird als die private Stromerzeugung angesehen, die hauptsächlich aus der Einspeisung durch Erneuerbare Energien besteht, aber auch die Stromerzeugung der hier betrachteten kleinen fossilen Anlagen beinhaltet.

Für die Quantifizierung der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien gibt es zwei Quellen, die in Frage kommen: Zum einen die Tabelle 070 des Statistischen Bundesamtes für die Erhebung über die Stromeinspeisung bei Netzbetreibern. Dort wird in Tabelle 2.1 das Stromaufkommen aus erneuerbaren Energien aufgeführt, wobei dort die selbst vermarkteten und selbstverbrauchten Strommengen nicht enthalten sind. In der Gesamtsumme grundsätzlich etwas niedriger liegen die Daten der AGEE-Stat, bei der Betrachtung einzelner Energieträger (z.B. Biomasse) liegen diese Daten jedoch auch zum Teil über denen der Tabelle 070. Damit wird offensichtlich, dass es noch Unsicherheiten bezüglich der privaten Stromeinspeisung gibt, so dass diese Untersuchung hauptsächlich der grundsätzlichen Plausibilisierung der Größenordnung der ermittelten KWK-Stromerzeugung dienen kann.

Von der Stromerzeugung durch Erneuerbare Energien müssen die Strommengen abgezogen werden, die in den Tabellen 066 und 067 bereits enthalten sind, da diese schon in dem vorhergehenden Rechenschritt Berücksichtigung fanden.

Die vorgestellten Zeitreihen werden in der folgenden Tabelle aufgeführt, wobei die Restgröße als „fossile Lücke“ jeweils mit den Daten der AGEE-Stat und der Tabelle 070 berechnet wird. Diese Restgröße müsste nach dem hier angewendeten Verfahren ausschließlich die Stromerzeugung von Anlagen unter 1 MW darstellen, die in fossil betriebenen Anlagen erzeugt wurde.

Tabelle 7-4 KWK-Stromerzeugung fossiler BHKW unter 1 MW im Vergleich mit der Restgröße der privaten Stromerzeugung

	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	in GWh							
Gesamte Brutto-Stromerzeugung nach STRERZ	557.303	606.674	615.279	620.572	636.938	637.228	637.097	593.189
Private Stromerzeugung (aus Differenz STERZ - StBA)	5.749	25.599	33.753	38.061	45.477	61.210	64.922	68.587
Stromerzeugung EE								
AGEE-Stat		44.995	56.052	62.112	71.488	87.927	92.989	94.600
Tab 070		47.112	59.470	64.533	72.445	88.971	92.963	95.317
Stromeinspeisung EE ohne AV + IKW								
AGEE-Stat			28.412	32.909	41.689	56.997	62.981	65.460
Tab 070			31.830	35.330	42.645	58.041	62.955	66.177
Restgröße								
AGEE-Stat			5.341	5.151	3.789	4.213	1.941	3.128
Tab 070			1.923	2.731	2.832	3.169	1.966	2.411
Stromeinspeisung fossiler BHKW bis 1 MW aus Öl-Datenbank mit Vbh 3577 und 15 Jahren Laufzeit	1.281	1.837	1.950	2.077	2.238	2.446	2.664	2.895

Quellen: Statistik der Kohlenwirtschaft, Statistisches Bundesamt, BMU 2010, BHKW-Umfrage Öko-Institut, eigene Berechnungen Öko-Institut.

Bis zum Jahr 2007 liegt die Stromeinspeisung der fossilen BHKW bis 1 MW nach der BHKW-Datenbank im Allgemeinen unter den in Tabelle 7-4 ermittelten Restgrößen, die aus der allgemeinen Bilanzierung resultieren. Im Jahr 2008 liegen die Ergebnisse der Tabelle 070 und der AGEE-Stat sehr nahe beieinander und zeigen einen sehr niedrigen Wert für die Restgröße mit knapp 2 TWh, die betrachtete BHKW-Stromerzeugung liegt dabei erstmals rund 0,7 TWh höher. Im Jahr 2009 sind beide Restgrößen wieder deutlich angestiegen, die ermittelte BHKW-Stromerzeugung liegt genau zwischen den Restgrößen nach AGEE-Stat und der Tabelle 070.

Damit erscheint die aus der BHKW-Datenbank berechnete BHKW-Stromerzeugung grundsätzlich in einer plausiblen Größenordnung zu liegen, da sie (bis auf 2007) unter oder zwischen den beiden errechneten Restgrößen für die Stromerzeugung aus fossilen Anlagen unter 1 MW liegt. Weitergehende Recherchen im nächsten KWK-Monitoring Bericht sollen die Differenzen der Daten von AGEE Stat und der Tabelle 070 weiter beleuchten, sowie die Frage nach der Größenordnung der Stromerzeugung aus fossil betriebenen nicht-BHKW Anlagen unter 1 MW untersuchen.

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-Betrieb⁵ 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 sind⁶.

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 2010). Die dieser Quelle entnommenen Zahlen zur biogenen Stromerzeugung in Deutschland sind in Tabelle 7-5 aufgeführt.

Tabelle 7-5: Stromerzeugung aus biogenen Energieträgern nach AGEE-Stat

Biogene Stromerzeugung nach AGEE-Stat	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	TWh _{el}							
Biomasse (fest, flüssig, gasf.)	0,33	4,57	6,11	9,02	12,81	17,78	20,91	24,12
Feste Biomasse	0,21	2,93	4,74	7,00	8,53	9,87	11,29	11,36
Flüssige Biomasse	0,00	0,16	0,26	0,33	0,94	1,49	1,48	2,01
Biogas	0,12	1,49	1,11	1,70	3,34	6,43	8,14	10,76
Deponiegas	0,68	0,70	0,99	1,07	1,09	1,01	0,94	0,81
Klärgas	0,63	0,82	0,86	0,89	0,94	0,98	1,02	1,06

Quelle: BMU 2010.

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 Daten enthalten die biogene Stromerzeugung durch Anlagen der Allgemeinen Versorgung, der kleinen, statistisch nicht erfassten Anlagen und seit dem Jahr 2000 auch die der industriellen Kraftwirtschaft. Es handelt sich bei diesen Zahlen um Bruttowerte, da üblicherweise der biogen erzeugte Strom vollständig eingespeist wird und der Eigenbedarf aus dem Netz bezogen wird. Deutlich zu erkennen ist, dass der Anstieg der biogenen Stromerzeugung hauptsächlich im Bereich der festen und gasförmigen Biomasse stattgefunden hat. Dabei ist eine stetige jährliche Dynamik beim Biogas zu beobachten, die bis zum Jahr 2008 ebenfalls bei der festen Biomasse stattfand. 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 Abfallablagere- 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 (18,8 GWh im Jahr 2009), dass sie hier nicht weiter berücksichtigt wird.

Gegenüber den im Monitoring-Bericht 2005-2008 verwendeten Daten liegen die Ergebnisse für die feste Biomasse in den Jahren 2007 und 2008 in der aktuellsten Fassung nach BMU (2010) etwas höher, im Jahr 2008 auch für die flüssige Biomasse. Bei Biogas wurde der Wert im Jahr 2008 ein wenig nach unten korrigiert.

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 2009 über die nach dem EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse nach Anlagen und Vergütungskategorien aufgeschlüsselt vor.

Die nach dem EEG vergütete Stromerzeugung ist niedriger als die nach AGEE-Stat berichtete, 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 %, die nach dem EEG vergütete Stromerzeugung nahm damit von 10,4 auf 23,0 TWh zu (Tabelle 7-6). 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 im Jahr 2006 auf 8,0 im Jahr 2009.

Tabelle 7-6 Nach dem EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse

Nach EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse	2006	2007	2008	2009
	TWh _{el}			
Gesamt	10,4	15,9	19,1	23,0
davon mit KWK-Bonus	1,2	3,7	6,8	8,0

Quellen: BNA 2011; 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 diese KWK-Stromerzeugung zu quantifizieren. Die Methodik für diese Abschätzung wird im folgenden Abschnitt erläutert.

Im Vergleich zum Monitoringbericht 2005-2008 musste das Vorgehen in Bezug auf die Berücksichtigung der Papier- und Zellstoffindustrie grundlegend überarbeitet werden: Da ein großer Teil der Differenz zwischen den Daten der AGEE-Stat und der BNA durch die nicht nach dem EEG vergütete biogene Stromerzeugung der Papier- und Zellstoffindustrie erklärt werden konnte und diese besonders hohe Anteile an KWK-Strom aufweist, wurde bislang die Brutto-Stromerzeugung der Papier- und Zellstoffindustrie vor dem Berechnungsgang von den Daten der AGEE-Stat abgezogen. Durch die Novelle des EEG im Jahr 2009 wird auch die Stromerzeugung von Anlagen über 20 MW vergütet, damit fällt seit 2009 mehr als die Hälfte der Papier- und Zellstoffindustrie unter die EEG-Vergütung. Ein Vorabzug der kompletten Brutto-Stromerzeugung ist somit nicht mehr zu rechtfertigen. In der überarbeiteten Methodik erfolgt deshalb 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 Eigenstrombedarf 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 Eigenstrombedarfs-Anteile die Netto-Stromerzeugung berechnet. Dazu wird der gewichtete Eigenstrombedarf 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 7-7 dargestellt.

Tabelle 7-7: Eigenbedarf nach Energieträgern

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

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

Für die feste Biomasse liegt der Eigenstromanteil konstant bei rund 10 %. Im Bereich der flüssigen Biomasse zeigt sich ein Anstieg des Eigenstrombedarfs von 2008 auf 2009 auf einen Wert von 16 %. Dieser beruht auf einer Umbuchung im Bereich der industriellen Stromerzeugung zwischen den Jahren 2008 auf 2009: Während bis zum Jahr 2008 beim Statistischen Bundesamt Schwarzlaugung als flüssige Biomasse kategorisiert wurde, wird diese seit 2009 wie bei der AGEE-Stat als feste Biomasse verbucht. Der Eigenstrombedarf bei Biogas sowie Deponie- und Klär gas schwankt recht stark. Dabei muss berücksichtigt werden, dass es sich hier um sehr niedrige Zahlen handelt, wodurch prozentuale Ausschläge stärker ausfallen: Die Netto-Stromerzeugung aus den drei letztgenannten Energieträgern betrug im Jahr 2009 zusammen nur 0,35 TWh, knapp 6 % der biogenen Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft.

Unter Annahme der jährlichen Eigenstromanteile ergibt sich die biogene Nettostromerzeugung auf Basis der AGEE-Stat Daten, die in Tabelle 7-9 aufgeführt sind.

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 7-12).

Für Deponie- und Klär gas 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 2011) 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 wurde bis zur Novelle des EEG im Jahr 2009 gar keine KWK-Vergütung gezahlt. Seit dem 1.1.2009 erhalten auch diese Anlagen unter bestimmten Voraussetzungen eine Vergütung der ohnehin erfolgenden KWK-Stromerzeugung innerhalb der Leistungszone von 500 kW. Außerdem erhalten diese Anlagen seit 2009 wie alle Anlagen mit einer Inbetriebnahme vor 2009 eine Vergütung für erstmalig im Jahr 2009 erzeugten KWK-Strom. Für den KWK-Anteil diese Anlagen muss eine geeignete Abschätzung erfolgen.

Den Daten der Bundesnetzagentur (BNA 2011) 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 2009 nach vier verschiedenen Bonus-Typen vergütet wird (KWK, K09, KA3 und K).

Für biogen betriebene Anlagen erfolgt in den Daten der BNA (2011) keine weitere Untergliederung nach festen, flüssigen oder gasförmigen Energieträgern. Klär- und Depo-niegas 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
	TWh _{el}			
Nach AGEE-Stat	12,81	17,78	20,91	24,12
Vergütung nach dem EEG Bundesnetzagentur (Ableitung Öko-Institut)	10,43	15,88	19,05	22,98
davon				
IBN vor 2004	5,16	5,20	4,94	5,24
IBN ab 2004	5,27	10,69	14,12	17,74
KWK (IBN vor 2004)				0,26
KWK (IBN ab 2004)	1,21	3,73	6,84	7,78

Quellen: BMU 2010, Bundesnetzagentur 2011, 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, der Anteil der nach dem EEG vergüteten biogenen Stromerzeugung an der gesamten biogenen Stromerzeugung steigt damit von 81 % auf 95 %. Im Jahr 2009 entfallen 77 % der gesamten biogenen Stromerzeugung, also 17,74 TWh, auf Anlagen, die nach dem 1.1.2004 in Betrieb gegangen sind (siehe Tabelle 7-9). Die erstmalig im Jahr 2009 für KWK-Anlagen mit Inbetriebnahme vor 2004 vergütete KWK-Stromerzeugung beträgt mit 0,26 TWh nur 3 % der gesamten vergüteten KWK-Stromerzeugung.

Die Netto-Stromerzeugung aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse nach AGEE-Stat wird nun in dem Verhältnis, wie es aus den Daten der BNA hervorgeht, auf die beiden Inbetriebnahme-Kategorien verteilt. Mit diesen Annahmen ergibt sich für die gesamte Zeitreihe eine jährliche Stromerzeugung von rund 5 TWh von Anlagen mit Inbetriebnahme vor 2004.

Tabelle 7-9: Biogene Netto-Stromerzeugung

	2006	2007	2008	2009
Aufteilung der vergüteten Stromerzeugung nach BNA Daten				
vor 2004	49%	33%	26%	23%
ab 2004	51%	67%	74%	77%
Biogene Nettostromerzeugung (aus AGEE-Stat-Daten)	TWh _{el}			
Biomasse ¹	10,29	14,92	17,32	22,24
IBN vor 2004	5,09	4,88	4,49	5,07
IBN ab 2004	5,20	10,04	12,83	17,17
Deponiegas	1,05	0,96	0,90	0,73
Klär gas	0,92	0,94	0,95	0,98
¹ fest+flüssig+gasförmig				

Quelle: *Annahmen und Berechnungen des Öko-Instituts.*

Die biogene Stromerzeugung der Papier- und Zellstoffindustrie umfasst etwa die Hälfte der gesamten biogenen Stromerzeugung der industriellen Kraftwirtschaft, und wird seit 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 bis 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 7-10 EEG-vergütete Stromeinspeisung sieben großer Papierwerke

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

Quellen: 2007-2008: Daten der BNA 2011 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 7-10 zu 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 5 auf 2 % weiter 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 7-11 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 kann⁷.

Tabelle 7-11 Summen aus nach dem EEG vergüteter biogener Stromerzeugung und nicht vergüteter biogener Stromerzeugung der Papier- und Zellstoffindustrie

Nach EEG vergütete Stromerzeugung aus Biomasse MIT der nicht vergüteten biogenen Stromerzeugung der Papier- und Zellstoffindustrie	2006	2007	2008	2009
	TWh _{el}			
Gesamt	11,6	17,0	20,2	23,7
davon mit KWK-Bonus	2,4	4,5	6,4	9,2
IBN vor 2004	0,7	0,7	0,6	1,0
IBN ab 2004	1,7	3,9	5,8	8,2

Quellen: BNA 2011, Statistisches Bundesamt (Tabelle 067), eigene Berechnungen des Öko-Instituts.

Die in Tabelle 7-11 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.

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

Für die Kategorie der Anlagen mit einer Inbetriebnahme ab 2004 wird nun die vergütete KWK-Stromerzeugung zu deren Gesamtstromerzeugung ins Verhältnis gesetzt, es ergibt sich für 2009 ein KWK-Anteil von 45 % (siehe Tabelle 7-12).

Für Anlagen mit Inbetriebnahme vor 2004 ergibt sich mit diesem Verfahren für das Jahr 2009 ein KWK-Anteil von 18 %. Dieser wird als zu gering angesehen. Es kann angenommen werden, dass für die meisten älteren Anlagen die Förderung der KWK-Stromerzeugung entweder aus Unkenntnis oder wegen formaler Hürden nicht beantragt wurde. Da es sich bei dem Jahr 2009 um das erste Jahr handelt, in dem eine Berücksichtigung möglich war, könnte im Jahr 2010 dieser Wert steigen, eventuell ergeben sich daraus dann neue Erkenntnisse. Bis dahin wird für Biomasse-Anlagen mit einer Inbetriebnahme vor 2004 solange durchgängig ein KWK-Anteil von 25 % ange- setzt, entsprechend dem Anteil aus dem ersten KWK-Monitoringbericht.

Dieser Wert lässt sich durch folgende Abschätzung für das Jahr 2003 bestätigen: Setzt man die biogene KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft (1,0 TWh) (StBA 066+067) ins Verhältnis zu der biogenen Stromerzeugung nach AGEE-Stat, ergibt sich ein KWK-Anteil von 22 %. Die nach dem EEG vergütete KWK-Stromerzeugung für Anlagen mit einer Inbetriebnahme vor 2004 beträgt 0,26 TWh (siehe Tabelle 7-8)⁸, davon entfallen 0,13 TWh auf Anlagen mit einer installierten Leistung unter 1 MW (von den größeren Anlagen kann angenommen werden, dass sie in der Statistik enthalten sind). Wird zu dem Betrag von 1,0 TWh aus der Statistik die vergüteten 0,13 TWh hinzu gerechnet, ergibt sich ein KWK-Anteil von 25 %. Wegen der Unschärfe der Vergütungskategorien für die alten Anlagen (siehe Fußnote) wird bei dieser überschlägigen Betrachtung pauschal auch die KWK-Stromerzeugung von Anlagen berücksichtigt, die erstmalig im Jahr 2009 im KWK-Strom erzeugten.

Tabelle 7-12: Verwendete KWK-Anteile der Stromerzeugung

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

Quellen: BNA 2011, Statistisches Bundesamt (Tabelle 067), eigene Berechnungen Öko-Institut.

⁸ Diese im Jahr 2009 vergütete KWK-Stromerzeugung lässt sich im Prinzip nach den Vergütungskategorien K09 (erstmalig in KWK erzeugter Strom) und KA3 („alter“ KWK-Strom in der Leistungszone bis 500 kW) untergliedern. Der Anteil von KA3 Strom ist sehr gering, auf Nachfrage bei den Übertragungsnetzbetreibern kann das an einer ungenauen Zuordnung von Anlagen zu den Kategorien liegen.

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.

Mit den oben dargestellten KWK-Anteilen ergibt sich die biogene KWK-Stromerzeugung auf Basis der biogenen Stromerzeugung nach AGEE-Stat (Tabelle 7-13).

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

KWK-Stromerzeugung (AV+IKW+Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung)	2006	2007	2008	2009
	TWh _{el}			
Nach AGEE-Stat	3,33	5,24	6,76	9,20
Biomasse	3,14	5,05	6,57	9,01
davon				
IBN vor 2004	1,41	1,35	1,25	1,30
IBN ab 2004	1,74	3,70	5,32	7,71
Deponiegas	0,05	0,05	0,04	0,04
Klärgas	0,14	0,14	0,14	0,15

Quellen: Statistisches Bundesamt (Tabellen 066 und 067), BMU 2010, BNA 2011, eigene Berechnungen Öko-Institut.

Damit beträgt die gesamte biogene KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung, der industriellen Kraftwirtschaft und der kleinen privaten Anlagen im Jahr 2009 9,2 TWh, gegenüber 2006 hat damit nahezu eine Verdreifachung stattgefunden.

Gegenüber dem vorhergehenden Monitoringbericht sind die Ergebnisse für die KWK-Stromerzeugung in den Jahren 2006 bis 2008 um etwa 15 % angestiegen, zum einen durch die neue detaillierte Berücksichtigung der vergüteten und nicht vergüteten Stromerzeugung der Papier- und Zellstoffindustrie, aber auch durch eine Aktualisierung der Daten von AGEE-Stat für die Jahre 2007 und 2008.

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

Von der angepassten KWK-Stromerzeugung nach AGEE-Stat wird im nächsten Schritt die KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft abgezogen. Für die allgemeine Versorgung liegen diese Zahlen seit 2001 in der Tabelle 066 des Statistischen Bundesamtes vor, für die industrielle Kraftwirtschaft seit 2005. Für den Bereich der allgemeinen Versorgung wird die Stromerzeugung der „Sonstigen Erneuerbaren Energien“ aus Tabelle 066 zu der der festen Biomasse addiert.

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: KWK-Stromerzeugung aus Biomasse-Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung der 066+067 des StBA

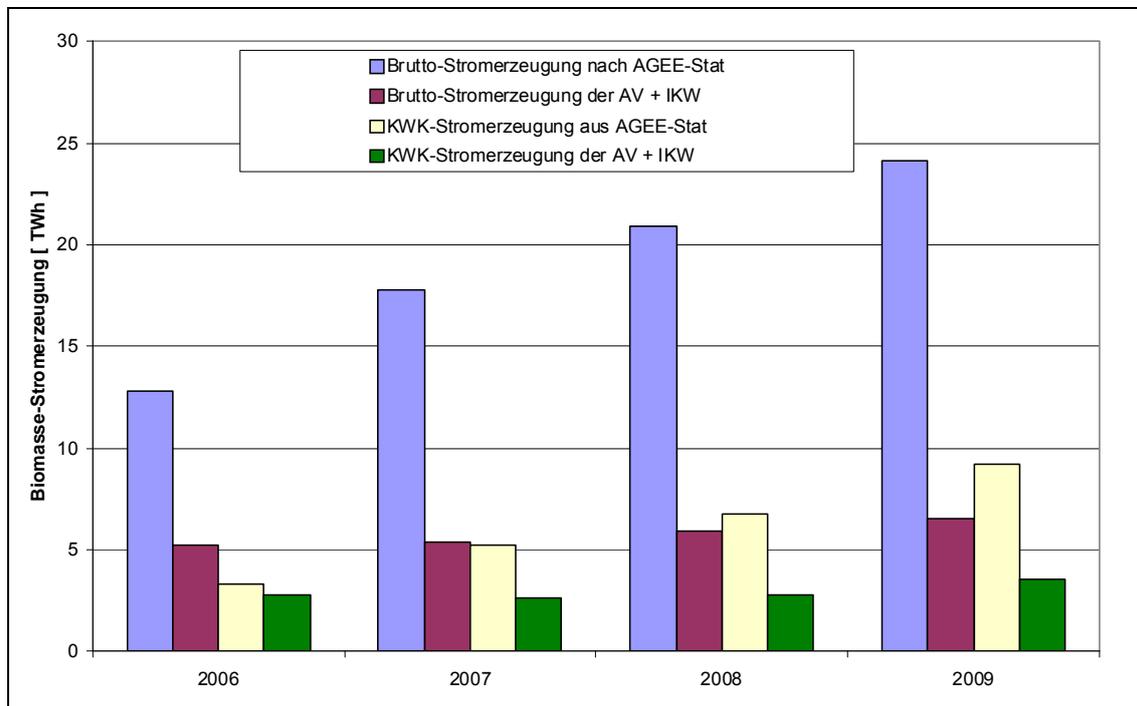
KWK-Stromerzeugung von Biomasse-Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung	2006	2007	2008	2009
	TWh _{el}			
AGEE-Stat, nach Abzug der AV und IKW	0,5	2,6	3,9	5,6
Biomasse	0,4	2,5	3,8	5,5
Deponiegas	0,0	0,0	0,0	0,0
Klärgas	0,1	0,1	0,1	0,1

Quellen: Statistisches Bundesamt (Tabellen 066 und 077), BMU 2010, BNA 2011, eigene Berechnungen Öko-Institut.

Die KWK-Stromerzeugung aus Biomasse-Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung beträgt damit im Jahr 2009 5,6 TWh und hat sich somit seit dem Jahr 2006 verzehnfacht, wobei die der Deponie- und Klärgasanlagen auf niedrigem Niveau verbleibt. Gegenüber dem zweiten Monitoringbericht sind die Ergebnisse für die Jahre 2006 bis 2008 nahezu gleich geblieben.

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

Abbildung 7-2 Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse nach AGEE-Stat sowie der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft



Quellen: Statistisches Bundesamt (Tabellen 066 und 077), BMU 2010, BNA 2011, eigene Berechnungen Öko-Institut.

Deutlich zu erkennen ist, dass der größte Treiber der Anstieg der Brutto-Stromerzeugung nach AGEE-Stat ist. Während die Brutto-Stromerzeugung und parallel dazu die KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft im betrachteten Zeitraum jeweils um etwa ein Drittel angestiegen sind, hat sich parallel dazu die Brutto-Stromerzeugung nach AGEE-Stat verdoppelt, die KWK-Stromerzeugung fast verdreifacht.

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 2009 ausschließlich installierte Leistungen unter einem Megawatt haben. Der Erfassungsgrad der Anlagen über 1 MW soll schon für das Jahr 2010 verbessert worden sein.

Es ist offensichtlich erforderlich, die biogene KWK-Stromerzeugung außerhalb der statistischen Erfassung zusätzlich im Gesamtgerüst zu berücksichtigen. Da die hier eingesetzten Energieträger als CO₂-neutral angesehen werden, ist eine nachträgliche Anpassung an das CO₂-Gesamtgerüst hingegen nicht erforderlich.

7.2.3 KWK-Wärmeerzeugung der Biomasse-Anlagen

Die KWK-Wärmeerzeugung wird mit Hilfe von 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) und des DBFZ (2009). Sie betragen 0,68 für Biogas, 0,91 für flüssige und 0,39 für feste Biomasse, 0,61 für Deponie- und 0,6 für Klärgas.

Die Aufteilung der KWK-Stromerzeugung auf die einzelnen Biomasseformen erfolgt in dem jährlichen Verhältnis der Stromerzeugung der einzelnen Energieträger, wie es sich nach Abzug der biogenen Brutto-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft von den Daten der AGEE-Stat ergibt. Damit unterscheiden sich die Werte leicht von denen des zweiten Monitoringberichts, da in diesem die Verhältnisse der Energieträgerformen in den AGEE-Stat verwendet wurden, ohne den Abzug der Daten des Statistischen Bundesamtes.

Des Weiteren fließen in die Ermittlung der durchschnittlichen Stromkennzahl pauschale Abschätzungen zum Anteil der KWK-Stromerzeugung pro Energieträger ein, die eine Expertenschätzung darstellen. Die Zahlen wurden so justiert, dass sich durch Multiplikation dieser KWK-Anteile mit den Daten der AGEE-Stat in Summe die KWK-Stromerzeugung aus Tabelle 7-13 ergibt. Alle erwähnten Annahmen sowie die sich daraus ergebenden Stromkennzahlen für die gesamte Biomasse sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 7-15 Ermittlung der durchschnittlichen Stromkennzahlen für Biomasse

	2006	2007	2008	2009
AGEE-Stat abzgl. Biogene Stromerzeugung der AV und IKW	TWh _{el}			
Feste Biomasse	5,1	6,1	7,0	5,4
Flüssige Biomasse	-0,4	0,0	0,0	1,5
Biogas	3,3	6,3	8,0	10,6
Prozentuale Anteile der Energieträger				
Feste Biomasse	64%	50%	47%	31%
Flüssige Biomasse	-5%	0%	0%	9%
Biogas	41%	51%	53%	60%
Durchschnittlicher KWK-Anteil pro Energieträger				
Feste Biomasse	15%	17%	18%	20%
Flüssige Biomasse	60%	65%	70%	75%
Biogas	35%	40%	45%	50%
Durchschnittliche Stromkennzahl für Biomasse	0,57	0,60	0,61	0,67

Quellen: BMU 2010, IE 2004, IE+Prognos 2006, DBFZ 2009, Abschätzungen BDEW+Öko-Institut, eigene Berechnungen.

Durch Division der KWK-Stromerzeugung durch die Stromkennzahl ergibt sich die Wärmeerzeugung der biogenen KWK-Anlagen, die nicht durch die Statistik erfasst werden (Tabelle 7-16).

Tabelle 7-16: KWK-Wärmeerzeugung von Biomasse-Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung

	2006	2007	2008	2009
	PJ			
Wärmeerzeugung biogener Anlagen außerhalb der stat. Erfassung	3,3	15,5	23,3	29,9
Biomasse	2,6	14,8	22,5	29,2
Deponiegas	0,0	0,1	0,1	0,1
Klärgas	0,6	0,7	0,6	0,7

Quellen: Berechnungen des Öko-Instituts.

Im Vergleich zum vorhergehenden Monitoringbericht ist die KWK-Wärmeerzeugung in den Jahren 2006-2008 durch die überarbeitete KWK-Stromerzeugung sowie Stromkennzahlen leicht gesunken.

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 kleinen 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 CO₂-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 2009 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 2009 werden zum Gesamtgerüst diejenigen fossilen BHKW hinzuaddiert, die eine installierte Leistung

kleiner einem Megawatt aufweisen (Tabelle 7-2). Damit unterscheidet sich der Durchschnitt zusätzlich zu addierenden fossil betriebener BHKW zwischen 1998 und 2003 bis 2009.

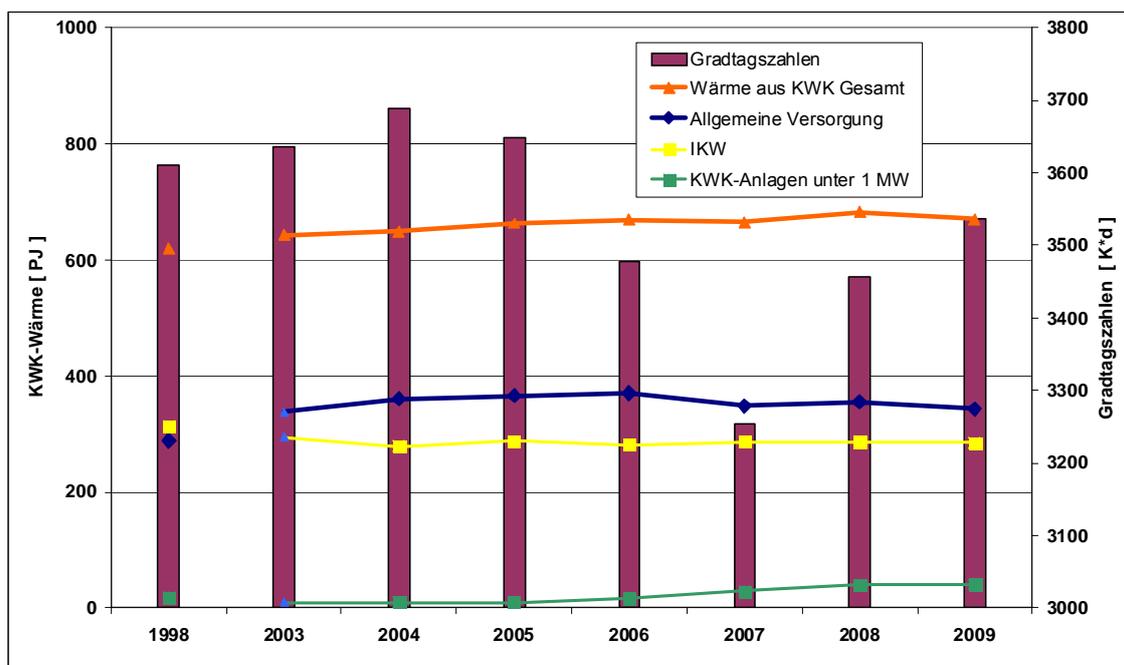
Zusätzliche nicht erfasste KWK-Strom- und Wärmeerzeugung aus kleinen biogen betriebenen KWK-Anlagen ist ab dem Jahr 2006 relevant und kann Tabelle 7-14 und Tabelle 7-16 entnommen werden.

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 keinen Einfluss auf die Bewertung der CO₂-Einsparung durch KWK haben würde.

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.

Bis zum Jahr 2006 steigt die KWK-Wärme der allgemeinen Versorgung 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. Die gesamte KWK-Wärmeerzeugung ist über die Jahre relativ konstant geblieben bei rund 650 PJ, die KWK-Wärme der KWK-Anlagen unter 1 MW stieg kontinuierlich parallel zu deren Ausbau. Grundsätzlich lässt sich an Hand dieses Bildes feststellen, dass kein Einfluss der Gradtagszahlen auf die Wärmeerzeugung durch KWK-Anlagen zu verzeichnen ist.

8.3 CO₂-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 CO₂-Emissionsfaktoren harmonisiert. Basis der Berechnungen sind die CO₂-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 (2010) 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 für die Jahre 2009 zusätzlich abgeleitet werden.

8.3.2 Müll (Allgemeine Versorgung, Zeitreihe)

Die Brennstoffkategorie „Müll“ ist notwendig für die Bestimmung der CO₂-Emissionen der allgemeinen Versorgung. Im BDEW-Monitoringbericht wurde ein Emissionsfaktor von 0,046 t CO₂/GJ angesetzt, was einem 50 %igen biogenen Anteil entspricht. Im VKU-Monitoringbericht wurde im Rahmen der Überarbeitung der verwendeten Emissionsfaktoren ein dem Vorgehen im KWK-Monitoring angepasster Emissionsfaktor von 0,051 t CO₂/GJ angesetzt.

Im Rahmen des Gesamtgerüsts für den KWK-Monitoringbericht wird der CO₂-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 CO₂-Emissionsfaktor mit 0,0468 t CO₂/GJ für 1998 bestimmt, in den folgenden Jahren nimmt er leicht ab (im Anhang).

Den Inventardaten lässt sich entnehmen, dass bis zum Jahr 2008 ein hälftiger Anteil an biogenem Müll angesetzt wurde. Im Jahr 2009 sank der biogene Anteil erstmalig deutlich auf 44 %, wodurch der Emissionsfaktor auf 0,051 t CO₂/GJ anstieg.

Zeitgleich erfolgte die Einführung des Industriemülls als neuer Kategorie in der Energiebilanz. Diese wurde parallel zur Energiebilanz seit dem Jahr 2009 sowohl in der Statistik der Tabelle 066, als auch im ZSE neu eingeführt. Damit untergliedert sich der Mülleinsatz zur Stromerzeugung in Industrieabfall und Abfall (Hausmüll, Siedlungsabfälle). Im deutschen Emissionsinventar wurden dem Industriemüll für das Jahr 2009 jedoch noch keine eigenen Werte zugeordnet, so dass dessen Emissionen noch in der Kategorie Hausmüll/Siedlungsabfall enthalten sind. Da bislang noch keine Informationen über die Zusammensetzung des Industriemülls vorliegen, wurde konservativ angenommen, dass er keine biogenen Anteile enthält⁹. Durch diese Annahme stieg der Anteil der fossilen Energieträger in der Kategorie Hausmüll/Siedlungsabfall auf 56 %, damit ergibt sich ein Emissionsfaktor von 0,051 t CO₂/GJ. Eine Erhöhung des fossilen Anteils am Müll, der für die Verbrennung genutzt wird, entspricht durchaus der allgemeinen Entwicklung: Biogener Müll (Papier, Nahrungsabfälle, Holz) wird verstärkt getrennt gesammelt und für andere Zwecke (wie z.B. Recycling und Vergärung) eingesetzt, damit steht er dem Entsorgungspfad der Verbrennung nicht mehr zur Verfügung. Da den Gutachtern noch keine genaueren Werte für die Kategorie Industriemüll verfügbar sind, wird der aus den Inventardaten ermittelte Wert für beide Kategorien der Statistik 066 verwendet.

Für das Jahr 2008 ergab sich eine Rekalkulation der Inventardaten, durch die der im letzten Monitoringbericht verwendete Emissionsfaktor von 0,0456 auf 0,0453 t CO₂/GJ korrigiert werden muss.

8.3.3 Sonstige Gase (Industrielle Kraftwirtschaft, Zeitreihe)

Die Ableitung eines CO₂-Emissionsfaktors für „sonstige Gase“ ist notwendig zur Berechnung der CO₂-Emissionen im Bereich der industriellen Kraftwirtschaft für alle Berichtsjahre. Im VIK-Monitoringbericht wird der im vorherigen Monitoringbericht seitens des Gutachters abgeleitete Emissionsfaktor von 0,059 t CO₂/GJ des Jahres 2005 auch für das Jahr 2009 angesetzt. Im Rahmen dieses Monitoringberichts wird der Emissionsfaktor für die Jahre 2008 und 2009 aktualisiert.

Die Methodik entspricht den vorherigen Monitoringberichten. Der abgeleitete CO₂-Emissionsfaktor für „sonstige Gase“ beträgt demnach 0,059 t CO₂/GJ für 1998 und bleibt im Zeitverlauf weitestgehend konstant. Tabelle 8-1 stellt die Ableitung für 1998 und 2008 dar, Tabelle A- 1 im Anhang enthält die vollständige Zeitreihe. Der Wert für 2009 wurde vom Jahr 2008 übernommen, da die Energiebilanz zurzeit noch nicht für das Jahr 2009 vorliegt.

⁹ Information aus dem Telefonat mit Frau Juhrich, Umweltbundesamt, am 15.3.2011.

Tabelle 8-1: Ableitung des CO₂-Emissionsfaktors für „Sonstige Gase“, 1998, 2008

Gase	1998	2008	Klassifizierung	Emissionsfaktor		1998	2008
	Brennstoffeinsatz (TJ)				t CO ₂ /GJ	CO ₂ -Emissionen (t CO ₂)	
Flüssiggas	3.639	2.448	Sonstige Gase	Flüssiggas (RWI)	0,065	236.535	159.120
Raffineriegas	8.980	8.461	Sonstige Gase	Raffineriegas (RWI)	0,060	538.800	507.660
Kokerei- u. Stadtgas	14.443	12.571	Kokereigas	Kokereigas (RWI)	0,044	635.492	553.136
Gichtgas u. Konvertergas	44.545	51.622	Gichtgas	Gichtgas (RWI)	0,105	4.677.225	5.420.260
Naturgase, Erdgas, Erdölgas	123.263	128.665	Erdgas	Erdgas (RWI)	0,056	6.902.728	7.205.240
Grubengas	5.998	3.015	Sonstige Gase	Grubengas (RWI)	0,054	323.892	162.804
Summe	200.868	206.782					
Summe sonstige Gase	18.617	13.924	CO ₂ -Emissionsfaktor (t CO ₂ /GJ)			0,0590	0,0596

Quelle: *Energiebilanz (Zeile 12), RWI-Monitoringbericht 2010, Annahmen und Berechnungen Öko-Institut.*

8.3.4 Sonstige (Industrielle Kraftwirtschaft, Zeitreihe)

Die Ableitung eines CO₂-Emissionsfaktors für „Sonstige“ ist notwendig zur Berechnung der CO₂-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 der vom Gutachter für das Jahr 2008 abgeleitete CO₂-Emissionsfaktor verwendet. Dieser wird durch den Gutachter für das Jahr 2009 aktualisiert.

Die Methodik entspricht den vorherigen Monitoringberichten, Tabelle 8-2 zeigt die Ableitung des CO₂-Emissionsfaktor für „Sonstige“. Er beträgt 0,0703 t CO₂/GJ im Jahr 1998 und nimmt danach ab, was vor allem dem stetig steigenden Anteil biogener Brennstoffe, vor allem im Holz- und Papiergewerbe, geschuldet ist. Im Jahr 2009 ist er erstmalig durch den verstärkten Einsatz von „sonstigen“ Energieträgern in Kokereien und den Betrieben der Mineralölverarbeitung leicht angestiegen.

Tabelle 8-2: Ableitung des CO₂-Emissionsfaktors für „Sonstige“, 1998, 2003-2009

Emissionsfaktor		1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
Brennstoff nach Statistik	Brennstoff-kategorie	t CO ₂ /GJ	- TJ -							
Holzgewerbe	Emissionsfreier Brennstoff	0,0000	n.v.	12.586	17.787	18.038	19.894	18.923	19.595	21.839
Papiergewerbe	Emissionsfreier Brennstoff	0,0000	6.833	21.207	25.498	31.015	33.790	35.893	35.584	35.456
Kokereien, Mineralölverarbeitung	Misch-EF Heizöl, schwer/Petrolkoks (häufig)	0,0895	18.981	31.699	29.031	28.968	29.647	28.738	28.083	30.518
Chemische Industrie	Misch-EF Heizöl, schwer/Petrolkoks (häufig)	0,0895	6.075	24.414	22.292	28.265	25.260	31.121	20.334	20.228
			- t CO ₂ /GJ -							
Sonstige (Ableitung Öko-Institut)	CO ₂ -Emissionsfaktor	0,0703	0,0559	0,0486	0,0482	0,0453	0,0467	0,0418	0,0420	

Quellen: Statistisches Bundesamt, RWI-Monitoringbericht 2010, Annahmen und Berechnungen Öko-Institut.

8.4 CO₂-Emissionen

Die CO₂-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 2009 werden diese über den Brennstoffeinsatz aus den amtlichen Statistiken (Tabelle 066 bzw. 067) und den in Abschnitt 8.3 aufgeführten Emissionsfaktoren berechnet.

Die CO₂-Emissionen nicht erfasster fossiler BHKW werden unter Berücksichtigung des Einsatzes von Erdgas und leichtem Heizöl ermittelt (Abschnitt 7.1).

8.5 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 CO₂-Minderungen durch KWK erfolgt über den Ansatz von Referenzwerten für die ungekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung (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 kor-

rigierte Zahlengerüst ist nicht möglich, da die öffentliche Versorgung aufgrund des Durchschnitts 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 darauf hingewiesen werden, dass die zusätzlichen BHKW sich 1998 auf alle nicht von EVU oder Industrieunternehmen betriebenen BHKW beziehen (bzw. die bei keinem der Verbände berichtet wurden), während sie sich ab 2003 auf alle BHKW kleiner ein Megawatt beziehen. 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 Wärmeenergieerzeugung mit biogenen Brennstoffen, die nicht bereits in der allgemeinen Versorgung und industriellen Kraftwirtschaft enthalten sind. Es handelt sich hier damit ebenfalls um einen Abgrenzungsposten.

Die Ergebnisse der einzelnen Berichtskreise zwischen dem Jahr 1998 und dem Zeitraum 2003 bis 2009 sind also intern nicht miteinander vergleichbar, da für diese Zeiträume 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 2009 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 Industriebetrieben, 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. Wärmeenergieerzeugung sowie der Veränderung der eingesetzten Brennstoffe auf die Minderung der CO₂-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 CO₂-Minderung durch KWK seit 1998 sind.

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

8.5.1 Ergebnistabellen

In Tabelle 8-3 ist die KWK-Stromerzeugung für 1998 sowie 2003 bis 2009 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 2009 von 66,0 TWh auf 85,5 TWh um rund 29 % zu, wobei im Jahr 2009 erstmals innerhalb des Zeitraums eine Abnahme gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen ist. Diese Abnahme beruht auf dem deutlichen Absinken der KWK-Stromerzeugung im Bereich der allgemeinen Versorgung um 3,3 TWh auf das Niveau des Jahres 2003, hauptsächlich verursacht durch die Auswirkungen der Wirtschaftskrise, durch die besonders der Absatz bei den Industrie-Contractinganlagen zurück gegangen ist. Bei der Betrachtung des Zeitraums 2003 bis 2009 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 kontinuierlich angestiegen von 23,5 auf 26,6 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 8,5 TWh im Jahr 2009 bereits 10 % der gesamten KWK-Stromerzeugung stellen. Während bei den kleinen fossilen KWK-Anlagen ein Zuwachs von 2003 auf 2009 um knapp 60 % zu verzeichnen ist, hat sich die KWK-Stromerzeugung biogen betriebener Anlagen zwischen 2006 und 2009 mehr als verzehnfacht.

Tabelle 8-3: KWK-Nettostromerzeugung nach Berichtskreis, 1998, 2003-2009

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

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 8-4). Dadurch wird ersichtlich, dass der KWK-Anteil der öffentlichen Versorgung im Zeitraum 2003 bis 2009 kontinuierlich leicht angestiegen ist, insbesondere auch von

2008 auf 2009. Insgesamt konnte dabei ein Prozentpunkt gewonnen werden, so dass der KWK-Anteil im Jahr 2009 bei 11,3 % 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. Der KWK-Anteil der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft zusammen ist von 12 % im Jahr 1998 auf 15,8 % im Jahr 2009 nahezu kontinuierlich angestiegen.

Tabelle 8-4 KWK-Anteile 1998 und 2003-2009

	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	TWh							
Stromerzeugung Kond+KWK (netto, AV+IKW)	515	542	543	543	552	537	534	489
Allgemeine Versorgung		498	499	498	505	488	489	446
Industrielle Kraftwirtschaft		44	44	46	47	49	46	43
Brutto-Stromerzeugung insgesamt (STRERZ)	557	607	615	621	637	637	637	593
Eigenverbrauch AV+IKW (brutto-netto)	37	39	39	39	39	39	38	36
Eigenverbrauch Private (netto+10%)	1	3	3	4	5	6	6	7
Netto-Stromerzeugung	520	565	573	578	593	592	593	551
	%							
KWK-Anteil (AV+IKW)	12,0%	13,6%	13,9%	14,3%	14,5%	14,4%	14,9%	15,8%
Allgemeine Versorgung		10,1%	10,5%	10,5%	10,7%	10,6%	11,0%	11,3%
Industrielle Kraftwirtschaft		53%	52%	56%	55%	53%	56%	62%
KWK-Anteil (insgesamt)	12,7%	13,4%	13,5%	13,8%	14,0%	14,0%	14,6%	15,5%

Quellen: Statistik der Kohlenwirtschaft, 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 10 % abgeschätzt, basierend auf den Ergebnissen der Tabelle 7-7. 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 15,5 % im Jahr 2009.¹⁰

Die gesamte KWK-Wärmeerzeugung stieg von 626 PJ im Jahr 1998 auf 675 PJ im Jahr 2009 – ein Anstieg um rund 8 % (Tabelle 8-5). Von 2008 auf 2009 nahm die

¹⁰ 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 Jahre 2003 bis 2009 verwendet sowie die gesamte Netto-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft aus dem ersten KWK-Monitoringbericht.

KWK-Wärmeerzeugung parallel zur verringerten KWK-Stromerzeugung in der allgemeinen Versorgung um 13 PJ ab, was trotz der stetig steigenden Wärmeerzeugung der KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände zu einer Abnahme der Gesamtwärmeerzeugung führte. Dabei sank die KWK-Wärmeerzeugung der allgemeinen Versorgung gegenüber dem Vorjahr um 3 % schwächer als die KWK-Stromerzeugung, die um 6 % abgenommen hat. Im Gegensatz dazu ist die KWK-Wärmeerzeugung in der industriellen Kraftwirtschaft von 2008 auf 2009 gleich geblieben, trotz einer Steigerung der KWK-Stromerzeugung um 3 %.

Tabelle 8-5: Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen nach Berichtskreis, 1998, 2003-2009

Gesamt (AV und IKW)	KWK-Wärmeerzeugung (PJ)							
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Allgemeine Versorgung	288	338	361	365	370	348	355	343
davon im Bereich kommunaler Unternehmen ¹	121	130	129	130	130	127	129	128
Industrielle Kraftwirtschaft	313	295	279	288	282	287	286	285
Gesamt (AV und IKW)	602	633	640	653	652	635	642	629
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	25	10	11	12	16	29	38	46
nicht erfasste BHKW ²	25	10	11	12	12	14	15	16
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen ³	0	0	0	0	3	16	23	30
Gesamte KWK-Wärmeerzeugung	626	644	650	665	668	664	680	675
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 8-6 dargestellt sind. Insgesamt stieg die mittlere Stromkennzahl von 1998 bis 2009 deutlich von 0,38 auf 0,46, mit der größten Dynamik bis zum Jahr 2005. Von 2008 auf 2009 ergeben sich entsprechend der oben beobachteten gegenläufigen Entwicklungen in den Bereichen der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft folgende Stromkennzahlen: Während die der allgemeinen Versorgung um einen Prozentpunkt sank, stieg die der industriellen Kraftwirtschaft um zwei Prozentpunkte.

Tabelle 8-6: *Stromkennzahlen in KWK-Anlagen nach Berichtskreis, 1998, 2003-2009*

	Stromkennzahl							
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Allgemeine Versorgung	0,43	0,54	0,52	0,52	0,52	0,54	0,54	0,53
davon im Bereich kommunaler Unternehmen ¹	0,42	0,48	0,49	0,54	0,60	0,59	0,60	0,63
Industrielle Kraftwirtschaft	0,31	0,29	0,30	0,32	0,33	0,32	0,32	0,34
Gesamt (AV und IKW)	0,37	0,42	0,42	0,43	0,44	0,44	0,45	0,44
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	0,65	0,65	0,65	0,65	0,63	0,62	0,62	0,66
nicht erfasste BHKW ²	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen ³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	0,60	0,61	0,67
Durchschnittliche Stromkennzahl	0,38	0,42	0,43	0,43	0,44	0,45	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.*

Die CO₂-Emissionen der Kraft-Wärme-Kopplung stiegen von 1998 bis 2004 geringfügig von 81 auf 84 Mio. t, was einem Anstieg um rund 4 % entspricht (Tabelle 8-7). Bis zum Jahr 2007 nahmen die CO₂-Emissionen anschließend deutlich ab auf 78 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 CO₂-Emissionen erneut auf 80 Mio. t CO₂, 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 CO₂-Emissionen. Die CO₂-Emissionen der fossilen BHKW unter 1 MW sind gegenüber dem KWK-Monitoringbericht 2005-2008 von 2,5 auf 2,7 Mio. t CO₂ im Jahr 1998 angestiegen, zum einen auf Grund der verlängerten Laufzeiten der Anlagen aber insbesondere auch weil in diesem Bericht erstmalig unterschieden wird in mit Heizöl- und Erdgas betriebene Anlagen. Insgesamt liegen trotz gestiegener KWK-Stromerzeugung die CO₂-Emissionen im Jahr 2009 insgesamt um rund zwei Millionen Tonnen unter den CO₂-Emissionen des Jahres 1998. Dies wurde vor allem durch die Änderung des Brennstoffmixes (mehr Erdgas, weniger Kohle) sowie durch eine deutliche Ausweitung der biogenen KWK-Stromerzeugung erreicht.

Tabelle 8-7: CO₂-Emissionen der Kraft-Wärme-Kopplung nach Berichtskreis, 1998, 2003-2009

Berichtskreis	CO ₂ -Emissionen (Mio. t CO ₂)							
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Allgemeine Versorgung	40	52	53	51	50	46	49	48
davon im Bereich kommunaler Unternehmen ¹	15	17	17	18	17	17	17	18
Industrielle Kraftwirtschaft	39	31	29	31	30	30	30	30
Gesamt (AV und IKW)	79	83	83	82	80	77	79	78
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	2,7	1,2	1,3	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8
nicht erfasste BHKW ²	2,7	1,2	1,3	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen ³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gesamte KWK-CO ₂ -Emissionen	81	84	84	83	81	78	80	79
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 CO₂-Intensität der KWK-Stromerzeugung (also die gesamten CO₂-Emissionen für die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung bezogen auf die KWK-Stromerzeugung) von rund 1.231 g CO₂/kWh_{el} im Jahr 1998 auf 929 g CO₂/kWh_{el} im Jahr 2009, d.h. etwa um 25 %. Damit liegen die spezifischen CO₂-Emissionen im Jahr 2008 um rund ein Viertel unter den Werten von 1998. Von 2008 auf 2009 sind die spezifischen CO₂-Emissionen im Bereich der allgemeinen Versorgung erstmalig im Vergleich zum Vorjahr angestiegen, von 902 auf 943 g CO₂/kWh_{el} (Tabelle 8-8). Als entscheidende Ursache davon wird 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 8-8: Spezifische CO₂-Emissionen der Kraft-Wärme-Kopplung nach Berichtskreis, 1998, 2003-2009

Berichtskreis	Spezifische CO ₂ Emissionen (g CO ₂ /kWh)							
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Allgemeine Versorgung	1.169	1.030	1.020	977	920	895	902	943
davon im Bereich kommunaler Unternehmen ¹	1.084	1.002	978	913	797	806	805	801
Industrielle Kraftwirtschaft	1.411	1.320	1.279	1.197	1.175	1.173	1.172	1.132
Gesamt (AV und IKW)	1.277	1.123	1.099	1.049	1.002	987	990	1.008
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	602	643	642	640	518	309	255	214
nicht erfasste BHKW ²	602	643	642	640	638	634	631	628
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen ³	0	0	0	0	0	0	0	0
Durchschnittliche spezifische CO ₂ -Emissionen	1.231	1.111	1.087	1.039	986	946	933	929

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 8-8 berechneten spezifischen Gesamtemissionen die der Wärmeerzeugung zuzurechnenden Emissionen mit dem für das KWK-Monitoring vereinbarten spezifischen Emissionswert des Referenzsystems (295 g CO₂/kWh_{th}) abgezogen, so ergibt sich für die KWK-Stromerzeugung ein Rückgang der spezifischen Emissionen von 454 g CO₂/kWh_{el} (1998) auf 283 g CO₂/kWh_{el} im Jahr 2009. Dies entspricht einer Minderung von 38 % im gesamten Zeitraum von 1998 bis 2009 (Tabelle 8-9).

Tabelle 8-9: Spezifische CO₂-Emissionen der KWK-Stromerzeugung nach Berichtskreis, bereinigt um CO₂-Emissionen der KWK-Wärmeerzeugung, 1998, 2003-2009

Berichtskreis	Spezifische CO ₂ Emissionen (g CO ₂ /kWh)							
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Allgemeine Versorgung (wärmebereinigt)	479	479	456	405	358	345	361	385
davon im Bereich kommunaler Unternehmen ^{1 (wärmebereinigt)}	389	388	376	369	307	309	310	335
Industrielle Kraftwirtschaft (wärmebereinigt)	472	292	282	275	278	259	259	251
Gesamt (AV und IKW)	476	419	403	362	332	316	328	339
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	148	189	188	186	53	-165	-218	-230
nicht erfasste BHKW ²	148	189	188	186	184	180	177	174
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen ³					-513	-493	-487	-439
Durchschnittliche spezifische CO ₂ -Emissionen (Wärmebereinigt)	454	414	397	358	323	287	286	283

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.

In der folgenden Tabelle sind die Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 1 dargestellt. (Für die CO₂-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 CO₂-Emissionen haben sich gegenüber dem Strom-Referenzsystem 1 im Zeitraum 1998 bis 2009 von 20,9 auf 41,7 Mio. t CO₂ fast verdoppelt. (Gegenüber dem Strom-Referenzsystem 2 fand ein Anstieg um 84 % statt).

Tabelle 8-10 Jährliche CO₂-Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 1 (Strom: 770 g CO₂/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO₂/kWh_{th}), 1998, 2003-2009

Berichtskreis	CO ₂ -Einsparungen (Mio. t CO ₂) - Minimum							
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Allgemeine Versorgung	10,0	14,6	16,5	19,1	22,3	22,1	22,0	19,4
davon im Bereich kommunaler Unternehmen ¹	5,4	6,6	6,9	7,8	10,1	9,6	9,8	9,8
Industrielle Kraftwirtschaft	8,1	11,2	11,2	12,7	12,7	13,2	13,1	13,78
Gesamt (AV und IKW)	18,1	25,9	27,6	31,8	34,9	35,2	35,1	33,2
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	2,8	1,1	1,1	1,2	2,0	4,7	6,5	8,5
nicht erfasste BHKW ²	2,8	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen ³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,3	4,9	6,8
Gesamte KWK-CO ₂ -Einsparungen (Minimum)	20,9	26,9	28,8	33,0	36,9	39,9	41,6	41,7
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.*

Bezogen auf die Ausgangsniveaus des Jahres 1998 ergeben sich für die verschiedenen Referenzsysteme die in Tabelle 8-11 und Tabelle 8-12 gezeigten Werte.

Im Vergleich zum Monitoringbericht 2005-2008 ist der Betrag der eingesparten CO₂-Emissionen der Biomasseanlagen außerhalb der statistischen Erfassung für die Jahre 2006 bis 2008 durch die neuen Werte der AGEE-Stat, die überarbeitete Methodik in Bezug auf die Papier- und Zellstoffindustrie und die überarbeiteten Stromkennzahlen im Vergleich zum vorherigen Bericht leicht gesunken, wohingegen die zusätzlichen CO₂-Emissionen durch die Neuberechnungen bei den kleinen fossilen Anlagen etwas gestiegen sind. Dadurch ergibt sich in Summe eine um 0,3 Mio. t CO₂ geringere Einsparung für das Gesamtsystem im Jahr 2008 für beide Referenzsysteme.

Von 2008 auf 2009 sind die Einsparungen erstmalig kaum (Referenzsystem 1) bzw. gar nicht (Referenzsystem 2) im Vergleich zum Vorjahr angestiegen.

Tabelle 8-11: *Jährliche CO₂-Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 1, bezogen auf das Basisjahr (Strom: 770 g CO₂/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO₂/kWh_{th}), 1998, 2003-2009*

Berichtskreis	CO ₂ -Einsparungen ggü. 1998 (Mio. t CO ₂) - Minimum							
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Allgemeine Versorgung	0,0	4,7	6,5	9,1	12,3	12,1	12,0	9,5
davon im Bereich kommunaler Unternehmen ¹	0,0	1,2	1,5	2,4	4,6	4,2	4,4	4,3
Industrielle Kraftwirtschaft	0,0	3,1	3,0	4,5	4,5	5,0	5,0	5,6
Gesamt (AV und IKW)	0,0	7,8	9,5	13,7	16,8	17,1	17,0	15,1
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	0,0	-1,7	-1,7	-1,6	-0,8	1,9	3,7	5,7
nicht erfasste BHKW ²	0,0	-1,7	-1,7	-1,6	-1,5	-1,4	-1,2	-1,1
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen ³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,3	4,9	6,8
Gesamte KWK-CO ₂ -Einsparungen ggü. 1998 (Min)	0,0	6,0	7,9	12,1	16,0	19,0	20,7	20,8

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 8-12: *Jährliche CO₂-Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 2, bezogen auf das Basisjahr (Strom: 860 g CO₂/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO₂/kWh_{th}), 1998, 2003-2009*

Berichtskreis	CO ₂ -Einsparungen ggü. 1998 (Mio. t CO ₂) - Maximum							
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Allgemeine Versorgung	0,0	6,1	8,1	10,8	14,1	13,7	13,8	10,9
davon im Bereich kommunaler Unternehmen ¹	0,0	1,5	1,8	2,9	5,3	4,8	5,0	5,1
Industrielle Kraftwirtschaft	0,0	2,8	2,6	4,4	4,4	4,9	4,8	5,6
Gesamt (AV und IKW)	0,0	8,9	10,8	15,1	18,5	18,6	18,6	16,5
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	0,0	-2,0	-1,9	-1,8	-1,0	1,9	3,9	6,0
nicht erfasste BHKW ²	0,0	-2,0	-1,9	-1,8	-1,7	-1,5	-1,4	-1,2
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen ³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,5	5,3	7,3
Gesamte KWK-CO ₂ -Einsparungen ggü. 1998 (Ma)	0,0	6,9	8,9	13,3	17,5	20,5	22,5	22,5

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.*

Im Vergleich mit der ungekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung und damit als gesamter CO₂-Effekt der KWK wurden für den Zeitraum von 1998 bis 2009 die folgenden Werte ermittelt:

- Auf Grundlage des stromseitigen Referenzsystems 1 (mit einer spezifischen Emission von 770 g CO₂/kWh_{el}) nimmt die CO₂-Minderung durch die KWK bis 2009 um etwa 20,8 Mio. t zu (Tabelle 8-11). Die CO₂-Minderung im Jahr 2009 im Erfassungsbereich der unterzeichnenden Verbände liegt bei 15,1 Mio. t CO₂ und ist damit von 2008 auf 2009 um rund 2 Mio. t CO₂ gesunken.

- Auf Grundlage des stromseitigen Referenzsystems 2 (mit einer spezifischen Emission von 860 g CO₂/kWh_{el}) nimmt die CO₂-Minderung durch die KWK bis 2009 um etwa 22,5 Mio. t zu (Tabelle 8-12). Die CO₂-Minderung im Erfassungsbereich der unterzeichnenden Verbände liegt bei rund 16,5 Mio. t CO₂.

Der größte Teil der erzielten CO₂-Minderung entfällt dabei auf den Bereich der allgemeinen Energieversorgung. Sowohl für die allgemeine Versorgung als auch für die industrielle Kraftwirtschaft stagniert die CO₂-Minderung von 2006 bis 2008. Von 2008 auf 2009 sinkt der Beitrag der allgemeinen Versorgung deutlich um 2,5 (bzw. 2,9) Mio. t CO₂, wohingegen die Einsparungen im Bereich der industriellen Kraftwirtschaft erkennbar angestiegen sind (0,6 bzw. 0,8 Mio. t CO₂). Deutliche Zuwächse bei der CO₂-Minderung seit 2006 können vor allem im Bereich der sich dynamisch entwickelnden biogenen KWK-Erzeugung außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände verzeichnet werden. Im Jahr 2009 beruht rund ein Viertel der Einsparungen auf der Entwicklung in dem Bereich der KWK-Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung.

8.5.2 Komponentenanalyse

Tabelle 8-13 und Tabelle 8-14 zeigen den Einfluss einzelner Komponenten auf die CO₂-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 CO₂-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 CO₂-Minderungseffekte für KWK-Strom- und Wärmeerzeugung werden in diesen Tabellen separat ausgewiesen. Für fossile BHKW entsprechen die angesetzte Strom- und Wärmeerzeugung bzw. die CO₂-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 Gesamteffekte entsprechen jeweils der gesamten KWK-Strom- und Wärmeerzeugung (Tabelle 8-3 und Tabelle 8-5). 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 8-13: Einfluss der einzelnen Komponenten zur CO₂-Minderung (Referenzsystem 1), 1998, 2003-2009

	CO ₂ -Minderung ggü. 1998 (Minimum, Mio. t CO ₂)							
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
KWK-Stromerzeugung	0,0	7,4	8,6	10,7	12,7	12,8	15,4	15,0
Große KWK, fossil	0,0	5,9	7,0	7,6	8,9	7,7	9,1	6,5
BHKW, fossil	0,0	1,7	1,8	1,8	1,9	1,7	1,7	1,8
Biogene KWK	0,0	-0,2	-0,2	1,3	1,9	3,4	4,5	6,8
KWK-Wärmeerzeugung	0,0	1,4	2,0	3,1	3,4	3,1	4,4	4,0
Große KWK, fossil	0,0	0,6	1,1	1,4	1,3	0,2	0,9	-0,8
BHKW, fossil	0,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Biogene KWK	0,0	-0,1	-0,1	0,7	1,1	1,9	2,6	3,8
CO ₂ -Emissionen der KWK-Anlagen	0,0	-2,8	-2,7	-1,8	-0,1	3,1	0,9	1,8
Große KWK, fossil	0,0	-1,3	-1,2	-0,2	1,5	4,6	2,4	3,3
BHKW, fossil	0,0	-1,4	-1,5	-1,6	-1,6	-1,5	-1,5	-1,5
Biogene KWK	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gesamt	0,0	6,0	7,9	12,1	16,0	19,0	20,7	20,8

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Tabelle 8-14: Einfluss der einzelnen Komponenten zur CO₂-Minderung (Referenzsystem 2), 1998, 2003-2009

	CO ₂ -Minderung ggü. 1998 (Maximum, Mio. t CO ₂)							
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
KWK-Stromerzeugung	0,0	8,3	9,6	12,0	14,2	14,3	17,2	16,7
Große KWK, fossil	0,0	6,6	7,8	8,5	10,0	8,6	10,2	7,2
BHKW, fossil	0,0	1,8	2,0	2,1	2,1	1,9	1,9	2,0
Biogene KWK	0,0	-0,2	-0,2	1,4	2,1	3,8	5,1	7,6
KWK-Wärmeerzeugung	0,0	1,4	2,0	3,1	3,4	3,1	4,4	4,0
Große KWK, fossil	0,0	0,6	1,1	1,4	1,3	0,2	0,9	-0,8
BHKW, fossil	0,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Biogene KWK	0,0	-0,1	-0,1	0,7	1,1	1,9	2,6	3,8
CO ₂ -Emissionen der KWK-Anlagen	0,0	-2,8	-2,7	-1,8	-0,1	3,1	0,9	1,8
Große KWK, fossil	0,0	-1,3	-1,2	-0,2	1,5	4,6	2,4	3,3
BHKW, fossil	0,0	-1,4	-1,5	-1,6	-1,6	-1,5	-1,5	-1,5
Biogene KWK	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gesamt	0,0	6,9	8,9	13,3	17,5	20,5	22,5	22,5

Quelle: Ableitung und Zusammenstellung Öko-Institut.

Die Darstellung zeigt, dass rund ein Drittel der gesamten CO₂-Minderungen auf den Zeitraum vor der Unterzeichnung der KWK-Vereinbarung im Jahr 2003 entfällt.

Insgesamt weist die Ausweitung der KWK-Stromerzeugung die größte CO₂-Minderung von 15,0 bzw. 16,7 Mio. t CO₂ bis 2009 auf. Davon entfallen rund 45 % (6,8 bzw. 7,6 Mio. t CO₂) auf die dynamisch wachsende KWK-Stromerzeugung mit biogenen Brennstoffen, insbesondere seit 2006. Dieser Betrag ist von 2008 auf 2009 auch durch den Abfall im Bereich der großen KWK noch deutlicher ausgefallen als im Vorjahr, in dem der Anteil bei 30 % lag. Im Bereich der großen fossilen KWK-Erzeugung hat hingegen seit 2006 bis 2008 im Wesentlichen keine Ausweitung der KWK-Stromerzeugung und entsprechender Minderungseffekte stattgefunden. Im Jahr 2009 hingegen ist ein deutlicher Einbruch festzustellen.

Die KWK-Wärmerzeugung weist mit 4,4 Mio. t CO₂ bis 2008 den zweitgrößten CO₂-Minderungsbeitrag auf. Da die KWK-Wärmeerzeugung jedoch nicht in gleichem Maße wie die KWK-Stromerzeugung angestiegen ist (vgl. die steigende Stromkennzahl in Tabelle 8-6) fällt diese Zunahme relativ gesehen niedriger aus. Während die CO₂-Minderung durch KWK-Wärme im Bereich großer fossiler KWK-Anlagen seit 2005 rückläufig ist, hat der Beitrag der biogenen KWK-Anlagen im gleichen Zeitraum stark zugenommen (auf 3,8 Mio. t CO₂ im Jahr 2009).

In den Tabellen werden nur sehr geringe zusätzliche CO₂-Minderungseffekte durch die Einsparung der CO₂-Emissionen der KWK-Anlagen ausgewiesen. Dabei muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass eine annähernde Konstanz der CO₂-Emissionen der KWK-Anlagen bei seit 1998 gesteigener KWK-Strom- und Wärmeproduktion nur durch eine deutliche Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen durch Veränderung des Brennstoffmixes (siehe die spezifischen CO₂-Emissionen in Tabelle 8-8 und Tabelle 8-9) möglich war.

8.5.3 Exkurs zum Referenzsystem

In dem hier vorliegenden Monitoringbericht werden wie zu Beginn des KWK-Monitorings vereinbart zwei verschiedene statische Referenzsysteme zur Berechnung der CO₂-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 CO₂-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 (2010) verwendet werden für das Jahr 2009: 721 g CO₂/kWh für die Strom- und 272 g CO₂/kWh für die Wärmeerzeugung. Zwischen 1998, für das die Vermeidungsfaktoren des ersten Referenzsystems gewählt werden (770 bzw. 298 g CO₂/kWh), und 2009 findet eine lineare Interpolation statt.

Tabelle 8-15 CO₂-Einsparungen gegenüber dynamischen Referenzsystem

Biogene KWK	CO ₂ -Einsparungen ggü. 1998 (Mio. t CO ₂) - Dyn. Referenzsystem							
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Allgemeine Versorgung	0,0	2,6	3,9	6,0	8,7	8,2	7,6	4,8
davon im Bereich kommunaler Unternehmen ¹	0,0	1,2	1,5	2,4	4,6	4,2	4,4	4,3
Industrielle Kraftwirtschaft	0,0	1,7	1,4	2,6	2,3	2,5	2,2	2,5
Gesamt (AV und IKW)	0,0	4,3	5,3	8,6	11,0	10,7	9,8	7,3
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	0,0	-1,8	-1,8	-1,7	-1,0	1,7	3,5	5,4
nicht erfasste BHKW ²	0,0	-1,8	-1,8	-1,7	-1,6	-1,5	-1,4	-1,3
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen ³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,3	4,9	6,8
Gesamte KWK-CO ₂ -Einsparungen ggü. 1998 (Min)	0,0	2,5	3,6	6,9	10,0	12,4	13,3	12,7
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 12,7 Mio. t CO₂ im Jahr 2009 (davon 7,3 Mio. t CO₂ im Erfassungsbereich der Verbände), gegenüber dem Ergebnis von 20,8 Mio. t CO₂ bei Verwendung des statischen Referenzsystems 1 (15,1 Mio. t CO₂ für die Verbände). Diese Beispielrechnung veranschaulicht die große Sensitivität der Rechnung in Bezug auf das verwendete Referenzsystem.

9 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der vorliegende dritte Monitoringbericht zur KWK-Vereinbarung bezieht sich auf das Berichtsjahr 2009. Die Methodik für die Ermittlung des Basisjahres sowie für die Ableitung der CO₂-Minderung im Bereich der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft entspricht der des ersten Berichts. Im Rahmen des dritten Monitoringberichts wurde jedoch die Abschätzung der KWK-Erzeugung aus fossilen und biogenen Brennstoffen im Vergleich zu den vorhergehenden Berichten verfeinert bzw. an die geänderten Rahmenbedingungen angepasst: Parameter bezüglich des Betriebs von fossilen BHKW unter 1 MW wurden durch weiterführende Recherchen überarbeitet, wodurch sich neue Ergebnisse in diesem Segment für die gesamte Zeitreihe einstellen. Aktualisierte Daten der AGEE-Stat sowie eine überarbeitete Methodik auf Grund der geänderten Förderbedingungen des EEG führen auch bei den biogenen Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände zu kleineren Änderungen innerhalb der gesamten Zeitreihe.

Durch diese detaillierte Betrachtung der Anlagen unter 1 MW, die außerhalb der statistischen Erfassung liegen, können mit diesem Monitoringbericht nicht nur die CO₂-Minderungseffekte der allgemeinen Versorgung und industriellen Kraftwirtschaft durch KWK seit 1998 ermittelt werden. Gleichmaßen werden die zusätzlichen CO₂-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 2009 ergeben sich wie folgt:

Im Jahr 1998 wurden danach in Deutschland insgesamt 66 TWh KWK-Strom und 626 PJ KWK-Wärme erzeugt. Insbesondere die so ermittelte KWK-Stromerzeugung liegt um rund ein Viertel über dem bisher in der wissenschaftlichen und politischen Debatte zu Grunde gelegten Niveau. Der KWK-Anteil der Stromerzeugung betrug 12,7 %, bezogen auf die gesamte Netto-Stromerzeugung in Deutschland. Die der KWK-Energieerzeugung zuzurechnenden CO₂-Emissionen belaufen sich auf 81,0 Mio. t CO₂.

Bis zum Jahr 2008 stieg die gesamte KWK-Nettostromerzeugung auf 86,1 TWh und die KWK-Wärmeerzeugung auf 680 PJ. Im Jahr 2009 ist ein Einbruch zu verzeichnen auf 85,5 TWh und 675 PJ, maßgeblich durch die Entwicklung in der allgemeinen Versorgung, in der die KWK-Stromerzeugung um 6 %, die Wärmeerzeugung um 3 % im Vergleich zum Vorjahr abnahm. Dabei bleibt festzuhalten, dass die KWK-Anteile sowohl in der allgemeinen Versorgung als auch in der industriellen Kraftwirtschaft von 2008 auf 2009 erneut gestiegen sind. Innerhalb der Wirtschaftskrise wurde bei der der allgemeinen Versorgung die KWK-Stromerzeugung also weniger stark reduziert als die Kondensationsstromerzeugung.

Deutliche Zuwächse sind außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände zu beobachten: Während die KWK-Stromerzeugung aus fossilen BHKW unter 1 MW stetig wächst (im Vergleich zu 2003 um 60 %), zeigt diese eine noch stärkere Dynamik im Bereich der biogenen Anlagen, so dass im Jahr 2009 bereits knapp 10 % der KWK-Stromerzeugung außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände erfolgt. Die KWK-Wärmeerzeugung aus diesen Anlagen zeigt (auch rechnungsbedingt) die gleiche Dynamik und beträgt knapp 7 %.

Die CO₂-Emissionen sind von 2008 auf 2009 um 1 Mio. t CO₂ gesunken auf 79 Mio. t CO₂ und liegen damit rund zwei Prozent unter dem Wert von 1998. Zu bemerken ist dabei jedoch, dass von 2008 auf 2009 im Bereich der allgemeinen Versorgung die CO₂-Emissionen weniger stark sanken als die Erzeugung, wodurch sich erstmalig steigende spezifische Emissionen berechnen. Für die gesamte KWK-Stromerzeugung sind die spezifischen CO₂-Emissionen von 2008 auf 2009 um ein Prozent gesunken, analog zu den spezifischen CO₂-Emissionen der stromwirtschaftlichen Gesamtentwicklung (Kapitel 2).

Daraus ergeben sich für den Zeitraum von 1998 bis 2009 die folgenden zusätzlichen CO₂-Emissionsminderungen durch die Ausweitung der KWK-Erzeugung bzw. die Senkung der CO₂-Emissionen aus KWK-Prozessen:

- für den Zeitraum 1998 bis 2005 errechnet sich eine gesamte CO₂-Minderung von 12,1 bis 13,3 Mio. t CO₂;
- für den Zeitraum 1998 bis 2009 errechnet sich eine CO₂-Minderung von 15,1 bis 16,5 Mio. t CO₂ für die allgemeine Versorgung und die industrielle Kraftwirtschaft. Wird die dynamische Entwicklung außerhalb des Erfassungskreises der Verbände zusätzlich mit berücksichtigt, erhöht sich die gesamte CO₂-Minderung auf 20,8 bis 22,5 Mio. t CO₂.

Die Studie der FFE (2005) zur CO₂-Vermeidung durch KWK in Deutschland kommt trotz eines völlig anderen Berechnungsansatzes zu einer Einsparung von 12,7 Mio. t CO₂ 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.

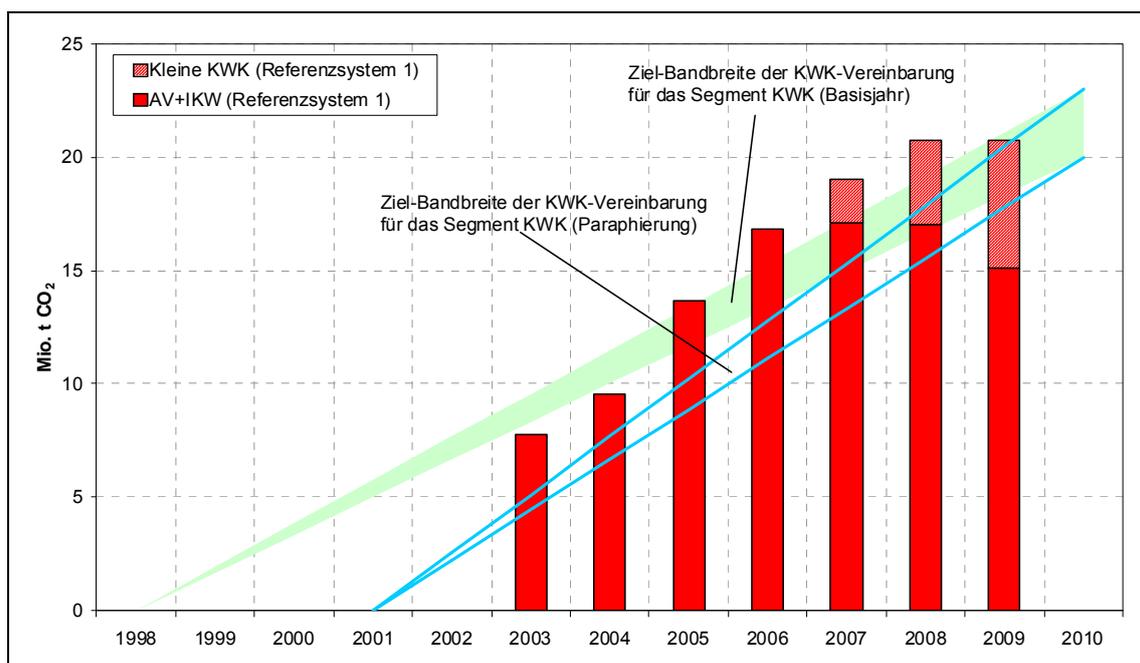
Im Vergleich zum Ziel der KWK-Vereinbarung für das Jahr 2010 ergibt sich die in Abbildung 9-1 und Abbildung 9-2 gezeigte Entwicklung. Sowohl für das Referenzsystem 1 als auch für das Referenzsystem 2 liegt die CO₂-Minderung durch KWK-Erzeugung der berichtenden Verbände (rot gefüllter Balken) im Jahr 2008 noch im beziehungsweise über dem linear angenommenen Zielpfad. Wird die KWK-Stromerzeugung aus biogen betriebenen Anlagen und fossilen BHKW außerhalb der statistischen Erfassung (schwarz gestreifter Balken) hinzugerechnet, so lagen die CO₂-Minderungen in diesem Jahr sogar über dem Zielpfad.

Im Jahr 2009 hingegen liegt die Einsparung an CO₂-Emissionen der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft unterhalb des Zielkorridors. Allein unter Berücksichtigung der weiterhin dynamischen Entwicklung der Anlagen außerhalb der

Erfassungsbereichs der Verbände liegen die Einsparergebnisse in oder sogar über dem Zielkorridor. Da als eine entscheidende Ursache für den starken Abfall der CO₂-Einsparungen die auf Grund der Wirtschaftskrise gesunkene KWK-Erzeugung angesehen werden kann, die nach den Informationen der Verbände nicht mit einem Leistungsrückbau verbunden ist, darf angenommen werden, dass sich zumindest dieser Trend im nächsten Jahr, dem Jahr der Zielvereinbarung, nicht fortsetzen wird.

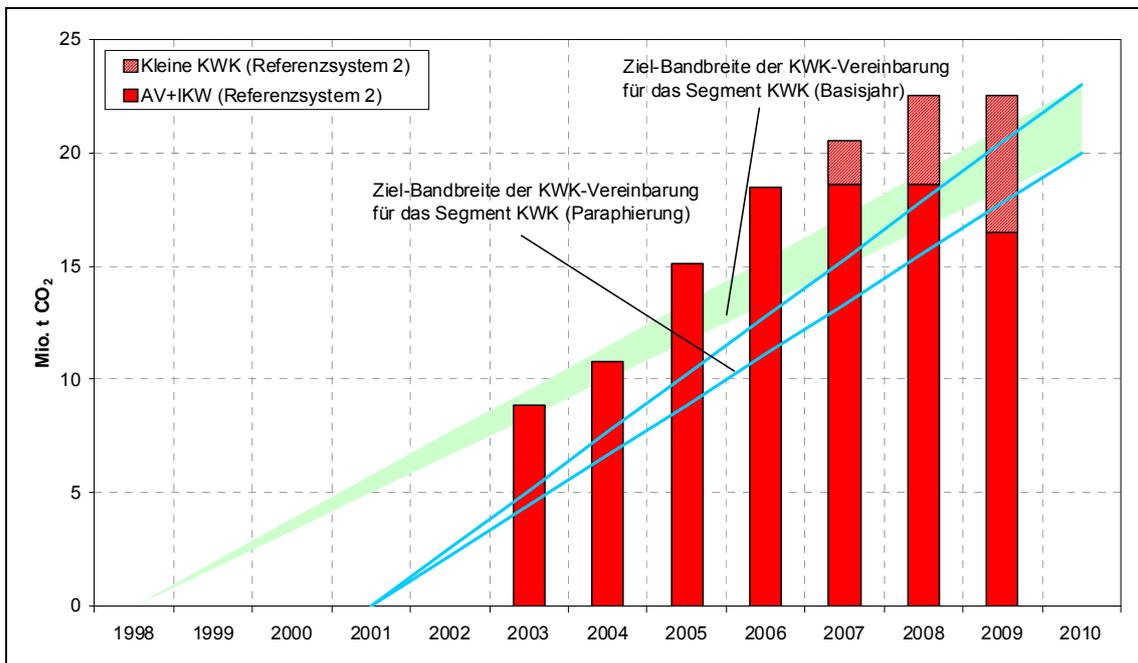
Mit Blick auf die Dynamik der CO₂-Minderung durch KWK-Anlagen im Bereich der berichtenden Verbände seit dem Jahr 2006, erscheint das Erreichen des vereinbarten Minderungsziels im Jahr 2010 fraglich. Es zeichnet sich jedoch ab, dass eine Verbesserung des Erfassungsgrades des Statistischen Bundesamtes in Bezug auf Biomasse-Anlagen mit einigen Megawatt elektrischer Leistung für das Jahr 2010 zu einer leichten Verschiebung der Einsparungen hin zum Erfassungskreis der Verbände führen könnte. Ob außerdem eine entscheidende Ausweitung der Strom- und Wärmeenergieerzeugung in KWK im Jahr 2010 bei der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft stattgefunden hat, wird der nachfolgende Monitoringbericht zeigen.

Abbildung 9-1: Erzielte CO₂-Minderung durch KWK und Zielwerte der KWK-Vereinbarung (Referenzsystem 1)



Quelle: Öko-Institut.

Abbildung 9-2: Erzielte CO₂-Minderung durch KWK und Zielwerte der KWK-Vereinbarung (Referenzsystem 2)



Quelle: Öko-Institut.

10 Literatur und Datenquellen

10.1 Literatur

Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW) (2001): Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und regenerativer Energien („Pluralistische Wärmeversorgung“), AGFW-Hauptstudie, Band 1 („Grundlagen der Kraft-Wärme-Kopplung, Zertifizierungsverfahren und Fördermodelle“), Frankfurt.

Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW) (2009): AGFW- Arbeitsblatt FW 308. Zertifizierung von KWK-Anlagen - Ermittlung des KWK-Stromes. Frankfurt a.M., Januar 2009.

BMU 2010: Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Unter Verwendung der Daten der AGEE-Stat. Excel-Datei. Stand 15.Dezember 2010.

Bundesnetzagentur (BNA) 2011: Daten zur Vergütung der EEG-Stromerzeugung in den Jahren 2006 bis 2009, direkte Übermittlung durch die BNA.

Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) 2009: 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 2009.

Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) 2010a: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Kurztitel: Stromerzeugung aus Biomasse . FKZ: 03MAP138. Zwischenbericht. Im Auftrag des BMU. Leipzig. März 2010.

Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) 2010b: EEG Monitoring, Ergebnisse zu Pflanzenöl-BHKW. Vortrag von M. Scheffelowitz und S. Majer am 23. November 2010 beim BBE-Fachausschuss Flüssige Bioenergieträger.

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Öko-Institut (2007): Ermittlung der Potenziale für die Anwendung der Kraft-Wärme-Kopplung und der erzielbaren Minderung der CO₂-Emissionen einschließlich Bewertung der Kosten (Verstärkte Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung). UBA Climate Change 10-07, Dessau, Juli 2007.

Europäisches Parlament (EP), Europäischer Rat (ER) (2004): Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Februar 2004 über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG. EU Abl. L52/50-60, Luxemburg.

Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FFE) 2005: CO₂ 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

Institut für Energetik und Umwelt (IE) + Prognos 2006: Auswirkungen der Änderungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes hinsichtlich des Gesamtvolumens der Förderung, der Belastung der Verbraucher sowie der Lenkungswirkung der Fördersätze für die einzelnen Energiearten. Endbericht für das BMWi. Leipzig 2006.

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart (IER) (2005): Untersuchung der Wirksamkeit des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes. Schlussbericht, Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Stuttgart, Juli 2005.

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart (IER) (2001): Bestandsanalyse der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in der Bundesrepublik Deutschland. Endbericht, Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Stuttgart, April 2001.

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) (2010): Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungsvereinbarung: Berichtsjahre 2005-2008. Endbericht. RWI Projektberichte, November 2010.

Umweltbundesamt (UBA) (2011): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2011. Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar 1990-2009., Dessau-Roßlau, Fassung vom 14.01.2011.

Wagner, E. (1999): Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft, Stand 1998. In: Elektrizitätswirtschaft, Jahrgang 1998 (1999), Heft 24.

10.2 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 CO₂-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 „CO₂-Reduktion“) durch die Energiewirtschaft eine Emissionsreduktion von insgesamt bis zu 45 Mio. t CO₂/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 CO₂/Jahr, jedenfalls nicht unter 20 Mio. t CO₂/Jahr in 2010 erreicht werden. Des weiteren soll eine CO₂-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 CO₂/Jahr bis 2005 (Zwischenziel) bzw. insgesamt möglichst 23 Mio. t CO₂/Jahr, jedenfalls nicht unter 20 Mio. t CO₂/Jahr bis 2010 zu erreichen.

Die Bundesregierung und die unterzeichnende Energiewirtschaft gehen ferner davon aus, dass sonstige CO₂-Minderungsmaßnahmen (Anlage: Sonstige CO₂-Minderungsmaßnahmen) die Emissionsvolumina im Jahre 2005 um 10 Mio. t CO₂/Jahr und bis zum Jahr 2010 um bis zu 25 Mio. t CO₂/Jahr senken. Bei diesen CO₂-Minderungen sind die infolge der Kernenergie-Verständigung möglichen CO₂-Emissionserhöhungen nicht berücksichtigt (siehe 5. Bericht der interministeriellen Arbeitsgruppe „CO₂-Reduktion“).

Die deutsche Wirtschaft trägt mit ihrer Selbstverpflichtung zur Klimavorsorge erheblich zur Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung bei. Bis 1998 wurden gegenüber 1990 die CO₂-Emissionen in der Industrie um 31 % und in der Energiewirtschaft um 16 % zurückgeführt. Hierauf aufsetzend ist das Referenzjahr für alle o. g. CO₂-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 CO₂-Emissionsreduktionen erreicht werden.

Die von der Bundesregierung angestrebte CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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.

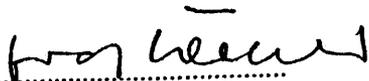
VI Zusicherung

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 CO₂-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 CO₂-Minderungsziele nehmen würden und dass ein den Vorgaben dieser Vereinbarung entsprechendes Gesetz zur Förderung ökologisch effizienter KWK zeitnah in Kraft tritt.

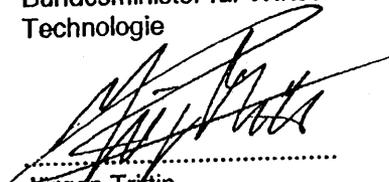
Für die Bundesregierung



Gerhard Schröder
Bundeskanzler



Dr. Werner Müller
Bundesminister für Wirtschaft und
Technologie

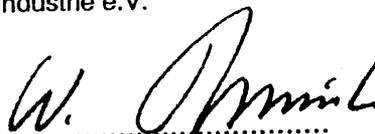


Jürgen Trittin
Bundesminister für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

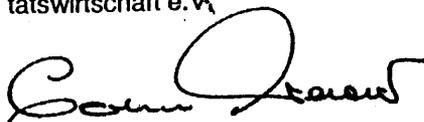
Für die deutsche Wirtschaft / Energiewirtschaft



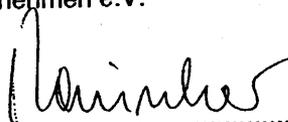
Dr. Michael Rogowski
Präsident des Bundesverbandes der Deutschen
Industrie e.V.



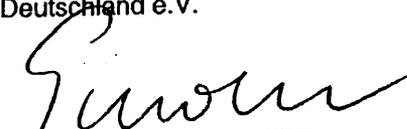
Dr. Werner Brinker
Präsident des Verbandes der Elektriz-
itätswirtschaft e.V.



Gerhard Widder
Präsident des Verbandes Kommunaler Unter-
nehmen 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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-Minderungsmaßnahmen

Ziel ist ein CO₂-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 CO₂-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 CO₂-neutraler Abfälle und Ersatzbrennstoffe.

3. Forcierter Einsatz verbesserter Heizungs- und Warmwassertechnik

Durch Modernisierung der Heizungs- und Warmwasserversorgung in privaten Haushalten werden die CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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 Ausgangsförsatz 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 CO₂-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

Bericht für das Jahr 2009 des BDEW („Teilbericht 2“)
**zur Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik
Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO₂-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 CO₂-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 20.09.2010

Inhaltsverzeichnis

- 1. Zusammenfassung**
- 2. Einführung**
- 3. Methodik zur Ermittlung der CO₂-Minderungseffekte durch KWK in der allgemeinen Versorgung**
- 4. Ergebnisse der CO₂-Minderungseffekte durch KWK in der allgemeinen Versorgung**

ANHANG

LITERATURVERZEICHNIS

1. Zusammenfassung

Der hier vorgelegte Monitoringbericht der allgemeinen Strom- und Wärmeversorgung für die Jahre 2005 - 2009 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 CO₂-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**“.

Im vorliegenden **Monitoringbericht** wird der Fortschritt der **allgemeinen Versorgung** hinsichtlich Ausbau von Kraft-Wärme-Kopplung für das Berichtsjahr 2009 fortgeschrieben. Der Bericht setzt auf der methodischen Vorgehensweise der Monitoringberichte des Öko-Instituts für die Jahre 2003 – 2005 bzw. 2005 – 2008 auf. Die vermiedenen Emissionen durch Kraft-Wärme-Kopplung eines Berichtsjahres werden hierbei durch einen Vergleich der tatsächlich beobachteten CO₂-Emissionen mit den Emissionen von zwei Referenzsystemen für eine ungekoppelte Erzeugung im Jahr 1998 ermittelt.

Gegenüber der vorangegangenen Berichtsperiode (2003 – 2005) zeigt sich eine deutliche weitere Zunahme der KWK-Stromerzeugung in den Jahren 2006 bis 2008 bei annähernd gleichem und teilweise sogar rückläufigem Wärmeabgabenniveau. Die Ausweitung der KWK-Stromerzeugung geht einher mit einer deutlichen Verringerung der spezifischen CO₂-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 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. Es ist davon auszugehen, dass im Folgejahr 2010 die Erzeugung dieser Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen bei einer Erholung der Konjunktur wieder zunehmen und damit das CO₂-Einsparpotential durch KWK wieder annähernd das Niveau der Vorjahre erreichen sollte.

Die Berechnungen ergeben ein erhebliches, mit Hilfe zweier Referenzsysteme bewertetes CO₂-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 CO₂** bzw. **9,8 – 11,3 Mio. Tonnen CO₂**.

Bei einer Bewertung der hier ermittelten CO₂-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 CO₂-Minderung zu bewerten, müsste stattdessen - analog der üblicherweise angesetzten Betrachtungsweise für erneuerbare Energien¹ - 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 CO₂-Vermeidung durch Kraft-Wärme-Kopplung geringer ausfallen würde. Denn tatsächlich sind die spezifischen CO₂-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 2009 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 Klimaschutzklärungen 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 CO₂-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 umgruppierete Industriekraftwerke

Minderungsziel: bis zu 45 Mio. t gegenüber 1998 (davon möglichst 23 Mio. t durch KWK)

Zwischenziel: Vermeidung von 10 Mio. t CO₂ in 2005 durch KWK sowie zusätzliche Vermeidung von 10 Mio. t CO₂ 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 „Klimaschutzklärung der deutschen Wirtschaft von 2000“ die „Selbstverpflichtungserklärung 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 CO₂-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.

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 wurde², sowie für die Berichtsjahre 2005 – 2008, der am 2. Juli 2010 fertig gestellt wurde³. Im Folgenden wird immer wieder auf diese Berichte verwiesen werden, die deshalb in abgekürzter Form mit „*Monitoringberichte des Öko-Instituts*“ bezeichnet werden.

Im vorliegenden Bericht wird der Fortschritt der allgemeinen Versorgung hinsichtlich Ausbau von Kraft-Wärme-Kopplung für das Berichtsjahr 2009 fortgeschrieben. Der Bericht setzt auf den Monitoringberichten des Öko-Instituts für die Jahre 2003 – 2005 bzw. 2005 – 2008 auf. Die methodischen Datengrundlagen und Vorgehensweisen bei der Datensammlung, Auswertung und Bestimmung der durch Kraft-Wärme-Kopplung erzielten CO₂-Minderungen sind in diesen Berichten bereits ausführlich beschrieben.

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. 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. Bericht für das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI).

3. Methodik zur Ermittlung der CO₂-Minderungseffekte durch KWK in der allgemeinen Versorgung

Die CO₂-Emissionen der allgemeinen Versorgung werden auf Grundlage des Brennstoffeinsatzes zur Strom- und Wärmeerzeugung rechnerisch unter Ansetzen spezifischer CO₂-Emissionsfaktoren pro eingesetzter Brennstoffmenge berechnet.

Die spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren für einzelne Energieträger beruhen auf den verbändeübergreifenden Vereinbarungen zu den CO₂-Emissionsfaktoren im Monitoring⁴ (siehe hierzu Tabelle 10 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 CO₂-Emissionshandel und der Methodik des Umweltbundesamtes für die Erstellung des Nationalen Inventarberichts zum Deutschen Treibhausgasinventar (NIR)⁵ ab. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit den vorangegangenen Monitoringberichten und den Berichten anderer Unterzeichnerverbände zu gewährleisten, wird jedoch vereinbarungsgemäß keine Anpassung der CO₂-Faktoren vorgenommen.

Darüber hinaus wird aber für einige nicht aufgeführte Brennstoffkategorien das Ansetzen weiterer spezifischer CO₂-Emissionsfaktoren erforderlich, für die ursprünglich kein eigener Emissionsfaktor vereinbart wurde. Im vorliegenden Bericht werden für die Berichtsjahre 2005 - 2009 hierzu auch die Vorgaben des Anhangs 3 des Monitoringberichts des Öko-Institutes für die Jahre 2005 bis 2008 angewendet:

- „anderes Gas“: 0,065 t CO₂/GJ Brennstoffeinsatz
- Klärschlamm wird als 100% biogen bewertet
- Hausmüll: 0,0915 t CO₂/GJ Brennstoffeinsatz (davon 50% biogener Anteil)
- Industriemüll: In Verbindung mit der Kategorie Hausmüll in der Energiestatistik erhoben. In den Kraftwerken werden hierbei vornehmlich überwiegend biogene Brennstoffe eingesetzt (Tiermehl, Papierschlamm, Bioschlämme etc.). Es werden der gleiche Emissionsfaktor und biogene Anteil wie für Hausmüll angesetzt.
- „Sonstige“: Hierbei handelt es sich im Bereich der allgemeinen Versorgung vornehmlich um von Müllheizkraftwerken im Fremdbezug bezogenen Prozessdampf zur Verstromung in Kraftwerken der allgemeinen Versorgung. Auch hier werden der gleiche Emissionsfaktor und ein hälftiger biogener Anteil wie für Hausmüll angesetzt.

⁴ Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung: Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft. Monitoringbericht 2003 – 2004, S. 259.

⁵ 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.

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 Wärmeerzeugung⁶.

Die Erhebungen des Statistischen Bundesamtes ermöglichen eine konsistente Betrachtung von Strom- und Wärmeerzeugung sowie Brennstoffeinsatz und zuzuordnenden CO₂-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 kumulierten 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 mit Hilfe der „Finnischen Methode“ vorgenommen werden. Für die hier vorgenommene Bewertung ist eine solche Aufteilung jedoch nicht erforderlich.

Als Vergleichsbasis für durch Kraft-Wärme-Kopplung vermiedene Emissionen werden die tatsächlich entstandenen CO₂-Emissionen mit denen einer ungekoppelten Erzeugung verglichen. Es wird ein statisches Referenzsystem unter Bezugnahme auf das Referenzjahr 1998 zu Grunde 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 CO₂/kWh (Strom-Referenzsystem 1) bis 860 g CO₂/kWh (Strom-Referenzsystem 2) sowie
- für die ungekoppelte Wärmeerzeugung ein Wert von 295 g CO₂/kWh.

Bei einer Anwendung des hier angesetzten Verfahrens zur Bestimmung der CO₂-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.

Um die tatsächlich im jeweiligen Bezugsjahr erreichte CO₂-Minderung zu bewerten, müsste stattdessen - analog der üblicherweise angesetzten Betrachtungsweise für erneuerbare Energien⁷ - 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.

⁶ Statistisches Bundesamt („Stabu 066“): Monatsbericht über die Elektrizitätsversorgung - Tabelle 5b, Stromerzeugung, und Tabelle 6b, Brennstoffeinsatz, jeweils für Wärmekraftwerke und Heizkraftwerke.

⁷ Umweltbundesamt (Memmler et al.): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger – Durch Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Emissionen im Jahr 2007. UBA Dessau, 12/2009.

In einer solchen Betrachtung wäre zu erwarten, dass bei Ansetzen eines dynamischen Ansatzes die tatsächliche CO₂-Vermeidung durch Kraft-Wärme-Kopplung geringer ausfallen würde. Denn tatsächlich sind die spezifischen CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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
- CO₂-Emissionen der KWK: 40,0 Mio. Tonnen

4. Ergebnisse der CO₂-Minderungseffekte durch KWK in der allgemeinen Versorgung

Aufbauend auf den vom Statistischen Bundesamt berichteten Brennstoffeinsatz- und Erzeugungsdaten ergeben sich die in Tabelle 1 zusammengefassten Minderungseffekte („Vermiedene Emissionen“) durch Kraft-Wärme-Kopplung im Bereich der allgemeinen Versorgung. Die den Berechnungen zu Grunde gelegten Daten sind in einem Datenanhang in Excel-Format diesem Bericht beigelegt.

Gegenüber der vorangegangenen Berichtsperiode (2003 – 2005) zeigt sich eine deutliche weitere Zunahme der KWK-Stromerzeugung in den Jahren 2006 – 2008 bei annähernd gleichem und teilweise sogar rückläufigem Wärmeabgabenniveau (siehe Abbildung 1). Die Ausweitung der KWK-Stromerzeugung geht einher mit einer deutlichen Verringerung der tatsächlichen spezifischen CO₂-Emissionen der Nutzenergieerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung (bezogen auf die Nutzenergieabgabe - siehe Abbildung 2). 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. 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.

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 im Jahr 2009 auf 11,3% zugelegt. Bezogen auf die Erzeugung der Wärmekraftwerke (ohne Kernenergie, Wasser, Wind und Sonne) ergibt sich für 2008 und 2009 ein Anteil von jeweils rund 16%. Bei einem Nutzungsgrad von durchschnittlich 77% in 2008 und 76% in 2009 reduzierten sich die spezifischen CO₂-Emissionen auf 320 g CO₂/kWh bzw. 323 g CO₂/kWh Nutzenergie und lagen somit um 9% bzw. 8% niedriger als im Referenzjahr 1998.

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 CO₂-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. Im Berichtsjahr 2009 wurden zwei weitere große erdgasbefeuerte GuD-Anlagen für die innerstädtische Fernwärmeversorgung in Betrieb genommen. Eine Projektübersicht ist im Anhang, Tabelle 3, 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 4 und 5 im Anhang aufgeführt.

Darüber hinaus wurden über den Berichtszeitraum auch eine ganze Reihe von vornehmlich erdgasgefeuerten Blockheizkraftwerken neu in Betrieb gesetzt (kumuliert ca. 113 MW el), die in einzelnen Fällen aber auch nur bestehende ältere Anlagen ersetzt haben (siehe Tabelle 6 im Anhang).

Zusätzlich lässt sich noch die Umstellung einer Reihe von mit flüssigen fossilen Brennstoffen betriebenen Dieselmotoren auf Einsatz flüssiger Biomasse in Höhe von ca. 25 MW el berichten (siehe Tabelle 7 im Anhang).

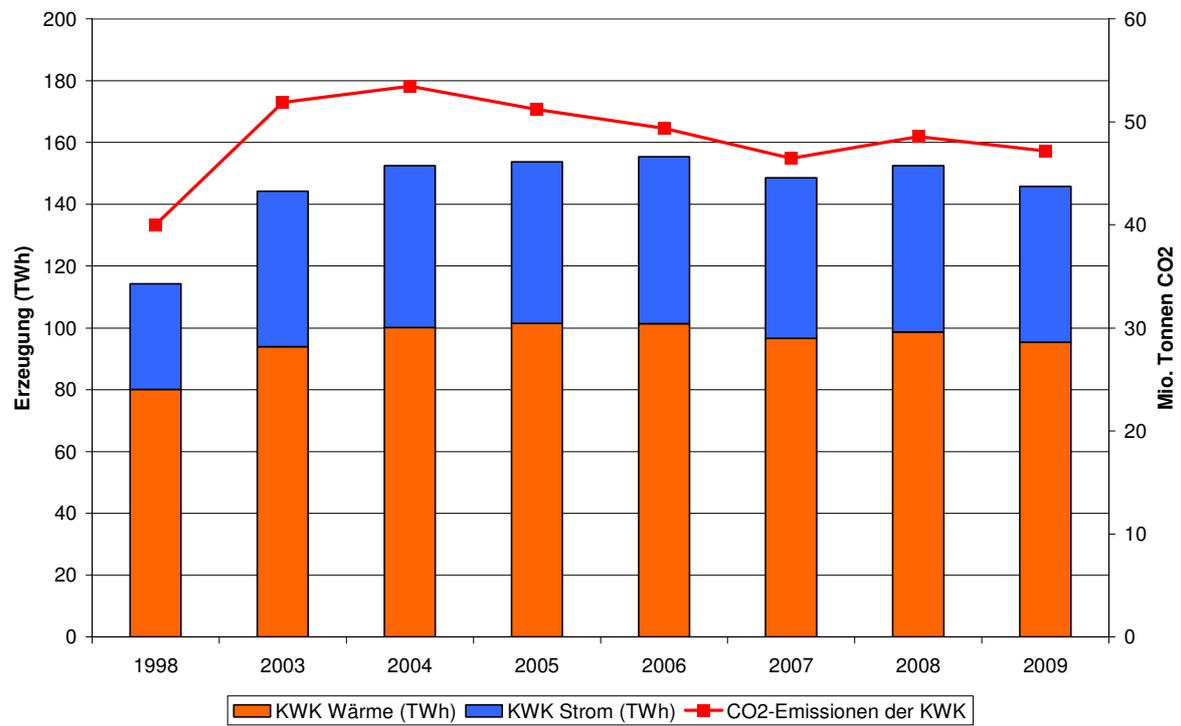


Abbildung 1: Entwicklung der Erzeugung von Strom und Wärme in Kraft-Wärme-Kopplung im Berichtsrahmen der allgemeinen Versorgung

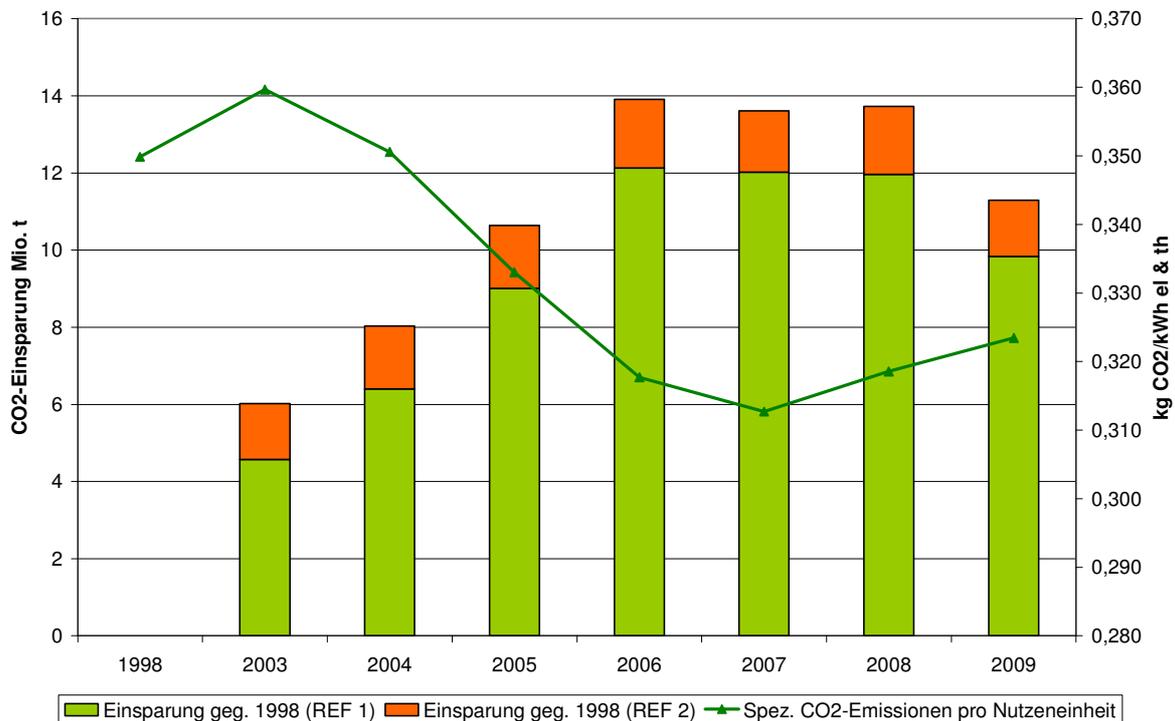


Abbildung 2: Einsparung an CO₂-Emissionen durch Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber einer ungekoppelten Erzeugung im Referenzjahr 1998 – nur allgemeine Versorgung

Eine Betrachtung der KWK-Stromerzeugung nach Maschinenarten und Brennstoffen (siehe Abbildung 3) zeigt, dass vornehmlich mit Erdgas befeuerte GuD-Anlagen und Gasturbinenanlagen die Erzeugung im Jahr 2008 dominieren. Sie sind verantwortlich für rund die Hälfte der Erzeugung. Rund 41% der KWK-Stromerzeugung entstammen Dampfturbinen, während mit fossilen Brennstoffen befeuerte Verbrennungsmotoren mit 3,5 TWh zur Gesamterzeugung von rund 54 TWh beitragen.

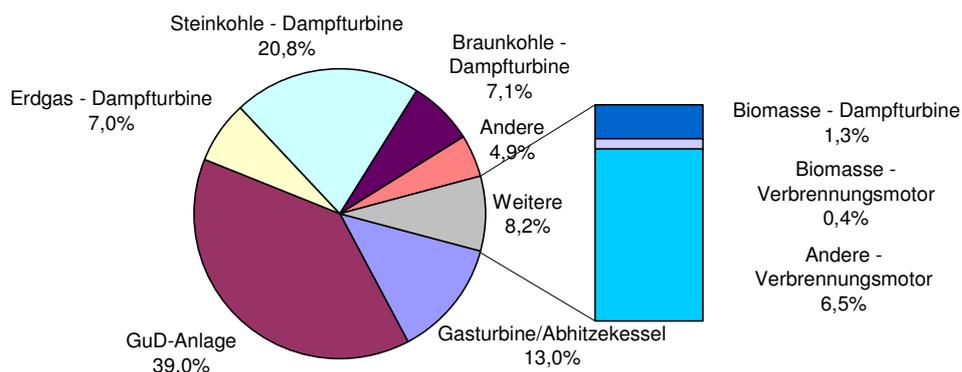


Abbildung 3: KWK-Stromerzeugung der Anlagen der allgemeinen Versorgung nach Maschinenarten und Brennstoffen im Jahr 2008

(BDEW-Ausarbeitung auf Grundlage der Monatsberichte der Elektrizitätsversorgung (StaBu 066) sowie von weiteren nicht veröffentlichten Angaben des Statistischen Bundesamtes)

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.

Die durch den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung vermiedenen CO₂-Emissionen werden über einen Vergleich der tatsächlich entstandenen CO₂-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 CO₂-Einsparpotentials von zusätzlichen rund 3 Mio. Tonnen CO₂ 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. Es ist davon auszugehen, dass im Folgejahr 2010 die Erzeugung dieser Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen bei einer Erholung der Konjunktur wieder zunehmen und damit das CO₂-Einsparpotential durch KWK wieder annähernd das Niveau der Vorjahre erreichen sollte.

Insgesamt wurden so in den Jahren 2008 und 2009 je nach Referenzsystem 12,0 – 13,7 Mio. Tonnen CO₂ bzw. 9,8 – 11,3 Mio. Tonnen CO₂ durch den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber dem Referenzjahr vermieden. Die Ergebnisse der Berichtsjahre 2003 bis 2005 sowie 2006 bis 2009 sind in Tabelle 1 noch einmal abschließend zusammengefasst.

Tabelle 1: Kenndaten der Erzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung der allgemeinen Versorgung (BDEW Ausarbeitung)

Kraft-Wärme-Kopplung	Einheit	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
KWK-Stromerzeugung (Netto)	TWh	34,2	50,3	52,4	52,3	54,0	51,9	53,8	50,5
KWK-Wärmeerzeugung (Netto)	PJ	288,3	338,3	360,6	365,2	365,1	348,1	355,4	343,3
KWK – tatsächliche CO ₂ -Emissionen	Mio. t CO ₂	40,0	51,9	53,5	51,2	49,4	46,5	48,6	47,2
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
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
CO ₂ -Einsparung gegenüber Referenzsystem 1	Mio. t CO ₂	10,0	14,6	16,4	19,0	22,1	22,0	22,0	19,8
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
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	9,8
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

Anmerkung: Referenzsystem REF 1: 770 g CO₂/kWh Strom; 295 g CO₂/kWh Wärme
 Referenzsystem REF 2: 860 g CO₂/kWh Strom; 295 g CO₂/kWh Wärme

Quellen: Monitoringbericht des Öko-Instituts;
 Statistisches Bundesamt (StaBu 066)

ANHANG (Zusätzliche Informationen)

Table 2: Brennstoffspezifische CO₂-Emissionsfaktoren

Energieträger	CO ₂ -Faktor (t CO ₂ /GJ)
<u>Braunkohlen</u>	
Rohbraunkohle	112
Braunkohlebriketts	98
Hartbraunkohle	97
Sonstige Braunkohlen	98
<u>Steinkohlen</u>	
Steinkohle	93
Steinkohlenkoks	105
<u>Mineralölprodukte</u>	
Diesel	74
Leichtes Heizöl	74
Schweres Heizöl	78
Petrolkoks	101
Flüssiggas	65
Raffineriegas	60
Andere Mineralölprodukte	80
<u>Gasförmige Brennstoffe</u>	
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.

Table 3: Ausgewählte Inbetriebnahmen von neuen KWK-Anlagen (nur fossil befeuerte Kraftwerke) über den Zeitraum 2005 – 2009 (ohne EVU-betriebene Contractinganlagen)

Betreiber	Standort	Brennstoff	INB*	MW el	MW th	Bemerkung
Erlanger Stw.	Erlangen	Eg	2005	19	21	
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 von Altanlagen
Vattenfall Europe	Hamburg-Tiefstack	Eg	2009	125	180	
N-Ergie	Sandreuth (Nürnberg)	Eg	2005	90	272	Neue Gesamtanlage: 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 von Altanlagen
Stw. Würzburg	Würzburg	Eg	2005	75	82	Verbunden mit Stilllegung von Altanlagen
Stw. Würzburg	Würzburg	Eg	2009	50	64	

* INB: Inbetriebnahmejahr

Quelle: BDEW-Ausarbeitung auf Grundlage von Betreiberangaben

Tabelle 4: Ausgewählte Inbetriebnahmen von neuen Müllheizkraftwerken mit Kraft-Wärme-Kopplung über den Zeitraum 2005 – 2009

Betreiber	Standort	Brennstoff	INB*	MW	Bemerkung
Stw. Erfurt	Erfurt	Müll	2005	4	Erweiterung
EBS Kraftwerk GmbH	Hürth (Knappsack)	EBS	2009	33	Versorgung Chemiepark
MVV	Gersthofen	EBS	2009	4	Versorgung Industriepark
MVV	Korbach	EBS	2008	4	
Stw. Magdeburg / BKB	Magdeburg-Rothensee	Müll	2005/2006	32	2 Linien
MVV	Mannheim	Müll	2009	24	Ersatz
Mainova	Nordweststadt	Müll	2005	45	Erweiterung
E.ON Energy f. W.	Premnitz	Müll	2008	14	
Vattenfall	Rüdersdorf	EBS	2009	30	
ZAW Südwest.	Zella-Mehlis	Müll	2007	14	

* INB: Inbetriebnahmejahr

Quelle: BDEW-Ausarbeitung auf Grundlage von Betreiberangaben

Tabelle 5: Ausgewählte Inbetriebnahmen von neuen Biomasse-KWK-Anlagen über den Zeitraum 2005 – 2009 (feste Brennstoffe; ≥ 5 MW el)

Betreiber	Standort	Brennstoff	INB*	MW	Bemerkung
Stw. Augsburg	Augsburg	Bm	2008	5	
Stw. Baden-Bad.	Baden-Baden	Bm	2006	5	
RWE/Harpen	Berlin-Neukölln	Bm	2005	20	
Stw. Flensburg / Novus Energie	Brunsbüttel	Bm	2008	8	
Stw. Dinslaken	Dinslaken	Bm	2007	5	
Stw. Düsseldorf	Düsseldorf- Garath	Bm	2007	5	
Stw. Flensburg	Brunsbüttel	Bm	2008	6	Versorgung Chemiepark
Mark-E	Hagen-Kabel	Bm	2005	20	
Vattenfall / MVB	Hamburg	Bm	2006	20	
Evonik Steag Saar	Ilmenau	Bm	2005	5	
Stw. Kassel	Kassel	Bm	2008	11	
Stw. Neustrelitz	Neustrelitz	Bm	2006	8	
Heizkraftwerk	Pforzheim	Bm	2005	13	
Stw. Leipzig	Piesteritz	Bm	2009	20	Versorgung Stickstoffwerke
Stw. Ulm	Senden	Bm	2008	5	Holzvergasung
Stw. Crailsheim	Willburgstetten	Bm	2007	9	

* INB: Inbetriebnahmejahr

Quelle: BDEW-Ausarbeitung auf Grundlage von Betreiberangaben

Tabelle 6: Identifizierte Zubauten und Stilllegungen von fossil-befeuerten BHKW in der allgemeinen Versorgung über den Berichtszeitraum 2005 – 2008

BHKW	Einheit	2005	2006	2007	2008	Gesamt
Zubau	MW el	44	24	14	31	113
Stilllegung	MW el	13	5	10	1	29
Nettozubau	MW el	31	19	4	30	84

Quelle: BDEW-Ausarbeitung auf Grundlage von Betreiberangaben und AGFW-Hauptberichten zur Fernwärmeversorgung 2004 - 2007

Tabelle 7: Umrüstungen fossil-befeuerteter BHKW auf Einsatz flüssiger Biomasse

Betreiber	Ort	Jahr	Leistung - MW	Bemerkung
UR Power	Calbe	2005	10,0	Vormals Energiewerke Calbe
UR Power	Deersheim	2006	5,4	
UR Power	Treffurt	2007	2,6	
Stw. Schw.-Hall	Schwäbisch-Hall	2006	5,1	
Stw. Ülzen	Ülzen	2006	2,0	
GESAMT	2005 - 2007		25,1	

Quelle: BDEW-Ausarbeitung auf Grundlage von Betreiberangaben
Leistungsangaben aus EEG-Anlagenstammdaten der Netzbetreiber

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. 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. 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, jeweils für Wärmekraftwerke und Heizkraftwerke

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

Anhang 2.2: Fortschrittsbericht des VKU

3. βε̃αι̃ιθ̃ δ̃ε̃γ̃υ̃

zur Umsetzung der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO₂-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 09.11.2000

Zeitraum 2009

Berlin, 15. März 2011

3. βε̃αι̃ιθ̃ δ̃ε̃γ̃υ̃

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung
- 2 Einsparung von CO₂-Emissionen durch kommunale KWK-Anlagen im Jahr 2009
 - 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 CO₂-Emissionen kommunaler KWK-Anlagen
 - 2.7 Entwicklung der CO₂-Emissionen in den Referenzsystemen
 - 2.8 Entwicklung der CO₂-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 CO₂-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 CO₂/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 CO₂-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 CO₂/Jahr vor.

Weitere CO₂-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 konkreter Einzelklärungen 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 CO₂-Einsparungen abgegeben. Daraus geht hervor, dass die kommunale KWK durch den kontinuierlichen Ausbau und die Modernisierung von KWK-Anlagen die jährlichen CO₂-Einsparungen um 2,6 Mio. t CO₂ auf 7,8 Mio. t CO₂ steigerte.

Der vorliegende dritte Monitoringbericht untersucht die Entwicklung bis zum Jahr 2009. Ebenso wie die vorangegangenen Monitoringberichte bezieht sich der vorliegende Bericht auf die durch den Erhalt, die Modernisierung und den Zubau von KWK-Anlagen erzielte CO₂-Reduzierung. Dargestellt wird der Minderungsbeitrag, den die Mitglieder des VKU bis einschließlich 2009 geleistet haben.

Im vorliegenden Bericht zeigt sich, dass die kommunale Energiewirtschaft die jährlichen CO₂-Einsparungen im Zeitraum 2006 – 2009 hat auf 9,8 Mio. t CO₂ erhöht hat. Dies bedeutet gegenüber 1998 eine zusätzliche Ersparnis von 5,44 Mio. t.

Insgesamt wurde durch den Ausbau und die Modernisierung der KWK in Deutschland erreicht, dass die KWK im Jahr 2009 21,0 bis 22,8 Mio. t mehr CO₂ vermieden hat als im Jahr 1998. Gemessen daran, dass die Stadtwerke nicht mehr als 10 Prozent der Stromerzeugungskapazitäten in Deutschland besitzen, haben die Stadtwerke mit mehr als 5 Mio. t oder ca. 25 Prozent überproportional viel zu dem Erreichten beigetragen.

2 Einsparung von CO₂-Emissionen durch kommunale KWK-Anlagen im Jahr 2009

Im Jahr 2009 wurden durch die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung in der kommunalen Energiewirtschaft CO₂-Einsparungen von rund 9,8 Mio. t vermieden. Damit lagen die Einsparungen auf dem gleichen Niveau wie im Vorjahr.

2.1 Methodische Vorgehensweise

Für den Monitoringbericht 2009 wurden Daten durch den VKU erhoben. Insgesamt wurden Daten von 201 VKU-Mitgliedern einschließlich ihrer prozentualen Beteiligungen an Kraftwerken bzw. an Erzeugungsgesellschaften in der Erfassung ausgewertet. Erfasst sind alle Unternehmen, von denen ausreichende Daten verfügbar waren. Einige Datensätze nicht meldender Unternehmen wurden dem AGFW-Hauptbericht der Fernwärmeversorgung von 2006 entnommen bzw. mit geeigneten Annahmen geschätzt. Die Berechnungsmethodik bis zum Jahr 2009 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. Weiterhin wurde erstmals mit diesem Monitoringbericht der Nutzungsgrad auch rückwirkend für alle Berechnungsjahre mit Daten des Statistischen Bundesamtes¹ bestimmt.

Um zu ermitteln, in welcher Höhe kommunale Unternehmen durch den Betrieb von KWK-Anlagen CO₂-Emissionen eingespart haben, sind die CO₂-Emissionen dieser Anlagen mit den CO₂-Emissionen zu vergleichen, die bei ungekoppelter Erzeugung entstanden wären.

¹ Vgl. StBA Tab 066+067; Gesamtnutzungsgrad der allgemeinen Versorgung

Die CO₂-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 und den Netzverlusten bei der Wärmeverteilung ermitteln.

Zur Bestimmung der CO₂-Intensität der verschiedenen Brennstoffe wurde auf die Emissionsfaktoren² gemäß Anhang 1 der Verordnung über die Zuteilung von Treibhausgas-Emissionsberechtigungen in der Zuteilungsperiode 2008 bis 2012 (Zuteilungsverordnung 2012 – ZuV 2012) Bezug genommen. Die Emissionsfaktoren geben Auskunft über die Menge der CO₂-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 CO₂/TJ	t CO₂/GWh
Rohbraunkohle	112	403,2
Steinkohle	93	334,8
Öl	72	259,2
Erdgas	56	201,6

² nach Ökoinstitut 2011

Für die Bewertung von Abfallverbrennung (Müllverbrennung) wurde in Entsprechung des Nationalen Emissionsinventars der biogene Anteil (Gebrauchtholz) als klimaneutral bewertet. Demnach beträgt der CO₂-Emissionsfaktor (fossil) für Hausmüll im Durchschnitt rund 51 t CO₂/TJ. Dies entspricht 183,6 t CO₂/GWh.

Emissionsfaktor für Müll

	t CO ₂ /TJ	t CO ₂ /GWh
Müll	51	183,6

Die Ermittlung der CO₂-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 0,76³. 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 CO₂ je kWh ungekoppelter Stromerzeugung zugrunde gelegt⁴. 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.

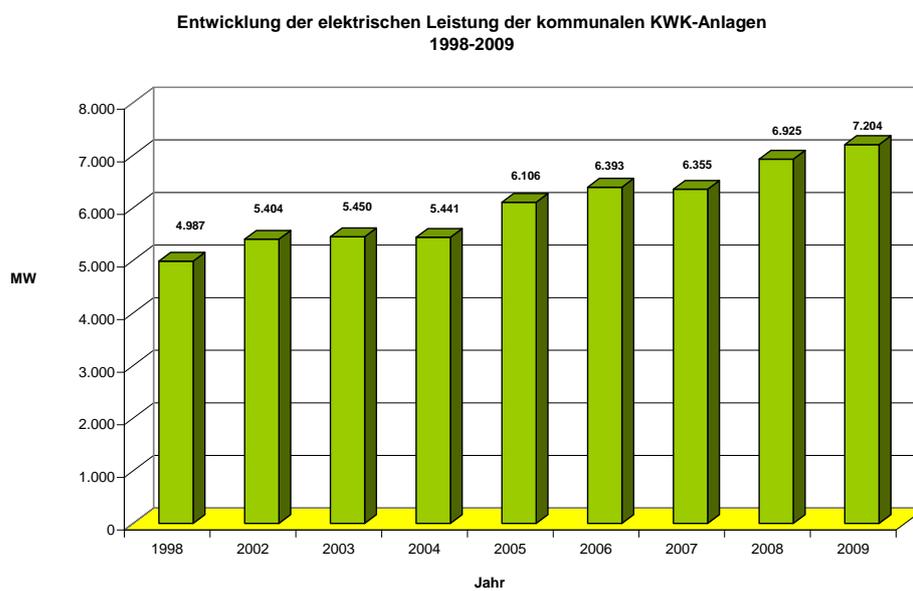
³ Vgl. StBA Tab 066+067; Gesamtnutzungsgrad der allgemeinen Versorgung

⁴ Vgl. Öko-Institut, Endgültige Auswertung der aktualisierten VKU-Modernisierungsumfrage 2003, S. 3

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 2009 gegenüber dem Vorjahr um knapp 300 MW auf ca. 7.200 MW.



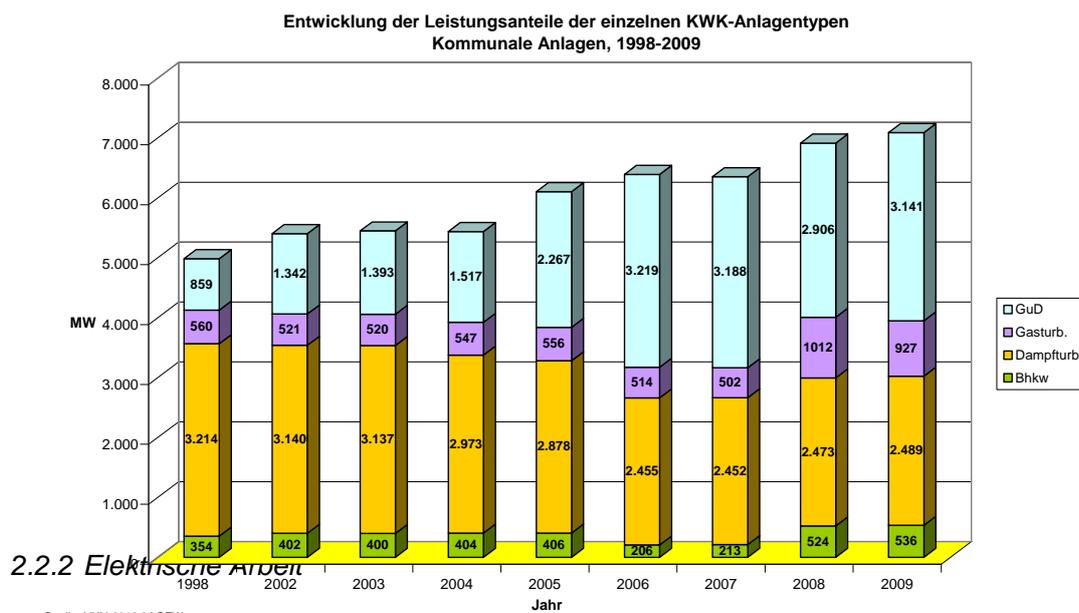
Quelle: VKU 2010 / AGFW

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, ist seitdem auf diesem Niveau verblieben. Daran hat sich auch im Jahr 2009 kaum etwas geändert. Festgestellt wurde lediglich ein geringfügiger Anstieg auf 2.490 MW.

Der Anteil an GuD-Anlagen ist zum Jahr 2009 leicht gestiegen, mit ca. 3.140 MW aber nicht ganz so hoch wie im Jahr 2006, wo mit ca. 3.220 MW der bislang höchste Wert festgestellt wurde. Seitdem ist der GuD-Anteil leicht zurückgegangen und lag im Jahr 2008 bei ca. 2.900 MW.

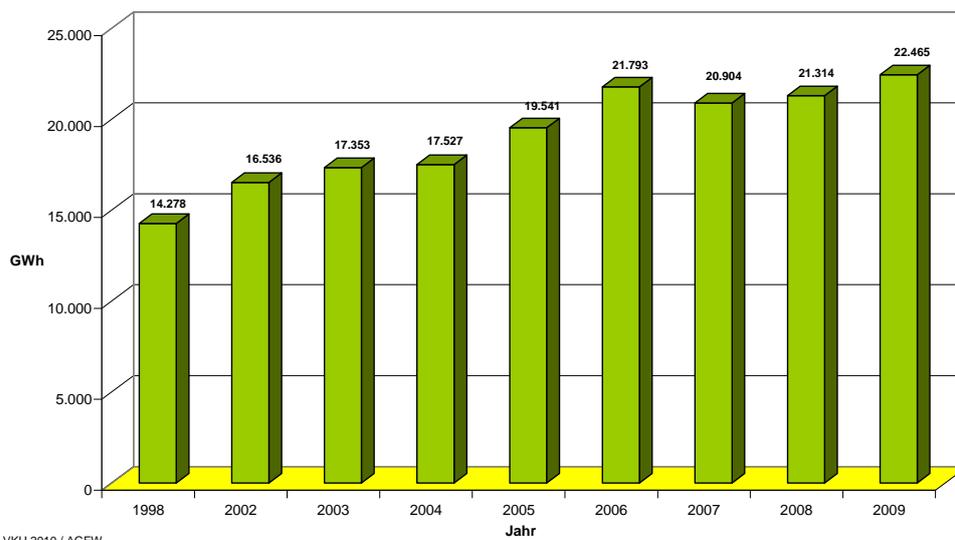
Die installierte Leistung der Gasturbinen, die sich im Zeitraum 2007 – 2008 auf einen Wert von ca. 1.012 MW verdoppelt hat, ist zum Jahr 2009 leicht gesunken, nämlich auf 927 MW.

Die installierte Leistung der BHKW liegt im Jahr 2009 mit ca. 540 MW etwas höher als im Vorjahr.



Die in das öffentliche Netz eingespeisten KWK-Strommengen sind im Jahr 2009 auf ca. 22.470 GWh gestiegen, damit wurde der Wert von 21.800 GWh im Jahr 2006 nochmals übertroffen.

Entwicklung der elektrischen Arbeit der kommunalen KWK-Anlagen
1998-2009

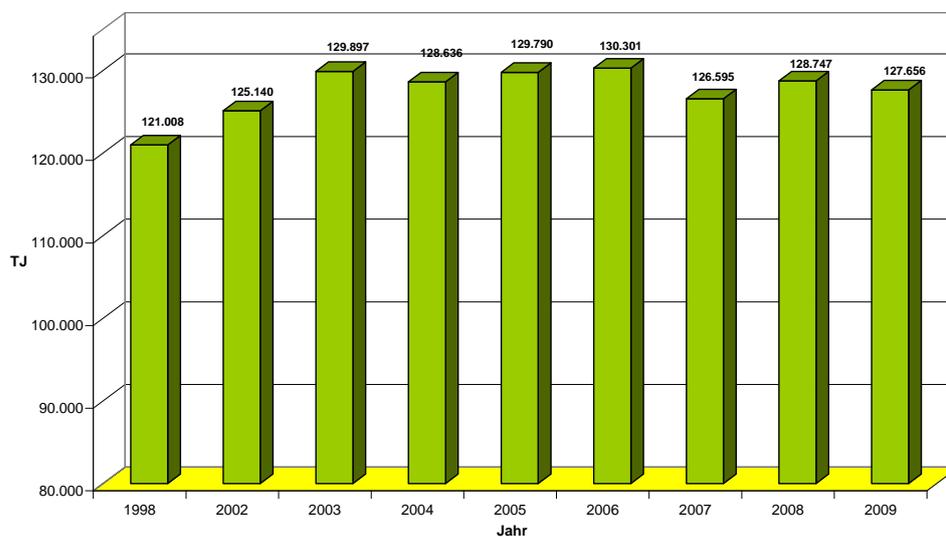


Quelle: VKU 2010 / AGFW

2.3 Entwicklung der Wärmeerzeugung in kommunalen KWK-Anlagen

Die Wärmenetzeinspeisung war mit ca. 127.656 TJ in 2009 geringer als im Vorjahr, mit ca. 128.750 TJ. Damit hat sich die Wärmenetzeinspeisung von dem bislang höchsten Wert von ca. 130.300 TJ im Jahr 2006 noch weiter entfernt.

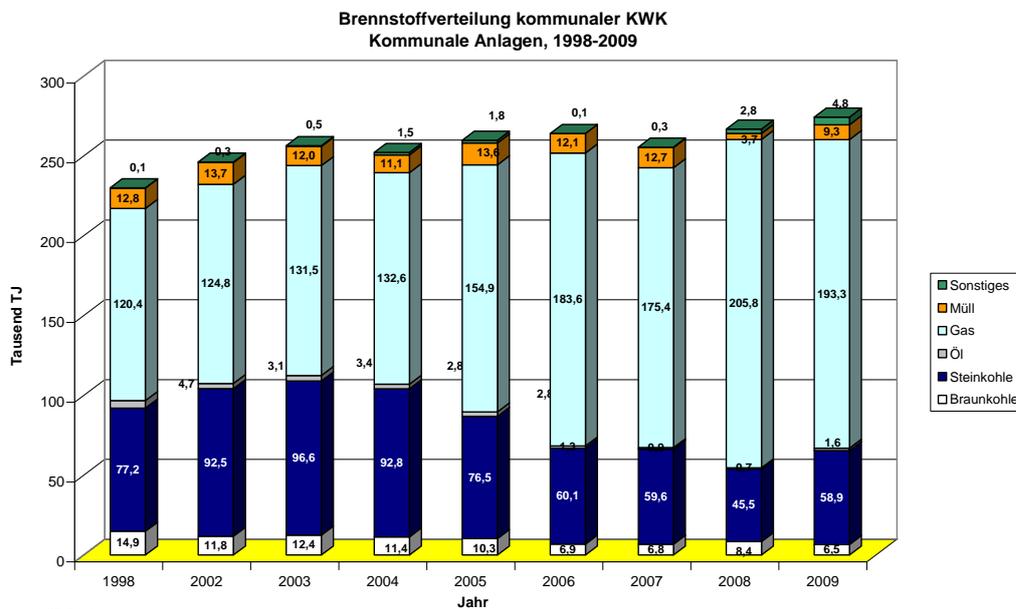
Entwicklung der Wärmenetzeinspeisung aus kommunaler KWK
1998-2009



Quelle: VKU 2010 / AGFW

2.4 Entwicklung des Brennstoffmixes in kommunalen KWK-Anlagen

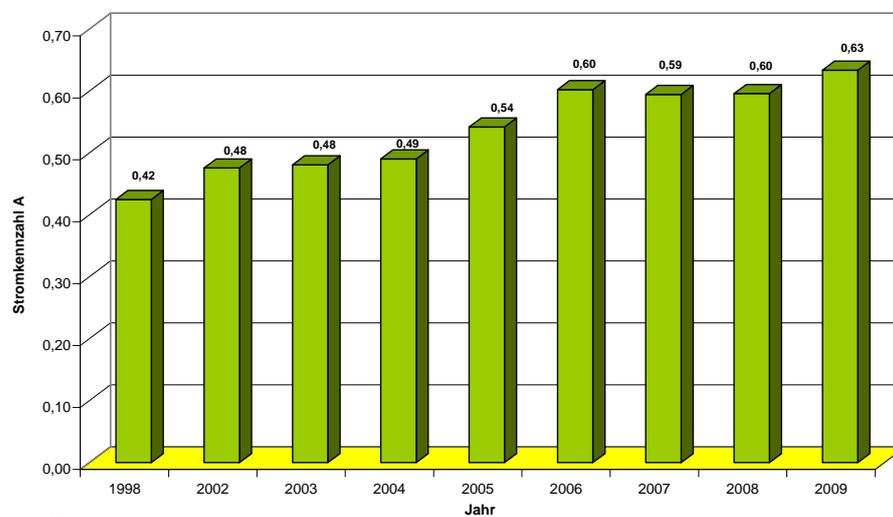
Die in den Vorjahren zu beobachtende Entwicklung, dass der Anteil von Stein- und Braunkohle an den eingesetzten Brennstoffen zugunsten eines erhöhten Erdgaseinsatzes abnimmt, hat sich im Jahr 2009 nicht fortgesetzt. Gegenüber 2008 ist der Erdgas-Anteil von ca. 205.800 TJ auf ca. 193.300 TJ gesunken, während der Steinkohleanteil von ca. 45.500 TJ auf ca. 58.900 TJ gestiegen ist. Der Braunkohleanteil ist allerdings weiterhin gesunken und betrug im Jahr 2009 lediglich ca. 6.500 TJ.



2.5 Entwicklung der Stromkennzahl A kommunaler KWK-Anlagen

Im Jahr 2009 war die durchschnittliche Stromkennzahl A mit 0,63 deutlich höher als noch vor 5 Jahren, wo sie unter 0,5 lag. Das Verhältnis der Stromproduktion zur Wärmeproduktion hat sich damit merklich erhöht.

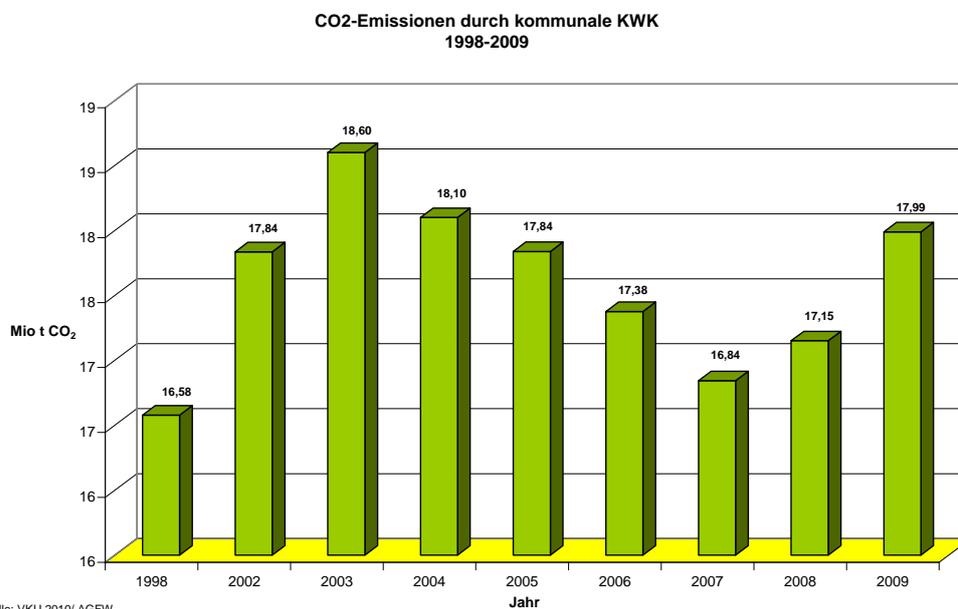
Entwicklung der Stromkennzahl A (elektr. Arbeit KWK / Wärmenetzeinspeisung KWK)
für kommunale Anlagen, 1998-2009



Quelle: VKU 2010 / AGFW

2.6 Entwicklung der CO₂-Emissionen kommunaler KWK-Anlagen

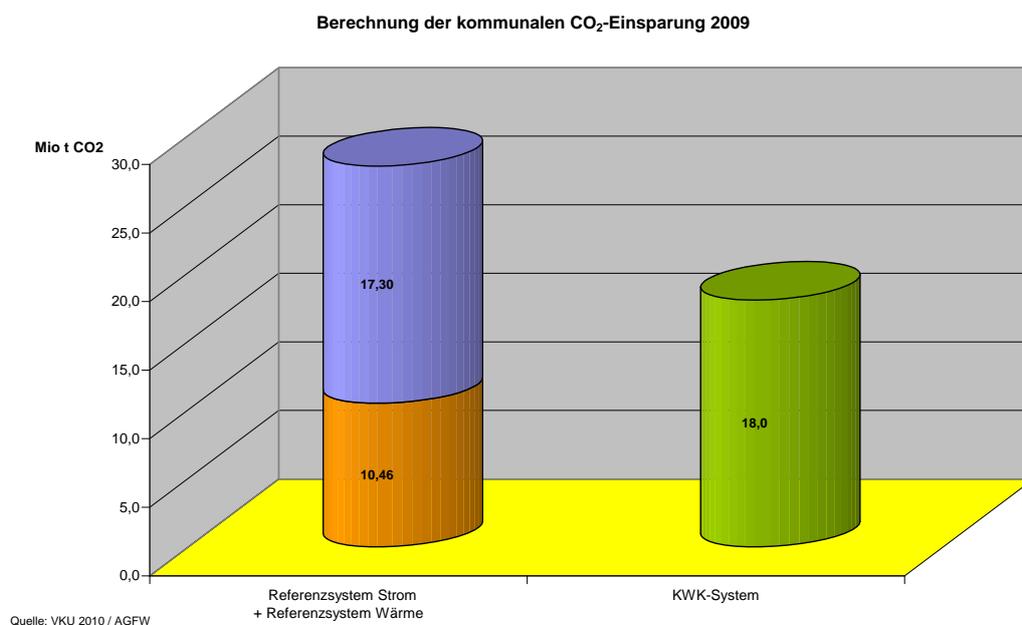
Auf der Grundlage der Entwicklung der Strom- und Wärmeerzeugung, des Brennstoffmixes und der Effizienz kommunaler KWK-Anlagen lassen sich die verursachten CO₂-Emissionen berechnen. Hierbei zeigt sich, dass die CO₂-Emissionen im Jahr 2009 bei wachsender Stromproduktion (vgl. Abschnitt 2.2.2) leicht angestiegen sind, und zwar auf ca. 18 Mio. t.



2.7 Entwicklung der CO₂-Emissionen in den Referenzsystemen

Wären die im Jahr 2009 in kommunalen KWK-Anlagen erzeugten Strom- und Wärmemengen in ungekoppelter Erzeugung produziert worden, wären erheblich mehr CO₂-Emissionen entstanden.

Die CO₂-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 27,8 Mio. t.

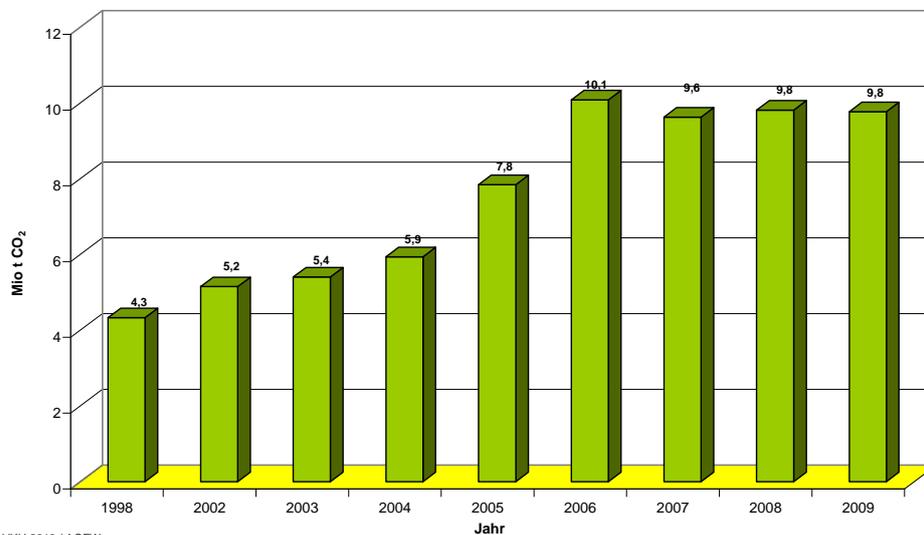


Die Differenz zwischen den CO₂-Emissionen im Referenzsystem (27,8 Mio. t. in 2009) und den tatsächlich verursachten CO₂-Emissionen (18 Mio. t in 2009) ergibt die Höhe der CO₂-Einsparungen durch kommunale KWK-Anlagen (9,8 Mio. t in 2009).

2.8 Entwicklung der CO₂-Einsparung durch kommunale KWK-Anlagen

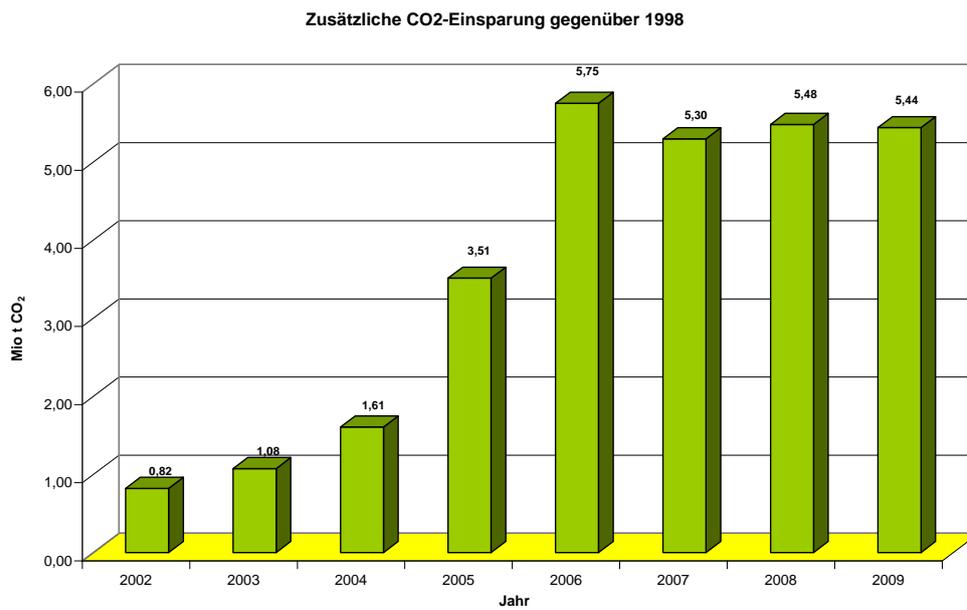
Mit einer CO₂-Ersparnis von 9,8 Mio. t im Jahr 2009 wurde der bisherige Spitzenwert von 10,1 Mio. t im Jahr 2006 fast erreicht und ist in den letzten 3 Jahren annähernd konstant geblieben.

Entwicklung der CO₂-Einsparung durch kommunale KWK-Anlagen
1998-2009



Quelle: VKU 2010 / AGFW

Gegenüber dem Jahr 1998 erhöhte die kommunale KWK ihren Beitrag zur Emissionsminderung um ca. 5,44 Mio. t CO₂ pro Jahr.



3 Zusammenfassung und Fazit

Die von dem Bericht erfassten kommunalwirtschaftlichen Unternehmen haben im Jahr 2009 ihre Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber dem Vorjahr weiter gesteigert. Die in das öffentliche Netz eingespeisten Strommengen sind im Jahr 2009 auf ca. 22.470 GWh gestiegen. Die installierte Leistung hat sich gegenüber dem Vorjahr auf ca. 7.200 MW erhöht. Die Wärmenetzeinspeisung ging von ca. 128.750 TJ im Jahr 2008 auf ca. 127.656 TJ im Jahr 2009 zurück.

Die CO₂-Emissionen der im Bericht erfassten KWK-Anlagen sind im Jahr 2009 mit ca. 18 Mio. t etwas höher gewesen als im Vorjahr.

Bei ungekoppelter Produktion der erzeugten Strom- und Wärmemengen im Jahr 2009, hätte dies CO₂-Emissionen in einer Größenordnung von rd. 27,8 Mio. t zur Folge gehabt.

Demzufolge haben die in dem Bericht erfassten kommunalwirtschaftlichen Unternehmen durch die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme im Jahr 2009 rd. 9,8 Mio. t CO₂ eingespart. Der CO₂-Minderungsbeitrag, den die kommunalen Unternehmen im Jahr 1998 durch die Erzeugung in KWK erreicht haben, beläuft sich auf rd. 4,3 Mio. t CO₂. Damit konnten bis zum Jahr 2009 zusätzliche Einsparungen gegenüber 1998 in einer Größenordnung von ca. 5,5 Mio. t. erzielt werden.

Anhang 2.3: Fortschrittsbericht des VIK

VIK-Monitoringbericht 2006-2009

**zur Verifizierung der Vereinbarungen zwischen der Regierung der Bundesrepublik
Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge und zur Minderung der
CO₂-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung**

Bericht an das Ökoinstitut für das Monitoring der KWK-Vereinbarung

(Stand: 15. Oktober 2010)

C:\Users\g.menzler\Desktop\Eigene Dateien aus LW C_Sicherungskopie\Monitoring_Selbstverpflichtung\VIK_Monitoring_2006-2009_Ökoinst.doc

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 Wärmeverbrauch	4
3. CO₂-Emissionsentwicklung seit 1998, Emissionsbilanz für das Jahr 2009	5
3.1 CO₂-Emission im Basisjahr 1998	5
5	
3.2 Vermiedene Emissionen durch KWK im Jahr 2009	5
4. Zusammenfassung	6
5. Quellen	7

1. Einleitung

Dieser Fortschrittsbericht zeigt die Ergebnisse für die Jahre 2006 bis 2009. Der VIK selbst ist kein qualitatives Klimaschutzziel eingegangen, daher ist der Bericht branchenübergreifend zu sehen.

Die gekoppelte Bereitstellung von Strom, mechanischer Energie sowie Kälte und Wärme mittels Kraft-Wärme-Kopplung stellt zur Zeit die ressourcenschonendste und klimaverträglichste Art der Nutzenergiebereitstellung dar. Verbunden ist dies mit einer entsprechenden Primärenergie- und CO₂-Einsparung. Die Anstrengungen der Industrie zur Erfüllung der Klimaschutzziele werden im nachfolgenden Bericht dokumentiert.

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. 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 Bedeutung des Kostenfaktors Energie kommt u.a. darin zum Ausdruck, dass bei etlichen seiner Mitgliedsunternehmen die Energiekosten über 30% der Fertigungskosten betragen.

2.1 Vorbemerkungen zur Datenerhebung

Die Berichterstattung für das Jahr 2009 bezieht sich auf den aktuellen Stand der Datenerhebung vom 27.09.2010 nach der Fachserie 4 / Reihe 6.4 durch das Statistische Bundesamt [2]. Die für die industrielle KWK angesetzten Daten beinhalten nur den Anteil für die Industrie die über die Fragebögen 067 abgedeckt werden. Wenn eine Belieferung von Dritten z.B. in Chemieparks erfolgt, bedeutet dies, dass diese KWK-Strommengen der öffentlichen Versorgung zugerechnet werden. Der Ansatz des Öko-Institutes nur die Gesamtmenge CO₂ - Minderung als relevant zu betrachten zutreffend.

2.2 Daten zur Strom- und Wärmeerzeugung sowie zum Brennstoffeinsatz

Die gesamte industrielle Stromeigenerzeugung und die KWK-Anteile sind in der Tabelle 1 dargestellt. Die konjunkturellen Auswirkungen der weltweiten Wirtschaftskrise sind u.a. in einem Rückgang der Nettostromerzeugung gegenüber 2008 um ca. 12 % erkennbar. Bei der KWK-Stromerzeugung im Jahr 2009 konnte eine geringfügige Erhöhung verzeichnet werden. Dies kann als erste Signalwirkung des im Jahr 2008 novellierten KWK-G gewertet werden.

Tabelle 1: Eigenerzeugung und KWK-Anteile von Strom und Wärme in GWh

GWh	1998	2006	2007	2008	2009
Netto-Stromerzeugung	52.337	46.879	48.983	45.541	40.332
dav. KWK-Strom	27.200	25.770	25.753	25.695	26.201
Wärmeerzeugung	<i>Keine Daten.</i>	88.793	87.276	89.375	87.450
dav. KWK-Wärme	87.000	78.316	79.818	79.545	78.483

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 %, danach kommt Kohle (Stein- und Braunkohle) mit 13 %. Der Brennstoff Erdgas konnte im Vergleich zu 2008 weiter zulegen, der Kohleanteil verringerte sich weiter.

Tabelle 2: Brennstoffeinsatz in TJ, nur Anteil für KWK

	1998 ¹⁾	2006	2007	2008	2009
Steinkohle	124.060	41.322	37.032	38.666	30.639
Braunkohle	30.584	35.038	34.468	35.314	33.208
Erdgas	252.934	251.118	252.028	257.075	288.613
Sonst. Gase	25.299	4.676	8.303	11.391	11.059
Kokereigas	12.290	2.806	2.170	2.775	2.566
Hochofengas	27.819	5.605	6.719	7.536	7.754
Heizöl EL	13.386	2.431	2.235	1.992	2.999
Heizöl S	13.508	26.952	23.338	24.904	19.731
Sonstige	34.312	114.223	117.737	107.228	121.483
Summe	534.192	484.171	484.030	486.882	486.366

1) Hochgerechnet aus anteiligem Brennstoffbedarf der „Stromscheibe“ nach Ökoinstitut 2009

Quelle: Statistik der Energiewirtschaft, Fachserie 4 / Reihe 6.4, eigene Berechnungen VIK, Korrekturen nach Ökoinstitut Berlin 2009

In der Position „Sonstige“ sind erneuerbare Brennstoffe (Biomasse, Biogas und Klärgas) enthalten. Weiterhin Müll, Klärschlamm, Deponie- und Grubengas. Die Datenerhebung wird über den Fragebogen 067 abgewickelt [1]. Bei der Verdichtung der Daten aus den Fragebögen durch die Statistischen Landesämter werden allerdings die Brennstoffe so zusammengefasst, dass durch die Industrie gemeldete Brennstoffaufschlüsselungen verloren gehen.

Die Ableitung des Emissionsfaktors für den Brennstoffanteil „Sonstige“ wurde durch das Ökoinstitut vorgenommen. In Anbetracht des Anteils von fast einem Viertel sollte zumindest für die abschließende Monitoring-Berichterstattung eine genauere Aufschlüsselung nach Brennstoffen vorgenommen werden. Der VIK wird sich dazu mit dem Statistischen Bundesamt in Wiesbaden bzw. mit einem relevanten Landesamt abstimmen.

2.3 Daten zum Strom- und Wärmeverbrauch

Die gesamte Bruttostromerzeugung in Deutschland betrug im Jahr 2009 rund 596.800 GWh, der Bruttostromverbrauch 582.500 GWh. Die anteilige industrielle Bruttostromerzeugung belief sich auf 40.332 GWh. Der Gesamtstrombedarf von Industrie, Handel und Gewerbe belief sich auf 301.900 GWh, was gegenüber 2008 einen Rückgang um 8 % bedeutet. Dieser Bedarf konnte zu 13,4 % aus der Eigenerzeugung bzw. zu 11,5 % aus KWK-Strom abgedeckt werden.

Bei der Wärmeerzeugung nach Tabelle 1 wird nur der Anteil der Wärmeerzeugung aufgeführt der im Zusammenhang mit einer Stromerzeugung steht. Dies ist jedoch ohne Bedeutung für die in Tabelle 1 aufgeführte Wärmeerzeugung wo der KWK-Anteil bei ca. 89,7 % liegt.

Im Jahr 2009 betrug der Gesamtnutzungsgrad bzw. die Brennstoffausnutzung 77,5 %. Dieser Wert hat sich im Berichtszeitraum nur unwesentlich geändert.

3. CO₂-Emissionsentwicklung seit 1998, Emissionsbilanz für das Jahr 2009

Durch die Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München, (FFE) wurden die Referenzsysteme zur Bewertung der durch KWK eingesparten CO₂-Emissionen entwickelt.

Stromseitiges Referenzsystem

CO₂-Emissionen des durch KWK-Strom substituierten Strommixes:

Referenzsystem 1: 770 g CO₂ / kWh_{el},

Referenzsystem 2: 860 g CO₂ / kWh_{el},

Wärmeseitiges Referenzsystem

Die Mittelwertbildung aus industrieller und öffentlicher Wärmebereitstellung ergibt:

295 g CO₂ / kWh_{th}

3.1 CO₂-Emission im Basisjahr 1998

Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Datengrundlage für das Basisjahr 1998 wurde im Bericht für die Jahre 2005 – 2007 dargelegt. Die entsprechenden Korrekturen des Ökoinstitutes wurden eingearbeitet. Der Berechnungsweg für die CO₂-Emissionen aus industrieller KWK des Basisjahres 1998 kann dem Bericht des Ökoinstituts [4] entnommen werden.

3.2 Vermiedene Emissionen durch KWK im Jahr 2009

Der detaillierte Berechnungsgang für die CO₂-Einsparung wird mit den Brennstoffeinsätzen nach Tabelle 2 sowie mit den Emissionsfaktoren lt. Ökoinstitut vorgenommen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3 Brennstoffeinsatz, KWK-Erzeugung und CO₂-Emissionen im Jahr 2009

Brennstoff	KWK-Brennstoffeinsatz		Emissions-Faktor t _{CO2} /TJ	CO ₂ Emissionen t CO ₂ /a	KWK-Erzeugung Netto	
	Anteil	TJ			Wärme MWh/a	Strom MWh/a
Steinkohle	6,3%	30.639	93	2.849.427	5.010.000	1.352.000
Braunkohle	6,8%	33.208	110	3.652.880	6.185.000	1.200.000
Erdgas	54,9%	267.234	56	14.965.104	41.500.000	17.446.000
sonst. Gase	2,3%	11.059	59	652.481	2.068.000	411.000
Kokereigas	0,5%	2.566	45	115.470	442.000	87.000
Hochofengas	1,6%	7.754	105	814.170	1.340.000	290.000
Heizöl EL	0,6%	2.999	74	221.926	391.000	165.000
Heizöl S	4,1%	19.731	78	1.539.018	3.336.000	744.000
sonstiges	22,9%	111.176	41,8	4.647.157	18.211.000	4.506.000
Summe	100%	486.366		29.457.633	78.483.000	26.201.000

In der Tabelle 4 ist auf Basis des Referenzsystems 1 dargestellt, welche CO₂-Minderung durch KWK erreicht wird, wenn anstelle der KWK-Strom- und -Wärmeerzeugung eine getrennte Erzeugung von Strom und Wärme vorgenommen würde.

Tabelle 4 CO₂-Einsparung für das Jahr 2009

	MWh/a		Referenzen getrennte Erzeugung	
			t _{CO2} /MWh	t CO ₂ /a
BS-Einsatz	135.101.667			
KWK-Strom	26.201.000	19,4%	0,770	20.174.770
KWK-Wärme	78.483.000	58,1%	0,295	23.152.485
Summe	104.684.000			43.327.255
Stromkennzahl	0,33		CO ₂ KWK	29.457.633
Nutzungsgrad	77,5%			
CO₂ Einsparung durch KWK-Nutzung:			13.869.622	t CO₂

CO₂ Emissionen durch KWK im Basisjahr: 38,5 Mio. t

Ergänzend soll auch noch CO₂-Einsparung aufgeführt, die sich mit dem Berechnungsgang nach Referenzsystem 2 ergeben. Als analoger Ansatz nach den Tabellen 3 und 4 ergeben sich eingesparte CO₂-Emissionen in Höhe von 16,23 Mio. t

4. Zusammenfassung

Je nach zugrunde gelegtem Referenzsystem ergibt sich für das Jahr 2009 durch Bereitstellung von KWK-Strom und KWK-Wärme im Vergleich zu einer getrennten Strom- und Wärme-Bereitstellung die folgende jährliche CO₂-Vermeidung:

REF 1	770/295	13,87 Mio. t CO ₂
REF 2	860/295	16,23 Mio. t CO ₂

Die oben aufgeführten Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz der industriellen KWK ein wichtiger Baustein für den Klimaschutz und des ressourcensparenden Umgang mit Energie ist. Damit wird ein Beitrag zu Erfüllung der vereinbarten CO₂-Minderung geleistet.

5. Quellen

[1] Erhebung über Stromerzeugungsanlage, DSTATIS Statistik- Nr.067

[2] Stromerzeugungsanlagen der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe

Fachserie 4 / Reihe 6.4 (Jahre 2006 bis 2009)

[3] Statistik der Energiewirtschaft Ausgabe 2009 Tafeln 5.08 und 5.09

[4] Ökoinstitut: Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungsvereinbarung, Berichtszeitraum 1998 bis 2008

Anhang 2.4: Anmerkungen des BDEW zum Entwurf des KWK-Monitoringberichts

Kommentare

zum Berichtsentwurf des Öko-Instituts für das Monito- ring der KWK-Vereinbarung – Berichtszeitraum 2009

Berlin, 07. April 2011

Das Öko-Institut hat am 28. März 2011 den Entwurf für den dritten Bericht zum Monitoring der KWK-Vereinbarung für den Teilbereich Kraft-Wärme-Kopplung vorgelegt. Der Berichtsentwurf behandelt den Berichtszeitraum bis 2009 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.

Der BDEW unterstützt grundsätzlich die sowohl in der Analyse der stromwirtschaftlichen Gesamtentwicklung als auch in den Folgekapiteln vorgenommene „Gesamtschau“ des Energiesektors, die sowohl Anlagen der allgemeinen Versorgung als auch die der industriellen Kraftwirtschaft und des Privatsektors umfasst. Der Bericht weist zu Recht darauf hin, dass aufgrund statistischer Schwellenwerte, Umbuchungen zwischen den Sektoren, Betreiberwechseln und einer Reihe weiterer Aspekte eine **isolierte Betrachtung der Einzelsektoren** über einen längeren Zeitraum **nicht sinnvoll** ist. Die Notwendigkeit für eine solche Gesamtschau gilt gleichermaßen für die stromwirtschaftliche Gesamtentwicklung und den KWK-Ausbau, die Minderungsversprechen sowie die maßnahmenbasierten CO₂-Einspareffekte.

Durch das teilweise gegenüber den Vorjahren veränderte Vorgehen ergibt sich an einigen Stellen des Berichtes noch methodischer Diskussionsbedarf.

Der BDEW nimmt im Einzelnen zu dem Berichtsentwurf wie folgt Stellung:

Kapitel 2: Stromwirtschaftliche Gesamtentwicklung

Aus Abbildung 2-2 liest der Gutachter ab, dass die spezifischen Emissionen der Stromerzeugung gemessen über den Quotienten aus gesamtem Brennstoffeinsatz für Strom und Wärme und der Bruttostromerzeugung „nahezu stetig“ gesunken sind. Diese Aussage wird durch die Feststellung im letzten Absatz des Kapitels, dass *„rund 90% der Minderung der spezifischen Emissionen innerhalb des gesamten Zeitraums bis zum Jahr 2005 erfolgt sind, die Vorgänge in der Umstrukturierung im Kraftwerkspark in den letzten vier Jahren verglichen mit den Vorjahren deutlich schwächer ausgefallen sind“* wieder etwas relativiert.

Bei einer quasi linearen Abnahme bedeutet das unterschiedliche Zeitfenster von 16 bzw. 4 Jahren, dass 80% der Abnahme innerhalb der ersten Periode erreicht werden sollten. Bei einer Bewertung des Verlaufs muss aber berücksichtigt werden, dass aufgrund der Indikatorbildung eine Abflachung der Kurve der spezifischen Emissionen bei einer Zunahme der KWK-Stromerzeugung ex-ante impliziert ist. Aufgrund der Wärmeauskopplung ist nämlich der isoliert betrachtete elektrische Wirkungsgrad von in KWK betriebenen Anlagen immer geringer als der einer vergleichbaren ungekoppelt betriebenen Anlage. Der tatsächliche Brennstoffausnutzungsgrad und damit auch der Klimaschutznutzen sind aber deutlich höher.

Für eine sachgerechte Betrachtung der zeitlichen Entwicklung sollte der Messindikator deswegen entweder nur die CO₂-Emissionen der Stromscheibe und die zugehörige Brutto- oder Nettostromerzeugung umfassen oder die gesamten CO₂-Emissionen der Strom- und Wärmescheiben mit der zugehörigen Erzeugung von Strom und Wärme in Beziehung setzen.

Kapitel 7.1: Fossil betriebene Blockheizkraftwerke

Die vom Gutachter vorgenommenen Anpassungen und methodischen Erweiterungen insbesondere hinsichtlich der angesetzten Vollastbenutzungsstunden und typischen Laufzeiten von mit fossilen Brennstoffen betriebenen Blockheizkraftwerken sind aus Sicht des BDEW akzeptabel und stellen eine wesentliche Weiterentwicklung dar.

Kapitel 7.2: Biogen betriebene KWK-Anlagen

Im Bereich der biogen betriebenen KWK-Anlagen ist der Gutachter an mehreren Stellen vom Vorgehen der Vorjahre abgewichen. Während einige Änderungen in nachvollziehbarer Weise auf verbesserte Datengrundlagen und Erkenntnisse zurückzuführen sind, besteht an anderen Stellen noch erheblicher Diskussionsbedarf.

1. Anpassung des Vorgehens für den Papier- und Zellstoffsektor in 2009

Durch die EEG-Novelle 2009 (§ 66) können bestehende Anlagen mit einer Leistung über 20 MW unter bestimmten Voraussetzungen bis zu einem Leistungsanteil von 20 MW anteilig ab 2009 die allgemeine Vergütung für Biomasseanlagen in Anspruch nehmen. Derzeit wird diese Regelung nach unserem Kenntnisstand nur für zwei Zellstoffwerke, die überwiegend Schwarzlauge einsetzen, angewendet. Für die übrigen Anlagen der Papier- und Zellstoffindustrie, die alle vor 2004 in Betrieb gegangen sind und verfahrensbedingt keine Schwarzlauge einsetzen, hat sich durch die EEG-Novelle an dieser Stelle faktisch nichts geändert.

Darüber hinaus schreibt das EEG eine ganze Reihe von engen und strengen Voraussetzungen für die Aufnahme der Zellstoffwerke in das EEG fest (siehe EEG § 66 (5): u. a. KWK-Betrieb > 70%, mehr als 75% Einsatz von Schwarzlauge etc.). Zudem besteht ein Vergütungsanspruch nur für die Netzeinspeisung, die in diesem Falle über eine Saldobildung der Ein- und Ausspeisung des jeweiligen Standortes ermittelt wird. Aufgrund der gesetzlichen Vorgaben ergibt sich so die im Bericht des Gutachters aufgeführte Vergütungssituation der beiden Zellstoffwerke. Die Zellstoffwerke können somit nach unserer Lesart bis zu einem Anteil von 20 MW die allgemeine Biomasseeinspeiservergütung ggf. inklusive KWK-Bonus für die Netzeinspeisung in Anspruch nehmen. Für die darüber hinausgehende Einspeisung besteht nach Gesetzeslage nur ein verminderter Vergütungsanspruch ohne zusätzlichen KWK-Bonusanspruch. Für den für die Produktion des Zellstoffs benötigten Strom besteht kein Vergütungsanspruch.

Das vom Gutachter vorgeschlagene Verfahren zur Behandlung der neu in den Geltungsbereich des EEG aufgenommenen Zellstoffwerke führt zu einem erheblichen methodischen Bruch in der Zeitreihe zwischen den Jahren vor 2009 und ab 2009. Darüber hinaus werden die nicht in das Stromnetz eingespeisten KWK-Strommengen der Zellstoffwerke und die Einschränkung, dass der Anspruch auf den KWK-Bonus nur für den Leistungsanteil bis 20 MW besteht, nicht angemessen berücksichtigt. Als Folge dieses Vorgehens bleiben so nach Schätzung des BDEW mehr als eine halbe Terawattstunde KWK-Strom ungerechtfertigterweise bei der Ableitung der biogenen KWK-Strommengen in 2009 unberücksichtigt.

Um eine sachgerechte und über die Zeitreihe konsistente Behandlung des Papier- und Zellstoffsektors zu gewährleisten, schlagen wir für das Jahr 2009 folgendes Verfahren vor:

- Die biogene Brutto-Stromerzeugung der Papier- und Zellstoffindustrie sollte - analog der Vorjahre - auch in 2009 von den Daten der AGEE pauschal abgezogen werden.
- Die Bestimmung des Eigenbedarfs nach Tabelle 7-6 sollte auch für das Jahr 2009 den Abzug der Papier- und Zellstoffindustrie berücksichtigen, so dass sich eine konsistente Zeitreihe über den gesamten Berichtszeitraum ergibt.
- Die KWK-Strommenge unter dem KWK-Bonus des Zellstoffwerks Stendal sollte in Tabelle 7-7 von der gesamten Einspeisung unter dem KWK-Bonus für Anlagen mit Inbetriebnahme ab 2004 abgezogen werden.
- Die unter dem EEG vergütete Stromeinspeisung der beiden Zellstoffwerke sollte von der gesamten von der Bundesnetzagentur berichteten EEG-Strommenge in Tabelle 7-7 abgezogen werden.
- Bei der Bestimmung der Anteile der Erzeugung vor und ab 2004 (siehe Tabelle 7-8) sowie der Vergütungsmengen in Tabelle 7-7 sollte die gesamte nach dem EEG vergütete Strommenge des Zellstoffwerks Rosenthal von der Einspeisemenge der Anlagen mit Inbetriebnahme vor 2004 und die des Zellstoffwerks Stendal von der ab 2004 abgezogen werden.
- Bei der Bestimmung der KWK-Stromerzeugung aus kleinen Biomasseanlagen in Tabelle 7-11 sollte wie in den Vorjahren für das Jahr 2009 im Abzugsverfahren die vom Statistischen Bundesamt berichtete KWK-Stromerzeugung der Papier- und Zellstoffindustrie nicht berücksichtigt werden.

Bei Durchführung dieser Anpassungen ergibt sich im Jahr 2009 zwischen AGEE-Statistik und Vergütung nach dem EEG nach Bundesnetzagentur eine Differenz, die in ihrer Höhe der gesamten Bruttostromerzeugung des Papier- und Zellstoffsektors im Jahr 2009 entspricht. Durch das vorgeschlagene Vorgehen kann so nach Auffassung des BDEW eine konsistente und methodisch einheitliche Behandlung ohne Brüche über die gesamte Zeitreihe des Monitoring von 2005 bis 2009 vorgenommen werden.

2. KWK-Bonus für Bestandsanlagen mit Inbetriebnahme vor 2009

Die Anwendung des KWK-Bonus gilt gemäß EEG § 66 Abs.1 Nr. 3 ab Inkrafttreten der EEG-Novelle auch für Strom aus Biomasseanlagen, der nach dem 31. Dezember 2008 **erstmalig** in KWK erzeugt worden ist. In der Gesetzesbegründung wird hierzu näher ausgeführt, dass sich dieser Anspruch für Biomasseanlagen ergibt, die vor Inkrafttreten des Gesetzes in Betrieb genommen wurden und nach Inkrafttreten dieser Gesetzesfassung erstmalig in KWK betrieben werden. Dies bedeutet, dass es sich um gegenüber den Annahmen und Erzeugungsmengen der Vorjahre **zusätzlichen** KWK-Strom handelt, der über die Erschließung neuer Wärmesenken unter Beachtung der Kriterien der Anlage 3 des EEG nachgewiesen wurde.

Darüber hinaus soll nach aktueller Rechtslage der KWK-Bonus auch für Strom aus sonstigen Biomasseanlagen bis zu einem Leistungsanteil von 500 kW gewährt werden, wenn die Anforderungen der Anlage 3 erfüllt werden. Die Anspruchsvoraussetzungen der Anlage 3 sind mit einem erheblichen Nachweis- und Verwaltungsaufwand verbunden, so dass durchaus davon ausgegangen werden kann, dass eine Inanspruchnahme des Bonus für viele Anlagen möglicherweise erst sukzessive in den Folgejahren erfolgen wird oder aufgrund der erheblichen Mehrkosten für Verwaltungs- und Verifizierungsaufwand insbesondere von Kleinanlagen auf die Inanspruchnahme des KWK-Bonus sogar gänzlich verzichtet wird.

Aufbauend auf den Berichten der Netzbetreiber weist die Bundesnetzagentur für das Jahr 2009 eine Inanspruchnahme des KWK-Bonus für Anlagen mit Inbetriebnahme vor 2004 mit einer KWK-Stromerzeugung in Höhe von ca. 0,26 TWh aus.

Eine detaillierte Auswertung der Abrechnungen der Netzbetreiber offenbart, dass hierbei rund 0,08 TWh auf Vergütungskategorien für einen Leistungsanteil > 500 kW entfallen, für die nach geltender Rechtslage eine erstmalige KWK-Erzeugung zur Inanspruchnahme des KWK-Bonus nachgewiesen werden musste. Diese Strommenge sollte nach Auffassung des BDEW in Tabelle 7-9 bei der pauschalen Zuweisung eines KWK-Anteiles sowie der KWK-Stromerzeugung in Tabelle 7-10 für Anlagen mit Inbetriebnahme vor 2004 für das Jahr 2009 anteilig als zusätzliche KWK-Stromerzeugung berücksichtigt werden.

Die verbleibende unter dem KWK-Bonus für Bestandsanlagen vor 2004 geförderte KWK-Strommenge von 0,18 TWh umfasst aufgrund des Schwellenwertes von 500 kW ganz überwiegend private Kleinanlagen. Allerdings könnten hierin in geringem Umfang auch Leistungsanteile < 500 kW von Anlagen der allgemeinen Versorgung oder der Industrie > 1 MW enthalten sein, die aufgrund der vergleichsweise geringen Anlagenfallzahlen mit Inbetriebnahme vor 2004 aber vernachlässigbar erscheinen.

Die entsprechende Strommenge stellt voraussichtlich ganz überwiegend keinen erstmalig erzeugten KWK-Strom dar und sollte deshalb im pauschalen Ansatz nach Tabelle 7-9 bereits enthalten sein.

3. KWK-Wärmeerzeugung kleiner Biomasseanlagen

Der Gutachter schlägt im vorliegenden Bericht ein vom Vorjahresbericht abweichendes neues Verfahren zur Ableitung der durchschnittlichen Stromkennzahl für Biomasseanlagen vor, die nicht dem Berichtskreis der allgemeinen Versorgung oder der industriellen Kraftwirtschaft unterfallen. Die so abgeleitete Stromkennzahl bildet dann die Grundlage für die Bestimmung der KWK-Wärmeerzeugung aus den KWK-Strommengen.

Aus den Angaben der AGEE zur Stromerzeugung aus biogenen Energieträgern und den Fachstatistiken des Statistischen Bundesamtes lässt sich – nach Berücksichtigung der unterschiedlichen Verbuchung des flüssigen Biomasseeinsatzes in der Papier- und Zellstoffindustrie – ohne Weiteres ableiten, dass Stromerzeugung aus Biogas und flüssiger Biomasse im Rahmen der Berichtskreise der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft gegenüber der von der AGEE berichteten Gesamterzeugung mit einem Anteil von weniger

als 5 Prozent kaum ins Gewicht fallen. Für feste Biomasse ergibt sich abzüglich dieser beiden Berichtskreise eine Erzeugung von „kleinen“ Biomasseanlagen in Höhe von gut 5,8 TWh. Diese Menge passt offensichtlich nicht zu der im Bericht zitierten kumulierten Leistung in Höhe von 50 MW kleiner mit fester Biomasse befeuerter Kraftwerke. Es liegt vielmehr der Schluss nahe, dass der Bereich der „kleinen Biomasseanlagen“ auch Anlagen mit einer Betreiberleistung von mehr als 1 MW umfasst.

Die Zuordnung einer durchschnittlichen Stromkennzahl sollte – wie im Vorjahresbericht – auf repräsentativen Anlagenkonzepten und nicht auf einem pauschalen Zuordnen zum Energieträger Biogas beruhen. Zu berücksichtigen ist hierbei nicht nur die installierte Gesamtleistung des jeweiligen Energieträgers, sondern auch die typischerweise erreichten Vollastbenutzungsstunden.

Die Zuordnung einer nicht brennstoffspezifischen generischen Stromkennzahl für Biomasseanlagen außerhalb des Berichtskreises der allgemeinen Versorgung und der Industrie sollte deshalb nach Auffassung des BDEW auf einer Gewichtung typischer brennstoffspezifischer Stromkennzahlen mit den aus der AGEE-Statistik nach Abzug der Erzeugung aus Anlagen der allgemeinen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft abgeleiteten Erzeugungsmengen „privater Anlagen“ nach einzelnen Energieträgern beruhen.

Kapitel 8.3: CO₂-Emissionsfaktoren

Seit dem Berichtsjahr 2009 weist das Statistische Bundesamt die ursprüngliche Kategorie „Abfälle (Hausmüll, Industrie)“ getrennt nach Siedlungs- und Industrieabfällen aus. Im Rahmen der allgemeinen Versorgung werden Industrieabfälle in geringem Umfang in Müllheizkraftwerken thermisch entsorgt. Darüber hinaus werden aber auch zunehmend (kommunale) Klärschlämme und Industrieabfälle in Mono-Ersatzbrennstoff- oder Kohlekraftwerken (mit-) verbrannt. Als Industrieabfälle sind hier vornehmlich Tiermehl, Papierschlämme und aus der mechanischen Aufbereitung von Siedlungs- und Gewerbeabfällen hervorgegangene Ersatzbrennstoffe zu nennen. Darüber hinaus kommen in geringem Umfang auch in Einzelfällen Altöl, Ölschlamm und andere Carbon-Brennstoffe zum Einsatz.

Für die Industrieabfallfraktionen Papierschlamm und Tiermehl ist ein nahezu vollständiger biogener Anteil anzusetzen. Für aus der mechanisch-biologischen Aufbereitung von Siedlungs- und Gewerbeabfällen hervorgegangene Ersatzbrennstoffe werden in der Fachliteratur üblicherweise biogene Gehalte von 40 – 60% genannt.

Der Gutachter schlägt vor, für Abfälle den gemischten Emissionsfaktor des nationalen Inventarberichts für „other fuels“ (andere Brennstoffe) des Sektors 1.A.1.a anzusetzen. Der Faktor ergibt sich rechnerisch aus einer Mischung verschiedenster nicht genau spezifizierter Brennstoffkategorien und umfasst sowohl gekoppelte als auch ungekoppelte Energieerzeugung.

Der Nationale Inventarbericht des Umweltbundesamtes für das Berichtsjahr 2009 ist unseres Wissens noch nicht veröffentlicht.

Der BDEW spricht sich dafür aus, für die Bestimmung der CO₂-Emissionen der Kraft-Wärme-Kopplung wie in der Vergangenheit kategorienscharfe Emissionsfaktoren anzusetzen, die die tatsächlichen Anteile der einzelnen Brennstoffe im KWK-Betrieb berücksichtigen.

Demzufolge sollte für die Kategorie Hausmüll/Siedlungsabfälle der entsprechende UBA-Emissionsfaktor des letzten veröffentlichten Inventarberichtes für das Jahr 2008 in Höhe von 91,5 t CO₂/TJ verbunden mit einem biogenen Anteil von 50% angesetzt werden.

Für die neue Kategorie Industrieabfälle liegt es nahe, den UBA-Emissionsfaktor für Industriemüll in Höhe von 71,1 t CO₂/TJ provisorisch anzusetzen.

Die Zuordnung eines abweichenden Emissionsfaktors und insbesondere auch eines biogenen Anteiles für Industrieabfälle kann dann im nächsten Gutachterbericht ggf. unter Zuarbeit der Verbände und auf Grundlage neuer Erkenntnisse des Umweltbundesamtes vorgenommen werden.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Martin Ruhrberg
Telefon: +49 30 300199-1518
martin.ruhrberg@bdew.de

Anhang 2.5: Anmerkungen des VIK zum Entwurf des KWK-Monitoringberichts



Anmerkungen

zum

Monitoringbericht des Ökoinstitutes zur

KWK-Vereinbarung für den Berichtszeitraum 2009

vom 28. März 2011

Essen, 14. April 2011

Anmerkungen zum Bericht in der Version vom 28.03.2011

Der Bericht des Öko-Institutes zur Emissionsminderung durch die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung ist gerade in der Zeit eines Umbruchs in der Energieversorgung in Deutschland und einer Diskussion zur zukünftigen Rolle der KWK eine Hilfe. Der VIK begrüßt diesen Bericht als neutrale und sachgerechte wissenschaftlich fundierte Dokumentation der CO₂-Minderung aus KWK in Deutschland.

Die Berechnung der Emissionsminderung erfolgt mit festgeschriebenen Referenzsystemen der getrennten Strom- und Wärmebereitstellung, welche von allen am Monitoring Beteiligten akzeptiert sind. Ein Exkurs innerhalb des Berichtes ist wenig hilfreich. Der gerade diskutierte Ausstieg aus der Kernenergienutzung zeigt das.

Kapitel 1 Einleitung und Hintergrund

Durch das Ökoinstitut wird dargelegt, ein vollständiges Gerüstes der gesamten KWK-Strom und –Wärmeerzeugung in Deutschland erstellt zu haben. Vor allem im industriellen Bereich kann es im Segment der Anlagen ab 1 MW bis zu einer nicht genau definierbaren Leistungsgröße Berichtdefizite geben. Dies ergibt sich daraus, dass nicht alle Betreiber von Anlagen automatisch davon in Kenntnis gesetzt werden, dass eine Berichtspflicht besteht. Hier sind neben dem Gesetzgeber und den Behörden auch die Verbände in der Pflicht.

Kapitel 6.3 Ergebnisse der Monitoring berichte der Verbände –VIK-

Da sich die Berichterstattung des VIK zum Abgabezeitpunkt des Berichtes auf den aktuellen verfügbaren Stand der Datenerhebung nach der Fachserie 4 / Reihe 6.4 des Statistischen Bundesamtes bezieht, wird es nach entsprechenden Korrekturen immer noch Änderungen bei den Daten geben. Daher ist positiv zu bemerken, dass durch das Ökoinstitut hier stets die letzten verfügbaren Daten einfließen.

Kapitel 8.4.3

Die Ableitung des Emissionsfaktors für die Position „sonstige“, (kein Industriemüll!) wird durch das Ökoinstitut unter der Annahme vorgenommen, dass sich der Brennstoffeinsatz zu rund 55 % aus Emissionsfreien Brennstoff und 45 % aus Misch EF, Heizöl S und Petrolkoks mit 0,0895 t CO₂/GJ aufteilt. Nach Einschätzung des VIK ist der gewählte Emissionsfaktor zu hoch angesetzt. Dazu die nachfolgende Argumentation, in der Tabelle ist der Brennstoffeinsatz aufgeführt, der sich ergibt wenn die elektrische Stromerzeugung auf den Brennstoffeinsatz mit rund 15 % Nutzungsgrad hochgerechnet wird. Als Quelle dienen die offiziellen STABU Angaben.

Klärschlamm	325.900
Industrie Abfall	1.940.727
Abfall (Hausmüll, Siedl.abf.)	196.300
sonst. Hergest. Gase	3.499.841
Flüssiggas	1.812.947
Raffineriegas	1.309.820
Petrolkoks	853.333
<u>andere Mineralölprodukte</u>	<u>5.667.783</u>
Summe	15.606.650

Die genannten Brennstoffe stimmen nicht mit denen nach FS 4 Reihe 6.4 überein.

Dem VIK liegt eine Einzelauswertung der 83 Standorte für NRW aus dem Jahr 2008 vor. An 13 Standorten erscheint eine Brennstoffkategorie „Abhitze usw.“ mit insgesamt 8898 TJ Brennstoff. Bezogen auf die 33.972 TJ sonstige Brennstoffe sind das für die Abhitze 26%. Anteil. Die Abhitzenutzung (u.a. aus Dampfdruckspeisung) dürfte eine Reduktion des o.a. Emissionsfaktors bewirken.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Gerald Menzler
 Referent Industrielle Energieversorgung
 Postfach 10 39 53
 D-45039 Essen
 Tel.:0201 810 84-41
 Mobil:0171 240 7700
 Fax: 0201 810 84-30
 e-mail: g.menzler@vik.de

Anhang 2.5: Anmerkungen des VKU zum Entwurf des KWK-Monitoringberichts

Sabine Gores

Von: weigt@vku.de
Gesendet: Mittwoch, 13. April 2011 17:02
An: Sabine Gores
Cc: jaacks@vku.de; petzold@vku.de; c.herrmann@vku.de
Betreff: AW: Entwurf des KWK-Monitoring-Berichts

Sehr geehrte Frau Gores,

bitte entschuldigen Sie die späte Rückmeldung. Zu Ihrem Entwurf haben wir nur eine Anmerkung:

In Kapitel 8.5 sind die jährlichen CO₂-Einsparungen der KWK bezogen auf das Basisjahr dargestellt, also die Einsparungen, die seit 1998 zusätzlich erreicht wurden (nur diese sind ja auch Gegenstand des Monitoring).

Es wäre interessant, in diesem Zusammenhang auch die jährlichen CO₂-Einsparungen der KWK insgesamt darzustellen, also einschließlich der KWK-Anlagen, die bereits 1998 in Betrieb waren. Die von Ihnen ermittelten 20,5 bis 22,2 Mio. t beziehen sich ja nur auf den Zubau seit 1998.

Wir wären Ihnen sehr dankbar, wenn Sie diese Ergänzung noch vornehmen könnten.

Mit freundlichen Grüßen
Jürgen Weigt

Dr. Jürgen Weigt, LL.M.
Referent
Abteilung Energiewirtschaft
Bereich Erzeugung/Vertrieb/Handel

Verband kommunaler Unternehmen e.V.
Hausvogteiplatz 3-4
10117 Berlin
Fon +49(0)30.58 58 0 -185
Mobil +49(0)170.8580 185
Fax +49(0)30.58 58 0 -103
weigt@vku.de
www.vku.de

Für aktuelle Informationen aus unserem Bereich abonnieren Sie auch den [Newsletter Erzeugung/Vertrieb/Handel](#).

Von: Sabine Gores [<mailto:S.Gores@oeko.de>]
Gesendet: Montag, 11. April 2011 09:17
An: Weigt, Jürgen; Herrmann, Christian; Gerald Menzler
Betreff: FW: Entwurf des KWK-Monitoring-Berichts
Wichtigkeit: Hoch

Sehr geehrte Herren,

ich habe vor zwei Wochen den Entwurf des KWK-Monitorings versendet, mit der Bitte um Rückmeldung bis letzten Freitag. Bislang habe ich jedoch von Ihnen noch keine Antwort erhalten. Vielleicht sind Sie in der gerade sehr bewegten Zeit noch nicht dazu gekommen, sich kurz dem KWK-Monitoring zu widmen. Da der Bericht jedoch bis Ende April abgegeben sein muss, möchte ich Sie dringend bitten mir bis Mitte dieser Woche (13.4.) Ihre Nachricht zu dem Entwurf zukommen zu lassen. Sollte es Ihnen bis dahin absolut nicht möglich sein, wenden Sie sich doch bitte kurz an mich, damit wir das weitere Vorgehen absprechen können.

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

Anhang 3.1: Stellungnahme zum Fortschrittsbericht des BDEW

Anhang 3.2: Stellungnahme zum Fortschrittsbericht des VIK

Anhang 3.3: Stellungnahme zum Fortschrittsbericht des VKU

11. Februar 2011

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 CO₂-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 9.11.2000“ (Teilbericht 2)

Der vom BDEW gelieferte Monitoring-Bericht 2009 entspricht der Systematik des KWK-Monitoring-Berichtes des Öko-Instituts vom Juli 2010.

Der Monitoring-Bericht 2009 wird auf Grundlage der Berechnungen des Basisjahrs 1998 des Monitoringberichts 1998-2005, des Monitoringberichtes 2005-2008 sowie auf Basis der amtlichen Statistiken erstellt. Der Ansatz zur Entwicklung der kleinen Biomasse-Anlagen wird auf der Grundlage der Neuregelungen durch das EEG 2009 überarbeitet.

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 der Besprechung der Abbildungen 1 und 2 auf Seite 10, 2. Absatz:

Die Entwicklung der KWK- Stromerzeugung in den Jahren 2006-2008 wird als „deutliche weitere Zunahme der KWK-Stromerzeugung“ interpretiert. Es sollte darauf hingewiesen werden, dass die deutliche Zunahme der KWK-Stromerzeugung hauptsächlich im Jahr 2006 zu verzeichnen ist, gefolgt von einem erheblichen Rückgang im Jahr 2007 (bei gleichfalls sinkender Wärmeabgabe).

Anschließend wird ein Zusammenhang zwischen der „deutlichen Ausweitung der KWK-Stromerzeugung“ und einer „deutlichen Verringerung der tatsächlichen spezifischen CO₂-Emissionen der Nutzenergieerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung“ hergestellt. Dieser Zusammenhang erscheint nicht schlüssig, da die spezifischen CO₂-Emissionen im Jahr 2007 weiter gesunken sind, bei sinkender KWK-Stromerzeugung. Auch fehlt ein Hinweis darauf, dass die spezifischen CO₂-Emissionen vom Jahr 2008 an wieder angestiegen sind und weshalb das so ist.

11. Februar 2011

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 CO₂-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 2006-2009 entspricht der Systematik des KWK-Monitoring-Berichtes des Öko-Instituts vom Juli 2010. Einzelne Werte stimmen jedoch nicht mit den Angaben der letztveröffentlichten Statistiken überein oder spiegeln nicht die Ergebnisse des ersten KWK-Monitoring Berichtes 1998-2005 wider.

Der Monitoring-Bericht 2009 wird auf Grundlage der Berechnungen des Basisjahrs 1998 des Monitoringberichts 1998-2005, des Monitoringberichtes 2005-2008 sowie auf Basis der amtlichen Statistiken erstellt. Sofern Sie damit nicht einverstanden sind, bitten wir um jeweilige Begründungen und Vorlage entsprechender Datenquellen.

Auf die Abweichungen einzelner Werte wird in den folgenden Punkten eingegangen.

2 Bewertung des KWK-Monitoringberichtes des VIK im Detail

Tabelle 1

- Die Netto Stromerzeugung aus KWK des Jahres 1998 wurde im Monitoring-Bericht 1998-2005 in Tabelle 8-11 auf 27,3 TWh korrigiert.
- Die Werte der Netto-Strom- und Wärmeerzeugung des Jahres 2009 insgesamt sowie aus KWK-Anlagen entsprechen nicht den aktuellsten Angaben der Fachserie 4, Reihe 6.4. Dieser Sachverhalt wurde an unserem Treffen am 28.10.2010 thematisiert, eine korrigierte Version der Statistik liegt nun vom 10.11.2010 vor.

Kapitel 2.2

Für die abschließende Monitoring-Berichterstattung 2010 soll möglichst, wie am 28.10.2010 besprochen, für die Brennstoff-Kategorie „Sonstige“ ein Emissionsfaktor gebildet werden, der die Zusammensetzung der Energieträger in dieser Kategorie besser abbildet. Voraussetzung dafür ist eine geeignete Datenbasis. Da die

Datengrundlage dazu noch fehlt, wird der Emissionsfaktor für Industriemüll wie in den Vorjahren mit Hilfe der aktuellsten Energiebilanz (2008) gebildet.

Der vom VIK in der mitgelieferten Excel-Datei „Basisjahr_1998_2009_für Ökoinst.xls“ vorgeschlagene Rechenweg zur Ermittlung der Emissionsfaktoren kann nicht nachvollzogen werden, so findet sich z.B. in keiner der dem Gutachter vorliegenden Statistiken eine KWK-Stromerzeugung aus Grubengas.

Tabelle 3

- Die Werte der Netto-Strom- und Wärmeerzeugung sowie der Brennstoffeinsatz des Jahres 2009 entsprechen nicht den aktuellsten Angaben der Fachserie 4, Reihe 6.4 (s. o.).
- Die Emissionsfaktoren weichen z. T. geringfügig von den festgelegten bzw. von den vom Öko-Institut aktualisierten Werten ab (jeweils in t CO₂/TJ: Braunkohle: 112 statt 110; sonst. Gase: 59,58 statt 59,00; Kokereigas: 44 statt 45 sowie Sonstiges: 41,914 statt 41,8).

Tabelle 4 / Kapitel 4

- Nach den Berechnungen des Öko-Instituts ändern sich durch die aktualisierten Werte des StBA sowie der abweichenden Emissionsfaktoren die CO₂-Emissionen der KWK-Anlagen auf 30.046.183 t CO₂.
- Damit ergeben sich leicht veränderte Werte der CO₂-Einsparung:

REF 1	770/295	13,79 Mio. t CO ₂
REF 2	860/295	16,18 Mio. t CO ₂

11. Februar 2011

Analyse und Bewertung des KWK-Monitoringberichtes des VKU

zur „Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge und zur Minderung der CO₂-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 9.11.2000“ (Teilbericht 2)

Innerhalb des KWK-Monitoringberichtes werden wie in den Vorjahren die Angaben zum VKU informatorisch mitgeführt, da die Daten der Mitgliedsunternehmen des VKU in denen des Statistischen Bundesamtes enthalten sind. Kleinere Anlagen unter 1 MW, die in der Statistik unberücksichtigt sind, wurden nicht durch den VKU übermittelt.

Damit haben die vom VKU berichteten Zahlen keinen direkten Einfluss auf das Gesamtgerüst der KWK-Stromerzeugung in Deutschland. Dennoch sollen folgende Punkte zum Bericht des VKU vom 22. November 2010 erwähnt werden, die den Gutachtern aufgefallen sind. Aufgeführt werden diese im Folgenden in der Reihenfolge der Erwähnung im Bericht.

Zur methodischen Vorgehensweise

- Wie schon im KWK-Monitoringbericht 2005-2008 beschrieben, beruht die Zeitreihe des VKU zur Strom- und Wärmeerzeugung bis zum Jahr 2008 auf unterschiedlichen Ansätzen, die eine direkte Vergleichbarkeit zwischen den Jahren nicht erlauben. Darauf sollte im Kapitel zur methodischen Vorgehensweise kurz hingewiesen werden.
- Seit 2008 basieren die Daten auf einer Umfrage und werden als sehr robust angesehen. Aus den Unterlagen geht leider nicht hervor, ob in der Umfrage für das Jahr 2009 erstmalig auch die KWK-Wärmeerzeugung abgefragt wurde, oder ob weiterhin eine Abschätzung auf Basis einer Steigerungsrate durchgeführt wurde.
- Im VKU-Bericht werden andere Emissionsfaktoren für Öl, Steinkohle und Hausmüll verwendet als im KWK-Monitoringbericht:

	EF nach VKU-Bericht	EF nach KWK-Monitoringbericht
Öl	86 t CO ₂ /TJ	72 t CO ₂ /TJ
Steinkohle	94 t CO ₂ /TJ	93 t CO ₂ /TJ
Hausmüll	34 t CO ₂ /TJ	51 t CO ₂ /TJ

Da die CO₂-Emissionen der VKU-Unternehmen für das KWK-Monitoring direkt übernommen werden und eine Überarbeitung von den Gutachtern nicht möglich ist, wird um eine Anpassung der Emissionsfaktoren gebeten, damit die Vergleichbarkeit der Daten innerhalb des Systems gewährleistet ist.

Zur Entwicklung der Effizienz kommunaler KWK-Anlagen

- Im Bericht des VKU wird auf Seite 12 die Effizienzsteigerung der Anlagen durch die steigende Stromkennzahl begründet. Die Stromkennzahl ist jedoch nur im Zusammenhang mit dem Nutzungsgrad ein effizienzbestimmender Parameter: Nur wenn der Nutzungsgrad gleich bleibt, kann eine steigende Stromkennzahl als Indikator für steigende Effizienz verwendet werden. In der Analyse des VKU ist der Gesamtnutzungsgrad jedoch als konstante Annahme vorgegeben. Der dritte Absatz auf dieser Seite sollte deshalb überarbeitet werden.
- Bei der Betrachtung der KWK-Stromerzeugung der Allgemeinen Versorgung (AV) auf Basis der Daten des Statistischen Bundesamtes ergeben sich Gesamtnutzungsgrade zwischen 75 und 79 % (2003 und 2006+2007). Ein wie vom VKU angesetzter Gesamtnutzungsgrad von 80 % erscheint damit ein wenig zu hoch. Um auf referenzierbaren Werten zu basieren, sollte der jährliche Gesamtnutzungsgrad der AV angesetzt werden oder erläutert werden, warum die Nutzungsgrade der Stadtwerke leicht über den Werten der AV liegen.
- Die Wärmeerzeugung wird mit einem Netzverlust von 10 % beaufschlagt, wodurch sich Abweichungen zu den Berechnungen des Gesamtgerüsts im Monitoring ergeben. Innerhalb des KWK-Monitorings werden die Verluste nicht gesondert berücksichtigt, da verschiedenste Systeme mit unterschiedlichen Verlusten betrachtet werden. Deshalb wird für das Monitoring die Einspeisung in das Wärmenetz betrachtet und nicht die Abnahme. Auf Grund dieser unterschiedlichen Betrachtungsweise ergeben sich leicht abweichende Werte in Bezug auf die Einsparung gegenüber dem Referenzsystem. Auf diese wird im Bericht zum KWK-Monitoring 2009 hingewiesen.

Anhang 4: Zusätzliche Daten- und Berechnungsdokumentation

Tabelle A- 1: *CO₂-Emissionsfaktoren*

Brennstoff	1998	2003	2005	2008	2009
Andere Braunkohlenprodukte (BDEW)	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980
Andere Mineralölprodukte (NIR)	0,0800	0,0800	0,0800	0,0800	0,0800
Anderes Gas (BDEW)	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
Braunkohlenbriketts (NIR)	0,0997	0,0997	0,0997	0,0996	0,0998
Braunkohlenbriketts (RWI)	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980
Braunkohlenkoks (NIR)	0,1080	0,1080	0,1080	0,1080	0,1080
Braunkohlenkoks (RWI)	0,1060	0,1060	0,1060	0,1060	0,1060
Braunkohlenstaub (RWI)	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980
Braunkohlenstaub- und wirbelschichtkohle (NIR)	0,0978	0,0979	0,0980	0,0980	0,0980
Dieselmotoren (NIR)	0,0740	0,0740	0,0740	0,0740	0,0740
Emissionsfreier Brennstoff	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Erdgas (NIR)	0,0560	0,0560	0,0560	0,0560	0,0560
Erdgas (RWI)	0,0560	0,0560	0,0560	0,0560	0,0560
Erdölgas (NIR)	0,0580	0,0580	0,0580	0,0580	0,0580
Erdölgas (RWI)	0,0590	0,0590	0,0590	0,0590	0,0590
Flüssiggas (NIR)	0,0650	0,0650	0,0650	0,0650	0,0650
Flüssiggas (RWI)	0,0650	0,0650	0,0650	0,0650	0,0650
Gichtgas (RWI)	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050
Grubengas (NIR)	0,0550	0,0550	0,0550	0,0550	0,0550
Grubengas (RWI)	0,0540	0,0540	0,0540	0,0540	0,0540
Hartbraunkohle (NIR)	0,0970	0,0970	0,0970	0,0970	0,0970
Hartbraunkohlen (RWI)	0,0970	0,0970	0,0970	0,0970	0,0970
Hausmüll, Siedlungsabfall (NIR)	0,0936	0,0915	0,0915	0,0915	0,0915
Hausmüll, Siedlungsabfall (ZSE, PSz VI)	0,0468	0,0458	0,0457	0,0453	0,0510
Heizöl, leicht (NIR)	0,0740	0,0740	0,0740	0,0740	0,0740
Heizöl, leicht (RWI)	0,0740	0,0740	0,0740	0,0740	0,0740
Heizöl, schwer (NIR)	0,0780	0,0780	0,0780	0,0780	0,0780
Heizöl, schwer (RWI)	0,0780	0,0780	0,0780	0,0780	0,0780
Industriemüll (NIR)	0,0711	0,0711	0,0711	0,0711	0,0711
Industriemüll (Ableitung Öko-Institut)	0,0703	0,0559	0,0482	0,0418	0,0420
Industriemüll (ZSE, PSz V)	0,0190	0,0181	0,0196	n.v.	n.v.
Kokerei- und Stadtgas (NIR)	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400
Kokereigas (RWI)	0,0440	0,0440	0,0440	0,0440	0,0440
Misch-EF Heizöl, schwer/Petrolkoks (häufig)	0,0895	0,0895	0,0895	0,0895	0,0895

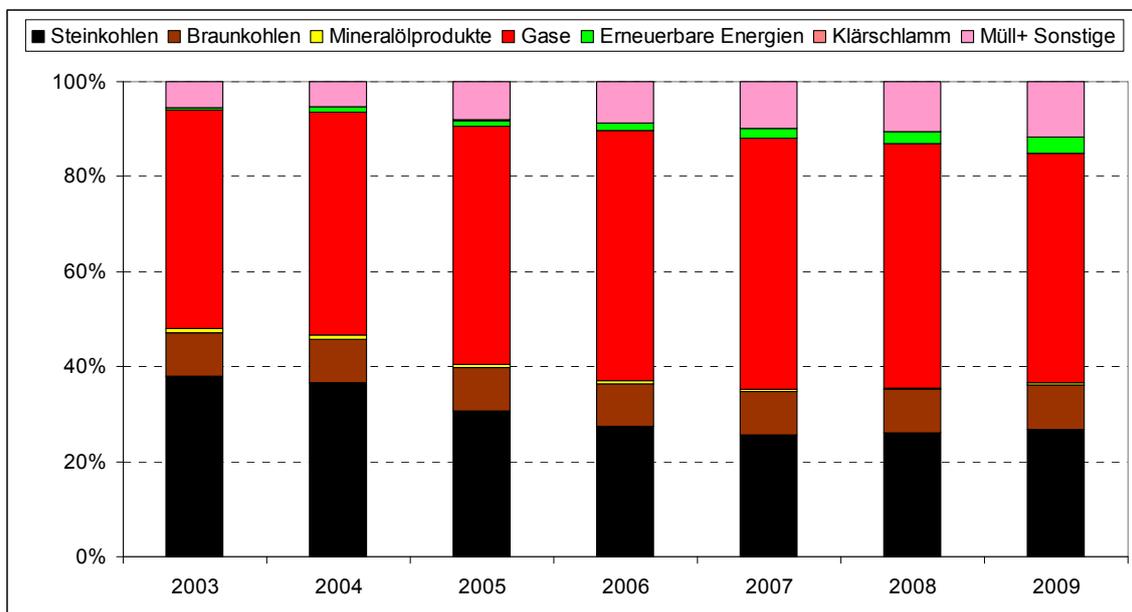
Quellen: *RWI-Monitoringbericht 2010, Nationaler Inventarbericht 2011, BDEW, Berechnungen des Öko-Instituts.*

Tabelle A-1: CO₂-Emissionsfaktoren (Fortsetzung)

Brennstoff	1998	2003	2005	2008	2009
Petrolkoks (NIR)	0,1010	0,1010	0,1010	0,1010	0,1010
Petrolkoks (RWI)	0,1010	0,1010	0,1010	0,1010	0,1010
Raffineriegas (NIR)	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600
Raffineriegas (RWI)	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600
Rohbraunkohlen (ZSE)	0,1122	0,1121	0,1123	n.v.	n.v.
Rohbraunkohlen (RWI)	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
Sonstige Brennstoffe (RWI)	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930
Sonstige Gase (VIK)	0,0722	0,0722	0,0722	0,0722	0,0722
Sonstige Gase (Öko-Institut, Ableitung aus EB IKW)	0,0590	0,0594	0,0590	0,0596	0,0596
Sonstiges (VIK)	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200
Steinkohle (NIR)	0,0937	0,0940	0,0940	0,0943	0,0943
Steinkohlen (RWI)	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930
Steinkohlenbriketts (NIR)	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930
Steinkohlenbriketts (RWI)	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930	0,0930
Steinkohlenkoks (NIR)	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050
Steinkohlenkoks (RWI)	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050	0,1050

Quellen: RWI-Monitoringbericht 2010, Nationaler Inventarbericht 2011, BDEW, Berechnungen des Öko-Instituts.

Abbildung A - 1: Brennstoffmix der KWK-Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung, 2003-2009



Quellen: Statistisches Bundesamt (Tabelle 066), Berechnungen des Öko-Instituts.

Tabelle A- 2: KWK-Leistung, Strom- und Wärmeerzeugung sowie CO₂-Emissionen von BHKW, 1998

Datengrundlage	Öffentliche Versorgung		Industrielle Kraftwirtschaft	Nicht-EVU BHKW	Gesamt
	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: CO₂-Emissionen des Referenzsystems 1 (Strom: 770 g CO₂/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO₂/kWh_{th}), 1998, 2003-2009

Berichtskreis	CO ₂ -Emissionen (Mio. t CO ₂) - Referenz (Minimum)							
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Allgemeine Versorgung	50,0	66,5	69,9	70,2	71,9	68,5	70,5	67,0
davon im Bereich kommunaler Unternehmen ¹	20,9	24,0	24,0	25,7	27,5	26,5	27,0	27,8
Industrielle Kraftwirtschaft	46,7	42,3	40,5	43,3	42,9	43,4	43,3	43,8
Gesamt (AV und IKW)	96,7	108,7	110,4	113,5	114,9	111,8	113,8	110,8
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	5,5	2,2	2,4	2,5	3,4	6,3	8,2	10,3
nicht erfasste BHKW ²	5,5	2,2	2,4	2,5	2,7	3,0	3,3	3,5
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen ³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,3	4,9	6,8
Gesamte KWK-CO ₂ -Emissionen Referenz (Minimum)	102,2	111,0	112,8	116,0	118,3	118,1	122,0	121,1

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.

Tabelle A- 4: *CO₂-Emissionen des Referenzsystems 2 (Strom: 860 g CO₂/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO₂/kWh_{th}), 1998, 2003-2009*

Berichtskreis	CO ₂ -Emissionen (Mio. t CO ₂) - Referenz (Maximum)							
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Allgemeine Versorgung	53,1	71,0	74,6	74,9	76,8	73,1	75,4	71,5
davon im Bereich kommunaler Unternehmen ¹	22,2	25,6	25,6	27,4	29,4	28,4	28,9	29,8
Industrielle Kraftwirtschaft	49,1	44,4	42,6	45,6	45,3	45,7	45,6	46,2
Gesamt (AV und IKW)	102,2	115,4	117,2	120,5	122,1	118,8	120,9	117,8
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	5,9	2,4	2,6	2,7	3,7	6,7	8,8	11,1
nicht erfasste BHKW ²	5,9	2,4	2,6	2,7	2,9	3,2	3,5	3,8
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen ³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,5	5,3	7,3
Gesamte KWK-CO ₂ -Emissionen Referenz (Maximum)	108,1	117,8	119,7	123,2	125,7	125,5	129,7	128,8

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 A- 5: *Jährliche CO₂-Einsparungen gegenüber dem Referenzsystem 2 (Strom: 860 g CO₂/kWh_{el}, Wärme: 295 g CO₂/kWh_{th}), 1998, 2003-2009*

Berichtskreis	CO ₂ -Einsparungen (Mio. t CO ₂) - Maximum							
	1998	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Allgemeine Versorgung	13,0	19,2	21,2	23,8	27,1	26,7	26,8	24,0
davon im Bereich kommunaler Unternehmen ¹	6,7	8,2	8,5	9,6	12,0	11,5	11,7	11,8
Industrielle Kraftwirtschaft	10,6	13,4	13,2	15,0	15,0	15,5	15,4	16,17
Gesamt (AV und IKW)	23,6	32,5	34,4	38,8	42,1	42,2	42,3	40,1
KWK-Anlagen außerhalb des Erfassungsbereichs der Verbände	3,2	1,2	1,3	1,4	2,2	5,2	7,1	9,2
nicht erfasste BHKW ²	3,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0
nicht erfasste biogene KWK-Anlagen ³	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,5	5,3	7,3
Gesamte KWK-CO ₂ -Einsparungen (Maximum)	26,8	33,8	35,7	40,2	44,3	47,4	49,4	49,4

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.*