

Buttermann, Hans Georg; Hillebrand, Bernhard

Research Report

Klimagasemissionen in Deutschland in den Jahren 2005/07 und 2008/12

RWI Materialien, No. 2

Provided in Cooperation with:

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen

Suggested Citation: Buttermann, Hans Georg; Hillebrand, Bernhard (2003) : Klimagasemissionen in Deutschland in den Jahren 2005/07 und 2008/12, RWI Materialien, No. 2, ISBN 3936454086, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI), Essen, <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-200911032342>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/61158>

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.

Hans Georg Buttermann
und Bernhard Hillebrand

Klimagasemissionen in Deutschland in den Jahren 2005/07 und 2008/12

Heft 2



RWI : Materialien

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Vorstand:

Prof. Dr. Christoph M. Schmidt, Ph.D. (Präsident),
Prof. Dr. Ullrich Heilemann (Vizepräsident),
Prof. Dr. Wim Kösters

Verwaltungsrat:

Heinrich Frommknecht (Vorsitzender);
Eberhard Heinke, Dr. Dietmar Kuhnt, Dr. Henning Osthues-Albrecht
(stellv. Vorsitzende);
Prof. Dr.-Ing. Dieter Ameling, Manfred Breuer, Prof. Dr. Walter Eberhard,
Prof. Dr. Harald B. Giesel, Marianne Halstrick-Schwenk, Dr. Thomas Köster,
Hartmut Krebs, Rolf Hermann Nienaber, Heinz Putzhammer,
Dr. Günter Sandermann, Dr. Gerd Willamowski

Forschungsbeirat:

Prof. David Card, Ph.D., Prof. Dr. Clemens Fuest, Prof. Dr. Walter Krämer,
Prof. Dr. Michael Lechner, Prof. Dr. Till Requate, Prof. Nina Smith, Ph.D.,
Prof. Dr. Harald Uhlig, Prof. Dr. Josef Zweimüller

RWI : Materialien Heft 2

Herausgeber: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung,
Hohenzollernstraße 1/3, 45128 Essen, Tel. 0201/81 49-0
Alle Rechte vorbehalten. Essen 2003
Schriftleitung: Prof. Dr. Christoph M. Schmidt, Ph.D.
Redaktionelle Bearbeitung: Joachim Schmidt
ISSN 1612-3573 – ISBN 3-936454-08-6

Hans Georg Buttermann und Bernhard Hillebrand

Klimagasemissionen in Deutschland
in den Jahren 2005/07 und 2008/12

RWI : Materialien

Heft 2

Hans Georg Buttermann und Bernhard Hillebrand

Klimagasemissionen in Deutschland in den Jahren 2005/07 und 2008/12



Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Forschungsvorhaben im Auftrag des
Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI)

ISSN 1612-3573

ISBN 3-936454-08-6

Inhaltsverzeichnis

	Problemstellung und Aufbau der Untersuchung	9
1.	Basisjahr und die Entwicklung bis 2001	11
2.	Rahmenbedingungen der Prognose	16
3.	Prognose der Treibhausgasemissionen für die beiden Handelsperioden	23
4.	Unsicherheiten der Prognose.	31
4.1	Ausstieg aus der Kernenergie.	31
4.2	Weltwirtschaftliche Unsicherheiten	34
4.3	Binnenwirtschaftliche Unsicherheiten.	37
5.	Zusammenfassende Bewertung	41
	Literaturverzeichnis.	44

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Bilanz der sechs Klimagase in Deutschland im Basisjahr und Ziel 2008/12	12
Tabelle 2:	Ausstoß der sechs Klimagase in Deutschland	13
Tabelle 3:	CO ₂ -Emissionen in Deutschland nach Verursachergruppen.	14
Tabelle 4:	Annahmen zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland	17
Tabelle 5:	Preise ausgewählter Primärenergieträger	19
Tabelle 6:	Langfristige gesamtwirtschaftliche Entwicklung in Deutschland	20
Tabelle 7:	Produktion in der Industrie nach Sektoren der Klimaver- einbarung – erste Handelsperiode	21
Tabelle 8:	Produktion in der Industrie nach Sektoren der Klimaver- einbarung – zweite Handelsperiode	22
Tabelle 9:	Spezifische CO ₂ -Emissionen der Industrie nach Sektoren der Klimaver einbarung – erste Handelsperiode	24
Tabelle 10:	Spezifische CO ₂ -Emissionen der Industrie nach Sektoren der Klimaver einbarung – zweite Handelsperiode	25
Tabelle 11:	CO ₂ -Emissionen in der ersten Handelsperiode	26
Tabelle 12:	CO ₂ -Emissionen in der zweiten Handelsperiode	27
Tabelle 13:	Klimagasemissionen in der ersten Handelsperiode	28
Tabelle 14:	Klimagasemissionen in der zweiten Handelsperiode	29
Tabelle 15:	Zeitprofil des Ausstiegs aus der Kernenergie	32
Tabelle 16:	Auswirkungen des Ausstiegs aus der Kernenergie auf die CO ₂ -Emissionen	33

Tabelle 17:	Alternative Annahmen zur weltwirtschaftlichen Entwicklung	34
Tabelle 18:	Auswirkungen unterschiedlicher Annahmen zur weltwirtschaftlichen Entwicklung auf die CO ₂ -Emissionen . .	36
Tabelle 19:	Alternative Annahmen zur binnenwirtschaftlichen Entwicklung	38
Tabelle 20:	Auswirkungen unterschiedlicher Annahmen zur binnenwirtschaftlichen Entwicklung auf die CO ₂ -Emissionen . .	39
Tabelle 21:	Bandbreite der Klimagasemissionen in der zweiten Handelsperiode	42

Problemstellung und Aufbau der Untersuchung

Am 2. Juli 2003 hat das EU-Parlament in zweiter Lesung den Gemeinsamen Standpunkt des Ministerrats vom 18. März 2003 zur Einführung eines EU-weiten Handels mit Treibhausgasemissionen einschließlich der zuvor im Konsens mit Ministerrat und EU-Kommission erzielten Änderungen gebilligt. Eine endgültige Verabschiedung ist in naher Zukunft zu erwarten. Die Richtlinie sieht vor, mit Beginn des Jahres 2005 für die aus Anlagen der Energiewirtschaft und ausgewählten energieintensiven Produktionsprozessen¹ stammenden Mengen an Kohlendioxid (CO₂) ein Handelssystem einzuführen und damit einen Teil der Minderungsverpflichtungen, die sich aus dem Kyoto-Protokoll ergeben, zu erfüllen². Da mit dem Emissionshandel nur ein Teil der Verpflichtungen erfüllt werden kann, müssen die im Rahmen des Handelssystem zugewiesenen Rechte (gemäß Anhang III der Richtlinie) konsistent mit den Emissionszielen der EU insgesamt wie auch der einzelnen Mitgliedstaaten sein. Der Zuweisung von Emissionsrechten an einzelne Anlagen muss ein nationaler Allokationsplan vorausgehen, der mit den im *EU-burden sharing* festgelegten Emissionszielen und der nationalen Klimaschutzpolitik konsistent ist.

In Deutschland ist seit Beginn der neunziger Jahre eine Vielzahl von Maßnahmen ergriffen worden, mit denen eine Reduktion der klimawirksamen Spurengase erreicht werden soll. Das Bündel reicht von ordnungsrechtlichen Ge- und Verboten über zusätzliche Steuern und Abgaben bis hin zu freiwilligen Vereinbarungen. Eine besondere Bedeutung haben dabei die Klimavereinbarungen der Wirtschaft und die Vereinbarung zur CO₂-Minderung und KWK-Förderung.

¹ Mit der Konzentration auf diese Anlagen sollen zum einen die Überwachungskosten des Handelssystems relativ niedrig, zum anderen ein bedeutender Teil der CO₂-Emissionen insgesamt durch das Handelssystem erfasst werden, auch wenn dadurch kostengünstige Minderungspotenziale in anderen Bereichen, etwa bei der Wohnraumbeheizung, ausgeschlossen bleiben.

² Das Instrument hat in den letzten Jahren zunehmendes Interesse gefunden und wird gegenwärtig in verschiedenen Bereichen der Umweltpolitik eingesetzt. Zu einem Überblick vgl. Stavins 2002. Das Modell selbst geht auf eine Arbeit von Dales 1968 zurück; vertiefend dazu vgl. z.B. Weimann 1995: 245ff.; Cansier 1993: 192ff.; Rubin 1996; Bonus 1998.

Die folgende Analyse baut auf diesem Maßnahmenbündel auf und versucht, auf Basis der bislang beobachteten Entwicklung und unter Vorgabe von weltwirtschaftlichen, sektoralen und gesamtwirtschaftlichen Größen die CO₂-Emissionen und die übrigen fünf Klimagas für die nächsten zehn Jahre zu ermitteln. Der Vorgabe der EG-Richtlinie zum Emissionshandel entsprechend werden dabei zwei Budgetperioden, die Zeiträume 2005 bis 2007 sowie 2008 bis 2012, unterschieden.

Für diese Prognose liefern die in der Vergangenheit erkennbaren Muster wichtige Anhaltspunkte, auch wenn deren lineare Fortschreibung kaum sinnvoll ist. Aus diesem Grund werden im ersten Abschnitt zunächst die bis Ende 2001 zu beobachtenden CO₂-Emissionen und die übrigen fünf Klimagas beschrieben, bevor die Prognose dargestellt wird.

Die Bilanz der Klimagasemissionen wird jedoch nicht nur von freiwilligen Vereinbarungen und gesetzlichen Regelungen beeinflusst, sondern hängt von der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, strukturellen Wandlungen, technischen Einsparpotenzialen und Innovationen sowie nicht zuletzt von den Energiepreisen ab, die im Extremfall dazu führen können, dass die gesetzten Ziele nicht oder nur mit erheblichem zusätzlichem Aufwand erreicht werden können. Um diesen Unsicherheiten Rechnung zu tragen, werden im vierten Abschnitt ausgewählte Szenarien bis zum Jahr 2012 vorgestellt und auf dieser Basis Gründe dafür angeführt, dass die dem nationalen Allokationsplan zugrundegelegte Entwicklung nur eine von mehreren möglichen Varianten darstellt³.

Besonders hervorzuheben ist dabei, dass diese Unsicherheiten nicht nur aus der energiewirtschaftlichen Entwicklung oder aus umweltpolitischen Maßnahmen resultieren, sondern das Ergebnis weltwirtschaftlicher oder binnenwirtschaftlicher Einflussfaktoren sind und insoweit nur begrenzt durch die Klimaschutzpolitik beeinflusst werden können.

Die Untersuchung schließt mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse und den daraus ableitbaren Konsequenzen für die Klimaschutzpolitik und die staatlichen Institutionen, die mit der Überwachung des Emissionshandels beauftragt werden sollen.

³ Zur Erstellung der Prognosen und Szenarien wird auf das gesamtwirtschaftlich orientierte, sektoral differenzierte Modellinstrumentarium des RWI zurückgegriffen; zu Einzelheiten vgl. Hillebrand 1997. Zu Modellerweiterungen und zusätzlichen Simulationen vgl. Frohn et al. 2003.

1. Basisjahr und die Entwicklung bis 2001

Basisjahr der internationalen Klimavereinbarungen ist 1990. Das in diesem Jahr beobachtete Niveau der Klimagasemissionen ist Grundlage für die bis zur ersten Budgetperiode zu erbringenden Emissionsminderungen. Deutschland hat sich im Rahmen des EU-*burden sharing* verpflichtet, seine Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um 21 % zu reduzieren. Das absolute Minderungsziel ergibt sich durch Multiplikation dieser Prozentzahl mit den Emissionen des Basisjahres.

Für das konkrete Minderungsziel ist von Bedeutung, dass nach Art. 3 Abs. 8 des Kyoto-Protokolls die Vertragsstaaten die Möglichkeit haben, als Basisjahr für die drei fluorierten Treibhausgase HFC, PFC und SF₆ entweder das Jahr 1990 oder 1995 zu wählen. Für Deutschland hätte die Entscheidung für 1995 zur Folge, dass die Klimagasemissionen damals bei 1 225 Mill. t, das Minderungsziel im Durchschnitt der Jahre 2008/12 bei 967,8 Mill. t CO₂-Äquivalenten läge. Der Wechsel auf das Jahr 1990 wäre mit nur geringfügigen Korrekturen dieser Minderungsverpflichtungen um 2 auf 965,9 Mill. t CO₂-Äquivalenten verbunden, erscheint also fast vernachlässigbar (Tabelle 1).

Ein erkennbar größerer Effekt geht von den Korrekturen aus, die in den letzten Jahren an den Berechnungsmethoden zur Ermittlung der Klimagasbilanzen vorgenommen wurden. Denn diese Revisionen, die nicht nur Berichtigungen der aktuellen Werte umfassen, sondern für Deutschland auch eine Verringerung der Emissionen im Basisjahr nach sich ziehen, sind bei gleicher relativer Reduktion gleichbedeutend mit einer Verschärfung der absoluten Minderungsverpflichtungen. So müsste Deutschland die Klimagasemissionen auf 957,1 Mill. t CO₂-Äquivalente verringern, wenn die jüngsten Berechnungen der Europäischen Umweltagentur zur Grundlage der Verpflichtungen erklärt würden (zu Einzelheiten vgl. EEA 2003).

Da dieser Revisionsprozess offenbar noch nicht endgültig abgeschlossen ist, die Zielmarken insoweit noch nicht eindeutig feststehen, werden der folgenden Untersuchung die im Rahmen des dritten Nationalberichts der Bundesregierung an die Vertragsstaatenkonferenz vom 18. Oktober 2000 erstellten Bi-

Tabelle 1

Bilanz der sechs Klimagase in Deutschland im Basisjahr und Ziel 2008/12
in Mill. t CO₂-Äquivalenten

Sektor	Dritter Nationalbericht	EEA 2002	UBA 2003	EEA 2003
Basisjahr 1990				
Kohlendioxid	1 014,5	1 014,5	1 014,4	1 014,4
Methan	110,7	110,7	101,1	99,1
Stickstoffdioxid	88,6	88,6	87,9	87,9
HFC	2,3	2,3	3,5	3,5
PFC	2,7	2,7	2,7	2,7
SF ₆	3,9	3,9	3,9	3,9
Insgesamt	1 222,7	1 222,7	1 213,5	1 211,5
Ziel 2008/12	965,9	965,9	958,7	957,1
Minderungen	256,8	256,8	254,8	254,4
Gemischtes Basisjahr 1990/95				
Kohlendioxid	1 014,5	1 014,5	1 014,4	1 014,4
Methan	110,7	110,7	101,1	99,1
Stickstoffdioxid	88,6	88,6	87,9	87,9
HFC	3,1	3,1	6,4	6,4
PFC	1,8	1,8	1,8	1,8
SF ₆	6,2	6,2	6,6	6,6
Insgesamt	1 225,0	1 225,0	1 218,2	1 216,2
Ziel 2008/12	967,8	967,8	962,4	960,8
Minderungen	257,2	257,2	255,8	255,4

Nach Angaben in BMU 2003 und EEA 2002, 2003, sowie Informationen des UBA.



lanzen zugrunde gelegt (zu Einzelheiten vgl. BMU 2000: 43). Danach belaufen sich die Minderungsverpflichtungen auf 257,2 Mill. t und das Minderungsziel beträgt im Durchschnitt der Jahre 2008/12 (erste Budgetperiode) 967,8 Mill. t CO₂-Äquivalente.

Die Verringerung der CO₂-Emissionen steht in Deutschland seit Anfang der neunziger Jahre auf der politischen Agenda. Auch wenn die bislang beobachteten Minderungen vielfältige Ursachen haben, so kann ein Teil der Minderungen auch den Maßnahmen der Klimaschutzpolitik zugeschrieben werden. Denn seit 1990 verringerte sich der Ausstoß der sechs klimawirksamen Spurengase um 18,1 % (Tabelle 2). Dabei gehen die Erfolge sowohl auf die Verringerung von CO₂-Emissionen als auch der übrigen fünf Klimagase zurück: die von CO₂ sind – bereinigt um Witterungseffekte und Auslastungsschwankungen – um 144,0 Mill. t bzw. 14,2 %, die der übrigen Treibhausgase unbereinigt um 76,6 Mill. t bzw. 36,8 % gesunken.

Diese Erfolge sind allerdings nicht allein das Ergebnis einer erfolgreichen Klimaschutzpolitik, sondern auch anderen Faktoren zuzuschreiben, die zum Teil

Tabelle 2

Ausstoß der sechs Klimagase in Deutschland1990 bis 2001, in Mill. t CO₂-Äquivalenten

Sektor	1990	1998	1999	2000	2001 ^P
	nach Gasen				
Kohlendioxid ¹	1 014,5	886,0	859,2	857,9	870,2
Methan	110,7	65,2	63,9	60,6	58,3
Stickstoffdioxid	88,6	63,8	60,2	60,1	60,2
HFC	2,3	4,3	5,3	7,7	8,1
PFC	2,7	1,7	1,7	1,7	1,7
SF ₆	3,9	5,5	3,5	3,4	3,3
Insgesamt	1 222,8	1 026,5	993,8	991,4	1 001,8
	beobachtete CO ₂ -Emissionen nach Hauptsektoren ¹				
Energiewirtschaft ³	394,1	333,5	323,5	333,9	347,4
Industrie ⁴	238,9	163,1	156,9	163,2	153,1
darunter:					
Sektoren der Klimavereinbarung	169,4	132,9	127,4	129,9	122,4
Verkehr	162,9	181,1	187,0	183,0	178,2
Gewerbe, Haushalte	218,5	208,3	191,8	177,8	191,5
Insgesamt	1 014,4	886,0	859,2	857,9	870,2
	bereinigte CO ₂ -Emissionen nach Hauptsektoren ²				
Energiewirtschaft ³	394,1	332,5	322,6	333,7	346,5
Industrie ⁴	238,9	167,8	162,1	165,2	158,4
darunter:					
Sektoren der Klimavereinbarung	169,4	133,2	130,1	128,5	128,0
Verkehr	162,9	180,6	186,5	182,3	177,6
Gewerbe, Haushalte	218,5	188,6	188,1	188,2	188,0
Insgesamt	1 014,4	869,5	859,3	869,4	870,5

Nach Angaben der EEA und eigene Schätzungen. – ¹Beobachtete Werte. – ²Um Temperatur- und Auslastungsschwankungen bereinigt. – ³Ohne Industriekraftwerke. – ⁴Einschließlich Industriekraftwerke und prozessbedingte CO₂-Emissionen, ohne energetische Verwertung von Sekundärbrennstoffen und Energierohstoffe. – ^PVorläufig.



maßgeblich prägend waren. In Deutschland war es vor allem die Wiedervereinigung und die damit verbundene Modernisierung des gesamten Kapitalstocks in der ehemaligen DDR, die in hohem Maße zu den Emissionsminderungen beitrugen (vgl. dazu ausführlich DIW 1997). Es überrascht insoweit nicht, dass sich die Emissionen der sechs Klimagase in den ersten fünf Jahren um reichlich 152 Mill. t, seit 1995 jedoch nur noch um 65,4 Mill. t verringert haben.

Für die folgende Vorausschätzung ist dies von erheblicher Bedeutung, da so verdeutlicht wird, dass eine unbesehene Extrapolation der bisherigen Erfolge in die Zukunft zu erheblichen Überschätzungen der Minderungsmöglichkeiten führen kann. Umgekehrt gilt jedoch auch, dass eine Zunahme der Emissionen in der Vergangenheit nicht ohne Weiteres als Begründung für weiter

Tabelle 3

CO₂-Emissionen¹ in Deutschland nach Verursachergruppen

1990 bis 2001; in Mill. t

Sektor	1990	1998	1999	2000	2001 ^P
Energiewirtschaft ²	394,1	332,5	322,6	333,7	346,5
Kraft- und Heizkraftwerke	320,7	293,9	285,4	294,7	310,3
darunter:					
Kraftwerke nach Monitoringkonzept	297,0	268,0	272,0	281,0	294,5
Heizwerke	16,0	5,4	4,8	4,5	4,3
Verbund-Kraftwerke	34,1	13,9	13,3	12,5	10,9
Raffinerien	20,2	17,1	17,2	20,2	19,4
Kohlenbergbau	3,0	2,2	1,9	1,8	1,6
Industriesektoren der Klimavereinbarung ³	169,4	133,2	130,1	128,5	128,0
Kaliindustrie	4,2	1,1	1,1	1,0	1,1
Zement ⁴	24,8	23,3	22,6	21,9	21,4
Kalk ⁴	8,6	7,9	7,8	8,1	7,8
Fliesen und Platten	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3
Ziegelindustrie	1,9	1,7	1,8	1,8	1,7
Feuerfest-Industrie	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2
Stahlindustrie ⁵	61,6	53,1	52,1	51,9	51,4
NE-Metalle	2,8	2,5	2,4	2,3	2,4
Chemie	40,8	25,8	24,8	24,1	24,7
Papier und Pappe	9,3	7,6	7,4	7,2	6,8
Glasindustrie ^{4,6}	5,0	4,1	4,2	4,3	4,1
Textilindustrie	2,9	1,5	1,6	1,6	1,5
Zuckerindustrie	4,4	2,4	2,2	2,2	2,9
Elektrotechnik	2,2	1,6	1,6	1,7	1,7
Industrie insgesamt	238,9	167,8	162,1	165,2	158,4

Eigene Berechnungen. – ¹Um Temperatur- und Auslastungsschwankungen bereinigt. – ²Ohne Industriekraftwerke. – ³Einschließlich Industriekraftwerke. – ⁴Einschließlich prozessbedingte Emissionen, ohne energetische Verwertung von Sekundärbrennstoffen und Energierohstoffe. – ⁵Brennstoff- und Reduktionsmitteleinsatz. – ⁶Ohne Herstellung von Wasserglas. – ^PVorläufig.



steigende Emissionen in der Zukunft dienen kann. So wurden die direkten CO₂-Emissionen im Verkehrsbereich in den letzten Jahren um fast 10 Mill. t reduziert, obwohl sie dort bis Ende der neunziger Jahre stetig gestiegen sind.¹

Ähnliche Tendenzen gelten namentlich auch für die CO₂-Emissionen. Denn auch für dieses von allen Klimagasen bedeutendste Gas sind die Minderungserfolge insgesamt (wie auch die Reduktionsbeiträge der Sektoren, die die Klimavereinbarung repräsentieren) in den letzten Jahren deutlich geringer ausgefallen als noch zu Beginn der neunziger Jahre.

¹ Die CO₂-Emissionen im Verkehr umfassen die des Straßenverkehrs, des Schienenverkehrs und der Binnenschifffahrt sowie der Landwirtschaft. Der Luftverkehr bleibt im Folgenden unberücksichtigt.

Dabei ist zu beachten, dass die CO₂-Emissionen eines bestimmten Jahres u.a. infolge von Witterungseinflüssen und konjunkturellen Auslastungsschwankungen zum Teil deutlich von ihrem mittelfristigen Trend abweichen können. So ist der Rückgang in den Jahren 1999 und 2000 (Tabelle 3) maßgeblich auf die im Vergleich zu 1990 wärmere Witterung und das Produktionswachstum in einzelnen Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes zurückzuführen, die wegen der hohen Kapazitätsauslastung eine Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs und der spezifischen CO₂-Emissionen und damit eine Verbesserung der CO₂-Bilanz zur Folge hatten, die nicht den mittel- und langfristigen Effizienzverbesserungen entspricht. Nach Ausschaltung dieser Effekte ist der Pfad der Emissionsminderungen deutlich stetiger, die Ausschläge in den einzelnen Jahren entsprechend geringer. Gleichwohl lassen auch die witterungs- und auslastungsbereinigten Emissionen in den letzten Jahren einen Anstieg erkennen, der vor allem von der Energiewirtschaft und hier insbesondere von den Kraftwerken und Heizkraftwerken verursacht wurde.²

Darin kommt u.a. zum Ausdruck, dass Effizienzverbesserungen und Brennstoffsubstitutionen durch das Produktions- und Verbrauchswachstum aufgewogen werden können. So nahm die Stromerzeugung in öffentlichen Kraftwerken zwischen 1995 und 2001 um knapp 60 TWh zu, was bei einem Ausstoß von 590 g/kWh gleichbedeutend mit einem Anstieg der absoluten CO₂-Emissionen um 35,4 Mill. t ist. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass in diesem Zeitraum Kraftwerke von der Industrie in die allgemeine Versorgung umgruppiert und zudem im Rahmen von Contracting-Modellen bislang von der Industrie betriebene Kraftwerke von der allgemeinen Versorgung übernommen wurden. Folglich wird dieser Anstieg der Emissionen in der allgemeinen Versorgung zu etwa einem Drittel durch einen Rückgang der Stromerzeugung in der Industrie und den Bergbau-Verbundkraftwerken kompensiert.³

² Die für die Kraft- und Heizkraftwerke ausgewiesenen Daten enthalten auch die in Heizkraftwerken der allgemeinen Versorgung für die Wärmeerzeugung eingesetzten Brennstoffe und deren Emissionen, die nach Angaben des Statistischen Bundesamtes in den einzelnen Jahren zwischen 20 und 22 Mill. t liegen. Diese Emissionen erhöhen demnach die Gesamtbilanz der Kraft- und Heizkraftwerke und unterscheiden sich von den CO₂-Bilanzen, die in den bisherigen Monitoring-Berichten verwendet wurden, um die der Wärme zugerechneten Emissionen. Außerdem ist die Kernenergie mit der tatsächlichen und nicht – wie in den Monitoring-Berichten – mit der durchschnittlichen Erzeugung der neunziger Jahre in die Bilanz eingestellt. Diese konzeptionellen Unterschiede können für die letzten Jahre mit jeweils rund 7 Mill. t CO₂-Emissionen angesetzt werden. Zur Konzeption der Monitoring-Berichte vgl. etwa Buttermann, Hillebrand 2002.

³ So verringerte sich die statistisch erfasste Stromerzeugung in der Industrie und den Bergbau-Verbundkraftwerken seit 1995 um 18,7 TWh, davon entfielen allein auf die Bergbauverbundkraftwerke 14,8 und auf die Chemische Industrie 3,2 TWh.

2. Rahmenbedingungen der Prognose

Die im Folgenden vorgestellten Prognosen sind grundsätzlich als bedingte Vorausschätzungen zu verstehen. Sie zeigen die Entwicklung ausgewählter gesamtwirtschaftlicher, sektoraler und energiewirtschaftlicher Größen unter Vorgabe von Rahmenfaktoren, der so genannten exogenen Variablen¹. Zu diesen exogenen Variablen gehören vor allem die demographische Entwicklung, außenwirtschaftliche Veränderungen sowie Normen und Regeln, die ausschließlich politischen Einflüssen unterliegen. Dies ist unmittelbar einsichtig in Bezug auf die Veränderung der Bevölkerung und ihre Zusammensetzung nach Alter und Geschlecht, den Welthandel und wichtige Rohstoffpreise; diese prägen zwar unmittelbar die wirtschaftlichen Aktivitäten, werden aber selbst nicht bzw. kaum spürbar von der Binnenwirtschaft beeinflusst. Ähnliches gilt *mutatis mutandis* für die vom Staat gesetzten Rahmenbedingungen, also etwa die Einkommen- und Körperschaftsteuersätze, die Sozialgesetze oder das allgemeine Wettbewerbsrecht.

Für die Bevölkerungszahl liegen mit demographischen Modellrechnungen relativ verlässliche Daten über die natürliche Bevölkerungsbewegung, d.h. die Bevölkerungsstrukturen und -größe, auf der Basis von altersspezifischen Geburten- und Sterbeziffern vor (Statistisches Bundesamt 2000). Diese Ziffern haben sich in den letzten Jahren (wieder) als relativ stabil erwiesen, so dass langfristige Bevölkerungsprognosen insoweit zum Standardprogramm der amtlichen Statistik gehören. Demgegenüber ist die Prognose der Wanderungen über die Grenzen des Staatsgebietes mit beträchtlichen Unsicherheiten verbunden. Auf lange Frist dürften die Erweiterung der EU, anhaltende politische Risiken in vielen Regionen der Welt und eine erkennbar zunehmende internationale Mobilität den Nettozustrom aus dem Ausland verstärken. Unter diesen Voraussetzungen ist bis zum Jahre 2015 nur mit einem leichten Rückgang der Bevölkerung auf 80,9 Mill. Personen zu rechnen (Tabelle 4).

¹ Da die Vorgabe dieser Exogenen selbst mit zum Teil erheblichen Unsicherheiten behaftet ist, werden einige von ihnen im vierten Abschnitt modifiziert.

Tabelle 4

Annahmen zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland
 2000 bis 2015

	Einheit	2000	2005	2010	2015
Demographie					
Bevölkerung	Mill.	81,9	81,7	81,4	80,9
Haushalte	Mill.	37,9	39,2	39,7	39,5
Binnenwirtschaft					
Sozialversicherungstarif	%	39,3	40,0	40,0	40,0
Tariflohn, nominal	€/h	18,3	21,3	25,4	29,3
Mehrwertsteuersatz	%	16,0	17,0	18,0	19,0
Nominalzins	%	4,7	4,9	5,1	5,3
Außenwirtschaft					
Wechselkurs	\$/€	1,08	1,00	1,00	1,00
Welthandelsvolumen	Veränd. in %	5,0	5,0	5,0	5,0

Eigene Berechnungen.



Diese Bevölkerungsentwicklung wird – wie allgemein bekannt – von deutlichen Verschiebungen in der Altersstruktur begleitet: Bis zum Jahr 2020 wird der Jugendquotient, d.h. das Verhältnis der Zahl der unter 20- zur Zahl der 20- bis 60-jährigen auf etwa 31 % sinken (2000: 39 %); der Altenquotient, der den entsprechenden Anteil der über 60-jährigen ausdrückt, von 41,5 % auf über 50 % steigen. Dies kann nicht ohne Einfluss auf das Erwerbspersonenpotenzial bleiben, d.h. auf jenen Teil der Bevölkerung, der an einer Erwerbstätigkeit interessiert ist. Zu dessen Abschätzung wurde hier angenommen, dass der Anteil der Erwerbspersonen im Alter von 20 bis 60 Jahren an der Bevölkerung in dieser Altersgruppe wie in der Vergangenheit leicht steigt, und zwar von 83,5 % im Jahre 2000 auf 84,5 % im Jahre 2020. Darin spiegeln sich u.a. eine wachsende Erwerbsneigung der Frauen, die – nicht zuletzt als Folge höherer Qualifikation – deutlich häufiger und länger als früher einer Erwerbstätigkeit nachgehen.

Für eine exportorientierte Volkswirtschaft wie Deutschland ist der Welthandel von erheblicher Bedeutung. Dabei ist gerade dessen Prognose mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Dazu tragen zum einen politische Faktoren wie das Gefährdungspotenzial durch den internationalen Terrorismus oder die Spannungen in verschiedenen Regionen der Welt bei, zum anderen aber auch ökonomische Risiken, die aus Ungleichgewichten in den staatlichen Einnahmen und Ausgaben oder den Leistungsbilanzen resultieren. Diesen Unsicherheiten wird im Folgenden insoweit Rechnung getragen, als für das Wachstum des Welthandelsvolumens eine Bandbreite angenommen wird. Die obere Grenze liegt bei den Werten der neunziger Jahre, in denen sich die Weltwirtschaft nahezu störungs- und krisenfrei entwickeln konnte. Dafür, dass derartige Zuwächse wieder erreicht werden können, spricht auch die Osterweiterung

der Europäischen Union. Nach dieser Annahme wächst der Welthandel im gesamten Zeitraum jährlich um 6 %. Die untere Grenze beschreibt ein Szenario, das eher von den Erfahrungen der letzten Jahre ausgeht und auch auf längere Sicht Terroranschläge, ökonomische Ungleichgewichte und kriegerische Auseinandersetzungen für möglich hält. Der Welthandel wächst dann jährlich um 2,5 %. Innerhalb dieses Bandes wird in den folgenden Berechnungen zunächst eine mittlere Variante gewählt; danach nimmt das Welthandelsvolumen jährlich um 5 % zu.

Bei den finanzpolitischen Vorgaben wird angenommen, dass die im internationalen Vergleich überdurchschnittlich hohe Abgabenquote langfristig zurückgeführt wird. Für den Mehrwertsteuersatz wird unterstellt, dass im Zuge der EU-weiten Harmonisierung der Steuersätze bis 2010 eine schrittweise Anhebung auf 18 % erfolgt. Mögliche Einnahmeüberschüsse aus der Mehrwertsteuer können zum Abbau des staatlichen Defizits verwendet werden.

Für den Nominalzins, gemessen an der Umlaufrendite festverzinslicher Wertpapiere, wird angenommen, dass er sich in den nächsten Jahren nicht grundlegend ändert und über den gesamten Zeitraum bei etwa 5 % liegt. Allerdings wird ein Alternativszenario im vierten Abschnitt betrachtet.

Über diese demographischen und weltwirtschaftlichen Vorgaben hinaus sind die Energiepreise eine wichtige Determinante der zukünftigen Entwicklung. Diese werden auch in Zukunft maßgeblich vom Erdölpreis abhängen. In dieser Prognose wird angenommen, dass der Weltrohölpreis nach Bereinigung um die Weltinflationsrate bis zum Jahr 2010 real nahezu konstant bleibt. Dabei ist nicht ausgeschlossen, dass dieser mittelfristig stabile Preispfad durch politische Konflikte in einzelnen Jahren zum Teil empfindlich gestört werden kann. Der Rohölpreis prägt mit geringen Abweichungen auch den der übrigen Energien (Tabelle 5).

Über die makroökonomischen Rahmenbedingungen hinaus sind für die CO₂-Emissionen in den einzelnen Bereichen der Volkswirtschaft die gesetzlichen Vorgaben von Bedeutung, die insbesondere die Umweltpolitik und hier die Klimaschutzpolitik zu treffen haben. Charakteristisch für die Vielzahl gesetzlicher Regelungen war bislang, dass diese gerade nicht gesamtwirtschaftlich und damit sektorneutral, sondern in der Regel auf die Verringerung der Umweltbelastungen spezifischer Produktions- oder Verbrauchsprozesse zugeschnitten waren und insoweit die sektorale Strukturbildung zum Teil erheblich beeinflusst haben. Dazu zählen insbesondere die nationalen Beschlüsse zur Steigerung der Energieeffizienz oder zum Ausbau regenerativer Energiequellen, die in folgenden Gesetzen festgehalten sind:

- das Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG),

Tabelle 5

Preise ausgewählter Primärenergieträger
2000 bis 2012

Energieträger	Einheit	2000	2005	2008	2010	2012
Erdöl						
real ¹	\$/barrel	28,80	25,00	25,00	25,00	25,00
nominal	\$/barrel	28,80	26,70	28,10	29,10	30,00
Importsteinkohle						
real ¹	\$/t	36,85	41,00	41,00	41,00	41,00
nominal	\$/t	36,85	43,70	46,00	47,50	49,00
Erdgas						
real ¹	€/MWh	10,25	10,65	10,65	10,65	10,65
nominal	€/MWh	10,25	11,40	12,00	12,35	12,80

Eigene Berechnungen. – ¹In Preisen von 2000.



- das Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz),
- die Energieeinspar-Verordnung (EnEV),
- die Fortführung der ökologischen Steuerreform.

Für die Zukunft sollten diese sektorspezifischen Eingriffe eigentlich an Bedeutung verlieren, denn der Emissionshandel ist kein *add-on*-, sondern ein alternatives Instrument der Klimaschutzpolitik, das zumindest teilweise die bestehenden Maßnahmen und Instrumente ersetzen kann. Ob diese Umorientierung allerdings tatsächlich gelingt, hängt nicht zuletzt vom Emissionshandel selbst und den damit erzielten ökonomischen und ökologischen Effizienzgewinnen ab.

Grundsätzlich ist nämlich bei der Projektion zukünftiger Treibhausgasemissionen zwischen den am Emissionshandel beteiligten und den übrigen Sektoren zu unterscheiden. Im Unterschied zu den nicht am Handel beteiligten stellt die Menge der zugeteilten Emissionsrechte für die am Handel beteiligten Anlagen und Anlagenbetreiber eine verbindliche absolute Emissionsbegrenzung dar, die nur durch den Zukauf von Rechten, die je nach Marktlage mit hohen oder niedrigeren Kosten verbunden ist, aufgebrochen werden kann.

Im Hinblick auf die CO₂-Emissionen von besonderer Bedeutung ist der Beschluss der Bundesregierung zum Ausstieg aus der Kernenergie. Auch wenn der vollständige Ersatz der Kernkraftwerke erst jenseits der ersten Verpflichtungsperiode ansteht, so müssen für die Handelsperioden der Jahre 2005/07 sowie 2008/12 die für diese Zeiträume erforderlichen Mehremissionen, die sich aus dem Ersatz der Kernkraftwerke ergeben, berücksichtigt werden.

Tabelle 6

Langfristige gesamtwirtschaftliche Entwicklung in Deutschland¹

2005 bis 2012; Veränderung gegenüber dem Vorjahr in %

	2005	2007	2008	2010	2012	jahresd. Veränd.	
						2005 bis 2007	2008 bis 2012
Privater Verbrauch	1,6	1,8	2,0	2,0	1,9	1,8	2,0
Staatsverbrauch	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Ausrüstungen	3,7	3,8	3,8	3,2	3,2	3,8	3,4
Bauten	0,5	0,9	1,0	0,7	0,7	0,8	0,9
Ausfuhr	5,6	4,7	4,5	3,5	4,2	5,1	4,3
Einfuhr	3,3	3,2	3,1	2,5	2,7	3,1	3,0
Bruttoinlandsprodukt	1,9	2,0	2,0	1,4	1,7	2,0	1,9

Eigene Berechnungen. – ¹In Preisen von 1995.

Alle exogenen Vorgaben zusammengenommen implizieren für die deutsche Wirtschaft von 2005 bis 2012 eine vergleichsweise günstige Entwicklung. Das reale Bruttoinlandsprodukt wächst jahresdurchschnittlich um etwa 2,0 % (Tabelle 6) – und damit wieder etwas rascher als im Durchschnitt der letzten zehn bzw. 20 Jahre, aber merklich langsamer als in den letzten 25 oder gar 40 Jahren.

Dieses Wachstum wird überwiegend von den Ausrüstungsinvestitionen getragen (3,8 %); die Bauinvestitionen wirken dagegen auch im Prognosezeitraum eher dämpfend (knapp 1 %). Dominierende Nachfragekomponente bleibt freilich der private Verbrauch (Anteil am BIP: 55,8 %), der proportional zum BIP um 1,8 bis 2,1 % p.a. zunimmt, während der Staatsverbrauch annähernd stagniert (0,3 %). Für die Exporte wird ein Zuwachs um 4,5 %, für die Importe von 3,2 % prognostiziert. Dies impliziert, dass die hohe außenwirtschaftliche Verflechtung der deutschen Wirtschaft im Wesentlichen erhalten bleibt.

Zu diesem gesamtwirtschaftlichen Wachstum werden nach unseren Erwartungen die einzelnen Wirtschaftszweige unter den getroffenen Prämissen unterschiedlich beitragen. Die Produktion im Verarbeitenden Gewerbe erhöht sich bis 2007 (Ende der ersten Budgetperiode) um jahresdurchschnittlich 2,8 %, von 2008 bis 2012 verlangsamt sich das Wachstum auf 2,2 %.² Innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes wachsen vor allem die energie- und rohstoffintensiven Grundstoffbereiche unterdurchschnittlich. Der Bereich Stahl und Eisen wird bis 2012 mit etwa 0,4 % nur moderat zulegen, die Herstellung von Steinen, Erden und Baustoffen real zunächst fast stagnieren, danach mit ge-

² Beim Vergleich der Veränderungsraten mit den in Tabelle 7 bzw. 8 ausgewiesenen physischen Produktionsleistungen ist zu berücksichtigen, dass in einigen energieintensiven Grundstoffbereichen der Wertgehalt der Produktion zunimmt, das reale Wachstum daher höher ist als das der Produktionsmenge.

Tabelle 7

Produktion in der Industrie nach Sektoren der Klimvereinbarung – erste Handelsperiode
2005 bis 2007

Sektor	Einheit	2005	2006	2007	jahresd. Veränderung in %
Kali	Mill. t Rohsalz	37,8	37,8	37,8	0,0
Zement	Mill. t Zement	31,2	31,3	31,7	0,5
Kalk	Mill. t Kalk	6,7	6,8	6,8	0,5
Fliesen	Mill. t Fliesen	1,0	1,0	1,0	0,0
Ziegel	Mill. t Ziegel	15,7	15,8	15,8	0,0
Feuerfest	Mill. t Feuerfest	1,2	1,2	1,2	0,0
Stahl	Mill. t Rohstahl	45,5	45,7	45,9	0,4
NE-Metalle	Mill. t Metall	8,8	9,1	9,4	2,3
Chemie	Produktionsindex	131,6	135,0	139,2	1,9
Papier	Mill. t Papier	20,5	21,3	21,9	2,2
Glas	Mill. t Glas	7,8	8,1	8,5	2,8
Textil	Produktionsindex	68,1	67,9	68,4	0,2
Zucker	Mill. t Rüben- verarbeitung	29,3	29,7	30,0	0,7
Elektrotechnik	Mrd. €	79,9	82,8	86,1	2,5

Eigene Berechnungen.



ringem Zuwachs wieder Anschluss an das Verarbeitende Gewerbe zu finden versuchen.

Für andere Sektoren, die vor allem von der Exportkonjunktur abhängen, erwarten wir hingegen, dass diese ihre Produktion langfristig überdurchschnittlich ausweiten können. So nimmt die Herstellung chemischer Erzeugnisse – vor allem aufgrund des prognostizierten Wachstums der Ausfuhren – jahresdurchschnittlich um reichlich 2,8 % zu. Auch die Papierindustrie zählt weiterhin zu den wachstumsintensiven Branchen: bis 2012 expandiert die Papierproduktion um 2,8 % p.a.

Überdurchschnittlich wachsen werden voraussichtlich die Investitionsgüterbereiche, also insbesondere der Maschinenbau und die Elektrotechnik. Das überdurchschnittliche Wachstum der Ausrüstungsinvestitionen insgesamt bedeutet eine Zunahme der Produktion in diesen Sektoren über den gesamten Zeitraum um 4,4 bzw. 3,5 %. Die Zuwächse im Gebrauchs- und Verbrauchsgüter produzierenden Gewerbe entsprechen mit 2,2 % p.a. weitgehend dem Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes.

Für die an der Klimvereinbarung beteiligten Sektoren ist die Produktion in den beiden Handelsperioden in Tabelle 7 und 8 zusammengefasst. Die dort ausgewiesene physische Produktion ist die Bezugsgröße der jeweiligen Selbstverpflichtungserklärungen, so dass die Multiplikation dieser Mengen mit den

Tabelle 8

Produktion in der Industrie nach Sektoren der Klimavereinbarung – zweite Handelsperiode
2008 bis 2012

Sektor	Einheit	2008	2010	2012	jahresd. Veränderung in %
Kali	Mill. t Rohsalz	37,8	37,8	37,8	0,0
Zement	Mill. t Zement	32,1	33,0	33,8	1,8
Kalk	Mill. t Kalk	6,9	7,2	7,4	1,8
Fliesen	Mill. t Fliesen	1,0	1,0	1,0	-0,2
Ziegel	Mill. t Ziegel	15,8	15,7	15,6	-0,2
Feuerfest	Mill. t Feuerfest	1,2	1,1	1,1	-0,2
Stahl	Mill. t Rohstahl	46,1	46,5	46,8	0,4
NE-Metalle	Mill. t Metall	9,5	9,8	10,2	1,4
Chemie	Produktionsindex	143,4	151,0	160,0	3,7
Papier	Mill. t Papier	22,5	23,7	25,1	3,7
Glas	Mill. t Glas	8,8	9,4	10,0	4,4
Textil	Produktionsindex	68,9	69,3	70,9	0,9
Zucker	Mill. t Rüben- verarbeitung	30,2	30,6	30,8	0,7
Elektrotechnik	Mrd. €	89,4	95,4	202,2	4,6

Eigene Berechnungen.



in den Erklärungen gewählten spezifischen Verbrauchsgrößen die zu erwartenden CO₂-Emissionen ergibt.

Dabei ist allerdings zu beachten, dass in der Klimavereinbarung das Verursacherprinzip im strengen Sinne gilt, CO₂-Emissionen also nicht nur beim direkten Verbrauch kohlenstoffhaltiger Energieträger, sondern auch beim Verbrauch kohlenstofffreier Energieträger, deren Erzeugung jedoch mit CO₂-Emissionen verbunden ist, entstehen. Diese Abgrenzung gilt im Konzept des Emissionshandels nach der EG-Richtlinie nicht mehr. Dort werden allein die direkten Emissionen aus dem Verbrauch kohlenstoffhaltiger Brennstoffe berücksichtigt. Diese Abgrenzung liegt auch den folgenden Prognosen zugrunde.

3. Prognose der Treibhausgasemissionen für die beiden Handelsperioden

Die Zunahme der sektoralen Produktion im Untersuchungszeitraum wäre ohne kompensierende Maßnahmen mit einem erheblichen Anstieg der CO₂-Emissionen verbunden. Allerdings konnte bereits in der Vergangenheit durch Effizienzsteigerungen bzw. den vermehrten Rückgriff auf CO₂-ärmere oder -freie Brennstoffe ein Anstieg der absoluten CO₂-Emissionen vermieden werden.

In der Klimavereinbarung vom November 2000 und den Erklärungen der einzelnen Verbände sind diese Effizienzsteigerungen exakt beziffert;¹ sie lassen erwarten, dass die Energieproduktivität bis zum Jahr 2012 und darüber hinaus weiter gesteigert werden kann. Dabei sind die Fortschritte in den einzelnen Sektoren stark unterschiedlich und reichen von weniger als 8 % in der Kalk-² bis zu knapp 70 % in der Kaliindustrie (Tabelle 9 und 10).

Dieser Rückgang wird hauptsächlich von der prognostizierten Verminderung der spezifischen Wärmenachfrage getragen, während der spezifische Stromverbrauch nur relativ moderat sinkt. Ursache dafür ist, dass in vielen Produktionsbereichen eine Steigerung der Energieproduktivität nur durch den vermehrten Einsatz von Kapital möglich ist und viele der eingesetzten Techniken und Verfahren, die der Einsparung von Brennstoffen dienen, den Stromverbrauch erhöhen.³ Aber auch gestiegene Anforderungen an die Belange des Umweltschutzes (Einsatz hochwirksamer Elektrofilter) und die anhaltende Automatisierung und elektronische Steuerung der Produktionsprozesse tra-

¹ Dies gilt auch unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Abgrenzung von direkten und indirekten CO₂-Emissionen. Zur Klimavereinbarung vgl. BDI 1996.

² Für die Kalkindustrie ist der Hinweis von Bedeutung, dass die hier ausgewiesenen Effizienzsteigerungen im Wesentlichen Folge der Verdrängung von Regel- durch Sekundärbrennstoffe und eines begrenzten Mehreinsatzes von Ergas sind.

³ Die Veränderung des Energieträgermixes von Brennstoffen zu Strom ist nach Abgrenzung der Emissionshandelsrichtlinie gleichbedeutend mit der Verlagerung von CO₂-Emissionen in die Stromerzeugung.

Tabelle 9

**Spezifische CO₂-Emissionen der Industrie¹ nach Sektoren der Klimavereinbarung –
erste Handelsperiode**
2005 bis 2007

Sektor	Einheit	2005	2006	2007	Veränd. geg. 1990 in %
Kali	kg CO ₂ /t Rohsalz	27	26	26	-67,9
Zement ²	kg CO ₂ /t Zement	636	631	627	-13,3
Kalk ²	kg CO ₂ /t Kalk	1 145	1 138	1 133	-6,1
Fliesen	kg CO ₂ /t Fliesen	309	303	297	-23,9
Ziegel	kg CO ₂ /t Ziegel	91	91	90	-25,8
Feuerfest	kg CO ₂ /t Erzeugung	161	160	160	-42,7
Stahl ³	kg CO ₂ /t Rohstahl	1 149	1 146	1 142	-18,4
NE-Metalle	kg CO ₂ /t Metall	342	341	341	-24,4
Chemie	Index, 1990 = 100	44	44	44	-56,3
Papier	kg CO ₂ /t Papier	344	341	338	-53,4
Glas ^{2,4}	kg CO ₂ /t Glas	592	591	591	-21,5
Textil	Index, 1990 = 100	78	77	77	-23,5
Zucker	kg CO ₂ /t Rüben	85	84	84	-41,3
Elektrotechnik	kg CO ₂ /1 000 €	21	21	21	-54,5

Eigene Berechnungen. – ¹Einschließlich Emissionen aus dem Brennstoffeinsatz industrieller Kraftwerke und KWK-Anlagen, ohne Emissionen aus Fremdstrombezug. – ²Einschließlich prozessbedingter Emissionen, ohne Emissionen aus der thermischen Verwertung von Sekundärbrennstoffen. – ³Aus Brennstoff- und Reduktionsmitteleinsatz. – ⁴Ohne Herstellung von Wasserglas.



gen dazu bei, dass die ohnehin als geringer einzustufenden Stromsparpotenziale dadurch größtenteils kompensiert werden.⁴

Für das Verarbeitende Gewerbe ist vom gegenwärtigen Niveau aus bis zum Jahr 2012 eine kontinuierliche Verringerung des spezifischen Brennstoffenergieverbrauchs zu erwarten. Diese wird maßgeblich über den in neuen Maschinen und Anlagen inkorporierten technischen Fortschritt gesteuert und ist infolgedessen an branchenspezifische Investitionszyklen gebunden.

Im Vergleich zu Effizienzsteigerungen lassen sich deutlich höhere Emissionsminderungen durch einen Brennstoffwechsel erzielen. Dies gilt nicht nur für den Übergang auf CO₂-freie oder -ärmere Brennstoffe, sondern insbesondere

⁴ Neben dem Verbrauch von Brennstoffen ist z.B. die Herstellung von Zement durch einen erheblichen und in der Vergangenheit wachsenden Bedarf an elektrischer Energie, vor allem für den Betrieb der zahlreichen Mahlanlagen, gekennzeichnet. Erst durch den Einsatz neuer Mahltechniken sowie die Verwendung trennscharfer Hochleistungssichter in der Rohmehl- und Zementmahlung konnte dieser Trend in jüngster Zeit unterbrochen werden. Vom Zubau sog. Gutbett-Walzenmühlen, mit denen sich je nach Mahlbarkeit des Klinkers bzw. der Zumahlstoffe, der Anlagenkonfiguration und der angestrebten Mahlfineinheit Stromeinsparungen zwischen 7 und 50 % realisieren lassen, sind bei der Zementherstellung weitere Verringerungen des elektrischen Energiebedarfs zu erwarten.

Tabelle 10

Spezifische CO₂-Emissionen der Industrie¹ nach Sektoren der Klimavereinbarung – zweite Handelsperiode

2008 bis 2012

Sektor	Einheit	2008	2010	2012	Veränd. geg. 1990 in %
Kali	kg CO ₂ /t Rohsalz	26	25	25	-69,4
Zement ²	kg CO ₂ /t Zement	622	612	603	-16,6
Kalk ²	kg CO ₂ /t Kalk	1 127	1 114	1 101	-8,2
Fliesen	kg CO ₂ /t Fliesen	291	279	268	-31,2
Ziegel	kg CO ₂ /t Ziegel	90	89	88	-27,7
Feuerfest	kg CO ₂ /t Erzeugung	159	158	156	-43,9
Stahl ³	kg CO ₂ /t Rohstahl	1 139	1 132	1 125	-19,4
NE-Metall	kg CO ₂ /t Metall	341	340	339	-24,8
Chemie	Index, 1990 = 100	43	43	42	-57,8
Papier	kg CO ₂ /t Papier	335	329	323	-55,4
Glas ^{2,4}	kg CO ₂ /t Glas	590	589	588	-21,9
Textil	Index, 1990 = 100	76	75	73	-26,7
Zucker	kg CO ₂ /t Rüben	83	82	80	-44,2
Elektrotechnik	kg CO ₂ /1 000. €	21	21	20	-55,7

Eigene Berechnungen. – ¹Einschließlich Emissionen aus dem Brennstoffeinsatz industrieller Kraftwerke und KWK-Anlagen, ohne Emissionen aus Fremdstrombezug. – ²Einschließlich prozessbedingter Emissionen, ohne Emissionen aus der thermischen Verwertung von Sekundärbrennstoffen. – ³Aus Brennstoff- und Reduktionsmitteleinsatz. – ⁴Ohne Herstellung von Wasserglas.



auch für die Substitution fossiler Primärenergieträger durch Sekundärbrennstoffe, die in der Energiebilanz bislang und folglich auch im Rahmen dieser Prognose als CO₂-neutral bewertet werden. In der Zementindustrie z.B. hat die Verwertung heizwertreicher Abfallbrennstoffe (Altreifen, Altöl usw.) eine lange Tradition, gegenwärtig wird hier rund ein Drittel des thermischen Brennstoffbedarfs (2001: etwa 101 PJ) durch kostengünstige Sekundärbrennstoffe substituiert.

In der Stahlindustrie werden Kohlen- und Kohlenwasserstoffträger wie Koks, Kohle und Schweröl stofflich zur Reduktion des Eisenerzes genutzt. Sie können daher nicht (oder nur in engen Grenzen) durch CO₂-ärmere oder -freie Reduktionsmittel substituiert werden. Akzentuiert wird dieser Zusammenhang noch dadurch, dass Koks als Stützgerüst für die Durchgasung der Möllersäule unverzichtbar ist. Zudem werden die bei der Roheisen- und Stahlerzeugung anfallenden Kuppelgase (Kokereigas, Hochofen- und Konvertergas) im Produktionsprozess selbst oder zur Stromerzeugung eingesetzt und ersetzen in entsprechendem Umfang Primärenergieträger.

Die Substitution von festen und flüssigen Brennstoffen durch Erdgas, die in der Vergangenheit wesentlich zur Verringerung der traditionellen Luftschad-

Tabelle 11

CO₂-Emissionen in der ersten Handelsperiode
 in Mill. t

Sektor	2005	2006	2007	2005 bis 2007	
				insgesamt	jahresd.
Energiewirtschaft ¹	345,1	344,7	343,7	1 033,5	344,5
Kraft-, Heizkraftwerke	308,8	308,8	307,8	925,4	308,5
Heizwerke	4,1	4,0	4,0	12,1	4,0
Verbundkraftwerke	10,9	10,5	10,5	31,9	10,6
Raffinerien	19,8	19,9	19,9	59,6	19,9
Kohlenbergbau	1,5	1,5	1,5	4,5	1,5
Industriesektoren der Klimavereinbarung ²	127,0	127,8	129,0	383,8	127,9
Kaliindustrie	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0
Zement ³	19,9	19,7	19,8	59,5	19,8
Kalk ³	7,7	7,7	7,7	23,1	7,7
Fliesen und Platten	0,3	0,3	0,3	0,9	0,3
Ziegelindustrie	1,4	1,4	1,4	4,3	1,4
Feuerfest-Industrie	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
Stahlindustrie ⁴	52,3	52,4	52,4	157,1	52,4
NE-Metalle	3,0	3,1	3,2	9,3	3,1
Chemie	23,9	24,3	24,9	73,1	24,4
Papier und Pappe	7,1	7,3	7,4	21,8	7,3
Glasindustrie ^{3,5}	4,6	4,8	5,0	14,4	4,8
Textilindustrie	1,5	1,5	1,5	4,5	1,5
Zuckerindustrie	2,4	2,4	2,4	7,2	2,4
Elektrotechnik	1,7	1,7	1,8	5,2	1,7
Industrie insgesamt	150,5	152,4	152,8	455,7	151,9

Eigene Berechnungen. – ¹Ohne Industriekraftwerke. – ²Einschließlich Industriekraftwerke. – ³Einschließlich prozessbedingte Emissionen, ohne Emissionen aus der energetischen Verwertung von Sekundärbrennstoffen und Energierohstoffe. – ⁴Aus Brennstoff- und Reduktionsmitteleinsatz. – ⁵Ohne Herstellung von Wasserglas.



stoffe beigetragen hat, wird in Zukunft eher von untergeordneter Bedeutung sein. Denn das Substitutionspotenzial zu Gunsten kohlenstoffarmer Energieträger wurde in der Vergangenheit mittelbar zu einem erheblichen Teil durch die umweltpolitischen Standards etwa im Rahmen der TA Luft ausgeschöpft.

Aus dem Zusammenspiel der bislang skizzierten Muster ergibt sich für die Emissionen der Industrie bis zum Jahr 2012 folgendes Bild: Bezogen auf das Jahr 1998 werden bis 2005 etwa 17,3 Mill. t CO₂ eingespart, dies entspricht einem Rückgang um etwa 10 % auf 150,5 Mill. t. Im Verlauf der ersten Budgetperiode wachsen die CO₂-Emissionen um etwa 2,3 auf 153 Mill. t im Jahr 2007 an; der Anstieg wird sowohl von den an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren als auch von den übrigen Bereichen des Produzierenden Gewerbes verursacht. Er ist ausschließlich Folge des Produktionswachstums und

Tabelle 12

CO₂-Emissionen in der zweiten Handelsperiode

2008 bis 2012; in Mill. t

Sektor	2008	2010	2012	2008 bis 2012	
				insgesamt	jahresd.
Energiewirtschaft ¹	336,7	339,7	358,8	1 718,5	343,7
Kraft-, Heizkraftwerke	302,7	307,6	329,1	1 558,9	311,8
Heizwerke	3,8	3,7	3,6	18,5	3,7
Verbundkraftwerke	8,9	7,0	5,0	34,9	7,0
Raffinerien	19,8	20,2	20,1	100,3	20,1
Kohlenbergbau	1,4	1,2	1,0	6,0	1,2
Industriesektoren der Klimaververeinbarung ²	130,6	132,9	135,1	660,8	132,2
Kaliindustrie	1,0	1,0	0,9	4,8	1,0
Zement ³	20,0	20,2	20,4	101,1	20,2
Kalk ³	7,8	8,0	8,2	40,0	8,0
Fliesen und Platten	0,3	0,3	0,3	1,4	0,3
Ziegelindustrie ³	1,4	1,4	1,4	7,0	1,4
Feuerfest-Industrie	0,2	0,2	0,2	0,9	0,2
Stahlindustrie ⁴	52,5	52,6	52,7	262,9	52,6
NE-Metalle	3,3	3,3	3,3	16,5	3,3
Chemie	25,5	26,5	27,7	133,0	26,6
Papier und Pappe	7,5	7,8	8,1	39,1	7,8
Glasindustrie ^{3,5}	5,2	5,5	5,9	27,6	5,5
Textilindustrie	1,5	1,5	1,5	7,5	1,5
Zuckerindustrie	2,4	2,4	2,4	11,9	2,4
Elektrotechnik	1,8	1,9	2,1	9,8	2,0
Industrie insgesamt	153,2	153,6	154,7	768,6	153,7

Eigene Berechnungen. – ¹Ohne Industriekraftwerke. – ²Einschließlich Industriekraftwerke. – ³Einschließlich prozessbedingte Emissionen, ohne Emissionen aus der energetischen Verwertung von Sekundärbrennstoffen und Energierohstoffe. – ⁴Aus Brennstoff- und Reduktionsmitteleinsatz. – ⁵Ohne Herstellung von Wasserglas.



kann – wie im folgenden Abschnitt gezeigt wird – bei veränderten weltwirtschaftlichen Rahmendaten erkennbar verlangsamt werden. Die Steigerung der Energieproduktivität wie auch der Übergang auf CO₂-ärmere Energieträger stoßen zunehmend an technische Grenzen, so dass die Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen in beiden Budgetperioden deutlich abgeschwächt wird. Die Emissionen steigen folglich auch zwischen 2008 und 2012 um 1,5 auf knapp 155 Mill. t an (Tabelle 11 und 12).

Für den Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Gewerbes, des Handels und der Dienstleistungen existieren bereits gegenwärtig gesetzliche Vorgaben, die sowohl den Wärmebedarf der Gebäude und die Effizienz der Heizungsanlagen wie auch das Verbrauchsverhalten beeinflussen sollen. Die Umsetzung dieser Maßnahmen wird dazu führen, dass bis zum Jahr 2012 der

Tabelle 13

Klimagasemissionen in der ersten Handelperiode2005 bis 2007; in Mill. t CO₂-Äquivalenten

	2005	2006	2007	2005 bis 2007	
				insgesamt	jahresd.
				nach Gasen	
Kohlendioxid	856,2	856,4	854,9	2 567,5	855,8
Methan	49,5	47,5	45,5	142,5	47,5
N ₂ O	57,1	56,5	55,8	169,4	56,5
HFC	10,6	11,6	11,7	33,9	11,3
PFC	1,6	1,6	1,6	4,8	1,6
SF ₆	3,6	3,6	3,7	10,9	3,6
Insgesamt	978,6	977,2	973,2	2 929,0	976,3
				CO ₂ -Emissionen nach Hauptsektoren	
Energiewirtschaft ¹	345,1	344,7	343,7	1 033,5	344,5
Industrie ²	150,5	152,4	152,8	455,7	151,9
darunter:					
Sektoren der Klima- vereinbarung	127,0	127,8	129,0	383,8	127,9
Verkehr	178,8	178,0	177,6	534,4	178,1
Gewerbe, Haushalte	181,8	181,3	180,8	543,9	181,3
Insgesamt	856,2	856,4	854,9	2 567,5	855,8

Eigene Berechnungen. – ¹Ohne Industriekraftwerke. – ²Einschließlich Industriekraftwerke und prozessbedingte CO₂-Emissionen, ohne Emissionen aus der energetischen Verwertung von Sekundärbrennstoffen und Energierohstoffe.



Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen hier nicht mehr ansteigen, unter günstigen Bedingungen und einem stringenteren Vollzug des Ordnungsrechts sogar geringfügige Einsparungen möglich sind.

Auch im Verkehrsbereich, der hier wie erwähnt nur die direkten Emissionen des Straßenverkehrs, der Binnenschifffahrt und der Eisenbahn umfasst, kann ein weiterer Anstieg der CO₂-Emissionen, insbesondere durch Effizienzsteigerungen der Fahrzeugflotte, weitgehend vermieden werden (Tabelle 13). Mit dem Ersatz der älteren Fahrzeuge, die vor der Reform der Kfz-Steuer zugelassen wurden, durch Neufahrzeuge ist eine Verringerung des spezifischen Verbrauchs von etwa 1 l/100 km bei Ottomotoren und von 0,5 l/100 km bei Dieselfahrzeugen verbunden. Hinzu kommt, dass der Anteil der neu zugelassenen Fahrzeuge mit Dieselantrieb an den Neuzulassungen insgesamt schon seit geraumer Zeit ansteigt und der Verbrauch dieser Fahrzeuge im Durchschnitt aller Neuzulassungen um mehr als 1 l/100 km unter dem von Fahrzeugen mit Ottomotoren liegt. Diese Substitution bei den Neuzulassungen hat über die Effizienzverbesserungen bei allen Fahrzeugtypen hinaus also eine weitere Reduktion des spezifischen Verbrauchs zur Folge.

Tabelle 14

Klimagasemissionen in der zweiten Handelsperiode2008 bis 2012; in Mill. t CO₂-Äquivalenten

	2008	2010	2012	2008 bis 2012	
				insgesamt	jahresd.
nach Gasen					
Kohlendioxid	846,8	846,4	864,5	4 255,7	851,1
Methan	43,6	42,5	41,0	211,4	42,3
N ₂ O	56,0	54,9	53,6	274,1	54,8
HFC	11,9	12,5	12,9	62,1	12,4
PFC	1,7	1,6	1,6	7,9	1,6
SF ₆	4,3	4,8	4,8	23,4	4,7
Insgesamt	964,3	962,7	978,4	4 834,6	966,9
nachrichtlich:					
Zielabweichung durch Revisionen des Basisjahres	7,2	5,6	21,3	49,1	9,8
CO ₂ -Emissionen nach Hauptsektoren					
Energiewirtschaft ¹	336,7	339,7	358,8	1 718,5	343,7
Industrie ²	153,2	153,6	154,7	768,6	153,7
darunter:					
Sektoren der Klimavereinbarung	130,6	132,9	135,1	660,8	132,2
Verkehr	176,1	174,2	173,0	872,5	174,5
Gewerbe, Haushalte	180,5	178,9	178,0	895,8	179,2
Insgesamt	846,8	846,4	864,5	4 255,7	851,1

Eigene Berechnungen. – ¹Ohne Industriekraftwerke. – ²Einschließlich Industriekraftwerke und prozessbedingte CO₂-Emissionen, ohne energetische Verwendung von Sekundärbrennstoffen und Energierohstoffe.



Effizienzsteigerungen können auch bei Lastkraftwagen erwartet werden. Dies zeigte sich bereits in den letzten vier Jahren beim Energieverbrauch und bei den CO₂-Emissionen: Zwischen 1999 und 2002 nahm der Verbrauch von Dieselmotoren insgesamt nicht mehr zu, obwohl der Anteil der Diesel-Pkw am Pkw-Bestand in den letzten Jahren von 13,5 auf 15,7 % gewachsen ist und damit einen wachsenden Anteil des Dieselangebots für sich beansprucht. Auch wenn diese Stagnation zum Teil jedenfalls Folge des geringen wirtschaftlichen Wachstums sein dürfte, so können die Verbesserung der Fahrzeugtechnik, die durch steigende Kraftstoffpreise induzierten Verhaltensänderungen und die übrigen Maßnahmen der Klimaschutzpolitik auch in diesem Bereich weitere Emissionsminderungen ermöglichen. Dieser Reduktionseffekt kann zumindest grundsätzlich durch steigende Verkehrsleistungen überkompensiert werden.⁵ Ob er tatsächlich eintritt, hängt neben den Zielen und zukünftigen

⁵ Dies gilt insbesondere dann, wenn durch die Osterweiterung der EU der Austausch von Gütern zwischen den Beitrittsländern und der übrigen EU stark anwächst und dadurch steigende Transportleistungen notwendig werden.

gen Maßnahmen der Verkehrspolitik nicht zuletzt von gesamtwirtschaftlichen und politischen Vorgaben wie beispielsweise der Osterweiterung der EU ab.

Zusammenfassend lässt sich demnach feststellen, dass das im Rahmen des *EU-burden sharing* für Deutschland formulierte Minderungsziel erreicht werden kann. Einen wichtigen Beitrag dazu leisten die an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren und Unternehmen. Für die am Emissionshandel beteiligten Anlagen und Unternehmen ist das Instrument selbst eine Garantie dafür, dass die anvisierten Ziele tatsächlich erreicht werden. Für die übrigen Sektoren besteht diese Garantie a priori nicht, so dass Zielunter- oder -überschreitungen möglich sind. Für die Rechtssicherheit der am Emissionshandel beteiligten Anlagen und Anlagenbetreiber ist jedoch unerlässlich, dass mögliche Zielverfehlungen in den übrigen Bereichen nicht durch nachträgliche Korrekturen der zugeteilten Emissionsrechte korrigiert werden. Dies gilt im übrigen auch für die gegenwärtig zu beobachtenden Revisionen des Basisjahres, die bei unveränderter prozentualer eine spürbare Verringerung der zulässigen absoluten Emissionen bedeuten und im Extremfall eine Zielverschärfung von knapp 10 Mill. t CO₂-Äquivalenten nach sich ziehen könnten (Tabelle 14).

4. Unsicherheiten der Prognose

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass die vorliegenden Ergebnisse als bedingte Prognosen zu verstehen sind, die die zukünftige Entwicklung bei Vorgabe wichtiger exogener Faktoren beschreiben. Da eine Voraussage dieser exogenen Variablen selbst mit erheblichen Unsicherheiten behaftet ist, werden im Folgenden einzelne Größen variiert und in ihren Auswirkungen auf die CO₂-Emissionen dargestellt. Grundsätzlich sind diese Varianten nicht als Prognosen zu verstehen, sondern als Setzungen, die die Sensitivität der Ergebnisse verdeutlichen sollen.

4.1 Ausstieg aus der Kernenergie

Mit dem Beschluss zum Ausstieg aus der Kernenergie ist mittel- und langfristig ein Anstieg der CO₂-Emissionen verbunden. Der konkrete Zusatzbedarf hängt von einer Vielzahl von Annahmen, insbesondere von den in diese Rechnung eingestellten Substitutionsenergien und dem betrachteten Zeitraum ab. Für die erste Handelsperiode muss lediglich die Erzeugung von Stade (4,9 TWh, 672 MW) und Obrigheim (2,9 TWh, 357 MW) ersetzt werden. Bei der gegenwärtig insgesamt verfügbaren Kapazität von 106,3 GW dürfte diese Menge durch eine erhöhte Auslastung des bestehenden Kraftwerksparks auszugleichen sein, zumal binnen zwei Jahren kaum entsprechende Ersatzkapazitäten bereitgestellt werden können. So würde etwa die Erhöhung der Benutzungsstunden in Steinkohlekraftwerken von etwa 4 400 auf 4 670 ausreichen, die „fehlende“ Menge auszugleichen.

Die erhöhte Erzeugung sollte allerdings von jenen Kraftwerken bereitgestellt werden, die neben entsprechenden Produktionsreserven gleichzeitig kostengünstig Strom erzeugen können, also mit den variablen Kosten innerhalb der *merit order* rangieren. Dabei umfassen die variablen Kosten nicht nur die Brennstoff-, sondern auch jene Zusatzkosten, die der Erwerb zusätzlicher Emissionsrechte verursacht. Denn auch bei anlagenscharfer Zuteilung der Emissionsrechte ist nicht zu erwarten, dass genau jene Kraftwerke, die den ausfallenden Strom aus Kernkraftwerken zu ersetzen haben, mit den dafür notwendigen Zusatzrechten bei der Erstzuteilung ausgestattet werden. Fol-

Tabelle 15

Zeitprofil des Ausstiegs aus der Kernenergie

2005 bis 2020

Jahr	Bruttoleistung		Bruttoerzeugung	
	Kernkraft	Ersatzbedarf	Kernenergie	Ersatzmenge
	in MW		in TWh	
2005	21 690	1 029	164,4	5,2
2006	21 690	1 029	164,4	5,2
2007	21 690	1 029	162,0	7,6
2008	20 465	2 254	155,5	14,1
2009	20 465	2 254	151,0	18,6
2010	19 625	3 094	143,6	26,0
2011	18 819	3 900	134,8	34,7
2012	15 636	7 083	109,1	60,5
2015	14 226	8 139	98,0	71,6
2020	5 739	16 980	23,1	146,5

Eigene Berechnungen.



lich entscheidet – ähnlich wie bei der Brennstoffsubstitution – auch in diesem Fall die Höhe der Brennstoffkosten und der zusätzlichen CO₂-Kosten über die Ersatzenergie.

Bei den für 2005 bis 2007 erwarteten Brennstoffpreisen – Braunkohle 38 €, Steinkohle 50 € und Erdgas 145 €/t SKE Brennstoffeinsatz – ist die zusätzliche Erzeugung in modernen Kohlekraftwerken die kostengünstigste Variante. Die reduzierte Erzeugung in Kernkraftwerken wird bei den in der ersten Handelsperiode erwarteten Brennstoffpreisen demnach vor allem durch eine höhere Ausnutzung modernerer Steinkohle- und – sofern dort noch Steigerungen möglich sind – neuer Braunkohleblöcke erfolgen. Eine höhere Auslastung moderner Erdgaskraftwerke wäre nur bei deutlich verringerten Brennstoffkosten zu erwarten.

Der Rückgang der Stromerzeugung in Atomkraftwerken kann allerdings nur kurzfristig durch den höheren Einsatz bestehender Kraftwerke aufgefangen werden, mittel- und längerfristig ist der Bau von Ersatzkapazitäten unausweichlich. Bereits gegen Ende der zweiten Handelsperiode fehlen mit dem Abgang von Biblis A (1 225 MW) und Biblis B (1 300 MW), Neckarwestheim I (840 MW), Brunsbüttel (806 MW) sowie Philippsburg I (926 MW) weitere 6 054 MW, so dass unter Einschluss von Stade und Obrigheim die bis dahin ausfallende Erzeugung auf etwa 60 TWh zu veranschlagen ist (Tabelle 15).

Zwar könnte rein rechnerisch auch diese Menge durch eine höhere Auslastung des bestehenden Kraftwerksparks ersetzt werden, da die Kapazität der Steinkohlekraftwerke (rund 28 000 MW) ausreicht, um bei voller Ausnutzung

Tabelle 16

Auswirkungen des Ausstiegs aus der Kernenergie¹ auf die CO₂-Emissionen
 2005 bis 2012

Jahr	Ausfall der Bruttoerzeugung	Zusätzlicher Brennstoffbedarf	Zusätzliche CO ₂ -Emissionen
	in TWh	in Mill. t SKE	in Mill. t
2005	5,2	1,5	4,0
2006	5,2	1,5	4,0
2007	7,6	2,2	5,9
2008	14,1	4,0	10,9
2009	18,6	5,3	14,4
2010	26,0	7,3	19,8
2011	34,7	9,5	25,9
2012	60,5	16,1	43,9

Eigene Berechnungen. – ¹Ersatz der Kernenergie durch Steinkohlekraftwerke mit einem Wirkungsgrad von 47 %.



zusätzlich etwa 70 TWh zu erzeugen. Dabei bliebe allerdings außer Acht, dass in den Wintermonaten der größte Teil der Steinkohlekraftwerke bereits unter Vollast gefahren wird, dann ein Ersatz der Kernkraftwerke durch eine höhere Ausnutzung der Steinkohlekraftwerke unmöglich wäre.

Außerdem müsste die Nutzungsdauer der Steinkohlekraftwerke insgesamt von gegenwärtig etwa 4 400 auf 6 450 gesteigert werden, sämtliche Kraftwerke also im Dauerbetrieb laufen, was angesichts des Alters der Anlagen und der grundlegenden Veränderung der Einsatzstruktur des bestehenden Kraftwerksparks mit erheblichen Problemen verbunden sein dürfte. Deshalb erscheint der Neubau von Kraftwerken als Ersatz für die vom Netz genommenen Kernkraftwerke zumindest nach 2010 unausweichlich.

Unter den im zweiten Abschnitt geschilderten Annahmen über die Brennstoffkosten ist für die Nutzung im Dauerbetrieb der Zubau von Kraftwerken auf Basis Stein- und Braunkohle kostengünstiger als der durch kombinierte Gas- und Dampfturbinen auf Basis Erdgas (Erdgas-GuD-Anlagen). Diese Kostenrelationen werden sich auch durch den Handel mit CO₂-Emissionsrechten nicht grundlegend ändern. Denn nach dem Konzept der Richtlinie erhalten Neuanlagen bei Betriebsgenehmigung eine eigenständige Zuteilung, die sich nach dem Bedarf und dem Stand der Technik vergleichbarer Anlagen richten soll. Eine Prämierung effizienter und kohlenstoffextensiver Verstromungstechniken wie der Erdgas-GuD-Technik ist nach diesem Konzept nicht zu erwarten.

Der Ausstieg aus der Kernenergie kann demnach bereits in der zweiten Handelsperiode eine deutliche Zunahme der CO₂-Emissionen verursachen, auch wenn als Ersatz moderne Steinkohlekraftwerke mit Brutto-Wirkungsgraden

von mehr als 47 % genutzt werden (Tabelle 16). Der Anstieg erreicht im Durchschnitt der Jahre 2008 bis 2012 etwa 23 Mill. t und kann dazu führen, dass zusätzliche Maßnahmen notwendig werden, um das im *EU-burden sharing* festgelegte Minderungsziel tatsächlich erreichen zu können.

4.2 Weltwirtschaftliche Unsicherheiten

Für eine exportorientierte Volkswirtschaft wie Deutschland ist die Weltwirtschaft von zentraler Bedeutung, da mehr als ein Drittel des BIP über den Export von Waren und Dienstleistungen geschaffen wird. Zwar ist diese Abhängigkeit nicht als festes Verhältnis zwischen weltwirtschaftlicher und binnenwirtschaftlicher Entwicklung angelegt, sondern kann je nach Schwerpunkt der Exportmärkte und deren Dynamik variieren, die Bedeutung der Weltmärkte für die heimische Wirtschaft ist jedoch unbestritten. Die Erfahrungen der letzten Jahre machen darüber hinaus deutlich, dass die nationalen politischen Entscheidungsträger, häufig auch die der EU als Ganzes, keinen oder nur einen geringen Einfluss auf weltwirtschaftliche Veränderungen nehmen können. Dies gilt insbesondere für das Welthandelsvolumen.

Der Prognose der Klimagasemissionen im voraufgegangenen Abschnitt lag ein Wachstum des Welthandels zugrunde, das mit 5 % innerhalb einer Bandbreite von plausibel erscheinenden Möglichkeiten angenommen wurde. Eine Expansion in dieser Größenordnung ist allerdings keineswegs gesichert. Die Erfahrungen der letzten Jahre belegen vielmehr, dass das Wachstum auch über einen längeren Zeitraum deutlich höher sein, aber auch dahinter zurückbleiben kann. Als Alternativszenarien werden deshalb zwei Varianten betrachtet, zum einen eine Halbierung dieser Wachstumsrate auf jährlich 2,5 %, zum anderen eine noch stärkere Expansion (6 %). Für Letzteres spricht u.a. der durch die Osterweiterung der EU verstärkte Austausch von Waren zwischen den alten EU-Mitgliedstaaten und den Beitrittsländern. Mit dieser Intensivierung des Handels wäre auch ein erhebliches Anwachsen der Transportströme verbunden. Zwar lassen sich die Konsequenzen für die Im- und Exporte und das Transportaufkommen kaum exakt quantifizieren, sicher scheint jedoch zu sein, dass sich der Warenaustausch vor allem in den ersten Jahren der Erweiterung intensivieren wird. Deshalb wird für die folgenden Simulationen angenommen, dass durch die Osterweiterung der Weltexport zwischen 2005 und 2012 zusätzlich um bis zu 1 %-Punkt je Jahr stärker expandiert als in den übrigen Szenarien (Tabelle 17).

Neben dem Welthandelsvolumen hat der Wechselkurs des Euro gegenüber dem Dollar eine hohe außenwirtschaftliche Bedeutung; denn bislang werden bedeutende Importenergien wie Steinkohle, Mineralöle und Rohstoffe in Dollar fakturiert. Wechselkurschwankungen beinhalten folglich stets steigende oder fallende Energie- und Rohstoffpreise. Darüber hinaus können Wech-

Tabelle 17

Alternative Annahmen zur weltwirtschaftlichen Entwicklung
2005 bis 2012

	2005	2008	2010	2012
Welthandelsvolumen, Veränderung in %				
Referenzfall	5,0	5,0	5,0	5,0
Reduzierung des Welthandels	2,5	2,5	2,5	2,5
Osterweiterung	5,5	6,0	6,0	5,5
Wechselkurs, in \$/€				
Referenzfall	1,00	1,00	1,00	1,00
Aufwertung	1,20	1,20	1,20	1,20
Abwertung	0,80	0,80	0,80	0,80

Eigene Berechnungen.



selkursänderungen die Wettbewerbsfähigkeit der Exportgüterindustrien beeinflussen, auch wenn ein erheblicher Teil der deutschen Exporte in den Mitgliedsländern der EU bzw. in den übrigen Staaten Europas verbleibt.

Eine zuverlässige Prognose der Wechselkurse ist aufgrund ihrer starken Schwankungen besonders schwierig. Zwar sollten Wechselkurse idealtypisch Unterschiede in der Inflation in den einzelnen Volkswirtschaften zum Ausgleich bringen; für die praktische Festlegung eines derartigen Wechselkurses fehlt jedoch sowohl der gegenwärtige Gleichgewichtswechselkurs als auch eine detaillierte Prognose der Inflationsraten wichtiger Handelspartner. Deshalb ist das im zweiten Abschnitt gewählte Austauschverhältnis des Dollar gegenüber dem Euro von 1,00 \$/€ eher als plausible Setzung denn als fundierte Prognose anzusehen.

Aufgrund der Bedeutung des Wechselkurses für die Binnenwirtschaft und damit auch für die CO₂-Emissionen werden im Folgenden zwei Alternativen untersucht, die über einen längeren Zeitraum zum einen eine höhere, zum anderen eine niedrigere Austauschrelation zwischen Dollar und Euro beschreiben. Im ersten Fall verharrt der Wechselkurs bei 1,20 \$/€, in der zweiten bei 0,80\$/€.

Alle vier untersuchten Varianten haben erhebliche Auswirkungen auf die nationalen Klimaschutzziele; die geringere Expansion des Welthandels verursacht Produktionseinbußen, die einen niedrigeren Energieeinsatz und damit einen geringeren Bedarf an Emissionsrechten zur Folge haben (Tabelle 18). Für die zweite Handelsperiode ergeben sich insgesamt Minderemissionen von rund 223 Mill. t, die im Durchschnitt eine um 3,6 %-Punkte höhere Minderungsleistung bedeuten als im EU-burden sharing vorgesehen ist. Die Minderungen entfallen überwiegend auf die Energiewirtschaft, die Industrie und den Verkehr; die CO₂-Bilanz der privaten Haushalte, des Gewerbes, des Han-

Tabelle 18

**Auswirkungen unterschiedlicher Annahmen zur weltwirtschaftlichen Entwicklung
auf die CO₂-Emissionen**

2008 bis 2012; Abweichung von der Referenzprognose in Mill. t

	2008	2010	2012	2008 bis 2012	
				insgesamt	jahresd.
Szenario „Reduzierter Welthandel“					
Energiewirtschaft ¹	-11,8	-17,2	-23,4	-87,1	-17,4
Industrie ²	-5,7	-8,5	-11,6	-42,9	-8,6
Verkehr	-11,2	-18,1	-25,8	-91,6	-18,3
Gewerbe, Haushalte	-0,1	-0,3	-0,4	-1,4	-0,3
Insgesamt	-28,9	-44,1	-61,2	-222,9	-44,6
nachrichtlich: Zielabweichung in % ³					-3,6
Szenario „Osterweiterung“					
Energiewirtschaft ¹	3,3	6,3	9,9	32,0	6,4
Industrie ²	1,3	2,5	4,0	13,0	2,6
Verkehr	2,4	5,0	8,3	26,0	5,2
Gewerbe, Haushalte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Insgesamt	7,0	13,9	22,1	71,0	14,2
nachrichtlich: Zielabweichung in % ³					1,1
Szenario „Abwertung des Euro“					
Energiewirtschaft ¹	3,2	3,4	3,7	16,9	3,4
Industrie ²	3,1	2,9	2,8	14,5	2,9
Verkehr	-0,8	-1,1	-1,4	-5,4	-1,1
Gewerbe, Haushalte	-1,1	-1,2	-1,2	-5,9	-1,2
Insgesamt	4,3	4,0	3,9	20,1	4,0
nachrichtlich: Zielabweichung in % ³					0,3
Szenario „Aufwertung des Euro“					
Energiewirtschaft ¹	-3,4	-2,8	-2,3	-14,1	-2,8
Industrie ²	-3,9	-3,7	-3,6	-18,5	-3,7
Verkehr	0,9	1,1	1,5	5,7	1,1
Gewerbe, Haushalte	1,2	1,3	1,4	6,5	1,3
Insgesamt	-5,1	-4,0	-3,0	-20,4	-4,1
nachrichtlich: Zielabweichung in % ³					-0,3

Eigene Berechnungen. – ¹Ohne Industriekraftwerke. – ²Einschließlich Industriekraftwerke und prozessbedingte Emissionen, ohne Emissionen aus der energetischen Verwendung von Sekundärbrennstoffen und Energierohstoffe. – ³Die Referenzprognose unterstellt naturgemäß Zielerreichung. Die absolute Abweichung entspricht damit der unter „insgesamt“ ausgewiesenen. Ein negatives Vorzeichen bedeutet einen Überschuss an Emissionen.

dels und der Dienstleistungen bleibt demgegenüber nahezu unverändert. Für den Emissionshandel ist dabei von Bedeutung, dass lediglich die Anlagenbetreiber in der Energiewirtschaft und in der Industrie die überschüssigen Mengen zum Verkauf anbieten können.

Die Osterweiterung der EU und die daraus folgende Intensivierung der Handelsbeziehungen hat demgegenüber einen deutlichen Anstieg der CO₂-Emissionen und damit eine erhebliche Zielverfehlung zur Folge. Über die gesamte Handelsperiode entsteht ein Defizit in Höhe von etwa 70 Mill. t CO₂, so dass Deutschland das im EU-*burden sharing* festgelegte Ziel um knapp 1 %-Punkt verfehlt. Der Anstieg der direkten Emissionen konzentriert sich auf den Verkehrsbereich, in dem das höhere Transportaufkommen einen zusätzlichen Ausstoß von insgesamt 26 Mill. t induziert. Das gestiegene Transportaufkommen seinerseits ist unmittelbare Folge der höheren Produktion der Unternehmen, die mit einem Anstieg der direkten, vor allem aber der indirekten Emissionen verbunden ist, der sich entsprechend dem Richtlinienkonzept in der Elektrizitätserzeugung niederschlägt.

Wechselkursschwankungen haben im Vergleich dazu erheblich stärkere Auswirkungen auf die CO₂-Bilanz der privaten Haushalte, des Gewerbes, des Handels und der Dienstleistungen, da diese das Energiepreissystem entweder direkt über die Importpreise für Steinkohle, Erdöl und Mineralölprodukte oder indirekt über Preisanpassungen wichtiger Konkurrenzenergien wie Erdgas beeinflussen. Eine Abwertung des Euro ist demnach mit einem Anstieg, eine Aufwertung mit einem Rückgang der Energiepreise verbunden.

Grundsätzlich trifft dieser Preisimpuls auch das Produzierende Gewerbe, wird allerdings durch Wettbewerbseffekte, die Wechselkursänderungen nach sich ziehen können, zumindest teilweise kompensiert. Insofern überrascht es nicht, dass die CO₂-Bilanz der Industrie invers zu der der privaten Haushalte, des Gewerbes, des Handels und der Dienstleistungen reagiert. Eine Abwertung des Euro bedeutet für die Industrie eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit und hat demnach also einen Anstieg der CO₂-Emissionen zur Folge, eine Aufwertung dagegen einen Rückgang.

Insgesamt zeigen die Simulationen, dass Variationen der weltwirtschaftlichen Größen erhebliche Auswirkungen auf die CO₂-Emissionen haben können. Bei der Erstzuteilung der Emissionsrechte ist dies kaum exakt vorauszusehen.

4.3 Binnenwirtschaftliche Unsicherheiten

Über diese weltwirtschaftlichen Einflussfaktoren hinaus können auch nationale Größen die CO₂-Bilanz erheblich beeinflussen. Dazu zählen sowohl ökonomische als auch außerökonomische Variablen. Für den Energieverbrauch der privaten Haushalte sind insbesondere die Witterungsverhältnisse von Bedeutung, da ein großer Teil der Energie zur Beheizung der Gebäude und Wohnungen genutzt wird.

Die Erfahrung zeigt, dass die Witterungsverhältnisse in einzelnen Jahren und über die Jahre hinweg erheblichen Schwankungen unterliegen. Gemessen an

Tabelle 19

Alternative Annahmen zur binnenwirtschaftlichen Entwicklung
2005 bis 2012

	2005	2008	2010	2012
Witterung, Heizgradtage				
Normaljahr ¹	3 406	3 406	3 406	3 406
Kaltjahre	3 806	3 806	3 806	3 806
Warmjahre	3 006	3 006	3 006	3 006
Nominalzins, in %				
Referenzfall	4,7	4,9	5,1	5,3
Hochzinsphase	8,0	8,0	8,0	8,0

Eigene Berechnungen. – ¹Anzahl der Heizgradtage im Jahr 1990.



den Gradtagszahlen¹ lassen sich über die letzten Jahrzehnte Unterschiede von bis zu 40 % zwischen Minimum und Maximum feststellen. Zwar gleichen sich diese Temperaturschwankungen über einen längeren Zeitraum aus, in einzelnen Jahren können sie sich jedoch kumulieren und dadurch den Energieverbrauch auch über mehrere Jahre in die gleiche Richtung beeinflussen.

Um die Auswirkungen der Witterungsverhältnisse auf die CO₂-Bilanz abschätzen zu können, werden im Folgenden zwei Temperatur-Extreme als Ausgangspunkte der Simulationen gewählt, zum einen eine lang anhaltende Periode von überdurchschnittlich warmen, zum anderen von überdurchschnittlich kalten Jahren (Tabelle 19). In den kalten Jahren liegt die Anzahl der Heizgradtage um 400 über, in den warmen Jahren um 400 unter denen von 1990.

Über diese witterungsabhängigen Einflüsse hinaus existiert eine Vielzahl von rechtlichen, institutionellen, technischen und ökonomischen Faktoren, die eine zum Teil erhebliche Bedeutung für den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen besitzen. Weniger offenkundig ist der Einfluss solcher Variablen, die als makroökonomische Steuerungsgrößen eingesetzt werden und keinen unmittelbaren Bezug zum Energiesystem aufweisen. Dazu gehört der langfristige Nominal- bzw. Realzins, der das Rentabilitätskalkül auch von Investitionen in Energieeinsparungen und alternative Techniken beeinflusst.

Um die Auswirkungen der Zinssätze auf die CO₂-Bilanz darzustellen, wird im Folgenden ein kräftiger Anstieg der Nominalzinssätze von etwa 5 auf 8 % unterstellt. Grundsätzlich führt ein derartiger Impuls dazu, dass die Rentabilität von kapitalintensiven Techniken – auch zur Energieeinsparung – sinkt, da bei unveränderten Energieeinsparungen die Kapitalkosten zunehmen. Deshalb

¹ Üblicherweise wird der Temperatureinfluss mit Hilfe von Gradtagszahlen gemessen; diese Maßzahl gibt die Anzahl der Tage an, an denen die Durchschnittstemperatur unterhalb eines bestimmten Niveaus, in der Regel 17° C, liegt.

Tabelle 20

Auswirkungen unterschiedlicher Annahmen zur binnenwirtschaftlichen Entwicklung auf die CO₂-Emissionen

2008 bis 2012; Abweichung von der Referenzprognose in Mill. t

	2008	2010	2012	2008 bis 2012	
				insgesamt	jahresd.
Szenario „Warmjahre“					
Energiewirtschaft ¹	0,5	1,1	1,7	5,3	1,1
Industrie ²	-0,4	-0,4	-0,4	-1,9	-0,4
Verkehr	-0,3	-0,4	-0,5	-1,9	-0,4
Gewerbe, Haushalte	-18,2	-18,6	-19,0	-93,0	-18,6
Insgesamt	-18,5	-18,4	-18,3	-92,1	-18,4
nachrichtlich: Zielabweichung in % ³					-1,5
Szenario „Kaltjahre“					
Energiewirtschaft ¹	0,1	0,3	0,5	1,3	0,3
Industrie ²	0,4	0,4	0,4	1,9	0,4
Verkehr	0,3	0,4	0,4	1,7	0,3
Gewerbe, Haushalte	18,2	18,6	19,1	93,1	18,6
Insgesamt	19,0	19,8	20,5	98,8	19,8
nachrichtlich: Zielabweichung in % ³					1,6
Szenario „Hochzinsphase“					
Energiewirtschaft ¹	-13,4	-20,9	-22,7	-96,3	-19,3
Industrie ²	-1,0	-1,2	-1,5	-6,1	-1,2
Verkehr	-9,1	-13,6	-17,6	-67,3	-13,5
Gewerbe, Haushalte	-2,7	-3,0	-3,4	-15,2	-3,0
Insgesamt	-26,1	-38,8	-45,2	-184,9	-37,0
nachrichtlich: Zielabweichung in % ³					-3,0

Eigene Berechnungen. – ¹Ohne Industriekraftwerke. – ²Einschließlich Industriekraftwerke und prozessbedingte Emissionen, ohne Emissionen aus der energetischen Verwendung von Sekundärbrennstoffen und Energierohstoffe. – ³Die Referenzprognose unterstellt naturgemäß Zielerreichung. Die absolute Abweichung entspricht damit der unter „insgesamt“ ausgewiesenen. Ein negatives Vorzeichen bedeutet einen Überschuss an Emissionen.

RWI ESSEN

ist zu erwarten, dass bei hohen Zinsen die Investitionen in Energieeinsparmaßnahmen tendenziell rückläufig sind.

Für Brennstoffsubstitutionen hat diese Aussage hingegen keine allgemeine Gültigkeit, wie der Hinweis auf die GuD-Technik in der Elektrizitätserzeugung belegt. Folglich werden kohlenstoffärmere und kapitalextensivere Techniken bei steigenden Zinsen Wettbewerbsvorteile gegenüber kapitalintensiven Techniken erringen, so dass durch die Substitution von kohlenstoffreichen durch -ärmere Energieträger die CO₂-Bilanz insgesamt entlastet wird.

Bei den hier ausgewählten Zinssätzen sind die CO₂-Minderungen so erheblich, dass ähnlich wie bei einer Reduktion des Welthandels das Minderungsziel von 21 % um mehr als 2 %-Punkte übertroffen wird (Tabelle 20). Ausschlaggebend dafür sind zum einen die starken kontraktiven Wirkungen von hohen Zinsen auf das gesamtwirtschaftliche Wachstum und die Binnenkonjunktur. Zum anderen werden so Minderungstechniken mit relativ niedrigen Kapitalkosten gegenüber kapitalintensiven kostengünstiger. Dies ist insbesondere in der Stromerzeugung zu beobachten, wo die kapitalintensiven Techniken der Stein- und Braunkohleverstromung gegenüber Erdgas-GuD-Anlagen weitere Marktanteile verlieren. Deshalb entfällt der größte Beitrag der Emissionsminderungen auf die Energiewirtschaft, insbesondere die Elektrizitätserzeugung.

Für die CO₂-Bilanz von ähnlichem Gewicht sind die Witterungsverhältnisse. Lägen die Durchschnittstemperaturen z.B. in der ersten Handelsperiode um 10 % unter dem langjährigen Mittel, entstünden zusätzliche CO₂-Emissionen von durchschnittlich knapp 20 Mill. t. Würden diese Witterungsbedingungen mit einem dynamisch wachsenden Welthandel zusammenfallen, könnte sich im Durchschnitt der Jahre 2008/12 ein CO₂-Minderungsdefizit von knapp 35 Mill. t, kumuliert über die gesamte Budgetperiode von 170 Mill. t ergeben.

5. Zusammenfassende Bewertung

Am 2. Juli 2003 hat das EU-Parlament in zweiter Lesung den Gemeinsamen Standpunkt des Ministerrats vom 18. März 2003 zur Einführung eines EU-weiten Handels mit Treibhausgasemissionen einschließlich der zuvor im Konsens mit dem Ministerrat und der EU-Kommission erzielten Änderungen gebilligt. Eine endgültige Verabschiedung ist in naher Zukunft zu erwarten. An diesem EU-weiten Handel mit Emissionsrechten nehmen Anlagen der Energiewirtschaft und ausgewählte energieintensive Produktionsprozesse teil. Voraussetzung für die Etablierung eines Handels ist die Zuteilung von Emissionsrechten für die am Handel zu beteiligenden Anlagen und Anlagenbetreiber. Diese Zuteilung muss für die erste Handelsperiode bis zum 30. September 2004, für die zweite bis zum 31. Dezember 2006 erfolgen.

Grundlage dieser Zuteilung wie auch für die erwarteten Minderungen in den nicht am Emissionshandel beteiligten Sektoren ist eine Prognose der Klimagasemissionen der einzelnen Verbraucher und Verbrauchergruppen für diese beiden Handelsperioden. Für die Energiewirtschaft und die Industrie konnte dabei auf die in der Klimavereinbarung und in der Vereinbarung zur CO₂-Minderung und KWK-Förderung festgelegten spezifischen Emissionsminderungen zurückgegriffen werden. Die in diesen Vereinbarungen festgelegten Ziele sind ebenso wie die Maßnahmen und Vereinbarungen im Verkehrsbereich und die Anstrengungen im Bereich der Gebäude- und Wohnraumbeheizung ein wichtiger Beitrag zur Erfüllung der im Kyoto-Protokoll und im *EU-burden sharing* vereinbarten Minderungsziele.

Allerdings sind insbesondere für die zweite Handelsperiode (2008 bis 2012) auch Entwicklungen möglich, die erhebliche Abweichungen vom Zielkorridor mit sich bringen (Tabelle 21). So würde eine nachhaltige Verbesserung der weltwirtschaftlichen Rahmenbedingungen dazu führen, dass die Emissionen aufgrund des Wachstums der (sektoralen) Produktion nicht mehr durch Effizienzverbesserungen und Brennstoffsubstitutionen kompensiert werden können, mit der Ausweitung der Produktion also ein Anstieg der CO₂-Emissionen verbunden ist. Folglich nimmt unter dieser Voraussetzung auch der Be-

Tabelle 21

Bandbreite der Klimagasemissionen in der zweiten Handelsperiode2008 bis 2012; in Mill. t CO₂

	Minimum	Kyoto-Ziel	Maximum
		insgesamt	
Energiewirtschaft ¹	1 622,2	1 718,5	1 750,5
Industrie ²	725,7	768,6	783,1
Verkehr	780,9	872,5	898,5
Gewerbe, Haushalte	802,8	895,8	988,9
Insgesamt	3 931,6	4 255,7	4 421
nachrichtlich:			
Zielabweichung ³	-324,1	0	165,3
		jahresdurchschnittlich	
Energiewirtschaft ¹	324,4	343,7	350,1
Industrie ²	145,1	153,7	156,6
Verkehr	156,2	174,5	179,7
Gewerbe, Haushalte	160,6	179,2	197,8
Insgesamt	786,3	851,1	884,2
nachrichtlich:			
Zielabweichung ³	-64,8	0	33,1

Eigene Berechnungen. – ¹Ohne Industriekraftwerke. – ²Einschließlich Industriekraftwerke und prozessbedingte Emissionen, ohne energetische Verwendung von Sekundärbrennstoffen und Energierohstoffe. – ³Ein negatives Vorzeichen bedeutet einen Überschuss an CO₂-Emissionen.



darf an Emissionsrechten der am Emissionshandel beteiligten Anlagen und Anlagenbetreiber zu.

Umgekehrt ist eine geringere Expansion des Welthandelsvolumens mit deutlichen sektoralen und gesamtwirtschaftlichen Wachstumseinbußen verbunden, die für die CO₂-Bilanz eine spürbare Entlastung bedeuten. Das im *EU-burden sharing* festgelegte Minderungsziel kann unter dieser Voraussetzung sogar um 4,4 %-Punkte übererfüllt werden. Die daraus folgenden frei verfügbaren Emissionsrechte stehen dem Handel allerdings nur dann zur Verfügung, wenn sie von den von der Richtlinie betroffenen Anlagen und Anlagenbetreibern zum Verkauf angeboten werden.

Über ungewisse und kaum zuverlässig zu prognostizierende weltwirtschaftliche Entwicklungen hinaus hängt das Ausmaß des Bedarfs oder des Überschusses an CO₂-Emissionsrechten von binnenwirtschaftlichen Faktoren und politischen Entscheidungen, die in keinem unmittelbaren Zusammenhang mit der Klimaschutzpolitik stehen, ab. So führt allein eine Folge von relativ kalten Jahren zu zusätzlichen CO₂-Emissionen in Höhe von jährlich knapp 20 Mill. t. Würden diese Witterungsbedingungen mit einem dynamisch wachsenden Welthandel zusammenfallen, könnte sich ein CO₂-Minderungsdefizit zwischen 2008 und 2012 von 170 Mill. t ergeben.

Diese Rechnungen machen deutlich, dass die im nationalen Allokationsplan festgelegten Emissionsbudgets nicht als strenge Vorgaben, sondern als Bandbreiten definiert werden sollten. Insbesondere sollte der Umfang der Emissionsrechte so bemessen sein, dass ökonomisch günstige Entwicklungen wie eine stärkere Expansion des Welthandels nicht durch eine Verknappung von Emissionsrechten behindert werden.

Den politischen Entscheidungsträgern obliegt deshalb die Aufgabe, die für diese Flexibilität notwendigen Emissionsrechte bereitzustellen. Das Kyoto-Protokoll bietet mit dem Einsatz der flexiblen Instrumente *Joint Implementation* (JI) und *Clean Development Mechanism* (CDM) die Möglichkeit dazu. Um den Handel mit Emissionsrechten nicht zu einem unkalkulierbaren Preis- und Mengenrisiko werden zu lassen, sollte staatlichen Institutionen diese Ausgleichsfunktion per Gesetz auferlegt werden.

Literaturverzeichnis

- BDI – Bundesverband der Deutschen Industrie (Hrsg.) (1996), *Aktualisierte Erklärung der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge*. Köln.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2000), *Dritter Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland nach dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaveränderungen*, Berlin.
- Bonus, H. (1998), Umweltzertifikate. Der steinige Weg zur Marktwirtschaft. *Zeitschrift für angewandte Umweltforschung* 1998 (Sonderheft 9): 235–242.
- Buttermann, H.G. (2000), Selbstverpflichtung der Industrie und CO₂-Emissionen in Deutschland: Fortschritte in den Jahren 1990 bis 1998. *RWI-Mitteilungen* 51 (2): 165–185.
- Buttermann, H.G., B. Hillebrand und U. Lehr (1999), CO₂-Emissionen und wirtschaftliche Entwicklung. Monitoring-Bericht 1998. Untersuchungen des RWI 28. RWI, Essen.
- Buttermann, H.G. und B. Hillebrand (2000a), Klimaschutzklärung der deutschen Industrie unter neuen Rahmenbedingungen. Monitoring-Bericht 1999. Untersuchungen des RWI 37. RWI, Essen.
- Buttermann, H.G., B. Hillebrand (2000b), Third Monitoring Report: CO₂-Emissions in German Industry 1997–1998, RWI-Papiere 70. RWI, Essen.
- Buttermann, H.G. und B. Hillebrand (2002), Die Klimaschutzklärung der deutschen Industrie vom März 1996 – eine abschließende Bilanz. Monitoring-Bericht 2000. Untersuchungen des RWI 40. RWI, Essen.
- Cansier, D. (1993), *Umweltökonomie*. UTB für Wissenschaft, Uni-Taschenbücher 1749. Stuttgart et al.: Fischer.
- Dales, J.H. (1968), *Pollution property and prices. An essay in policy-making and economics*. Canadian University Paperbacks 83. Toronto: University of Toronto Press.
- DIW – Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung

- (Hrsg.) (1997), *Ursachen der CO₂-Entwicklung in Deutschland in den Jahren 1990 bis 1995*. Berlin und Karlsruhe.
- EEA – European Environment Agency (2002), *Greenhouse gas emission trends in Europe, 1990–2000*. Topic report 7/2002. Kopenhagen.
- EEA – European Environment Agency (2003), *Annual European Community greenhouse gas inventory 1990-2001 and inventory report 2003*. Submission to the UNFCCC Secretariat. Kopenhagen.
- Frohn, J., P. Chen, B. Hillebrand et al. (2003), *Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen – Abschätzungen mit zwei ökonomischen Modellen*. Berlin et al.: Springer.
- Hillebrand, B. (1997), *Das Modellinstrumentarium des RWI – Konzeption, Erklärungsansätze und Anwendungsmöglichkeiten*, in: S. Molt, U. Fahl (Hrsg.), *Energiemodelle in der Bundesrepublik Deutschland – Stand der Entwicklung*, Jülich.
- Hillebrand, B., H. G. Buttermann und A. Oberheitmann (1997), *CO₂-Monitoring der deutschen Industrie – ökologische und ökonomische Verifikation*. Band 1: *Ergebnisse und Bewertung*, Untersuchungen des RWI 23. RWI, Essen.
- Hillebrand, B. et.al (2002), *CO₂-Emissions Trading Put to Test*. Münster: Lit-Verlag.
- Klemmer, P., B. Hillebrand und M. Bleuel (2002), *Klimaschutz und Emissionshandel – Probleme und Perspektiven*. RWI-Papiere 82. RWI, Essen.
- Rat der Europäischen Union, *Richtlinie 2003 // EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom... über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates*. Brüssel.
- Rubin, J.W. (1996), *A Model of Intertemporal Emissions Trading*. *Journal of Environmental Economics and Management* 31: 269–286.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2000), *Ergebnisse der neunten koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung*. Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- Stavins, R.N. (2002), *Experience with Market-Based Environmental Policy Instruments*. In K.-G.M. and J. Vincent (eds.), *The Handbook of Environmental Economics*. Amsterdam: North-Holland.
- Weimann, J. (1995), *Umweltökonomik – eine theorieorientierte Einführung*. Springer-Lehrbuch. 3. Aufl., Berlin et al.: Springer.