

Rheinisch-Westfälisches Institut
für Wirtschaftsforschung

Die Klimavorsorge- verpflichtung der deutschen Wirtschaft

Monitoringbericht 2005–2007

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

Endbericht



Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Vorstand:

Prof. Dr. Christoph M. Schmidt, Ph.D. (Präsident),

Prof. Dr. Thomas K. Bauer

Prof. Dr. Wim Kösters

Verwaltungsrat:

Dr. Eberhard Heinke (Vorsitzender);

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

Prof. Dr.-Ing. Dieter Ameling, Manfred Breuer, Oliver Burkhard, Dr. Hans
Georg Fabritius, Dr. Thomas Köster, Dr. Wilhelm Koll, Prof. Dr. Walter Krämer,
Dr. Thomas A. Lange, Tillmann Neinhaus, 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 Essen

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

RWI : Projektberichte

Herausgeber: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung,

Hohenzollernstraße 1/3, 45128 Essen

Tel. 0201/81 49-0, Fax 0201/81 49-200, e-mail: rwi@rwi-essen.de

Alle Rechte vorbehalten. Essen 2008

Schriftleitung: Prof. Dr. Christoph M. Schmidt, Ph.D.

Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft –
Monitoringbericht 2005–2007

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

Endbericht – Oktober 2008

Projektteam: Dr. Manuel Frondel (Projektleiter), Peter Grösche,

Marianne Halstrick-Schwenk, Ronald Janßen-Timmen und Nolan Ritter

Rheinisch-Westfälisches Institut
für Wirtschaftsforschung

Die Klimavorsorge- verpflichtung der deutschen Wirtschaft

Monitoringbericht 2005–2007

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

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

Endbericht – Oktober 2008



Projektteam:

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

Das Projektteam dankt den zahlreichen hilfreichen Händen, die für die Fertigstellung des vorliegenden Berichts ungemein wichtig waren. Besonderer Dank gilt Frau Christiane Brüggemann und Frau Lena Kupetz, die bei der technischen Redaktion eine großartige Geduld mit dem Projektteam bewiesen und die Arbeiten mit einer außergewöhnlichen Schnelligkeit und Zuverlässigkeit erledigten. Frau Daniela Schwindt und Herrn Benedict Zinke gilt unser Dank für die Erstellung der Grafiken. Nicht zuletzt sind wir Herrn Prof. Christoph M. Schmidt für wertvolle Anregungen, Korrekturen und hilfreiche Kommentare zu Dank verpflichtet.

Inhaltsverzeichnis

Die Klimaschutzzerklärung der deutschen Wirtschaft	9
Überblick über die erzielten Minderungen	14
1. Die Kaliindustrie	20
1.1 Datenbasis.....	20
1.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung	21
1.3 Beschreibung des Produktionsprozesses	23
1.4 Die Selbstverpflichtung	24
1.5 Bis 2007 erreichte CO ₂ -Minderungen	25
1.6 Ursachenanalyse.....	26
1.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung	28
1.8 Zusammenfassung und Bewertung	29
2. Die Zuckerindustrie	33
2.1 Datenbasis.....	34
2.2 Energieverbrauch und Produktion.....	36
2.3 Kurzbeschreibung des Produktionsprozesses	36
2.4 Selbstverpflichtung.....	37
2.5 Bis 2007 erreichte CO ₂ -Minderungen	39
2.6 Ursachenanalyse.....	40
2.7 Maßnahmen im Einzelnen	43
2.8 Zusammenfassung und Bewertung	44
3. Die Textilindustrie	48
3.1 Datenbasis.....	48
3.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung	49
3.3 Beschreibung des Produktionsprozesses	51
3.4 Die Selbstverpflichtung	53
3.5 Bis 2007 erreichte CO ₂ -Minderungen	53
3.6 Ursachenanalyse.....	55
3.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung	56
3.8 Zusammenfassung und Bewertung	59
4. Die Zellstoff- und Papierindustrie	61
4.1 Datenbasis.....	62
4.2 Energieverbrauch und Produktion.....	64
4.3 Beschreibung des Produktionsprozesses	65
4.4 Die Selbstverpflichtung	67
4.5 Bis 2007 erreichte CO ₂ -Minderungen	68
4.6 Ursachenanalyse.....	68
4.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung	69
4.8 Zusammenfassung und Bewertung	70

5.	Die Chemische Industrie	72
5.1	Datenbasis.....	73
5.2	Energieverbrauch und Produktion.....	74
5.3	Ausgewählte Produktionsprozesse	75
5.4	Die Selbstverpflichtungserklärung.....	76
5.5	Bis 2007 erreichte Energieverbrauchs- und Treibhausgasminderungen	77
5.6	Ursachenanalyse.....	79
5.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung	81
5.8	Zusammenfassung und Bewertung	82
6.	Die Glasindustrie	85
6.1	Datenbasis.....	86
6.2	Energieverbrauch und Produktion.....	87
6.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	88
6.4	Die Selbstverpflichtungserklärung.....	91
6.5	Bis 2007 erreichte CO ₂ -Minderungen	91
6.6	Ursachenanalyse.....	92
6.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung	96
6.8	Zusammenfassung und Bewertung	97
7.	Die Feuerfest-Industrie	100
7.1	Datenbasis.....	101
7.2	Energieverbrauch und Produktion.....	102
7.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	103
7.4	Die Selbstverpflichtung	104
7.5	Bis 2007 erreichte CO ₂ -Minderungen	105
7.6	Ursachenanalyse.....	106
7.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung	108
7.8	Bewertung.....	108
8.	Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten	111
8.1	Datenbasis.....	112
8.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung.....	112
8.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	113
8.4	Die Selbstverpflichtung	114
8.5	Bis 2007 erreichte CO ₂ -Minderungen	115
8.6	Ursachenanalyse.....	116
8.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung	117
8.8	Bewertung.....	118
9.	Die Ziegelindustrie	121
9.1	Datenbasis.....	121
9.2	Energieverbrauch, Umsatz und Beschäftigung.....	122
9.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	123
9.4	Die Selbstverpflichtung	124

9.5	Bis 2007 erreichte Minderungen.....	124
9.6	Ursachenanalyse.....	125
9.7	Ausgewählte Minderungsmaßnahmen	128
9.8	Zusammenfassung und Bewertung	129
10.	Die Zementindustrie.....	132
10.1	Datenbasis.....	132
10.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung	133
10.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	135
10.4	Die Selbstverpflichtung	138
10.5	Bis 2007 erreichte CO ₂ -Minderungen	138
10.6	Ursachenanalyse.....	140
10.7	Bedeutende Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung und Bewertung	144
11.	Die Kalkindustrie	148
11.1	Datenbasis.....	148
11.2	Energieverbrauch und Produktion.....	149
11.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	150
11.4	Die Selbstverpflichtung	150
11.5	Bis 2007 erreichte CO ₂ -Minderungen	151
11.6	Ursachenanalyse.....	152
11.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung	154
11.8	Zusammenfassung und Bewertung	156
12.	Die Eisenschaffende Industrie.....	159
12.1	Datenbasis.....	159
12.2	Energieverbrauch und Produktion.....	161
12.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	162
12.4	Die Selbstverpflichtung	165
12.5	Bis 2007 erreichte CO ₂ -Minderungen	166
12.6	Ursachenanalyse.....	167
12.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung	170
12.8	Zusammenfassung und Bewertung	172
13.	Die Nichteisen-Metallindustrie	174
13.1	Datenbasis.....	174
13.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung	175
13.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	177
13.4	Die Selbstverpflichtungserklärung.....	178
13.5	Bis 2007 erreichte CO ₂ -Minderungen	178
13.6	Ursachenanalyse.....	180
13.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung	182
13.8	Zusammenfassung und Bewertung	183
14.	Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie.....	186
14.1	Datenbasis.....	187

14.2	Energieverbrauch und Produktion.....	188
14.3	Beschreibung der Produktionsprozesse.....	189
14.4	Die Selbstverpflichtung.....	190
14.5	Bis 2007 erzielte CO ₂ -Minderungen.....	191
14.6	Ursachenanalyse.....	192
14.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung.....	194
14.8	Zusammenfassung und Bewertung.....	194
15.	Der Steinkohlenbergbau.....	198
15.1	Datenbasis.....	198
15.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung.....	199
15.3	Kurzbeschreibung des Produktionsprozesses.....	200
15.4	Die Selbstverpflichtung.....	202
15.5	Bis 2007 realisierte CO ₂ -Minderungen.....	203
15.6	Ursachenanalyse.....	203
15.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung.....	206
15.8	Zusammenfassung und Bewertung.....	208
16.	Das Gasfach.....	211
16.1	Datenbasis.....	211
16.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung.....	212
16.3	Die Selbstverpflichtung.....	213
16.4	Bis 2007 erreichte CO ₂ -Minderungen.....	214
16.5	Ursachenanalyse.....	216
16.6	Zusammenfassung und Bewertung.....	219
17.	Die Mineralölwirtschaft.....	221
17.1	Datenbasis.....	221
17.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung.....	223
17.3	Die Selbstverpflichtung.....	226
17.4	Bis 2007 erreichte Verbesserungen des Jahresnutzungsgrades für Ölheizungen und CO ₂ -Minderungen.....	227
17.5	Ursachenanalyse.....	229
17.6	Ausgewählte Maßnahmen.....	231
17.7	Zusammenfassung und Bewertung.....	232
18.	Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft.....	235
18.1	Datenbasis.....	235
18.2	Produktion, Umsatz und Beschäftigung.....	236
18.3	Die Selbstverpflichtung.....	237
18.4	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung bei KWK- Anlagen.....	237
18.5	Zusammenfassung und Bewertung.....	242
19.	Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft.....	243
19.1	Datenbasis.....	243

19.2	Energieverbrauch und Produktion.....	245
19.3	Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen	246
19.4	Die Selbstverpflichtung	247
19.5	Bis 2007 erreichte CO ₂ -Minderungen	248
19.6	Ursachenanalyse.....	250
19.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung	255
19.8	Zusammenfassung.....	256
	Anhang	259
A.	Wirtschaftliche Entwicklung der an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren.....	259
B.	Die Entwicklung der Energiepreise	262
C.	Datengrundlagen.....	269
	Literaturverzeichnis	274

Die Klimaschutzklärung der deutschen Wirtschaft

Auf der ersten internationalen Klimaschutzkonferenz, die 1995 in Berlin stattfand, gab der damalige Bundeskanzler Helmut Kohl ein *nationales CO₂-Minderungsziel* an. Demnach sollten die CO₂-Emissionen in Deutschland bis 2005 um 25 % gegenüber 1990 gesenkt werden. Darüber hinaus verpflichtete sich die Bundesrepublik, bis 2012 die sechs so genannten Kiotogase um 21 % zu reduzieren. Dazu zählen neben Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄) das klimapotente Lachgas (N₂O), Schwefelhexafluorid (SF₆), Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) und halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW).

Die deutsche Wirtschaft beteiligte sich aktiv an der Erfüllung dieser nationalen Minderungszusagen. Im März 1995 wurde zwischen der damaligen Bundesregierung und dem Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI), sowie 16 Unternehmensverbänden die „*CO₂-Selbstverpflichtung*“ geschlossen. Diese Vereinbarung sah vor, die spezifischen CO₂-Emissionen und den spezifischen Energieverbrauch der deutschen Wirtschaft bis 2005 um bis zu 20 % zu senken. Basisjahr dieser Vereinbarung war 1987.

Im März 1996 wurde die CO₂-Selbstverpflichtung zwischen der Bundesregierung und der deutschen Wirtschaft aktualisiert, präzisiert und erweitert. Als neues Bezugsjahr wurde 1990 gewählt, die Vereinbarung wurde von zwei weiteren Verbänden unterstützt. 12 der insgesamt 18 Verbände legten sich auf eine Minderung der absoluten CO₂-Emissionen fest. Im Gegenzug sagte die Bundesregierung zu, dieser privatwirtschaftlichen Initiative Vorrang vor ordnungsrechtlichen Maßnahmen zu geben.

Im Vorfeld der in Den Haag stattfindenden Klimaschutzkonferenz schlossen die Bundesregierung und die deutsche Wirtschaft die „*Erweiterte Vereinbarung zur Klimavorsorge*“. Diese vom 9. November 2000 stammende Vereinbarung wurde außer vom BDI vom Verband der Elektrizitätswirtschaft (VDEW), dem Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW)¹ und dem Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft (VIK) unterzeichnet und von weiteren 14 Verbänden des Produzierenden Gewerbes getragen (Übersicht 1). Zusätzlich hinzu kamen am 27. Juni 2001 bzw. 30. Mai 2002 die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie sowie der Steinkohlenbergbau, vertreten durch den Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) bzw. den Gesamtverband des

¹ VDEW und BGW haben sich im Herbst 2007 zu einem gemeinsamen Verband, dem Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) zusammengeschlossen.

deutschen Steinkohlenbergbaus (GVSt). Zudem hat der Mineralölwirtschaftsverband (MWV) im September 2001 eine die Raffinerien betreffende Klimaschutzzerklärung ausgesprochen. Zuvor hatte der MWV bereits eine Klimaschutzzerklärung für den Wärmemarkt abgegeben.

Übersicht 1

Klimaschutzzerklärungen der deutschen Wirtschaft

Minderungszusagen gegenüber 1990

Industriesektor	Minderungsziele	Zieljahr
Allg. Elektrizitätswirtschaft	Absolute CO ₂ -Emissionen um 25 Mill. t auf 264 Mill. t CO ₂	2015
Chemische Industrie	30 % des energiebedingten spezifischen Energieverbrauchs	2005
	30 % der energiebedingten absoluten CO ₂ -Emissionen	2005
	35 bis 40 % des energiebedingten spezifischen Energieverbrauchs	2012
	45 bis 50 % der CO ₂ -Äquivalente der energiebedingten CO ₂ - und N ₂ O-Emissionen	2012
Eisenschaffende Industrie	22 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Rohstahl	2012
Elektrotechnik- und Elektronikindustrie	35 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro Mill. €	2005
	40 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro Mill. €	2012
Feuerfestindustrie	33 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Feuerfest-Erzeugnisse	2005
	35 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Feuerfest-Erzeugnisse	2012
Gasfach	45 Mill. t CO ₂ -Äquivalente pro Jahr an klimarelevanten Gasen	2012
Glasindustrie	10 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Glas	2005
	Bis zu 20 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Glas	2012
Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft	Kein konkretes Klimaschutzziel (zur Vermeidung von Doppelzählungen)	
Kaliindustrie	66 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t verarbeitetem Rohsalz	2005
	78 % der absoluten CO ₂ -Emissionen	2005
	69 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t verarbeitetem Rohsalz	2012
	79 % der absoluten CO ₂ -Emissionen	2012
Kalkindustrie	15 % der brennstoffbedingten spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Kalk	2005
	15 % der brennstoffbedingten spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Kalk	2012

noch: Übersicht 1

Industriesektor	Minderungsziele	Zieljahr
Keramische Fliesen und Platten	22 bis 26 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Fliesen und Platten	2005
	30 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Fliesen und Platten	2012
Mineralölwirtschaft	10 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen der Raffinerien pro t Bruttoreaffinerieerzeugung	2012
	Steigerung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades der Ölheizungsanlagen um 23 bis 25 %	2005
Nichteisen-Metallindustrie	Steigerung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades der Ölheizungsanlagen um 27 bis 30 %	2012
	22 % des spezifischen Energieverbrauchs pro t NE-Metalle	2005
Steinkohlenbergbau	24 % des spezifischen Energieverbrauchs pro t NE-Metalle	2012
	70 % der absoluten CO ₂ -Emissionen	2005
	75 % der absoluten CO ₂ -Emissionen	2012
Textilindustrie	70 % der Methan-Emissionen	2012
	28 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen	2005
Zellstoff- und Papierindustrie	59 % der absoluten CO ₂ -Emissionen	2012
	35 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Papier	2012
Zementindustrie	28 % der energiebedingten spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Zement	2012
Ziegelindustrie	27,7 % des spezifischen Energieverbrauchs pro kg gebrannter Ziegel	2005
	28 bis 30 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Ziegel	2012
Zuckerindustrie	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen auf 81 bis 87 kg/t Rüben (Minderung von 42,9 % bis 46,8 %)	2005
	Reduktion des spezifischen Energiebedarfs auf 29 kWh/dt Rüben (Minderung von rund 41 %)	2005
	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen auf 79 bis 85 kg/t Rüben (Minderung von 44,1 % bis 48,0 %)	2012

Nach Angaben der Verbände.

Die erweiterte Vereinbarung zur Klimavorsorge hat bis heute Gültigkeit. Darin verpflichtet sich die deutsche Wirtschaft, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 um 28 % gegenüber 1990 zu senken. Darüber hinaus wurde bis 2012 eine Reduzierung der Emissionen der sechs Kiotogase – gemessen in CO₂-Äquivalenten – um 35 %, ebenfalls gegenüber dem Basisjahr 1990, zugesagt (BDI 2000). Mit diesen Zielvorgaben verbindet sich die Hoffnung, den CO₂-Ausstoß gegenüber der ursprünglichen Erklärung bis zum Jahr 2005 um weitere 10 Mill. t reduzieren zu können, unter Einbezie-

hung aller Kioto-Gase bis 2012 sogar um nochmals 10 Mill. t CO₂-Äquivalente. In Ergänzung dazu ist am 25. Juni 2001 eine spezielle Vereinbarung zur Förderung der CO₂-Minderungen durch die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung getroffen worden, mit der von 1998 bis 2005 eine Emissionsminderung von 10 Mill. t, bis 2010 sogar von bis zu 23 Mill. t erreicht werden soll. Durch dieses Maßnahmenbündel und die Klimavereinbarung sollen bis 2012 mindestens 43 Mill. t CO₂ vermieden werden.

Im Gegenzug bekräftigte die Bundesregierung ihren Verzicht auf ordnungsrechtliche Maßnahmen, wie die Einführung eines Energieaudits. Davon unberührt bleibt die Umsetzung von EU-Recht. So wurde im Jahr 2004 die EU-Emissionshandelsrichtlinie 2003/87/EG durch das Treibhausgasemissionshandelsgesetz (TEHG) zu nationalem Recht. Die Anstrengungen der Wirtschaft zur Klimavorsorge will die Regierung bei der Harmonisierung der Energiebesteuerung in der EU berücksichtigen, bei der es um ein möglichst einheitliches Niveau der Steuersätze, einheitliche Steuergegenstände und Bemessungsgrundlagen geht.

Die Bundesregierung hat die Anstrengungen der Wirtschaft zur Klimavorsorge bereits beim Einstieg in die ökologische Steuerreform in Form eines Spitzenausgleichs anerkannt (BDI 2000). Die deutschen Behörden haben den bis 2005 geltenden Spitzenausgleich bei der ökologischen Steuerreform gemäß Ziff. 51.1(a) der Umweltschutzleitlinien bei der Europäischen Kommission angemeldet (EU 2002: 12). Nach diesen Leitlinien können mit EU-Mitgliedstaaten Steuerbefreiungen für Wirtschaftszweige vereinbart werden, die während der Zeit der Freistellung Umweltschutzziele verwirklichen, wie dies mit der freiwilligen erweiterten Vereinbarung zur Klimavorsorge aus dem Jahr 2000 beabsichtigt ist. Die dabei erzielten Fortschritte müssen von einem unabhängigen Institut überwacht werden (EU 2002: 13).

Getragen wird die erweiterte Klimavereinbarung nunmehr von 19 Einzelverpflichtungen (Übersicht 1). Basisjahr für alle Selbstverpflichtungen ist 1990. Während manche Verbände sich auch Ziele für das Jahr 2005 gesetzt haben, ist allen Erklärungen das Zieljahr 2012 gemein. Das Spektrum der Minderungszusagen ist vielfältig: Die Reduktionsziele beziehen sich nicht immer unmittelbar auf die Höhe der *absoluten*, in CO₂-Äquivalenten ausgedrückten Treibhausgasemissionen, sondern häufig in mittelbarer Weise auf die Minderung der *spezifischen* Treibhausgasemissionen oder auf die des *spezifischen* Energieverbrauchs. In der weit überwiegenden Zahl aller beteiligten Industriesektoren sind dabei lediglich CO₂-Emissionen relevant. Die an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren hatten 2006 einen Anteil von fast 78 % am Energieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes. Fast 75 % der nationalen CO₂-Emissionen von 1990 sind durch die Klimavereinbarung berücksichtigt.

Eine Besonderheit ergibt sich für den Sektor der Elektrizitätserzeugung. Anlagen zur Stromerzeugung werden größtenteils von Unternehmen der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft betrieben. Für diese hat stellvertretend der damalige VDEW eine Selbstverpflichtungserklärung abgegeben. Daneben werden in geringerem Umfang auch von der Industrie Anlagen zur Eigenstromerzeugung betrieben. Diese wird in Fragen der Energiewirtschaft vom VIK betreut. Der Energieverbrauch der industriellen Anlagen wird vom jeweiligen Branchenverband erfasst. Um Doppelzählungen des Energieverbrauchs zu vermeiden, wurde vom VIK auf eine Spezifizierung eines Klimaschutzziels verzichtet.

Wie von der Europäischen Kommission gefordert, vereinbarten die Bundesregierung und die deutsche Wirtschaft, die Umsetzung und Weiterentwicklung der Klimavorsorgevereinbarung regelmäßig durch ein unabhängiges, wirtschaftswissenschaftliches Institut überprüfen zu lassen. Mit dieser Aufgabe wurde das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI Essen) betraut.

Mit dem vorliegenden Monitoringbericht wird diese Aufgabe auftragsgemäß für den Berichtszeitraum 2005 bis 2007 wahrgenommen. Der folgende Abschnitt bietet einen kurzen Überblick über die bislang bei der Minderung der Treibhausgasemissionen erzielten Fortschritte der an der erweiterten Vereinbarung zur Klimavorsorge beteiligten Branchen. Im Anschluss folgt die detaillierte Beschreibung der Minderungsanstrengungen der einzelnen Sektoren. Diese Beschreibungen werden ergänzt durch die im Anhang befindlichen Erläuterungen zur wirtschaftlichen Entwicklung dieser Sektoren in den Jahren 2005 bis 2007, der Entwicklung der Energiepreise zwischen 1990 und 2007 sowie einer kurzen Darstellung des Monitoringkonzeptes inklusive der verwendeten Datenbasen.

Überblick über die erzielten Minderungen

Der vorliegende Monitoringbericht des RWI Essen liefert eine detaillierte Beschreibung der CO₂-Minderungserfolge, die im Rahmen der *Erweiterten Vereinbarung zur Klimavorsorge* von den daran beteiligten Industriesektoren im Zeitraum 2005 bis 2007 erzielt wurden. Darüber hinaus bietet der Bericht einen Überblick über die von diesen Sektoren seit 1990 erreichten CO₂-Emissionsminderungen.

Im Basisjahr 1990 wurden 768,5 Mill. t CO₂ von den beteiligten Wirtschaftszweigen emittiert, während nach Angaben des Umweltbundesamtes deutschlandweit rund 1 032 Mill. t CO₂ freigesetzt wurden (UBA 2008: 44). Somit umfassten die CO₂-Emissionen der an der Klimaschutzvereinbarung beteiligten Wirtschaftszweige beinahe drei Viertel des damaligen Ausstoßes an CO₂ in Deutschland. Mit der seit 1995 existierenden Vereinbarung zur Klimavorsorge und der zwischen 1990 und 2007 erreichten Minderung um 130,4 Mill. t bzw. um 17 % leisteten die an der Klimaschutzvereinbarung beteiligten Sektoren einen großen Beitrag zur Emissionsreduktion (Tabelle 1). Zum Vergleich: Deutschlandweit wurden 2006 rund 152 Mill. t bzw. 14,7 % weniger CO₂ als 1990 emittiert (UBA 2008: 44).

Bis 2005 konnten die beteiligten Industriesektoren ihre Emissionen sogar um 18,5 % gegenüber dem Basisjahr 1990 verringern (Tabelle 1). In den Jahren 2006 und 2007 hingegen stiegen die CO₂-Emissionen einiger Sektoren wieder an, vor allem im Jahr 2007, in dem das BIP real um 2,5 % gegenüber dem Vorjahr zunahm und der Höhepunkt der konjunkturellen Erholung bereits überschritten war (StaBuA/VGR 2008). Die größten Emissionsanstiege gegenüber 2004 verzeichneten die Allgemeine Stromwirtschaft mit 7,0 Mill. t sowie die Chemische Industrie und die Eisenschaffende Industrie mit jeweils 2,1 Mill. t.

Dennoch konnte die Mehrheit der Sektoren ihren CO₂-Ausstoß auf niedrigem Niveau stabilisieren oder gar gegenüber 2004 senken. So reduzierte das Gasfach die CO₂-Emissionen um 4,1 Mill. t und die Mineralölwirtschaft reduzierte die CO₂-Emissionen im Wärmemarkt um rund 2,1 Mill. t (Tabelle 1). Diese beiden Sektoren wiesen zwischen 2005 und 2007 ein sehr unterschiedliches wirtschaftliches Wachstum auf: Während der Produktionsindex im Gasfach überdurchschnittlich zunahm, ging er in der Mineralölwirtschaft leicht zurück (Anhang A).

Tabelle 1

CO₂-Emissionen der an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Branchen

1990 bis 2007; gerundete Werte in Mill. t

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007	1990-2007
Allg. Stromwirtschaft	289,0	267,0	264,0	269,0	267,0	270,0	276,0	-4,5 %
Chemische Industrie ¹	65,5	49,7	47,5	44,2	45,8	44,9	46,3	-29,3 %
Eisenschaff. Industrie	70,0	63,7	65,5	63,1	60,2	63,3	65,2	-6,9 %
Elektroindustrie	9,3	7,6	7,7	8,1	8,0	8,3	8,1	-12,9 %
Feuerfestindustrie	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-50,0 %
Fliesen und Platten	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	-28,6 %
Gasfach	127,7	106,0	94,6	88,4	87,2	85,5	84,3	-34,0 %
Glasindustrie	6,3	6,0	6,4	6,2	5,9	6,5	6,3	0,0 %
Kaliindustrie	4,8	1,1	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	-75,0 %
Kalkindustrie	3,2	2,9	2,8	2,5	2,5	2,6	2,7	-15,6 %
Mineralölwirtschaft (Wärmemarkt)	104,5	95,5	88,9	85,1	84,2	83,6	83,0	-20,6 %
Mineralölwirtschaft (Raffinerien)	22,8	k.A.	20,6	20,2	21,3	20,5	20,1	-11,8 %
NE-Metallindustrie	14,6	12,9	14,3	14,4	14,3	13,1	14,4	-1,4 %
Papierindustrie	14,4	13,8	14,4	14,6	12,6	14,6	14,8	+2,8 %
Steinkohlenbergbau	9,3	6,7	3,4	2,5	2,4	2,2	2,0	-78,5 %
Textilindustrie	5,8	4,1	3,9	2,9	2,9	2,7	2,6	-55,2 %
Zementindustrie	13,0	10,9	9,2	7,3	6,4	6,5	6,7	-48,5 %
Ziegelindustrie	2,4	2,3	2,4	1,7	1,5	1,6	1,6	-33,3 %
Zuckerindustrie	4,6	2,5	2,4	2,2	2,1	1,8	2,0	-56,5 %
Insgesamt	768,5	-	649,5	634,3	626,3	629,7	638,1	
Minderung		-	15,5 %	17,5 %	18,5 %	18,1 %	17,0 %	

Nach Angaben der beteiligten Verbände. –¹ Im Gegensatz zur Eisenschaffenden Industrie spiegeln die Werte für die Chemische Industrie allein die energetisch bedingten CO₂-Emissionen wider, ohne Berücksichtigung der rohstoffbedingten Emissionen.

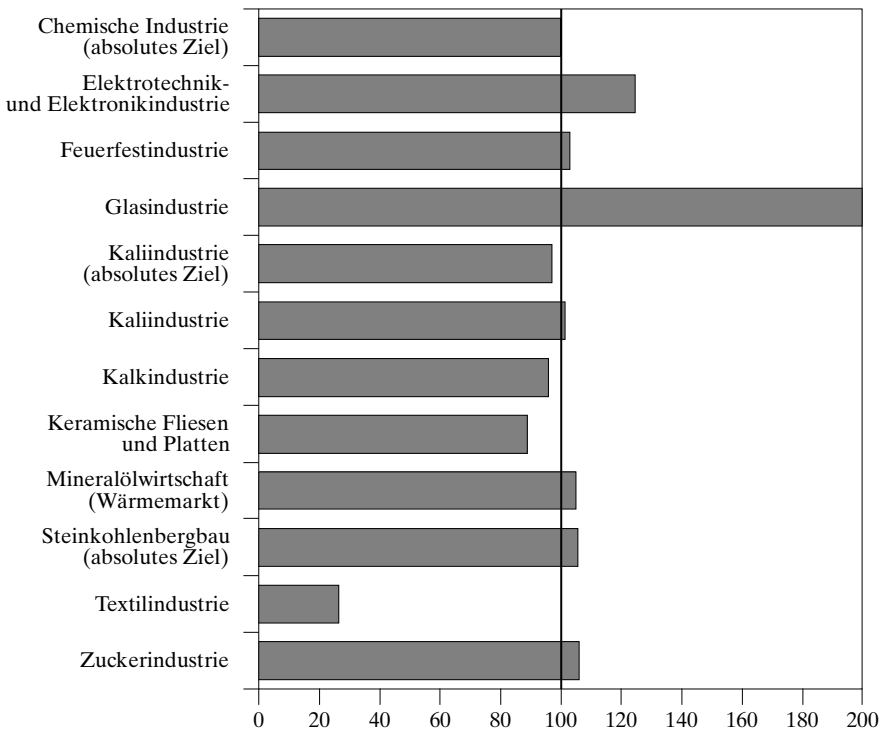
Durch die Beteiligung einer Vielzahl von Wirtschaftssektoren an der Klimavorsorgevereinbarung wird nicht nur der Ausstoß der Treibhausgase des Produzierenden Gewerbes berücksichtigt. Mit der Einbindung der allgemeinen Elektrizitätsversorgung, bei der die weitaus größte Menge an CO₂-Emissionen anfällt, der Mineralölwirtschaft sowie des Gasfachs wird auch ein großer Teil des Energieverbrauchs der privaten Haushalte in die Betrachtung einbezogen. Durch die Erfassung der Produktionsmenge von leichtem Heizöl, zu dem auch Dieselmotorkraftstoff gezählt wird, ist teils auch der Verkehrssektor berücksichtigt.

Die Schaubilder 1 und 2 fassen den Stand der für 2005 formulierten CO₂-Reduktionszusagen zusammen. All jene am Monitoring beteiligten Industriezweige, die in ihrer Selbstverpflichtungserklärung bislang nur ein Ziel für das Jahr 2005 postuliert hatten, haben im Laufe des Jahres 2008 zusätzliche Erklärungen für das Jahr 2012 abgegeben.

Schaubild 1

Zielerreichungsgrade für die CO₂-Minderungszusagen für 2005

Stand 2005; in %



Eigene Berechnungen.

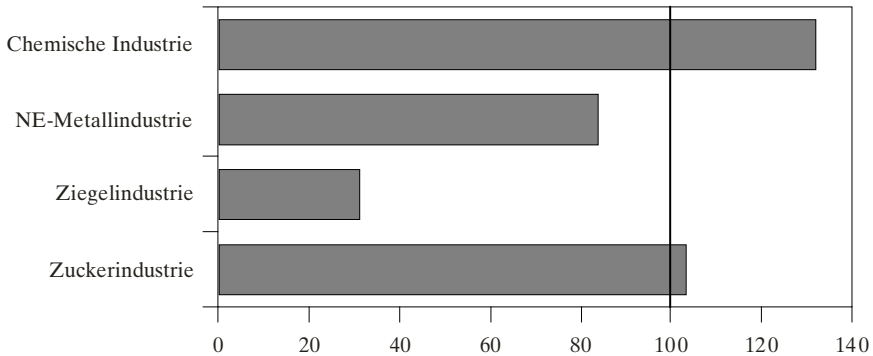
Die in Schaubild 1 dargestellten Zielerreichungsgrade beziehen sich mit drei Ausnahmen auf spezifische CO₂-Minderungen. Die Kaliindustrie hat sowohl ein spezifisches als auch ein absolutes Ziel ins Auge gefasst, die Chemische Industrie sowie der Steinkohlenbergbau haben hingegen nur ein absolutes Minderungsziel formuliert. Deutlich zu erkennen ist, dass im Zieljahr 2005 nahezu alle Sektoren ihr Ziel erreicht oder sogar überschritten haben. Vor allem die Glasindustrie hat ihr Ziel, die spezifischen CO₂-Emissionen je t Glas um 10 % im Vergleich zu 1990 zu senken, sehr deutlich übertroffen. Dies ist Folge einer wesentlich effizienteren Nutzung der eingesetzten

Energie. Als Resultat konnte der Energieverbrauch trotz einer Zunahme der Glasproduktion um 28 % nahezu konstant gehalten werden.

Summa summarum wurden bei 8 von 12 der auf das Jahr 2005 bezogenen Selbstverpflichtungserklärungen die vorgesehenen Ziele erreicht oder gar überschritten. Die übrigen Zusagen für 2005 wurden mit Ausnahme der Textilindustrie immerhin nahezu erfüllt. Dieser Industriezweig hat sich angesichts seiner wirtschaftlichen Konsolidierung ein wenig realistisches Minderungsziel gesetzt, das sich auf die spezifischen Emissionen bezieht. Im Gegensatz dazu sind die absoluten Emissionen der Textilindustrie erheblich gesunken und lagen 2005 bei rund der Hälfte des Wertes von 1990 (Tabelle 1).

Schaubild 2

Zielerreichungsgrade der Minderungszusagen für den spezifischen Energieverbrauch für 2005
Stand 2005; in %



Eigene Berechnungen.

Die Chemische Industrie sowie die Zuckerindustrie haben für 2005 neben einem CO₂-Minderungsziel ein Reduktionsziel für den spezifischen Energieverbrauch festgelegt (Schaubild 2). Auch die Ziegel- und die Nichteisen-Metallindustrie haben spezifische Energieverbrauchsziele, die bis 2005 erreicht werden sollen. Mit Ausnahme der Ziegelindustrie wurden diese Ziele weitgehend erreicht, im Falle der Chemischen Industrie und der Zuckerindustrie sogar übertroffen.

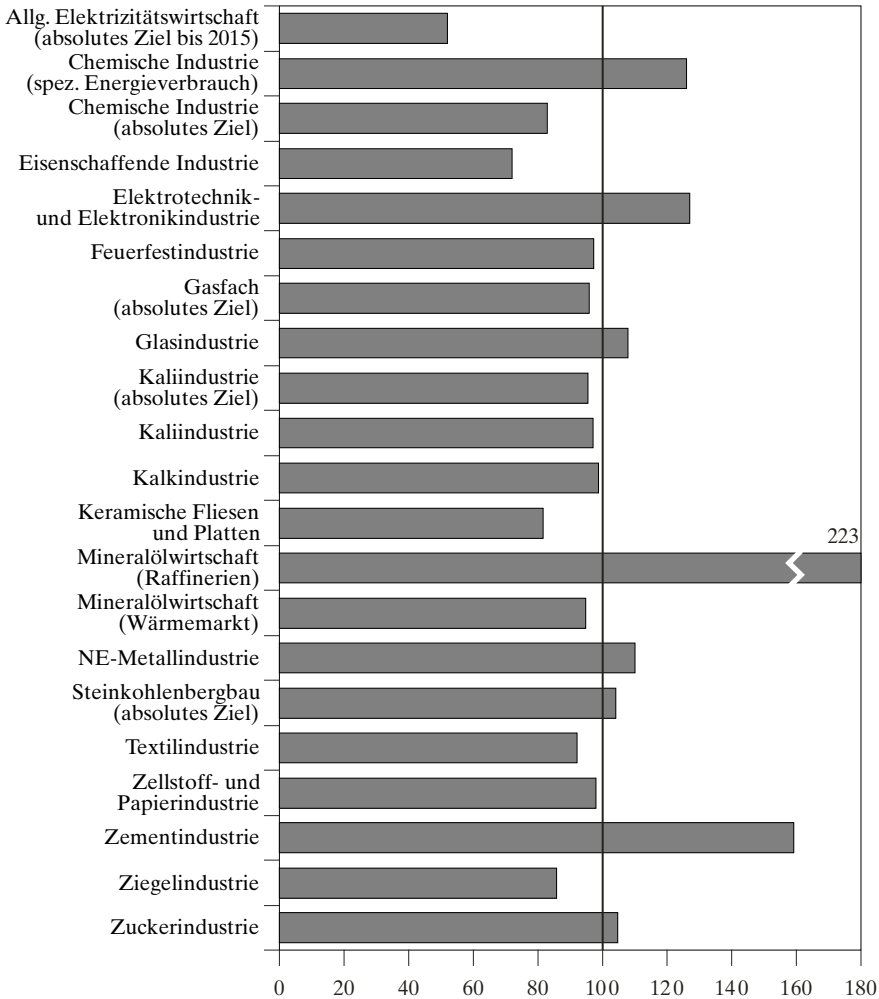
Neben einem Reduktionsziel für den spezifischen Energieverbrauch hat die Ziegelindustrie für 2012 eine Minderungszusage für die spezifischen CO₂-Emissionen abgegeben. Dieser Wirtschaftszweig hat jedoch mit einer schlechten Auslastung der Brennöfen infolge von Überkapazitäten zu kämpfen. Hierdurch steigt der spezifische Energieverbrauch, sodass die Reduktionszusage für 2005 nicht erreicht werden konnte. Für das spezifi-

sche CO₂-Reduktionsziel der Ziegelindustrie für 2012 zeigt sich indessen ein weitaus positiveres Bild (Schaubild 3). Der Zielerreichungsgrad lag 2007 bereits bei gut 86 %.

Schaubild 3

Zielerreichungsgrade der Minderungszusagen für 2012

Stand 2007; in %



Eigene Berechnungen.

Von den 21 Zielerklärungen wurden bis 2007 bereits 8 erreicht oder gar übertroffen. Bei weiteren 11 lag der Zielerreichungsgrad bereits bei über

80 %. Die Chemische Industrie übertrifft das Ziel für den spezifischen Energieverbrauch für 2012 seit 2004; das Ziel bezüglich der CO₂- und N₂O-Emissionen wurde 2007 bereits zu 83 % erreicht.

Die Zementindustrie hat die für 2012 eingegangene Selbstverpflichtung 2007 bereits übererfüllt. Dies gilt ebenso für die Mineralölwirtschaft und das auf Raffinerien bezogene Ziel für 2012. Die Eisenschaffende Industrie, einer der größten Energieverbraucher im Verarbeitenden Gewerbe, hatte 2007 rund 72 % der spezifischen Minderungszusage für 2012 erreicht.

1. Die Kaliindustrie

Das Kerngeschäft der Kaliindustrie besteht in der Herstellung von mineralischen Düngemitteln für die Agrarwirtschaft und der Produktion von Industriesalzen. Ein großer Teil der Industriesalze wird zur Herstellung von Chlor und Kaliumhydroxid (Kalilauge) eingesetzt. Kleinere Mengen werden als hochreine Salze in der Pharmazeutischen Industrie, zur Herstellung von Nahrungsmitteln oder in der Tierernährung verwendet. Bis zum Jahr 2000 war der Welt-Kalimarkt von einem erheblichen Überangebot geprägt, auf das in Deutschland mit dem Abbau unrentabler Kapazitäten und der Konzentration auf nur noch wenige Produktionsstandorte reagiert wurde. Aufgrund einer anhaltend positiven Nachfrageentwicklung – insbesondere auf den Märkten Lateinamerikas und Asiens – konnte die rückläufige Entwicklung seit Anfang der 1990er Jahre durchbrochen werden. Die stark gestiegene weltweite Nachfrage nach Kaliprodukten – insbesondere aus Schwellenländern wie China – hat mittlerweile dazu geführt, dass die Produktionskapazitäten der Kaliindustrie national und international weitgehend ausgelastet sind (K+S 2008b: II, 86). Der Weltmarktanteil der deutschen Kaliindustrie lag 2007 bei knapp 12 % (K+S 2008b: 86). Ihr Umsatz konnte auch im Berichtszeitraum 2005 bis 2007 weiter gesteigert werden. Rund 60 % des Umsatzes wird im europäischen Raum erzielt (K+S 2008b: 87).

1.1 Datenbasis

Verbandsaufgaben für den deutschen Kali- und Steinsalzbergbau werden vom Verband der Kali- und Salzindustrie – VKS e.V. mit Sitz in Berlin (früher Kaliverein, Kassel) wahrgenommen. Dieser stellt für das Monitoring auch die maßgebliche Datenbasis zur Verfügung. Zudem publiziert das Statistische Bundesamt (StaBuA) in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, Werte zum jährlichen Verbrauch an verschiedenen Energieträgern und dem Stromeinsatz. Die Kaliindustrie wird in der *Klassifikation der Wirtschaftszweige* (StaBuA 1993) unter der Kennziffer 14.30 („Bergbau auf chemische und Düngemittelmineralien“) geführt.

Zwischen diesen beiden Datenquellen ergeben sich jedoch erhebliche Differenzen, die vornehmlich auf eine abweichende Klassifikation der Unternehmensteilbereiche zurückzuführen sind. Während das Statistische Bundesamt den energieintensiven Teilbereich der Weiterverarbeitung des Kaliorohsalzes der Herstellung von chemischen Grundstoffen und damit der Chemischen Industrie zuordnet, ist diese Produktionsstufe in den Verbandsdaten enthalten (Buttermann, Hillebrand 2002: 41). Die Meldungen des VKS liegen daher erheblich über den Angaben des Statistischen Bun-

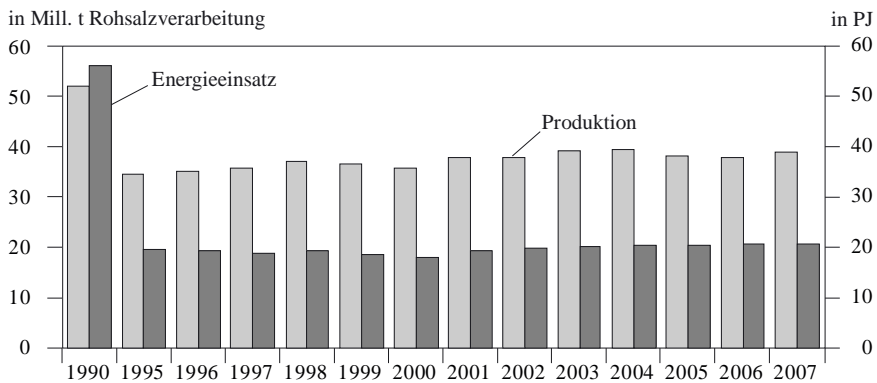
desamtes. Die folgenden Ausführungen stützen sich deshalb wie bislang ausschließlich auf die Angaben des Verbandes.

Seit 1993 ist die deutsche Kaliindustrie durch die Fusion der westdeutschen Kali und Salz AG und der ostdeutschen Mitteldeutsche Kali AG zusammengefasst in der Kali und Salz AG. Im Jahr 2002 wurde der Geschäftsbe-
reich Kali- und Magnesiumprodukte in eine eigenständige Tochter (K+S KALI GmbH) ausgegliedert. Aufgrund dieser Umstrukturierungen weichen die im folgenden Abschnitt dargestellten Werte zur Beschäftigung von denen früherer Monitoringberichte ab. Die neuen Zahlen basieren auf Angaben der Kali und Salz AG, die mittlerweile in K+S AG umbenannt wurde.

Schaubild 1.1

Produktion und Energieeinsatz der Kaliindustrie

1990 bis 2007



Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie e.V. im Rahmen des Monitoring.

1.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Die Kaliindustrie befand sich Anfang der 1990er Jahre in einer Krise und sah sich mit hohen Überkapazitäten konfrontiert. Daraufhin wurden zwischen 1990 und 1992 eine Reihe von Bergwerken in Thüringen und Niedersachsen stillgelegt und die Produktion deutlich eingeschränkt.² Als Folge fiel die Produktionsmenge – gemessen in Mill. t Kalirohsalzverarbeitung – zwischen 1990 und 1995 um knapp 34 % von 52,1 auf 34,4 Mill. t (Schaubild 1.1). Bis 2004 stieg die verarbeitete Rohsalzmenge um 14,2 % auf 39,3 Mill. t. Im Berichtszeitraum 2005 bis 2007 ging sie dagegen leicht um

² Vgl. WV Bergbau (1994: 238), sowie die historische Darstellung auf der Internet-Homepage der K+S AG (<http://www.k-plus-s.com/de/about/historie.html>).

knapp 1,3 % auf 38,3 Mill. t im Jahr 2007 zurück. Dennoch lag die Menge noch um fast ein Viertel unter der Kalirohsalzverarbeitung des Jahres 1990.

Tabelle 1.1

Spezifischer Energieverbrauch der Kaliindustrie

1990 bis 2007

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Energieverbrauch, PJ	56,1	19,5	18,1	20,4	20,3	20,5	20,6
Spez. Energieverbrauch, MJ/t	1 077,5	565,3	505,9	517,4	532,8	539,3	531,9

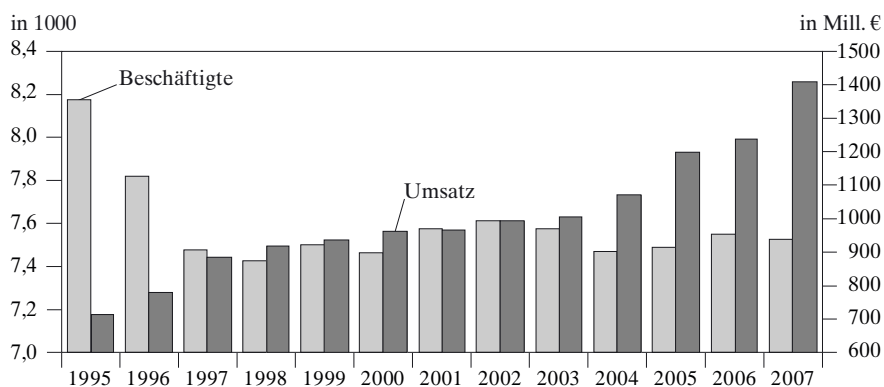
Nach Angaben des Kalivereins.

Zur Gewinnung und Herstellung marktfähiger Kaliprodukte wurden 2007 insgesamt 20,6 PJ Energie aufgewendet. Dies entspricht gegenüber 2004 einer Steigerung um knapp ein Prozent. Damit ist der Energieverbrauch im Berichtszeitraum trotz sinkender Produktion gewachsen. Während die Produktion seit 1995 durchschnittlich um 1,0 % pro Jahr wuchs, verharrte der Energieverbrauch seither auf etwa demselben Niveau von rund 20 PJ. Offenbar erfordert die Produktionsweise ein bestimmtes Mindestmaß an Energie, das zumindest in Teilen unabhängig von der Produktionsmenge ist. In Jahren mit einer vergleichsweise hohen Produktion ist somit ein niedriger spezifischer Energieverbrauch zu beobachten. Mit einem Verbrauch von 531,9 MJ je Produktionstonne war die Kaliindustrie 2007 deutlich weniger energieintensiv als noch im Jahr 1990 (Tabelle 1.1).

Schaubild 1.2

Umsatz und Beschäftigung in der Kaliindustrie

1995 bis 2007



Nach Angaben des Verbands der Kali- und Salzindustrie e.V. im Rahmen des Monitoring.

Nach Angaben der K+S AG wurde im Jahr 2007 mit 7 526 Beschäftigten ein Umsatz von 1 408 Mill. € erwirtschaftet. Dank der gestiegenen Nachfrage

konnte der Umsatz seit 1995 um insgesamt fast 98 % gesteigert werden. Die Beschäftigung sank dagegen um 8,0 % (Schaubild 1.2).

1.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Der Ausgangspunkt für Kaliprodukte wie Kali-Düngemittel und Industrie-salze ist das Kalirohsalz. Darin sind Mineralien wie Kalium, Magnesium und Schwefel gebunden. Der Prozess der Gewinnung marktfähiger Kaliprodukte umfasst im Wesentlichen zwei Produktionsschritte: Den Abbau des Kalirohsalzes und die Rohsalzaufbereitung/-verarbeitung, bei der die enthaltenen Mineralsalze von den anderen Bestandteilen getrennt werden.

Das Rohsalz wird in Deutschland unter Tage mittels Bohr- und Sprengarbeiten gewonnen und durch Bandanlagen über Tage transportiert, um dort der Weiterverarbeitung unterzogen zu werden. Energierelevant sind dabei der Betrieb der Förderanlagen, die Antriebsmotoren der (fahrbaren) Gerätschaften mit Elektro- und Dieselantrieb sowie Beleuchtung und Frischluftzufuhr.

Für die Aufbereitung des Rohsalzes zu verkaufsfähigen Kaliprodukten stehen grundsätzlich drei Verfahren zur Verfügung (WV Bergbau 1994: 229-231): Das Heißlöseverfahren, das Flotationsverfahren und das elektrostatische Verfahren. Das Heißlöseverfahren ist das älteste bekannte Verfahren zur Gewinnung von Kaliumchlorid (KCl). Es nutzt das bei verschiedenen Temperaturen unterschiedliche Löseverhalten der Rohsalzbestandteile. Das Rohsalz wird dabei in eine erhitzte Löselaug gegeben. Das KCl wird hierin gelöst, während die anderen Bestandteile ungelöst verbleiben und aus der Lauge ausgefiltert werden können. Mittels Vakuum-Kühlung kann das KCl wieder auskristallisiert werden. Da jedes Abbaurevier eine spezifische Zusammensetzung des Rohsalzes besitzt, bedarf es im Heißlöseverfahren einer dem jeweiligen Revier angepassten Löselaug, um das gebundene KCl zu separieren.

Das Flotationsverfahren vermeidet den hohen thermischen Aufwand des Heißlöseverfahrens, erfordert aber vorab eine Feinvermahlung des Rohsalzes. Das gemahlene Rohsalz wird in einer Flotationslauge suspendiert, der ein Flotationsmittel – so genannte Sammler-Reagenzien – zugesetzt wird. Diese Reagenzien binden sich selektiv an einzelne Kristalle des Kaliumchlorids. Durch Einblasen von Luft bildet diese Verbindung einen Schaum, der an die Oberfläche der Lauge steigt und dort mechanisch abgestreift werden kann. Der Schaum wird anschließend von Rückständen gereinigt und der Trocknung zugeführt. Durch Beigabe unterschiedlich wirkender Reagenzien ist es in einem mehrstufigen Prozess möglich, neben KCl auch Magnesium und andere Stoffe aus dem Rohsalz zu extrahieren.

Das verhältnismäßig junge elektrostatische Verfahren zur Rohsalzverarbeitung erfordert – ebenso wie das Flotationsverfahren – eine Feinvermahlung des Rohsalzes. Durch eine geeignete Behandlung werden diese Kristalle unterschiedlich elektrostatisch aufgeladen und können so mittels eines elektrischen Feldes trocken separiert werden. Dieses Aufbereitungsverfahren zeichnet sich dadurch aus, dass es ohne den Einsatz von Wasser auskommt und somit keine Energie zur Trocknung aufgewendet werden muss. Mittlerweile wird knapp die Hälfte der Produktion der Kaliindustrie mit diesem Trennverfahren aufbereitet (K+S 2005b: 30).

Sofern das resultierende Produkt in feinkristalliner Form anfällt, bedarf es einer Nachbehandlung, da Düngemittel zum großen Teil als Granulat nachgefragt werden. Die Granulierung kann bei feuchtem Salz mittels Granulierungsschnecken (Aufbaugranulation) geschehen, bei trockenem Salz wird die gewünschte Form durch Pressgranulierung herbeigeführt.

1.4 Die Selbstverpflichtung

Die Kaliindustrie hat 1996 eine Selbstverpflichtung zur Minderung der CO₂-Emissionen abgegeben und diese im Jahre 2001 ergänzt (K+S 2005a). Demnach bestand die Verpflichtung, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 um 66 % gegenüber 1990 auf 31 kg CO₂ je Tonne verarbeitetes Rohsalz zu senken. Darüber hinaus sicherte der Industriezweig zu, seine absoluten CO₂-Emissionen um 78 % auf insgesamt 1,05 Mill. t CO₂ zu vermindern. Mit dem Fortschrittsbericht für die Jahre 2005 bis 2007 hat die Kaliindustrie ihre Selbstverpflichtung bis 2012 erweitert. Die spezifischen CO₂-Emissionen sollen bis 2012 um 69 % gegenüber 1990 auf 28 kg CO₂ je Tonne verarbeitetes Rohsalz gesenkt und die absoluten CO₂-Emissionen um 79 % auf 1,0 Mill. t verringert werden (K+S 2008a). Übersicht 1.1 fasst die Minderungsziele noch einmal zusammen.

Übersicht 1.1

Selbstverpflichtung der Kaliindustrie

Spezifisches Ziel	Bis 2005:	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen um 66 % auf 31 kg CO ₂ /t Rohsalzverarbeitung.
	Bis 2012:	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen um 69 % auf 28 kg CO ₂ /t Rohsalzverarbeitung.
Absolutes Ziel	Bis 2005:	Verringerung der absoluten CO ₂ -Emissionen um 78 % auf 1,05 Mill. t CO ₂ .
	Bis 2012:	Verringerung der absoluten CO ₂ -Emissionen um 79 % auf 1,0 Mill. t CO ₂ .
Basisjahr	1990	

Nach Angaben des Kaliverains im Rahmen des Monitoring.

Das Reduktionsziel wird auf die Menge an *verarbeitetem Rohsalz* bezogen und nicht auf die Menge an verkaufsfähigen Kaliprodukten. Der Grund dafür ist: Der Gehalt an wertvollem Reinkali (K_2O) im Rohsalz variiert je nach Abbaurevier (WV Bergbau 1994: 225). Bergwerke mit geringem Kaligehalt müssen entsprechend mehr Rohsalz verarbeiten, um eine vergleichbare Menge des Endprodukts zu gewinnen.

1.5 Bis 2007 erreichte CO₂-Minderungen

Verglichen mit den Emissionen in Höhe von fast 4,8 Mill. t CO₂, die im Jahr 1990 ausgestoßen wurden, konnten vor allem bis 1995 erhebliche Einsparungen erzielt werden (Tabelle 1.2). Das absolute Einsparziel für 2005 wurde 1999 erstmals erreicht. Nachdem 2000 noch einmal eine Verringerung der Emissionen erzielt wurde, nahm der CO₂-Ausstoß seit 2001 wieder zu. Im Berichtszeitraum lag der CO₂-Ausstoß wieder über dem Wert von 1995. So wurden 2005 rund 1,15 Mill. t emittiert und damit das Minderungsziel für dieses Jahr nur zu 97,1 % erreicht. Bis 2007 stiegen die Emissionen nochmals um 1,7 % auf 1,17 Mill. t CO₂. Der Zielerreichungsgrad für die absoluten Emissionen sank daher 2007 auf 95,5 %. Geschuldet ist dieser Anstieg in erster Linie dem gestiegenen Energieverbrauch (Tabelle 1.1).

Tabelle 1.2

Entwicklung der absoluten CO₂-Emissionen der Kaliindustrie von 1990 bis 2007

Minderungsziel bis 2005: -78 % auf 1,05 Mill. t CO₂; bis 2012: -79 % auf 1,0 Mill. t CO₂

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Emissionen in Mill. t	4,76	1,11	1,02	1,15	1,15	1,16	1,17
Minderung in %	-	76,6	78,6	75,7	75,8	75,6	75,4
Zielerreichungsgrad in %							
Bis 2005	-	98,2	100,8	97,1	97,1	-	-
Bis 2012	-	97,0	99,4	95,9	95,9	95,7	95,5

Nach Angaben des Kalivereins.

Der spezifische CO₂-Ausstoß, der die Ausweitung der Produktion um 4,4 Mill. t zwischen 1995 und 2007 berücksichtigt, ist in diesem Zeitraum um fast 6,8 % gesunken. Lag er 1995 noch bei 32,3 kg CO₂/t Rohsalzverarbeitung, waren es 2007 noch 30,1 kg CO₂/t (Tabelle 1.3). Die spezifischen CO₂-Emissionen haben 1997 mit 29,6 kg CO₂/t erstmals das für 2005 gesetzte Ziel einer Minderung um 66 % erreicht und seither nicht wieder verfehlt. Das spezifische Minderungsziel für 2005 wurde mit 101,4 % leicht überschritten. 2007 lagen die spezifischen Emissionen leicht oberhalb des Wertes für 2004. Obwohl sie 2007 etwas geringer ausfielen als 2006, setzte sich damit der seit 1999 abzeichnende Trend steigender spezifischer Emissionen erneut fort.

Tabelle 1.3

Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen der Kaliindustrie von 1990 bis 2007Ziel bis 2005: -66 % auf 31 kg CO₂/t; bis 2012: -69 % auf 28 kg CO₂/t verarbeitetes Rohsalz

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Rohsalzverarbeitung, Mill. t	52,1	34,4	35,8	39,3	38,2	38,0	38,8
Spez. Emissionen, kg CO ₂ /t	91,4	32,3	28,5	29,4	30,2	30,5	30,1
Minderung in %	-	64,6	68,8	67,9	66,9	66,6	67,0
Zielerreichungsgrad in %							
Bis 2005	-	97,9	104,2	102,8	101,4	-	-
Bis 2012	-	93,7	99,8	98,4	97,0	96,5	97,2

Nach Angaben des Kalivereins.

1.6 Ursachenanalyse

Im Zeitraum 2005 bis 2007 wurde die Veränderung der CO₂-Emissionen durch Effekte mit z. T. unterschiedlichen Wirkungsrichtungen ausgelöst. Dies wird bereits daran ersichtlich, dass bei unterschiedlichem Produktionswachstum der Energieverbrauch fast kontinuierlich wuchs, was sich sehr unterschiedlich auf die Energieeffizienz auswirkte. Gleichzeitig entwickelten sich die absoluten CO₂-Emissionen in den Berichtsjahren ähnlich wie der Energieverbrauch (Tabelle 1.2). Dies deutet auf eine nur geringe Substitution kohlenstoffreicher Energieträger durch kohlenstoffärmere hin. Hier haben sich die Entwicklungen der vergangenen Jahre nicht weiter fortgesetzt. Während der Stromverbrauch von 1998 bis 2004 ständig zunahm und sein Anteil am Energiebedarf bis auf 8,3 % stieg, ging er bis 2007 um 17,4 % auf 1,4 PJ zurück (Tabelle 1.4). Der Anteil des CO₂-armen und ansonsten den Energiemix der Kaliindustrie dominierenden Erdgases wuchs von 2004 bis 2007 von 91,2 % auf 92,9 %. Da Strom mit einem höheren CO₂-Faktor bewertet wird als Erdgas, führt die Substitution von Strom durch Erdgas zu einem sinkenden CO₂-Ausstoß.

Tabelle 1.4

Energiemix der Kaliindustrie

1990 bis 2007; in PJ; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Rohbraunkohle	27,1	-	-	-	-	-	-
Heizöl, schwer	1,4	-	-	-	-	-	-
Heizöl, leicht	-	0,05	0,03	0,04	0,05	0,05	0,04
Erdgas	19,2	16,8	17,6	18,6	18,6	19,0	19,2
Strom	8,5	2,6	0,5	1,7	1,6	1,4	1,4
Insgesamt	56,1	19,5	18,1	20,4	20,3	20,5	20,6

Nach Angaben des Kalivereins.

Nach Angaben der K+S AG ist diese Substitution vor allem auf die Inbetriebnahme von drei neuen Gasturbinen in den Jahren 2005 und 2006 zurückzuführen. Diese Anlagen mit einer Leistung zwischen rund 12 und 47 GWh pro Jahr haben die Eigenstromerzeugung um jährlich bis zu 34 % zu Lasten des Fremdbezugs von Strom erhöht (K+S 2008a: 3). Bewertet mit den für das Monitoring relevanten Umrechnungsfaktoren konnten die CO₂-Emissionen durch diese Maßnahmen um bis zu 4 039 t CO₂ pro Jahr gesenkt werden (Tabelle 1.6).

Das ganze Ausmaß der Veränderung des Energiemix seit 1990, bei der das CO₂-arme Erdgas zum dominierenden Energieträger wurde, spiegelt sich in der Entwicklung der CO₂-Emissionen je Energieeinheit wider: Insgesamt sanken die Emissionen je GJ seit 1990 von 84,8 t CO₂/GJ auf 56,6 t CO₂/GJ im Jahr 2007 (Tabelle 1.5). Multipliziert man die Verringerung um 28,2 t CO₂/GJ mit dem Energieverbrauch des Jahres 1990 von 56,1 PJ bzw. 56,1 Mill. GJ, ergibt sich rein rechnerisch eine Verringerung der absoluten Emissionen von etwa 1,6 Mill. t bzw. rund einem Drittel. Ein Großteil davon geht auf den vollständigen Verzicht auf Rohbraunkohlenstaub und schweres Heizöl als Energieträger zurück.

Tabelle 1.5

Energieverbrauch, CO₂-Emissionen absolut und je Energieeinheit

1990 bis 2007

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Emissionen in Mill. t	4,76	1,11	1,02	1,15	1,15	1,16	1,17
Energieverbrauch in PJ	56,1	19,5	18,1	20,4	20,3	20,5	20,6
Emissionen in kg CO ₂ /GJ	84,8	57,1	56,3	56,7	56,7	56,6	56,6

Nach Angaben des Kalivereins.

Neben Änderungen im Energiemix konnten die Emissionsverringerungen von rund 3,6 Mill. t zwischen 1990 und 2007 im Wesentlichen durch Energieeffizienzverbesserungen und einen geringeren Energieverbrauch aufgrund der im Vergleich zu 1990 stark reduzierten Rohsalzverarbeitung erzielt werden. Bewertet man den zwischen 1990 und 2007 erfolgten Rückgang der Produktionsmenge von 13,3 Mill. t mit dem hohen spezifischen CO₂-Emissionswert von 1990 von 91,4 kg je Tonne Produktionsoutput, kommt man zu einer Emissionsreduktion von rund 1,2 Mill. t. Legt man hingegen die spezifischen CO₂-Emissionen von 2007 von 30,1 kg je Tonne zugrunde, mithin einen vergleichsweise niedrigen Wert, erhält man eine Mindestreduktion von etwa 0,4 Mill. t. Demnach liegt die Emissionsverringerung durch Kapazitätsanpassungen innerhalb der Bandbreite von 0,4 bis 1,2 Mill. t.

Bei der Energieeffizienz schließlich waren deutliche Verbesserungen festzustellen, wenngleich überwiegend in der ersten Hälfte der 90er Jahre, jedoch auch danach. Insgesamt sank der spezifische Energieverbrauch zwischen 1990 und 2007 auf weniger als die Hälfte, von rund 1 078 MJ/t auf rund 532 MJ/t (Tabelle 1.1). Damit einher ging eine Reduzierung der spezifischen CO₂-Emissionen. Multipliziert man die Effizienzsteigerung von rund 546 MJ/t bzw. 0,546 GJ/t mit 84,8 kg CO₂/GJ, den Emissionen je Energieeinheit von 1990, so ergibt sich eine Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen durch Effizienzsteigerungen in Höhe von 46,3 kg CO₂/t. Tatsächlich wurden 1990 jedoch 91,4 kg CO₂/t freigesetzt. Folglich konnten durch eine effizientere Energienutzung die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2007 um 50,7 % gesenkt werden. Bezogen auf die 1990 verarbeitete Menge in Höhe von 52,1 Mill. t ergibt sich somit ein Einsparvolumen von gut 2,4 Mill. t CO₂.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass gegenüber 1990 sowohl die Veränderung des Energieträgermix und die Verbesserung der Energieeffizienz wie auch der Rückgang der produzierten Menge den absoluten CO₂-Ausstoß deutlich verringert haben. In den Jahren 2005 bis 2007 konnte demgegenüber lediglich der zunehmende Einsatz von Erdgas zu Lasten von Strom einen Beitrag zur Minderung der CO₂-Emissionen leisten. Die Energieeffizienz hat sich dagegen insgesamt verschlechtert und seit 2004 zu höheren Emissionen geführt.

1.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die deutsche Kaliindustrie nennt in ihrem Fortschrittsbericht zum Klimaschutz für den Berichtszeitraum 2005 bis 2007 (K+S 2008a) drei Investitionsmaßnahmen. Dabei handelte es sich in allen drei Fällen um den Einbau einer neuen Gasturbine zur Erhöhung der Eigenstromerzeugung und damit zur Verringerung des Fremdstrombezugs. Die Maßnahmen dienten damit weniger zur Verbesserung der Energieeffizienz als vielmehr einer deutlichen strukturellen Veränderung des eingesetzten Energiemix, trugen aber gleichwohl zur CO₂-Minderung bei. Die Gasturbinen wurden Anfang 2005 sowie Mitte und Ende 2006 in Betrieb genommen. Für 2007 werden im Fortschrittsbericht keine Maßnahmen genannt.

Insgesamt stieg die Eigenstromerzeugung durch die Inbetriebnahme der neuen Gasturbinen um fast 101 GWh (Tabelle 1.6). Bei einem Umrechnungsfaktor von 10,434 TJ/GWh für Strom entspricht dies einer Energiemenge von rund 1 046 TJ. Die Auswirkungen der Substitution von Strom durch Erdgas auf die CO₂-Emissionen der Kaliindustrie lassen sich mit Hilfe der im Monitoring verwendeten CO₂-Faktoren für Erdgas und Strom errechnen. Für Strom beträgt der Faktor 0,67 t CO₂/MWh bzw.

670 t CO₂/GWh und für Erdgas 0,056 t CO₂/GJ bzw. 56 t CO₂/TJ. Im Ergebnis beträgt die Verringerung der CO₂-Emissionen durch den geringeren Fremdstrombezug für alle drei Maßnahmen zusammen rund 67 161 t CO₂. Dem stehen zusätzliche Emissionen durch den Verbrauch von Erdgas in den Turbinen von insgesamt 58 565 t CO₂ gegenüber. Per saldo ergibt sich daraus eine Minderung des CO₂-Ausstoßes um jährlich 8 596 t (Tabelle 1.6).

Tabelle 1.6

CO₂-Minderungen durch Investitionsmaßnahmen

2005 bis 2007

Maßnahme	Inbetriebnahme	Leistung		CO ₂ -Minderung t CO ₂
		GWh	TJ	
Gasturbine im Werk Zielitz	März 2005	41,1	428,8	3 524
Gasturbine im Werk Zielitz	August 2006	12,04	125,6	1 033
Gasturbine im Kraftwerk Werra, Hattorf	Dezember 2006	47,1	491,4	4 039
Summe		100,54	1 045,8	8 596

Nach Angaben von K+S (2008a).

Um die CO₂-Emissionen noch weiter zu senken, soll zukünftig Erdgas durch erneuerbare Energieträger ersetzt und Prozess-Abwärme verstärkt genutzt werden. Zu diesem Zweck wird derzeit ein Müllheizwerk in Heringen an der Werra gebaut. Die Abwärme der Verbrennungsprozesse soll durch das Kaliwerk Werra, Standort Wintershall, abgenommen werden. Es wird mit erheblichen Einsparungen beim Einsatz des fossilen Energieträgers Erdgas und entsprechend geringeren CO₂-Emissionen gerechnet. Die Inbetriebnahme des Heizwerks ist für 2009 geplant (K+S 2008a: 3).

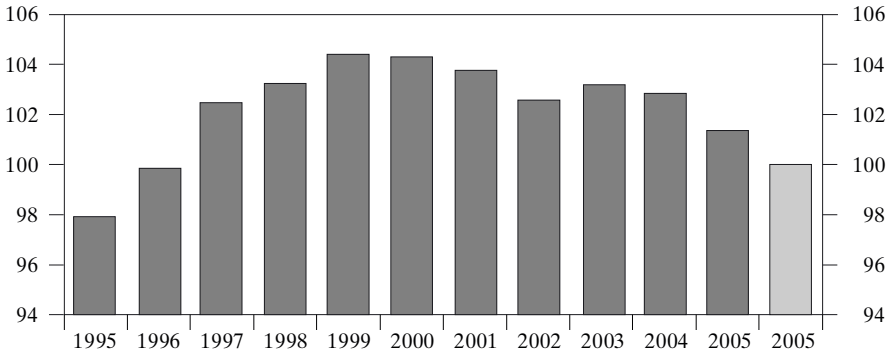
1.8 Zusammenfassung und Bewertung

Durch Umstrukturierung und Konzentration auf die wirtschaftlichsten Standorte ist es der Kaliindustrie in den 90er Jahren gelungen, die Energieeffizienz ihrer Anlagen erheblich zu steigern (K+S 2005a: 3). Der Ausstoß von CO₂ konnte bis 2007 um mehr als drei Viertel gegenüber 1990 verringert werden. Ein Blick auf Schaubild 1.3 zeigt, dass die deutsche Kaliindustrie das avisierte Vermeidungsziel für 2005 – eine Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen um 66 % gegenüber 1990 – erreicht hat. Diese Marke wurde bereits 1997 das erste Mal übertroffen. Das Minderungsziel für 2012, eine Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen gegenüber 1990 von 69 %, wurde 2007 zwar bereits zu 97,2 % erreicht, allerdings weisen die spezifischen Emissionen seit 2000 eine steigende Tendenz auf (Schaubild 1.4).

Schaubild 1.3

Zielerreichungsgrad des spezifischen Minderungsziels für 2005

1995 bis 2005; in %



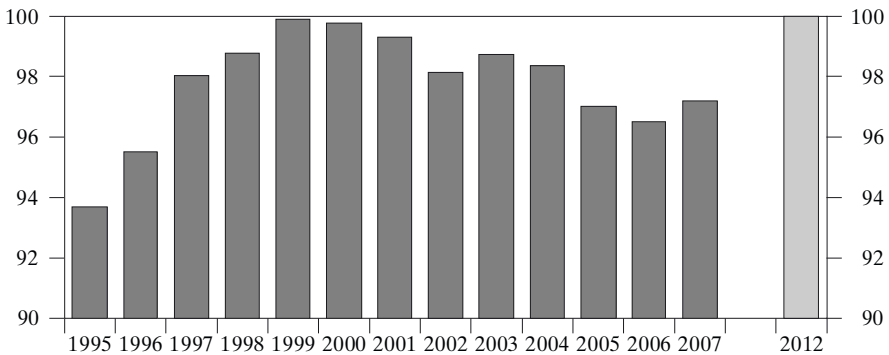
Nach Angaben des Verbands der Kali- und Salzindustrie e.V. im Rahmen des Monitoring.

Bei den absoluten Emissionen zeigt sich ein noch weniger optimistisches Bild. Zwar konnte der CO₂-Ausstoß bis 2000 um mehr als 78 % gegenüber 1990 gesenkt werden, seit 2002 nehmen die Emissionen aber wieder leicht zu. 2005 lag der Zielerreichungsgrad mit 96,7 % etwas unter dem Wert von 1995 (Schaubild 1.5). Das angestrebte Ziel einer Minderung der absoluten CO₂-Emissionen um 78 % konnte nicht erreicht werden. Bis 2007 ging der Zielerreichungsgrad weiter leicht zurück (Schaubild 1.6).

Schaubild 1.4

Zielerreichungsgrad des spezifischen Minderungsziels für 2012

1995 bis 2007; in %

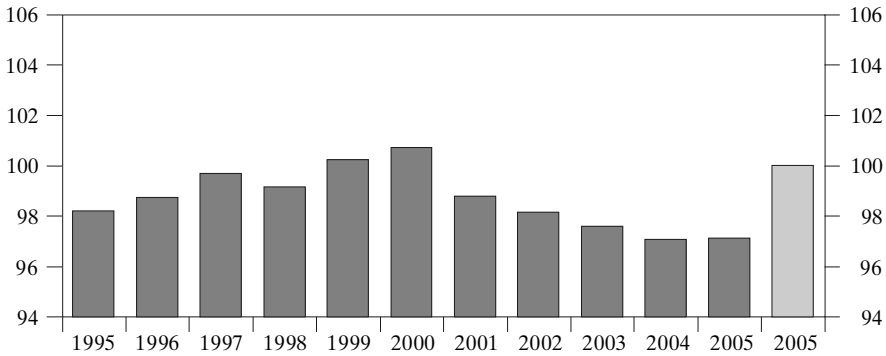


Nach Angaben des Verbands der Kali- und Salzindustrie e.V. im Rahmen des Monitoring.

Schaubild 1.5

Zielerreichungsgrad des absoluten Minderungsziels für 2005

1995 bis 2005; in %

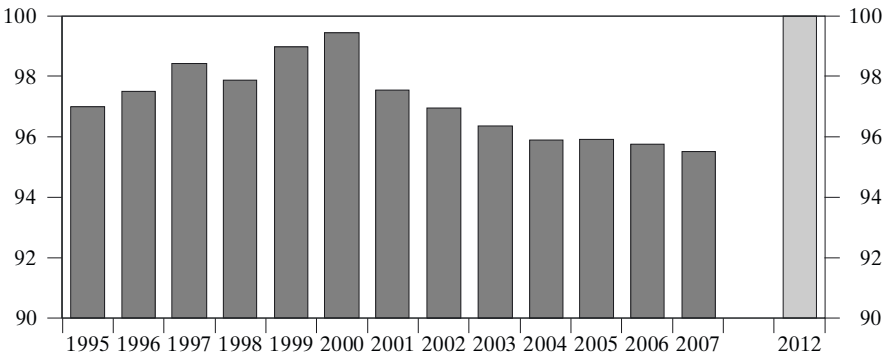


Nach Angaben des Verbands der Kali- und Salzindustrie e.V. im Rahmen des Monitoring.

Schaubild 1.6

Zielerreichungsgrad des absoluten Minderungsziels für 2012

1995 bis 2007; in %



Nach Angaben des Verbands der Kali- und Salzindustrie e.V. im Rahmen des Monitoring.

Aufgrund der steigenden Nachfrage nach Kaliprodukten ist zu erwarten, dass das absolute Emissionsziel auch in den kommenden Jahren verfehlt wird. Ging die Wirtschaftsvereinigung Bergbau in den vergangenen Jahren noch davon aus, dass die Nachfrage mittelfristig um 2 % jährlich wachsen wird (WV Bergbau 2005: 30), lag das Wachstum der Nachfrage nach Kalidüngemitteln 2007 im Durchschnitt der letzten fünf Jahre bei 5 % pro Jahr (K+S 2008b: 86). Mit einer zunehmenden Produktionsmenge wird aber auch die Menge an CO₂-Emissionen ansteigen, zumal der aktuelle Nachhaltig-

keitsbericht der K+S AG feststellt, „dass sich nach heutigem Stand der Technik selbst durch weitere Investitionen kaum noch spürbare Emissionsminderungen erreichen lassen“ (K+S 2008c: 53). Darüber hinaus nimmt der Wertstoffgehalt der Rohsalze seit einigen Jahren langsam ab. Der Energieaufwand, der zur Sicherung einer hohen Produktionsleistung erforderlich ist, steigt und mit ihm auch die absoluten und die spezifischen CO₂-Emissionen (K+S 2008a: 3).

2. Die Zuckerindustrie

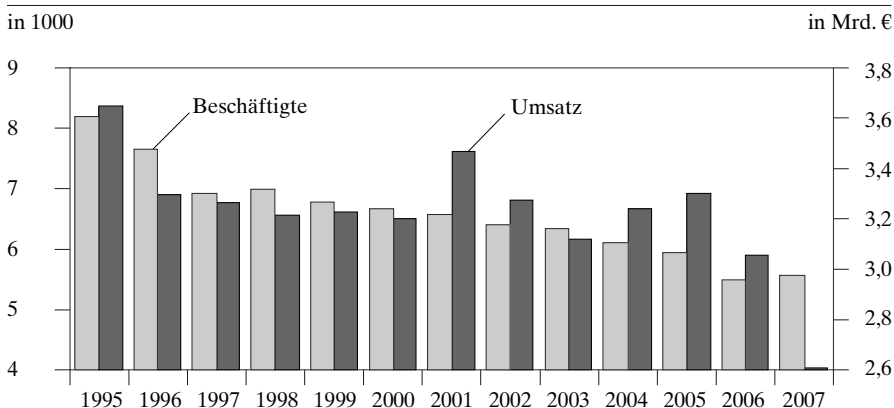
Das Kerngeschäft der Zuckerindustrie umfasst die auf Basis von Zuckerrüben erfolgende Herstellung und Raffination von Zucker. Produktionsniveau und -entwicklung werden unter anderem von der europäischen Zuckermarktordnung bestimmt, die eine Regulierung des Zuckermarktes vorsieht. Dabei wurden in der Fassung der Ratsverordnung von Juni 2001 den Zuckerherstellern mittels Quoten garantierte Preise zugesichert (EU 2001a). Die Reform der Zuckermarktordnung Mitte 2006 führt u. a. zu sehr einschneidenden Preissenkungen (36 %) und einer deutlichen Senkung des Schutzniveaus (EU 2006).

Der Umsatz der Zuckerindustrie betrug in den letzten Jahren jeweils gut 3 Mrd. € (Schaubild 2.1). Mit einem Umsatzanteil am Verarbeitenden Gewerbe von rund 0,2 % gehört diese Industrie zu den kleinen Wirtschaftszweigen.

Schaubild 2.1

Beschäftigte und Umsatz in der Zuckerindustrie

1995 bis 2007



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1.

Der Rückgang der Rübenverarbeitung von 3,9 % in den Jahren 1995 bis 2007 liegt im Rahmen einer gleichmäßigen Schwankungsbreite (Schaubild 2.2). Der starke Einbruch 2006, der durch die Zuckermarktreform bedingten Sondereffekte ausgelöst wurde, führte – bedingt durch unterschiedliche Periodenabgrenzungen – 2007 zu einem entsprechenden Absinken des Umsatzes auf 2,6 Mrd. €. In 24 Betrieben beschäftigte die Zuckerindustrie 2007 rund 5 500 Mitarbeiter. Die Anzahl der Beschäftigten der Zuckerindustrie

ist zwischen 1995 und 2007 um 38,5 % zurückgegangen. Allein in den Jahren 1995 bis 1997 betrug der Beschäftigungsabbau 14,6 %.

2.1 Datenbasis

Grundlage des vorliegenden Monitoringberichtes für die Zuckerindustrie sind die Angaben des Vereins der Zuckerindustrie (VdZ) zum Energieverbrauch und zur Produktion. Diese basieren auf internen Erhebungen bei den Mitgliedsunternehmen. Als Indikator für die Produktion dient die Menge verarbeiteter Rüben. Der vorliegende Monitoringbericht weicht wie schon die Berichte für die Jahre 2000 bis 2002 sowie 2003 und 2004 von den Berichten davor in zweifacher Hinsicht ab: Erstens beruhen die Angaben zum Energieverbrauch nicht mehr auf den Energieverbrauchsangaben des Statistischen Bundesamtes, die der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, zu entnehmen sind, sondern auf Verbandsangaben, und zweitens beziehen sich diese Werte auf das Kalenderjahr und nicht mehr auf das so genannte Zuckerwirtschaftsjahr. Dieses umspannte bis 2006 den Zeitraum vom 1. Juli bis zum 30. Juni des Folgejahres. Seit diesem Jahr umfasst das Zuckerwirtschaftsjahr laut novellierter Zuckermarktordnung die Periode vom 1. Oktober bis zum 30. September des Folgejahres (VdZ 2008a: 4).

Eine Ausnahme davon bildet das hier verwendete Basisjahr, für das nur Energie- und Produktionsangaben für das Zuckerwirtschaftsjahr 1990/91 vorhanden sind. Entsprechende kalenderjährliche Angaben lassen sich nicht mehr konstruieren. Zur Vereinfachung der Schreibweise wird im Folgenden für das Basisjahr anstatt 1990/91 kürzer 1990 geschrieben.

Die Umstellung auf Kalenderjahre war unumgänglich, da seit 2003 die monatliche Erfassung der Energiedaten des Verarbeitenden Gewerbes durch das Statistische Bundesamt entfällt, es stehen somit nur noch jährliche Energiedaten zur Verfügung. Die monatlichen Angaben wären aber notwendig, um daraus den Energieverbrauch der jeweiligen Zuckerwirtschaftsjahre zu rekonstruieren.

Als weiterer Grund dafür, dass hier die Energieangaben des VdZ und nicht die des Statistischen Bundesamtes verwendet werden, ist, dass letztere nicht mehr in der erforderlichen Gliederungstiefe bzgl. der Energieträger zur Verfügung stehen. Ein Nachteil der Daten des Statistischen Bundesamtes war auch bisher schon, dass nicht der gesamte Energieverbrauch der Zuckerindustrie im Rahmen der amtlichen Erhebung erfasst wurde. Als Beispiel nannte der VdZ den Koksverbrauch zur eigenständigen Kalkherstellung, der vom Statistischen Bundesamt nicht der Zuckerindustrie zugeordnet wird (VdZ 2004: 3). Das Fehlen dieser Energieeinsätze bei den Werten der amtlichen Statistik erklärt, dass die Erhebungen des VdZ in früheren

Jahren einen höheren Energieverbrauch ergaben als vom Statistischen Bundesamt ausgewiesen wurde. Darüber hinaus gab es noch weitere Gründe, die auch bei den Werten anderer Industriezweige zu statistischen Ungenauigkeiten führten, beispielsweise Sprünge bei den vom Statistischen Bundesamt zur Ermittlung des Energieverbrauchs benutzten Heizwerten.

Der VdZ hat seine Energieverbrauchswerte in PJ durch Multiplikation der eingesetzten Energiemengen mit den ihm durch seine Lieferanten mitgeteilten Heizwerten berechnet. Üblicherweise sieht das Monitoring-Konzept jedoch vor, dass bei Verwendung von Verbandsdaten Heizwerte der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) heranzuziehen sind. Eine Multiplikation der Verbandsdaten mit den Heizwerten der AGEB ermöglicht es, die Differenzen beim Energieverbrauch aufzuzeigen, die aus der Benutzung dieser unterschiedlichen Heizwerte resultieren.

Tabelle 2.1

Energieverbrauch an fossilen Energieträgern und CO₂-Emissionen in der Zuckerindustrie auf Basis der Heizwerte der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen und des VdZ¹

2000 bis 2007; gerundete Werte in PJ

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Energieverbrauch, AGEB	28,3	26,6	26,9	25,3	27,8	26,2	21,5	25,9
Energieverbrauch, VdZ	29,2	27,3	28,3	26,3	29,1	26,3	21,6	25,9
Differenz, in % des Energieverbrauchs des VdZ	-3,1	-2,6	-4,6	-3,8	-4,5	-0,6	-0,1	-0,1
CO ₂ -Emissionen in Mill. t, AGEB	2,29	2,17	2,07	2,00	2,21	2,11	1,79	2,07
CO ₂ -Emissionen in Mill. t, VdZ	2,37	2,22	2,16	2,07	2,30	2,11	1,79	2,07
Differenz, in % der CO ₂ -Emissionen des VdZ	-2,6	-1,8	-4,2	-3,4	-3,9	-0,2	-0,1	-0,1

Eigene Berechnungen nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie und der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen. ¹ Einschließlich der aus dem Eigenstromexport resultierenden Verbräuche und Emissionen.

Im Vergleich zu den VdZ-Angaben liegen die auf Basis der AGEB-Heizwerte ermittelten Werte 2005 beim Energieverbrauch um 0,6 % und bei den CO₂-Emissionen um 0,2 % niedriger, in den Jahren 2006 und 2007 differieren sie bei beiden Größen nur um 0,1 %. In früheren Jahren betragen die Abweichungen beim Energieverbrauch etwa 4 bis 4,5 % (Tabelle 2.1). Bei den CO₂-Emissionen beliefen sie sich auf 3,5 bis 4 %. Damit stellten sich die vom VdZ gelieferten Angaben der Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen in der Zuckerindustrie früher moderat ungünstiger dar, als die auf Basis der Heizwerte der AGEB ermittelten Verbrauchswerte. Im Berichtszeitraum unterschieden sie sich nur minimal. Das Zurückgreifen auf die speziellen Heizwerte des VdZ im Rahmen

der Überprüfung der freiwilligen Selbstverpflichtung der Zuckerindustrie ist daher zu akzeptieren.

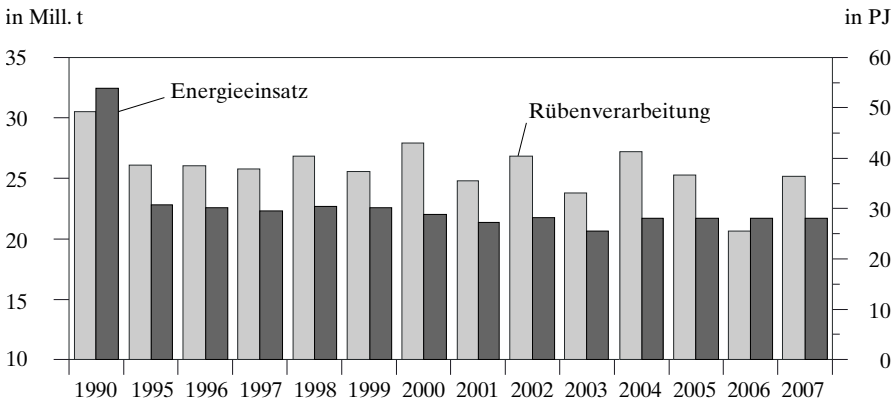
2.2 Energieverbrauch und Produktion

Der Energieverbrauch sank zwischen 1990 und 1995 um 43 %, von 53,9 auf 30,7 PJ (Schaubild 2.2). Die Rübenverarbeitung ging unterdessen nur um rund 14,1 % zurück. Während im Zeitraum 1995 bis 2004 die Verarbeitung um 3,9 % stieg, gelang es, den Energieverbrauch weiter um 8,5 % zu senken, wenn auch die Differenzen der Wachstumsraten mit 12,5 Prozentpunkten deutlich geringer waren als in der ersten Hälfte der neunziger Jahre mit 30 Prozentpunkten. Von 2004 bis 2006 ging die Produktion mit 24 % drastisch zurück von 27,2 Mill. t auf 20,6 Mill. t, begleitet von einem etwa gleich hohen Rückgang beim Energieverbrauch. Hierbei ist jedoch hervorzuheben, dass es sich bei dem deutlichen Rückgang im Jahr 2006 um eine durch die Reform der Zuckermarktordnung in diesem Jahr hervorgerufene Auswirkung von Sondereffekten handelt, die sich 2007 nicht wiederholte. 2007 lag die Produktion nach einem Anstieg um 21,8 wieder bei 25,1 Mill. t, während der Energieverbrauch mit 19,8 % nur wenig schwächer stieg.

Schaubild 2.2

Energieverbrauch und Rübenverarbeitung in der Zuckerindustrie

1990 bis 2007



Nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie.

2.3 Kurzbeschreibung des Produktionsprozesses

Bei der Zuckergewinnung wird der in der Rübe vorhandene Zucker von den übrigen Pflanzenbestandteilen getrennt und auskristallisiert. Die Zu-

ckerherstellung lässt sich in die Verfahrensstufen Rübenvorbereitung, Rohsaftgewinnung, Saftreinigung, Dünnsaftgewinnung, Saftedampfung, Kristallisation sowie Zentrifugierung/Trocknung untergliedern. Bei der Rübenvorbereitung werden diese über Förderbänder oder Schwemmrinnen in die Rübenwaschanlage transportiert, dort von noch anhaftender Erde sowie Blattwerk und Steinen befreit und danach in Schneidemaschinen zu Schnitzeln zerkleinert. Zur Rohsaftgewinnung werden den Rübenschnitzeln in Extraktionstürmen über 99 % des Zuckers entzogen. Der so entstandene Rohsaft hat einen Zuckeranteil von 13 bis 15 %.

Die anderen im Rohsaft enthaltenen Stoffe werden mit Hilfe von zugesetzter Kalkmilch und Kohlensäure im Rahmen der Saftreinigung gebunden und vom Rohsaft getrennt. Übrig bleibt der so genannte Dünnsaft. Für die Saftedampfung wird in der Verdampfstation mit Hilfe reihenweise geschalteter Verdampfungsapparate dem Dünnsaft weiter Wasser entzogen, bis sich ein rund 70 % iger zuckerhaltiger Sirup gebildet hat. In der Kochstation verfestigt sich der Sirup durch Zugabe von Impfkristallen weiter. Diese Kochmasse wird anschließend in liegende Gefäße abgelassen, in denen unter Abkühlung die Zuckerkristalle weiter wachsen. In hochtourigen Zentrifugen werden die Kristalle zum Abschluss durch Abschleudern vom zähflüssigen Sirup getrennt und danach noch einmal mit Wasserdampf gereinigt. Das Endprodukt dieses Prozesses ist Weißzucker (WVZ 2005).

Etwa 90 % der im Produktionsprozess eingesetzten Energie ist Wärmeenergie. Kernstück des komplexen Energieverbundes einer Zuckerfabrik ist die gekoppelte Erzeugung von Wärme und elektrischer Energie (KWK), mit der sich im Vergleich zur reinen Stromerzeugung deutlich höhere Wirkungsgrade erreichen lassen. Überhitzter Dampf wird über Gegendruckturbinen geführt. Der Turbinenabdampf wird zur Eindampfung des Dünnsaftes genutzt. Der bei dieser Eindampfung entstehende Sattdampf, der so genannte Brüden, wird zum Anwärmen an die Extraktion, Saftreinigung und Kristallisation verteilt. Das dabei anfallende Kondensat wird weitgehend für die Wärmeübertragung eingesetzt, bevor es als Abwärme mit niedriger Temperatur an die Umgebung abgegeben wird. Der von der Zuckerindustrie erzeugte Strom wird überwiegend selbst verbraucht; nur 13 % werden, vorwiegend während der Rübenkampagne, ins öffentliche Netz eingespeist. Der Fremdstrombezug konzentriert sich auf den Nicht-Kampagnebetrieb, in der die Zuckerfabriken nur vereinzelt auf Basis von KWK arbeiten (Reinefeld, Thielecke 1984: 185).

2.4 Selbstverpflichtung

Der VdZ hat in seiner Erklärung vom 19. Dezember 2000 für die Zuckerindustrie zugesagt, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 von 148 kg/t auf

81 bis 87 kg/t Rüben gegenüber dem Zuckerwirtschaftsjahr 1990 zu senken (Übersicht 2.1). Dies impliziert bei einer Gesamtemission von 4,5 Mill. t CO₂ im Basisjahr eine Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen um 41 bis 45 % (VdZ 2000: 1-2). Die Zusage des VdZ zur Emissionsminderung basiert auf den vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Energieverbrauchsdaten für das Zuckerwirtschaftsjahr 1990. Dem vorliegenden Monitoringbericht liegen jedoch die vom VdZ erhobenen Daten zugrunde. Diese beziffern den spezifischen CO₂-Ausstoß im Basisjahr mit 152 anstatt mit 148 kg CO₂/t Rüben. Hieraus ergibt sich für 2005 rechnerisch eine Minderungszusage von 42,9 % bis 46,8 %.

Die frühere Zusage, die sich auf den spezifischen Energieverbrauch bezog und die der VdZ im Rahmen der Selbstverpflichtung der deutschen Wirtschaft von 1996 gegeben hat, ließ der Verband unverändert bestehen. Demnach soll der spezifische Energieverbrauch von 49,1 kWh pro Dezitonne (dt) im Jahr 1990 auf 29 kWh/dt Rüben im Jahr 2005 reduziert werden (VdZ 2000: 1-2).

Übersicht 2.1

Selbstverpflichtungen der Zuckerindustrie

Ziel 2005	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen auf 81 bis 87 kg/t Rüben bis 2005 bei einer Reduktion des spezifischen Energiebedarfs auf 29 kWh/dt Rüben
Ziel 2012	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen auf 79 bis 85 kg/t Rüben bis 2012 mit der Option vor dem Hintergrund der ab 2010 zu erwartenden erheblichen Rohzuckerimporte aus Drittstaaten das Produkt Zucker als Bezugsgröße heranzuziehen. Dies impliziert eine Minderung der spezifischen CO ₂ -Emissionen bis zum Jahr 2012 auf 540 bis 500 kg/t Zucker, ausgehend von einer durchschnittlichen Zuckerausbeute von 15,8 % in den vergangenen fünf Jahren.
Basisjahr	1990/1991

Angaben des Vereins der Zuckerindustrie (2000 und 2008a).

Da das für 2005 anvisierte Ziel entsprechend den Ergebnissen des Monitoringberichtes der Jahre 2003 und 2004 in diesen Jahren bereits erreicht werden konnte, verpflichtet sich der Verein der Zuckerindustrie in einer Fortschreibung der Selbstverpflichtungserklärung zu einer weiteren Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen der deutschen Zuckerindustrie bis zum Jahr 2012 auf 79 bis 85 kg/t Rüben – bei Aufrechterhaltung der Branchenklärung aus dem Jahr 2000 zu den übrigen Punkten. Hieraus ergibt sich rein rechnerisch eine Minderungszusage von 44,1 % bis 48 %. Dabei behält sich die Zuckerindustrie vor, bei einem erheblichen Anstieg der Rohzuckerimporte aus Drittstaaten ab 2010, anstatt der Rüben das Produkt Zucker als Bezugsgröße für die Ermittlung der spezifischen CO₂-Emissionen heranzuziehen, da dieser Rohzucker ohne einen herstellbaren Bezug zur Rübe zu Weißzucker raffiniert werden wird. Dies entspräche einer Minderung auf

540 bis 500 kg/t Zucker, ausgehend von einer durchschnittlichen Zucker-
ausbeute von 15,8 % in den vergangenen fünf Jahren (VdZ 2008b: 3).

Tabelle 2.2

Spezifische CO₂-Emissionen und Zielerreichungsgrade der Zuckerindustrie1990 bis 2007; Ziel bis 2005: 81- 87 kg CO₂/t Rüben; Ziel bis 2012: 79-85 kg CO₂/t Rüben

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Spez. Emissionen, kg/t	152	96	84	82	82	85	81
Minderung in %	-	36,8	44,7	46,1	46,1	44,1	46,7
Zielerreichungsgrad in %							
Ziel 2005	-	90,6	103,6	106,1	106,1		
Ziel 2012	-	88,5	101,2	103,7	103,7	100,0	104,9

Nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie im Rahmen des Monitoring.

2.5 Bis 2007 erreichte CO₂-Minderungen

Im Jahr 2007 lagen die spezifischen CO₂-Emissionen mit 81 kg/t Rüben um 46,7 % unter dem Niveau von 1990 mit 152 kg/t. 2002 war dieser Wert bereits einmal erreicht (Tabelle 2.2; RWI 2007: 33). In den Jahren 2004 und 2005 lagen die spezifischen Emissionen mit 82 kg/t nur leicht darüber. 2003 und 2006 gab es vorübergehend einen Anstieg auf 85 kg/t. Damit wird das für 2005 gesetzte Ziel, für die spezifischen CO₂-Emissionen einen Wert innerhalb einer Bandbreite von 81 bis 87 kg/t zu realisieren, seit 2002 kontinuierlich erreicht. 2002 und im Zieljahr 2005 gelang es, die untere Grenze dieser Spanne zu realisieren. Gleichzeitig blieben die spezifischen CO₂-Emissionen damit auch in der für 2012 vorgegebenen Bandbreite von 79 bis 85 kg/t der entsprechend fortgeschriebenen Selbstverpflichtung, wobei die Werte für 2003 und 2006 der oberen Grenze entsprachen.

Tabelle 2.3

Rübenverarbeitung und CO₂-Emissionen der Zuckerindustrie

1990 bis 2007

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -Emissionen, Mill. t	4,64	2,52	2,35	2,23	2,08	1,76	2,03
Minderung in %		45,7	49,4	51,9	55,2	62,1	56,3
Produktion, Mill. t	30,5	26,2	27,9	27,2	25,3	20,6	25,1
Minderung in %		14,1	8,5	10,8	17,0	32,5	17,7

Nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie im Rahmen des Monitoring.

Der spezifische Energieverbrauch sank zwischen 2004 und 2007 um 2,8 % von 28,7 kWh je Dezitonne auf 27,9 kWh je Dezitonne (Tabelle 2.4). Damit wurde das für 2005 angestrebte Ziel, den spezifischen Verbrauch auf 29 kWh/dt zu reduzieren, nach 2000 und 2004 auch in den Berichtsjahren 2005 bis 2007 erreicht bzw. deutlich übertroffen (Tabelle 2.4, RWI 2007: 34).

Resultat der Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs sowie des Rückgangs der Rübenverarbeitung insgesamt war eine Senkung der absoluten CO₂-Emissionen um 56,3 % von 4,6 Mill. t im Jahr 1990 auf 2 Mill. t im Jahr 2007 (Tabelle 2.3). Gegenüber 2004 bedeutet das einen Rückgang um 9 %.

2.6 Ursachenanalyse

Eine, wenn auch nicht die wesentliche Ursache für die Minderung der Emissionen, ist der Rückgang der Rübenverarbeitung, die vor allem zwischen 1990 und 1995 deutlich sank. Hintergrund ist der besondere Umstand, dass die Verarbeitung im Basisjahr 1990 mit rund 30 Mill. t einmalig höher lag als in den Jahren 1991 bis 1995 sowie 1996 bis 2005 und 2007 mit einem Durchschnitt von rund 26 Mill. t/a (Tabelle 2.3). 2005 und 2007 lagen die Werte mit gut 25 Mill. t unter dem Durchschnitt. 2006 fiel die Produktion auf ein bisher einmaliges Tief von 20,6 Mill. t. Die folgende hypothetische Rechnung macht deutlich, dass die CO₂-Emissionen in den Jahren 2005 und 2007 um 420 000 t bzw. 440 000 t über den tatsächlichen Emissionen von gut 2 Mill. t gelegen hätten, wenn das Produktionsniveau von 1990 hätte gehalten werden können. 2006 wären 830 000 t mehr angefallen gegenüber dem effektiven Niveau von gut 1,8 Mill. t. Diese Werte wurden ermittelt, indem der 1990er Produktionswert von 30,5 Mill. t mit den jeweiligen spezifischen Emissionswerten der Jahre 2005 bis 2007 multipliziert wurde und diese hypothetischen Emissionen von den tatsächlichen subtrahiert wurden.

Die entscheidende Determinante für den Rückgang der spezifischen CO₂-Emissionen – und damit auch der absoluten Emissionen – ist die Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs. Dieser reduzierte sich in der ersten Hälfte der 1990er Jahre um gut 33,6 % von 49,1 auf 32,6 kWh/dt (Tabelle 2.4). Eine ungefähre Abschätzung der Auswirkungen dieser Verbesserung auf Energieverbrauch und Emissionen ergibt die folgende hypothetische Betrachtung: Der Energieverbrauch des Jahres 1995 hätte 46,3 PJ betragen und damit rund 50 % über dem tatsächlichen Wert von 30,7 PJ gelegen, wenn der spezifische Energieverbrauch des Basisjahres von 49,1 kWh/dt auch 1995 erforderlich gewesen wäre. In diesem Fall wäre auch der CO₂-Ausstoß um 1,28 Mill. t höher gewesen als der effektive Ausstoß von 2,52 Mill. t (Tabelle 2.3). Der Wert von 1,28 Mill. t CO₂ ergibt sich aus der Multiplikation des zusätzlichen hypothetischen Energieverbrauchs von 15,6 PJ mit der 1995er CO₂-Intensität, das heißt der Emissionen pro Einheit eingesetzter Energie (Tabelle 2.4).

Die hohe Steigerung der Energieproduktivität zwischen 1990 und 1995 ist zu einem großen Teil auf die vereinigungsbedingten Restrukturierungen in Ostdeutschland, das heißt sowohl auf die Stilllegung von Zuckerfabriken als

auch den kapitalintensiven Aufbau neuer, moderner Anlagen in den neuen Bundesländern zurückzuführen. Bis 1995 konnte der spezifische Einsatz dort von 90 kWh/dt auf 31 kWh/dt um 65,6 % gesenkt werden, während er in den alten Bundesländern zwischen 1990 und 1995 nur um 4,5 % von 35,6 kWh/dt auf 34 kWh/dt verringert werden konnte (Buttermann, Hillebrand 2002: 176-179).

Tabelle 2.4

Entwicklung von Energieverbrauch, Produktion und CO₂-Emissionen pro Energieeinheit in der Zuckerindustrie

1990 bis 2007; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Energieverbrauch, PJ	53,9	30,7	28,9	28,1	25,8	21,1	25,2
Minderung in %		43,0	46,4	47,9	52,1	60,9	53,2
Spez. Verbrauch, kWh/dt	49,1	32,6	28,9	28,7	28,4	28,3	27,9
Minderung in %		33,6	41,1	41,5	42,2	42,4	43,2
CO ₂ -Intensität, kg/GJ	86,2	82,1	81,3	79,4	80,6	83,4	80,6

Nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie im Rahmen des Monitoring.

Zwischen 1995 und 2004 sank der spezifische Energieverbrauch mit 12 % deutlich schwächer von 32,6 kWh/t auf 28,7 kWh/t. Bis 2007 erfolgte ein weiterer leichter Rückgang um 2,8 % auf 27,9 kWh/t (Tabelle 2.4). Auch hier sollen durch eine hypothetische Berechnung die durch die Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs ausgelösten Energieeinsparungen und Emissionsminderungen abgeschätzt werden. Der Energieverbrauch des Jahres 2007 hätte 29,5 PJ betragen und damit um 4,3 PJ bzw. knapp 17 % über dem tatsächlichen Energieverbrauch gelegen, wenn der spezifische Energieverbrauch des Jahres 1995 von 32,6 kWh/dt gegolten hätte. In diesem Fall wäre auch der CO₂-Ausstoß um 340 000 t höher als der effektive Ausstoß von gut 2 Mill. t gewesen. Dieser Wert ergibt sich durch die Multiplikation des zusätzlichen hypothetischen Energieverbrauchs von 4,3 PJ mit den CO₂-Emissionen pro Einheit eingesetzter Energie von 80,6 kg/GJ des Jahres 2007 (Tabelle 2.4). Ermittelt man in einer ähnlichen Berechnung die Auswirkungen der Verbesserungen des spezifischen Energieverbrauchs zwischen 2004 und 2007, zeigt sich, dass im Jahr 2007 unter der Annahme des spezifischen Energieverbrauchs von 2004 bei um 60 000 t höheren Emissionen etwa 0,7 PJ Energie (knapp 3 %) mehr erforderlich gewesen wären. Meteorologische Bedingungen beeinflussen den spezifischen Energieverbrauch der Zuckerindustrie in erheblicher Weise. So beeinflussen die Witterungsbedingungen den Umfang des Schmutzanhangs der Rüben und bestimmen so die Höhe des Energieeinsatzes bei der Rübenvorbereitung. Der Hintergrund ist: Ein witterungsbedingt erhöhter Erdanhang an den Rüben führt zu Unterbrechungen im Produktionsprozess und somit zu einem vermehrten Energiebedarf. Die Witterung beeinflusst zudem die Qua-

lität der Rüben, vor allem den Gehalt an Zucker und störenden Begleitstoffen (VdZ 2004). Im Jahr 2005 wiesen Niederschläge und Temperaturen nach Angaben des VdZ keine extremen Abweichungen vom langjährigen Mittel auf. Nur in Ostdeutschland führten Nachfröste nach der Aussaat zu Mindererträgen. Die gute Verarbeitbarkeit der Rüben und die guten Zuckergehalte konnten die im Durchschnitt etwas geringeren Hektarerträge ausgleichen. (VdZ 2008a: 3). 2006 war geprägt von den Auswirkungen der ab Juli 2006 geltenden reformierten Zuckermarktordnung und einer für dieses Jahr außerordentlichen Reduzierung der Anbaufläche. Hinzu kamen vegetationsbedingt schlechte Erträge und unterdurchschnittliche Zuckergehalte (VdZ 2008a: 4). Die Menge der verarbeiteten Rüben sank gegenüber dem Vorjahr um 20 % auf den historischen Tiefstand von 20,6 Mill. t. Die Vegetationsperiode 2007 war nach Verbandsaussagen durch hohe Trockenheit im ersten Halbjahr und ergiebige Regenfälle in der zweiten Jahreshälfte gekennzeichnet, wobei die Anbaufläche und die Erträge wieder deutlich über denen des durch Sonderbedingungen der Reform gekennzeichneten Vorjahres lagen. Die Regenfälle hatten in einigen Regionen einen erhöhten Krankheitsbefall sowie erhöhte Erdanhänge mit erschwerten Verarbeitungsbedingungen und höherem Energieverbrauch zur Folge. (VdZ 2008a: 4)

Der spezifische CO₂-Ausstoß ging von 1990 bis 1995 um 36,8 % zurück, von 152 auf 96 kg/t (Tabelle 2.2). Die Minderungsrate des spezifischen Energieverbrauchs betrug in diesem Zeitraum 33,6 % (Tabelle 2.4) und war somit lediglich um 3,2 Prozentpunkte geringer als die des CO₂-Ausstoßes. Das deutet darauf hin, dass durch Änderungen des Energiemix kein sehr großer Beitrag zur Reduktion der Emissionen erreicht werden konnte. Zwischen 1995 und 2004 gelang bei einer Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs um 8,5 % eine Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen um 14,6 % und damit eine um gut 6 Prozentpunkte höhere Reduktion. Diese Entwicklung kehrte sich zwischen 2004 und 2007 wieder um. In diesem Zeitraum sanken die spezifischen Emissionen mit 1,2 % nur leicht, während der spezifische Energieverbrauch um 10,3 % zurückging. Dies zeigt sich auch an den CO₂-Emissionen pro Einheit eingesetzter Energie, deren Wert sich zwischen 1990 und 1995 nicht sehr stark verringerte. Der Wert fiel von 86,2 auf 82,1 kg/GJ (Tabelle 2.4). Danach sind mit Ausnahme der Jahre 1999 und 2002 sowie 2006 keine stärkeren Veränderungen mehr festzustellen.

In den Jahren 1999 und 2002 lagen die CO₂-Emissionen pro Einheit eingesetzter Energie mit 77,8 und 76,5 kg/GJ vergleichsweise niedrig. Die Ursache war in beiden Jahren dieselbe: Kohlenstoffreiches schweres Heizöl mit einem CO₂-Emissionsfaktor von 78 kg/GJ wurde durch kohlenstoffarmes Erdgas mit einem CO₂-Faktor von 56 kg/GJ in erheblichem Maße substituiert. 1999 stieg der Einsatz des Erdgases von 5 PJ auf 11,7 PJ an, um im

nächsten Jahr wieder auf knapp 7 PJ zu sinken (Tabelle 2.5). Im Gegenzug fiel der Verbrauch an schwerem Heizöl von 1998 auf 1999 von 14,2 PJ auf 8 PJ. Dies gilt ebenfalls für das Jahr 2002, in dem der Erdgaseinsatz zu Lasten des schweren Heizöls auf 11,9 PJ stieg. 2006 betrug die CO₂-Emissionen pro Einheit eingesetzter Energie demgegenüber 83,6 kg/GJ und waren damit vergleichsweise hoch. In diesem Jahr erfolgte eine deutliche Substitution von Erdgas durch schweres Heizöl. Der Erdgaseinsatz sank allein zwischen 2005 und 2006 von 6,8 auf 3,9 PJ bei einer Abnahme des Energieverbrauchs von 25,8 PJ auf 21,1 PJ, während der Einsatz von schwerem Heizöl nur von 9,5 auf 9,1 PJ zurückging.

Tabelle 2.5

Veränderungen des Energiemix der Zuckerindustrie

1990 bis 2007; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Steinkohlen	7,3	2,6	3,0	2,5	2,5	2,5	2,6
Steinkohlenkoks	2,3	1,5	1,6	1,4	1,1	1,0	1,2
Rohbraunkohlen	11,9	2,4	2,3	2,3	2,0	2,2	2,1
Br.briketts & -koks	5,9	1,7	1,8	2,8	4,0	2,8	3,4
Braunkohlenstaub	-	2,4	1,9	1,6	-	-	-
Schweres Heizöl	13,8	14,2	11,3	8,5	9,5	9,1	8,9
Leichtes Heizöl	0,6	0,6	0,5	0,2	0,4	0,1	0,2
Erdgas	10,2	5,1	6,9	9,8	6,8	3,9	7,5
Fossile Energieträger	51,9	30,5	29,2	29,1	26,2	21,6	25,9
Nettofremdstrom	2,0	0,2	-0,3	-1,0	-0,4	-0,5	-0,7
Verbrauch insgesamt	53,9	30,7	29,0	28,1	25,8	21,1	25,2

Nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie im Rahmen des Monitoring.

Die Schwankungen beim Einsatz insbesondere dieser zwei Energieträger hängen laut VdZ (2004: 2) von den jeweiligen relativen Energiepreisen ab, das heißt davon, welcher Energieträger zum jeweiligen Zeitpunkt als wirtschaftlich betrachtet wird. Von 1990 bis 1995 spielte hingegen der Bedeutungsverlust der kohlenstoffreichen Energieträger Steinkohle und vor allem Braunkohle im Zuge der Wiedervereinigung die ausschlaggebende Rolle für den Rückgang des CO₂-Emissionsfaktors pro Energieeinheit (Tabelle 2.5).

2.7 Maßnahmen im Einzelnen

Wie in früheren Jahren führte die Zuckerindustrie auch 2005 bis 2007 eine Vielzahl anlagenseitiger Änderungen und Verfahrensoptimierungen durch, um die Effizienz der Produktionsprozesse zu steigern. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes lagen die Investitionen 2005 mit 151 Mill. € in etwa auf der Höhe des Vorjahres. 2006 sanken sie auf nahezu die Hälfte ab

(Tabelle 2.6). Auch die Investitionsquote, das Verhältnis von Investitionen zu Umsatz, entsprach 2005 mit 4,6 noch dem Vorjahresniveau, ging bis 2006 ebenfalls deutlich auf 2,6 zurück. Dieses veränderte Investitionsverhalten ist in unmittelbarem Zusammenhang mit der seit 2006 zu leistenden erheblichen Restrukturierung der europäischen Zuckerindustrie zu sehen.

Tabelle 2.6

Investitionen in der Zuckerindustrie

1995 bis 2006

	1995	2000	2004	2005	2006
Investitionen, in Mill. €	231	160	153	151	81
Investitionsquote	6,3	5,0	4,7	4,6	2,6

Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.2.1. – Investitionsquote: Investitionen/Umsatz.

Durch diese Änderungen gelang es ebenfalls, die Energieeinsparung sowie die Minderung an CO₂-Emissionen weiter zu verbessern. Die Zuckerindustrie nennt in ihrem Fortschrittsbericht Beispiele für entsprechende Projekte, die in den Jahren 2005 bis 2007 umgesetzt wurden. Hierzu zählen beispielsweise Optimierungen im Bereich der Schnitzelpressen und der Verdampfstationen. Die im Bericht aufgeführten technischen Einzelmaßnahmen belegen Investitionen mit ihren Auswirkungen auf CO₂-Emissionen. Von diesen werden, gemessen an der Investitionshöhe und dem Ausmaß der CO₂-Minderung, die Bedeutendsten in der Übersicht 2.2 ausgewiesen. Die Investitionsbeispiele summieren sich für das Jahr 2005 auf 13,4 Mill. €, die zu einer Minderung des CO₂-Ausstoßes von rund 14 400 t führten. Für 2006 ergeben sich Investitionen von 18,64 Mill. € mit einem Minderungseffekt von 8 1000 t CO₂. 2007 betrug die in Übersicht 2.2 ausgewiesene Investitionssumme 13 Mill. € und deren Minderungseffekt 34 300 t CO₂.

2.8 Zusammenfassung und Bewertung

Der Zuckerindustrie ist es 2005 gelungen, für die spezifischen CO₂-Emissionen einen Wert von 82 kg/t zu realisieren und damit ein Niveau nahe der unteren Grenze der anvisierten Bandbreite von 81 bis 87 kg/t zu erreichen. Das für 2005 gesetzte Mindestziel zur Minderung des spezifischen CO₂-Ausstoßes von 87 kg/t Rüben wurde bereits seit 2000 in jedem Jahr mit Ausnahme von 2001 deutlich unterschritten. (Schaubild 2.3). Gleichzeitig blieben die spezifischen CO₂-Emissionen in diesen Jahren wie auch 2006 und 2007 in der für 2012 vorgegebenen Bandbreite von 79 bis 85 kg/t der Fortschreibung der Selbstverpflichtung, wobei die Werte für 2003 und 2006 gemessen an der neuen Zielvorgabe der oberen Grenze entsprachen (Schaubild 2.4).

Übersicht 2.2

Ausgewählte CO₂-Minderungsmaßnahmen der Unternehmen in der Zuckerindustrie

2005 bis 2007

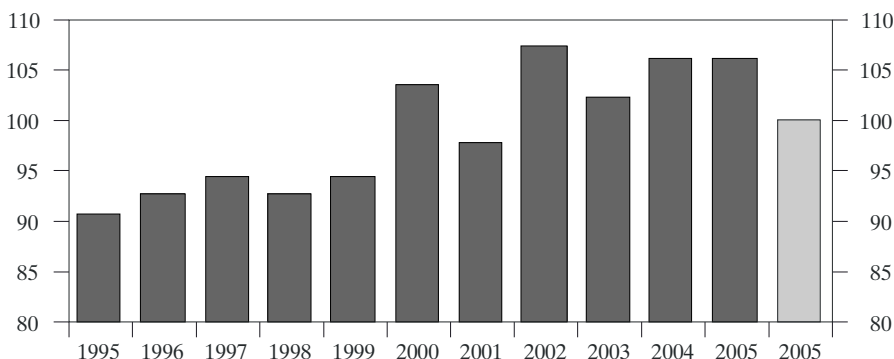
Einzelmaßnahmen in der Zuckerindustrie	Investitionen in 1 000 Euro	CO ₂ - Minderung in 1 000 t
Inbetriebnahme im Jahr 2005		
– Neue Schnitzelpresse I	2 400	3
– Umbau Verdampfstation Bauabschnitt 1 und Installation eines neuen Verdampfers in Stufe 2	3 750	4
– Umbau der Prozessautomatisierung in der Schnitzeltrocknung	400	0,1
– Installation eines BHKW für Biogas	1 000	2,8
– Hartmetallauftrag in den Schnitzelpressen	60	0,05
– Umstellung der zentralen Heizungsanlage auf eine niedrigere Vorlauftemperatur	40	0,4
– Kohleabriebmitverbrennung	250	1
– Sanierung einer Schnitzelpressenstation	5 500	3
Inbetriebnahme im Jahr 2006		
– Anpassung der Kondensation mit Kondensatnutzung und Installation eines Oberflächenkondensators	1 200	0,8
– Erweiterung der Dicksaftanwärmung mit Kochbrüden	15 000	0,1
– Ersatz der Fallwasserpumpen durch einen Typ mit höherem Wirkungsgrad	140	0,4
– Verbesserung der Abpressung von Presseschnitzeln	200	1
– Umsetzung einer Schnitzelpresse, Austausch und Neuaufstellung eines Fallstromverdampfers	300	0,8
– Austausch und Umsetzung einer Verdampfstation, verbunden mit einem Umbau auf eine 6-stufige Schaltung	600	4
– Austausch und Umsetzung einer Schnitzelpresse	500	1,5
– Aufstellung eines Wärmetauschers für die Saftanwärmung	400	1
– Aufstellung eines Wärmetauschers für die Saftanwärmung	300	1
Inbetriebnahme im Jahr 2007		
– Umbau einer Verdampfstation	5 450	6
– Umschalten der Kochapparate B auf Brüden 5-Versorgung	40	0,2
– Rohsaftanwärmung mit Abgas der 1. Carbonatation	220	0,1
– Investitionen im Rahmen von stilllegungsbedingten Produktionsverlagerungen zwischen drei Standorten	5 000	20
– Verbesserung der Kesselreinigung	500	1
– Verbesserung der Verdampfstation	30	1
– Austausch und Umsetzung von zwei Fallstromverdampfern	600	2
– Austausch und Umsetzung von zwei Schnitzelpressen	1 200	4

Nach Angaben des VdZ 2008.

Schaubild 2.3

Zielerreichungsgrade der Zuckerindustrie für das Minderungsziel 2005

1995 bis 2005; Senkung der spezifischen CO₂-Emissionen auf den oberen Wert der Bandbreite von 81 bis 87 kg/Rüben; in %



Eigene Berechnungen.

Die Formulierung des Emissionszieles in Form einer Bandbreite für die spezifischen CO₂-Emissionen berücksichtigt die von der Zuckerindustrie nicht beeinflussbare Verfügbarkeit von Erdgas bei dem überwiegenden Bezug über so genannte Abschaltverträge. Sie ermöglicht darüber hinaus bei unterschiedlichen Energiepreiskonstellationen den jeweils günstigeren Brennstoff einzusetzen (VdZ 2004: 2). Hinzu kommt noch, dass der Anteil der mehr oder weniger kohlenstoffhaltigen Energieträger an der Gesamtrübenverarbeitung nicht nur von dem Preisverhältnissen der Energieträger beeinflusst wird, sondern auch von der Verteilung des Rübenetragsniveaus in den Regionen, die sich von Jahr zu Jahr ändert. Dadurch ist der Anteil der einzelnen Energieträger an der Rübenverarbeitung nicht konstant.

Hinter diesen Zielen steht noch der zusätzliche Anspruch, den spezifischen Energieverbrauch bis 2005 auf 29 kWh/dt zu senken, wobei dieses Ziel nicht über 2005 hinaus verlängert wurde. Die Zielmarke wurde 2004 erstmalig mit einem spezifischen Energieverbrauch von 28,7 kWh/dt erreicht. In den Jahren 2005 bis 2007 konnte der spezifische Energieverbrauch weiter reduziert werden auf 27,9 kWh/dt.

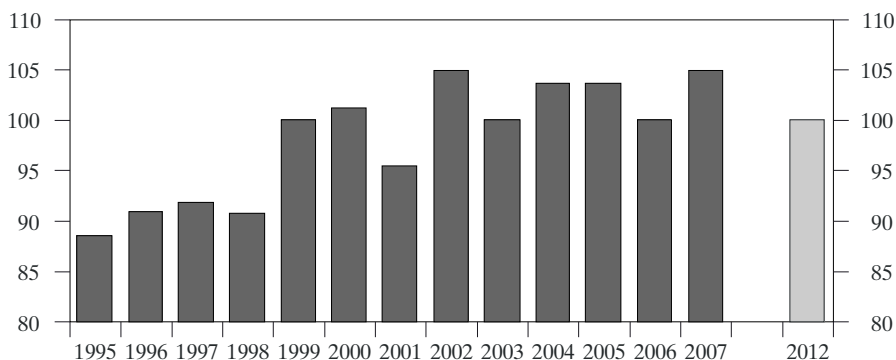
Eine weitere deutliche Senkung des spezifischen Energieverbrauchs ist nach Darstellung des VdZ indessen kaum mehr fortsetzbar. Der Konzentrationsprozess der Produktion auf wenige und moderne Standorte mit relativ niedrigem spezifischem Energieverbrauch ist nahezu abgeschlossen. Von den weiterhin stattfindenden Anlagenverbesserungen können nur noch geringe Einsparungen erwartet werden. Zwar erwartet der VdZ (2004: 14-15) von weiteren Qualitätsverbesserungen der Rüben positive Auswirkungen auf den spezifischen Energieeinsatz. Sich abzeichnende neue Entwicklungsten-

denzen könnten die Energieeffizienz allerdings negativ beeinflussen. Im Rahmen der Konzentration auf eine geringere Zahl von Standorten hat die Zahl derjenigen Werke zugenommen, die Dicksaft einlagern. Die Verarbeitung des Dicksaftes zu einem späteren Zeitpunkt erfordert einen größeren Energieeinsatz, da der Saft erneut angewärmt werden muss.

Schaubild 2.4

Zielerreichungsgrade der Zuckerindustrie für das Minderungsziel 2012

1995 bis 2007; Senkung der spezifischen CO₂-Emissionen auf den oberen Wert der Bandbreite von 79 bis 85 kg/Rüben; in %



Eigene Berechnungen.

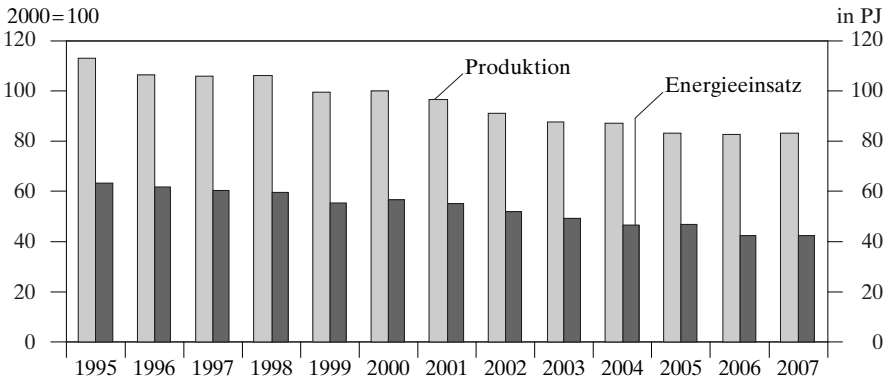
3. Die Textilindustrie

Die mittelständisch geprägte Textil- und Bekleidungsindustrie ist nach dem Ernährungsgewerbe die größte Konsumgüterbranche in Deutschland. Seit über 30 Jahren befindet sich dieser Sektor laut Branchenfokus des BMWi (vormals BMWa) in einem irreversiblen Strukturwandel, mit dem eine Verschlechterung der Position sowohl auf dem Weltmarkt für Textilien und Bekleidung als auch im Vergleich zu anderen Branchen im Inland einhergeht (BMWa 2005b). Die Zahl der Unternehmen und Beschäftigten ist ebenso rückläufig wie die Produktion. Diese sank gemäß der *Zahlen zur Textil- und Bekleidungsindustrie 2004 und 2006* des Gesamtverbandes der deutschen Textil- und Modeindustrie (Gesamtverband textil+mode 2004 und 2006) zwischen 1992 und 1999 um insgesamt rund 28 %, jahresdurchschnittlich um rund 4,6 %. Der Rückgang der Produktion, welcher auch in Schaubild 3.1 deutlich zu erkennen ist, hat sich indessen verlangsamt: zwischen 1999 und 2002 auf jahresdurchschnittlich etwa 2,8 % und bis 2007 weiter auf 2,2 %.

Schaubild 3.1

Produktion und Energieverbrauch der Textilindustrie

1995 bis 2007



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1 und des Gesamtverbandes textil+mode im Rahmen des Monitoring.

3.1 Datenbasis

Die wesentliche Datengrundlage für die im Rahmen des vorliegenden Monitoringberichtes erfolgende Berechnung der CO₂-Emissionen bildete bis 2002 im Falle der Textilindustrie die Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes (StaBuA/FS4/R4.1.1). Daraus waren die notwendigen

detaillierten Informationen über den Energieverbrauch dieses Sektors für die Zeit ab 1995 zu entnehmen. Ab 2003 wurden für den Energieeinsatz die Ergebnisse der neuen Erhebung des Statistischen Bundesamtes über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes herangezogen. Die Größenordnung des im Allgemeinen mit einer neuen Datenerhebung verbundenen Bruchs der Zeitreihe ist nicht abzuschätzen. Nach Aussage des Statistischen Bundesamtes gelten die aktuellen Ergebnisse jedoch als genauer. Für das Berichtsjahr 2007 lagen noch keine Energieverwendungsdaten vom Statistischen Bundesamt vor. Daher wurden die Angaben zum Energieverbrauch vom Gesamtverband textil+mode bei den Mitgliedsunternehmen erhoben und auf die deutsche Textilindustrie hochgerechnet. Da sich an der Erhebung lediglich etwa 14 % der deutschen Textilunternehmen beteiligt haben, wurde der Energieverbrauch für 2007 auf Basis von Trendfortschreibungen für den Verbrauch der eingesetzten Energieträger ermittelt.

Die hier benutzte Bezeichnung „Textilindustrie“ steht für den in den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes aufgeführten Wirtschaftszweig Nr. 17, Textilgewerbe. Für das Basisjahr 1990 bezieht sich der Energieverbrauch mangels Angaben für die neuen Bundesländer ausschließlich auf die alten Bundesländer. Im Jahr 1990 setzte die westdeutsche Textilindustrie 89,4 PJ Energie ein und emittierte 5,8 Mill. t CO₂ (Buttermann, Hillebrand 2002: 165).

Aufgrund der Vielzahl der Produkte sowie deren Heterogenität kann im Unterschied zu anderen Industriebereichen die Beschreibung der Entwicklung des Outputs der Textilindustrie nicht mit Hilfe von Mengenangaben erfolgen. Deshalb wird hier auf einen Produktionsindex zurückgegriffen, der vom Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie ermittelt wird (Gesamtverband textil+mode 2004: 4 und 2006: 5). Dieser stellt in seinem Fortschrittsbericht auch die Informationen zu den im Zeitraum 2005 bis 2007 vollzogenen Maßnahmen zur CO₂-Minderung zur Verfügung (Gesamtverband textil+mode 2008b).

3.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Einhergehend mit dem anhaltenden Produktionsrückgang sank der Energieverbrauch der Textilindustrie: Von 1990 bis 2004 reduzierte sich dieser von 89,4 PJ auf 46,5 PJ, also um 48 %. Nach einem leichten Anstieg 2005 lag der Energieverbrauch 2007 bei knapp 42,3 PJ und damit rund 9 % niedriger als 2004. Die offensichtliche hohe Korrelation zwischen Produktion und Energieverbrauch spiegelt sich in einem Korrelationskoeffizienten von 98,1 wider. Es ist somit zu erwarten, dass der Energieverbrauch – und damit

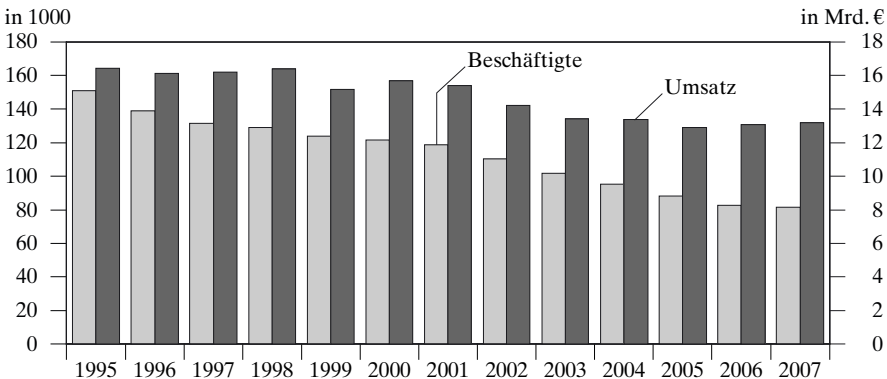
auch die CO₂-Emissionen – bei fortschreitendem Produktionsrückgang auch weiterhin fallen werden.

Nicht zuletzt aufgrund des anhaltenden Produktionsrückgangs gehört die Textilindustrie nicht zu den Industriesektoren mit ausgesprochen hohem Energieverbrauch: Der Anteil der Textilindustrie am gesamten Energieeinsatz des Verarbeitenden Gewerbes lag 2006 bei 1,5 %.

Zieht man das Verhältnis von Energieeinsatz und Umsatz als Indikator für Energieintensität heran, so ist die Textilindustrie mit 3,2 MJ/€ im Jahr 2007 auch nicht zu den energieintensivsten Sektoren zu zählen. Zum Vergleich: Für die Papierindustrie lautete der entsprechende Wert im selben Jahr 17,1 MJ/€, für die Zementindustrie 59,5 MJ/€. Dennoch wird die Textilindustrie vor allem aufgrund der für die Herstellung von Textilien notwendigen Reinigungsvorgänge und des Veredlungsprozesses eher zu den energieintensiven Industriezweigen gezählt (VIK 1998: 44).

Der jährliche Umsatz der Textilindustrie schwankte zwischen 1995 und 1998 um etwa 16 Mrd. € (Schaubild 3.2). Von 1999 bis 2005 ging der Umsatz auf 12,9 Mrd. € zurück. Bis 2007 konnte die Textilindustrie ihren Umsatz wieder auf 13,2 Mrd. € steigern. In diesem Jahr existierten in der deutschen Textilindustrie noch 875 Betriebe mit rund 81 400 Beschäftigten. Von 1995 bis 2007 hat sich damit die Zahl der Arbeitskräfte um nahezu die Hälfte reduziert. (Schaubild 3.2).

Schaubild 3.2
Beschäftigung und Umsatz der Textilindustrie
1995 bis 2007



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1

3.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Die Produkte der Textilindustrie lassen sich im Wesentlichen drei Produktbereichen zuordnen: den Bekleidungstextilien, den Heim- und Haustextilien sowie den technischen Textilien. Der Ausdruck „technische Textilien“ stellt einen Sammelbegriff für alle Industrietextilien und Funktionsbekleidungen dar, die nicht zu den allgemeinen Bekleidungstextilien zählen. Der Anteil der technischen Textilien an der deutschen Textilproduktion beträgt laut Branchenfokus des BMWA (2005b) mittlerweile fast 45 %.

Der Grundstoff für alle Textilprodukte ist die Faser. Weltweit wurden 1998 etwa 50 Mill. t Fasern für textile Verwendungszwecke gewonnen (Meyer 2001: 85). Bei Textilfasern unterscheidet man zwischen Chemie- und Naturfasern. Unter Naturfasern werden Pflanzenfasern wie Baumwolle, Flachs oder Jute subsumiert sowie Tierfasern, die zur Herstellung von Wolle, Seide oder Kaschmir gebraucht werden. Chemiefasern basieren auf der Rohölfraktion Naphtha. Mittels Polymerisations-, Polykondensations- und Polyadditionsverfahren werden daraus unter Einsatz fossiler Brennstoffe wie Kohle, Erdgas und Erdöl Polymere hergestellt, welche den Ausgangsstoff für die unterschiedlichen Chemiefasern wie etwa Polyester bilden. Im Jahr 2003 machten Chemiefasern mehr als 80 % des Rohstoffverbrauchs der deutschen Textilindustrie aus, Baumwolle rund 12 % (Gesamtverband textil+mode 2004: 11).

Die Wertschöpfungskette der Textilindustrie, die so genannte „Textile Kette“, beginnt bei der Erzeugung von Garn aus Textilfasern und endet bei der Textilveredelung. In manchen Betrieben stellt die Konfektion, d.h. das Zuschneiden der Stoffe und das Zusammennähen zu fertigen Textil- und Bekleidungsprodukten, einen weiteren, jedoch wenig energieaufwendigen Verarbeitungsschritt dar (VIK 1998: 45). Hingegen ist die Herstellung der Fasern nicht Teil der Textilen Kette, ebenso wenig wie der Handel mit fertig konfektionierten Produkten (Kruska et al. 2001: 16). Daher wirkt sich der wohl auch in Zukunft weiter steigende Anteil der Chemiefasern – deren Herstellung deutlich mehr Energie verbraucht als die von Naturfasern³ – an der eingesetzten Menge an Fasern nicht erhöhend auf den Energieverbrauch aus.

Die Wertschöpfungskette der Textilindustrie wird häufig in drei Bereiche unterteilt: Fadenerzeugung, Flächenerzeugung sowie Textilveredelung. Bei der Fadenerzeugung werden die Fasern ausgerichtet, zu Faserbändern zu-

³ Im Vergleich zum Anbau von Baumwolle erfordert die Herstellung von Kunstfasern einen mehr als dreifachen Energieaufwand. Für Polyester wird der Energieaufwand auf etwa 140 GJ/t Faser geschätzt, was einem Rohöläquivalent von 3,35 t entspricht. Die weltweite Polyesterproduktion benötigt rund 2 % der jährlichen Rohölförderung (Meyer 2001: 89).

sammengeführt, verstreckt und versponnen. Mehrere Einzelgarne lassen sich bei Bedarf zu Zwirnen zusammenfügen. Ein Gewebe entsteht durch das rechtwinklige Verkreuzen von Kett- und Schussfäden. Um die Garne für den Webprozess geschmeidiger und widerstandsfähiger zu machen, werden sie vorher geschlichtet. Hierfür kommen natürliche Stoffe wie Stärke oder auch synthetische Polymere zum Einsatz. Anstelle des Webprozesses können textile Flächen auch durch Stricken, Wirken oder Flechten entstehen. Zunehmende Bedeutung gerade für den Bereich der technischen Textilien hat die direkte Erzeugung von Filzen und Vliesen aus Fasern, bei der die Garnbildung umgangen wird. Für die Mehrzahl dieser Prozesse werden Hilfsmittel eingesetzt, um die Verarbeitungseigenschaften zu verbessern.

Sowohl die erzeugten Garne als auch die Flächengebilde werden gebleicht, gewaschen, gefärbt, bedruckt und veredelt. Auf welcher Stufe diese Prozesse jeweils ablaufen, hängt von den gewünschten Effekten und den Einsatzzwecken ab. Bei der Vorbehandlung, also dem Waschen, das häufig in Kombination mit dem Bleichprozess einstufig durchgeführt wird, gelangen Verunreinigungen der Faser und die eingesetzten Hilfsmittel ins Abwasser. Ein guter Waschwirkungsgrad ist entscheidend, um die Textilien für den anschließenden Färbe- und Veredelungsprozess vorzubereiten.

Während der Anteil der Energiekosten mit 2,5 % des Bruttoproduktionswertes der Textilindustrie unbedeutend erscheint, gibt es einige Prozessschritte, vor allem die Textilveredelung, die mit relativ hohem Energieverbrauch durchaus Möglichkeiten zur Kostensenkung bieten (Kruska et al. 2001: 11, 12). Das Verhältnis von Energiekosten zu Umsatz liegt in der Textilveredelung oftmals über 10 % (Meyer et al. 2000b: 532). Insbesondere ist das Imprägnieren von stofflichen Flächen zur Verwendung bei technischen Textilien vergleichsweise energieintensiv. Deren Anteil an der Gesamtproduktion wird vermutlich auch in Zukunft weiter steigen und wird somit der Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs in der Textilindustrie entgegenstehen.

Die Bleichvorgänge, Wasch- und Färbeprozesse benötigen vor allem thermische Energie, da sie typischerweise im Nassverfahren durchgeführt werden. Thermische Energie wird überwiegend in Form von Niedertemperaturwärme zur Erwärmung von Prozesswasser auf Temperaturen von 60°C bis 130°C sowie für Trocknungsprozesse benötigt (Kruska et al. 2001: 12). Mit zu den wesentlichen Wärmeverbrauchern bei der Textilveredelung zählen die Spannrahmen, die zur Trocknung und Formgebung der Gewebe eingesetzt werden. Der dafür erforderliche Dampf wird nur in den größeren Unternehmen in KWK-Anlagen erzeugt (Buttermann, Hillebrand-2002: 167). Die meisten neueren Spannrahmen werden direkt mit Erdgas beheizt, die indirekt mit Dampf beheizten Spannrahmen sind rückläufig.

Beim Spinnen und Weben wird vor allem elektrische Energie für die Elektromotoren zahlreicher Maschinen benötigt, etwa für Webstühle. Bei der Verarbeitung von Naturmaterialien werden beim Weben zudem hohe Anforderungen an die Lufttemperatur und -feuchtigkeit gestellt, was den Einsatz teilweise aufwendiger Klima- und Lüftungsanlagen erforderlich macht (Kruska et al. 2001: 13).

3.4 Die Selbstverpflichtung

In der bislang gültigen Selbstverpflichtungserklärung des Gesamtverbandes der deutschen Textil- und Modeindustrie (kurz: Gesamtverband textil+mode) hatte sich dieser verpflichtet, die spezifischen Emissionen der sechs Kioto-Gase in der gesamtdeutschen Textilindustrie bis 2012 um 35 % im Vergleich zum Basisjahr 1990 zu senken. Zu den sechs so genannten Kioto-Gasen zählen neben CO₂ das klimapotente Lachgas (Distickstoffoxid, N₂O) sowie Methangas (CH₄). Als Zwischenziel sollten die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 um 28 % verringert werden. Im April 2008 hat der Gesamtverband textil+mode seine Selbstverpflichtung überarbeitet. Die nunmehr gültige Erklärung postuliert ein absolutes Minderungsziel: Bis 2012 sollen die absoluten CO₂-Emissionen auf 2,4 Mill. Tonnen verringert werden. Im Vergleich zum Basisjahr 1990, in dem 5,8 Mill. t CO₂ emittiert wurden, entspricht dies einer Reduzierung um 3,4 Mill. Tonnen oder gut 59 % (Übersicht 3.1). Die übrigen Kioto-Gase sind für die Textilindustrie nicht relevant.

Übersicht 3.1

Selbstverpflichtung der Textilindustrie

Ziel 2005	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen gegenüber 1990 um 28 %.
Ziel 2012	Verringerung der absoluten CO ₂ -Emissionen um 3,4 Mill. t CO ₂ auf 2,4 Mill. t CO ₂ . Entspricht einer Minderung um gut 59 % gegenüber 1990.
Basisjahr	1990

Angaben aus Gesamtverband textil+mode (2005, 2008a).

3.5 Bis 2007 erreichte CO₂-Minderungen

Bei den spezifischen CO₂-Emissionen der Textilindustrie zeigt sich seit 1990 ein eindeutig rückläufiger Trend. Insgesamt konnten sie bis 2007 jedoch lediglich um knapp 17 % verringert werden (Tabelle 3.1). Einzig für 2005 errechnet sich ein Anstieg der spezifischen Emissionen um rund 5 %. Hierdurch sank die seit 1990 erreichte Minderung um mehr als vier Prozentpunkte auf 7,4 %. Die deutliche Verbesserung des Zielerreichungsgrades auf über 42 % im Jahr 2004 konnte daher 2005 nicht fortgesetzt werden. Die Textilindustrie hat ihr Ziel, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 um 28 % gegenüber 1990 zu verringern deshalb nur zu rund 27 % erreicht.

Tabelle 3.1

Index der spezifischen CO₂-Emissionen und Zielerreichungsgrade für die Textilindustrie

1990 bis 2007; Ziel: Minderung der spezifischen Emissionen um 28 % bis 2005

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Spezifische Emissionen (1990=100)	100,0	94,7	93,5	88,2	92,6	84,3	83,1
Minderung in %	-	5,3	6,5	11,8	7,4	15,7	16,9
Zielerreichungsgrad in %	-	18,9	23,1	42,2	26,5	-	-

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1, und Gesamtverband textil+mode.

Der spezifische Energieverbrauch verringerte sich seit 1990 etwas langsamer als die spezifischen Emissionen. Bis 2007 lag die Minderung des spezifischen Verbrauchs bei fast 14 % (Tabelle 3.2). Insbesondere seit 2004 hat damit eine deutliche Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs stattgefunden. Zugleich sank der absolute Verbrauch von 1990 bis 2007 um mehr als die Hälfte auf 42,3 PJ. Die absoluten CO₂-Emissionen verzeichneten bis 2007 sogar einen noch etwas höheren Rückgang. Sie sanken um 54,4 % bzw. 3,15 auf 2,65 Mill. t.

Hinsichtlich der Reduktion des Energieverbrauchs muss zudem beachtet werden, dass der Wert von 89,4 PJ für das Jahr 1990 nur den Energieverbrauch der Textilindustrie in den *alten* Bundesländern widerspiegelt (Tabelle 3.2). Da die ostdeutsche Textilindustrie sicherlich eine nicht ganz unbedeutende, wenngleich unbekannte Menge an Energie benötigt hat, hat das Ignorieren dieses Betrages zur Folge, dass die Verringerung des Energieverbrauchs gegenüber 1990 in Wirklichkeit als bedeutend größer einzuschätzen ist.

Tabelle 3.2

Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen der Textilindustrie

1990 bis 2007; Ziel: Minderung der absoluten Emissionen um 59 % bis 2012

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Energieverbrauch in PJ	89,4	63,5	56,6	46,5	46,9	42,3	42,3
Minderung in %	-	29,0	36,7	48,0	47,6	52,7	52,7
Spezifischer Verbrauch (1990=100)	100,0	95,1	96,0	90,7	95,5	86,9	86,2
Minderung in %	-	4,9	4,4	9,3	4,5	13,1	13,8
Emissionen in Mill. t	5,80	4,10	3,58	2,94	2,95	2,66	2,65
Minderung in %	-	29,3	38,3	49,4	49,2	54,1	54,4
Zielerreichungsgrad in %	-	49,7	64,9	83,7	83,3	91,6	92,2

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1, und Gesamtverband textil+mode.

3.6 Ursachenanalyse

Offenkundige Ursache für den starken Rückgang des absoluten Energieverbrauchs sowie der CO₂-Emissionen ist der andauernde Rückgang der Textilproduktion in Deutschland. Schwankungen beim spezifischen Energieverbrauch traten insbesondere durch Verschiebungen im Produktportfolio der Textilindustrie auf. Technische Textilien, deren Herstellung überdurchschnittlich energieintensiv ist, gewinnen laut Fortschrittsbericht der Textilindustrie immer mehr an Bedeutung (Gesamtverband textil+mode 2008a). In den Jahren 2005 bis 2007 gelang es, durch Energieeinsparmaßnahmen diesen Effekt zu kompensieren und den spezifischen Verbrauch gegenüber 2004 um rund 5 % zu senken.

Der Rückgang des absoluten Energieverbrauchs spiegelt sich bei allen in der Textilindustrie verwendeten Energieträgern wider, jedoch in unterschiedlichem Ausmaß (Tabelle 3.3): Energieträger mit hohem Emissionskoeffizienten wie Braunkohle und Braunkohlenprodukte sowie schweres Heizöl hatten 1990 einen Anteil von 10,2 % am Energieverbrauch. Sie spielten bereits 1995 mit einem Anteil von 4,5 % kaum noch eine Rolle. 2007 wurden sie mit Ausnahme von schwerem Heizöl nicht mehr eingesetzt. Auch der Einsatz von Steinkohlen und Steinkohlenprodukten ist stark zurückgegangen. 2007 wurde lediglich noch Steinkohle in geringem Umfang eingesetzt.

Tabelle 3.3

Veränderungen des Energiemix der Textilindustrie

1990 bis 2007; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Steinkohlen	0,0	2,6	1,4	1,2	0,9	1,0	0,6
Steinkohlenbriketts	3,4	-	-	-	-	-	-
Steinkohlenkoks	0,1	0,1	0,0	-	-	-	-
Rohbraunkohlen	0,3	0,5	0,0	-	-	-	-
Braunkohlenbrikett	0,8	0,3	0,0	-	-	-	-
Schweres Heizöl	8,0	2,1	0,9	0,6	0,5	0,4	0,1
Leichtes Heizöl	4,8	4,6	2,7	1,8	1,6	1,4	1,0
Erdgas	25,0	18,7	16,2	14,0	13,6	12,8	12,2
Kokereigas	1,9	0,3	0,3	-	-	-	-
Primärbrennstoffe*	44,2	29,2	21,6	17,8	16,6	15,7	14,0
Nettofremdstrombezug	45,2	34,3	35,1	28,9	30,2	26,6	28,3
Energieverbrauch	89,4	63,5	56,6	46,6	46,9	42,3	42,3

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1, und Gesamtverband textil+mode. - * Enthält weitere, nicht getrennt ausgewiesene Mineralölprodukte wie z.B. Flüssiggas.

Der Einsatz von Erdgas und Elektrizität ist bis 2007 um rund 51 % bzw. 37 % vergleichsweise wenig zurückgegangen. Dies impliziert einen Anstieg des Anteils am Energiemix beim Nettofremdstrombezug von 50,5 % im Jahr 1990 auf 66,9 % im Jahr 2007 und beim Erdgas von 27,9 % auf 28,9 %. Diese Substitutionen der Energieträger trugen dazu bei, dass der Rückgang der absoluten CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 2007 etwas höher ausfiel als der des Energieverbrauches. Denn: Erdgas und Strom weisen mit 55,7 kg CO₂/GJ bzw. 68,8 kg CO₂/GJ geringere CO₂-Emissionsfaktoren auf als Braunkohle, Steinkohlenkoks oder schweres Heizöl, deren Emissionsfaktoren mit 99,7, 108,2 respektive 78,6 kg CO₂/GJ weitaus höher liegen.

3.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Ausgangspunkt für viele in den Jahren 2005 bis 2007 laut Fortschrittsbericht der Textilindustrie durchgeführten Maßnahmen zur Energieeinsparung dürften wie bisher Vorschläge des von Kruska et al. (2001) erstellten Leitfadens „Rationelle Energienutzung in der Textilindustrie“ gewesen sein. Dort finden sich zahlreiche Strom- und Dampfeinsparmaßnahmen für die einzelnen Stufen des Produktionsprozesses, nach Kosten sowie nach Einsparpotenzialen unterteilt (Kruska et al. 2001: 128ff). Dieser Leitfaden wurde von der Arbeitsgemeinschaft Textilindustrie⁴ im Rahmen eines von der Landesinitiative Zukunftsenergien Nordrhein-Westfalens geförderten Leitprojekts angefertigt, dessen Ziel die Erstellung von *Branchenenergiekonzepten* zur Verbesserung der Energieeffizienz in ausgewählten Industriesektoren ist. Spezielle Informationsveranstaltungen der beteiligten Verbände zu diesem Themenbereich haben in vielen Betrieben zur Reflektion über den eigenen Energieverbrauch geführt und entsprechende Sparmaßnahmen ausgelöst (Gesamtverband textil+mode 2007: 1).

Der Schwerpunkt des Energiebedarfs der Textilindustrie liegt in der Bereitstellung von Niedertemperaturwärme zur Aufheizung von Prozesswasser, für den Einsatz in dampfbeheizten Maschinen sowie durch den Betrieb direkt mit Gas beheizter Spannrahmen. Prozesswärme wird in nahezu allen Bereichen der Textilverarbeitung benötigt. Das Hauptaugenmerk der rationellen Energienutzung liegt somit auf der Nutzung der Restwärme, insbesondere der Prozessabwässer sowie der Wärmerückgewinnung am Spannrahmen. Das Waschen bei der Garn- und Flächenveredelung dient dem Entfernen von Schmutz, Faserrückständen usw. Generell kann hier mit der

⁴ Der Arbeitsgemeinschaft Textilindustrie gehören die Institute für Textiltechnik und für Technische Thermodynamik der RWTH-Aachen, die Unternehmensberatungen Eutech GbR und Infas Enermetic AG sowie mehrere Industrieverbände und Unternehmen der Textilindustrie an. Die Arbeitsgemeinschaft wurde im Jahre 1998 ins Leben gerufen (Meyer et al. 2000a).

Reduzierung des Wasserverbrauchs auch Energie eingespart werden, da eine nahezu proportionale Beziehung zwischen Wasser- und Energieverbrauch besteht (Kruska et al. 2001: 71). Hochleistungsbreitwaschstraßen haben zusätzliche energierelevante Vorteile, die in der sehr guten Wasserausnutzung sowie einer genauen Temperaturführung bestehen (Kruska et al. 2001: 73). Darüber hinaus existieren Einsparpotenziale bei den elektrischen Antrieben der Maschinen und den Klima- und Lüftungssystemen (VIK 1998: 47).

Bei den neueren Spannrahmen ist durch eine gleichmäßigere Verteilung der Luft eine effektivere und damit energiesparende Trocknung möglich. Die Antriebe bestehen vielfach aus Servomotoren oder Motoren mit einem Frequenzumrichter. Eine PC-Steuerung regelt alle Antriebe und kann je nach Prozess Anlagenteile zuschalten oder herunterfahren. Durch diese Art der Antriebs- und Regeltechnik wird die elektrische Energie auf den Bedarf abgestimmt und damit der Verbrauch reduziert. Eingebaut ist häufig eine Wärmerückgewinnung. Dabei wird die im Thermoprozess entstehende und in der Abluft enthaltene Abwärme über die in die Spannrahmenkammer integrierten Abluftkanäle direkt in den Luft/Luft-Wärmetauscher geleitet. Auf diese Weise wird die Frischluft bereits vorgewärmt, was zur Energieeinsparung beiträgt.

Übersicht 3.2

**Ausgewählte Maßnahmen aus Betrieben der Textilindustrie zur CO₂-Reduktion
2005 bis 2007**

Maßnahmen	Inbetriebnahme	Investitionen in Tsd. €	CO ₂ -Einsparung in t/Jahr
Optimierung			
Färbeflottenrückgewinnung	2005	230	ca. 990
Wärmerückgewinnung			
an Spann-, Trocken- und Fixiermaschinen	2006	300	ca. 280
an einem Dampfkessel	2007	23	ca. 162
in einer Kläranlage	2006	70	1 320

Gesamtverband textil+mode (2008b).

Eine Umfrage des Verbandes im Jahr 2008, an der mehr als 100 Unternehmen der Textilindustrie teilgenommen haben, zeigte für 2005 bis 2007 eine Vielzahl von Maßnahmen mit unterschiedlichen Auswirkungen auf den Energieverbrauch und damit die CO₂-Emissionen. Sie umfassten ein breites Spektrum: angefangen von der Errichtung neuer bzw. dem Austausch von Produktionsanlagen über Optimierungen und Wärmerückgewinnung bis hin zu kleineren, schnell umsetzbaren und kostengünstigen Maßnahmen sowie der Schulung von Mitarbeitern und dem Hinzuziehen externer Energieeffizienzberatungen (Gesamtverband textil+mode 2008b). Diejenigen Maß-

nahmen, die in den Jahren 2005 bis 2007 in Betrieb genommen wurden und für die der Verband detaillierte Angaben gemacht hat, gibt Übersicht 3.2 wieder.

Insgesamt wurden vom Gesamtverband Angaben zu neun Maßnahmen gemacht. Vier davon entfielen auf den aktuellen Berichtszeitraum 2005 bis 2007. Die Investitionen für diese vier Maßnahmen beliefen sich auf insgesamt rund 623 Tsd. €. Mit ihnen wurden jährliche CO₂-Einsparungen von 2 752 Tonnen erreicht. Das sind im Durchschnitt 4,4 kg CO₂ je investierten Euro, wobei die Spannbreite der Einsparungen allerdings zwischen 0,9 und 18,9 kg CO₂/€ liegt. Besonders effizient bei der Vermeidung von CO₂-Emissionen erwiesen sich hierbei die Wärmerückgewinnung in einer Kläranlage und an einem Dampfkessel sowie die Optimierung bei der Färbeflotterückgewinnung.

Zwar kommt es auch durch Neuanschaffungen und Austausch von einzelnen Anlagenteilen allein aufgrund moderner, energieeffizienterer Konstruktionen zu Einsparungen beim Verbrauch. Deutlich mehr ließe sich erreichen, wenn statt der Optimierung einzelner Bausteine die Gesamtkonzeption von Produktionsanlagen unter energetischen Gesichtspunkten optimiert würde. Hierfür sind jedoch im Allgemeinen sehr hohe Investitionen mit günstigem Finanzierungsrahmen erforderlich (Gesamtverband textil+mode 2007: 3).

Die Bedeutung, die das Thema Energieeinsparung bei den Unternehmen einnimmt, zeigt sich inzwischen auch darin, dass die Unternehmen begonnen haben, Mitarbeiter zu Energiemanagern auszubilden und ein Energiemanagementsystem aufzubauen, um Einsparpotenziale zu identifizieren (Gesamtverband textil+mode 2007: 4).

Tabelle 3.4
Investitionen der Textilindustrie
1995 bis 2007

	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Investitionen, in Mill. €	672	628	568	400	391	417	392	434
Investitionsquote, in % (Investitionen/Umsatz)	4,1	4,0	3,7	2,8	2,9	3,1	3,0	3,3
Investitionsintensität (Investitionen in € je Beschäftigtem)	4 461	5 167	4 788	3 628	3 842	4 383	4 440	5 247

Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.2.1.

Die im Praxisleitfaden geäußerte Vermutung, dass sich viele Betriebe angesichts der durch den internationalen Wettbewerb ausgelösten Anpassungszwänge scheuen, Kapital durch Investitionen in die Energietechnik zu bin-

den (VIK 1998: 47), dürfte auch weiterhin mit ein Grund für die aus Tabelle 3.4 ersichtlichen niedrigen Investitionen in den Jahren 2005 und 2006 sein⁵: Die Investitionen, die von 1995 bis 2003 um 42 % auf unter 400 Mill. € abnahmen, blieben auch bis 2006 etwa in dieser Größenordnung. Gleichzeitig sank die Investitionsquote. Seit 2002 liegt sie bei etwa 3 % im Vergleich zu gut 4 % bis zu Beginn dieses Jahrhunderts.

3.8 Zusammenfassung und Bewertung

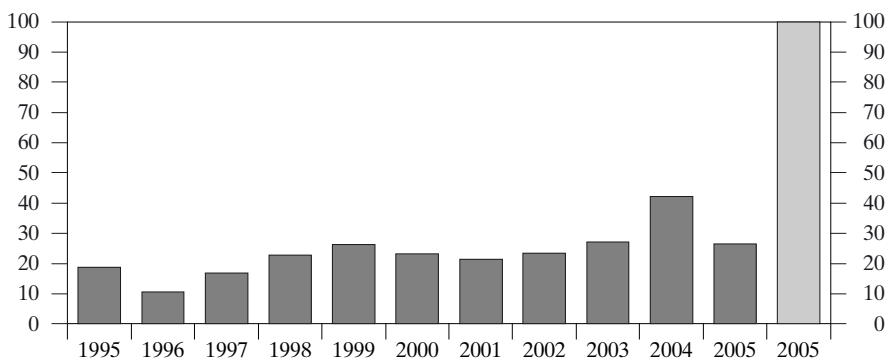
Ein Blick auf den in Schaubild 3.3 dargestellten Zielerreichungsgrad zeigt, dass die Textilindustrie ihrem Zwischenziel, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 um 28 % gegenüber 1990 zu verringern, in den Jahren 2003 und 2004 zwar näher gekommen ist, es aber 2005 nicht erreicht hat.

Die starke Reduzierung der spezifischen Emissionen des Jahres 2004 konnte 2006 zwar noch einmal deutlich gesteigert werden, für die kommenden Jahre geht der Verband jedoch davon aus, dass diese Entwicklung nicht in dem Umfang fortgesetzt werden könne. Zwar würden in den Unternehmen derzeit Überlegungen zur grundlegenden Umstellung der Energieversorgung und Erneuerung der KWK-Anlagen durchgeführt, die ein erhebliches Minderungspotenzial beinhalten. Hohe Energiepreise führten in dieser unter starkem, globalem Wettbewerbsdruck stehenden Branche derzeit zu einer derart hohen Belastung, dass das Kapital für entsprechend hohe Investitionen fehlt.

Schaubild 3.3

Zielerreichungsgrade für die Textilindustrie für 2005

1995 bis 2005; in %



Eigene Berechnungen.

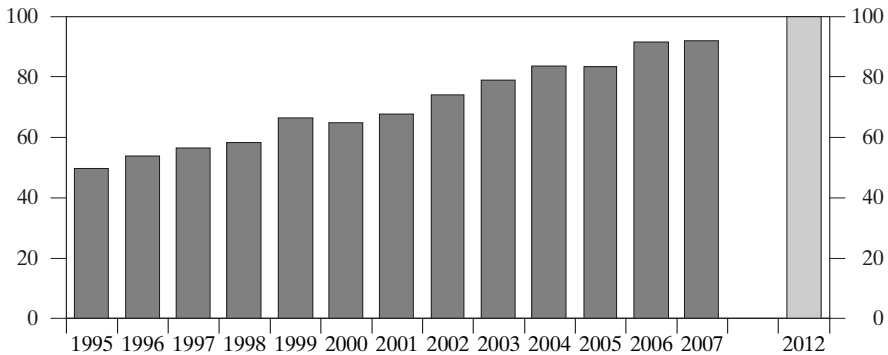
⁵ Angaben für 2007 lagen zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht vor.

Das 2008 neu formulierte Ziel einer absoluten Minderung um 3,4 Mill. t CO₂ bzw. 59 % gegenüber 1990 scheint dagegen in greifbare Nähe zu rücken (Schaubild 3.4). Treibende Kraft ist hier jedoch der anhaltende Rückgang der Produktion von Textilerzeugnissen, verbunden mit einem entsprechend geringeren absoluten Energieverbrauch.

Schaubild 3.4

Zielerreichungsgrade für die Textilindustrie für 2012

1995 bis 2007; in %



Eigene Berechnungen.

Reduktionspotenzial durch Veränderungen im Energiemix besteht kaum noch. Der Spielraum zur Substitution kohlenstoffreicher Brennstoffe durch das kohlenstoffarme Erdgas ist bereits sehr begrenzt: Dieses hatte 2007 einen Anteil am Energieverbrauch von etwa 30 %, der Anteil von Erdgas und Strom betrug zusammen bereits fast 96 %. Zur Substitution kohlenstoffreicher Brennstoffe durch Erdgas verbleiben allein Steinkohle und Heizöl, deren Anteile 2007 aber lediglich 1,5 % bzw. 2,5 % betragen. Der vollständige Ersatz dieser fossilen Brennstoffe durch Erdgas würde nach unseren Berechnungen bei unverändertem Energieverbrauch zu Einsparungen von lediglich rund 43 000 t CO₂ führen.

Der zu erwartende weitere Anstieg des Anteils der Technischen Textilien an der Produktion sowie generell kleinere Produktionsgrößen, die einen überdurchschnittlichen Energieeinsatz erfordern, erschweren ebenfalls die weitere Minderung der Emissionen. Zu beachten ist aber, dass die Verringerung des Energieverbrauchs und damit der CO₂-Emissionen gegenüber 1990 in Wirklichkeit bedeutend größer war, denn der Verbrauch und die Emissionen der Textilunternehmen der neuen Bundesländer sind nicht in den Werten für das Basisjahr 1990 enthalten.

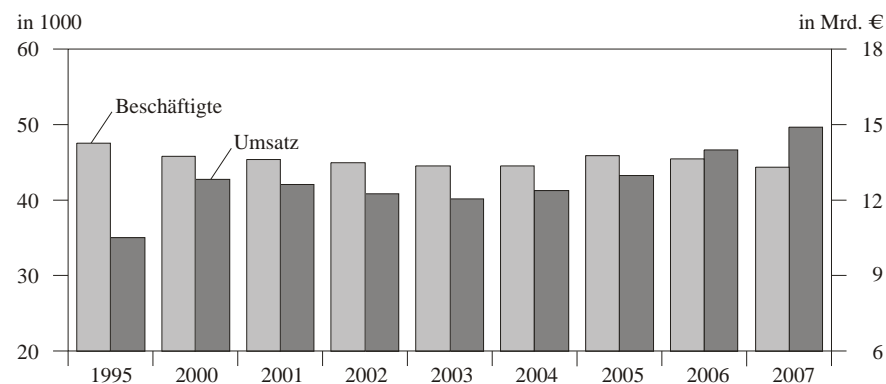
4. Die Zellstoff- und Papierindustrie

Die deutsche Zellstoff- und Papierindustrie produziert neben einer Reihe unterschiedlicher Papiersorten auch einen Teil der für die Papierherstellung benötigten Ausgangsstoffe Zell- und Holzstoff und bereitet zudem Altpapier als Rohstoff in der Papierproduktion auf. Im Jahr 2007 setzte die Branche fast 15 Mrd. € um und beschäftigte mehr als 44 000 Personen (Schaubild 4.1). Seit 1995 ist der Umsatz um 42 % gestiegen, die Beschäftigtenzahl ging im gleichen Zeitraum um etwa 6,5 % zurück.

Schaubild 4.1

Umsatz und Beschäftigte in der Zellstoff- und Papierindustrie

1995 bis 2007



Nach Angaben des VDP (2007, 2008a)

Die deutsche Papierindustrie steht in einem regen internationalen Wettbewerb: 2006 gingen rund 60 % der Papierproduktion in den Export, demgegenüber wurden etwa 56 % des inländischen Papierverbrauchs importiert (VDP 2007: 47). Gemessen an der Papierproduktion ist die deutsche Papierindustrie der europaweit größte Erzeuger und war 2005 nach den USA, China und Japan der weltweit viertgrößte Papiererzeuger.

Rund zwei Drittel der in der Papierproduktion eingesetzten Faserstoffe wird aus dem Einsatz von Altpapier gewonnen, welches vorwiegend aus inländischen Aufkommen stammt. Die darüber hinaus für die Papierherstellung benötigten Faserstoffe werden zum großen Teil importiert. Nach Angaben des VDP betragen die Nettoimporte an Holzstoff im Jahr 2006 etwa 158 000t, dies entspricht rund 9 % des Holzstoffeinsatzes in der Papierindustrie. An Zellstoff wurden 2006 rund 3,2 Mill. t netto importiert, fast 64 % des Zellstoffeinsatzes in der Papierindustrie.

4.1 Datenbasis

Unter der verwendeten Bezeichnung „Zellstoff- und Papierindustrie“ werden die Industrieunternehmen der Papierproduktion einschließlich der Erzeugung von Zell-, Holz- und anderer Faserstoffe zusammengefasst. Das Statistische Bundesamt führt diesen Wirtschaftszweig unter der Klassifikationsnummer 21.1, „Herstellung von Holz- und Zellstoff, Papier, Karton und Pappe“. Die Weiterverarbeitung von Papier ist indessen nicht Gegenstand des Monitorings.

Die Datenbasis für die im Rahmen des vorliegenden Monitoringberichtes erfolgende Berechnung der CO₂-Emissionen umfasst zum einen Angaben zur produzierten Menge an Papier, Karton und Pappe, zum anderen Angaben zum Energieverbrauch der Branche. Die Gesamtproduktion der deutschen Papierindustrie wird durch den Verband Deutscher Papierfabriken e.V. (VDP) bereitgestellt. Grundlage für den Energieverbrauch bildete bis 2002 die Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes (Sta-BuA/FS4/R4.1.1).

Für das Basisjahr 1990 sind in der amtlichen Statistik lediglich Energiedaten für die alten Bundesländer verfügbar. Um zu gesamtdeutschen Angaben für 1990 zu gelangen, errechnete der VDP den Energieeinsatz der Papierfabriken der ehemaligen DDR aus Daten des ehemaligen VEB-Kombinats „Papier“ (VDP 2008b: 1).

Seit 2003 wird für die Energieverbrauchsdaten auf eine Verbandserhebung zurückgegriffen, die der VDP unter seinen Mitgliedsfirmen durchführt. Der Grund dafür sind methodische und konzeptionelle Umstellungen in der Energieverwendungsstatistik des Statistischen Bundesamtes, die dazu geführt haben, dass die Daten ab 2003 deutliche Abweichungen zu früheren Werten zeigen und damit nur noch eingeschränkt vergleichbar sind. Auch hat der VDP in den letzten Jahren wiederholt darauf hingewiesen, dass die vom Statistischen Bundesamt verwendete Branchenabgrenzung auch Unternehmen enthält, die nicht der Papier- oder Faserstoffherzeugung zuzurechnen sind, hingegen Mitgliedsunternehmen des VDP nicht berücksichtigt wurden.

Die an der Erhebung beteiligten Unternehmen stellen Angaben zum Energieverbrauch und zur Energieträgerstruktur bereit und bilden je nach Erhebungsjahr unterschiedliche Anteile an der Gesamtpapierproduktion ab. Beispielsweise spiegeln die erhobenen Daten für das Berichtsjahr 2007 den Energieverbrauch von etwa 86 % der gesamten deutschen Papierproduktion wider. Der Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen der VDP-

Stichprobe werden vom RWI Essen anhand des reziproken Produktionsanteils auf die gesamte Zellstoff- und Papierindustrie hochgerechnet.⁶ Für dieses Vorgehen weist der VDP einschränkend darauf hin, dass in der Verbandserhebung insbesondere große Branchenunternehmen überrepräsentiert sind, die sich in der Struktur der verwendeten Energieträger von kleineren Unternehmen unterscheiden. Bei großen Unternehmen werden Strom und Wärme tendenziell stärker durch die Verwendung von Braun- und Steinkohle erzeugt, während kleinere Unternehmen dazu vorwiegend Erdgas nutzen. Leider liegen keine gesicherten Daten bzgl. der Größenordnung dieses Effekts vor, so dass hier keine Gewichtung des Energieträgerverbrauchs vorgenommen werden kann. In der Folge kommt es zu einer Unterschätzung des Erdgasverbrauchs, zu einer Überschätzung des Kohleverbrauchs, und in letzter Konsequenz zu einer Überschätzung der CO₂-Emissionen der Branche. Die sich daraus errechnende Zielerfüllung des Emissionsminderungsziels kann daher als deren untere Grenze verstanden werden.

Ergänzend zum Einsatz der für das Monitoring relevanten fossilen Energieträger und dem Verbrauch von Strom stellt der VDP Daten zum Fremddampfbezug und zum Einsatz von Sekundärbrennstoffen zur Verfügung. Sekundärbrennstoffe, beispielsweise Zellstoffablage oder Holzrinde, werden als CO₂-neutral angesehen und bleiben bei der Berechnung des CO₂-Ausstoßes der Papierindustrie unberücksichtigt. Auch der Bezug von Prozessdampf wird aus Datenmangel wie auch aus konzeptionellen Gründen nicht in die Berechnung der CO₂-Emissionen einbezogen. Zur Bewertung des mit dem Einsatz von Fremddampf verbundenen CO₂-Ausstoßes wären detaillierte Angaben über die den Dampf erzeugenden Anlagen erforderlich, welche im Rahmen des Monitoring nicht erhoben werden. Überdies bereitet die Bewertung des Dampfes in Form von Energie- bzw. CO₂-Äquivalenten Schwierigkeiten, wenn der Dampf beispielsweise in Anlagen zur Kraftwärmekopplung (KWK) erzeugt wird oder als Restwärme anfällt. Dann stellen sich Fragen der verursachungsgerechten Zuordnung, wie etwa: Welcher Teil des Brennstoffverbrauchs einer KWK-Anlage muss der erzeugten thermischen Energie zugeordnet werden und welcher der elektrischen Energie?

⁶ Aufgrund eines Übertragungsfehlers wurden im zurückliegenden Monitoringbericht für die Jahre 2003 und 2004 die Daten der VDP-Verbandserhebung fälschlicherweise anhand des Anteils an der Produktionskapazität und de durchschnittlichen Auslastungsgrads des Maschinenparks hochgerechnet. Die korrekte Hochrechnungsgröße ist indessen der reziproke Anteil an der Papierproduktion. Die hochgerechneten Werte des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen einschließlich der Zielerreichungsgrade wurden für 2003 und 2004 entsprechend korrigiert, was im Ergebnis zu einer leichten Absenkung der Erreichungsgrade für diese beiden Jahre führte.

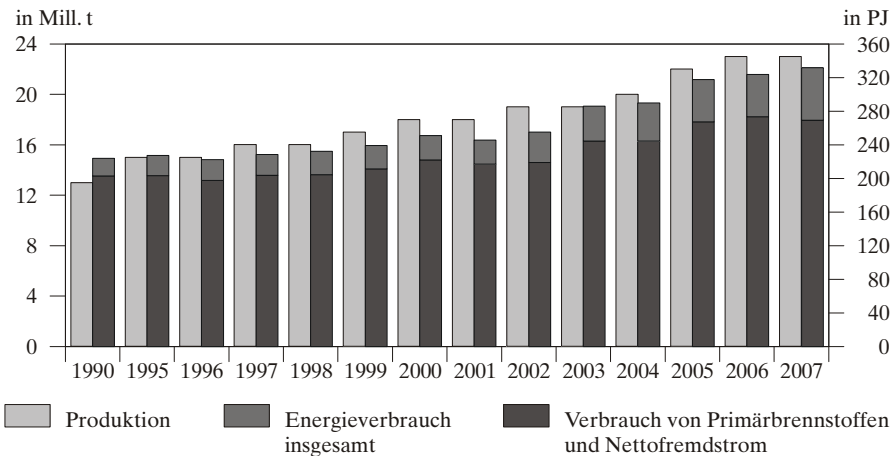
4.2 Energieverbrauch und Produktion

Der auf die deutsche Papierindustrie hochgerechnete Energieverbrauch betrug 2007 insgesamt etwa 332 PJ. Darin enthalten sind 14 PJ Fremddampf und 49 PJ aus Sekundärbrennstoffen. Der für das Monitoring emissionsrelevante Verbrauch an Primärenergieträgern und Nettofremdstrom belief sich 2007 hochgerechnet auf etwa 269 PJ und stieg seit 1995 um rund 32 % (Schaubild 4.2). Demgegenüber steht im gleichen Zeitraum ein Produktionswachstum von mehr als 56 %, auf über 23 Mill. t Papier im Jahr 2007.

Schaubild 4.2

Produktion und Energieeinsatz in der Papierindustrie

1990 bis 2007



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1 und des Verbandes Deutscher Papierfabriken e.V. im Rahmen des Monitoring. Energieverbrauchswerte seit 2003 sind hochgerechnete Werte.

Erdgas und Fremdstrom sind die bedeutendsten Energieträger in der Zellstoff- und Papierindustrie. Nahezu drei Viertel des gesamten Energieverbrauchs der Branche entfallen auf diese beiden Energieträger (Tabelle 4.1). Dabei dürfte der Erdgasverbrauch zugunsten von Kohle sogar noch unterschätzt sein, da in der Stichprobe der VDP-Erhebung kleinere, vorwiegend Erdgas nutzende Unternehmen der Papierindustrie unterrepräsentiert sind.

Sekundärbrennstoffe und Fremddampf haben im Zeitablauf zunehmend an Bedeutung gewonnen. Im Jahr 1995 wurden etwa 6,2 PJ Fremddampf und 17,6 PJ Sekundärbrennstoffe verbraucht; in Summe rund 10,5 % des gesamten Energieverbrauchs. Bis 2007 wuchs die Menge an fremdbezogenem

Dampf auf 14 PJ; die Menge an verbrauchten Sekundärbrennstoffen stieg auf 48,7 PJ. Dies führte angesichts eines im Vergleich moderaten Anstiegs des gesamten Energieverbrauchs dazu, dass 2007 fast 19 % der gesamten verbrauchten Energie auf Fremddampf oder Sekundärbrennstoffe entfielen.

Tabelle 4.1

Energieträgermix in der Papierindustrie

1990 bis 2007; in PJ

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Steinkohle(erzeugnisse)	26,2	28,9	20,6	12,6	15,6	21,1	19,3
Braunkohle(erzeugnisse)	18,2	6,1	4,5	3,7	3,5	3,8	3,8
Mineralöl(erzeugnisse)	26,7	16,8	4,6	1,8	3,5	4,1	3,7
Erdgas	51,1	69,8	79,6	87,2	104,8	102,3	107,3
Sonstige Brenngase	0,3	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1
Fremdstrom	80,6	81,9	112,7	139,1	140,0	142,1	135,0
Emissionsrelevanter Energieverbrauch	203,0	203,4	222,1	244,7	267,4	273,6	269,2
+ Fremddampf	7,2	6,2	8,1	14,4	14,4	16,0	14,0
+ Sekundärbrennstoffe	13,8	17,6	21,0	30,9	36,0	34,2	48,7
Gesamter Energieverbrauch	223,9	227,2	251,2	289,9	317,9	323,8	331,9

Fremdstrom ist primär mit 10.434 GJ/MWh bewertet. Bis 2003 amtliche Energieverbrauchsdaten (StaBuA/FS4/R4.1.1), ab 2003 hochgerechnete Werte aus VDP-Erhebung.

4.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

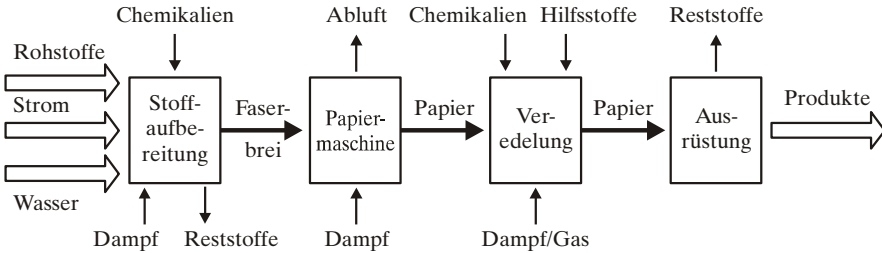
Die von der Papierindustrie hergestellten Erzeugnisse lassen sich grob in vier Sorten kategorisieren: Grafische Papiere, zu denen Zeitungsdruck- und Pressepapiere zählen, Papier, Karton und Pappen für Verpackungszwecke, Hygienepapiere sowie Papier und Pappe für technische und spezielle Verwendungszwecke (VDP 2008a). Die Herstellung von Papiererzeugnissen lässt sich in vier Schritte unterteilen (Schaubild 4.3). Am Anfang steht die Gewinnung und Aufbereitung der für die Papierproduktion notwendigen Rohstoffe, die danach in der Papiermaschine zu Papierbahnen verarbeitet werden. Diese Bahnen werden getrocknet und durch streichen und glätten einer Veredlung unterzogen. Schließlich werden die getrockneten Papierbahnen aufgerollt und zu auslieferungsfähiger Rollen- oder Stapelware verarbeitet.

Der für die Papierproduktion mit Abstand wichtigste Rohstoff ist Altpapier: Für die Herstellung der rund 23,2 Mill. t Papiererzeugnisse wurden 2007 mehr als 15,8 Mill. t Altpapier verbraucht; dies ergibt eine Altpapiereinsatzquote von rund 68 % (VDP 2008a). Etwa ein Drittel der in der Produktion eingesetzten Ausgangsstoffe sind durch Faserstoffe wie Holz- und Zellstoff

gedeckt: 2007 wurden rund 1,6 Mill. t Holzstoff und 5,1 Mill. t Zellstoff verbraucht.

Schaubild 4.3

Schematische Darstellung der Papiererzeugung

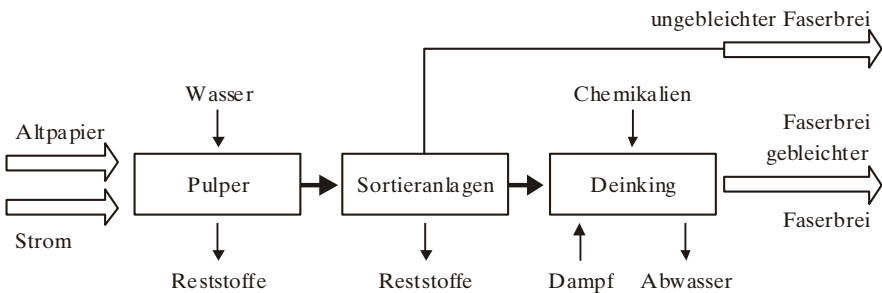


Nach VIK (1998 : 30)

Altpapier wird mit Hilfe von Wasser zunächst in eine pumpfähige Suspension überführt, um daraus Sekundärfaserstoffe zu erzeugen (Schaubild 4.4). Der gewonnene Faserbrei durchläuft verschiedene Sortier- und Reinigungsstufen, bei denen je nach Verwendungszweck die Entfernung von Druckfarben notwendig ist (englisch: deinking). Dabei werden Farbe und unbrauchbare Fasern entfernt. Die verdünnte Faserflüssigkeit wird in einer letzten Aufbereitungsstufe vor dem Einsatz in der Papiermaschine eingedickt.

Schaubild 4.4

Schematische Darstellung zur Gewinnung von Sekundärfaserstoffen aus Altpapier



Nach VIK(1998:31)

Holzstoff wird vorwiegend im Holzstoffverfahren erzeugt, bei dem qualitativ hochwertiges, entrindetes Holz unter Zugabe von heißem Wasser gegen einen rotierenden Schleifstein gepresst wird. Dabei werden feine Holzpartikel abgelöst. Dieses klassische Verfahren der Holzstoffgewinnung durch die

mechanische Zerkleinerung (englisch: mechanical pulping) von Holz wurde technisch ständig weiterentwickelt und durch neue, thermo-mechanische Verfahren ergänzt (englisch: thermo-mechanical pulping). Bei diesen wird Holzstoff unter erhöhtem Druck und bei höherer Temperatur hergestellt. Gegebenenfalls erfolgt eine weitere Auflösung des Holzstoffes durch Chemikalien (CTMP-Verfahren, VIK 1998: 30). Zellstoffe stellen im Gegensatz zu Holzstoffen höherwertige Faserstoffe dar: Bei diesen werden die im Holz enthaltenen und für die Papiererzeugung störenden Stoffe wie Harze aus der Holzsubstanz gelöst. Zellstoffe werden daher mittels chemischer Prozesse aus zuvor zerkleinertem Holz gewonnen (englisch: chemical pulping). Zellstoffe stammen in überwiegendem Maße nicht aus eigener Produktion, sondern gelangen als Handelsware in Form von Zellstoffballen in die Papierfabrik. Der trockene Zellstoff wird zunächst in Wasser aufgeweicht, um in der entstehenden Suspension die Fasern auf mechanischem Wege vollständig trennen zu können. Eine mehrstufige Reinigung und Mahlung der Faserstoffsuspension beschließt die Aufbereitung.

Durch Zugabe spezieller Hilfsmittel und Füllstoffe zu den Faserstoffsuspensionen wird ein bestimmtes Mischungsverhältnis eingestellt und damit die Sorte des zu erzeugenden Papiers festgelegt. Rohrleitungen transportieren das Stoffgemisch zur Papiermaschine, in der Papierbahnen hergestellt werden. Auf thermischem Wege werden die Papierbahnen über dampfbeheizte Trockenzylinder bis zu einem Restfeuchtigkeitsgehalt von 5 % getrocknet. Je nach Papierqualität werden die Papierbahnen nun geglättet und verdichtet. Die Papierproduktion endet mit dem Aufrollen der getrockneten Papierbahnen und deren Verarbeitung zu auslieferungsfähiger Rollen- oder Stapelware.

4.4 Die Selbstverpflichtung

Der VDP hat sich in seiner Erklärung vom 21. 12. 2000 verpflichtet, die spezifischen CO₂-Emissionen der Zellstoff- und Papierfabriken aus dem Einsatz fossiler Brennstoffe und Fremdstrom bis 2012 gegenüber 1990 um 35 % zu verringern (Übersicht 4.1). 1990 wurden nach den Angaben des VDP in Deutschland knapp 12,8 Mill. t Papiererzeugnisse produziert. Hierbei wurden rund 14,4 Mill. t CO₂ emittiert (Buttermann, Hillebrand 2002: 147). Für 1990 errechnet sich daraus ein spezifischer CO₂-Ausstoß von ca. 1 130 kg/t. Ziel der Selbstverpflichtung ist demnach, bis 2012 eine Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen auf rund 734 kg/t zu erreichen.

Übersicht 4.1

Selbstverpflichtung der Papierindustrie

Ziel	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen bis 2012 um 35 % auf 734 kg CO ₂ /t.
Basisjahr	1990

Nach Angaben des Verbandes Deutscher Papierfabriken e.V. (VDP 2000).

4.5 Bis 2007 erreichte CO₂-Minderungen

Die CO₂-Emissionen der Zellstoff- und Papierindustrie beliefen sich 2007 hochgerechnet auf rund 17 Mill. t und lagen damit gut 19 % über dem Wert von 1990 (Tabelle 4.2). Zeitgleich nahm die Produktion um mehr als 81 % zu, von 12,8 Mill. t Papier im Jahr 1990 auf 23,2 Mill. t im Jahr 2007. Infolgedessen nahmen die spezifischen CO₂-Emissionen je t Papierproduktion zwischen 1990 und 2007 um 34 % auf etwa 742 kg CO₂/t Papier ab. Dies entspricht einem Zielerreichungsgrad von 98 % im Jahr 2007.

Tabelle 4.2

CO₂-Emissionen der Papierindustrie1990 bis 2007; Minderungsziel bis 2012: 734 kg CO₂/t bzw. -35 % im Vergleich zu 1990

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Produktion	12,8	14,8	18,2	20,4	21,7	22,7	23,2
CO ₂ Mill. t	14,4	13,8	14,4	15,6	17,0	17,6	17,2
Spez. CO ₂ in kg/t	1130	928	793	764	784	776	742
Minderung		17,9%	29,8%	32,4%	30,6%	31,3%	34,3%
Zielerreichung		51,1%	85,1%	92,6%	87,5%	89,4%	98,0%

Eigene Berechnungen.

4.6 Ursachenanalyse

Ein wesentlicher Teil der erreichten Emissionsminderung lässt sich auf einen veränderten Brennstoffmix zurückführen. Dazu gehört ebenfalls die vermehrte Substitution von Primärenergieträgern und Fremdstrom durch Fremddampf und Sekundärbrennstoffe, die jedoch im Rahmen des Monitorings als nicht emissionsrelevant behandelt werden.

Tabelle 4.3

Komposition des Energieträger-Mix

1990 bis 2007; in %

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Primärenergieträger	54.7	53.5	43.6	36.4	40.1	40.6	40.4
Nettofremdstrom	36.0	36.0	44.9	48.0	44.0	43.9	40.7
Fremddampf	3.2	2.7	3.2	5.0	4.5	4.9	4.2
Sekundärbrennstoffe	6.1	7.7	8.3	10.6	11.3	10.6	14.7

Eigene Berechnungen.

Tabelle 4.3 stellt den relativen Beitrag der Energieträger zum gesamten Energieverbrauch der Branche im Zeitablauf dar. 1990 wurden mehr als die Hälfte des Energiebedarfs aus Primärenergieträgern gedeckt. Deren Bedeutung hat sich im Zeitablauf deutlich etwa auf das Niveau von Fremdstrom reduziert. Im Jahr 1990 entfielen auf die emissionsrelevanten Energieträger zusammen rund 91 % des gesamten Energieverbrauchs; dieser Anteil sank bis 2007 auf etwa 81 %.

Vor dem Hintergrund stark steigender Produktionszahlen (Tabelle 4.2) und eines weniger stark steigenden Energieverbrauchs der Branche (Tabelle 4.1) führt die Energieträgersubstitution zu einer Verminderung der spezifischen CO₂-Emissionen je Tonne Papierproduktion. In welchem Ausmaß dieser Effekt zutage tritt, deutet Tabelle 4.4 an, in der die CO₂-Emissionen errechnet wurden unter der Annahme, dass der Beitrag der Energieträger zum gesamten Energieverbrauch seit dem Jahr 1990 unverändert geblieben ist. Vergleicht man diese hypothetischen Ergebnisse mit den tatsächlichen Emissionen aus Tabelle 4.2, so wird deutlich, dass ohne die Brennstoffsubstitution die CO₂-Emissionen der Papierindustrie im Jahr 2007 um 4,2 Mill. t höher gelegen hätten.

Tabelle 4.4

CO₂-Einsparung durch Brennstoffsubstitution

1990 bis 2007; Energieträgermix fixiert auf das Jahr 1990

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
CO ₂ Mill. t	14,6	14,6	16,2	18,7	20,5	20,9	21,4
Spez. CO ₂ in kg/t Papier	1130	987	890	916	945	921	923
Minderung in %		12,7	21,2	18,9	16,4	18,5	18,3

Eigene Berechnungen.

Eine Gegenüberstellung der hypothetischen CO₂-Emissionen mit der jeweiligen Emissionsmenge aus Tabelle 4.2 liefert einen Anhaltspunkt, wie sich die Brennstoffsubstitution auf die Zielgröße der Selbstverpflichtungserklärung der Papierindustrie ausgewirkt hat. Demnach hätten die spezifischen CO₂-Emissionen je Tonne Papier von 1 130 kg im Jahr 1990 auf 923 kg im Jahr 2007 abgenommen; sie wären entsprechend um gut 18 % gesunken. Verglichen mit der tatsächlichen Minderung von 34 % können damit knapp die Hälfte des Minderungserfolgs auf die Brennstoffsubstitution zurückgeführt werden.

4.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Das Jahr 2004 ist für die Papierindustrie mit Blick auf die Bruttoanlageninvestitionen in Höhe von fast 1,4 Mrd. € herausragend. Mit Investitionsausgaben von fast 31 000 € je Beschäftigten, lag die Investitionsintensität der Papierindustrie so hoch wie nie zuvor. Derartige Größenordnungen sind

Ausnahmeerscheinungen und nicht in jedem Jahr zu erwarten. In den Berichtsjahren 2005 bis 2007 lagen die Bruttoanlageninvestitionen daher wieder auf einem langjährig vergleichbaren Niveau (Tabelle 4.5).

Die Investitionstätigkeit umfasst auch Maßnahmen, die der Verbesserung der Energieeffizienz und Emissionsvermeidung dienen. Die in den Jahren 2005 bis 2007 in diesem Zusammenhang getroffenen Maßnahmen werden in einem Anhang zum Fortschrittsbericht der Papierindustrie genannt (VDP 2008b). Dieser Anhang nennt rund 120 Einzelmaßnahmen und ist online unter <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring> verfügbar. Auf eine detaillierte Darstellung der Einzelmaßnahmen wird daher an dieser Stelle verzichtet.

Tabelle 4.5

Investitionen in den Betrieben der Papierindustrie
1990 bis 2007

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Investitionen in Mill. €	1 023	573	1 040	890	640	825	1 370	655	720	797
Investitionsquote in %	k.A.	5,4	8,1	7,1	5,2	6,8	11,1	5,1	5,1	5,4
Investitionsintensität	12,4	12,1	22,7	19,6	14,2	18,5	30,8	14,3	15,8	18, 0

Nach Angaben aus VDP (2007, 2008c). Investitionsquote: Investitionen/Umsatz, Investitionsintensität: Investitionen in tausend € pro Beschäftigten.

Der Fortschrittsbericht stellt insbesondere Maßnahmen der Brennstoffsubstitution und den Zubau von KWK-Anlagen heraus. So wird beispielsweise darauf hingewiesen, dass zwischen 1990 und 2007 durch umfangreiche Investitionen der Anteil an nachwachsenden Brennstoffen und Produktionsrückständen am gesamten Brennstoffbedarf der Branche von 9 % auf 25 % gestiegen ist. Allein im Berichtszeitraum 2005 bis 2007 wird eine Zunahme von vier Prozentpunkten berichtet. Zudem wurden mit einem Investitionsvolumen von knapp 36 Mill. € zwischen 2005 und 2007 insgesamt fünf KWK-Anlagen neu errichtet, knapp die Hälfte der Summe entfiel auf eine im Jahr 2007 in der Firma Weig in Mayen in Betrieb genommene Anlage. Darüber hinaus engagiert sich der VDP für das „Branchenenergiekonzept Papier“, in dem auf Basis einer Branchenvergleichsrechnung Konzepte für die rationale Energienutzung entwickelt und ein dazugehöriger Leitfaden erstellt werden soll.

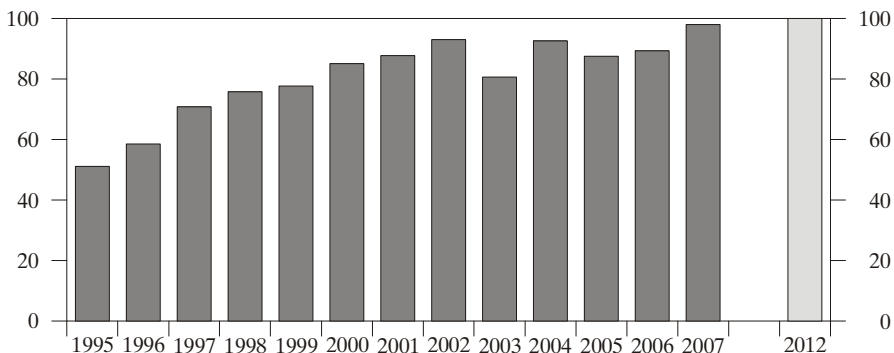
4.8 Zusammenfassung und Bewertung

In ihrer Selbstverpflichtung aus dem Jahr 2000 hat die Zellstoff- und Papierindustrie eine Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um

35 % gegenüber 1990 zugesagt. Ausgehend von 1 130 kg CO₂ je Tonne Papierproduktion entspricht dies einer Zielgröße von 734 kg CO₂/t. Dieses Ziel hat die Papierindustrie zum Ende des aktuellen Berichtszeitraums nahezu erreicht. Im Jahr 2007 wurden rund 742 kg CO₂/t emittiert, dies entspricht einer Reduktion gegenüber dem Ausgangswert von 34,3 % und einer Zielerfüllung von 98 % (Schaubild 4.5).

Durch die Neuordnung der amtlichen Energiestatistik im Jahr 2003 wurde eine Umstellung der Datenbasis auf eine Verbandserhebung zum Energieverbrauch der Branche notwendig. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass in der dafür befragten Stichprobe vergleichsweise große Unternehmen leicht überrepräsentiert, kleine Unternehmen hingegen unterfrequentiert sind. Nach Angaben des VDP ist die Unternehmensgröße ein Indiz für den verwendeten Energieträgermix: kleine Unternehmen verwenden vorwiegend kohlenstoffarmes Erdgas, während CO₂-intensive Kohle(erzeugnisse) eher in größeren Unternehmen zur Nutzenergieerzeugung Verwendung findet. In der Folge dürften die tatsächlichen CO₂-Emissionen niedriger ausfallen als die hier hochgerechneten Werte, was wiederum niedrigere spezifische CO₂-Emissionen impliziert. Vor diesem Hintergrund dürfte die aktuelle Zielerfüllung von 98 % leicht höher ausfallen.

Schaubild 4.5
Zielerreichungsgrade der Papierindustrie
1995 bis 2007; in %



Eigene Berechnungen.

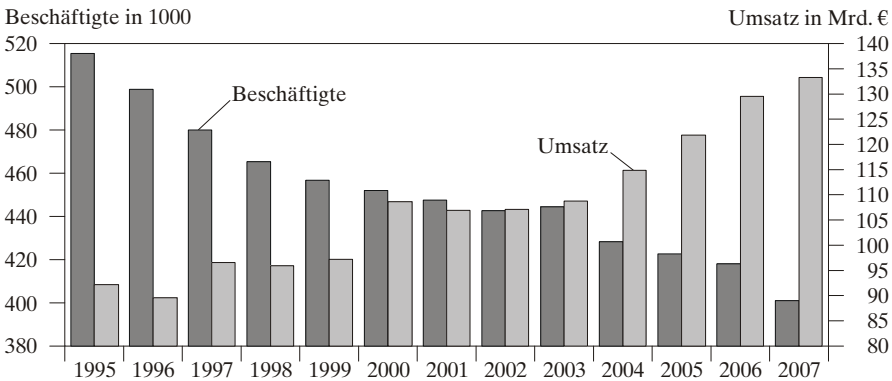
5. Die Chemische Industrie

Die Chemische Industrie stellt schwerpunktmäßig Vorprodukte für andere Industrien wie die Kunststoffverarbeitungs- oder die Automobilindustrie, anorganische Grundstoffe wie Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Chlor, Ammoniak, Säuren und Natronlauge sowie wichtige organische Basischemikalien wie Ethylen, Propylen, Butadien und Benzol her. Daneben werden in geringerem Maße Produkte des täglichen Bedarfs wie Wasch- und Reinigungschemikalien, Farben und Klebstoffe produziert. Der Umsatz belief sich 2007 auf ca. 133 Mrd. € und stieg im Vergleich zu 1995 um fast 45 % (Schaubild 5.1). Mehr als die Hälfte des Umsatzes wird im Ausland erzielt. Die Chemische Industrie Deutschlands ist damit weltweit einer der bedeutendsten Marktakteure und hält derzeit einen am Umsatz gemessenen Weltmarktanteil von gut 7 % (VCI 2007a, 2007b).

Schaubild 5.1

Umsatz und Beschäftigte der Chemischen Industrie

1995 bis 2007; fachliche Betriebsteile



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1.

Die vorwiegend mittelständisch geprägte Chemische Industrie beschäftigte nach Angaben des Statistischen Bundesamtes im Jahr 2007 ca. 400 000 Personen (in Abgrenzung der fachlichen Betriebsteile), dies sind rund 22 % weniger als 1995. Etwa 8 % aller Arbeitnehmer des Produzierenden Gewerbes waren 2007 in der Chemischen Industrie beschäftigt und erzielten dabei fast 10 % des Umsatzes des Produzierenden Gewerbes.

5.1 Datenbasis

Die Chemische Industrie wird in der Wirtschaftszweigklassifikation von 2003 unter der Nr. 24 „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ geführt. Die Branche weist ein großes Spektrum an Produkten auf. Daher kann die Entwicklung der Produktion nur mit Hilfe eines Index angegeben werden. Ein solcher wird vom Statistischen Bundesamt in seiner Fachserie 4, Reihe 2.1 ermittelt (StaBuA/FS4/R2.1, verschiedene Jahrgänge).

Als wesentliche Datengrundlage für die Ermittlung des Energieverbrauchs und die Berechnung der CO₂-Emissionen diente in der Vergangenheit die amtliche Energiestatistik und seit dem Berichtsjahr 2003 die Energieverwendungserhebung für das Produzierende Gewerbe des Statistischen Bundesamtes. Da diese amtlichen Daten mitunter erst 18 Monate nach Abschluss des entsprechenden Kalenderjahres verfügbar werden, ist die Nutzung der amtlichen Energieverwendungserhebung für das CO₂-Monitoring angesichts des verkürzten Zeitrahmens für die Berichterstellung nicht mehr möglich.

Der Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) hat daher ein Extrapolationsverfahren für den Energieverbrauch entwickelt, welches auf einer Befragung von für den Energieverbrauch der Branche repräsentativen Mitgliedunternehmen des VCI aufbaut, mit dem Ziel, zeitnah belastbare Angaben über den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen des vergangenen Kalenderjahres machen zu können. Die Verbandsbefragung orientiert sich an dem Vorgehen der amtlichen Energieverwendungserhebung und unterscheidet explizit zwischen energetisch genutzten und rohstoffbedingt eingesetzten Mengen an Energieträgern. Eine solche Unterscheidung ist aufgrund der Selbstverpflichtung der Branche notwendig. Die vom VCI befragten Mitgliedsunternehmen repräsentieren rund die Hälfte des branchenweiten Strom- und Erdgasverbrauchs – die für die Chemische Industrie beiden wichtigsten Energieträger – und bilden daher eine gute Grundlage für die anschließende Extrapolation.

Ausgangspunkt der Extrapolation sind die Kalenderjahre, für die sowohl Daten aus der amtlichen Energieverwendungserhebung als auch aus der Verbandserhebung vorliegen. Für diese Jahre wird für die wichtigsten Energieträger der branchenweite Anteil berechnet, der von den an der Verbandsbefragung beteiligten Unternehmen verbraucht wurde. Für die Perioden, für die noch keine amtlichen Daten verfügbar sind, jedoch Ergebnisse aus der Verbandsbefragung vorliegen, werden die Ergebnisse der Verbandserhebung für die wichtigsten Energieträger anhand der fortgeschriebenen Anteile hochgerechnet. Für weniger bedeutsame Energieträger erfolgt eine Fortschreibung der letzten verfügbaren amtlich publizierten Verbrauchsmenge.

Um Aussagen über die Güte dieser Extrapolationsprozedur machen zu können, wurden im Vorfeld zu Testzwecken Plausibilitätsrechnungen durchgeführt. Auf Basis der rückwirkend erhobenen Verbandsdaten der Jahre 2004 und 2005 erfolgte eine Prognose des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen der Chemischen Industrie (ohne Rohstoffbedarf) für das Jahr 2006. Es zeigt sich, dass die Prognose des Energieverbrauchs den amtlichen Wert lediglich um 1 % überschritt. Die Prognose der CO₂-Emissionen unterschritt den aus den amtlichen Daten errechneten Wert um weniger als 2 %. Somit hat sich gezeigt, dass die angewendete Extrapolation zuverlässige Ergebnisse produziert, insbesondere vor dem Hintergrund des sehr engen Zeitfensters, in dem die Datenerhebung, die Hochrechnung und die Berichterstellung durchzuführen sind.

Für die Chemische Industrie sind neben energiebedingten CO₂-Emissionen auch die Emissionen an Lachgas (N₂O) bedeutsam, die zum größten Teil bei der Produktion von Adipin- und Salpetersäure entstehen. Insbesondere für das Jahr 1990 ist die Datenverfügbarkeit für N₂O-Emissionen jedoch schwierig. Das Umweltbundesamt publiziert im Rahmen seiner Treibhausgasberichterstattung Emissionsmengen zu N₂O (UBA 2008: 428-429). Der für 1990 veröffentlichte Wert an N₂O-Emissionen der Chemischen Industrie beläuft sich auf 23,8 Mill. T CO₂-Äquivalente und wurde aus Produktionsdaten, vor allem für Salpetersäure und Adipinsäure, berechnet.

Inzwischen erhebt der Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) seit 2001 die N₂O-Emissionen bei seinen Mitgliedsunternehmen und stellt die Daten im Rahmen des Monitorings zur Verfügung. Dabei handelt es sich um tatsächlich anfallende Messwerte, die Angaben werden daher nicht indirekt aus Produktionszahlen für Salpeter- und Adipinsäure ermittelt.

5.2 Energieverbrauch und Produktion

Die Chemische Industrie gehört zu den größten Energieverbrauchern im Produzierenden Gewerbe. Nur die Eisenschaffende Industrie hat einen Energieverbrauch von vergleichbarer Größenordnung. Schaubild 5.2 zeigt für den Energieverbrauch einen leicht abnehmenden Trend für den Zeitraum ab 1995. Der prognostizierte Energieverbrauch für das Jahr 2007 – ohne den rohstoffbedingten Bedarf an fossilen Brennstoffen – beträgt rund 733 PJ, dies sind etwa 2,5 % weniger als 1995.

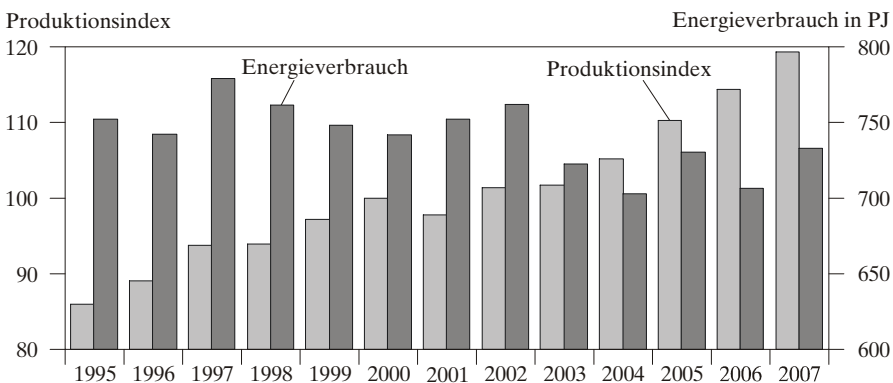
Zwischen Produktion und Energieverbrauch ist eine merkliche Entkopplung festzustellen: Während der Energieverbrauch zwischen 1995 und 2007 um 2,5 % sank, stieg der Produktionsindex deutlich an (Schaubild 5.2). Im Vergleich zum Referenzjahr 2000 (=100 %) erhöhte sich der Produktionsindex allein im Berichtszeitraum von 105 % im Jahr 2004 auf (prognostizierte)

119 % im Jahr 2007. Dabei entwickelte sich die Produktion in den einzelnen Chemiesparten uneinheitlich. Als sehr energieintensiv gelten die Produktion von chemischen Grundstoffen und Chemiefasern, die zusammen etwa 85% des gesamten Energieverbrauchs ausmachen. Während die Produktion von chemischen Grundstoffen im Zeitraum 2000 bis 2007 um etwa 12 % stieg, sank die Produktion von Chemiefasern um 15 % (StaBuA/FS4/R2.1, verschiedene Jahrgänge). Einen deutlichen Produktionszuwachs von mehr als 45 % verzeichnete die Produktion von pharmazeutischen Erzeugnissen.

Schaubild 5.2

Produktionsindex (2000 = 100) und Energieverbrauch der Chemischen Industrie

1995 bis 2007; Energieverbrauch ohne rohstoffbedingte Anteile



Nach Angaben des VCI im Rahmen des Monitoring.

5.3 Ausgewählte Produktionsprozesse

Eine Besonderheit der Chemischen Industrie im Rahmen des Monitoring ist die Verwendung fossiler Energieträger sowohl für die Energieerzeugung und auch als Rohstoff für die Produktion. Die Selbstverpflichtungserklärung der Chemischen Industrie bezieht sich allein auf die Reduktion der energiebedingten Klimagasemissionen und des energiebedingten Energieträgerverbrauchs. Der rohstoffbedingte Verbrauch an Energieträgern wird daher bereits bei der VCI-Verbandserhebung aus dem gesamten Energieverbrauch herausgerechnet. Die derzeit verfügbaren amtlichen Daten zeigen für die Jahre 1995 bis 2006, dass davon besonders die Energieträger Steinkohle, schweres Heizöl und Erdgas betroffen sind (Tabelle 5.1).

Insbesondere zur Herstellung von chemischen Grundstoffen werden die fossilen Energieträger als Rohstoff verwendet. Beispielsweise dient schweres Heizöl als Ausgangsstoff für die Produktion von Synthesegas zur Herstellung von Methanol, welches wiederum einer der zentralen chemischen

Ausgangsstoffe ist. Auch Erdgas wird in Synthesegas umgewandelt und findet in der Produktion von Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Ammoniak oder Methanol Verwendung.

Tabelle 5.1

Verbrauch an Energieträgern

1995 bis 2006; gerundete Werte in PJ

	1995	2000	2004	2005	2006
Steinkohle(erzeugnisse)	61,8	25,5	12,4	7,1	8,1
Davon rohstoffbedingt	19,0%	14,4%	18,7%	32,0%	47,6%
Mineralöl(erzeugnisse)	100,7	77,5	54,8	103,9	209,5
Davon rohstoffbedingt	45,1%	55,4%	38,0%	65,1%	58,9%
Brenngase	346,7	325,3	328,8	345,4	325,0
Davon rohstoffbedingt	23,3%	24,6%	30,0%	30,3	28,7%

Nach Angaben des VCI im Rahmen des Monitoring und StaBuA/EV (verschiedene Jahrgänge).

5.4 Die Selbstverpflichtungserklärung

Der Verband der Chemischen Industrie e.V. hat im März 1996 eine Klimaschutzklärung für die Chemische Industrie abgegeben. Diese bezieht sich explizit auf die Reduzierung des *energiebedingten* Bedarfs fossiler Brennstoffe und der daraus folgenden CO₂-Emissionen und grenzt den rohstoffbedingten Bedarf aus. In dieser Erklärung hat die Chemische Industrie zugesagt, sowohl ihre energiebedingten CO₂-Emissionen als auch den spezifischen Energieverbrauch bis 2005 um 30 % gegenüber 1990 zu senken (Übersicht 5.1).

Übersicht 5.1

Die Selbstverpflichtungserklärungen der Chemischen Industrie

Ziele bis 2005	Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs und der energiebedingten CO ₂ -Emissionen um jeweils 30 % gegenüber 1990.
Ziele bis 2012:	Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs um 35 % bis 40 %. Verringerung der energiebedingten CO ₂ - und der N ₂ O-Emissionen in der Summe um 45 % bis 50 % CO ₂ -Äquivalente.
Basisjahr	1990

Nach Angaben des VCI (2001).

Im Januar 2001 wurde eine weiterentwickelte Selbstverpflichtungserklärung für die Chemische Industrie abgegeben. Mit ihr verschärft die Chemische Industrie nicht nur ihre Ziele gegenüber ihrer Erklärung von 1996, sondern bezieht neben Kohlendioxid (CO₂) weitere Klimagase in die Verpflichtung ein.

Neben Kohlendioxid spielt nur noch das klimapotente Lachgas (N_2O) eine wesentliche Rolle für die Klimaschutzzerklärung der Chemischen Industrie. N_2O -Emissionen haben eine um den Faktor 310 höhere Treibhausgasrelevanz als CO_2 , d. h. jede Tonne N_2O -Emission ist genauso treibhauswirksam wie 310 Tonnen CO_2 . Als wesentliche N_2O -Quelle nennt der VCI die Herstellung von Adipin- und Salpetersäure. Die Emissionen an fluorierten Gasen (Halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe und Perfluorcarbone sowie Schwefelhexafluorid) sind nach Aussagen des VCI (2001) bereits in den Produktionsprozessen soweit minimiert worden, dass diese nicht mehr von Relevanz sind.

Konkret verpflichtet sich die Chemische Industrie in ihrer weiterentwickelten Selbstverpflichtungserklärung, ihre energiebedingten CO_2 -Emissionen und die N_2O -Emissionen bis 2012 um 45 % bis 50 % gegenüber 1990 zu senken (Übersicht 5.1). Zu den im Rahmen des Monitoring festgestellten emittierten 65,5 Mill. T CO_2 im Jahr 1990 werden daher die in CO_2 -Äquivalenten ausgedrückten Lachgas-Emissionen von etwa 23,8 Mill. t hinzugerechnet (UBA 2008). Daraus ergibt sich für das Basisjahr 1990 insgesamt eine Ausgangsgröße von 89,3 Mill. T CO_2 -Äquivalenten. Vor dem Hintergrund der weiterentwickelten Selbstverpflichtungserklärung resultiert daraus für die Chemische Industrie ein Zielkorridor von 45 bis 49 Mill. t CO_2 -Äquivalenten für das Jahr 2012 (VCI 2001). Darüber hinaus verpflichtet sich die Chemische Industrie zur weiteren Verbesserung der Energieeffizienz: Der spezifische Energieverbrauch soll zwischen 1990 und 2012 um 35 % bis 40 % reduziert werden.

5.5 Bis 2007 erreichte Energieverbrauchs- und Treibhausgasminderungen

Der (energiebedingte) Verbrauch an fossilen Brennstoffen konnte gegenüber 1990 bis 2007 um rund 183 PJ, entsprechend etwa 20 %, gesenkt werden (Tabelle 5.2). Demgegenüber stieg in diesem Zeitraum der Produktionsindex von 83,5 auf 119,3. In der Folge sank bis 2005 der spezifische Energieverbrauch um 39,6 % gegenüber 1990 und bis 2007 um 44 %. Die Chemische Industrie hat damit ihre Zusage erfüllt, den spezifischen Energieverbrauch bis 2005 um mindestens 30 % zu senken. Auch mit Blick auf die Verpflichtungserklärung für 2012, den spezifischen Energieverbrauch bis dahin um mindestens 35 % zu senken, darf diese Zusage derzeit als erfüllt angesehen werden.

Die CO_2 -Emissionen der Chemischen Industrie sanken bis 2005 auf 45,8 Mill. t, dies entspricht einer Minderung um 19,7 Mill. t oder 30,1 % gegenüber 1990 (Tabelle 5.3). Die Minderungszusage der Chemischen Industrie, ihre energiebedingten CO_2 -Emissionen bis 2005 um 30 % gegenüber 1990 zu senken, ist vollständig erfüllt worden.

Tabelle 5.2

Entwicklung des Produktionsindex, des Energieverbrauchs und des spezifischen Energieverbrauchs

1990 bis 2007; ohne rohstoffbedingten Brennstoffverbrauch

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Energieverbrauch in PJ	915,8	752,1	741,7	703,2	730,3	706,6	733,0
Energieverbrauch, 2000=100	123,5	101,4	100,0	94,8	98,5	95,3	98,8
Produktionsindex, 2000=100	83,5	86,0	100,0	105,2	110,3	114,4	119,3
Spezifischer Energieverbrauch, 2000=100	147,9	117,9	100,0	90,1	89,3	83,3	82,8
Minderung in %	-	20,3	32,4	39,1	39,6	43,7	44,0
Zielerreichungsgrad (spez. Energieverbrauchs) in %							
für 2005 (-30%)	-	67,5	107,9	130,2	132,1	-	-
für 2012 (-35%)	-	57,9	92,5	111,6	113,2	124,8	125,7

Eigene Berechnungen nach Angaben des VCI im Rahmen des Monitoring.

Mit Blick auf die Minderungszusage für 2012 aus der weiterentwickelten Klimaschutzselbstverpflichtung des Jahres 2001, in der eine Reduktion der Emissionen der Treibhausgase CO₂ und N₂O um mindestens 45 % zugesagt wurde, hat die Chemische Industrie bis 2007 ihre Treibhausgasemissionen um mehr als 37 % zurückgeführt (Tabelle 5.4) und ihre Minderungszusage zu etwa 82 % erfüllt.

Tabelle 5.3

Entwicklung der CO₂-Emissionen

1990 bis 2005; ohne rohstoffbedingte Emissionen

	1990	1995	2000	2004	2005
CO ₂ -Emissionen in Mill. t	65,5	49,7	47,5	44,3	45,8
Minderung in %	-	24,1	27,5	32,4	30,1
Zielerreichungsgrad (Emissionsziel) für 2005 in %	-	80,3	91,6	108,0	100,0

Nach Angaben des VCI im Rahmen des Monitoring.

Insbesondere bei den N₂O-Emissionen ist ein zyklischer Verlauf der Emissionsmenge zu erkennen. In den Jahren 2001, 2004 und 2007 lagen die N₂O-Emissionen deutlich oberhalb der Werte der Zwischenjahre. Nach Angaben des VCI ist dies auf turnusgemäße Wartungsarbeiten an den Abluftreinigungsanlagen zurückzuführen. Da N₂O nur von sehr wenigen Produktionsanlagen emittiert wird, hat die Außerbetriebnahme einer Abluftreinigung teilweise eine erhebliche Wirkung auf die N₂O-Emissionsmenge. Der in Tabelle 5.4 dargestellte Rückgang des Zielerreichungsgrades für das Jahr 2007 auf rund 83 % stellt daher einen Sondereffekt dar. Ohne einen solchen Sondereffekt, also bei Betrieb sämtlicher Abgasreinigungsanlagen, ist das Minderungsziel für die Treibhausgasemissionen tendenziell zu eher

90 % erfüllt. Nach Angaben des VCI ist eine redundante Auslegung der N₂O-Abluftreinigungsanlagen geplant, mit der bis 2012 eine Verstärkung der N₂O-Minderung angestrebt wird.

Tabelle 5.4

Entwicklung der Treibhausgasemissionen

1990 bis 2007; in Mill. t; ohne rohstoffbedingte Emissionen

	1990	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -Emissionen	65,5	48,3	48,8	46,0	44,3	45,8	44,9	46,3
N ₂ O-Emissionen (CO ₂ -Äquivalent)	23,8	8,5	7,5	6,8	9,0	8,0	7,1	9,8
Insgesamt	89,3	56,8	56,3	52,8	53,3	53,8	52,0	56,1
Minderung in %	-	36,4	37,0	40,9	40,3	39,8	41,8	37,2
Zielerreichungsgrad (Emissionsziel) für 2012 in %	-	80,9	82,1	90,8	89,6	88,3	92,8	82,6

Nach Angaben des VCI im Rahmen des Monitoring.

5.6 Ursachenanalyse

Eine wesentliche Ursache der CO₂-Minderungen ist in der Änderung des Energiemix zu sehen. Die kohlenstoffreichen Energieträger Braun- und Steinkohle wurden zwischen 1990 und 2004 weitgehend durch andere Energieträger ersetzt (Tabelle 5.5). 1990 sind knapp 916 PJ Energie verbraucht worden, die zu 9 % aus Steinkohle und zu 13 % aus Braunkohle gewonnen wurden. Insgesamt wurden dabei 65,5 Mill. T CO₂ emittiert. Jedes GJ Energie war demnach mit CO₂-Emissionen in Höhe von 71,6 kg verbunden. Bis zum Jahr 2005 haben sich Strom und Brenngase (vornehmlich Erdgas) als die dominierenden Energieträger in der Chemischen Industrie durchgesetzt: etwa 94 % des Energieverbrauchs wurden 2005 aus diesen beiden Energieträgern gedeckt. Dies minderte den CO₂-Gehalt je GJ auf 62,7 kg. In den Jahren 2005 und 2006 ist im Vergleich zu den Vorjahren eine deutliche Zunahme des als Mineralölerzeugnis geführten Flüssiggases zu erkennen. In der Folge stieg der Emissionswert je GJ in den Jahren 2005 und 2006 wieder leicht auf 63,1 kg CO₂/GJ an, lag aber immer noch um rund 12 % unter dem Wert aus 1990.

Der Effekt des Wandels im Energiemix wird deutlich, wenn man die 733 PJ verbrauchte Energie des Jahres 2007 mit dem CO₂-Gehalt je GJ des Jahres 1990 multipliziert, d.h. wenn man den Energiemix über die Zeit konstant hält. Dies führt für 2007 zu fiktiven CO₂-Emissionen in Höhe von 52,5 Mill. t. Entsprechend wurden gegenüber 1990 im Jahr 2007 durch einen geänderten Energiemix rund 6,2 Mill. t CO₂ eingespart. Stellt man diesen Wert den 19,2 Mill. t CO₂-Einsparung zwischen 1990 und 2007 gegenüber,

lassen sich also rund ein Drittel der CO₂-Reduktion auf den Wandel im Energiemix zurückführen.

Tabelle 5.5

Wandel im Energiemix der Chemischen Industrie

1990 bis 2007; ohne rohstoffbedingten Brennstoffverbrauch; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Energieverbrauch, PJ	915,8	752,1	741,7	703,2	730,3	706,6	733,0
<i>davon aus:</i>							
Steinkohle(erzeugnisse)	9%	8%	4%	1%	1%	1%	1%
Braunkohle(erzeugnisse)	13%	3%	1%	1%	1%	1%	1%
Mineralöl(erzeugnisse)	7%	11%	9%	4%	5%	12%	11%
Brenngase	28%	36%	34%	33%	34%	33%	36%
Netto-Fremdstrom	42%	42%	53%	60%	60%	53%	54%
CO ₂ -Emissionen, in Mill. t	65,5	49,7	47,5	44,3	45,8	44,9	46,3
CO ₂ -Gehalt, in kg CO ₂ /GJ	71,6	66,1	64,1	62,9	62,7	63,5	63,1

Eigene Berechnungen.

Die Chemische Industrie ist innerhalb des Produzierenden Gewerbes nach wie vor der größte Eigenstromerzeuger: mehr als ein Drittel der gesamten Brutto-Eigenstromerzeugung im Produzierenden Gewerbe entfällt auf Kraftwerke der Chemischen Industrie (StaBuA/FS4/R6.4, verschiedene Jahrgänge). Der Wandel im Energiemix der Chemischen Industrie ist auch in der Eigenstromerzeugung zu erkennen.

Tabelle 5.6

Energiemix für die Brutto-Stromerzeugung der Chemischen Industrie

1990 bis 2006; in Prozent

	1990	1995	2000	2004	2005	2006
Kohle	39	23	20	7	6	7
Gas	48	63	66	73	72	69
Heizöl	4	3	3	5	4	4
Sonstiges	8	10	11	15	16	18
Insgesamt	100	100	100	100	100	100

Nach Angaben des Statistischen Bundesamts, Fachserie 4, Reihe 6.4.

So wird in Tabelle 5.6 deutlich, dass kohlenstoffreiche Kohle als Energieträger für die Stromerzeugung in industrieeigenen Kraftwerken der Chemischen Industrie deutlich an Bedeutung verloren hat, kohlenstoffarmes Gas hingegen relativ bedeutsamer geworden ist. Die sonstigen Energieträger, unter denen auch erneuerbare Energien zusammengefasst sind, konnten im

Zeitraum 2000 bis 2006 ihren Anteil an der Bruttostromerzeugung der Chemischen Industrie nahezu verdoppeln. Dies impliziert, dass die Chemische Industrie je selbst erzeugter kWh Strom zunehmend weniger CO₂ emittiert als noch 1990.

5.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die von der Chemischen Industrie im Berichtszeitraum 2005 bis 2007 getroffenen CO₂-Minderungsmaßnahmen lassen sich grob in die Bereiche Energieerzeugung und Energieverwendung einordnen und werden im Fortschrittsbericht der Chemischen Industrie dargestellt (VCI 2008). Für den gesamten Berichtszeitraum summiert sich die Emissionsverringerung auf etwa 1,55 Mill. t, davon entfällt der Großteil auf den Bereich der Energieerzeugung (Tabelle 5.7). Der Fortschrittsbericht erwähnt darüber hinaus eine Reihe von Schulungs- und Fortbildungsmaßnahmen, die in ihrer Wirkung jedoch nicht quantifizierbar sind.

Tabelle 5.7

Minderungsmaßnahmen der Chemischen Industrie

CO₂-Einsparung bezogen auf den Berichtszeitraum 2005 bis 2007; in 1000 t

Energieerzeugung	Einsparung	Energienutzung	Einsparung
Ausbau KWK	1 000,0	Optimierung des Anlagenbetriebs	57,0
Brennstoffsubstitution, Heizkesselmodernisierung	375,0	Nutzung von Überschussdampf	46,5
Erneuerung und Optimierung von Gas- und Dampfturbinen	3,1	Programme zur Steigerung der Energieeffizienz	22,5
Installation Wärmeverbund	2,6	Optimierte Gastrennung	28,5
Sonstiges	0,8	Wärmerückgewinnung	16,0
		Verfahrensbedingte Energieeinsparung	5,0
		Sonstiges	5,7
Insgesamt	1 381,5	Insgesamt	181,2

Nach Angaben aus VCI (2008).

Im Bereich der Energieerzeugung stellt die Inbetriebnahme eines Gas- und Dampf-Kraftwerks mit einer Emissionsminderung von jährlich rund 500 Kilotonnen (kt) CO₂ die mit Abstand bedeutendste Minderungsmaßnahme dar. Seit Inbetriebnahme des Kraftwerks wurden im Berichtszeitraum Emissionen von etwa 1000 kt CO₂ vermieden. Ferner wurden durch die Substitution von Brennstoffen und die Modernisierung bestehender Heizkesselanlagen zwischen 2005 und 2007 etwa 375 kt CO₂ vermieden. So wurde beispielsweise in einem Betrieb die Wärmeerzeugung von Erdgas auf

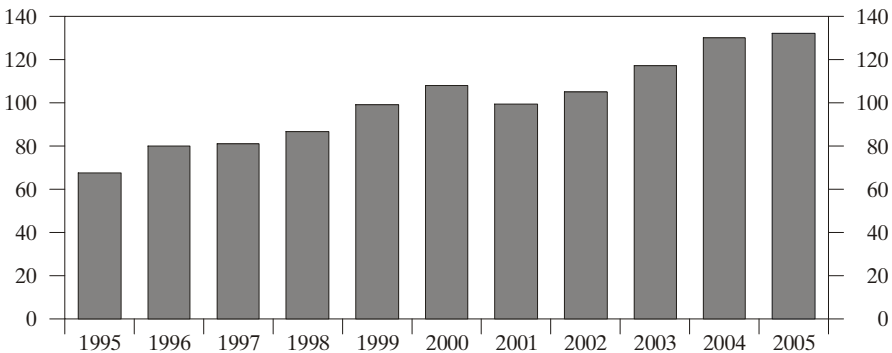
produktionstechnisch anfallenden Wasserstoff umgestellt. In einem anderen Beispiel wurde Steinkohle durch biogene Brennstoffe substituiert.

Unter dem Punkt des optimierten Anlagenbetriebs sind eine Reihe von einzelnen Minderungsmaßnahmen zusammengefasst, die auf der Seite der Energieverwendung in der Summe zu einer CO₂-Einsparung von 57 kt geführt haben. Darüber hinaus sind die Wärmeabgewinnung aus Überschussdampf und die unternehmensweiten Programme zur Steigerung der Energieeffizienz besonders hervorzuheben. Beispielsweise wurden in einem Unternehmen der Branche vergleichbare Produktionsanlagen einem unternehmensinternen Benchmarking unterzogen; durch die daraufhin getroffenen Optimierungsmaßnahmen konnten CO₂-Emissionen von etwa 3,5 kt vermieden werden.

Schaubild 5.3

Zielerreichungsgrad für den spezifischen Energieverbrauch

1995 bis 2005; in %; Zielzeitpunkt 2005



Eigene Berechnungen.

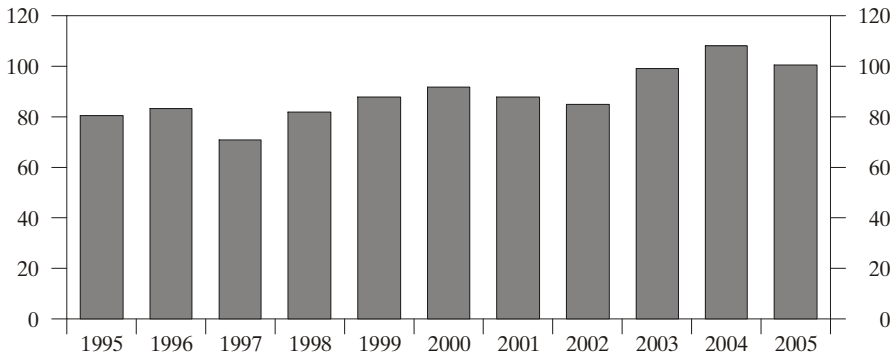
5.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die Chemische Industrie hat ihr Ziel, den spezifischen Energieverbrauch bis 2005 um 30 % gegenüber 1990 zu senken, deutlich zu 132 % erfüllt (Schaubild 5.3). Auch das Ziel die energiebedingten CO₂-Emissionen bis 2005 um 30 % gegenüber 1990 zu mindern wurde punktgenau erreicht (Schaubild 5.4). Somit hat die Branche ihre beiden für 2005 formulierten Verpflichtungen erfüllt. Diese Zielformulierungen werden in den zukünftigen Berichtsperioden nicht mehr betrachtet, vielmehr wendet sich die Aufmerksamkeit in Richtung der Erfüllung der für den Zeitpunkt 2012 formulierten Ziele.

Schaubild 5.4

Zielerreichungsgrad für die energiebedingten CO₂-Emissionen

1995 bis 2005; in %; Zielzeitpunkt 2005



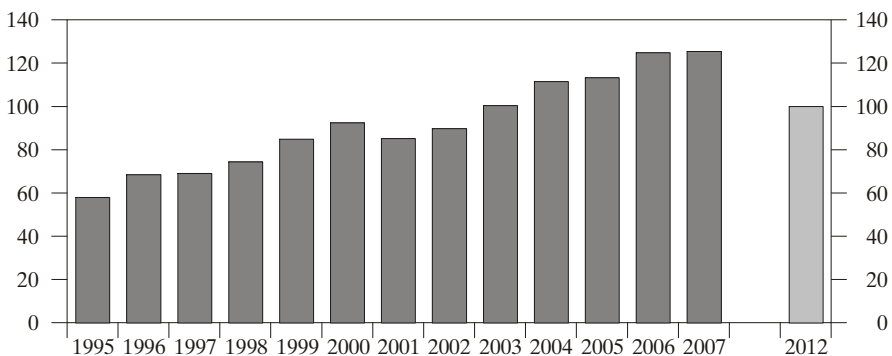
Eigene Berechnungen.

Auf dem Weg dorthin ist die Chemische Industrie bereits ein gutes Stück vorangeschritten. Das Ziel den spezifischen Energieverbrauch bis 2012 um 35 % gegenüber 1990 zu reduzieren hat die Branche 2007 bereits zu 126 % erfüllt (Schaubild 5.5).

Schaubild 5.5

Zielerreichungsgrad für den spezifischen Energieverbrauch

1995 bis 2007; in %; Zielzeitpunkt 2012



Eigene Berechnungen.

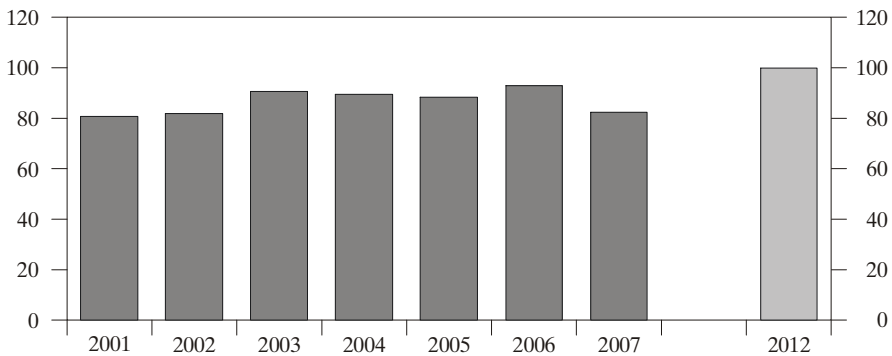
Auch mit Blick auf die Zusage die energiebedingten CO₂-Emissionen und die N₂O-Emissionen bis 2012 um insgesamt mindestens 45 % gegenüber 1990 zu senken, ist die Chemische Industrie auf gutem Wege. 2006 wurde das Ziel bereits zu 93 % erreicht (Schaubild 5.6). Der zu beobachtende

Rückgang des Zielerreichungsgrades im Jahr 2007 auf 83 % ist vor allem auf Wartungsarbeiten an Abluftreinigungsanlagen von N_2O -Produktionsanlagen zurückzuführen, so dass eher der 2006er Erfüllungsgrad ein adäquates Bild der erreichten Emissionsminderungen zeichnet. Durch eine geplante redundante Auslegung der N_2O -Abluftreinigungsanlagen wird bis 2012 eine Verstetigung der N_2O - Minderung angestrebt.

Schaubild 5.6

Zielerreichungsgrad für die Treibhausgas-Emissionen

1995 bis 2007; in %; Zielzeitpunkt 2012



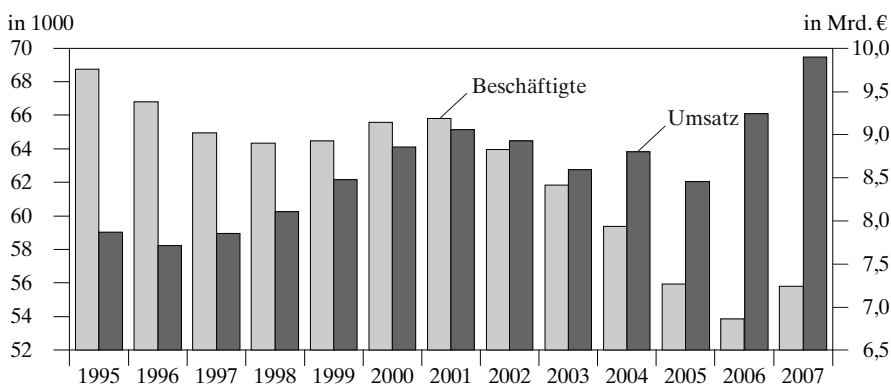
Eigene Berechnungen.

6. Die Glasindustrie

Die Erzeugnisse der Glasindustrie finden in vielen Bereichen Verwendung. Zu den wichtigsten Abnehmern zählen neben der Ernährungs- und Getränkeindustrie die Kraftfahrzeugindustrie sowie die Bauwirtschaft. Entgegen der seit 1995 rückläufigen Entwicklung in der Bauwirtschaft stiegen Produktion und Umsatz der Glasindustrie bis 2001 beständig an (Schaubild 6.1 und 6.2). In den folgenden Jahren ging der Umsatz im Inland allerdings deutlich zurück. Dies konnte auch durch das Auslandsgeschäft nicht kompensiert werden. Der Gesamtumsatz der Branche sank von 2001 bis 2005 um 6,6 % auf 8,5 Mrd. €. In den Jahren 2006 und 2007 konnte auch die Glasindustrie vom positiven wirtschaftlichen Umfeld profitieren: Der Umsatz stieg 2007 auf 9,9 Mrd. €. Während 2006 das Wachstum erneut vom Auslandsumsatz getragen wurde, stieg 2007 auch der Inlandsumsatz. Insgesamt wurde zwischen 1995 und 2007 in der Glasindustrie ein durchschnittliches Umsatzwachstum von 1,9 % erzielt.

Schaubild 6.1

Beschäftigte und Umsatz in der Glasindustrie 1995 bis 2007



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1.

Die Glasindustrie umfasst überwiegend mittelständische Unternehmen. 2007 waren in den 419 Betrieben 55 823 Arbeitnehmer beschäftigt (Schaubild 6.2). Auf das gesamte Verarbeitende Gewerbe bezogen liegt der Anteil der Glasindustrie bei 0,9 % der Beschäftigten und 0,6 % des Umsatzes. Damit zählt die Glasindustrie hinsichtlich Umsatz und Beschäftigung zu den eher kleineren Industriezweigen.

6.1 Datenbasis

In der Abgrenzung der Systematik der Wirtschaftszweige (WZ 93) findet sich die Glasindustrie in Position 26.1 „Herstellung und Verarbeitung von Glas“. Hierzu zählen neben der eigentlichen Herstellung von Glas – dem so genannten Hüttenglas – auch Wirtschaftszweige, in denen Glas veredelt und/oder weiterverarbeitet wird.⁷ Die Gliederung der WZ 93 erlaubt nur bedingt eine eindeutige Unterscheidung zwischen Glas schmelzenden und weiterverarbeitenden bzw. veredelnden Bereichen. So wird in der amtlichen Statistik zwischen Flachglasschmelzbetrieben (WZ 26.11 „Herstellung von Flachglas“) und weiterverarbeitenden Betrieben (WZ 26.12 „Veredlung und Verarbeitung von Flachglas“) unterschieden, während diese Trennung für die anderen Glas-Segmente – auch aus technischen Gründen – vom Statistischen Bundesamt nicht vorgenommen werden kann.

Der Produktionswert für die Herstellung von Glas und Glaswaren enthält daher Doppelzählungen. Hinzu kommt, dass das Statistische Bundesamt die produzierten Mengen in der Produktionsstatistik (Fachserie 4, Reihe 3.1) nicht durchgängig in Tonnen ausweist und es eine Vielzahl von Geheimhaltungsfällen gibt. Die amtlichen Produktionsdaten sind daher für das Monitoring, das sich an den CO₂-Emissionen je Tonne Output orientiert, nicht geeignet. Aus diesen Gründen wird die produzierte Tonnage an Hüttenglas vom Bundesverband Glasindustrie e.V. (BV Glas) auf Basis einer jährlichen Datenerhebung bei allen Mitgliedsunternehmen ermittelt. Der Erfassungsgrad der Umfrage beträgt etwa 80 % der deutschen Nettoproduktion an Hüttenglas.

Die Daten zum Einsatz an Strom und fossilen Energieträgern beruhen auf Angaben des Statistischen Bundesamtes. Bis 2002 wurden sie der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, entnommen. Seit 2003 wird die Energieverwendung nicht mehr in der Fachserie 4, sondern als eigenständige Statistik veröffentlicht. Im Zuge dieser Änderung wurde die Statistik einer methodischen und konzeptionellen Überarbeitung unterzogen. Dies hat bei einigen Energieträgern zu erheblichen Abweichungen gegenüber früheren Jahren geführt. Für Kokereigas wird ab 2003 für die Glasindustrie kein Verbrauch mehr ausgewiesen, erstmalig stattdessen für Flüssiggas. Insgesamt hat sich hierdurch ein Bruch in der Zeitreihe des Energieverbrauchs ergeben. Ab 2003 sind die Ergebnisse des Monitorings daher mit Ergebnissen aus früheren Jahren nur eingeschränkt vergleichbar.

⁷ Aufgrund des Herstellungsverfahrens (Schmelz-Verfahren) zählt genau genommen auch die Produktion von Wasserglas zur Glasindustrie. Sowohl Produktion als auch Energieverbrauch werden jedoch in der chemischen Industrie erfasst.

Wegen einer Vielzahl von Geheimhaltungsfällen konnte der Nettofremdstrombezug für 2005 nicht aus den amtlichen Daten errechnet werden. Darüber hinaus lagen für 2007 vom Statistischen Bundesamt noch keine Energieverwendungsdaten vor. Der BV Glas hat daher für die Jahre 2005 bis 2007 den Energieverbrauch bei seinen Mitgliedern erhoben. Im Vergleich zu den Daten des Statistischen Bundesamtes wurden dabei für die Jahre 2005 und 2006 Erfassungsgrade zwischen knapp 4 % für Flüssiggas und über 120 % für schweres Heizöl erreicht. Die beiden wichtigsten Energieträger Erdgas und Strom wurden zu 80 – 90 % erfasst. Auf der Grundlage dieser Erfassungsgrade wurden der Stromverbrauch für 2005 sowie der Einsatz an fossilen Energieträgern und Strom für 2007 hochgerechnet.

Neben dem Energieeinsatz für die Produktion von Hüttenglas enthält die Energieverwendungsstatistik auch jenen für die Veredlung und Weiterverarbeitung, der strenggenommen nicht der Glas-Erzeugenden Industrie zuzurechnen ist. Allerdings benötigen die Veredlung und Weiterverarbeitung nach Informationen des BV Glas nur einen Bruchteil der Energie, die für die Glasschmelze erforderlich ist. Wie bereits in der Vergangenheit wird daher auf eine Bereinigung der Energiedaten verzichtet. Für die Bewertung von Maßnahmen zur CO₂-Minderung wird auch in diesem Bericht der Fortschrittsbericht des Verbandes der Glasindustrie zugrunde gelegt.

6.2 Energieverbrauch und Produktion

Die Produktion von Hüttenglas erreichte 2007 mit 7,5 Mill. t wieder das Niveau der Jahre 2000 und 2001 (Schaubild 6.2). Zwischenzeitlich war sie 2005 auf einen Wert gesunken, der mit 6,9 Mill. t noch unter dem von 1996 lag. Der jährliche Energieverbrauch bewegt sich seit 1990 weitgehend stabil um einen Wert von etwa 100 PJ.

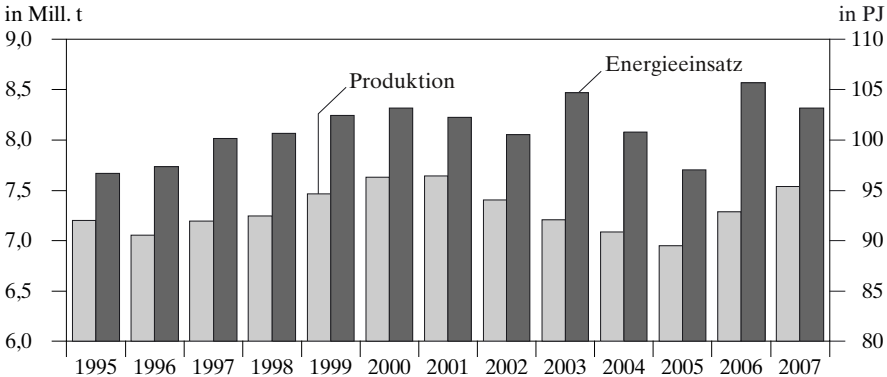
Zwischen 1995 und 2000 stieg der Verbrauch deutlich stärker als die Produktion. Während die Produktion um 5,6 % zunahm, wuchs der Energieverbrauch um 6,7 % von fast 97 PJ auf ca. 103 PJ. Bis 2002 sank der Verbrauch wieder in etwa auf das durchschnittliche Niveau von 100 PJ. Im Jahr 2003 zeigt der Energieverbrauch der Glasindustrie einen Anstieg auf fast 105 PJ. Ursache waren weder eine Veränderung der Produktion noch Effizienzverluste beim Energieeinsatz, sondern vielmehr die Neukonzeption der Energieverbrauchsstatistik durch das Statistische Bundesamt. Diese wies 2003 erstmalig einen Verbrauch von 5,6 PJ an Flüssiggas aus, dessen Höhe nach Angaben des Verbandes nicht nachvollziehbar ist. Im Jahr darauf lag der ausgewiesene Verbrauch von Flüssiggas bei nur noch 0,2 PJ und der Energieverbrauch insgesamt bei knapp 101 PJ (Tabelle 6.4). Im aktuellen Berichtszeitraum weist der Energieverbrauch deutliche Schwankungen auf. Nachdem er 2005 mit 97 PJ fast auf das Niveau von 1995 zurückging,

erreichte er 2006 mit 105,7 PJ den höchsten Wert seit 1990. Für 2007 wurde ein Energieverbrauch von 103,1 PJ errechnet. Während der Energieverbrauch seit 1990 durchschnittlich um 0,2 % pro Jahr zunahm, wuchs die Produktion im gleichen Zeitraum mit jahresdurchschnittlich 1,9 %.

Schaubild 6.2

Produktion und Energieverbrauch in der Glasindustrie

1995 bis 2007



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1 und des Bundesverbandes Glasindustrie e.V. im Rahmen des Monitoring.

Laut Bundesverband ist die Glasindustrie eine der energieintensivsten Industrien (BV Glas 2008b: 1). Der Anteil am Energieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes lag 2006 bei 3,3 %. Zieht man als Anhaltspunkt für die Energieintensität der Branche das Verhältnis von Energieverbrauch und Umsatz heran, so wird die Einschätzung des Verbandes gestützt: Mit 11,4 MJ/€ Umsatz im Jahr 2006 stellt sich die Glasindustrie gegenüber dem Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes von 2,0 MJ/€ als energieintensiv dar. Im Vergleich zu den übrigen am Monitoring beteiligten Industriezweigen nimmt die Glasindustrie mit diesem Wert einen mittleren Rang ein.

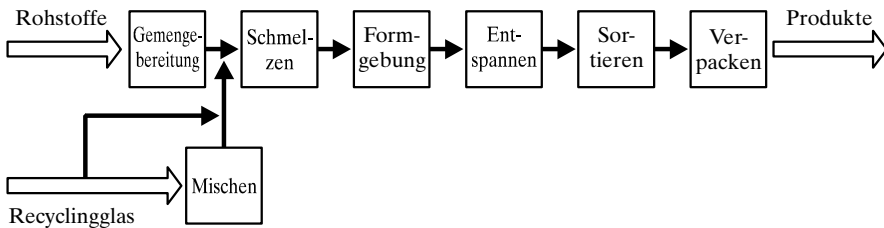
6.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Die Glasindustrie stellt eine Vielzahl unterschiedlicher Produkte her, die sich grob in vier Produktgruppen einteilen lassen: Flachglas, Hohlglas, Gebrauchs- und Spezialgläser sowie Glas- und Mineralfasern. Flachglas wird hauptsächlich im Bausektor und in der Fahrzeugindustrie eingesetzt. Gebrauchs- und Spezialgläser werden zu unterschiedlichen industriellen und technischen Zwecken hergestellt. Bei Hohlglas wird zwischen Behälterglas in Form von Flaschen und anderen Verpackungen aus Glas sowie Kristall- und Wirtschaftsglas unterschieden, dass von privaten Haushalten sowie in

konsumnahen Bereichen genutzt wird. Glas- und Mineralfasern werden beispielsweise als Dämmstoffe eingesetzt (BV Glas 2004a: 14 und 2004b: 2).

Schaubild 6.3

Prinzipieller Ablauf der Glasherstellung



Nach Angaben des VIK – Verband der industriellen Energie- und Kraftwirtschaft (1998).

Der Herstellungsprozess für Glasprodukte umfasst mehrere Schritte (Schaubild 6.3). Vor allem der zweite und dritte Schritt – das Schmelzen und die Formgebung – sind mit hohem Energieeinsatz verbunden und damit für das CO₂-Monitoring von Bedeutung. Ein zusätzlicher, ebenfalls für das Monitoring relevanter Arbeitsschritt besteht gegebenenfalls in der Veredlung von Glas.

Entsprechend der zu produzierenden Glassorte bzw. des herzustellenden Glasproduktes werden die Rohstoffe Glassand, Soda, Kalk, Dolomit und Scherben sowie weitere Rohmaterialien zu einer homogenen Menge – dem so genannten Glassatz – gemischt und anschließend dem Schmelzprozess zugeführt. Die Schmelze erfolgt in Glasschmelzwannen bei Temperaturen bis 1 680 °C (VIK 1998: 57). Kontinuierlich arbeitende Glaswannen werden zur Herstellung großer Mengen an Flach- oder Hohlglas verwendet. Auf diese Weise wird der überwiegende Teil der Produktionsmenge erzeugt. Kleinere Glasmengen werden dagegen in so genannten Tageswannen oder Hafenoöfen erschmolzen, die je nach Bedarf benutzt werden (Buttermann, Hillebrand 2002: 157).

Zum Abschluss der Glasbildung werden durch so genannte Läuterungsmittel Gasblasen gebildet, um die Schmelze zu homogenisieren. Dies geschieht ferner durch Einblasen von Luft und/oder mechanisches Rühren (VIK 1998: 57). Vor der Weiterverarbeitung kühlt die Glasschmelze in einer Arbeitswanne auf die für die Formgebung erforderliche Temperatur ab. Die Verfahren zur Formgebung reichen von verschiedenen Ziehverfahren zur Herstellung unterschiedlicher Flachglassorten über die Herstellung von Hohlglas durch druckluftbetriebene Blas- und/oder Pressmaschinen in der Produktion von Behälterglas bis hin zu traditionellen Mundblasverfahren

und halbautomatischen Pressen für die Herstellung hochwertiger Hohlglasprodukte wie etwa Bleikristallglas.

Für Behälterglas kann in erheblichem Umfang Recyclingglas eingesetzt werden. Bei ausreichender Qualität der gesammelten Scherben kann der Anteil an Altglas bei einigen Sorten bis zu 90 % betragen (VIK 1998: 57). Recyclingglas sowie Scherben, die als Ausschuss bei der Sortierung anfallen, stellen einen wichtigen Sekundärrohstoff in der Behälterglasproduktion dar. Bei der Produktion von Flachglas sind Fremdscherben aus Aufbereitungen aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen nur in sehr begrenztem Umfang einsetzbar.

Verglichen mit der Herstellung von Glas aus den Rohmaterialien wird beim Einsatz von Altglas deutlich weniger Energie benötigt. Grob geschätzt verringert die Beimischung eines Scherbenanteils von 10 % den Energieaufwand für den Schmelzprozess um 2 - 3 %. Da über 80 % des Energiebedarfs bei der Glasherstellung auf den Schmelzprozess entfallen, stellt Altglasrecycling eine sehr wichtige Option für die Einhaltung der freiwilligen Selbstverpflichtung der Glasindustrie dar (VIK 1998: 58-60).

Die Glasschmelze macht einen großen Wärmebedarf erforderlich, um die notwendigen hohen Temperaturen zu erzielen. Um den Energieverbrauch zu reduzieren, bietet es sich an, die dabei anfallende Abwärme zu nutzen. Hierzu gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Gegenwärtig wird Abwärme vor allem zur Vorwärmung der Verbrennungsluft eingesetzt. Bei der Wärmerückgewinnung wird zwischen regenerativen und rekuperativen Systemen unterschieden. Bei *regenerativen* Systemen strömen die heißen Verbrennungsabgase wechselweise durch eine von zwei Kammern am Schmelzofen vorbei. Dort geben diese Abgase Wärme an Steine ab, die diese speichern. Im Gegenzug strömt Frischluft, welche für den Verbrennungsprozess notwendig ist, durch die jeweils andere Kammer und erwärmt sich dabei.

Rekuperative Systeme sind dadurch gekennzeichnet, dass die heißen Verbrennungsabgase an einer dünnen Trennwand entlang geführt werden, auf deren Rückseite kalte Frischluft entlang strömt. Für größere Schmelzwannen haben sich regenerative Systeme gegenüber kontinuierlich arbeitenden rekuperativen Systemen als effektiver erwiesen. Nach der Vorwärmung der Verbrennungsluft kann aus den immer noch heißen Abgasen weitere Wärme zurückgewonnen werden, die z.B. genutzt werden kann, um den Glassatz vorzuwärmen (VIK 1998: 57-59).

6.4 Die Selbstverpflichtungserklärung

Der Bundesverband Glasindustrie hat sich in seiner Erklärung vom 3. April 2001 stellvertretend für die Glasindustrie bereit erklärt, den spezifischen CO₂-Ausstoß bis 2005 um 10 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Während in der bis 2000 gültigen freiwilligen Selbstverpflichtung das Jahr 1987 als Basisjahr diente, wurde mit dieser Erklärung auf das Jahr 1990 umgestellt. Im April 2008 wurde die Selbstverpflichtungserklärung der Glasindustrie erweitert. Hiernach sollen bis 2012 weitere Anstrengungen unternommen werden, um die spezifischen CO₂-Emissionen um bis zu 20 % gegenüber 1990 zu verringern. Außer CO₂ werden in der deutschen Glasindustrie keine weiteren Kioto-Gase freigesetzt.

Übersicht 6.1

Selbstverpflichtung der Glasindustrie

Ziel 2005	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen um 10 % auf 964 kg CO ₂ /t Hüttenglas.
Ziel 2012	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen um bis zu 20 % auf 857 kg CO ₂ /t Hüttenglas.
Basisjahr	1990

Angaben des Bundesverbandes Glasindustrie (BV Glas 2001: 1 und BV Glas 2008a).

Im Basisjahr 1990 produzierte die Glasindustrie nach Angaben des Verbandes 5,9 Mill. t verkaufsfähiges Hüttenglas („Netto-Glas“). Der dazu gehörige Energieverbrauch wurde dem Statistischen Jahrbuch 1991 entnommen (StaBuA 1991: 208, 220, 225). Auf Basis der im Monitoring verwendeten Umrechnungsfaktoren für die verschiedenen Energieträger ergibt sich für 1990 ein Energieeinsatz von knapp 100 PJ, verbunden mit CO₂-Emissionen von insgesamt 6,3 Mill. t. Die spezifischen CO₂-Emissionen betragen 1 071 kg CO₂/t Hüttenglas. Aus der Selbstverpflichtungserklärung leitet sich damit ein Reduktionsziel von 964 kg CO₂/t für 2005 und 857 kg CO₂/t für 2012 ab.

6.5 Bis 2007 erreichte CO₂-Minderungen

Die Glasindustrie unterschreitet bereits seit 1995 die in ihrer Selbstverpflichtungserklärung für 2005 genannte Zielmarke von 964 kg CO₂/t Hüttenglas (Tabelle 6.1 und Schaubild 6.4). 1995 lagen die spezifischen Emissionen mit 834 kg CO₂/t um mehr als 22 % unter dem Wert des Basisjahres. Seither konnten allerdings kaum Verbesserungen erzielt werden. Aufgrund der Umstellung der Energiestatistik stiegen die spezifischen Emissionen 2003 auf 896 kg CO₂/t. Damit verbunden war ein deutlicher Rückgang des Zielerreichungsgrades (RWI 2007: 91). Bis 2005 konnte der spezifische Ausstoß wieder um 4,4 % auf 856 kg CO₂/t gesenkt werden, der Zielerreichungsgrad betrug damit im Zieljahr 200 %. Wie Tabelle 6.1 sowie Schau-

bild 6.5 zu entnehmen ist, wurde auch das Ziel für 2012 seit 1995 bereits mehrfach überschritten. Während des aktuellen Berichtszeitraums verfehlten die spezifischen Emissionen lediglich 2006 den Zielwert von 857 kg CO₂/t Hüttenglas.

Tabelle 6.1

Spezifische CO₂-Emissionen und Zielerreichungsgrad der Glasindustrie

1990 bis 2007; Ziel 2005: Minderung von 10 % auf 964 kg CO₂/t; Ziel 2012: Minderung von 20 % auf 857 kg CO₂/t

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Spez. Emissionen in kg CO ₂ /t	1 071	834	836	874	856	893	840
Minderung in %	-	22,2	21,9	18,4	20,0	16,6	21,5
Zielerreichungsgrad in %							
Ziel 2005	-	222	219	184	200	-	-
Ziel 2012	-	111	110	92	100	83	108

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1, und des Bundesverbandes Glasindustrie e.V.

Die absoluten CO₂-Emissionen unterlagen zwischen 1999 und 2007 nur geringfügigen Schwankungen und bewegten sich im Großen und Ganzen auf dem Niveau des Basisjahres 1990 (Tabelle 6.2). Die CO₂-Emissionen stellen ein perfektes Spiegelbild des Energieverbrauchs dar, wie ein Korrelationskoeffizient von 0,99 für den Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und CO₂-Emissionen deutlich zeigt. Der Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Produktion ist hingegen nicht ganz so stark ausgeprägt. Ein entsprechender Korrelationskoeffizient von 0,58 zeigt an, dass der Energieverbrauch nicht vollkommen Hand in Hand mit einer wachsenden Produktionsmenge ansteigt.

Tabelle 6.2

Produktion und CO₂-Emissionen der Glasindustrie

1990 bis 2007; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Produktion, Mill. t	5,9	7,2	7,6	7,1	6,9	7,3	7,5
Energieverbrauch, PJ	99,9	96,7	103,2	100,8	97,0	105,7	103,1
Emissionen, Mill. t	6,3	6,0	6,4	6,2	5,9	6,5	6,3

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1, und des Bundesverbandes Glasindustrie e.V.

6.6 Ursachenanalyse

Beinahe dasselbe Bild wie bei den spezifischen Emissionen zeigt sich beim spezifischen Energieverbrauch. Auch hier sind die wesentlichen Einsparungen zwischen 1990 und 1995 erzielt worden (Tabelle 6.3). Die Vermutung

liegt nahe, dass diese Einsparungen aufgrund der Schließungen ineffizienter Betriebe mit veralteter Technik in Ostdeutschland nach der Wiedervereinigung erzielt worden sind. Innerhalb von nur zwei Jahren wurden hier zwei Drittel der Arbeitsplätze abgebaut (IGBCE 2003: 12). Da andererseits die Produktionsmenge in diesem Zeitraum gestiegen ist, kann der Rückgang der Produktionskapazitäten in Ostdeutschland durchaus zu einer Erhöhung der Auslastungsgrade der verbliebenen Kapazitäten geführt haben, die sich positiv auf die Entwicklung der spezifischen Emissionen und des spezifischen Energieverbrauchs ausgewirkt haben könnte.

Tabelle 6.3

Spezifischer Energieverbrauch und durchschnittliche Emissionen der Glasindustrie

1990 bis 2007; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Spezifischer Verbrauch, GJ/t	17,0	13,4	13,5	14,2	14,0	14,5	13,7
Minderung in %	-	21,0	20,4	16,3	17,8	14,7	19,5
Durchschn. Emissionen, kg CO ₂ /GJ	63,0	62,1	61,8	61,5	61,3	61,6	61,4
Minderung in %	-	1,5	1,9	2,4	2,7	2,3	2,6

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1, und des Bundesverbandes Glasindustrie e.V.

Zwischen 1995 und 2002 waren indessen kaum mehr Verbesserungen des spezifischen Energieverbrauchs festzustellen: Nach einem leichten Anstieg gegen Ende der 1990er Jahre erreichte der spezifische Verbrauch erst 2001 mit 13,4 GJ/t wieder das Niveau von 1995. Analog zum Energieverbrauch zeigt der spezifische Verbrauch wegen der Umstellung der Energieverwendungsstatistik 2003 einen deutlichen Sprung (RWI 2007: 91). Von 2003 bis 2007 ging der spezifische Energieverbrauch um 5,8 % auf 13,7 GJ/t zurück. Lediglich 2006 fiel der spezifische Verbrauch mit 14,5 GJ/t höher aus (Tabelle 6.3).

Während die spezifischen CO₂-Emissionen seit 1990 um 21,5 % gesunken sind (Tabelle 6.1), hat der spezifische Energieverbrauch um 19,5 % abgenommen. Dieser Unterschied deutet darauf hin, dass es seither Veränderungen im Energiemix gegeben hat. Werden Energieträger mit hohem Kohlenstoffgehalt wie Braunkohle durch kohlenstoffarme Brennstoffe wie Erdgas substituiert, verringert sich der spezifische CO₂-Ausstoß. Zwischen 1990 und 2007 stieg der Erdgasverbrauch der Glasindustrie um fast 36 % an (Tabelle 6.4). Vor allem bis 1995 ist der Anteil kohlenstoffreicher Energieträger aufgrund der Betriebschließungen in Ostdeutschland erheblich zurückgegangen. Im Gegensatz zu den Hütten und Fabriken in den alten Bundesländern verwendeten die Unternehmen der neuen Bundesländer noch bis 1993 Stein- und Braunkohlenprodukte. Seit 1991 wurden in den alten Bundesländern keine Kohleprodukte mehr für den Produktionsprozess eingesetzt.

Während der Einsatz von Braunkohlenkoks gänzlich aufgegeben wurde, sank der Verbrauch an schwerem Heizöl zwischen 1990 und 1995 um 2,5 PJ (Tabelle 6.4). Dies wurde durch eine Steigerung des Erdgaseinsatzes um 7,8 PJ mehr als ausgeglichen. Nach Angaben des BV Glas wurde Kokereigas bis 1995 ebenfalls in erheblichem Umfang durch Erdgas ersetzt. Flüssiggas wurde vom Statistischen Bundesamt für die Glasindustrie erstmalig 2003 mit 5,6 PJ ausgewiesen (RWI 2007: 92). Ein Jahr später lag der Verbrauch bei nur noch 0,2 PJ. Die Differenz von 5,4 PJ entspricht exakt dem Rückgang des Verbrauchs von Primärenergieträgern. Eine entsprechende Substitution durch andere Energieträger hat demnach 2004 nicht stattgefunden. Ein Produktionsrückgang scheidet als Erklärung jedoch ebenfalls aus.

Der Nettofremdstrombezug hat bis 2004 um 13 % gegenüber 1990 zugenommen. Sein Anteil am Energieverbrauch stieg damit auf 46,3 %. In den Jahren 2005 bis 2007 fand dagegen eine leichte Substitution von Strom durch Erdgas und schweres Heizöl statt. Der Anteil von Strom ging hierdurch bis 2007 auf 44,5 % zurück. Zusammen hatten Erdgas und Strom 2007 einen Anteil von fast 92 % am gesamten Energieverbrauch der Branche. Dass in der Glasindustrie überwiegend Erdgas und elektrische Energie eingesetzt werden, liegt daran, dass die Glasschmelze größtenteils mit Erdgas betrieben wird, während elektrische Energie vorwiegend in solchen Produktionsphasen Verwendung findet, die der Schmelze nachgelagert sind, z.B. in der Weiterverarbeitung und Veredelung.

Tabelle 6.4

Veränderung des Energiemix in der Glasindustrie
1990 bis 2007; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Braunkohlenkoks	2,3	-	-	-	-	-	-
Schweres Heizöl	13,0	10,5	9,7	7,1	6,4	8,9	7,6
Leichtes Heizöl	1,5	1,3	1,0	0,5	0,4	0,4	0,5
Erdgas	36,0	43,8	46,7	46,3	45,5	49,7	48,8
Flüssiggas	-	-	-	0,2	0,3	0,5	0,3
Kokereigas	5,7	0,3	0,3	-	-	-	-
Primärbrennstoffe	58,5	55,9	57,7	54,1	52,6	59,5	57,2
Nettofremdstrom	41,3	40,7	45,5	46,6	44,5	46,2	45,9
Energieverbrauch	99,8	96,6	103,2	100,7	97,1	105,7	103,1

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1, und des Bundesverbandes Glasindustrie e.V.

Ein gegebener Energiemix wird durch die durchschnittlichen Emissionen pro Energieeinheit charakterisiert. Diese errechnen sich als Quotienten aus den CO₂-Emissionen und dem Energieverbrauch eines Jahres. Die Bedeutung von Energieträgersubstitutionen für die Minderung der CO₂-

Emissionen zeigt sich an der Veränderung der durchschnittlichen Emissionen je Energieeinheit. Der Vorteil dieser Betrachtungsweise liegt darin, dass der Quotient von Schwankungen in der Produktion unbeeinflusst bleibt.

Im Jahr 1990 betragen die durchschnittlichen Emissionen 63,0 kg CO₂/GJ (Tabelle 6.3). Durch die stärkere Nutzung kohlenstoffarmer Brennstoffe sank der Wert bis 1995 um rund 1,5 % auf 62,1 kg CO₂/GJ. Mit 61,4 kg CO₂/GJ im Jahr 2007 hatten sich die durchschnittlichen Emissionen seit 1995 lediglich um weitere 1,1 % verringert. Dies zeigt, dass es seit 1995 nur eine geringe Substitution von kohlenstoffreichen durch kohlenstoffärmere Energieträger wie Erdgas gegeben hat. Insgesamt lag der Beitrag der Veränderung des Energiemix zur Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen der Glasindustrie seit 1990 bei 2,6 %, was bezogen auf das Basisjahr einer Minderung um knapp 28 kg CO₂/t entspricht.

Einen wesentlich höheren Beitrag zur Reduzierung des spezifischen CO₂-Ausstoßes haben die Verbesserungen der Energieeffizienz geleistet, wie die folgende Betrachtung zeigt. Die spezifischen Emissionen werden zu diesem Zweck als Produkt aus spezifischem Energieverbrauch und durchschnittlichem CO₂-Ausstoß je Energieeinheit aufgefasst. Bei der Berechnung werden die durchschnittlichen Emissionen je GJ auf dem Niveau des Basisjahres konstant gehalten und lediglich der spezifische Energieverbrauch entsprechend der tatsächlichen Entwicklung zwischen 1990 und 2007 variiert. Als Resultat ergibt sich der Beitrag der Verbesserung der Energieeffizienz zur erzielten Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen.

In der Glasindustrie sank der spezifische Energieverbrauch seit 1990 um 3,3 GJ/t Hüttenglas von 17,0 auf 13,7 GJ/t im Jahr 2007 (Tabelle 6.3). Multipliziert mit den durchschnittlichen Emissionen des Jahres 1990 von 63 kg CO₂/GJ resultiert aus der Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs bis 2007 eine Minderung der spezifischen Emissionen von 207,9 kg CO₂/t. Gegenüber dem Basisjahr entspricht dies einer Reduktion von mehr als 19 %. Bezogen auf die produzierte Menge Hüttenglas im Basisjahr errechnet sich eine CO₂-Minderung gegenüber 1990 von ca. 1,2 Mill. t, die auf einen effizienteren Energieeinsatz zurückgeht.

Einen bedeutsamen Einfluss auf den spezifischen Energieverbrauch und damit auf die Emissionen hat der Einsatz von Altglas in der Glasschmelze für die Behälterglasproduktion. Während der Altglaseinsatz zwischen 1995 und 2000 von 60,8 auf 66,7 % zunahm, sank der Energieverbrauch in diesem Segment von 10,9 auf 10,3 PJ (Tabelle 6.5). Bis 2006 ging der Altglaseinsatz auf eine Quote von 61,8 % zurück. Allerdings wird der Zusammenhang zwischen beiden Größen durch den gleichzeitigen Rückgang der Behälterglasproduktion überlagert. Wird jedoch zugrunde gelegt, dass sich mit ei-

nem Altglaseinsatz von 10 % eine Energieeinsparung von 2 – 3 % realisieren lässt, ergibt sich für 2006 in der Behälterglasproduktion eine Einsparung im Bereich von 12,4 und 18,6 %.

Tabelle 6.5

Altglaseinsatz und Energieverbrauch bei der Herstellung von Behälterglas

1990 bis 2007; gerundete Werte

	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Produktion Behälterglas in Mill. t	4,6	4,3	4,1	3,9	3,9	4,0
Altglaseinsatz in Mill. t	2,8	2,8	2,6	2,4	2,4	k.A.
Anteil Altglas in %	60,8	66,7	62,8	60,3	61,8	k.A.
Energieverbrauch Behälterglasproduktion in PJ	10,9	10,3	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

Nach Angaben des Bundesverbandes Glasindustrie e.V.

Summa summarum ist die deutliche Reduzierung der spezifischen CO₂-Emissionen seit 1990 zum größten Teil durch einen effizienteren Energieeinsatz zu erklären. Der Altglaseinsatz dürfte hierzu insbesondere zwischen 1990 und 1995 einen größeren Beitrag geleistet haben, da sich nach Angaben des BV Glas die Scherbenquote in diesem Zeitraum verdoppelt hat. Die Substitution von Energieträgern hat hingegen nur einen relativ geringen Beitrag geleistet.

6.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Im Fortschrittsbericht der Glasindustrie für die Jahre 2005 bis 2007 werden beispielhaft Maßnahmen zur Energieeinsparung mit einem Investitionsvolumen von insgesamt 68 Mill. € aufgeführt (BV Glas 2008b: 5). Der Schwerpunkt der Maßnahmen liegt in der Optimierung der Prozessabläufe und – aufgrund der hohen Prozesstemperaturen – in der verstärkten Abwärmenutzung (VIK 1998: 58).

Die Schmelzprozesse in der Glasindustrie wurden in der Vergangenheit so weit optimiert, dass die vorhandenen Einsparpotenziale in der Glasschmelze weitgehend ausgeschöpft sind (BV Glas 2008b: 2). Der spezifische Energieverbrauch moderner Behälterglasschmelzwannen liegt derzeit bei etwa 1 000 kWh/t. Er ist damit weniger als 10 % vom theoretischen Prozesswärmebedarf entfernt, der für ein Gemenge mit 70 % Scherben bei 920 kWh/t liegt (BV Glas 2004a: 7).

Schmelzwannen weisen mit zunehmender Nutzungsdauer Alterserscheinungen auf, die mit einem steigenden Energieverbrauch verbunden sind. Daher werden sie in Abständen von 8 bis 16 Jahren einer so genannten Wannenhauptreparatur unterzogen. Während der zwei- bis dreimonatigen Erneue-

rung der Wanne ruht die Produktion. Die in der sich anschließenden Anlaufphase erzeugte Schmelze ist allerdings unbrauchbar. Da die Ausführung der Wannenhauptreparatur immer nach dem aktuellsten Stand der Technik erfolgt, hat sich die Energieeffizienz nach Abschluss der Anlaufphase regelmäßig verbessert. Detaillierte Angaben über die Höhe des Investitionsvolumens werden für die vorgenommenen Wannenhauptreparaturen in der Tabelle 6.6 wiedergegeben.

Tabelle 6.6

Wannenhauptreparaturen in den Jahren 2000 bis 2007

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Anzahl	13	11	12	14	9	11	9	7
Anteil an gesamter installierter Schmelzleistung in %	11,0	6,6	9,4	15,2	9,0	14,6	8,8	4,4
Investitionen in Mill. €	148	98	222	252	143	200	121	105

Nach Angaben des Bundesverbandes Glasindustrie e.V.

Insgesamt wurden 2005 bis 2007 in der Glasindustrie 27 Glasschmelzwannen einer Hauptreparatur unterzogen. Die vorliegenden Daten reichen jedoch nicht, um die genaue Höhe der Effizienzverbesserungen zu bestimmen. Die Produktions- und Energieverbrauchsschwankungen, die solche Reparaturen verursachen, können nur mit Hilfe unterjähriger Daten untersucht werden.

Durch Maßnahmen zur Abwärmenutzung werden mittlerweile über 90 % der Abwärme für den Glasschmelzprozess zurückgewonnen (BV Glas 2008a: 2). Der Rest wird in den Unternehmen i.d.R. zur Strom- und Dampfproduktion sowie zur Heiß- und Warmwasserbereitung eingesetzt. Weitergehende Einsparpotenziale können nach Angaben des BV Glas allenfalls in der Peripherie des Schmelzprozesses sowie bei nachgelagerten Prozessen erschlossen werden. So wurden besondere Maßnahmen zur Energieeinsparung durch die Verbesserung der Druckluftversorgung im Bereich der Hohlglaserzeugung eingeleitet. Auf die hierzu genutzten Druckluftkompressoren entfallen etwa 15 bis 30 % der verbrauchten elektrischen Energie (VIK 1998: 60).

6.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die bislang erzielten Erfolge bei der Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen wurden größtenteils zwischen 1990 und 1995 erzielt, vor allem durch die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs. Nach Informationen des BV Glas ist für die CO₂-Minderung bis 1995 neben der Energieträgersubstitution, der Verbesserung bei der Brennertechnologie der Schmelzwannen und der Steigerung des Glasscherbenanteils vor allem der Ersatz veralteter durch neue Hüttenanlagen in den alten und neuen Bundesländern

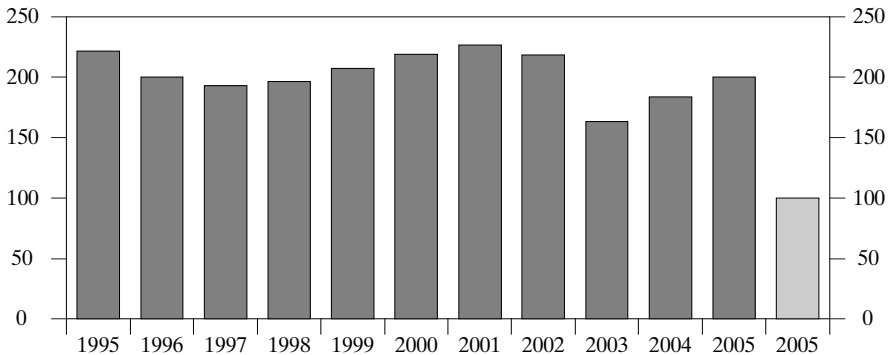
nach der Wiedervereinigung verantwortlich. Darüber hinaus wurden moderne Anlagen mit höherer Wannenschmelzfläche hinzugebaut sowie die Wannenschmelzfläche im Rahmen von Hauptreparaturen erhöht.

Dies alles hat maßgeblich dazu beigetragen, die Energieeffizienz zu steigern und den Ausstoß von Kohlendioxid zu verringern. Dadurch hat die Glasindustrie das in ihrer Selbstverpflichtungserklärung proklamierte Ziel einer Senkung der spezifischen CO₂-Emissionen um 10 % bis zum Jahr 2005 bereits sehr frühzeitig erreicht (Schaubild 6.4). Zwischen 1995 und 2002 lagen die Zielerreichungsgrade bei durchschnittlich 200 %. Trotz nachteiliger Auswirkungen durch die Umstellung der Energieverwendungsstatistik befand sich die Glasindustrie auch im Zieljahr 2005 mit 856 kg CO₂/t Glas deutlich unterhalb der avisierten Zielmarke von 964 kg CO₂/t.

Schaubild 6.4

Zielerreichungsgrad in der Glasindustrie für Ziel 2005

1995 bis 2005; in %



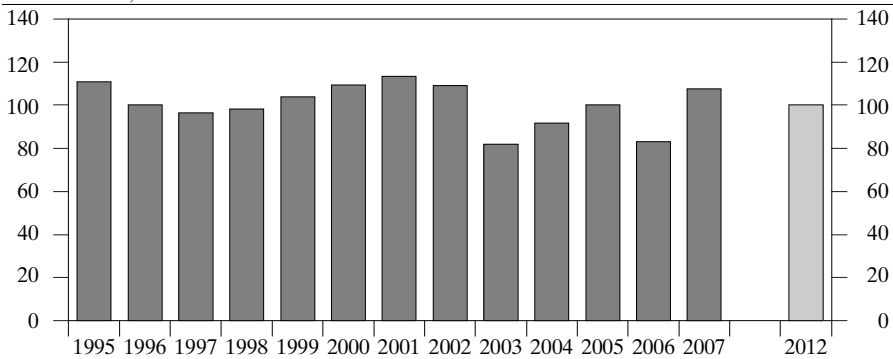
Eigene Berechnungen.

Weitere Verbesserungen dürften allerdings schwer fallen, da die Produktionsprozesse, insbesondere die Abwärmenutzung bei den Schmelzprozessen, weitgehend optimiert sind. Auch der Wandel des Energiemix zugunsten kohlenstoffarmer Brennstoffe wie Erdgas bietet angesichts eines Anteils von 85 % am Primärbrennstoffverbrauch nur noch wenig Spielraum zur Emissionsminderung. Zwar hat die Glasindustrie das für 2012 gesetzte Ziel einer Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen um bis zu 20 % auf maximal 857 kg CO₂/t im Jahr 2007 erneut überschritten (Schaubild 6.5), dennoch bleibt abzuwarten, ob die bislang erzielten Minderungserfolge fortgesetzt werden können.

Schaubild 6.5

Zielerreichungsgrad in der Glasindustrie für Ziel 2012

1995 bis 2007; in %



Eigene Berechnungen.

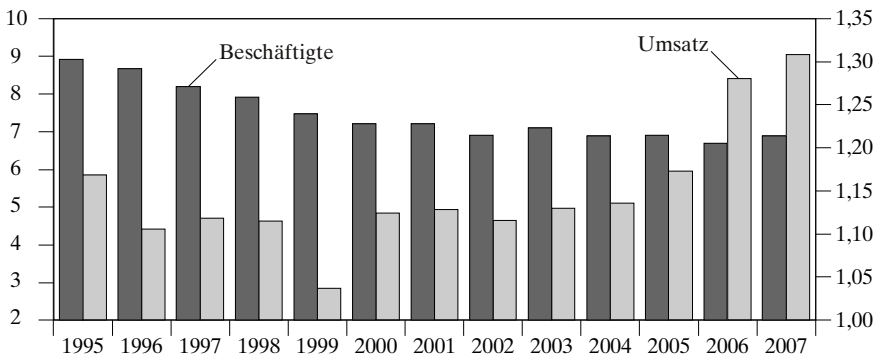
Die zukünftige Entwicklung der CO₂-Emissionen wird durch das Produktionsniveau und somit durch die wirtschaftliche Entwicklung der Branche, die Verfügbarkeit von Scherben und die Qualitätsanforderungen an die Produkte geprägt sein. So führen steigende Qualitätsanforderungen der Kunden zu einem immer höheren Energieverbrauch bei der Veredelung, was sich in steigendem Stromverbrauch widerspiegelt. Die Scherbenverfügbarkeit ist seit der Einführung des Zwangspfandes am 1. Januar 2003 spürbar zurückgegangen. Weitere Einschränkungen bei der Scherbenverfügbarkeit befürchtet der Verband durch das kartellrechtliche Verbot der Gesellschaft für Glasrecycling und Abfallvermeidung (GGA), die von der Glasindustrie betrieben wurde. Durch die GGA wurden sowohl die Scherbenqualität, die Scherbenverfügbarkeit als auch der logistisch optimale und damit CO₂-sparende Transport des Rohstoffs Scherben innerhalb des Bundesgebietes gewährleistet. Durch einen geringeren Einsatz von Altglasscherben werden mehr Primärrohstoffe und mehr Energie benötigt, was letztlich sowohl zu absolut als auch zu spezifisch höheren CO₂-Emissionen führen dürfte (BV Glas 2004a: 9).

7. Die Feuerfest-Industrie

Unter feuerfesten Erzeugnissen werden nichtmetallische, keramische Werkstoffe verstanden, welche für alle industriellen Produktionsprozesse unabdingbar sind, die hohe Temperaturen erfordern. Diese Erzeugnisse werden zur Auskleidung von Anlagen für thermische Prozesse sowie zur Wärmedämmung und -rückgewinnung eingesetzt. Hauptabnehmer der feuerfesten Erzeugnisse ist die Eisen- und Stahlindustrie, die fast 70 % der weltweiten Produktion absorbiert (Routschka 2001: 11). Konjunkturelle Schwankungen in dieser Abnehmerindustrie sind insofern sehr bedeutsam für die Feuerfest-Industrie. Ferner finden feuerfeste Produkte Verwendung in der Zement- und Kalkindustrie, bei der Herstellung von Glas und in Müllverbrennungsanlagen.

Schaubild 7.1

Umsatz und Beschäftigung der Feuerfest-Industrie 1995 bis 2007



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1 und des Verbandes der Deutschen Feuerfest-Industrie im Rahmen des Monitoring.

Aufgrund ihrer Abnehmerstruktur ist die Feuerfestindustrie vor allem dort zu finden, wo eine nennenswerte Stahlproduktion etabliert ist. Ein zur deutschen Feuerfest-Industrie hinsichtlich der Produktionsmenge vergleichbarer Sektor findet sich in Japan. Nordamerika, China und Russland sind hingegen bedeutend größere Produktionsstandorte (Routschka 2001: 12).

Die deutsche Feuerfestindustrie besteht vornehmlich aus kleinen und mittleren Unternehmen. Für 2007 weist das Statistische Bundesamt 60 Betriebe mit mehr als 20 Beschäftigten aus. Dieser Wert deckt sich mit den Angaben des Verbandes. Nach dessen Angaben setzte die Feuerfestindustrie 2007

Produkte im Wert von rund 1,31 Mrd. € um. Mehr als 62 % der Erlöse wurden durch Verkäufe ins Ausland erwirtschaftet. Von 1995 bis 2004 sank der Umsatz um rund 32 Mill. €. Seit 2005 konnten deutliche Zuwächse erzielt werden, so dass der Umsatz 2007 um 12 % über dem Wert von 1995 lag. Die Beschäftigungsentwicklung ist dagegen seit 1995 rückläufig: Von einstmal fast 9 000 Personen im Jahr 1995 sank die Zahl der Beschäftigten bis 2007 nach Verbandsangaben um gut 23 % auf rund 6 900 Arbeitnehmer (Schaubild 7.1).

7.1 Datenbasis

Die deutsche Feuerfestindustrie wird vertreten durch den Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V. Dieser erhebt monatlich im Rahmen der Verbandsstatistik den Energieverbrauch und die Produktion seiner Mitgliedsunternehmen. Darüber hinaus werden diese Ziffern für das CO₂-Monitoring jährlich auch bei Nicht-Mitgliedern erfragt.

Das Statistische Bundesamt führt die Feuerfestindustrie unter der Kennziffer 26.26 („Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren“) und veröffentlicht ebenfalls regelmäßig Angaben hinsichtlich Produktion, Umsatz und Beschäftigung sowie Energieverbrauch. Die Umstellung und Neuorganisation der Energieverwendungsstatistik hat ab 2003 dazu geführt, dass eine Vielzahl der Informationen zum Verbrauch einzelner Energieträger in der Feuerfest-Industrie aus Geheimhaltungsgründen nicht mehr verfügbar ist. Eine Gegenüberstellung der Verbandsangaben zum Energieverbrauch mit den Angaben des Statistischen Bundesamtes ist daher seit 2003 nicht mehr möglich.

Nach eigenen Angaben repräsentiert die Verbandserhebung lediglich rund 65 % der in Deutschland produzierten Menge des Sektors. Aus diesem Grunde lagen die vom Verband erhobenen Werte für den Energieverbrauch bislang regelmäßig unter denen des Statistischen Bundesamtes. Im Jahr 2002 betrug diese Abweichungen gut 25 % (RWI 2005: 105).

Da seit 2003 vom Statistischen Bundesamt keine vollständigen Daten zum Energieverbrauch der Feuerfestindustrie vorliegen, werden die Verbrauchsangaben des Verbandes auf der Basis der jährlichen Produktionsmenge hochgerechnet. Eine Gegenüberstellung der Produktionskennziffern der beiden Datenquellen ergibt für den aktuellen Berichtszeitraum eine tatsächliche Abdeckung durch den Verband von rund 75 % für die Jahre 2005 bis 2007. Durch Hochrechnung der vom Verband gemeldeten Verbrauchswerte auf Basis dieser Quoten konnten die Differenzen zwischen den Datenquellen im Jahr 2002 bis auf etwa 4 % minimiert werden (RWI 2005: 105).

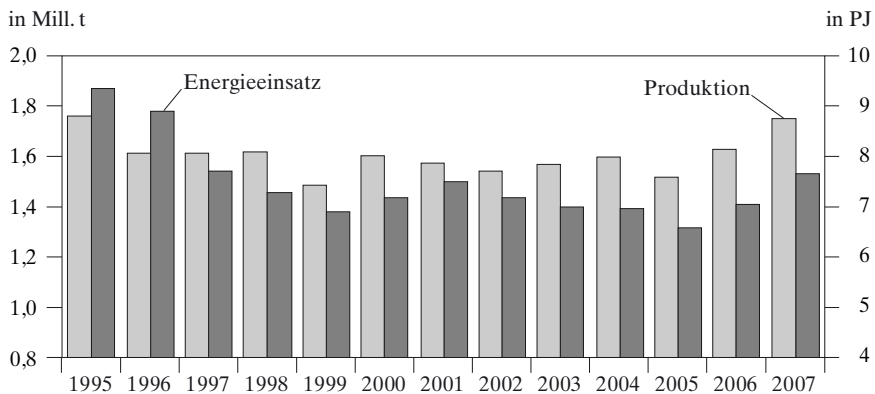
Für den Energieverbrauch und die Emissionen werden im Folgenden hochgerechnete Werte angegeben. Die für die freiwillige Selbstverpflichtung maßgeblichen Angaben für den spezifischen Energieverbrauch und die spezifischen Emissionen beruhen dagegen auf den Angaben des Verbandes.

7.2 Energieverbrauch und Produktion

Die Produktion feuerfester Erzeugnisse lag 2005 bei rund 1,5 Mill. Tonnen (Schaubild 7.2). Von 1995 bis 2005 hat die Produktion damit um rund 14 % abgenommen. Als Ursache werden veränderte Verfahrenstechniken in den Abnehmerindustrien genannt, die einen geringeren Einsatz an feuerfesten Stoffen erfordern. Ferner ist ein Teil des Rückgangs einer Verbesserung der Produkteigenschaften feuerfester Erzeugnisse geschuldet (Routschka 2001: 13). Durch den Boom in der Eisen- und Stahlindustrie stieg die Produktion bis 2007 jährlich um 7,5 % auf fast 1,8 Mill. Tonnen und erreicht damit wieder das Niveau von 1995. Dieses Wachstum führte zwar auch zu einem höheren Energieverbrauch, dieser wuchs jedoch weitaus langsamer als die Produktion. 2007 lag der Energieverbrauch bei rund 7,6 PJ und damit immer noch um mehr als 18 % unter dem Wert von 1995 mit 9,3 PJ (Tabelle 7.1). Der Energiebedarf der Feuerfest-Industrie wird überwiegend durch Erdgas und Strom gedeckt. Deren Anteil am Gesamtenergieverbrauch betrug 2007 fast 66 % bzw. 34 % (Tabelle 7.4). Andere Energieträger haben nur eine untergeordnete Bedeutung.

Schaubild 7.2

Produktion und Energieverbrauch in der Feuerfest-Industrie 1995 bis 2007



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1 und des Verbandes der Deutschen Feuerfest-Industrie im Rahmen des Monitoring.

Der Zusammenhang zwischen Produktion und Energieverbrauch hat sich seit 1995 deutlich entkoppelt. In den meisten Jahren blieb die Entwicklung

des Energieverbrauchs hinter der Produktionsentwicklung (Schaubild 7.2). Entsprechend hat sich der spezifische Energieaufwand des Sektors deutlich verringert. Nach Verbandsangaben lag der spezifische Energieverbrauch 1990 noch bei 6,3 GJ je Tonne feuerfester Erzeugnisse. Bis 2007 verminderte er sich auf 4,3 GJ/t.

Tabelle 7.1

Produktion und Energieverbrauch in der Feuerfest-Industrie
1990 bis 2007

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Produktion, Mill. t	1,98	1,76	1,60	1,60	1,51	1,63	1,75
Energieverbrauch in PJ	12,4	9,3	7,2	7,0	6,6	7,1	7,6
Spez. Verbrauch in GJ/t	6,3	5,3	4,5	4,4	4,4	4,4	4,3

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 3.1, und des Verbandes der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.

7.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Grundsätzlich lassen sich vier Arten von feuerfesten Erzeugnissen unterscheiden: geformte und ungeformte Erzeugnisse, so genannte Funktionalprodukte und wärmedämmende Erzeugnisse. *Geformte feuerfeste Erzeugnisse* sind in der Regel steinförmig oder nach speziellen Anforderungen geformte Produkte. Der Anteil dieser gebrannten Erzeugnisse an der Gesamtproduktion lag 2007 in Deutschland bei rund 63 % (Sta-BuA/FS4/R3.1 2008). Unter *ungeformten feuerfesten Gütern* werden Mischungen feuerfester Rohstoffe mit unterschiedlicher Körnung verstanden, die mit geeigneten Bindemitteln versetzt sind. Sie enthalten oftmals noch spezielle Zusätze um die Formbarkeit zu verbessern und werden mittels Verschalung in thermischen Anlagen verbaut. *Funktionalprodukte* sind geformte feuerfeste Produkte für spezielle technische Einsatzzwecke. Beispiele sind Düsen, Filter oder Schiebersysteme. Unter *wärmedämmenden Erzeugnissen* werden schließlich geformte und ungeformte Produkte verstanden, durch deren Anwendung Wärmeverluste in thermischen Produktionsanlagen vermindert werden können.

Am Anfang der Produktion feuerfester Stoffe steht die Aufbereitung natürlich vorkommender mineralischen Rohstoffe wie Quarzit sowie anderer Rohstoffe wie z.B. Schamotte oder Sinterbauxit. Dabei werden die Stoffe zerkleinert und gesiebt. Für ungeformte feuerfeste Erzeugnisse endet der Produktionsprozess nach Zugabe der oben erwähnten Bindemittel an dieser Stelle.

Nach dem Aufbereiten der Ausgangsstoffe erfolgt die Formgebung des Brechguts. Dies kann durch Strangpressverfahren, hydraulische Pressen

oder Ähnliches geschehen. Anschließend werden die Presslinge getrocknet. Je nach Produkt werden die Roherzeugnisse bei einer Temperatur von über 150° C über mehrere Tage oder gar Wochen getrocknet und danach bei Temperaturen von 1 250 bis 1 800° C gebrannt. Die Brennzeit kann sich ebenfalls über mehrere Wochen hinziehen. Zum Einsatz kommen überwiegend gasbeheizte Tunnel- oder Haubenöfen (Routschka 2001: 23-24). Das Trocknen und Brennen stellt den energieintensivsten Teil der Produktionskette dar.

Abschließend steht noch die Nachbehandlung des Brantguts an. Dabei werden die geformten Erzeugnisse geschnitten oder geschliffen, um die Passgenauigkeit für das Verbauen zu gewährleisten. Darüber hinaus können Maßnahmen zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit ergriffen werden, wie z.B. eine Behandlung mit Harzen oder Pech.

7.4 Die Selbstverpflichtung

Die Feuerfestindustrie hat im Dezember 2000 in ihrer aktualisierten Selbstverpflichtungserklärung zwei Ziele zur CO₂-Reduktion genannt. Demnach erklärt sie sich bereit, ihre spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 um 33 % gegenüber 1990 zu senken. Bis 2012 wird eine Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen von 35 % angestrebt. Andere Treibhausgase sind nach Verbandsangaben für den Wirtschaftszweig nicht relevant.

Auf Basis der vom Industrieverband gemeldeten spezifischen Emissionen für 1990 in Höhe von 390 kg CO₂/t ergibt sich für 2005 ein Zielwert von 261 kg CO₂/t. Für 2012 liegt die Zielmarke bei 254 kg CO₂/t. Übersicht 7.1 fasst die Angaben zusammen.

Übersicht 7.1

Selbstverpflichtung der Feuerfest-Industrie

Ziel 2005	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen um 33 % in Bezug auf das Basisjahr 1990 (entspricht einem Zielwert von 261 kg CO ₂ /t).
Ziel 2012	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen um 35 % in Bezug auf das Basisjahr 1990 (entspricht einem Zielwert von 254 kg CO ₂ /t).
Basisjahr	1990

Angaben gemäß Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V. (Feuerfest 2000).

Der Verband knüpft seine Zusage an zwei Voraussetzungen (Feuerfest 2000). Zum einen wird erwartet, dass die Feuerfestindustrie zukünftig nicht „durch weitere fiskalische Maßnahmen belastet wird.“ Darunter versteht der Verband verschärfte Umweltschutzauflagen, die die Installation von „Absaug-, Filter-, Reinigungs- und Abgasanlagen“ erfordern (Feuerfest 2005b). Solche erzwungenen Investitionen würden nach Angaben des Industrieverbands finanzielle Mittel binden, die dann nicht mehr für Maß-

nahmen zur CO₂-Emissionsminderung zur Verfügung stünden. Zudem lehnt der Verband die geplante Einführung zertifizierter Energie-Managementsysteme aus Kostengründen ab (Feuerfest 2008a: 3).

Ferner verpflichtet sich der Verband zur Einhaltung der Reduktionsziele vorbehaltlich einer „günstigen Kapazitätsauslastung“ (Feuerfest 2000, 2005). Laut Geschäftsbericht 2007 des Verbandes lag die gewichtete Überkapazität bei geformten und ungeformten Erzeugnissen bei seinen Mitgliedern im Jahr 2007 bei insgesamt 17 % (Feuerfest 2008b), d.h. die vorhandenen Kapazitäten wurden zu 83 % ausgelastet. Bei den für den Brennvorgang relevanten geformten Erzeugnissen gab es eine Überkapazität von fast 11 %. Die energieintensiven Anlagen wurden somit 2007 zu mehr als 89 % ausgelastet. Angesichts der weltweit steigenden Produktion in der Eisen- und Stahlindustrie spricht der Verband derzeit von einer guten Auslastung der Brennöfen in der Feuerfestindustrie (Feuerfest 2008a: 1).

7.5 Bis 2007 erreichte CO₂-Minderungen

Die spezifischen CO₂-Emissionen der Feuerfestindustrie lagen 2007 bei 257 kg CO₂/t (Tabelle 7.2). Im Zeitablauf kam es mitunter zu größeren Schwankungen im spezifischen Schadstoffausstoß. Im Jahre 1996 wurden beispielsweise 329 kg CO₂/t emittiert, was im Vergleich zu 1995 einer Steigerung von 4,1 % entspricht (RWI 2005: 108). Zunahmen waren auch in den Jahren 1999 und 2001 zu verzeichnen. Seit 2002 sind die spezifischen Emissionen dagegen deutlich gesunken. 2006 wurde mit 256 kg CO₂/t der bislang niedrigste Wert erreicht. Allerdings hat es im Berichtszeitraum 2005 bis 2007 nur geringe Veränderungen bei den spezifischen Emissionen gegeben.

Tabelle 7.2

Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen in der Feuerfest-Industrie

1990 bis 2007; Minderungsziel spezifische CO₂-Emissionen: -33 % bis 2005, -35 % bis 2012

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Emissionen in kg CO ₂ /t	390	316	265	258	257	256	257
Reduktion in %	-	19,0	32,0	33,9	34,1	34,5	34,0
Zielerreichungsgrad in %							
Ziel 2005	-	57,5	97,1	102,8	103,1	-	-
Ziel 2012	-	54,2	91,5	96,9	97,3	98,5	97,5

Nach Angaben des Verbandes der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.

Gegenüber 1990 konnten die spezifischen Emissionen bis 2007 um mehr als ein Drittel vermindert werden. Die Zielmarke für 2005 wurde im Jahr 2004 erstmals überschritten. Verglichen mit dem Berichtszeitraum 2000 bis 2002 des letzten Monitoringberichtes stellt dies eine deutliche Steigerung dar. Mit Blick auf das Ziel für 2012, dessen Marke bei einer CO₂-Minderung von

35 % liegt, lag der Zielerreichungsgrad für 2007 bereits bei rund 98 % (Tabelle 7.2).

Unter Berücksichtigung der vom Statistischen Bundesamt ausgewiesenen Produktionsmenge ergibt sich durch Multiplikation mit den spezifischen Emissionen für 2007 eine Emissionsmenge von 0,45 Mill. t (Tabelle 7.3). 1990 wurde noch nahezu die doppelte Menge emittiert.

Tabelle 7.3

Entwicklung der absoluten CO₂-Emissionen in der Feuerfest-Industrie
1990 bis 2007

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Produktion, Mill. t	1,98	1,76	1,60	1,60	1,51	1,63	1,75
Emissionen in 1 000 t	773	557	425	412	390	417	450
Reduktion in %	-	28	45	47	50	46	42

Nach Angaben des Verbandes der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.

7.6 Ursachenanalyse

Spezifische CO₂-Emissionen können generell durch zwei Maßnahmen reduziert werden: Durch eine effizientere Energienutzung und durch Substitution kohlenstoffreicher Energieträger. Im Basisjahr 1990 wurden industrieweit rund 12,4 PJ an Energie verbraucht⁸, von denen rund 5 % aus kohlenstoffreicher Braunkohle gewonnen wurde. 1995 wurde dieser Energieträger nicht mehr in nennenswerten Mengen verwendet. Dieselbe Entwicklung ist für schweres und leichtes Heizöl festzustellen. 1990 trug die Ölverfeuerung 6 % zur Energiegewinnung bei, seit 2000 lediglich noch 1 % (Tabelle 7.4).

Tabelle 7.4

Energiemix der Feuerfest-Industrie
1990 bis 2007; in %; gerundet

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Rohbraunkohle	3	-	-	-	-	-	-
Braunkohlenbriketts	2	0	0	-	-	-	-
Schweres Heizöl	2	1	0	-	-	0	0
Leichtes Heizöl	4	4	1	1	1	1	1
Erdgas	61	62	63	64	62	64	66
Kokereigas	1	1	0	0	0	-	-
Strom	27	32	35	35	37	35	34

Nach Angaben des Verbandes der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.

⁸ Der in früheren Monitoringberichten ausgewiesene Wert von 13,3 PJ für 1990 wurde aufgrund aktualisierter Daten des Verbandes korrigiert.

Der hohe Erdgasanteil rührt daher, dass die Feuerfestindustrie nach eigenen Angaben bereits in den 80er Jahren ihre Brennöfen verstärkt auf diesen kohlenstoffarmen Energieträger umgestellt hat (Feuerfest 2000). 1990 hatte Erdgas bereits einen Anteil von 61,0 % am Energieverbrauch. Dieser stieg bis 2007 auf 65,6 %. Der Anteil von Strom lag 1990 bei 27,1 % und stieg bis 2007 auf 33,7 %. Somit wurden Kohle und Heizöl durch Erdgas, aber vor allem durch einen vermehrten Stromverbrauch ersetzt. Der erhöhte Stromanteil ist laut Verbandsangaben einerseits einer verstärkten Notwendigkeit zur Nachbearbeitung der Erzeugnisse geschuldet, andererseits erfordern strenger gefasste Umweltauflagen den Einsatz von Absaug-, Filter- und Reinigungsanlagen (Feuerfest 2000).

1990 wurden nach Verbandsangaben noch durchschnittlich 62 kg CO₂/GJ emittiert. Dieser Wert lag 2007 bei 59 kg CO₂/GJ. Unter Berücksichtigung der hochgerechneten Gesamtenergiemenge von 1990 in Höhe von 12,4 PJ entspricht diese Reduktion um 3 kg CO₂/GJ einem Einsparvolumen von fast 30 240 t CO₂ allein aus der Energieträgersubstitution.

Weitaus bedeutender für die Reduzierung der spezifischen Emissionen war indessen die Steigerung der Energieeffizienz. Von 1990 bis 2007 konnte der spezifische CO₂-Ausstoß um fast 34 % gesenkt werden (Tabelle 7.2). Im gleichen Zeitraum sank der spezifische Energieverbrauch von 6,3 GJ je Tonne Feuerfest-Erzeugnisse auf 4,3 GJ/t (Tabelle 7.1), also um fast 31 %. Die Effizienzsteigerung beläuft sich somit auf 2 GJ/t. Durch Multiplikation mit den 1990 emittierten 62 kg CO₂/GJ ergibt sich daraus eine Minderung der spezifischen Emissionen um ca. 124 kg CO₂/t, bzw. um fast 32 %.

Sowohl die Energieeffizienz als auch die spezifischen CO₂-Emissionen der Feuerfest-Industrie sind sehr stark vom Auslastungsgrad der installierten Produktionsanlagen abhängig. So sank nach Angaben des Statistischen Bundesamts die Produktionsmenge zwischen 1995 und 1996 um 8,6 %, mit der Folge, dass die spezifischen CO₂-Emissionen 1996 um 4,1 % über dem Wert des Vorjahres lagen. Dasselbe trifft für die Jahre 1999 und 2001 zu, als die Industrie deutliche Produktionsrückgänge verzeichnete.

Der Verband der Feuerfestindustrie erhebt seit 2002 Angaben zu den Überkapazitäten der Mitgliedsunternehmen. Hiernach wurden die Produktionskapazitäten 2006 und 2007 zu 83 % ausgelastet und die Überkapazitäten erreichten ihren bis dahin niedrigsten Wert (Feuerfest 2007b, 2008b). Gegenüber 2003 entspricht dies einer Steigerung um 13 Prozentpunkte. Die höhere Auslastung hat – auch wenn dies hier im Einzelnen nicht quantifiziert werden kann – einen deutlichen Beitrag zur Verbesserung der Energieeffizienz geleistet.

7.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die im aktuellen Fortschrittsbericht des Industrieverbandes geschilderten Maßnahmen zur Emissionsreduktion wurden durch eine Befragung seiner Mitgliedsunternehmen erhoben (Feuerfest 2008a). Insgesamt werden 16 Einzelmaßnahmen zur Optimierung der Produktionskette aufgeführt, die Einsparungen im Energieverbrauch hervorgebracht haben. Allerdings ist eine Zuordnung der Maßnahmen zu einzelnen Berichtsjahren nicht möglich und es fehlen weitgehend detaillierte Angaben zu den erzielten Einsparungen.

Der mit 13 Maßnahmen größte Teil der Einzelmaßnahmen entfiel auf Investitionen in verbesserte Produktionstechnik – vorwiegend Ofentechnik – und die Optimierung bestehender Anlagen. In einem Fall konnte durch verschiedene Maßnahmen – insbesondere durch einen optimierten Tunnelofenwagen-Besatz und verbesserte Rauchgasführung – der spezifische Energieverbrauch für Erdgas um ca. 10 % und von Strom um ca. 3,5 % reduziert werden. Lediglich drei Einzelmaßnahmen bezogen sich auf die bessere Nutzung von Abwärme. Dies deutet darauf hin, dass die Reduzierung des Energieverbrauchs durch Abwärmenutzung bereits ein hohes Niveau erreicht hat.

Hinsichtlich des Einsparvolumens werden seitens des Verbandes beispielhaft drei Maßnahmen zur Reduzierung des Erdgasverbrauchs aufgeführt: a) die Installation und Optimierung von Rauchgaswärmetauschern, b) Reparatur und Umrüstung eines Haubenofens einschließlich neuem Verbrennungsluftventilator und c) der Ersatz einer thermischen durch eine regenerative Nachverbrennungsanlage. Alle drei Maßnahmen zusammen führten zu Einsparungen von jährlich 10 753 MWh Erdgas. Eine weitere Maßnahme führte zur Einsparung von 400 MWh Strom durch die Umstellung der Brennerluft von einer Kompressoranlage auf ein Brennerluftgebläse. Auf der Grundlage der im Monitoring verwendeten CO₂-Faktoren für Erdgas und Strom ergibt sich durch diese vier Maßnahmen eine Verringerung der CO₂-Emissionen um rund 2 224 t.

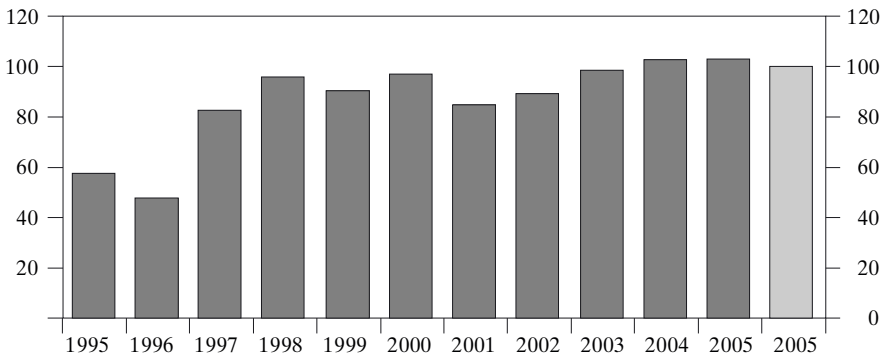
7.8 Bewertung

Die Feuerfest-Industrie hat ihre spezifischen Emissionen seit 1990 erheblich reduzieren können. Das für 2005 formulierte Ziel, die spezifischen CO₂-Emissionen um 33 % gegenüber 1990 zu mindern, wurde 2004 mit einem Zielerreichungsgrad von 102,8 % erstmals erreicht und sogar übertroffen (Schaubild 7.3). Im Jahr 2005 wurde das Ergebnis mit 103,1 % noch einmal leicht verbessert. Selbst dem Ziel für 2012 – Reduzierung der spezifischen Emissionen um 35 % im Vergleich zu 1990 – ist man nicht mehr fern. Hier lag der Zielerreichungsgrad im Jahr 2007 bereits bei 97,5 % (Schaubild 7.4).

Schaubild 7.3

Zielerreichungsgrad der Feuerfestindustrie für 2005

1995 bis 2005



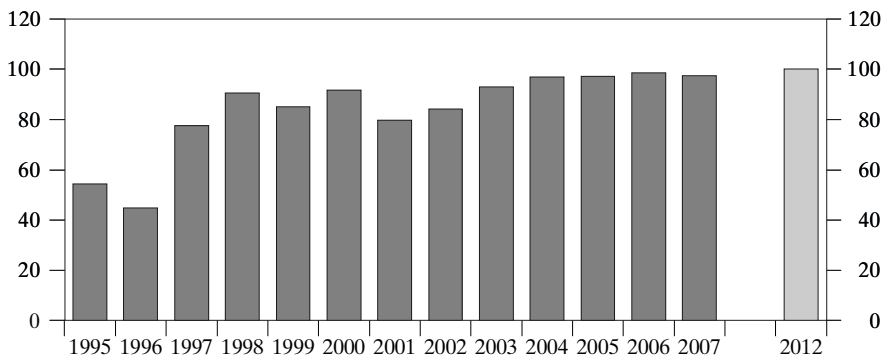
Eigene Berechnungen.

Für eine weitere Steigerung des Zielerreichungsgrades durch Substitution kohlenstoffreicher Energieträger gibt es in der Feuerfest-Industrie kaum noch Spielraum. Das kohlenstoffarme Erdgas hatte 2007 bereits einen Anteil von 98,9 % am fossilen Brennstoffverbrauch. Ein weiter wachsender Anteil des Stromverbrauchs hätte im Gegenteil sogar ein Ansteigen der spezifischen CO₂-Emissionen zur Folge. Weitere Einsparungen beim Energieverbrauch und damit bei den CO₂-Emissionen sind daher vermutlich nur durch weitere Verbesserungen der Ofentechnik und Maßnahmen zur Optimierung des Produktionsablaufs zu erreichen.

Schaubild 7.4

Zielerreichungsgrad der Feuerfestindustrie für 2012

1995 bis 2007



Eigene Berechnungen.

Einen substantiellen Einfluss auf die Zielerreichung hat dabei die Kapazitätsauslastung. Die Feuerfest-Industrie hängt in hohem Maße von der wirtschaftlichen Situation der Eisen- und Stahlindustrie ab. Aufgrund des Booms in dieser Abnehmerindustrie konnten die Anlagen seit 2006 bereits deutlich höher ausgelastet werden als in früheren Jahren. Ob diese Entwicklung lang genug anhält, um auch die Zielmarke für 2012 zu erreichen, muss abgewartet werden.

8. Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

Das Kerngeschäft dieses Industriezweigs ist die Herstellung von keramischen Bodenbelägen und Wandbekleidungen. Abhängig von der Herstellungsmethode werden die Produkte üblicherweise in Steinzeug, Steingut und Spaltplatten unterschieden. Der größte Teil der europäischen Produktion von Fliesen und Platten erfolgt in Italien und Spanien. Aber auch andere europäische Staaten wie z.B. Frankreich, Portugal, Polen, Tschechien, Ungarn und Rumänien verfügen über entsprechende Produktionsstätten.

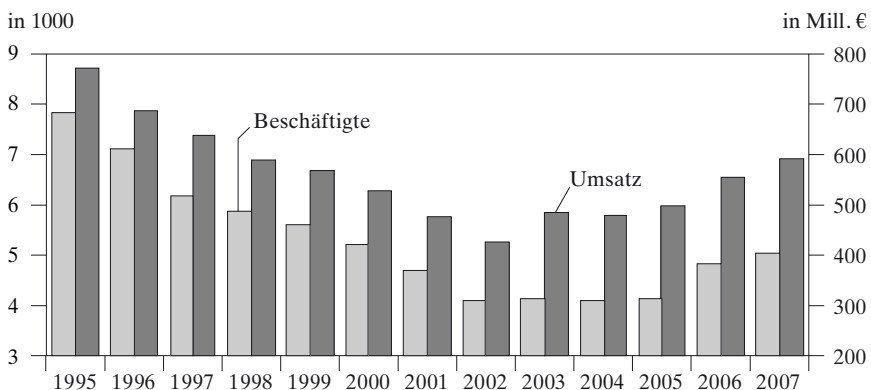
Der deutsche Markt ist geprägt durch eine starke Präsenz ausländischer Hersteller. Lediglich ein Viertel der deutschen Inlandsversorgung wird von heimischen Produzenten bereitgestellt, während der größere Teil des Marktes aus dem Ausland, insbesondere aus Italien, Spanien, Frankreich und der Türkei bedient wird. Zudem hat die Branche seit einigen Jahren mit den Auswirkungen der schwachen deutschen Baukonjunktur und steigendem Wettbewerb aus Drittstaaten wie China und Brasilien zu kämpfen.

Die Branche gehört zu den eher kleinen Zweigen innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes. Ihr Umsatz betrug 2007 rund 591 Mill. € und sie beschäftigte insgesamt 5 036 Personen (Schaubild 8.1). 2007 betrug der Anteil dieser Industrie am Umsatz des gesamten Verarbeitenden Gewerbes lediglich 0,04 %.

Schaubild 8.1

Umsatz und Beschäftigung der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

1995 bis 2007



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1.

8.1 Datenbasis

Ein Großteil der deutschen Fliesenindustrie und Fliesenproduktion ist im „Industrieverband Keramische Fliesen und Platten e.V.“ organisiert. Zu diesem Verband zählen aktuell 11 Mitgliedsunternehmen mit zusammen 14 Betriebsstätten. Im Rahmen einer Verbandserhebung wird der Verbrauch an Energie erfasst und mittels amtlicher Produktionskennziffern auf den Gesamtsektor hochgerechnet (Buttermann, Hillebrand 2002: 76).

Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten wird unter der Kennziffer 26.30 („Herstellung von keramischen Wand- und Bodenfliesen und -platten“) geführt. Vom Statistischen Bundesamt werden in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, jährliche Daten zu Umsatz, Beschäftigung, Verbrauch an verschiedenen Energieträgern sowie Strombezug veröffentlicht. Informationen zur Produktionsmenge finden sich in der Reihe 3.1 derselben Fachserie. Darin wird die in diesem Sektor erzeugte Produktionsmenge in Flächeneinheiten veröffentlicht. Diese wird vom Verband zum Zwecke der späteren Berechnung des spezifischen Energieverbrauchs mit Hilfe eines durchschnittlichen Fliesengewichts, gemessen in kg/m^2 , in Tonnen umgerechnet.

2007 gehörten nach Angaben des Statistischen Bundesamtes 28 Betriebsstätten zu diesem Sektor. Der Unterschied in der Zahl an Betriebsstätten ist einer der wesentlichen Gründe für die Abweichungen zwischen den Hochrechnungen des Verbandes und den Angaben des Statistischen Bundesamtes, wie sie in früheren Monitoringberichten festgestellt wurden (Buttermann, Hillebrand 2002: 76). Die Ursache für die hohe Zahl an Betriebsstätten, die vom Statistischen Bundesamt genannt wird, ist aus Gründen der Geheimhaltung nicht zu eruieren.

8.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

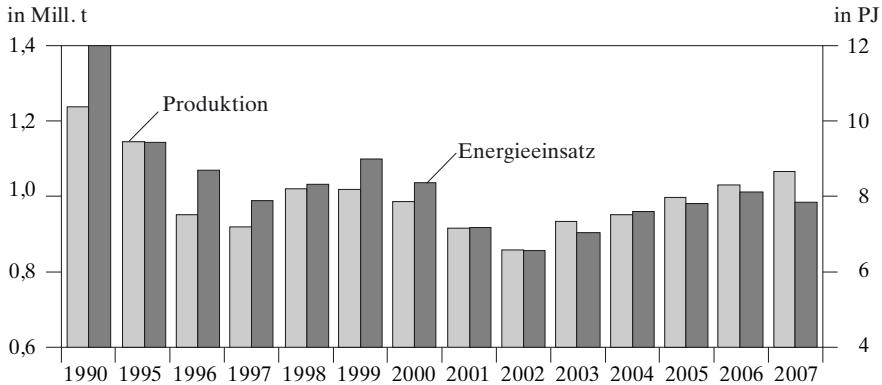
Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten befindet sich seit 1990 tendenziell auf einer Talfahrt (Schaubild 8.2). Wurden im Basisjahr 1990 noch gut 1,24 Mill. t Ware produziert, sank dieser Wert bis 2002 auf 0,86 Mill. t. Seit 2003 scheint dieser Trend jedoch gebrochen zu sein. Bis 2007 wuchs die Produktion um mehr als ein Viertel auf knapp 1,1 Mill. t. Alles in allem hat diese Industrie seit 1990 jedoch einen Produktionsrückgang von gut 14 % zu verkräften.

Mit dem Schrumpfungsprozess ging ein sinkender Energieverbrauch einher. Der Gesamtverbrauch an Energie verringerte sich von einstmalig 12 PJ im Jahr 1990 auf 6,6 PJ im Jahr 2002. Dies entspricht einer Reduktion von mehr als 45 % (Schaubild 8.2). Seitdem ist der Energieverbrauch wieder um 19,7 % auf 7,9 PJ im Jahre 2007 gestiegen, deutlich weniger als der Anstieg

der Produktion. Gegenüber dem Basisjahr konnte der Energieverbrauch um fast 35 % gesenkt werden.

Schaubild 8.2

Produktion und Energieverbrauch der Industrie der keramischen Fliesen und Platten
1990 bis 2007



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1 und des Industrieverbands Keramische Fliesen und Platten e.V. im Rahmen des Monitoring.

Der Gesamtumsatz der Branche ist seit 1995 deutlich zurückgegangen. Wurden 1995 noch etwa 771 Mill. € an Umsatz erzielt, waren es 2002 nur noch knapp 428 Mill. € (Schaubild 8.1). Erst die seit 2003 gestiegene Nachfrage ließ den Umsatz bis 2007 wieder auf rund 591 Mill. € steigen. Begleitet wurde die wirtschaftliche Entwicklung der Branche von Betriebsschließungen und einem Beschäftigungsabbau: Lag die Zahl der Beschäftigten 1995 noch bei 7 839 Personen, so waren es 2002 noch rund 4 100 Personen. Seit 2005 hat auch die Zahl der Beschäftigten wieder zugenommen. 2007 betrug sie mehr als 5 000 Personen.

Mit einer Energieintensität von 7,4 GJ/t im Jahr 2007 gehört die Industrie der keramischen Fliesen und Platten zu den energieintensiven Sektoren. Die Energieintensität liegt noch über dem Wert für die Feuerfest-Industrie (4,3 GJ/t), aber teilweise deutlich unter dem anderer Industrien.

8.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Die übliche Gruppierung der Produkte der Industrie der keramischen Fliesen und Platten in Steinzeug, Steingut und Spaltplatten hat sich aus dem Sprachgebrauch entwickelt. Da Steingut wegen seiner höheren Wasseraufnahmefähigkeit nicht frostsicher ist, kann es nur im Innenbereich eingesetzt werden und dient hier vorwiegend als Wandbekleidung. Steinzeug nimmt dagegen wesentlich weniger Wasser auf. Als Bodenbelag ist es strapazierfähiger.

higer und frostsicherer und kann daher auch im Außenbereich eingesetzt werden. Bei Spaltplatten handelt es sich um plastisch geformte Steinzeugfliesen, deren Bezeichnung sich aus dem Herstellungsverfahren ableitet. Spaltplatten werden als Doppelplatten Rückseite an Rückseite gebrannt und nach dem Brennen durch Spalten voneinander getrennt.

Der Herstellungsprozess für keramische Fliesen und Platten gliedert sich in verschiedene Verfahrensschritte wie die Aufbereitung der Ausgangsstoffe, die Formgebung, die Trocknung, falls notwendig Glasieren, und das Brennen der Fliesen- und Plattenrohlinge.⁹ Energieintensiv sind die Aufbereitung, Trocknung und vor allem der Brennvorgang. Dieser erfordert hohe Prozesstemperaturen.

Als keramische Rohstoffe dienen hauptsächlich Ton, Kaolin, Quarz und Feldspat. Teilweise werden weitere mineralische Zusatzstoffe z.B. zur Farbgebung und Beeinflussung technischer Eigenschaften beigemischt (Löbbe et al. 2001: 196-197). Die Ausgangsmaterialien werden zunächst zerkleinert und gemahlen. Bei der Formgebung werden zwei verschiedene Verfahren unterschieden. Im so genannten *Trockenpress-Verfahren* wird die Rohstoffmasse als Granulat in die zukünftige Fliesenform gepresst; bei der *Strangpressung* wird die breiig aufgearbeitete Rohstoffmasse durch Formgebungsschablonen gepresst. Anschließend werden die geformten Rohlinge gegebenenfalls getrocknet und mit oder ohne eine Glasur gebrannt (Löbbe et al. 2001: 196-197).

Beim Brennen der Rohlinge kommen unterschiedliche Ofentypen zum Einsatz. Dünne keramische Fliesen und Platten werden in Rollenöfen gebrannt, größere Formteile, Spaltplatten und sonstige dickere keramische Fliesen und Platten dagegen häufig in Tunnelöfen oder Kammeröfen. Für Steinzeug sind Temperaturen zwischen 1 150° C und 1 300° C erforderlich, für Steingut genügen dagegen Temperaturen zwischen 1 050° C und 1 160° C (Löbbe et al. 2001: 197). Als Energieträger für den Brennvorgang kommt inzwischen ausschließlich Erdgas zum Einsatz.

8.4 Die Selbstverpflichtung

Der Verband hat im Dezember 2000 seine bis dahin bestehende Selbstverpflichtung neu formuliert und erweitert. Demnach wird eine *Reduktion der CO₂-Emissionen je produzierter Tonne Fliesen und Platten* in zwei Etappen

⁹ Neben dem dargestellten so genannten Einbrandverfahren, bei dem die Glasur direkt auf den noch ungebrannten Rohling aufgetragen wird, gibt es noch das Zweibrandverfahren. Bei diesem wird der Rohling zunächst gebrannt, dann die Glasur aufgetragen und in einem zweiten Ofengang eingebrannt.

angestrebt. Bis 2005 verpflichtet sich die Industrie der keramischen Fliesen und Platten ihren spezifischen CO₂-Ausstoß gegenüber 1990 um 22-26 % zu reduzieren. Auf Basis der spezifischen Emissionsmenge von 567 kg CO₂/t im Jahre 1990 ergibt sich für 2005 ein Ziel-Korridor von 420 kg bis maximal 442 kg CO₂/t. Zudem sollen bis 2012 die spezifischen Emissionen möglichst bis zu 30 % gegenüber 1990, auf nicht mehr als 397 kg CO₂/t reduziert werden. Die Reduktionsziele sind in Übersicht 8.1 zusammengefasst.

Übersicht 8.1

Selbstverpflichtung der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

Ziel 2005	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen um 22-26 % gegenüber 1990 auf 420 kg bis maximal 442 kg CO ₂ /t.
Ziel 2012	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen um bis zu 30 % gegenüber 1990 auf maximal 397 kg CO ₂ /t.
Basisjahr	1990

Nach Angaben des Industrieverbands Keramische Fliesen und Platten e.V. (Fliesenverband 2000).

8.5 Bis 2007 erreichte CO₂-Minderungen

Für die spezifischen Emissionen in der Industrie der keramischen Fliesen und Platten lässt sich bis 2007 eine deutlich sinkende Tendenz erkennen (Tabelle 8.1). Zwischen 1990 und 1995 konnte der Klimagasausstoß auf 481 kg CO₂/t zurückgeführt werden. Nachdem die spezifischen Emissionen in den Jahren 1996 und 1999 stiegen, konnte 2003 das Ziel für 2005 erstmals erreicht werden. Mit 439 kg CO₂/t lag der spezifische CO₂-Ausstoß um 22,7 % unterhalb des Wertes für 1990 und damit innerhalb des Zielkorridors für die Verringerung der spezifischen Emissionen von 22 - 26 % (RWI 2008: 113). Im Jahr 2005 gelang es, die spezifischen Emissionen auf 457 kg CO₂/t zu begrenzen. Gegenüber 2004 entsprach dies einer Minderung von 2,2 %. Allerdings konnte das Ziel für 2005 damit nur zu knapp 89 % erreicht werden. Bis 2007 sanken die spezifischen Emissionen weiter auf 430 kg CO₂/t.

Tabelle 8.1

Spezifische CO₂-Emissionen der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

1990 bis 2007; Ziel bis 2005: -22 bis -26 %; Ziel bis 2012: -30 %

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Spezifische CO ₂ -Emission in kg/t	567	481	494	467	457	460	430
Reduktion in %	-	15,2	12,9	17,7	19,5	19,0	24,3
Zielerreichungsgrad für 2005 in %	-	69,3	58,7	80,7	88,8	-	-
Zielerreichungsgrad für 2012 in %	-	50,8	43,0	59,2	65,1	63,4	81,1

Nach Angaben des Industrieverbands Keramische Fliesen und Platten e.V.

8.6 Ursachenanalyse

Eine Reduzierung der spezifischen CO₂-Emissionen lässt sich prinzipiell auf drei Ursachen zurückführen: Neben Veränderungen im Produktionsprogramm zugunsten von Produkten, die einen geringeren Energieeinsatz erfordern, kommen als Ursachen die Erhöhung der Energieeffizienz und der Wandel im Energiemix hin zu kohlenstoffarmen Energieträgern wie beispielsweise Erdgas in Betracht.

Bedeutende Energieträgersubstitutionen haben seit 1990 nicht mehr stattgefunden. Die Anteile der Energieträger blieben nahezu konstant (Tabelle 8.2). Eine Substitution von Energieträgern als nennenswerte Ursache für die Reduktion des Schadstoffausstoßes scheidet damit weitgehend aus. Diese Schlussfolgerung wird dadurch belegt, dass die CO₂-Emissionen pro GJ, die den jeweiligen Energiemix widerspiegeln, seit 1990 nahezu unverändert bei einem Wert von 58,4 kg CO₂/GJ liegen. Gleichwohl hat der frühe Wechsel zum Erdgas den Einsatz moderner Technologien ermöglicht, die den Energieeinsatz besser steuerbar machen und damit die Grundlage für eine weitere Optimierung bilden.

Tabelle 8.2

Energiemix der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

1990 bis 2007; gerundeter Anteil der Energieträger am Gesamtverbrauch in %

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Leichtes Heizöl	0,5	0,4	0,1	-	-	-	-
Erdgas	71,0	71,0	71,9	71,5	71,8	72,2	71,1
Strom	28,4	28,6	28,1	28,5	28,2	27,8	28,9

Nach Angaben des Industrieverbands Keramische Fliesen und Platten e.V.

Anpassungen der Produktpalette zur Verringerung von CO₂-Emissionen scheiden ebenfalls aus. Hier hält die Tendenz am Markt hin zu Feinsteinzeug, größeren Formaten sowie dickeren Fliesen im gewerblichen Bereich an, der sich die deutschen Hersteller nicht entziehen können und deshalb ihre Produktion entsprechend angepasst haben (Fliesenverband 2008: 1). Da Steinzeug bei höheren Temperaturen gebrannt wird als Steingut, ist diese Entwicklung mit einem steigenden Energiebedarf verbunden.

Die Energieeffizienz konnte seit 2004 weiter gesteigert werden. Bis 2007 sank der spezifische Energieverbrauch auf 7,4 GJ/t. Gegenüber 1990 entspricht dies einer Minderung um 24,2 %. Verbesserungen der Energieeffizienz wurden in der Vergangenheit vor allem durch den Abbau von Überkapazitäten und die Modernisierung der Produktionsanlagen begünstigt. Sie war eine wesentliche Ursache für die Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen.

Tabelle 8.3

Spezifischer Energieverbrauch der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

1990 bis 2007

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Spezifischer Energieverbrauch in GJ/t	9,7	8,2	8,5	8,0	7,8	7,9	7,4
Minderung in %	15,2	5,7	12,7	17,6	19,3	18,8	24,2

Nach Angaben des Industrieverbands Keramische Fliesen und Platten e. V.

In welchem Umfang die höhere Energieeffizienz seit 1990 zum Rückgang der spezifischen Emissionen beigetragen hat, lässt sich durch folgende Berechnung belegen: Die spezifischen CO₂-Emissionen lassen sich als Produkt aus dem spezifischen Energieverbrauch und den durchschnittlichen Emissionen je GJ darstellen. Werden nun die durchschnittlichen Emissionen pro Energieeinheit aus dem Jahre 1990 in Höhe von 58,4 kg CO₂/GJ mit dem spezifischen Energieverbrauch im Jahre 2007 multipliziert, ergeben sich für 2007 fiktive spezifische CO₂-Emissionen in Höhe von 432 kg CO₂/t. Das Resultat stimmt weitgehend mit dem tatsächlichen Wert für die spezifischen Emissionen überein (Tabelle 8.1). Damit ist die Reduktion des spezifischen CO₂-Ausstoßes bis 2007 in erster Linie auf die Verbesserung der Energieeffizienz zurückzuführen.

8.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

In seinem Fortschrittsbericht für die Jahre 2005 bis 2007 betont der Fliesenverband, dass regelmäßige Neueinstellungen der Produktion nicht nur aufgrund veränderter Marktanforderungen an die Produkte, sondern auch unter dem Aspekt der Energieeffizienz erfolgen. Hierzu wurden Maßnahmen zur Verbesserung des Energiemanagements, der Optimierung der Produktkontrolle und zum Ausbau der Wärmerückgewinnung sowie der Erneuerung von Ofenanlagen durchgeführt (Fliesenverband 2008: 1).

Beispielhaft werden im Fortschrittsbericht für den aktuellen Berichtszeitraum sieben Maßnahmen zur Energieeinsparung aufgeführt. Das Investitionsvolumen für diese Maßnahmen belief sich insgesamt auf mehr als 4 Mill. € (Tabelle 8.4). Zu den einzelnen Maßnahmen wurden jedoch keine Angaben gemacht, die eine Zuordnung auf ein bestimmtes Berichtsjahr erlauben. Nach Angaben des Fliesenverbandes beziehen sich die Angaben zu den Energieeinsparungen überwiegend auf den Erdgasverbrauch. Die Höhe der Einsparungen variiert bei den umgesetzten Maßnahmen zwischen 60 % der zuvor eingesetzten Energie durch einen Wärmeverbund und die Wärmerückgewinnung an einem Trockner und 0,5 % durch die Verbesserung einer Hallendachisolation.

Tabelle 8.4

**Ausgewählte Maßnahmen der Industrie der keramischen Fliesen und Platten
2005 bis 2007**

Maßnahme	Einsparung	Investitionen in Tsd. €
Ofenerneuerung mit Wärmerückgewinnung	ca. 8,9 %	700
Hallendachisolation	0,5 %	150
Einbau neuer Brenneranlage mit Steuerung	3,0 %	90
Wärmeverbund, Wärmerückgewinnung – Trockner	ca. 60,0 %	85
Wärmerückgewinnung	ca. 5,0 %	80
Erneuerung Ofenanlage mit Wärmerückgewinnung	ca. 8,0 – 10,0 %	2 800
Erneuerung Brenneranlage mit Steuerung	ca. 8,0 %	170

Nach Angaben des Industrieverbands Keramische Fliesen und Platten e.V. (Fliesenverband 2008)

Da der Fortschrittsbericht keine Angaben über die Höhe der absoluten Energieeinsparungen enthält, lässt sich nicht quantifizieren, wie hoch die Auswirkungen der von 2005 bis 2007 durchgeführten Maßnahmen auf den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen der gesamten Branche waren.

8.8 Bewertung

Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten hat in ihrer aktuell gültigen Selbstverpflichtungserklärung zwei spezifische Minderungsziele mit unterschiedlichem Zeithorizont genannt. Zunächst sollen die spezifischen Emissionen bis 2005 um 22 bis 26 % gegenüber 1990 gesenkt werden. Das zweite Ziel ist weniger konkret formuliert und avisiert eine Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 „möglichst in der Nähe von 30 % (Fliesenverband 2000) gegenüber 1990.

Seit 1999 ist der Industriebereich seinem für 2005 formulierten Ziel erheblich näher gekommen und konnte es 2003 sogar übertreffen (Schaubild 8.3). Allerdings gab es 2004 einen Rückschlag, der 2005 nicht wieder aufgeholt werden konnte. Der untere Zielwert einer Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen um 22 % wurde daher nur zu 89 % erreicht. Obwohl 2007 ein großer Minderungserfolg erzielt werden konnte, ist auch die zukünftige Entwicklung im Hinblick auf das für 2012 angestrebte Minderungsziel mit einiger Unsicherheit behaftet (Schaubild 8.4).

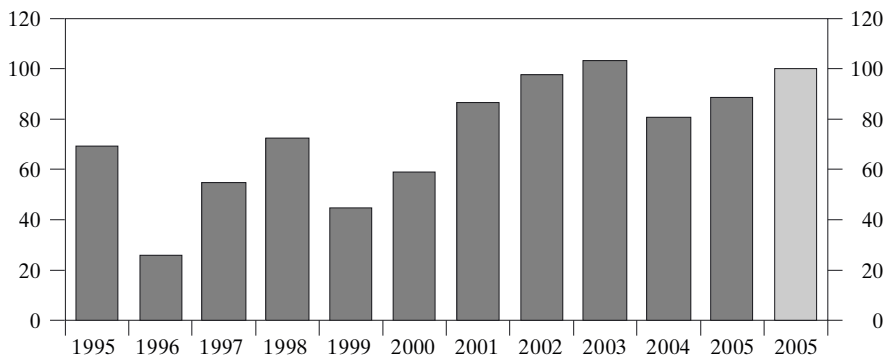
Seit einigen Jahren gibt es eine steigende Nachfrage nach Steinzeug und hier insbesondere nach gewerblich genutzten Bodenfliesen. An diese Produkte werden erhöhte Anforderungen hinsichtlich der Haltbarkeit gestellt, deren Erfüllung derzeit durch eine höhere Fliesenstärke erreicht wird. Dickere und somit schwerere Bodenfliesen verursachen jedoch einen höheren

Brennaufwand und führen somit zu einem höheren spezifischen Energieverbrauch.

Schaubild 8.3

Zielerreichungsgrad der Industrie der keramischen Fliesen und Platten für 2005

1995 bis 2005; in %

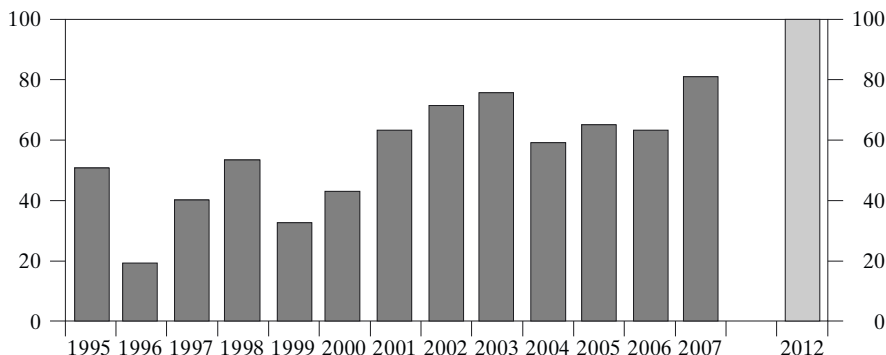


Eigene Berechnungen.

Schaubild 8.4

Zielerreichungsgrad der Industrie der keramischen Fliesen und Platten für 2012

1995 bis 2007; in %



Eigene Berechnungen.

Die Brennofenausstattung ist laut Verband auf dem aktuellen Stand der Technik. Nennenswerte Effizienzsteigerungspotenziale sind demnach durch Modernisierungsmaßnahmen nicht mehr zu erwarten. Auch das zusätzliche Einsparpotenzial durch ein verbessertes Qualitätsmanagement sowie durch Optimierung der Produktionsabläufe dürfte bereits sehr begrenzt sein, da zu vermuten ist, dass es angesichts der in den letzten Jahren gestiegenen Ener-

giepreise von dem unter hohem Wettbewerbsdruck stehenden Wirtschaftszweig längst realisiert worden ist.

Von großer Bedeutung für die Industrie der Fliesen und Platten im Hinblick auf das Erreichen der Minderungsziele ist die Entwicklung der Baukonjunktur. Die geringe Zahl fertig gestellter Wohn- und Gewerberäume bedingt seit Jahren eine sinkende Nachfrage nach Boden- und Wandbekleidungen. Darüber hinaus entwickelt sich auch die Nachfrage, die sich aus dem Bedarf an Renovierungsarbeiten ergibt nur sehr schleppend. (Deutsche Steinzeug 2008: 6-10, 20). Diese Marktsituation trägt zur schlechten Auslastung der Produktionskapazitäten bei, die zwangsweise in erhöhte spezifische CO₂-Emissionen mündet.

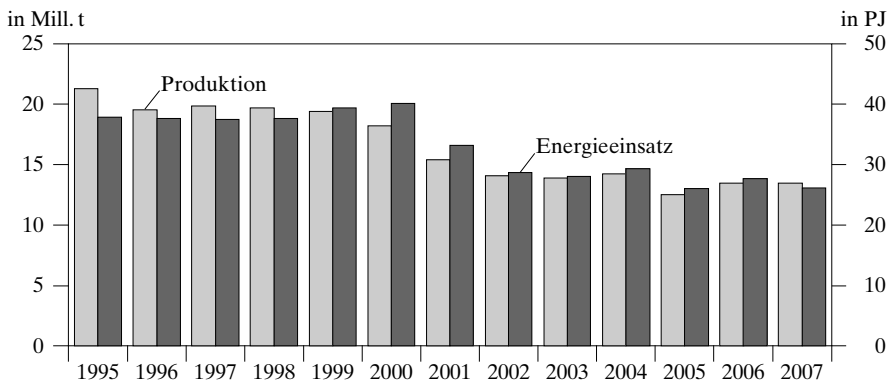
Inwiefern die Industrie das für 2012 formulierte Ziel in den nächsten Jahren erreichen kann, lässt sich somit aus heutiger Sicht schwer abschätzen. Nennenswerte Einsparpotenziale lassen sich wohl nur noch über eine verbesserte Auslastung der Brennöfen realisieren. Konjunkturelle Impulse seitens der Bauindustrie sind jedoch derzeit nur schwach ausgeprägt.

9. Die Ziegelindustrie

Als Lieferant von gebrannten Dach- und Mauerziegeln gehört die mittelständisch geprägte Ziegelindustrie zur Baustoffindustrie. Demzufolge ist dieser Industriezweig stark von der konjunkturellen Lage in der Bauwirtschaft abhängig. Hier wie dort zeigte sich in den letzten Jahren ein rückläufiger Trend. Die Produktion der Ziegelindustrie konnte in den Jahren von 1995 bis 1999 auf einem relativ stabilen Niveau von 20 Mill. t gehalten werden, doch bedingt durch die konjunkturelle Abhängigkeit von der Bauwirtschaft sank die Produktionsmenge danach deutlich, von 19,4 Mill. t im Jahr 1999 auf etwa 13,5 Mill. t gebrannter Ziegel im Jahr 2007 (Schaubild 9.1). Dies entspricht einem Rückgang von 30,4 %.

Schaubild 9.1

Produktion und Energieverbrauch in der Ziegelindustrie
1995 bis 2007



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1 und des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie im Rahmen des Monitoring.

9.1 Datenbasis

Die wesentliche Datengrundlage für die im Rahmen des vorliegenden Berichtes erfolgende Berechnung der CO₂-Emissionen bildete auch für die Ziegelindustrie bis 2002 die Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes. Der Sektor wird dort als Wirtschaftszweig 26.4, „Herstellung von sonstiger Baukeramik“, geführt. Seit 2003 wird die Energieverwendung vom Statistischen Bundesamt neu erhoben und in einer eigenen Statistik veröffentlicht. Diese ist jedoch für das Monitoring nur eingeschränkt verwendbar, da viele Angaben aus Gründen der Geheimhaltung nicht ausgewiesen werden. Zudem gibt es Abweichungen zur bisherigen Statistik der Reihe 4.1.1

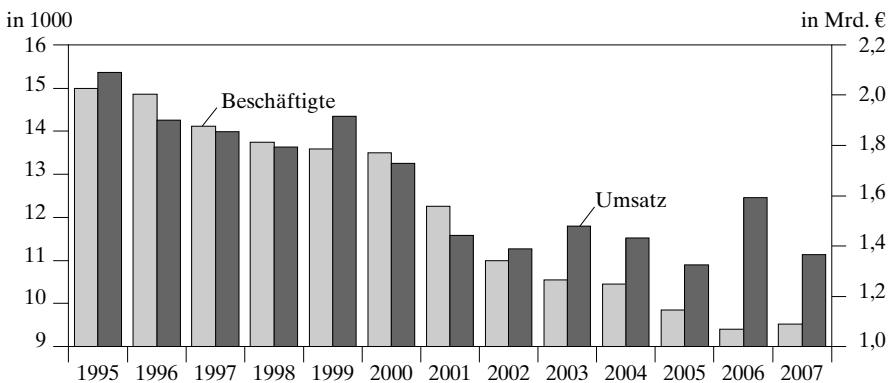
bei Art und Umfang der eingesetzten Energieträger, die bislang nicht geklärt werden konnten. Aus diesen Gründen beruhen die Daten für 2005 bis 2007 auf den Ergebnissen einer Erhebung des Bundesverbandes der Ziegelindustrie bei allen Mitgliedern und Nichtmitgliedern in Deutschland. Die Rücklaufquote für die Erhebung lag nach Angaben des Verbandes bei 92 %. Fehlende oder unvollständige Angaben wurden durch den Verband hochgerechnet. Informationen zu den durchgeführten Maßnahmen zur CO₂-Minderung basieren auf dem Fortschrittsbericht des Bundesverbandes der Ziegelindustrie (Ziegel 2008).

Die amtliche Statistik weist die Herstellung von Mauerziegeln in Kubikmetern und von Dachziegeln in Stückzahlen aus. Der Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie ermittelt daraus anhand von Erfahrungswerten Produktionswerte in Tonnen. Dazu wird ein Durchschnittsgewicht von 1 300 kg/m³ Mauerziegel und 3 kg je Dachziegel zugrunde gelegt (Buttermann, Hillebrand 2002: 83).

Schaubild 9.2

Beschäftigte und Umsatz in der Ziegelindustrie

1995 bis 2007



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1.

9.2 Energieverbrauch, Umsatz und Beschäftigung

Der Energieeinsatz blieb über mehrere Jahre zunächst weitgehend stabil. Zwischen 1995 und 2000 bewegte er sich auf einem Niveau von etwa 38 bis 40 PJ (Schaubild 9.1). Erst mit dem Produktionsrückgang von 30,4 % zwischen 1999 und 2007 ging eine vergleichbare Reduktion des Energieverbrauchs um 33,8 % einher. Laut Statistischem Bundesamt erzielte der Industriezweig 2007 mit 9 530 Beschäftigten in 133 Betrieben einen Umsatz von 1,4 Mrd. € (Schaubild 9.2). Damit konnte das deutliche Umsatzwachstum von 2006 auf 1,6 Mrd. € nicht gehalten werden. Der seit 2000 anhalten-

de Rückgang der Beschäftigung setzte sich auch in den Jahren 2005 bis 2007 fort. Lediglich 2007 stieg die Zahl der tätigen Personen um 1,3 %. Mit lediglich 0,2 % aller Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe und einem Umsatzanteil von 0,1 % im Jahr 2007 handelt es sich bei der Ziegelindustrie um einen vergleichsweise kleinen Industriebereich. Demgegenüber stellt sie sich mit einem Anteil am Gesamtenergieverbrauch in Höhe von ca. 1,0 % als relativ energieintensiv dar.

Zieht man das Verhältnis von Energieeinsatz und Umsatz als Indikator für Energieintensität heran, so ist die Ziegelindustrie mit 19,1 MJ/€ im Jahr 2007 zu den energieintensiven Sektoren zu zählen. Lediglich die anderen zur Baustoffbranche zählenden Sektoren wie die Kalk- und Zementindustrie weisen eine deutlich höhere Energieintensität als die Ziegelindustrie auf.

9.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Die Ziegelindustrie produziert unter anderem Mauer- und Dachziegel sowie Klinkersteine und Pflasterklinker. Dachziegel hatten nach Angaben des Verbandes 2007 einen Anteil von 19,5 % an der gesamten Produktion, Mauerziegel entsprechend einen Anteil von 80,5 %. Die Ausgangsmaterialien für diese Produkte sind Lehm und Ton, die oberflächennah und häufig in direkt neben dem Ziegelwerk befindlichen Lagerstätten abgebaut werden. Beim Abbau der Tone und Lehme kommen überwiegend Bagger und Radlader zum Einsatz. Durch die werksnahe Lage der Lagerstätten ist bei fast keinem deutschen Ziegelwerk ein Transport über längere Strecken notwendig. In einigen Ziegelwerken werden Transportbänder genutzt. Dies erspart jeglichen Transportverkehr (Baupraxis 2005).

Die natürlichen Rohstoffe weisen mitunter ein weites Spektrum in ihrer mineralogischen Zusammensetzung auf. Dies erfordert zur Produktion eines letztlich weitgehend homogenen Gutes wie Ziegel einen erheblichen Aufwand in der Aufbereitung der Rohstoffe (Hatzl, Gehlken 2001). Zudem verlangen die vermehrt eingesetzten Qualitäts- und Umweltmanagementsysteme wie beispielsweise die EG Öko-Audit-Verordnung eine kontinuierliche Überwachung und Einstufung der Rohstoffe, um eine energiesparende und umweltschonende Produktion gewährleisten zu können.

Die Ausgangsmaterialien werden zerkleinert und zu einer nassen Masse aufbereitet, die maschinell in meist quaderförmige Bausteine gepresst wird (Strangpressverfahren). Nachdem die gepressten Rohlinge getrocknet sind, werden sie gebrannt. Für das Brennen der Ziegel werden in der Regel öl- oder gasbefeuerte Tunnelöfen verwendet. Lediglich für Spezialerzeugnisse wie Zubehörteile für Dachziegel kommen Kammeröfen zum Einsatz.

Als besonders energieeffizient hat sich der Wärmeverbund zwischen Tunnelofen und Trocknungsanlage erwiesen. Die Trocknungsanlagen werden bei Temperaturen bis 100° C betrieben und dabei mit Warmluft aus der Kühlzone des Tunnelofens versorgt. Für den Brennvorgang werden die getrockneten Rohlinge meist in einem Paketbesatz in den Tunnelofen gesetzt und auf Ofenwagen durch den Ofen gefahren. Im Gegenstrom der heißen Ofenabgase durchlaufen die Rohlinge zunächst die Vorwärmzone. In der Brennzone werden diese dann bei Temperaturen zwischen 900 und 1 150° C gebrannt (Buttermann, Hillebrand 2002: 80).

9.4 Die Selbstverpflichtung

Die Ziegelindustrie hat sich 1995 bereit erklärt, ihren spezifischen Energieeinsatz bis 2005 auf 1 645 kJ/kg gebranntem Ziegel zu verringern (Übersicht 9.1). 1990 wurden durchschnittlich 2 274 kJ/kg verbraucht (Buttermann, Hillebrand 2002: 81). Daraus ergibt sich eine Minderungszusage von 27,7 %. In ihrer neuen Erklärung vom Dezember 2000 erklärt sich die Branche ferner bereit, bis 2012 ihre spezifischen CO₂-Emissionen um 28 bis 30 % gegenüber 1990 zu senken. 1990 wurden 152 kg CO₂/t emittiert. Somit ergibt sich für 2012 ein Reduktionsziel von maximal 109 kg CO₂/t.

Übersicht 9.1

Selbstverpflichtungen der Ziegelindustrie

Ziel 2005	Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs um 27,7 % gegenüber 1990 auf 1 645 kJ/kg.
Ziel 2012	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen um 28 bis 30 % gegenüber 1990 auf 109 bzw. 106 kg CO ₂ /t.
Basisjahr	1990

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie (Ziegel 2000).

9.5 Bis 2007 erreichte Minderungen

Die Ziegelindustrie hat zwischen 1990 und 1995 ihren spezifischen Energieverbrauch um fast 22 % auf rund 1,8 GJ/t gesenkt (Tabelle 9.1). Damit war das Ziel für 2005 zu fast 80 % erreicht. Bis 2000 stieg der spezifische Energieverbrauch dann wieder deutlich auf etwa 2,2 GJ/t. Die verbliebene Minderung gegenüber 1990 entsprach gerade einmal 10,5 % des angestrebten Ziels. Bis 2005 konnte die Ziegelindustrie den spezifischen Verbrauch zwar wieder auf ca. 2,1 GJ/t verringern, das gesetzte Ziel einer Minderung um 27,7 % wurde jedoch nicht erreicht. Der Zielerreichungsgrad lag 2005 bei 31,1 %.

Tabelle 9.1

Spezifischer Energieeinsatz und Zielerreichungsgrade der Ziegelindustrie

1990 bis 2007; Ziel bis 2005: Minderung des spezifischen Energieverbrauchs auf 1 645 kJ/kg

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Spez. Verbrauch, kJ/kg	2 274	1 776	2 208	2 061	2 078	2 060	1 939
Minderung in %	-	21,9	2,9	9,4	8,6	9,4	14,7
Zielerreichungsgrad in %	-	79,1	10,5	33,9	31,1	-	-

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1 und des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie.

Die spezifischen CO₂-Emissionen haben 1995 mit 108 kg CO₂/t erstmals die Zielmarke für 2012 unterschritten (Tabelle 9.2). Ähnlich wie der spezifische Energieverbrauch haben sich die spezifischen Emissionen bis 2000 wieder erhöht, lagen aber mit 130 kg CO₂/t noch gut 14 % unter dem Wert von 1990. Bis 2007 sanken die spezifischen Emissionen auf 116 kg CO₂/t. Damit konnte die Minderung des spezifischen CO₂-Ausstoßes seit 2004 um weitere 4 Prozentpunkte auf 24 % verbessert werden. Die Ziegelindustrie hat sich ihrem unteren Minderungsziel für 2012 auf ca. 86 % genähert.

Tabelle 9.2

CO₂-Emissionen und Zielerreichungsgrad der Ziegelindustrie1990 bis 2007; Ziel bis 2012: Minderung der spezifischen Emissionen auf 106 bis 109 kg CO₂/t

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Abs. Emissionen, 1000 t	2 407	2 304	2 370	1 737	1 541	1 640	1 558
Spez. Emissionen, kg CO ₂ /t	152	108	130	122	123	122	116
Minderung in %	-	28,9	14,4	19,9	19,1	19,9	24,0
Zielerreichungsgrad in %							
Unteres Ziel	-	103,2	51,4	71,2	68,4	71,2	85,8
Oberes Ziel	-	96,3	47,9	66,5	63,8	66,4	80,1

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1, und des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie.

9.6 Ursachenanalyse

Die offenkundigste Ursache für die Abnahme des absoluten Energieverbrauchs um 33,8 % zwischen 1999 und 2007 ist im anhaltenden Produktionsrückgang der Ziegelindustrie zu sehen. Die Produktion sank in diesem Zeitraum um 30,4 %. Bei einem unabhängig vom Auslastungsgrad nahezu konstanten Energiebedarf für Trockner- und Brennaggregate führt ein Rückgang der Produktion darüber hinaus zu einer Zunahme des spezifischen Energieverbrauchs. Ähnlich wie die Industrie der keramischen Fliesen und Platten und die Feuerfest-Industrie ist die Ziegelindustrie bei den

spezifischen Emissionen und dem spezifischen Energieverbrauch äußerst anfällig für Schwankungen im Auslastungsgrad der Öfen.

Tabelle 9.3

Auslastungsgrade der Öfen in der Ziegelindustrie

2000 bis 2002; jahresdurchschnittlich; in %

	2000	2001	2002
Dachziegelwerke	84	77	69
Vormauer- u. Klinkerwerke	68	68	68
Hintermauerziegelwerke	63	58	65

Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie (Ziegel 2005a).

In den Jahren 2000 bis 2002 sind die Auslastungsgrade trotz der Schließung von mehr als 30 Ziegelwerken zum Teil sogar gesunken (Tabelle 9.3). Ohne diese Schließungen wären die Auslastungsgrade aufgrund des deutlichen Produktionsrückgangs vermutlich noch weit geringer ausgefallen. Während die Auswertung der Energieverbrauchsdaten für die Ziegelindustrie bis 2007 einen Rückgang des spezifischen Verbrauchs ergibt, weist der Verband in seinem Fortschrittsbericht darauf hin, dass Auslastungsprobleme auch in den Jahren 2005 bis 2007 zu erhöhten spezifischen Energieverbräuchen geführt haben (Ziegel 2008: 2). Allerdings werden für diesen Zeitraum keine konkreten Angaben zu den Auslastungsgraden gemacht.

Als Ursache für den gestiegenen spezifischen Energieverbrauch nennt der Verband neben der verringerten Auslastung gesteigerte Ansprüche an die Qualität der Produkte, vor allem bezüglich Aussehen und Witterungsbeständigkeit. Diese Tendenz erfordert eine intensivere Aufbereitung der natürlichen Rohstoffe, was in der Regel mit einem gesteigerten Energieverbrauch verbunden ist. Bei der Produktion von Vormauer- und Dachziegeln wird in den letzten Jahren verstärkt auf Kundenwünsche eingegangen. Die Folge sind geringere Stückzahlen, die mit einem höheren spezifischen Energieverbrauch einhergehen.

Tabelle 9.4

Mauer- und Dachziegelproduktion der Ziegelindustrie

1995 bis 2007; in Mill. Tonnen

	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Mauerziegel	18,8	15,3	11,7	10,1	10,8	10,9
Dachziegel	2,5	2,9	2,6	2,5	2,6	2,6
Ziegel insgesamt	21,3	18,2	14,3	12,5	13,5	13,5
Mauerziegel in %	88,4	84,1	81,8	80,4	80,5	80,5

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 3.1 und des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie.

Ferner ist im Laufe der Zeit eine Verschiebung der Nachfrage von Mauerziegeln zu Dachziegeln zu erkennen (Tabelle 9.4). Die Produktion von Dachziegeln ist sowohl mit einer längeren Brandzeit als auch mit einer höheren Brenntemperatur verbunden und infolgedessen energieintensiver. Zudem werden oberflächenveredelte Dachziegel, die einen Marktanteil von 80 % haben, heute zumeist in so genannten H-Kassetten gebrannt. Durch deren Einsatz erhöhte sich der spezifische Energieeinsatz gegenüber den traditionell verwendeten U-Kassetten von 2 400 bis 3 000 kJ/kg auf 2 800 bis 3 500 kJ/kg (Ziegel 2008: 2-3).

Im Vergleich zu 1990 ist der spezifische Energiebedarf bis 2007 um knapp 14,7 % gesunken (Tabelle 9.1). Der Wert für die spezifischen CO₂-Emissionen lag 2007 sogar 24 % unter dem Niveau von 1990 (Tabelle 9.2). Der Grund für diesen Unterschied ist im zunehmenden Verzicht kohlenstoffreicher zugunsten kohlenstoffarmer Energieträger zu sehen. 1990 wurde noch etwa 16 % der Energie aus der Verfeuerung von Braun- und Steinkohle gewonnen. 2007 waren diese Energieträger nahezu gänzlich aus dem Energiemix verschwunden (Tabelle 9.5). Dafür stieg die Bedeutung von Erdgas und elektrischer Energie. Während 1990 knapp die Hälfte der Energie aus Erdgas bezogen wurde, betrug der Anteil 2007 bereits mehr als 66 %. Der Stromanteil am Energieverbrauch stieg als Folge der verstärkten Aufbereitung der Rohstoffe und dem Einsatz von Abgasreinigungsanlagen zwischen 1990 und 2007 von 21 % auf knapp 28,6 %.

Tabelle 9.5

Veränderungen des Energiemix der Ziegelindustrie

1990 bis 2007; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Steinkohle	0,3	0,2	-	-	0,0	0,0	0,0
Steinkohlenbriketts	-	0,1	0,0	-	-	-	-
Steinkohlenkoks	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rohbraunkohlen	-	0,1	-	-	-	-	-
Braunkohlenbriketts	5,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Schweres Heizöl	2,7	1,9	1,2	1,0	0,7	0,8	0,8
Leichtes Heizöl	2,0	2,9	0,9	0,3	0,2	0,3	0,2
Erdgas	17,7	22,9	28,4	20,6	18,4	19,5	17,3
Kokereigas	0,3	0,5	0,2	-	-	-	-
Brennstoffe insgesamt	28,4	28,8	30,7	22,0	19,6	20,7	18,7
Nettofremdstrombezug	7,6	9,0	9,4	7,4	6,4	7,0	7,5
Energiebedarf insgesamt	36,0	37,8	40,1	29,4	26,0	27,7	26,1

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1.

Die Verdrängung kohlenstoffreicher Energieträger spiegelt sich auch im durchschnittlichen Emissionswert je Energieeinheit wider. 1990 betrug dieser noch 66,9 kg CO₂/GJ. Dieser Wert konnte bis 2007 auf 59,6 kg CO₂/GJ reduziert werden. Die Minderung beträgt demnach 7,3 kg CO₂/GJ. Die sich daraus ergebene prozentuale Minderung beträgt etwa 11 % und scheint entsprechend gut den Unterschied in der Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs und der Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen zu erklären.

9.7 Ausgewählte Minderungsmaßnahmen

Die Ziegelindustrie macht deutliche Anstrengungen zur Verringerung des Energieverbrauchs. Der Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie nennt in seinem Fortschrittsbericht eine Reihe von Projekten, die dazu beigetragen haben, den Energieverbrauch in den Jahren 2005 bis 2007 effizienter zu gestalten. Dazu zählen sowohl technische als auch organisatorische Maßnahmen.

Anhand der im Fortschrittsbericht gemachten Angaben ist indessen eine Ermittlung der Gesamteinsparung an Energie und CO₂-Emissionen nicht möglich. Die aufgeführten Maßnahmen führten zu prozessbezogenen Einsparungen, über deren Höhe nur vereinzelt Angaben gemacht wurden.

Tabelle 9.6

Energieeinsparmaßnahmen und deren Ergebnisse aus einzelnen Ziegelwerken 2005 bis 2007

Maßnahmen aus einzelnen Ziegelwerken	Energieeinsparung
Einbau eines Flächenziegeltrockners in 2007	30 % Erdgas
Verbrennungsluftvorwärmung	5 %
Wärmetauscher am Ofen zur Trockner-Beheizung	30 t leichtes Heizöl (entspricht 94,9 t CO ₂)
Eigenentwickelte Programme zur vollständigen Regelung eines Ofens	k.A.
Frequenzumwandler an Antrieben von Pressen und Doppelwellenmischern	27 MWh/a Strom (entspricht 18,1 t CO ₂)
Heißer Bypass zur Verwendung gereinigter Rauchgase für einen Trockner	20 % Erdgas
Einsatz von Hochgeschwindigkeitsbrennern zur Erhöhung der Schubleistung um 16 %	k.A.
Wärmedämmung eines Tunnelofens	2 % Erdgas
Einführung eines Energie- und Lastenmanagementsystems; Nutzung der Abwärme aus einem Ofen	15 %

Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie (Ziegel 2008).

Intensive Bemühungen zur Energieeinsparung richteten sich auf die Möglichkeiten der Optimierung des Wärmeverbundes zwischen Tunnelöfen und Trocknern sowie auf die Modernisierung bestehender Systeme und Aggregate (Tabelle 9.6).

Zu den organisatorischen Maßnahmen gehörte beispielsweise die Einführung der 7-Tage-Woche. Sie ermöglicht einen Dauerbetrieb mit kontinuierlicher Abnahme der Ofenkühlluft. Zudem wurde die Rauchgastemperatur abgesenkt. Weitere Energieeinsparungen ließen sich durch Wochenendabsenkungen von Trockenlüftern sowie Anpassung der Schichtmodelle zur gleichmäßigen Auslastung von Trocknern und Öfen erzielen. Nach Angaben des Verbandes konnten durch organisatorische Anpassungen Einsparungen von bis zu 20 % erreicht werden (Ziegel 2008: 1).

Die Umsetzung technischer und organisatorischer Energiesparmaßnahmen wurde von zahlreichen Informations- und Weiterbildungsveranstaltungen begleitet, bei denen die Möglichkeiten zur weiteren Optimierung des Energieverbrauchs im Mittelpunkt standen. Hierzu zählen unter anderem der jährlich stattfindende Würzburger Ziegellehrgang sowie die Lehrgänge der Ziegeltechnik für Meister und Fachleute an der FH Koblenz (Ziegel 2008: 2).

9.8 Zusammenfassung und Bewertung

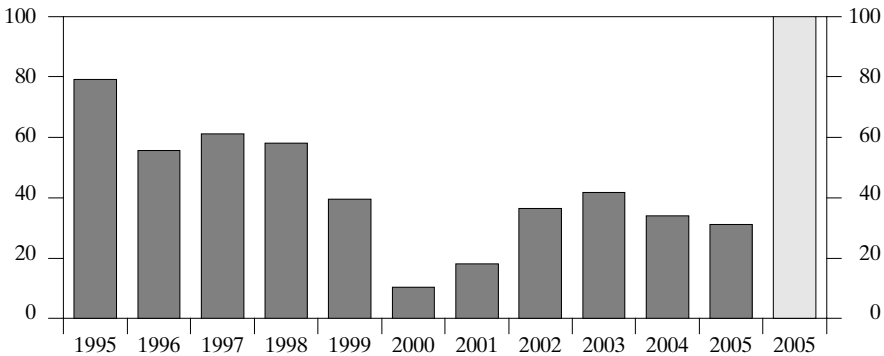
Die Ziegelindustrie nennt in ihrer aktuell gültigen Selbstverpflichtungserklärung zwei spezifische Minderungsziele mit unterschiedlichen Zeithorizonten. Der spezifische Energieverbrauch sollte bis 2005 um 27,7 % gegenüber 1990 gesenkt werden. Das zweite Ziel avisiert eine Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 zwischen 28 und 30 % auf maximal 109 kg CO₂/t gegenüber 1990. Schaubild 9.3 gibt die Zielerreichungsgrade für das bis 2005 zu erreichende Ziel wieder. Erkennbar ist, dass die Industrie bereits im Jahr 1995 einen Zielerreichungsgrad von ca. 79 % realisieren konnte. Dieses Ergebnis konnte jedoch nicht gehalten werden. 2005 lag der Zielerreichungsgrad bei 31 %.

Die Gründe hierfür sind unterschiedlicher Natur. Ganz wesentlich ist die seit Jahren rückläufige Baukonjunktur und die daraus folgende geringe Fertigstellungszahl an Wohn- und Gewerberaum, die eine generell sinkende Nachfrage nach Mauer- bzw. Dachziegeln bedingt und folglich zu einer schlechteren Auslastung der Produktionskapazitäten mit entsprechend erhöhten spezifischen Energieverbräuchen und CO₂-Emissionen führt. Ein weiterer Grund sind die geänderten Marktanforderungen in Form gesteigerter Ansprüche an die Qualität der Produkte, vor allem bezüglich Aussehen und Witterungsbeständigkeit. Dies erfordert höhere Brenntemperaturen

und eine verstärkte Aufbereitung. Gerade im Bereich der Sichtziegel wird verstärkt auf Kundenwünsche eingegangen. Die Folge sind geringere Stückzahlen, die mit einem höheren spezifischen Energieverbrauch einhergehen.

Schaubild 9.3

Zielerreichungsgrade der Ziegelindustrie für die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs
1995 bis 2005; in %

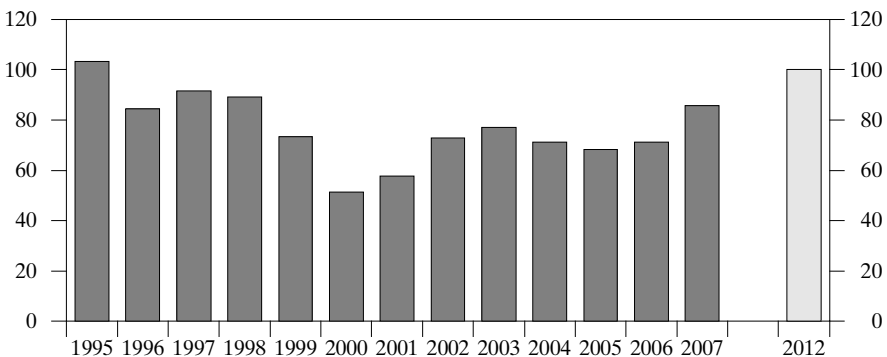


Eigene Berechnungen.

Erfreulicher sind die Aussichten, das für 2012 formulierte Ziel zu erreichen. Demnach sollen die spezifischen CO₂-Emissionen um 28 bis 30 % reduziert werden. Nachdem die Zielmarke bereits 1995 erstmals erreicht werden konnte, ging der Zielerreichungsgrad in den Folgejahren jedoch wieder zurück (Schaubild 9.4).

Schaubild 9.4

Zielerreichungsgrade der Ziegelindustrie für die Senkung der spezifischen CO₂-Emissionen
1995 bis 2007; in %



Eigene Berechnungen.

Die Substitution von kohlenstoffreichen Brennstoffen durch Erdgas trug bisher besonders zur Zielerreichung bei. Die Möglichkeit einer weiteren Substitution dürfte jedoch weitgehend ausgeschöpft sein: Erdgas deckte 2007 bereits fast 93 % des Brennstoffverbrauchs ab. Dieser Anteil wird – wenn überhaupt – nur noch geringfügig steigen, da diejenigen Anlagen, die noch kein Erdgas verwenden, entweder kein Gasnetz zur Verfügung haben oder aus produktspezifischen Gründen andere Brennstoffe einsetzen.

Wahrscheinlich ist, dass in den nächsten Jahren durch eine weitere Marktberreinigung bestehende Überkapazitäten abgebaut werden und dadurch branchenweit die Auslastung und damit die Energieeffizienz steigen. Die verbleibenden entscheidenden Faktoren zur Erreichung der gesetzten Ziele sind demnach in einer Verbesserung der Auslastungsgrade sowie in der weiteren Verbesserung der Energieeffizienz durch entsprechende technologische Maßnahmen zu sehen. Allerdings erlaubt es die wirtschaftliche Situation nach Angaben der Ziegelindustrie derzeit nicht, alle denkbaren Reduktionsmaßnahmen umzusetzen. Häufig fehlen aufgrund anhaltend niedriger Preise und des Kostendrucks die finanziellen Mittel für Investitionen.

10. Die Zementindustrie

Die wirtschaftliche Situation der deutschen Zementindustrie wurde in den vergangenen Jahren im Wesentlichen vom starken Rückgang der Bauwirtschaft bestimmt. Dieser begann bereits 1995 und setzte sich bis 2005 fort. Erst 2006 brachte eine allmähliche Erholung. Von dieser Nachfrageschwäche war die Zementindustrie nach Angaben des Verbandes in besonderem Maße betroffen. 2006 und 2007 stieg die Zementproduktion sowohl aufgrund der inländischen Nachfrageverbesserung als auch einer steigenden Exportnachfrage wieder auf gut 34 Mill. t an (VDZ 2008: 3,6).

10.1 Datenbasis

Die für das CO₂-Monitoring verwendeten Daten zum Energieverbrauch und zur Produktion basieren auf jährlichen Umfragen des Vereins Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ). Für den für das Monitoring relevanten Zeitraum ab 1995 macht zudem das Statistische Bundesamt in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, Angaben zum Energieverbrauch sowie zu Umsatz und Beschäftigung (StaBuA/FS4/R4.1.1). Zum Energieverbrauch gibt es Daten allerdings nur bis 2002, da die ab 2003 durchgeführte neue Erhebung des Statistischen Bundesamtes über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes die Verbrauchsdaten aus Geheimhaltungsgründen nicht mehr in der erforderlichen Gliederungstiefe bei den Energieträgern ausweist. Die hier benutzte Bezeichnung „Zementindustrie“ steht für den in den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes aufgeführten Wirtschaftszweig Nr. 26.51, Herstellung von Zement.

Die Informationen des Verbandes zum Energieverbrauch der Zementindustrie wurden in den früheren Monitoringberichten mit denjenigen Werten verglichen, die in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes für die Jahre ab 1995 genannt sind (RWI 2005: 133f). Unterschiede zwischen den Angaben zum Energieverbrauch ergaben sich daraus, dass das Statistische Bundesamt im Gegensatz zum VDZ den Einsatz von Sekundärbrennstoffen wie Altreifen, Altöl usw. nicht erfasst hat. Diese werden in der Zementindustrie aus Kostengründen in zunehmendem Maße eingesetzt und spielen eine bedeutende Rolle.

Ein weiterer Grund für Unterschiede lag vermutlich darin, dass das Statistische Bundesamt die Zuordnung von Betrieben zu Sektoren nach deren Haupttätigkeit vornimmt, manche Zementwerke aber zum Beispiel auch Kalk herstellen und dafür andere Energieträger benötigen, die zwar vom

Statistischen Bundesamt, nicht aber bei den Erhebungen des VDZ erfasst werden.

Zu der Branche zählten Ende 2007 insgesamt 22 Unternehmen mit zusammen 19 Mahlwerken und 36 Werken. Damit hat sich seit Ende 2003 die Zahl der Mahlwerke um eins, die der Werke zur Klinkererzeugung um sechs reduziert (VDZ 2005: 6, VDZ 2008: 4,8). An der aktuellen Umfrage des VDZ haben sich alle 36 Werke mit Klinkererzeugung sowie 16 der 19 Mahlwerke beteiligt. Der Erfassungsgrad der Umfrage war nach Angaben des Verbandes sehr hoch. Für die nicht erfassten Unternehmen wurden Schätzungen auf Basis der Erfahrungswerte des Forschungsinstituts der Zementindustrie durchgeführt (VDZ 2008: 8).

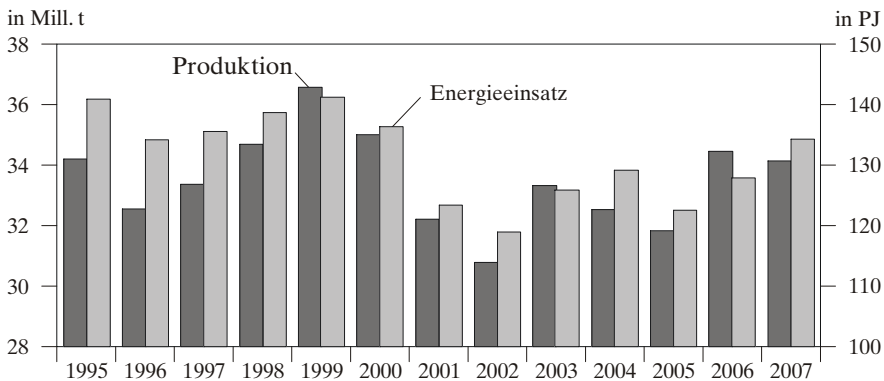
10.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Mit einem Produktionsniveau von rund 33,3 Mill. t Zement aus in Deutschland gebranntem Zementklinker – dem Hauptbestandteil von Zement – gelang es der Zementindustrie 2003, den drastischen Rückgang der Produktion der Jahre zuvor zu stoppen. (Schaubild 10.1). Zwar ging die Produktion bis 2005 erneut auf 31,8 Mill. t zurück, stieg aber bis 2006 auf 34,7 Mill. t und konnte auch 2007 in etwa auf diesem Niveau stabilisiert werden.

Schaubild 10.1

Produktion und Energieeinsatz der Zementindustrie

1995 bis 2007



Nach Angaben des VDZ im Rahmen des Monitoring.

Zum Teil verursacht durch den Produktionsrückgang reduzierte sich der Energieverbrauch von 1999 bis 2002 kontinuierlich von 141,3 PJ auf 118,9 PJ (Schaubild 10.1); zwischen 2002 und 2004 war sein Zuwachs mit 8,7 % deutlich stärker ausgeprägt als der der Produktion mit 5,7 %. Von 2004 bis 2007

dagegen lag die Zuwachsrate der Produktion mit 1,6 % leicht über der des Energieeinsatzes mit 1,3 %. Die Energieverbrauchswerte beinhalten sowohl den Einsatz fossiler Brennstoffe und Strom als auch der Sekundärbrennstoffe. Der Anteil der Sekundärbrennstoffe am gesamten Brennstoffeinsatz, der bereits zwischen 1995 und 2004 kontinuierlich von 10,7 % auf 42,1 % erhöht wurde, konnte bis 2007 noch einmal gesteigert werden, auf 52,5 % bzw. 52,2 PJ (Tabelle 10.7). Gemessen am gesamten Energieeinsatz lag der Anteil der Sekundärenergie damit 2007 bei 38,3 %.

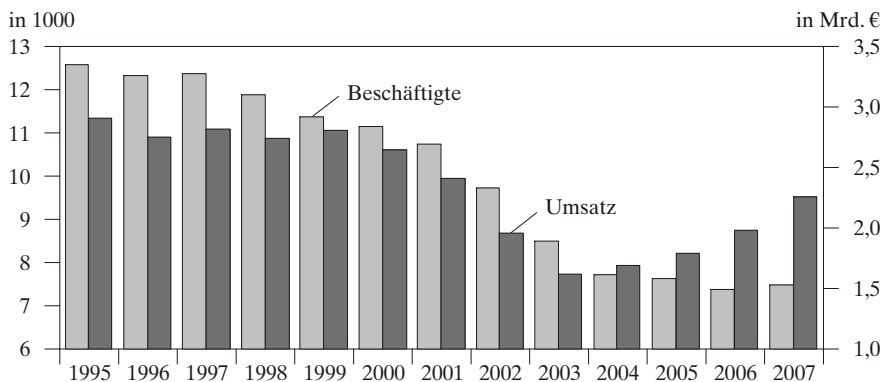
Wenngleich weit hinter der Chemischen Industrie, der Eisenschaffenden Industrie und der Papierindustrie zurückliegend, zählt die Zementindustrie dennoch zu den energieintensiven Sektoren im Verarbeitenden Gewerbe. In kaum einer Branche des Verarbeitenden Gewerbes war die Energieintensität – gemessen durch das Verhältnis von Verbrauch und Umsatz - höher. Verglichen mit dem Verarbeitenden Gewerbe insgesamt wies die Zementindustrie 2006 mit 64,5 MJ/€ einen etwa dreißigmal so hohen Wert auf.

Der Umsatz der Zementindustrie ist von 1999 bis 2002 sehr viel deutlicher zurückgegangen als die Produktion, was auf einen gleichzeitig erfolgenden Preisverfall zurückzuführen ist (VDZ 2005: 6): Während sich die Produktionsmenge lediglich um rund 16 % reduzierte, nahm der Umsatz um mehr als 30 % ab (Schaubild 10.2). 2003 setzte sich trotz des Produktionsanstiegs der Rückgang des Umsatzes als Folge eines weiteren drastischen Preiseinbruchs noch einmal auf rund 1,6 Mrd. € fort (StaBuA/FS4/R4.1.1 2004: 47). Die danach einsetzende Preisberuhigung sowie die weiter steigende Nachfrage führten dann bis 2007 mit einem Anstieg von 33,6 % auf 2,3 Mrd. € wieder zu einem deutlichen Anstieg.

Schaubild 10.2

Beschäftigte und Umsatz in der Zementindustrie

1995 bis 2007



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1.

Auf den Absatzrückgang reagierte die Zementindustrie sowohl mit der Schließung von Werken als auch mit einer weiteren Reduzierung der Beschäftigten. Insgesamt ist die Zahl der Arbeitskräfte in diesem Sektor in den vergangenen Jahren kontinuierlich gefallen: von rund 12 600 Beschäftigten im Jahr 1995 auf rund 7 500 im Jahr 2007 (Schaubild 10.2).

10.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Seit Jahrhunderten ist Zement für die Stabilität von Bauten von enormer Bedeutung. Zement ist ein fein gemahlenes Bindemittel, das in der Bauwirtschaft unter Zugabe von Wasser, Sand und anderen Materialien zur Herstellung von Beton und Mörtel verwendet wird. Die Beimischung von Wasser zu Zement führt zu einer chemischen Reaktion, die das selbstständige Erhärten des Betons oder Mörtels zur Folge hat. Dies geschieht sowohl an Luft als auch unter Wasser.

Der wichtigste Bestandteil von Zement ist Klinker. Dessen Anteil beträgt je nach Zementart bis zu 95 %. Portlandzement¹⁰ wird beispielsweise ausschließlich aus Zementklinker und einem Sulfatträger hergestellt. Zementklinker wird bevorzugt aus kalk- und tonmineralhaltigen Materialien gebrannt, die vor allem Kalkstein enthalten, den für die Zementherstellung wesentlichen Rohstoff mit der chemischen Verbindungsformel CaCO_3 (Calciumcarbonat, Calcit). Um aus den Rohmaterialien Zementklinker zu produzieren, werden diese auf die so genannte *Sintertemperatur* von etwa 1 400 bis 1 450 Grad Celsius aufgeheizt (VIK 1998: 40). Dieser Prozess wird als *Sinterung* bezeichnet (Lohmann 1999: 25).

Bereits während der Aufheizung bis zur Sintertemperatur zersetzt sich das Calciumcarbonat (CaCO_3) zu Calciumoxid (CaO) und Kohlendioxid (CO_2). Diesen chemischen Prozess der thermischen Dissoziation von Calcit nennt man *Entsäuern* des Kalksteins. Bei noch höheren Temperaturen entsteht aus Calciumoxid (CaO) die Verbindung Tricalciumsilicat (Alit), eine Substanz, die entscheidend zum Erhärungsverhalten und zur Festigkeit im Endzustand beiträgt und das schnelle Abbinden des Zements ermöglicht (Lohmann 1999: 27).

Bei der Entsäuerung des Calciumcarbonats (CaCO_3) wird *rohstoffbedingt* das Treibhausgas Kohlendioxid (CO_2) freigesetzt. Die rohstoffbedingten

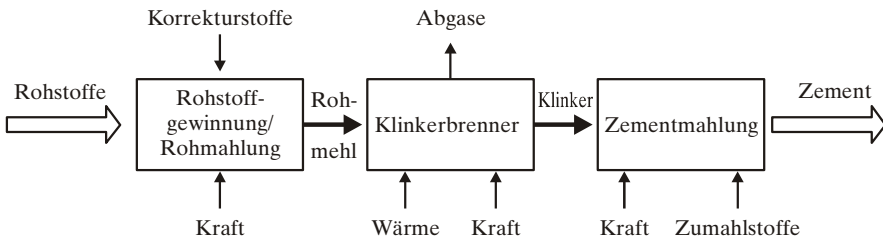
¹⁰ Der Name Portlandzement geht auf den Engländer Joseph Aspdin zurück, der 1824 eine Mischung aus Kalk und Ton brannte. Die Farbe seines dadurch hergestellten Bindemittels entsprach der des damals oft verwendeten, von der englischen Halbinsel Portland an der Kanalküste stammenden Kalksteins. Aspdin nannte deshalb sein Produkt „Portlandement“ (Holcim 2004: 4).

spezifischen CO_2 -Emissionen hängen von der Rohstoffrezeptur ab, verändern sich jedoch nur in geringem Maße. Sie variierten zwischen 2004 und 2007 von 0,428 t CO_2 /t Zement (2004) bis 0,383 t CO_2 /t (2006) (VDZ 2008: 16). Andere Treibhausgase treten bei der Zementherstellung nicht oder nur in extrem geringen Mengen auf (VDZ 2000: 24).

Der Prozess der Zementherstellung stellt eine Kombination von Mahl- und Brennvorgängen dar, die für den hohen Energieaufwand bei der Zementherstellung verantwortlich sind. Der Prozess lässt sich, wie in Schaubild 10.3 schematisch dargestellt, in drei Schritte zerlegen: Die Gewinnung und Aufbereitung der Ausgangsmaterialien zum so genannten Rohmehl bildet den ersten Schritt des Prozesses, der Brennvorgang des Rohmehls zu Zementklinker den zweiten Schritt und das Mahlen des Zementklinkers zu Zement den dritten Schritt.

Schaubild 10.3

Schematische Darstellung der Herstellung von Zement



Im ersten Schritt wird das Rohmaterial üblicherweise zerkleinert, mehlfein gemahlen und anschließend homogenisiert. Das Rohmaterial besteht im Wesentlichen aus Kalkstein und Ton, deren natürliches Gemisch Mergel heißt. Bei der Homogenisierung wird das Rohmehl in ein Mischungsverhältnis gebracht, das die während des Brennvorgangs stattfindenden chemischen Reaktionen zur Klinkerbildung günstig beeinflusst.

Man unterscheidet verschiedene Mahlverfahren wie das Nassverfahren, das Halbtrockenverfahren und das Trockenverfahren. Das Nassverfahren wird in Deutschland mittlerweile nicht mehr angewandt. Beim Halbtrockenverfahren wird das Rohmehl mit Wasser angefeuchtet (VIK 1998: 39). Heutzutage wird in Deutschland fast ausschließlich das Trockenverfahren angewandt, bei dem das Rohmaterial trocken gemahlen und im Gegenstrom der Ofenabgase, welche beim Brennen des Rohmaterials zu Zementklinker entstehen, auf Temperaturen von etwa 850 bis 900° C vorgewärmt wird (VDZ 2005: 9).

Nach dem Brennen des Zementklinkers bei Temperaturen von bis zu 1 500° C, bei dem im Wesentlichen Brennstoffenergie eingesetzt wird, wird

dieser in so genannten Klinkerkühlern auf Temperaturen von 80 bis 150° C abgekühlt. Die dabei verbleibende Abwärme ist wirtschaftlich nicht mehr verwertbar (VDZ 2005: 10). Die Klinkerkühler haben die Aufgabe, Wärme zurück zu gewinnen, indem die Kühlerabluft mit einem Temperaturniveau von etwa 250 bis 400° C beispielsweise zur Trocknung von Rohmaterialien verwendet wird (VDZ 2005: 10).

Das Mahlen des Zementklinkers zu Zement, welches den Einsatz elektrischer Energie erfordert, stellt den letzten Prozessschritt dar. Neben dem Mahlen von Klinker zu Zement, das laut VDZ (2005: 10) einen Anteil von ca. 38 % am gesamten Stromverbrauch ausmacht, ist elektrische Energie vor allem zur Aufbereitung der Rohmaterialien – mit etwa 35 % Anteil am Stromverbrauch –, aber auch zum Brennen und Kühlen des Klinkers erforderlich (ca. 22 % Anteil am Stromverbrauch, siehe VDZ 2005: 10).

Grundsätzlich erlauben es nationale und europäische Zementnormen, dem gebrannten Zementklinker andere Stoffe beizumischen, beispielsweise Hüttensand oder auch ungebrannten Kalkstein. Hüttensand fällt bei der Herstellung von Roheisen in den Unternehmen der Eisenschaffenden Industrie an. So genannter Portlandhüttenzement enthält einen Hüttensandanteil von bis zu 35 %, während dieser bei Hochofenzement sogar bis zu 80 % betragen kann. Portlandkalksteinzement enthält einen Kalksteinanteil zwischen 6 % und 20 % (VDZ 2005: 19). Zement ist also keineswegs ein eindeutig definiertes, homogenes Produkt.

Die Beimischung von Hüttensand und Kalkstein ist für den Energieaufwand und den CO₂-Ausstoß dieser Branche von erheblicher Bedeutung. Obwohl die Beimischung dieser Materialien einen größeren Stromeinsatz aufgrund eines erhöhten Mahlaufwands erfordert, ist der gesamte Energieaufwand zur Herstellung einer Tonne Zement durch die Verwendung von Hüttensand oder Kalkstein dennoch geringer als bei ausschließlicher Verwendung von Zementklinker: Durch die Beimischung anderer Stoffe muss weniger Zementklinker pro Tonne Zement gebrannt werden, was notwendigerweise unter hohem Einsatz von Energie geschieht, um die Sintertemperatur von 1 400 bis 1 450 Grad Celsius zu erreichen. Neben den durch den verringerten Energieeinsatz erzielten energiebedingten spezifischen CO₂-Einsparungen reduzieren sich durch das Hinzufügen dieser Ersatzstoffe für Klinker auch die rohstoffbedingten spezifischen CO₂-Emissionen, welche beim Prozess der Entsäuerung anfallen.

Seit geraumer Zeit nimmt die Bedeutung der Zementprodukte mit mehreren Bestandteilen zu: Von 1999 bis 2004 ist deren Anteil von 34 % auf 41,7 % deutlich gestiegen, bis 2007 gar auf 63,6 % (VDZ 2008: 19). Derartige Veränderungen des Mix an Zementprodukten stellen eine zunehmend

wichtiger werdende Option zur Energieeinsparung und CO₂-Reduzierung in der Zementindustrie dar.

10.4 Die Selbstverpflichtung

Die deutsche Zementindustrie hat im Jahr 2000 erklärt, die energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um 28 % gegenüber dem Basisjahr 1990 senken zu wollen (VDZ 2000: 19). Hierbei werden die CO₂-Beiträge aus dem Einsatz an Strom und Primärbrennstoffen berücksichtigt, nicht aber jene aus der Verwendung von Sekundärbrennstoffen wie Altreifen oder Altöl: Die Verbrennung solcher Abfallstoffe wird als CO₂-neutral angesehen (VDZ 2005: 4).

Übersicht 10.1

Selbstverpflichtung der Zementindustrie

Ziel	Verringerung der energiebedingten spezifischen CO ₂ -Emissionen bis 2012 um 28 % gegenüber 1990. Dies entspricht einer Reduktion auf 253 kg CO ₂ /t Zement.
Implizite Annahme	Unter Einbeziehung der rohstoffbedingten Emissionen führt die Einhaltung dieses Ziels bis 2012 zur Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen um 16 % gegenüber 1990. Dies entspricht rohstoff- und energiebedingten CO ₂ -Emissionen von 674 kg CO ₂ /t Zement.
Basisjahr	1990

Angaben des VDZ (2000: 19).

Zur Begründung wird darauf verwiesen, dass diese Abfallstoffe zu Sekundärbrennstoffen werden, die fossile Brennstoffe ersetzen, vor allem Braun- und Steinkohle. Andernfalls müssten die Abfallstoffe deponiert oder andernorts verbrannt werden (VDZ 2000: 36). Dies würde zur Emission von CO₂ und anderen klimarelevanten Spurengasen führen.

Unter Einbeziehung der rohstoffbedingten Emissionen würden sich bei Einhaltung der Verpflichtung der Zementindustrie die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um 16 % gegenüber dem Basisjahr 1990 reduzieren (VDZ 2000: 19). Andere im Kioto-Protokoll genannte Gase wie Methan sind in der Zementindustrie von keiner nennenswerten Bedeutung (VDZ 2000: 24).

10.5 Bis 2007 erreichte CO₂-Minderungen

Der energiebedingte spezifische CO₂-Ausstoß betrug 2007 rund 195 kg CO₂ pro Tonne Zement nach 224 kg CO₂/t im Jahr 2004. Er konnte damit weiterhin deutlich vermindert werden und war um rund 44,6 % niedriger als im Basisjahr 1990 (Tabelle 10.1). Damals lagen die energiebedingten spezifischen Emissionen bei etwa 352 kg CO₂/t Zement – wohlgermerkt ohne die

CO₂-Beiträge der Sekundärbrennstoffe. Das Ziel, die energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um 28 % gegenüber dem Basisjahr 1990 zu reduzieren, war bereits im Jahr 2001 erfüllt, als die Minderung 30,1 % betrug (Schaubild 10.4). 2005 bis 2007 ist dieses Ziel jeweils um deutlich mehr als 50 % übertroffen worden.

Tabelle 10.1

Energiebedingte spezifische CO₂-Emissionen¹ in der Zementindustrie1990 bis 2007; Minderungsziel bis 2012: 253 kg CO₂/t Zement bzw. -28 %

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Emissionen in kg CO ₂ /t	352	325	263	224	200	189	195
Minderung in %	-	7,7	25,3	36,6	43,2	46,3	44,6
Zielerreichungsgrad in %	-	27,5	90,4	129,9	154,2	165,4	159,3

Nach Angaben des VDZ (2008:17). –¹ Ohne Sekundärbrennstoffe.

Die implizite Annahme des Verbandes, dass mit Einhaltung dieser Zielgröße auch die gesamten spezifischen Emissionen inklusive der rohstoffbedingten CO₂-Emissionen bis 2012 um 16 % sinken würden, bestätigte sich ebenfalls bereits für alle Jahre seit 2001 (Tabelle 10.2 und Schaubild 10.4).

Tabelle 10.2

Rohstoff- und energiebedingte spezifische CO₂-Emissionen¹ der Zementindustrie1990 bis 2004; Minderungsziel bis 2012: 674 kg CO₂/t Zement bzw. -16 %

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Spezifische Emissionen in kg CO ₂ /t	802	776	694	651	606	573	614
Minderung in %	-	3,2	15,6	18,8	24,4	28,6	23,4

Nach Angaben des VDZ (2008:17). –¹ Ohne Sekundärbrennstoffe.

Die CO₂-Emissionen durch den Einsatz fossiler Brennstoffe und Strom lagen im Basisjahr 1990 bei rund 12 Mill. t (Tabelle 10.3). 2007 betrug diese knapp 6,7 Mill. t, womit die Einsparung gegenüber 1990 bereits rund 5,3 Mill. t betrug und damit noch einmal um 0,6 Mill. t niedriger war als 2004. Die CO₂-Emissionen inklusive des rohstoffbedingten Anteils betragen 1990 rund 27,4 Mill. t. Im Jahr 2007 lagen sie mit 21 Mill. t um rund 6,4 Mill. t oder 23,5 % niedriger als 1990. Gegenüber 2004 bedeutete dies eine weitere Einsparung um 0,2 Mill. t. Die energiebedingten CO₂-Emissionen wurden deutlich von den rohstoffbedingten Emissionen übertroffen: Diese lagen 1990 bei etwa 15,4 Mill. t, wie sich aus der Differenz von 27,4 und 12 Mill. t ergibt. Die rohstoffbedingten CO₂-Emissionen hatten im Basisjahr folglich einen Anteil von etwa 56,2 % an den CO₂-Emissionen dieses Sektors. 2007 hatten die rohstoffbedingten CO₂-Emissionen mit 68 % oder 14,3 Mill. t einen bedeutend höheren Anteil an der gesamten Emissionsmenge.

Tabelle 10.3

CO₂-Emissionen und Produktion der Zementindustrie

1990 bis 2007; in Mill. t

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Energiebedingte Emissionen	12,0	11,1	9,2	7,3	6,4	6,5	6,7
Minderung in %	-	7,5	23,3	39,2	47,1	45,5	44,6
Energie- und rohstoffbedingte Emissionen	27,4	26,5	24,3	21,2	19,3	19,8	21,0
Minderung in %	-	3,3	11,3	22,6	29,7	27,9	23,5
Produktion	34,2	34,2	35,0	32,5	31,8	34,5	34,1
Veränderung geg. 1990 in %	-	0,0	2,3	-5,0	-7,0	0,9	-0,3

Nach Angaben des VDZ (2008:16).

10.6 Ursachenanalyse

Die wesentlichen Gründe für die Senkung des Energieverbrauchs und damit der CO₂-Emissionen der Zementindustrie sind im Produktionsrückgang, der Substitution von Zementklinker durch Zusatzstoffe wie Hüttensand und Kalkstein sowie im zunehmenden Einsatz von Sekundärbrennstoffen zu sehen. Im Folgenden wird der Einfluss jedes einzelnen dieser Faktoren untersucht.

Um die Auswirkungen der Produktionsveränderungen auf den Brennstoffverbrauch zu identifizieren, berücksichtigt die Tabelle 10.4 den erhöhten Einsatz der Sekundärbrennstoffe und gibt die Entwicklung des gesamten Brennstoffbedarfs inklusive des Verbrauchs an Sekundärbrennstoffen wieder. Die Minderung des Brennstoffverbrauchs betrug zwischen 1990 und 2004 ca. 13,3 %. Zu etwa zwei Dritteln war dies auf die Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs zurückzuführen, welcher sich im selben Zeitraum um 8,8 % reduzierte. Der Anteil von zwei Drittel resultiert aus der Division von 8,8 % durch 13,3 %. 2005 konnte die Bedeutung des spezifischen Energieverbrauchs für den verminderten Energieeinsatz nach analoger Rechnung sogar mit 70 % beziffert werden.

Aufgrund des Produktionsanstiegs stellt sich die Situation in den Jahren 2006 und 2007 jedoch anders dar. Da die Produktion 2007 nur noch leicht unter dem Niveau von 1990 lag, ging von ihr 2007 kaum ein Beitrag zu einer Senkung der Emissionen aus. So lag auch die Minderung des Brennstoffverbrauchs zwischen 1990 und 2007 mit ca. 9 % nur geringfügig über der Verringerung des spezifischen Brennstoffbedarfs. Für 2006 ist sogar ein leicht emissionssteigernder Effekt durch die Produktionsentwicklung festzustellen. Die Reduktionsrate des Energieverbrauchs gegenüber 1990 mit 15,8% war geringer als die des spezifischen Energieverbrauchs mit 16,4 % (Tabelle 10.4).

Tabelle 10.4

**Spezifischer und absoluter thermischer Energieverbrauch der Zementindustrie
1990 bis 2007**

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Spez. Verbrauch in kJ/kg	3200	3000	2835	2920	2785	2674	2915
Minderung in %	-	6,3	11,4	8,8	13,0	16,4	8,9
Verbrauch in PJ	109,5	102,8	99,3	94,9	88,7	92,1	99,5
Minderung in %	-	6,1	9,3	13,3	18,9	15,8	9,0

Nach Angaben des VDZ (2008: 12).

Die deutliche Verringerung des spezifischen thermischen Energieverbrauchs lässt sich aus technischen Gründen auf keinen Fall mit der Substitution von thermischer durch elektrische Energie erklären. Die folgenden Zahlen belegen dies: Der elektrische Energieverbrauch sank laut Tabelle 10.5 zwischen 1990 und 2004 mit 10,6 % noch wesentlich stärker als die Produktion, welche sich um nahezu 5 % reduzierte. Der im Vergleich zur Produktion überproportionale Rückgang des Verbrauchs an elektrischer Energie geht im Wesentlichen einher mit der Verbesserung des spezifischen Stromverbrauchs. Dieser sank um 4,9 % (Tabelle 10.5).

Tabelle 10.5

**Spezifischer und absoluter Verbrauch an elektrischer Energie
1990 bis 2007**

Jahr	Absoluter Verbrauch in TWh	Veränderung gegenüber 1990 in %	Spezifischer Verbrauch in kWh/t	Veränderung gegenüber 1990 in %
1990	3,67	-	107,4	-
1995	3,64	-0,8	106,5	-0,8
1996	3,50	-4,6	107,4	-0,0
1997	3,47	-5,4	103,9	-3,3
1998	3,63	-1,1	104,7	-2,5
1999	3,73	+1,0	102,0	-5,1
2000	3,55	-3,3	101,5	-5,5
2001	3,21	-12,5	99,8	-7,1
2002	3,17	-13,6	103,0	-4,1
2003	3,32	-9,5	99,5	-7,4
2004	3,32	-10,6	102,1	-4,9
2005	3,24	-11,7	101,9	-5,1
2006	3,42	-6,8	99,4	-7,4
2007	3,40	-7,4	99,7	-7,2

Nach Angaben des VDZ (2008: 14).

Ähnliches gilt für den Zeitraum zwischen 2004 bis 2007: Während in diesen Jahren die Produktion um 4,9 % anstieg, erhöhte sich der elektrische Energieverbrauch nur um 2,4 %. Ein Teil des durch den Produktionsanstieg ausgelösten Mehrverbrauchs an elektrischer Energie konnte durch Einspa-

rungen beim spezifischen elektrischen Energieverbrauch aufgefangen werden.

Der Rückgang des spezifischen thermischen Energieverbrauchs ist im Wesentlichen auf zwei Faktoren zurückzuführen. Dies sind zum einen Effizienzverbesserungen in der Produktion und zum anderen der erhöhte Absatz von Zementen mit zusätzlichen Bestandteilen wie etwa Hüttensand oder Kalkstein, die den Anteil an gebranntem Zementklinker verringern – und damit auch den für das Brennen des Klinkers notwendigen Energieaufwand. Zwischen 1995 und 2004 ist der Anteil der Zementsorten mit mehreren Bestandteilen von 23,2 % auf 41,7 % deutlich gestiegen (Tabelle 10.6). Bis 2007 setzte sich der Anstieg auf 63,6 % fort. Wie hoch die damit verbundenen Energieeinsparungen konkret gewesen sind, lässt sich jedoch aus Mangel an den dafür benötigten Energieinformationen nicht bestimmen.

Die Senkung des spezifischen thermischen Energieverbrauchs um 8,9 % zwischen 1990 und 2007 kann die in Tabelle 10.1 dargestellte Verringerung der *energiebedingten* spezifischen CO₂-Emissionen um 44,6 % nur sehr unvollständig erklären. Ein wesentlicher Grund ist der zunehmende Einsatz an Sekundärbrennstoffen, da diese in der Selbstverpflichtung der Zementindustrie als klimaneutral angesehen werden. Seit 1990 konnte der Anteil der Sekundärbrennstoffe kontinuierlich erhöht werden, von 7,4 % oder 8,1 PJ im Basisjahr 1990 über 42,1 % oder 40 PJ im Jahr 2004 auf 52,5 % oder 52,2 PJ im Jahr 2007 (VDZ 2008: 11, Tabelle 10.7).

Tabelle 10.6

Anteile der Zemente mit mehreren Bestandteilen am Inlandsabsatz

1995 bis 2007; in %

Zementsorte (Zusatzstoffe)	1995	2000	2004	2005 ¹	2006	2007
Portlandhüttenzement (6-35 % Hüttensand)	2,6	15,0	14,0	14,7	19,3	20,5
Portlandkalksteinzement ² (6-20 % Kalkstein)	6,7	6,7	16,0	15,5	14,7	15,6
Hochofenzement (36-80 % Hüttensand)	13,4	14,2	10,4	14,4	17,7	19,2
Portlandpuzzolanzement (6-35 % Trass)	0,5	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1
Übrige Zemente	-	0,4	1,1	2,5	6,5	8,2
Insgesamt	23,2	38,2	41,7	47,2	58,3	63,6

Nach Angaben des VDZ (20087:19). ¹ Wegen Änderung des Berichtskreises mit den Vorjahren nicht vergleichbar. ² Enthält einen geringen Anteil Portlandölschieferzement.

Um zu einer Abschätzung der durch den vermehrten Einsatz an Sekundärbrennstoffen vermiedenen CO₂-Emissionen zu kommen, wird hier vereinfachend davon ausgegangen, dass diese ausschließlich Steinkohle und Braun-

kohlenstaub mit jeweils einem CO₂-Emissionsfaktor von 0,093 Mill. t CO₂/PJ¹¹ ersetzt haben. Mit den gegenüber 1990 zusätzlich eingesetzten 44,1 PJ an Sekundärbrennstoffen wären demnach 2007 etwa 4,1 Mill. t CO₂ eingespart worden. Dies ist eine deutliche Verbesserung auch gegenüber 2004. Die gleiche Rechnung zeigt bei einem zwischen 1990 und 2004 vermehrten Einsatz an Sekundärbrennstoffen von 31,9 PJ für dieses Jahr eine Einsparung von 3 Mill. t CO₂.

Würde man die eingesparte Menge zu den energiebedingten CO₂-Emissionen des Jahres 2007 in Höhe von knapp 6,7 Mill. t hinzuaddieren, lägen diese bei rund 10,8 Mill. t. Bei einem Output von 34,1 Mill. t Zement im Jahr 2007 hätten die energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen in diesem Falle nicht bei 195 kg CO₂ pro Tonne Zement gelegen, wie in Tabelle 10.1 ausgewiesen, sondern bei rund 315 kg/t. Die Differenz von ca. 120 kg/t entspricht einer Minderung der spezifischen Emissionen gegenüber 1990 von etwa 34 %. Das heißt, ca. 75 % der Verringerung der energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen von 44,6 % gingen 2007 auf den Einsatz von Sekundärbrennstoffen zurück. Ohne Erhöhung des Sekundärbrennstoffeinsatzes hätte die Zementindustrie zwischen 1990 und 2007 folglich erst 11 % der energiebedingten spezifischen CO₂-Minderungen realisiert.

Tabelle 10.7

Brennstoffverbrauch der Zementindustrie
1990 bis 2007; in PJ

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Steinkohlen	47,5	43,1	31,4	15,5	8,7	11,4	13,9
Braunkohlen	45,8	33,4	30,1	31,6	29,1	27,6	25,1
Petrolkoks	0,8	10,0	8,4	3,8	4,2	4,3	5,6
Schweres Heizöl	4,2	3,3	1,9	2,5	2,2	1,9	2,1
Leichtes Heizöl	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Erdgas	0,8	1,1	0,7	0,5	0,5	0,3	0,1
Sonstige	2,1	0,6	1,0	0,7	0,5	0,3	0,3
Primärbrennstoffe	101,4	91,8	73,8	54,9	45,4	46,0	47,3
Sekundärbrennstoffe	8,1	11,0	25,5	40,0	43,3	46,1	52,2
Brennstoffverbrauch	109,5	102,8	99,3	94,9	88,7	92,1	99,5

Angaben des VDZ (2008: 11).

Diese Beobachtung legt den Schluss nahe, dass die Senkung der energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen nahezu restlos durch zwei Faktoren erklärt werden kann: Durch die Reduktion des spezifischen Brennstoffverbrauchs und zu einem weitaus größeren Teil durch den erhöhten Sekun-

¹¹ Für Braunkohle verwendet der VDZ (2005: 15) wegen der in der Zementindustrie eingesetzten besseren Brennstoffqualität einen niedrigeren Emissionsfaktor als sonst üblich.

därbrennstoffeinsatz. Die Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs geht wiederum zurück auf Effizienzverbesserungen in der Produktion und den erhöhten Absatz von Zementen mit zusätzlichen Bestandteilen. Substitutionen von kohlenstoffreichen zu kohlenstoffarmen fossilen Energieträgern wie Erdgas scheinen indessen kaum eine Rolle gespielt zu haben. Aus Tabelle 10.7 ist zu erkennen, dass der Anteil des kohlenstoffarmen Erdgases am gesamten Einsatz fossiler Regelbrennstoffe seit 1999 immer unter einem Prozent geblieben ist.

Der Mehreinsatz an Sekundärenergieträgern in Höhe von 44,1 PJ zwischen 1990 und 2007 ist neben der vermehrten Verwendung von Hüttsand und Kalkstein schließlich auch ein wesentlicher Grund, warum der Einsatz an Primärbrennstoffen, insbesondere von Steinkohlen und Braunkohlenstaub, deutlich reduziert werden konnte. Während 1990 Stein- und Braunkohlen im Umfang von 47,5 PJ und 45,8 PJ eingesetzt wurden, waren es 2007 nur noch rund 13,9 PJ respektive 25,1 PJ (Tabelle 10.7).

Der Energiegehalt aller Primärbrennstoffe verringerte sich zwischen 1990 und 2007 um insgesamt 54 PJ, von rund 101,4 PJ auf 47,3 PJ, wobei knapp 44 PJ durch zusätzliche Sekundärbrennstoffe eingespart werden konnten (Tabelle 10.7). Nur etwa 20 % der Einsparungen an Primärbrennstoffen ist folglich auf die anderen Ursachen zurückzuführen.

Fazit: Zu den Minderungsraten der energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen, die von 2005 bis 2007 um mehr als 50 % über dem für 2012 avisierten Ziel der Selbstverpflichtung von 28 % gegenüber 1990 lagen, hat die Ausweitung des Einsatzes an Sekundärbrennstoffen zu ca. 80 % beigetragen. Die Senkung des spezifischen Brennstoffeinsatzes um 9 % zwischen 1990 und 2007 tat das Übrige. Diese Reduktion scheint wiederum fast ausschließlich auf den Ersatz von Zementklinker durch Zusatzstoffe wie Hüttsand zurückzugehen, durch deren Verwendung weniger Energie pro Tonne Output erforderlich ist. Die Substitution thermischer Energie durch elektrische Energie scheint hingegen keine nennenswerte Rolle zu spielen. Im Gegensatz zu früheren Jahren hat die Produktion – durch ihren Anstieg in den Jahren 2006 und 2007 in etwa auf das Niveau von 1990 – nicht emissionsenkend gewirkt.

10.7 Bedeutende Maßnahmen zur CO₂-Minderung und Bewertung

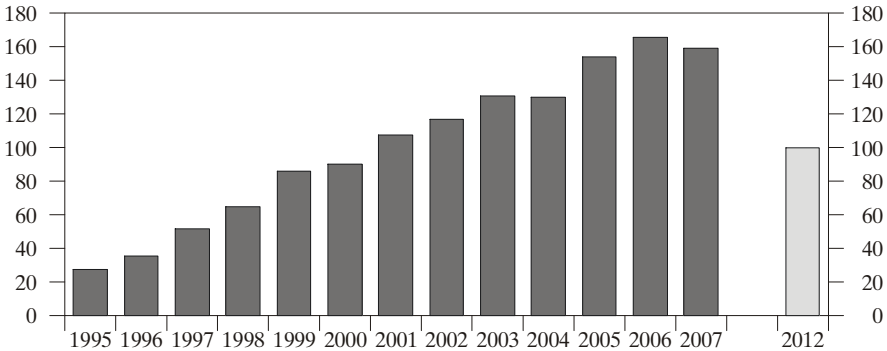
Ein Blick auf Schaubild 10.4, das die Zielerreichungsgrade zur Minderung der energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen darstellt, scheint kaum einen Zweifel daran zu lassen, dass die Zementindustrie das bis 2012 gesetzte Ziel erreichen wird. Bereits seit 2001 wird die von der Zementindustrie

angepeilte Zielmarke unterschritten – mit steigender Tendenz und einem Zielerreichungsgrad von inzwischen über 150 %.

Schaubild 10.4

Zielerreichungsgrade in der Zementindustrie

1995 bis 2007; in %



Eigene Berechnungen.

Dafür gibt es im Wesentlichen zwei Gründe, die unmittelbar mit den beiden wichtigsten vom VDZ zur CO₂-Minderung angeführten Maßnahmen zusammenhängen: Erstens, die deutliche Ausweitung des Anteils an Sekundärbrennstoffen über das 2004 bereits erreichte Ausmaß von 42,1 % hinaus bis auf 52,5 % im Jahr 2007 (VDZ2008: 11). „Da die Brennstoffkosten maßgeblich die Herstellkosten der Zementindustrie beeinflussen und somit eine Substitution von Braun- und Steinkohle durch CO₂-ärmere Energieträger wie Erdgas aus Kostengründen nicht möglich ist, gehen die Bestrebungen der Zementindustrie aus Wettbewerbsgründen auch weiterhin dahin, fossile Brennstoffe verstärkt durch Abfallstoffe zu ersetzen“ (VDZ 2008: 15). Das Motiv der Senkung der Energiekosten durch den Einsatz von Abfallstoffen wird demnach auch in Zukunft eine weitere Steigerung des Anteils der Sekundärbrennstoffe erwarten lassen.

Zweitens: Die Branche wird in Zeiten des Emissionshandelsregimes bemüht sein, weiterhin „verstärkt Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen neben Klinker in den Markt zu bringen“ (VDZ 2007: 18), da damit sowohl die Energiekosten als auch die energie- und rohstoffbedingten CO₂-Emissionen reduziert werden können – die letzte Implikation zahlt sich im Emissionshandel zusätzlich aus. Aktuelle Zahlen zeigen, dass dieser Trend bestehen bleibt. War nach einer kontinuierlichen Steigerung des Anteils dieser Zementsorten am Inlandsabsatz auf 43,3 % im Jahr 2003 ein Rückgang bis 2004 auf 41,7 % festzustellen (Tabelle 10.6), stieg er bis 2007 auf 63,6 % an. Technische Bedeutung haben hier in erster Linie Hüttensand und unge-

brannter Kalkstein. Damit hängt die zukünftige Entwicklung neben der Marktakzeptanz insbesondere von der Stahlproduktion und den dadurch verfügbaren Mengen an Hüttensand und granulierter Hochofenschlacke ab (VDZ 2008: 18). Potenzial dürfte es noch bei Portlandkalksteinzementen geben, deren Anteil sich von 1999 bis 2004 von 6,7 % auf 16 % mehr als verdoppelt hat (Tabelle 10.6), danach bis 2007 aber in etwa konstant geblieben ist (VDZ 2008: 19).

Die erreichten Minderungen der energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen sind fast ausschließlich auf die beiden oben genannten Ursachen zurückzuführen, nicht jedoch auf substanzielle Verbesserungen der Energieeffizienz im Produktionsprozess – zumindest nicht seit 1995. Dafür spricht das folgende Indiz: Der auf die Zementklinkerproduktion bezogene Energieverbrauch hat sich im Berichtszeitraum 2005 bis 2007 gegenüber den Vorjahren nicht signifikant geändert, sondern scheint bereits seit Mitte der 1990er Jahre zu stagnieren (Bild 1, VDZ 2008: 9).

Die Erklärung ist nahe liegend: Nach Angaben des VDZ (2008: 18) sind die deutschen Zementwerke heute auf einem hohen technischen Stand. Auf die nach der Wiedervereinigung in den neuen Bundesländern getätigten Investitionen in Neuanlagen bzw. in die grundlegende Umstrukturierung und Optimierung bestehender Zementwerke folgte der Neubau mehrerer Anlagen in den alten Bundesländern – die letzte Neuanlage ging laut VDZ (2008: 18) im Jahr 2001 in Betrieb. Darüber hinaus befinden sich nach Verbandsangaben keine grundlegend neuen und effizienteren Verfahren zur Klinkerherstellung in der Entwicklung. Entsprechend ist hinsichtlich einer künftigen Steigerung der Energieeffizienz im Produktionsprozess wenig zu erwarten. „Zudem bestand für große Investitionen in energiesparende Maßnahmen [...] kein Spielraum“, so der VDZ (2008: 18), und begründet dies vor allem mit dem rapiden Umsatzrückgang seit 1999 aufgrund nachlassender Bautätigkeit. Erst 2006 und 2007 setzte durch die verbesserte Baukonjunktur sowie durch verbesserte Exporte ein Erholungseffekt ein. Die Modernisierungen beschränkten sich zunächst nach Angaben des Verbandes auf die für den Erhalt der Anlagen erforderlichen Ersatzinvestitionen. In den Jahren 2006 und 2007 wurden jedoch auch mehrere Projekte zur Modernisierung von Ofen- bzw. Mahlanlagen durchgeführt, die erst in den folgenden Jahren emissionswirksam werden (VDZ 2008: 18).

Fazit: Auch für die Zukunft ist keine Umkehr des Trends der Senkung der energetisch bedingten spezifischen CO₂-Emissionen zu erwarten. Der Spielraum für eine weitere Verringerung scheint begrenzt zu sein. Er setzt eine weitere Verbesserung der Marktakzeptanz für Zementprodukte mit mehreren Hauptbestandteilen und die deutliche Erhöhung der Investitionen in die Energieeffizienz verbessernde Maßnahmen oder gar Neuanlagen voraus.

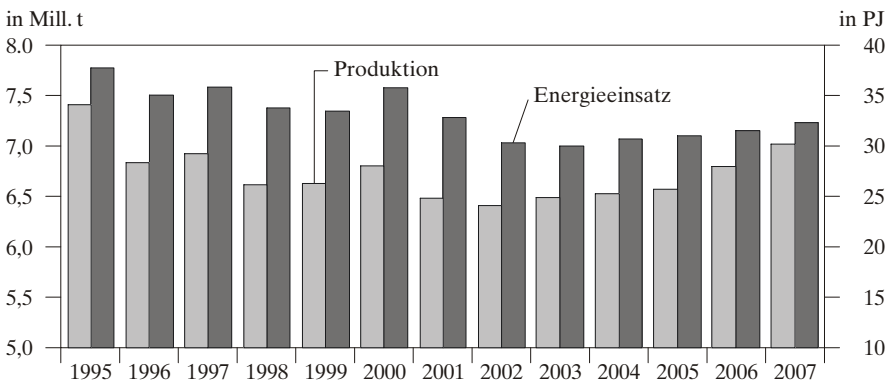
Dabei dürfte sich die Erholung der Bauwirtschaft als hilfreich erweisen. Ob der Emissionshandel substanzielle Innovationseffekte generiert, wird kontrovers diskutiert (siehe Gagelmann und Frondel 2005). Ob er zu einer verbesserten Diffusion von Energieeffizienztechnologien führt, muss sich erst noch erweisen.

11. Die Kalkindustrie

Die Kalkindustrie zählt zusammen mit der Zement-, Ziegel- und der Feuerfest-Industrie sowie der Industrie der „Keramischen Fliesen und Platten“ zur Bau-, Steine- und Erdenindustrie. Die Gewinnung, Verarbeitung und Produktion von Kalkerzeugnissen wie Stückkalk, Feinkalk oder Kalkhydrat stellt eine wichtige Vorleistung für viele andere Sektoren dar. Mit einem Anteil von gut 36 % war die Eisen- und Stahlindustrie 2007 nach Angaben des Verbandes der wichtigste Abnehmer von Kalkprodukten. Es folgten der Umweltsektor mit 19,6 % und die Bauwirtschaft mit 18,4 %. Der 1995 beginnende, starke Rückgang der Bauwirtschaft machte sich auch bei der Kalkindustrie bemerkbar: Zwischen 1995 und 2004 sank die Produktionsmenge um 0,9 Mill. t Kalk oder 11,9 % (Schaubild 11.1). Zwischen 2004 und 2007 stieg sie aufgrund der Erholung der Baunachfrage und der stabilen Stahlkonjunktur wieder um 7,5 %.

Schaubild 11.1

Produktion und Energieverbrauch der Kalkindustrie
1995 bis 2007



Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie.

11.1 Datenbasis

Die Datengrundlage für die im Rahmen des vorliegenden Berichtes erfolgende Berechnung der spezifischen CO₂-Emissionen wird in Form von Produktions- und Energieverbrauchswerten ausschließlich vom Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie (BV-Kalk) bereitgestellt. Die Informationen zum Energieverbrauch der Kalkindustrie wurden in den früheren Monitoringberichten bis zum Bericht 2000 - 2002 mit denjenigen Werten vergli-

chen, die in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes für den für das Monitoring relevanten Zeitraum ab 1995 genannt sind. Darin wird die Kalkindustrie nach der *Klassifikation der Wirtschaftszweige* von 1993 unter der Kennziffer 26.52, „Herstellung von Kalk“, geführt. Diese Gegenüberstellung erfolgt seitdem nicht mehr, da die neue Erhebung des Statistischen Bundesamtes über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes die Verbrauchsdaten für die Kalkindustrie seit 2003 nicht mehr getrennt ausweist.

11.2 Energieverbrauch und Produktion

Die Kalkindustrie stellte 2007 etwa 7 Mill. t Kalk her (Schaubild 11.1). Damit ist die Produktionsmenge, die in der zweiten Hälfte der neunziger Jahre deutlich zurückgegangen und von 2001 bis 2005 mit 6,5 Mill. t in etwa konstant geblieben war, auf ein beträchtlich höheres Niveau zurückgekehrt. Der Energieverbrauch sank bis 2003 auf 30,0 PJ, stieg aber bis 2007 wieder leicht auf 31,6 PJ an. Schaubild 11.1 verdeutlicht, dass der Zusammenhang zwischen Produktion und Energieverbrauch, die in der Vergangenheit gleichgerichtete Schwankungen aufwiesen, sich in den letzten Jahren gelockert hat. Lag der Korrelationskoeffizient beider Größen für 1995 bis 2004 bei ca. 0,91, betrug er für den Zeitraum 1995 bis 2007 nur noch 0,72. Zwischen 2005 und 2007 stieg die Produktion mit 6,7 % deutlich stärker als der Energieverbrauch mit 4,2 %.

Ein Energiekostenanteil von ca. 40 % an den Herstellungskosten pro Tonne Kalk ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Kalkindustrie zu den energieintensiven Industrien zählt (Freiherr von Landsberg 2004: 52). Dies bestätigt sich, wenn man Energieintensität als das Verhältnis von Energieverbrauch und Umsatz definiert. Der entsprechende Wert lag für die Kalkindustrie im Jahr 2007 bei 64,5 MJ/€. Zum Vergleich: Die innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes ebenfalls zu den energieintensiven Sektoren gehörende Zementindustrie wies im selben Jahr einen Wert von 59,5 MJ/€ auf.

Der Anteil der Kalkindustrie am gesamten Energieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes fällt mit ca. 1 % dennoch gering aus. Mit 0,03 % ist hingegen der entsprechende Umsatzanteil dieses Sektors noch weitaus geringer. Bei einem etwa gleichen Umsatzanteil verzeichnet z.B. die Industrie der keramischen Fliesen und Platten einen deutlich geringeren Energieanteil von etwa 0,3 %.

11.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Das Ausgangsmaterial zur Gewinnung von Kalkprodukten wie Stückkalk, Feinkalk oder Kalkhydrat ist Kalkgestein, das hohe Anteile an Calciumcarbonat (CaCO_3 , Kalkstein) enthält. Der Prozess zur Herstellung von Kalkzeugnissen besteht aus drei Verfahrensschritten. Der erste Schritt umfasst die Exploration, Gewinnung und Aufbereitung des Kalkgesteins. Dieses wird gebrochen und mit Hilfe von Siebanlagen nach bestimmten Korngrößen getrennt. In einem zweiten Schritt wird der aufbereitete Kalkstein in Schacht- oder Drehrohröfen gebrannt. Aus dem Ergebnis dieses Brennprozesses, dem so genannten Branntkalk, wird schließlich im dritten und letzten Schritt gemahlener Kalk (Feinkalk) oder Kalkhydrat hergestellt.

Während des Brennvorgangs zersetzt sich das Calciumcarbonat (CaCO_3) bei Temperaturen von über 900°C zu Calciumoxid (CaO) und Kohlendioxid (CO_2). Diesen chemischen Prozess der thermischen Dissoziation von Calciumcarbonat nennt man *Entsäuern* des Kalksteins. Bei der Entsäuerung des Calciumcarbonats (CaCO_3) wird also *prozessbedingt* das Treibhausgas Kohlendioxid (CO_2) freigesetzt. Dieser Prozess läuft auch bei der Herstellung von Zement ab.

In Abhängigkeit von den Anforderungen der Kunden, dem zu erreichenden Grad der Entsäuerung, dem Anteil an Abfallstoffen sowie dem Endprodukttypus bewegt sich der Kalksteineinsatz für eine Tonne Branntkalk zwischen 1,4 und 2,2 t. Für die thermische Dissoziation des Calciumcarbonats ist ein *Mindestenergieeinsatz* von 3 200 MJ/t Branntkalk erforderlich (IPPC 2001: 80). Der Prozess der Herstellung von Kalkprodukten ist folglich recht energieaufwendig.

11.4 Die Selbstverpflichtung

Die Selbstverpflichtungserklärung der Kalkindustrie vom 15. 12. 2000 sah vor, die *brennstoffbedingt* anfallenden spezifischen CO_2 -Emissionen bis 2005 um bis zu 15 % gegenüber 1990 zu senken (Übersicht 11.1). 1990 emittierte die Kalkindustrie bei einer Produktionsmenge von 7,1 Mill. t brennstoffbedingt etwa 3,2 Mill. t CO_2 . Dies entspricht spezifischen Emissionen von 452 kg CO_2 /t Branntkalk. (Im Folgenden wird abkürzend von Kalk anstatt von Branntkalk gesprochen.) Mit der Reduktionsverpflichtung um bis zu 15 % wurde folglich ein Zielwert von fast 384 kg CO_2 /t Kalk angestrebt. Bei einem Verharren der Produktionsmenge auf dem 1990er Niveau von 7,1 Mill. t impliziert das bei der avisierten Minderung der spezifischen Emissionen eine Senkung der absoluten Emissionen von bis zu 482 800 t CO_2 pro Jahr.

Für die Jahre nach 2005 hat die deutsche Kalkindustrie die Selbstverpflichtungserklärung weiterentwickelt und sich bereit erklärt, eine Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen um 15 % auch für 2012 gegenüber 1990 anzustreben (BV-Kalk 2008a). Damit ist der Zielwert gleichgeblieben. Zur Begründung wurde angeführt, dass der technische Wirkungsgrad von 85 % durch den Einsatz optimaler Brennaggregate in den Ofenaggregaten der Kalkindustrie technisch kaum noch zu verbessern sei. Die Minderungsmöglichkeiten seien zudem noch dadurch eng begrenzt, da rund zwei Drittel der Emissionen aus den chemischen Umwandlungsprozessen von Kalkstein zu Kalk, dem sogenannten Prozess der chemischen Entsäuerung, stammten, der nicht zu beeinflussen sei (BV-Kalk 2008a; IPPC 2001: 84).

Übersicht 11.1

Selbstverpflichtung der Kalkindustrie

Ziel	Verringerung der <i>brennstoffbedingt</i> anfallenden spezifischen CO ₂ Emissionen bis 2012 um bis zu 15 % auf nahezu 384 kg CO ₂ /t Kalk.
Basisjahr	1990

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie.

11.5 Bis 2007 erreichte CO₂-Minderungen

Das für 2005 vorgegebene Ziel der ersten Selbstverpflichtung von 15 % wurde in diesem Jahr mit einem Zielerreichungsgrad von 95,9 % nur knapp verfehlt, nachdem es 2003 mit 103,2 % einmal schon übertroffen wurde (RWI 2007: 147).

Sowohl 2006 als auch 2007 konnten die spezifischen CO₂-Emissionen gegenüber 1990 um 14,8 % bzw. auf 385 kg CO₂/t verringert werden (Tabelle 11.1). Damit wurde das für 2012 in der erweiterten Selbstverpflichtung avisierte Minderungsziel von gleichfalls 15 % mit einem verglichen mit 2005 leicht höheren Zielerreichungsgrad von 98,8 % nahezu erreicht.

Tabelle 11.1

Brennstoffbedingt anfallende spezifische CO₂-Emissionen der Kalkindustrie

1990 bis 2007; gerundete Werte. Minderungsziel: -15 % sowohl bis 2005 als auch bis 2012

	1990	1995	1999	2000	2004	2005	2006	2007
Emissionen in kg CO ₂ /t	452	398	393	417	390	387	385	385
Minderung in %	-	11,9	13,1	7,7	13,7	14,4	14,8	14,8
Zielerreichungsgrad in %	-	79,3	87,3	51,3	91,4	95,9	98,8	98,8

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie im Rahmen des Monitoring.

Die absoluten CO₂-Emissionen konnten zwischen 1990 und 2007 ebenfalls verringert werden, um rund 0,52 Mill. t bzw. um 16 % (Tabelle 11.4). Ihre Reduktionsrate lag damit nur leicht über der der spezifischen Emissionen

von 14,8 %. Demgegenüber war 2004 noch eine Verringerung der absoluten Emissionen gegenüber 1990 um 0,67 bzw. 21 % festzustellen bei einem Rückgang der spezifischen Emissionen um 13,7 %. Ein Teil dieses Rückgangs wurde somit durch den Produktionsanstieg in den letzten Jahren kompensiert.

11.6 Ursachenanalyse

Eine Ursache für Veränderungen der absoluten CO₂-Emissionen ist in der Produktionsentwicklung zu sehen. Während von 1990 bis 2001 ein deutlicher Rückgang der Produktion zu einem Sinken der Emissionen beitrug, war die Phase bis 2005 durch Stagnation gekennzeichnet. In den Jahren 2006 und 2007 gab es wieder einen Anstieg der Produktion und damit emissionssteigernde Impulse. Die Verringerung der absoluten CO₂-Emissionen um etwa 0,55 Mill. t bzw. 16 % zwischen 1990 und 2007 insgesamt lässt sich nur zu einem sehr geringen Teil auf den Rückgang der Produktion zurückzuführen. Diese sank im gleichen Zeitraum nur um 1,5 % (Tabelle 11.4): Wäre 2007 ebenso viel produziert worden wie 1990, das heißt nur 0,11 Mill. t mehr als de facto, wären beim spezifischen Emissionswert des Jahres 2007 von 385 kg CO₂/t nur rund 43 000 t CO₂ mehr ausgestoßen worden, als dies tatsächlich geschehen ist.

Tabelle 11.2

Spezifischer Energieverbrauch der Kalkindustrie

1990 bis 2007; gerundete Werte

	1990	1995	1999	2000	2004	2005	2006	2007
Verbrauch in GJ/t	5,425	5,094	5,047	5,255	4,711	4,716	4,645	4,606
Minderung in %	-	6,1	7,0	3,1	13,2	13,1	14,4	15,1

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie im Rahmen des Monitoring.

Emissionsminderungen wurden vor allem durch die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs erzielt. Dieser konnte in der Kalkindustrie um 15,1 % gegenüber 1990 verringert werden, auf rund 4,611 GJ/t Kalk im Jahr 2007 (Tabelle 11.2). Die spezifischen Emissionen sanken im selben Zeitraum mit 14,8 % etwa gleich stark. Die CO₂-Intensität der eingesetzten Energieträger entsprach 2007 damit in etwa der des Basisjahres. Auch wenn insgesamt kein großer Einfluss durch Änderungen des Energiemix festzustellen ist, hat dennoch innerhalb dieses Zeitraums ein deutlicher Wandel in der Struktur der eingesetzten Energieträger stattgefunden. Mit dem Wechsel von kohlenstoffreichen Brennstoffen wie Steinkohle, Steinkohlen- und Braunkohlenkoks zu kohlenstoffarmen Energieträgern wie vor allem Erdgas vollzog sich vornehmlich im Zeitraum zwischen 1990 und 1999 eine Substitution hin zu CO₂-ärmeren Energieträgern (Tabelle 11.3). Die umgekehr-

te Entwicklung konnte zwischen 1999 und 2007 beobachtet werden: Es wurde verstärkt Braunkohlenstaub und weniger Erdgas eingesetzt.

Zwischen 1990 und 1999 halbierte sich der Steinkohleeinsatz, Braunkohlenkoks wurde nahezu gar nicht mehr verbraucht und der Einsatz an Steinkohlenkoks und Braunkohlenstaub wurde deutlich zurückgefahren (Tabelle 11.3). Stattdessen erhöhte sich vor allem der Verbrauch an Erdgas, von 11,3 PJ im Jahr 1990 auf 13,6 PJ im Jahr 1999. Dieser Wandel im Mix an Brennstoffen hatte maßgeblichen Anteil daran, dass die spezifischen CO₂-Emissionen im selben Zeitraum deutlich gesenkt werden konnten. Die spezifischen Emissionen nahmen in diesem Zeitraum laut Tabelle 11.1 um 13,1 % ab, während der spezifische Energieverbrauch nur um 7,0 % gesenkt werden konnte (Tabelle 11.2).

Nach 1999 nahm der Einsatz von Erdgas im Vergleich zum gesamten Brennstoffbedarf überproportional ab (Tabelle 11.3). Vermutlich infolge deutlich gestiegener Erdgaspreise reduzierte sich der Einsatz an Erdgas auf ein Niveau, das weit unter dem von 1990 lag. Ausgeglichen wurde dies augenscheinlich durch den Mehreinsatz an Braunkohlenstaub. Dessen Verbrauch stieg zwischen 1999 und 2007 um 150 %. Allein bis 2000 stieg der Verbrauch an Braunkohlenstaub um 46,3 %.

Tabelle 11.3

Veränderungen des Energiemix der Kalkindustrie

1990 bis 2007; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	1999	2000	2004	2005	2006	2007
Steinkohle	3,5	2,7	1,8	1,6	1,1	1,1	1,4	0,5
Steinkohlenkoks	10,7	7,7	7,3	7,1	5,5	4,7	4,2	4,7
Braunkohlenkoks	0,7	0,03	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Braunkohlenstaub	6,8	6,6	5,4	7,9	10,3	11,0	12,2	13,5
Schweres Heizöl	1,5	1,7	1,7	1,8	0,7	0,9	0,8	1,1
Leichtes Heizöl	0,4	0,6	0,5	0,8	1,4	1,3	0,6	0,2
Erdgas	11,3	15,2	13,6	13,3	8,7	9,1	8,9	8,9
Flüssiggas	0,7	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Sonst. Brennstoffe	0,3	0,0	0,2	0,3	0,4	0,2	0,8	0,8
Brennstoff insg.	36,0	35,0	31,0	33,2	28,4	28,6	29,1	29,7
Nettofremdstrombezug	2,6	2,7	2,4	2,5	2,4	2,4	2,5	2,6
Energieverbrauch	38,6	37,7	33,4	35,7	30,8	31,0	31,6	32,3

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie im Rahmen des Monitoring.

Der zwischen 1999 und 2004 wieder zunehmende Anteil an Braunkohlenstaub ist somit die wesentliche Ursache dafür, dass die Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen in diesem Zeitraum mit 0,8 Prozentpunkten weitaus geringer ausfiel als die Minderung des spezifischen Energieverbrauchs mit 6,7 Prozentpunkten (Tabelle 11.2).

Diese Entwicklung setzte sich bis 2007, wenn auch deutlich abgeschwächt, fort. Zwar konnte Braunkohlenstaub in diesen Jahren weiterhin an Bedeutung gewinnen, jedoch vor allem zu Lasten von Steinkohle und leichtem Heizöl, während der Anteil des Erdgases mit knapp 28 % in etwa konstant blieb. Dies führte dazu, dass die spezifischen CO₂-Emissionen zwischen 2004 und 2007 um 1,3 % sanken, während der spezifische Energieverbrauch in diesem Zeitraum um 2,2 % gesenkt werden konnte (Tabelle 11.3).

Tabelle 11.4

Produktion und CO₂-Emissionen der Kalkindustrie

1990 bis 2007; gerundete Werte

	1990	1995	1999	2000	2004	2005	2006	2007
Produktion in Mill. t	7,13	7,41	6,63	6,80	6,53	6,57	6,80	7,02
Veränderung in %		3,9	-7,0	-4,6	-8,4	-7,9	-4,6	-1,5
Emissionen in Mill. t	3,22	2,95	2,61	2,84	2,55	2,54	2,62	2,70
Minderung in %	-	8,4	18,9	11,8	20,8	21,8	18,6	16,1

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie im Rahmen des Monitoring.

Insgesamt ist somit festzuhalten, dass 2007 nahezu die gesamten im Vergleich zu 1990 erreichten CO₂-Minderungen weder auf den Produktionsrückgang noch auf den Wandel im Mix an Brennstoffen zurückgehen, sondern auf die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs um insgesamt 15,1 % (Tabelle 11.2). Diese wurde unter anderem durch den Einsatz effizienterer Produktionstechnologien erreicht, wie im folgenden Abschnitt beschrieben wird.

11.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

CO₂-Emissionen entstehen vor allem im Kalkbrennprozess. Aber auch auf die dem Brennprozess nachfolgenden Lösch- und Mahlprozesse entfallen erhebliche Mengen an Emissionen (IPPC 2001: iv). Dementsprechend bezwecken viele Maßnahmen die Optimierung und Erneuerung von Brennöfen. Die Minderungsmaßnahmen der Kalkindustrie konzentrieren sich zudem auf die Optimierung des gesamten Produktionsprozesses und die effizientere Gestaltung des innerbetrieblichen Transportwesens.

Zur Erfüllung ihrer Selbstverpflichtung sieht die Kalkindustrie die im so genannten „Best-Available-Techniques-Reference“-Dokument niedergelegten Empfehlungen zur Effizienz und Umweltfreundlichkeit der Produktionsanlagen als wesentliche Stütze an (BV-Kalk 2005). Das Dokument ist das Resultat eines Informationsaustausches zwischen der Europäischen Kommission und den Mitgliedsstaaten bezüglich der „besten verfügbaren Techniken“, die in der IPPC-Richtlinie 96/61/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung niedergelegt sind.

Der Verband der Kalkindustrie hat in seinem Fortschrittsbericht beispielhaft Maßnahmen zur Energieeinsparung einzelner Unternehmen in den Jahren 2005 bis 2007 zusammengestellt (BV-Kalk 2008b). Für 2005 wird ein Unternehmen angeführt, das durch ein Bündel an Maßnahmen wie Blindstromkompensation, eine neue Filteranlage ohne Zwischengebläse sowie eine Kompressoranlage mit Druckregelung eine Verbesserung der Energiesituation erreichte (Tabelle 11.5). 2006 wurde in einem weiteren Unternehmen der Lüftungsfiler einer Trockentrommel mit einer Frequenzsteuerung ausgestattet und so die benötigte Luftmenge für den Trocknungsprozess dem spezifischen Wärme- und Luftbedarf angepasst. Die Stromersparnis lag bei 20 % und die Heizölersparnis bei 8 %. Für 2007 wurde als Beispiel ein Unternehmen genannt, das eine Druckluftkompressoranlage gegen eine Anlage mit Kompressor für Regelung der Grundlastabdeckung und Regelung der Spitzenlastabdeckung eingebaut hatte. Hierdurch konnte die Druckluftherzeugung optimal dem zeitlich unterschiedlichen Druckluftverbrauch angepasst werden und Stromeinsparungen von 352 000 kWh/Jahr erreicht werden.

Tabelle 11.5

Ausgewählte Maßnahmen der Kalkindustrie zur Energieeinsparung
2005 bis 2007

Maßnahmen	Inbetriebnahme	Investitionen in Mill. €
Blindstromkompensation		
Neue Filteranlage ohne Zwischengebläse	2005	0,17
Kompressoranlage mit Druckregelung		
Austausch von Radladern im Steinbruch	2005	
Frequenzsteuerung für das Lüftungsfiler einer Trockentrommel	2006	
Optimierung einer Trockenanlage durch Umbau der nachgeschalteten Mahl- und Siebanlage	2007	0,07
Einsatz von EFF1 Energiesparmotoren für Antriebe	2007	0,008
Einsatz eines neuen Radladers im Steinbruch	2007	0,19
Einführung einer Druckluftkompressoranlage	2007	0,035

Angaben aus dem Fortschrittsbericht 2005 bis 2007 des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie (BV-Kalk 2008b).

Ebenfalls 2007 wurde in einem Unternehmen die Trocknungsanlage durch den Umbau der nachgeschalteten Mahl- und Siebanlage optimiert. Bei gleichbleibendem Gasverbrauch konnte die Leistung um ein Drittel gesteigert werden. Des Weiteren wurde der Einsatz von EFF1 Energiesparmotoren für alle neuen Antriebe aufgeführt. Sowohl 2005 und 2006 beinhalteten in zwei Unternehmen die Modernisierungsmaßnahmen den Einsatz von neuen Radladern mit geringerem Dieselverbrauch im Steinbruch. Maßnahmen, die zu Einsparungen beim Diesel- oder anderweitigen Kraftstoffverbrauch führen, dienen zwar der CO₂-Emissionsminderung, verbessern

jedoch nicht die im Rahmen dieses Monitoringberichtes erstellte CO₂-Bilanz, da die Senkung der aus dem Kraftstoffverbrauch resultierenden Emissionen nicht Gegenstand der freiwilligen Selbstverpflichtung ist. Angaben zu Einsparungen an CO₂-Emissionen durch die in den Fortschrittsberichten dokumentierten Einzelmaßnahmen wurden nicht gemacht. Nur vereinzelt gab es Hinweise zu Auswirkungen auf den Energieverbrauch.

Die Unternehmen der Deutschen Kalkindustrie waren 2004 vor allem mit der Vorbereitung auf den Emissionshandel beschäftigt (BV-Kalk 2006a). Dies führte nach Angaben des Verbandes wie auch schon im Jahr 2003 in vielen Fällen zu einer Rückstellung von Maßnahmen zur CO₂-Minderung. Die Verbesserungen des spezifischen Energieverbrauchs 2006 und 2007 deuten indes auf eine Aufgabe dieser Investitionszurückhaltung, hin.

11.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die Kalkindustrie hat sich in der erweiterten Selbstverpflichtung zum Ziel gesetzt, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um bis zu 15 % gegenüber 1990 zu senken. 2006 und 2007 konnten die spezifischen CO₂-Emissionen jeweils um 14,8 % bzw. auf 385 kg CO₂/t verringert (Tabelle 11.1) und damit das avisierte Ziel mit 98,8 % nahezu erreicht werden (Schaubild 11.2). Der für 2005 vorgegebene Wert der ersten Selbstverpflichtung von gleichfalls 15 % wurde 2005 mit einem Zielerreichungsgrad von 95,9 % nur knapp verfehlt. 2003 wurde die Zielmarke als einziges Mal übertroffen.

Nahezu die gesamten erreichten CO₂-Minderungen gingen 2007 weder auf den Produktionsrückgang noch auf den Wandel im Mix an Brennstoffen zurück, sondern konnten durch die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs erreicht werden. Ursache für den vorübergehenden Wiederanstieg der spezifischen Emissionen in 2004 und 2005 und damit für das Verfehlen des Ziels der ersten Selbstverpflichtung war neben den Veränderungen im Energiemix vor allem der Anstieg des spezifischen Energieverbrauchs aufgrund der Investitionszurückhaltung in diesen Jahren.

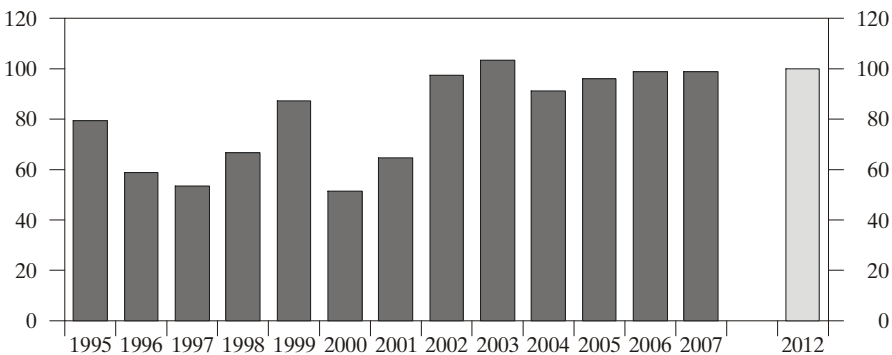
Zwar vollzog sich mit dem Wechsel von kohlenstoffreichen Brennstoffen wie Steinkohle, Steinkohlen- und Braunkohlenkoks zu kohlenstoffarmen Energieträgern wie vor allem Erdgas vornehmlich im Zeitraum zwischen 1990 und 1999 auch eine Substitution hin zu CO₂-ärmeren Energieträgern. Die umgekehrte Entwicklung, d.h. die Veränderung des Energiemix zugunsten kohlenstoffreicher Brennstoffe, konnte jedoch zwischen 1999 und 2007 beobachtet werden: Es wurde verstärkt Braunkohlenstaub und weniger Erdgas eingesetzt. So sank der Einsatz des kohlenstoffarmen Erdgases zwischen 1999 und 2004 um 4,9 PJ auf 8,7 PJ bei einem Rückgang des gesamten Brennstoffeinsatzes um 2,6 PJ. Demgegenüber stieg der Verbrauch an Koh-

le um eben diese Differenz an. Bis 2007 konnte dann eine weitere Substitution des Erdgases zumindest abgeschwächt werden. Erdgas trug mit 0,2 PJ zum gestiegenen Bedarf von 1,3 PJ bei. Insgesamt ist die Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen zwischen 1999 und 2007 mit 2 % deutlich geringer ausgefallen als die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs mit 8,7 %.

Schaubild 11.2

Zielerreichungsgrade für die Kalkindustrie

1995 bis 2007; in %



Eigene Berechnungen.

Die Fortschrittsberichte des BV-Kalk für die Jahre 2005 bis 2007 liefern wie auch die für die beiden Jahre zuvor keine Anhaltspunkte für den Grund des niedrigen Erdgaseinsatzes. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass diese Reduzierungen in Zusammenhang mit den hohen Erdgaspreisen standen.

Eine weitere deutliche Reduktion der CO₂-Emissionen durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz erscheint kaum noch möglich, da die sich in Betrieb befindenden Kalkschachtöfen bereits sehr hohe Wirkungsgrade von teilweise über 85 % aufweisen. Einer Verringerung des Wärmebedarfs durch neue Schachtöfen wären somit enge Grenzen gesetzt (BV-Kalk 1998: 2; BV-Kalk 2008a).

Aus Sicht der Umwelt ist erfreulich, dass die absoluten CO₂-Emissionen der Kalkindustrie zwischen 1990 und 2007 um rund 0,55 Mill. t gesenkt werden konnten (Tabelle 11.4). Ein verringerter CO₂-Ausstoß aufgrund von Produktionsrückgängen ist für die Zukunft jedoch als eher unwahrscheinlich einzustufen. Vielmehr ist von einer relativ stabilen und weiterhin leicht steigenden Absatzentwicklung für Kalkprodukte auszugehen. Die Rohstahlerzeugung, die nach dem außerordentlichen Anstieg 2004 wieder gedrosselt wurde, zeigte 2006 und 2007 erneut deutlich steigende Tendenz. Der Rückgang der Baunachfrage setzte sich zwar noch bis 2005 fort. Seit 2006 zeich-

net sich jedoch auch hier eine deutliche Erholung ab, so dass ein steigender Absatz an Kalk zu erwarten ist. Eine Abschwächung der inländischen Kalkproduktion aufgrund stark ansteigender Kalkimporte ist ebenfalls auszuschließen, da Kalk aufgrund seiner spezifischen physikalischen Eigenschaften für längere Transporte – besonders auf dem Seeweg – ungeeignet ist (Krukowski 2004: 47).

Die Erreichung des für 2012 formulierten Minderungsziels für die spezifischen Emissionen erscheint daher auch in den nächsten Jahren möglich, könnte aber in der Praxis bei steigender Produktion zu erheblichen Kostensteigerungen führen, wenn diese Minderung über den verstärkten Einsatz von Erdgas vollzogen würde.

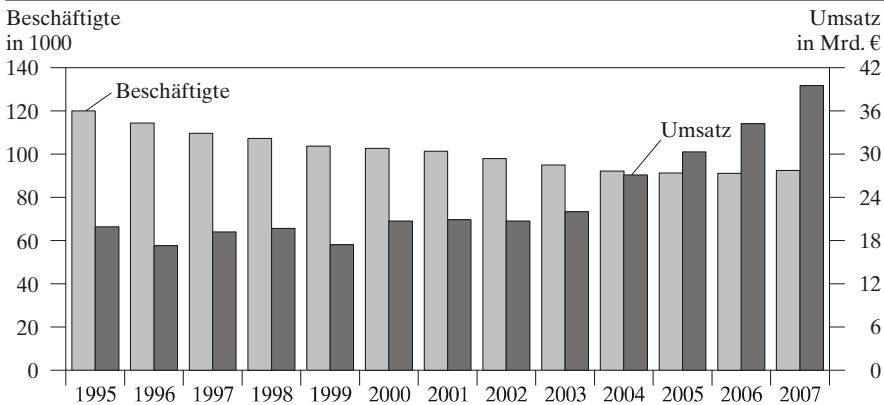
12. Die Eisenschaffende Industrie

Die Eisenschaffende Industrie, im Folgenden Stahlindustrie genannt, produziert Eisen und Stahl. Die von der Stahlindustrie hergestellten hochwertigen Stahlfertigerzeugnisse sind zentrale Ausgangsstoffe für die Kraftfahrzeugindustrie, den Maschinen- und Anlagenbau und die Bauwirtschaft. Damit ist die Stahlbranche eine Schlüsselindustrie für die deutsche Wirtschaft.

Die Stahlindustrie – ohne eigene Kokereien, aber einschließlich der örtlich verbundenen Betriebe – beschäftigte Ende 2007 rund 92 000 Personen (Schaubild 12.1). Dies entspricht einem Beschäftigungsrückgang von etwa 23 % gegenüber Ende 1995. Deutschland ist in Europa der größte Rohstahlproduzent: mit rund 48,6 Mill. t Rohstahl wurde 2007 die Erzeugung gegenüber 1995 um fast 16 % erhöht. Allein im Berichtszeitraum 2005 bis 2007 wurden gegenüber 2004 knapp 2,2 Mill. t Rohstahl mehr erzeugt. Der Gesamtumsatz der Betriebe der Stahlindustrie betrug 2007 knapp 39,5 Mrd. € und wird zu mehr als einem Drittel durch Exporte erwirtschaftet.

Schaubild 12.1

Umsatz und Beschäftigte der Betriebe der Stahlindustrie 1995 bis 2007, Beschäftigungsstand jeweils am Jahresende



Nach Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl (WV Stahl 2007b, 2008).

12.1 Datenbasis

Die Stahlindustrie wird vertreten durch die Wirtschaftsvereinigung Stahl (WV Stahl). Im Rahmen des CO₂-Monitorings stellt die WV Stahl Angaben zur Rohstahlproduktion und zum Energieverbrauch bereit. Darüber hinaus

publiziert der Verband jährlich umfangreiches Datenmaterial über die Branche (WV Stahl 2007b). Hieraus können Informationen zum Umsatz und zur Beschäftigung entnommen werden. Weitere internationale Vergleichszahlen zur Produktion stellt das *International Iron and Steel Institute* (IISI 2007) bereit.

Für das Monitoring werden alle Sinteranlagen, die Hochöfen, Oxygen- und Elektrostahlwerke, Warmwalzwerke, Stromerzeugungsanlagen der Stahlindustrie, Frischdampfkesselhäuser sowie sonstige örtlich verbundene Betriebe der Stahlweiterverarbeitung berücksichtigt. Nicht einbezogen sind die industrieeigenen Hüttenkokereien.

Das Statistische Bundesamt führt die Stahlindustrie in der Wirtschaftszweigsystematik 2003 unter den Positionen 27.10 „Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen“ und 27.22 „Herstellung von Stahlrohren und Rohrstücken aus Stahl“. Der Verbrauch an Brennstoffen und elektrischer Energie wird im Rahmen der Eisen- und Stahlstatistik regelmäßig publiziert (BGS 2005, 2006, 2007).

Die Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl und des Statistischen Bundesamts zum emissionsrelevanten Energieverbrauch zeigen sich weitgehend deckungsgleich. Unterschiede ergeben sich aus den Annahmen bezüglich der Heizwerte, dem Feuchtigkeitsgehalt der Kohle und Bereinigungen in der Statistik. Insgesamt jedoch ergeben sich Abweichungen von unter 3 %. Wie zuvor bilden daher die Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl die Berechnungsgrundlage für den vorliegenden Monitoringbericht über die Stahlindustrie.

Bei der Stahlindustrie muss zwischen Netto- und Bruttoenergieverbrauch unterschieden werden. Der Bruttowert berücksichtigt über den Nettowert hinaus auch den Energieverbrauch, welcher sich durch die Berücksichtigung der im Produktionsprozess entstehenden Hochofen- und Konvertergase ergibt. Diese Kuppelgase werden von der Stahlindustrie energetisch genutzt, das heißt als Brennstoff zur Eigenstromerzeugung oder im Produktionsprozess eingesetzt. Indessen ist der Kohlenstoffgehalt der Kuppelgase bereits mit den verwendeten Primärenergieträgern berücksichtigt. Um Doppelzählungen bei den CO₂-Emissionen zu vermeiden, wird daher der Verbrauch an Hochofen- und Konvertergas im Monitoring nicht berücksichtigt. Der Einsatz an Kokereigas muss hingegen einbezogen werden, da die Hüttenkokereien außerhalb der im Monitoring berücksichtigten Systemgrenze liegen. Mit anderen Worten: Für die spezifischen CO₂-Emissionen, der für die Zielerreichung der Stahlindustrie relevanten Kenngröße, bilden die im Nettoenergieverbrauch berücksichtigten Energieträger die Basis.

Der Nettoenergieverbrauch und der Energiemix der Stahlindustrie sind in Tabelle 12.1 dargestellt. Die Energieträger Strom und Koks nehmen eine herausragende Rolle im Energiemix ein. Etwa 45 % der netto verbrauchten Energie wurde 2007 aus Steinkohlenkoks und -koksgrus gewonnen, der Anteil des fremdbezogenen Stroms lag bei rund 19 %. Rechnet man zu dem Nettoenergieverbrauch den Verbrauch an Kuppelgasen hinzu, ergibt sich der Bruttoenergieverbrauch von gut 850 PJ im Jahr 2007.

Tabelle 12.1

Energieverbrauch der Eisenschaffenden Industrie
2005 bis 2007, in PJ, gerundete Werte

	2005	2006	2007
Steinkohle	96,2	104,4	106,8
Koks und Koksgrus (trocken)	318,4	337,6	347,1
Schweres Heizöl	31,3	25,1	26,3
Erdgas, sonstige Gase	89,0	92,5	102,4
Kokereigas	36,8	38,3	37,1
Nettofremdstrombezug	136,2	146,0	146,6
<i>Nettoenergieverbrauch</i>	<i>707,9</i>	<i>743,8</i>	<i>766,2</i>
<i>Bruttoenergieverbrauch (inkl. Kuppelgase)</i>	<i>787,2</i>	<i>823,6</i>	<i>850,1</i>

Nach Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl im Rahmen des Monitorings.

12.2 Energieverbrauch und Produktion

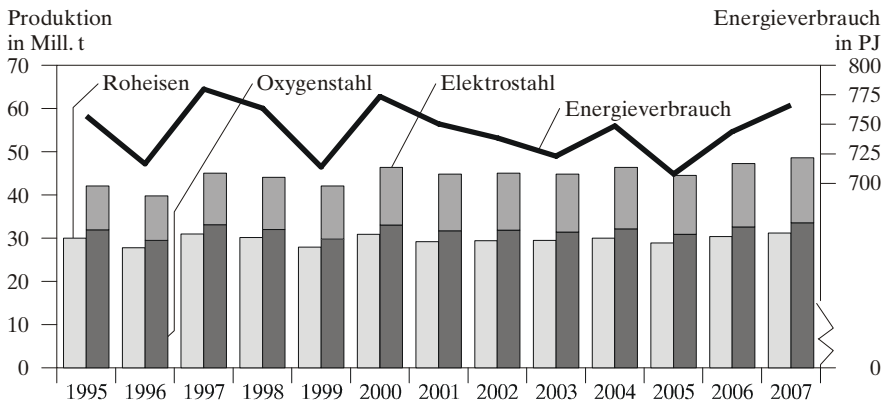
Die Stahlindustrie als Lieferant eines der zentralen Ausgangsstoffe des Produzierenden Gewerbes hängt erheblich von konjunkturellen Schwankungen ab. Infolgedessen ist ein häufiges Auf und Ab des Energieverbrauchs zu beobachten (Schaubild 12.2), und damit auch der CO₂-Emissionen.

Die Stahlindustrie erzeugte 2007 in ihren Hochofenanlagen rund 31 Mill. t Roheisen. Von den insgesamt erzeugten 48,6 Mill. t Rohstahl sind 33,5 Mill. t Oxygenstahl und 15,0 Mill. t Elektrostahl. Im Vergleich zu 1995 wuchs die Rohstahlproduktion um mehr als 15 %. Elektrostahl hat seither deutlich an Bedeutung gewonnen: sein Anteil an der Gesamtrohstahlproduktion wuchs zwischen 1995 und 2007 von knapp 24 % auf nunmehr fast 31 %. Die Produktionsmenge des auf der Hochofenroute produzierten Oxygenstahls wurde 2007 gegenüber 1995 um 5 % erhöht, die Roheisenproduktion um 4 %. Die Produktion an warmgewalzten Stahlerzeugnissen betrug 2007 etwa 42 Mill. t.

Schaubild 12.2

Produktion und Nettoenergieverbrauch in der Stahlindustrie

1995 bis 2007



Nach Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl (WV Stahl 2007b, 2008).

Die Stahlindustrie hat 2007 brutto rund 850 PJ an Energie verbraucht. Daraus leitet sich ein spezifischer Energieverbrauch von 17,5 GJ je t Rohstahlerzeugung ab, was einer Minderung von knapp 15 % gegenüber 1990 entspricht. Der für das Monitoring relevante Nettoenergieverbrauch lag 2007 bei gut 766 PJ (Schaubild 12.2). Gemessen daran wurden 15,8 GJ je t Rohstahl an Nettoenergie aufgewendet, knapp 16 % weniger als 1990.

12.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Rohstahl wird in Deutschland ausschließlich entweder nach dem Oxygenstahl- oder dem Elektrostahlverfahren produziert. Der Verfahrensweg der Oxygenstahlproduktion besteht im Kern aus der Aufbereitung des Eisenerzes, der Herstellung von Roheisen im Hochofen und der Konvertierung von Roheisen in Rohstahl. Anstatt des Primärrohstoffes Eisenerz wird bei der Elektrostahlerzeugung Stahlschrott als Sekundärrohstoff eingesetzt und zu Rohstahl eingeschmolzen. Der Prozess der Elektrostahlerzeugung ist folglich ein Verfahren, das wegen des Einsatzes von Sekundärrohstoffen weniger energieintensiv als das Oxygenstahlverfahren ist.

Für die Herstellung von Roheisen muss das Eisenerz zunächst aufbereitet werden. Eisenerze können als Stück- oder Feinerze auftreten. Stückerze werden zunächst gebrochen und gesiebt, bevor sie in den Hochofen kommen. Damit eine Durchgasung des Hochofens möglich ist, müssen Feinerze vor der Ofenbeschickung durch Pelletieren oder Sintern agglomeriert werden. Derzeit werden rund 85 % des Eisenerzes aus agglomerierten Feinerzen gedeckt (WV Stahl 2008: 38).

Die Pelletierung verdichtet die angefeuchteten Feinsterze mechanisch. Die Pellets werden anschließend getrocknet und bei Temperaturen oberhalb von 1 000°C gebrannt. Pelletieranlagen stehen vorwiegend bei Eisenerzeugern; deren Energieverbrauch fällt daher nicht in der Stahlindustrie an. Bei der Sinterung wird das Feinerz mit Koksgrus und weiteren Beigaben auf dem so genannten Sinterband verbacken. Dabei wird der in der oberen Schicht der Sinterrohmmischung enthaltene Koksgrus in einem Zündofen mit Gas gezündet und damit der Sintervorgang eingeleitet. Es wird ein erhitzter Luft- oder Gasstrom durch die Mischung gesaugt, was zu einer Verklumpung – der Sinterung – führt. 2007 wurden in der deutschen Stahlindustrie etwa 30,5 Mill. t Sinter hergestellt (WV Stahl 2008: 39).

Die aufbereiteten Primärrohstoffe – der Möller – werden dem Hochofen über ein Band oder einen Aufzug (Skip) zugeführt und dort mit Zuschlagsstoffen wie Kalk und Kies vermengt. Zentral für den Hochofenprozess sind die Reduktionsmittel. Diese enthalten Kohlenstoff (C) und werden benötigt, um den im Eisenoxid vorhandenen Sauerstoff (O) zu binden und das Eisen (Fe) zu isolieren. Dabei entsteht unter anderem Kohlendioxid (CO₂). Das in der Stahlindustrie alles überragende Reduktionsmittel ist Koks. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes (BGS 2007) wurden 2007 mehr als 12 Mill. t Koks (feucht) verbraucht. Teilweise wird Koks durch Kohle, Öl, Gas oder aufbereitete Altkunststoffe ersetzt.

Der Hochofen hat die Aufgabe, unter Zuhilfenahme von Reduktionsmitteln aus Eisenerzen flüssiges Roheisen zu erzeugen. Ein Hochofen arbeitet nach dem Gegenstromprinzip: Der Möller (Eisenerze und Koks) sinkt von oben nach unten und das im Unterofen durch Reaktion von Luftsauerstoff mit Kohlenstoff entstehende Reduktionsgas steigt von unten nach oben (Tauben 1998: 64). Das Gichtgas (Hochofengas) wird am oberen Ende des Hochofens abgeführt und gereinigt. Es besteht zu 49 % aus Stickstoff und zu je 23 % aus Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO₂) und 5 % Wasserstoff. Nach einer Reinigung kann es als Brennstoff genutzt werden, beispielsweise im Verbund mit Hüttenkokereien zur Kokserzeugung und/oder im Verbund mit einem Kraftwerk zur Stromerzeugung. Der Kohlenstoffgehalt der Kuppelgase wird bereits mit den verwendeten Primärenergieträgern einbezogen, weswegen deren Verwendung zur Energieerzeugung im Monitoring nicht berücksichtigt wird.

Der Ofen wird von oben schichtweise mit Eisenerzmöller und Koks befüllt. Die Schichten durchlaufen nun verschiedene thermische Zonen. Dabei nimmt die Temperatur zum Hochofenfuß hin zu. Im untersten Teil des Hochofens sammeln sich das flüssige Roheisen und die entstandene Schlacke, die unter anderem Gangartbestandteile der Erze enthält. Roheisen und Schlacke werden periodisch aus dem Hochofen abgestochen und voneinan-

der getrennt. Ein erheblicher Teil der Schlacke findet in granulierter Form als Hüttensand Verwendung in der Zementindustrie und ersetzt dort den Zementklinker.

Um den Hochofenprozess in Gang zu halten, muss der Ofen dauerhaft mit Heißwind versorgt werden. Dazu wird Luft verdichtet und in Winderhitzern durch per Brenner erhitzten Feuerfestbesatz regenerativ auf Temperatur gebracht. Als Brennstoff wird häufig gereinigtes Gichtgas benutzt (Tauben 1998: 53). Im unteren Bereich des Hochofens wird der etwa 1 200°C heiße Wind eingeblasen. Durch die Reaktion von Luftsauerstoff und Kohlenstoff entstehen Temperaturen von 2 200°C.

Der im Koks enthaltene Kohlenstoff (C) vergast und bildet mit dem Sauerstoff (O₂) des Windes zunächst CO₂. Durch die in dieser Schmelzzone herrschende hohe Temperatur bildet sich entsprechend dem Boudouard-Gleichgewicht aus Kohlendioxid (CO₂) und dem im Koks verbliebenen Kohlenstoff Kohlenmonoxid (CO), das im Hochofenprozess als Reduktionsgas wirkt. Das Boudouard-Gleichgewicht ist ein temperaturabhängiges chemisches Gleichgewicht zwischen Kohlendioxid und Kohlenmonoxid. Bei Temperaturen oberhalb von 1 000°C verschiebt sich dieses Gleichgewicht nahezu vollständig zugunsten von Kohlenmonoxid.

Das in der Schmelzzone entstehende Kohlenmonoxid steigt im Hochofen in die Reduktionszone auf. Dort wird das im Möller enthaltene Eisenoxid mit Hilfe des Kohlenmonoxids zu einem Eisen-Kohlenstoffgemisch reduziert. Kohlenmonoxid bindet bei einer Temperatur von ca. 900°C den in den Eisenerzträgern enthaltenen Sauerstoff (indirekte Reduktion). Eisenoxid (Fe₂O₃) wird zu zwei Teilen Eisen (2 Fe) und drei Teilen Kohlendioxid (3 CO₂) reduziert. Zudem reagiert das Eisen mit dem glühenden Kohlenstoff – es verkohlt. Durch diese Kohlenstoffaufnahme sinkt der Schmelzpunkt des Eisens von etwa 1 534°C auf etwa 1 300°C. Das Eisen-Kohlenstoffgemisch sackt im Hochofen nach unten, in die Schmelzzone. Die übrige Menge an Reduktionsgas (CO) steigt hingegen weiter auf in die kühleren Hochofenzonen.

Das erzeugte flüssige Roheisen enthält neben Silizium (0,4 %), Schwefel (0,04 %) und Phosphor (0,07 %) noch etwa 4,7 % Kohlenstoff. Roheisen ist deshalb spröde und nicht schmiedbar. Diese Bestandteile werden im Sauerstoffaufblaskonverter ausgelöst, das Roheisen damit zu Rohstahl veredelt. Dabei wird über eine Sauerstofflanze Sauerstoff auf das Roheisen aufgeblasen und der enthaltene Kohlenstoff oxidiert. Bei diesem als „Frischen“ bezeichneten exothermen Vorgang wird Stahlschrott als Kühlmittel beigegeben.

Während des Frischens entsteht prozessbedingt Konvertergas, das zu ca. 90 % aus Kohlenmonoxid besteht (Taube 1998: 172). Konvertergas hat vergleichbare feuertechnische Eigenschaften wie Erdgas und kann dieses in Hochtemperaturprozessen ersetzen (Aichinger, Hoffmann, See-ger 1991: 47). 2007 wurden etwa 429 Mill. m³ (i.N.) Konvertergas in der Stahlindustrie erzeugt (BGS 2007), von denen je rund die Hälfte selbst wieder verbraucht und an Dritte abgegeben wurde.

Bei der Herstellung von Elektrostahl wird Stahlschrott wiederverarbeitet. In einem Elektroofen wird mittels eines Lichtbogens der Schrott zu Rohstahl eingeschmolzen. Dabei entstehen im Lichtbogen Temperaturen von bis zu 3 500° C. Um den Schmelzvorgang zu beschleunigen, sind teilweise Zusatzbrenner in den Ofen montiert, die mit Öl oder Gas befeuert werden. Hauptenergieträger ist in dieser Verfahrensrouten jedoch Strom.

Der über die Hochofenroute oder im Elektrolichtbogenofen erzeugte flüssige Rohstahl wird anschließend der Sekundärmetallurgie zugeführt. Durch Vakuumbehandlung wird der Gehalt an Kohlenstoff und weiterer Fremdstoffe reduziert und die Schmelze homogenisiert. Abschließend wird die Stahlschmelze vergossen. Heutzutage wird der flüssige Stahl in der Regel kontinuierlich im Stranggussverfahren zu Brammen, Vorblöcken oder Knüppeln vergossen. In Deutschland liegt heute der Anteil des im Stranggussverfahren erzeugten Stahls bei rund 96 % (WV Stahl 2008: 9).

12.4 Die Selbstverpflichtung

Die Stahlindustrie hat im Mai 2001 eine erweiterte Selbstverpflichtungserklärung zur Klimavorsorge abgegeben (WV Stahl 2001, Ameling, Aichinger 2001). Demnach wird bis 2012 eine Reduktion des rohstoff- und energiebedingten spezifischen CO₂-Ausstoßes um 22 % gegenüber 1990 zugesagt (Übersicht 12.1). Bezugsgröße ist die erzeugte Menge an Rohstahl.

Übersicht 12.1

Erweiterte Selbstverpflichtung der Stahlindustrie

Ziel bis 2012	Reduktion der auf die Rohstahlerzeugung bezogenen spezifischen CO ₂ -Emissionen um 22 % im Vergleich zu 1990, auf maximal 1 243 kg CO ₂ /t.
Basisjahr	1990

Nach Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl, WV Stahl (2001).

1990 wurden bei einer Rohstahlerzeugung von 43,9 Mill. t insgesamt etwa 70 Mill. t CO₂ emittiert (Tabelle 12.2). Dies entspricht einem spezifischen Emissionswert von 1 594 kg CO₂/t Rohstahl. Die Stahlindustrie verpflichtet sich folglich mit ihrer erweiterten Selbstverpflichtung, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 auf maximal 1 243 kg CO₂/t zurückzuführen.

12.5 Bis 2007 erreichte CO₂-Minderungen

Die absoluten CO₂-Emissionen der Stahlindustrie nahmen im Berichtszeitraum 2005 bis 2007 um 5 Mill. t zu und lagen 2007 auf dem Niveau des Jahres 2000 (Tabelle 12.2). Vergleichbares gilt sowohl für den Bruttoenergieverbrauch, bei dem die Verwendung der Kuppelgase mit berücksichtigt ist, als auch für den emissionsrelevanten Nettoenergieverbrauch. Mit gut 766 PJ im Jahr 2007 lag dieser knapp 1 % unter dem Wert des Jahres 2000.

Tabelle 12.2
CO₂-Emissionen der Stahlindustrie
1990 bis 2007

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Rohstahl, Mill. t	38,4	42,0	46,4	46,4	44,5	47,2	48,6
Roheisen, Mill. t	30,1	30,0	30,9	30,0	28,9	30,4	31,2
Bruttoenergieverbrauch, PJ	902,9	811,2	852,9	835,2	787,2	823,6	850,1
Nettoenergieverbrauch, PJ	823,6	756,9	773,5	748,6	707,9	743,8	766,2
Emissionen, Mill. t	70,0	63,7	65,5	63,1	60,2	63,3	65,2

Nach Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl im Rahmen des Monitoring.

Dagegen stieg zwischen 2000 und 2007 die Menge an produziertem Rohstahl um knapp 5 %. Infolgedessen reduzierten sich bis 2007 die spezifischen CO₂-Emissionen auf 1 343 kg CO₂ je t Rohstahl (Tabelle 12.3). Dies entspricht im Vergleich zum Referenzjahr 1990 einer Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen um 15,8 %. Die Stahlindustrie hat damit im Jahr 2007 ihre Minderungszusage für 2012 zu rund 72 % erfüllt.

Tabelle 12.3
Spezifische CO₂-Emissionen der Stahlindustrie
1990 bis 2007

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Spez. Emissionen, kg CO ₂ /t	1 594	1 515	1 412	1360	1 351	1 341	1 343
Minderung, %	-	5,0	11,4	14,7	15,3	15,9	15,8
Zielerreichung, %	-	22,7	51,8	66,6	69,6	72,3	71,8

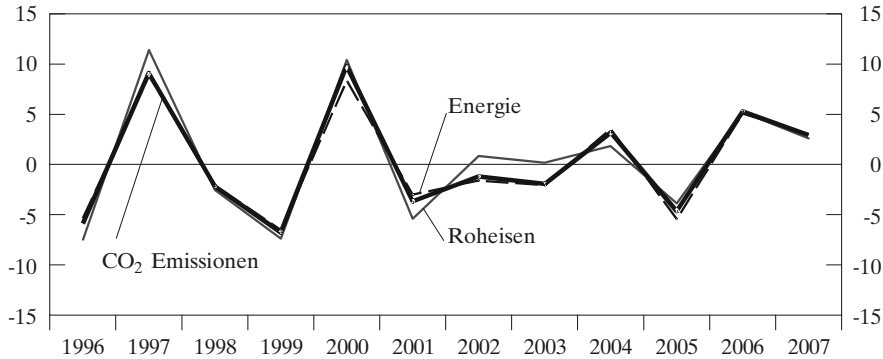
Nach Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl im Rahmen des Monitoring.

Hauptverursacher der CO₂-Emissionen ist die kohlenstoffintensive Roheisenproduktion. Schaubild 12.3 zeigt – jeweils gemessen zum Vorjahr – die prozentuale Veränderung des Nettoenergieverbrauchs, der CO₂-Emissionen und der Roheisenproduktion. Die Entwicklung dieser Größen verlief seit 1996 nahezu Hand in Hand. Auffällig sind die starken zyklischen Schwankungen, die einem Turnus von drei bis vier Jahren folgen. In den Jahren

2002 bis 2004 traten diese Schwankungen etwas gedämpfter auf, seit 2005 hat sich diese Fluktuation indessen wieder verstärkt.

Schaubild 12.3

Veränderung der Roheisenerzeugung, des Nettoenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen 1995 bis 2007, in Prozent im Vergleich zum Vorjahr



Eigene Berechnungen.

12.6 Ursachenanalyse

Generell sind sinkende CO₂-Emissionen bei gleichzeitigem Anstieg der Rohstahlproduktion zu beobachten. Ursächlich für diese zunehmende Entkopplung ist insbesondere die zunehmende Bedeutung des Elektrostahls an der Gesamterzeugung. Damit verbunden ist ein abnehmender Produktionsanteil der Rohstahlproduktion über die sehr kohlenstoffreiche Hochofenroute. Der Anteil von Elektrostahl an der gesamten Rohstahlerzeugung stieg von 18,5 % im Jahr 1990 auf 31 % im Jahr 2007 (Tabelle 12.4), gleichzeitig reduzierte sich der Anteil von Oxygenstahl von 81,5 % auf 69 % (Tabelle 12.5).

Tabelle 12.4

Elektrostahl: Produktion, Energieverbrauch und Emissionen
1990 bis 2007

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Produktion, Mill. t	7,1	10,1	13,3	14,2	13,7	14,8	15,0
Spez. Energie, GJ/t	6,2	5,9	5,8	5,9	5,9	6,0	6,0
Spez. Emissionen, kg CO ₂ /t	394	378	367	381	380	383	388

Eigene Berechnungen nach Angaben von WV Stahl (2007b: 20-21, 2008: 28). Strom ist primär-energetisch mit 10,434 GJ/MWh bewertet.

Elektrostahl ist sowohl weniger kohlenstoff- als auch energieintensiv, weil in der Erzeugung kein Kohlenstoff in Form von Koks zur Reduktionsarbeit

benötigt wird, sondern Schmelzenergie in Form von Strom verwendet wird. Mit diesem Produktionsweg ist ein im Vergleich zur Hochofenroute geringerer CO₂-Ausstoß je t Rohstahl verbunden. Im Jahr 2007 wurden in der Elektrostahlproduktion je erzeugter Tonne durchschnittlich knapp 6 GJ Energie verbraucht und etwa 388 kg CO₂ emittiert. Für die Produktion von Elektrostahl wird zu mehr als 95 % Strom und Erdgas eingesetzt, in vergleichsweise geringen Mengen auch Steinkohle. Der im Vergleich zu 2000 im Berichtszeitraum 2005 bis 2007 zu beobachtende deutliche Anstieg der spezifischen Emissionen ist insbesondere verursacht durch eine Steigerung des Stromverbrauchs je Tonne Elektrostahl: wurden 2000 etwa 5,8 MJ Strom (primärenergetisch bewertet) je t Elektrostahl benötigt, beläuft sich dieser Wert 2007 auf 6,0 MJ/t. Die Ursache dafür liegt nach Angaben der Branche in einem veränderten Produktmix. Auf der Elektrostahlroute wird zunehmend Qualitäts- und Edelstahl produziert und weniger Betonstahl. Seit 1990 sind die spezifischen CO₂-Emissionen der Elektrostahlerzeugung indessen um gut 3 % reduziert worden.

Die Oxygenstahlerzeugung nahm zwischen 1990 und 2007 um rund 2 Mill. t zu (Tabelle 12.5). Gleichzeitig konnte der Nettoenergieverbrauch in den Produktionsstufen Hochofen und Oxygenstahlwerk im Zeitraum 1990 bis 2007 um 5,2 % auf nunmehr 14,5 GJ/t Oxygenstahl reduziert werden. Die spezifischen CO₂-Emissionen sanken zwischen 1990 und 2007 um rund 4 % auf 1 420 kg CO₂ je Tonne Oxygenstahl. In den letzten Jahren ist eine Zunahme der spezifischen Emissionen zu erkennen. Eine Ursache dafür könnte der in dieser Zeit deutlich gestiegene Rohölpreis sein, der die Branche dazu veranlasst, wieder vermehrt die preislich günstigere Steinkohle als Ersatzreduktionsmittel zu verwenden und auf Heizöl zu verzichten. Zwischen 2000 und 2007 stieg der Anteil von Steinkohle am Energieverbrauch zur Oxygenstahlerzeugung von 15 % auf 20 %; der Anteil von schwerem Heizöl sank dagegen von 7 % auf 5 %.

Tabelle 12.5

Oxygenstahl: Produktion, Energieverbrauch und Emissionen

Produktionsstufen Hochofen und Oxygenstahlwerk.

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Produktion, Mill. t	31,3	32,0	33,1	32,2	30,9	32,6	33,5
Spez. Energie (netto), GJ/t	15,3	14,9	14,6	14,6	14,8	14,7	14,5
Spez. Emissionen, kg CO ₂ /t	1 477	1 418	1 400	1 394	1 411	1 407	1 420

Eigene Berechnungen nach Angaben von WV Stahl (2007b: 20-21, 2008: 41). Strom ist primärenergetisch mit 10,434 GJ/MWh bewertet, Kuppelgase nicht berücksichtigt. Jahr 2007 teils geschätzt.

Insgesamt betrachtet weist der auf der Hochofenroute produzierte Stahl je Tonne einen deutlich höheren Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß als

Elektrostahl auf, bedingt durch den für den Reduktionsprozess notwendigen Kohlenstoff sind auch die CO₂-Emissionen je t Oxygenstahl fast viermal höher. Daher ist in der zunehmenden Bedeutung des vergleichsweise emissionsarmen Elektrostahls die wichtigste Ursache der beobachteten CO₂-Minderungen zu sehen. Um dies zu verdeutlichen, kann man hypothetische Überlegungen anstellen, bei denen angenommen wird, dass es seit 1990 zu keiner Verschiebung der Produktionsanteile zwischen Oxygen- und Elektrostahl gekommen ist, jedoch die entsprechende Verbesserung der spezifischen Emissionen (Tabellen 12.4 und 12.5) eingetreten ist. So ergeben sich die hypothetischen Emissionen für 2007 in Höhe von 59,7 Mill. t CO₂ indem man die gesamte Rohstahlerzeugung 2007 in Höhe von 48,6 Mill. t mit dem entsprechenden Erzeugungsanteil 1990 und den jeweiligen spezifischen CO₂-Emissionen je Produktionsverfahren des Jahres 2007 multipliziert. In einer solchen hypothetischen Situation ohne Verschiebung der Erzeugungsanteile zwischen den Produktionsverfahren hätten die CO₂-Emissionen im Jahr 2007 um rund 6,3 Mill. t über den tatsächlich emittierten 53,4 Mill. t CO₂ gelegen (Tabelle 12.6).

Tabelle 12.6

CO₂-Einsparung durch vermehrte Elektrostahlerzeugung

1990 bis 2007; in Mill. t, hypothetische Erzeugungsanteile der Produktionsverfahren fixiert auf Niveau 1990

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Hypothetische Oxygenstahlerzeugung	31,3	34,3	37,8	37,8	36,3	38,5	39,6
Hypothetische Elektrostahlerzeugung	7,1	7,8	8,6	8,6	8,2	8,7	9,0
Hypothetische Emissionen	49,1	51,5	56,1	56,0	54,3	57,5	59,7
Beobachtete Emissionen	49,1	49,1	51,3	50,2	48,7	51,4	53,4
Einsparung durch Verlagerung der Produktionsanteile	-	2,4	4,8	5,8	5,6	6,1	6,3

Eigene Berechnungen.

Auf der Hochofenroute betreibt die Stahlindustrie verstärkt Anstrengungen, die Kohlenstoffintensität zu mindern. Hierfür stehen der Branche eine Reihe von Möglichkeiten offen, wie effiziente Sinterung oder Änderungen in der Reduktionsmittelzusammensetzung. Ein weiterer kaum zu unterschätzender Effekt zur Einsparung von CO₂-Emissionen ist die Möglichkeit, die im Produktionsprozess anfallenden Kuppelgase wie Hochofen- und Konvertergas zu nutzen und auf diesem Wege den Verbrauch z.B. an Erd- und Koksofengas zu reduzieren. Während der Energiegehalt der Kuppelgase beispielsweise für die Erzeugung von Heißwind zur Hochofenbefeuerung oder zur Eigenstromerzeugung genutzt wird, ist für das Monitoring der Kohlenstoffanteil dieser Gase bereits mit den im Produktionsprozess einge-

setzten Primärenergieträgern wie Koks und Steinkohle berücksichtigt worden.

Nach Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl (2008: 22) wurden zu Anfang der 1990er Jahre knapp 40 % des Brenngasbedarfs je t Rohstahl durch Kuppelgase gedeckt, bezogen auf die Roheisenerzeugung belief sich dieser Anteil gar auf gut 75 % (WV Stahl 2008: 25). Bedingt durch Effizienzsteigerungen im Produktionsprozess konnte der Brenngasverbrauch je t Rohstahl bis 2007 um 18 % gemindert werden. Dabei wurde insbesondere der Verbrauch an Erd- und Koksofengas um 26 % reduziert. Gleichzeitig sank der Verbrauch an Hochofengas je t Rohstahl um 8 %. In der Folge wurde im Jahr 2007 bereits fast 45 % des Brenngasbedarfs für die Rohstahlproduktion durch die Kuppelgase gedeckt, also der Energiegehalt dieser Gase genutzt ohne dass im Rahmen des Monitorings zusätzlich CO₂ emittiert wurde.

Darüber hinaus liefert der stoffwirtschaftliche Verbund mit anderen Industriezweigen einen Beitrag zur Ressourcenschonung. Beispielsweise findet die aufbereitete Hochofenschlacke in Form von Hüttensand in der Zementindustrie als Beimischung in bedeutendem Maße Verwendung (siehe Kapitel 10.3 dieses Berichts). Beispielsweise sind gut 21 % der inländischen Zementproduktion des Jahres 2007 Portlandhüttenzement, der aus bis zu 35 % aus Hüttensand besteht (BDZ 2008). Weitere 19 % der Zementproduktion 2007 sind Hochofenzement, der sogar aus bis zu 80 % Hüttensand besteht. Nach Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl verdoppelte sich im Zeitraum 1990 bis 2007 die Menge an Hüttensand, die für die Produktion von Portland- und Hochofenzement verwendet wurde von 3 auf 6,5 Mill. t. Dies mindert in zunehmendem Maße den Bedarf an sehr energieintensiv zu produzierendem Zementklinker, in dessen Folge sowohl der Energieaufwand als auch die CO₂-Emissionen in der Zementindustrie deutlich gemindert werden.

12.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die im Berichtszeitraum von der Stahlindustrie durchgeführten Maßnahmen zur Emissionsverringering werden im 6. und im 7. CO₂-Monitoring-Fortschrittsbericht der Stahlindustrie (WV Stahl 2007a, 2008) dargestellt. Angesichts der Ausführlichkeit dieser Berichte können die geschilderten Maßnahmen hier nur auszugsweise wiedergegeben werden.

Die Berichte untergliedern die CO₂-Minderungsaktivitäten in vier Arbeitsbereiche der Stahlindustrie: CO₂-Minderungen durch die Nutzung von Kuppelprodukten beispielsweise im Energieverbund mit Hüttenkraftwerken, durch eine gesteigerte Ressourceneffizienz, umfangreichen Minderungsak-

tivitäten im Bereich der Roheisenerzeugung und in den Walzwerken und Schmiedestätten der Industrie.

Im 6. Fortschrittsbericht wird für den Berichtszeitraum 2005 bis 2007 die Umrüstung von 3 Schmiedeöfen bei der Saarstahl AG in Völklingen auf die Nutzung von Konvertergas als Beispiel für den Ausbau der Energieverbundwirtschaft genannt. Insgesamt werden in dem Unternehmen seit 2005 nun 7 Schmiedeöfen bivalent mit Kuppelgasen befeuert. Seit 2006 nutzt das von ThyssenKrupp Steel betriebene Kraftwerk Ruhrort in Duisburg anfallendes Kühlwasser, das aus dem Produktionsprozess in den Rhein zurückfließt, über Turbinen zur Stromerzeugung (ThyssenKrupp 2007: 55). Ebenfalls im Jahr 2006 hat ThyssenKrupp einen Gasmotor zur Stromerzeugung aus Grubengas in Betrieb genommen, in dem das im Steinkohlebergbau anfallende Grubengas verstromt wird. Grubengas besteht zu mehr als 90 % aus Methan, ein Gas dessen Treibhauspotential im Vergleich zu CO₂ mit dem Faktor 21 beziffert wird. Durch die Verstromung des Methans entweicht dieses nicht mehr ungenutzt in die Atmosphäre sondern wird produktiv zur Erzeugung von rund 5,5 Mill. kWh Strom genutzt (ThyssenKrupp 2007: 55).

Im Bereich der Roheisenerzeugung ist insbesondere auf den Neubau eines Hochofens am Standort Duisburg-Hamborn zu verweisen, der eine Altanlage ersetzt und neue Produktionskapazitäten schafft. Der Neubau wurde im Januar 2008 in Betrieb genommen, die Bauphase fiel indessen in den Zeitraum 2005 bis 2007. Angesichts der verbauten modernen Technik ist eine im Vergleich zur Altanlage emissionsarme Erzeugung von Roheisen zu erwarten. Zusätzlich wird derzeit ein zweiter Hochofen am Standort Duisburg-Hamborn neu zugestellt, d.h. auf den aktuellen Stand der Technik gebracht (ThyssenKrupp 2006: 45). Ebenfalls neu zugestellt wurde im Jahr 2005 ein Hochofen bei der Salzgitter AG (WV Stahl 2008). Diese Maßnahme wurde 2006 ergänzt durch den Neubau einer Granulationsanlage für Hochofenschlacke, mit der die Energieverbundwirtschaft mit der Zementindustrie weiter verfestigt wird.

Zwei modernisierte und in ihrer Produktionskapazität erweiterte Lichtbogenöfen bei der Georgsmarienhütte GmbH und den Deutschen Edelstahlwerken in Witten sind Beispiele zur Emissionsreduktion in der Elektrostahlerzeugung (WV Stahl 2008).

Umfangreiche Modernisierungen und Anlagenneubauten fanden auch in den Walz- und Schmiedestätten der Stahlindustrie statt. Eine Übersicht über die Vielzahl der Einzelmaßnahmen gibt der 6. Fortschrittsbericht der WV Stahl (2007a: 4). Beispielsweise wurde im Jahr 2005 in den Walzwerken Völklingen der Saarstahl AG eine neue Walzstraße in Betrieb genommen und ersetzt dort eine veraltete Anlage. Anpassungen der Produktpalette

und Produktionsverlagerungen von anderen Standorten der Saarstahl AG ermöglichen seit 2007 eine effiziente Auslastung der neuen Anlage im Drei-Schichtbetrieb. Zum Vergleich: in der Altanlage kam es durch den gängigen Zwei-Schichtbetrieb zu erheblichen Stillstandsverlusten durch das zyklische Auskühlen und neu Anheizen des Ofens.

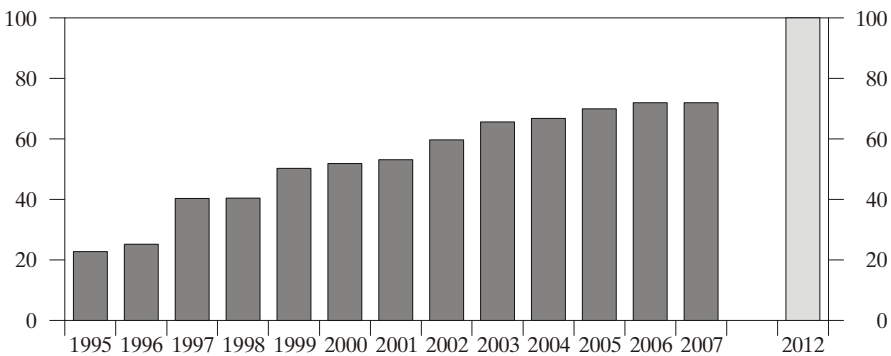
12.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die Stahlindustrie hat in ihrer Selbstverpflichtung zur Klimavorsorge bis 2012 eine Reduktion des auf die gesamte Rohstahlerzeugung bezogenen rohstoff- und energiebedingten CO₂-Ausstoßes um 22 % gegenüber 1990 zugesagt. Auf dem Weg zur Erfüllung ihrer Minderungszusage ist die Stahlindustrie bereits ein gutes Stück vorangekommen. Schaubild 12.4 zeigt einen kontinuierlichen Anstieg im Zielerreichungsgrad auf 72 % für 2007, was einer Steigerung des Zielerreichungsgrad gegenüber der zurückliegenden Berichtsperiode 2003 und 2004 um 5 Prozentpunkte entspricht (Schaubild 12.4).

Schaubild 12.4

Zielerreichungsgrad der Stahlindustrie

1995 bis 2007, in %



Eigene Berechnungen.

Es fällt auf, dass bis 1995 nur ein geringer Teil der bisherigen Minderungen erzielt wurde. Folglich haben Wiedervereinigungseffekte in dieser Hinsicht eine geringere Rolle gespielt als in anderen Sektoren. Schaubild 12.4 verdeutlicht zudem, dass die Stahlindustrie sich ihrem Reduktionsziel in der Vergangenheit stufenweise näherte: das Erreichen der 50 % Zielmarke im Jahr 1999 gingen zwei Jahre relativer Konstanz voraus. Vergleichbares gilt für das Jahr 2003 und für den aktuellen Berichtszeitraum 2005 bis 2007. Dabei verflacht der Anstieg des Zielerreichungsgrads indessen zusehends

und verdeutlicht damit die zunehmend schwerer fallenden Anstrengungen zur Emissionsreduktion.

Entsprechend des in Schaubild 12.4 zu beobachtenden stufenförmigen Verlaufs wären für die verbleibenden 5 Jahre bis zum Ende des Selbstverpflichtungszeitraums 2012 noch das Erklimmen von ein bis zwei weiteren Stufen im Zielerreichungsgrad zu erwarten. Inwieweit dies ausreichend sein wird, um die verbleibende Lücke im Zielerreichungsgrad zu schließen, bleibt dabei abzuwarten.

13. Die Nichteisen-Metallindustrie

Zu den Nichteisen-Metallen – im Folgenden kurz NE-Metalle genannt – zählen die Buntmetalle Kupfer, Zink, Blei und Nickel, die Leichtmetalle Aluminium und Magnesium, die Edelmetalle Gold, Silber und Platin sowie weitere Metalle. Neben der Gewinnung dieser Metalle in Hüttenwerken werden in diesem Industriezweig auch erste Bearbeitungen der NE-Metalle bzw. deren Legierungen in Halbzeugwerken und Gießereien vorgenommen. Die Herstellung und Bearbeitung von Aluminium hat die volumenmäßig größte Bedeutung (WVM 2004).

Die wirtschaftliche Bedeutung dieser Branche innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes ergibt sich aus der starken Verflechtung mit anderen industriellen Bereichen: Zur Herstellung von Investitions- und Konsumgütern liefert die NE-Metallindustrie an andere Branchen Vorprodukte in Form von Metallen und Legierungen. Wichtigste Abnehmer für die Produktion der NE-Metallindustrie sind das Baugewerbe, die Kraftfahrzeug-, Luft- und Raumfahrzeugindustrie, die Elektrotechnik sowie der Maschinenbau (WVM 2003, 2005).

Die wirtschaftliche Situation der Branche wird außer von der konjunkturellen Lage im In- und Ausland sowie den erzielbaren Preisen für NE-Metall-Erzeugnisse stark von der Verfügbarkeit der Rohstoffe determiniert. Geopolitische Spannungen können sowohl die Rohstoffversorgung als auch die internationalen Absatzmärkte beeinflussen (WVM 2003: 10-13). Für die Rentabilität der NE-Metallerzeugung spielt der Markt für Sekundär-Rohstoffe ebenfalls eine große Rolle. Darüber hinaus ist auch die Strompreisentwicklung für diese energieintensive Branche von außerordentlich hoher Bedeutung.

13.1 Datenbasis

Die Produkte der NE-Metallindustrie werden in der Systematik der Wirtschaftszweige unter der Position 27.4, „Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen“, geführt. Die Angaben zur produzierten Menge wurden von der Wirtschaftsvereinigung Metalle (WVM) auf der Grundlage der Fachserie 4, Reihe 3.1, des Statistischen Bundesamtes zusammengestellt.

Als Grundlage für die Angaben zum Energieeinsatz diente bis 2002 die Fachserie 4, Reihe 4.1.1. Das Statistische Bundesamt hat die Energieverwendungsstatistik jedoch grundlegend überarbeitet. Methodische und konzeptionelle Änderungen bei der Erhebung haben ab dem Berichtsjahr 2003 zu teilweise erheblichen Brüchen in den Datenreihen geführt. Die WVM ist

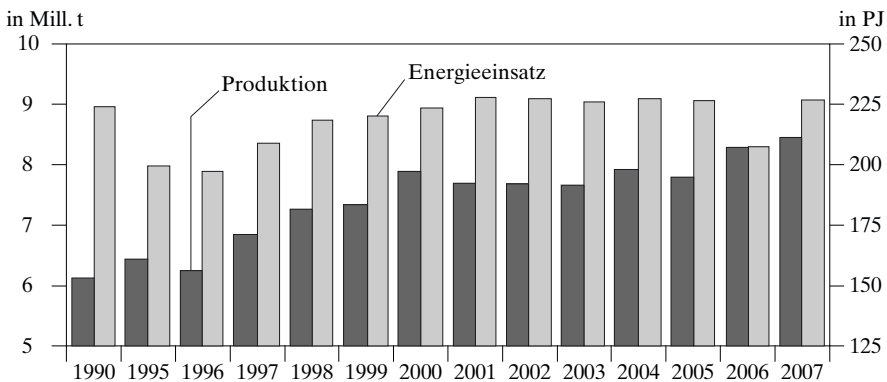
daher dazu übergegangen, die amtlichen Energieverwendungsdaten ab 2003 durch eigene Erhebungen bei großen Herstellern zu validieren und gegebenenfalls zu ergänzen. Seit 2005 führt die WVM eine vollständige Eigenerhebung durch, um dem beschleunigten Monitoringverfahren Rechnung zu tragen.

Ein weiterer Grund für die Verwendung der WVM-eigenen Daten liegt darin, dass es bei den Energiedaten der amtlichen Statistik zu einer systematischen Untererfassung kommt, da der Energiebedarf für die Bunt- und Leichtmetallgießereien nicht in Gütergruppe 27.4, sondern in der Gießereiindustrie (27.5) ausgewiesen wird. Die Zusammenfassung des Energieverbrauchs der Bunt- und Leichtmetallgießereien (27.53 und 27.54) mit dem des Wirtschaftszweigs 27.4 kann diese Differenz weitgehend beseitigen (Buttermann, Hillebrand 2002: 123-124).

Fehlende amtliche Daten für das Basisjahr 1990 wurden durch Angaben der in der WVM organisierten Unternehmen ergänzt. Die in der NE-Metallindustrie getroffenen Maßnahmen zur Verringerung des Energiebedarfs und der CO₂-Emissionen werden im Fortschrittsbericht des Verbandes beschrieben (WVM 2008).

Schaubild 13.1

**Produktion und Energieverbrauch der NE-Metallindustrie
1990 bis 2007**



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1 und der Wirtschaftsvereinigung Metalle im Rahmen des Monitoring.

13.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Die produzierte Menge an NE-Metallen wuchs zwischen 1990 und 2007 von 6,1 Mill. t auf 8,4 Mill. t (Schaubild 13.1). Im Durchschnitt entspricht dies einem jährlichen Wachstum von 2,5 %. Der Energieverbrauch lag 1990 bei

mehr als 224 PJ, sank aber bis Mitte der 1990er Jahre um mehr als 12 % auf 197 PJ. Bis 2001 stieg der Verbrauch erneut auf ein Niveau von knapp 228 PJ, das bis 2007 annähernd gleich blieb. Lediglich 2006 ging der Energieverbrauch um 8,1 % auf rund 208 PJ zurück. Maßgeblich hierfür war die vorübergehende Stilllegung der Elektrolyse in der Aluminiumhütte in Hamburg (WVM 2007: 1).

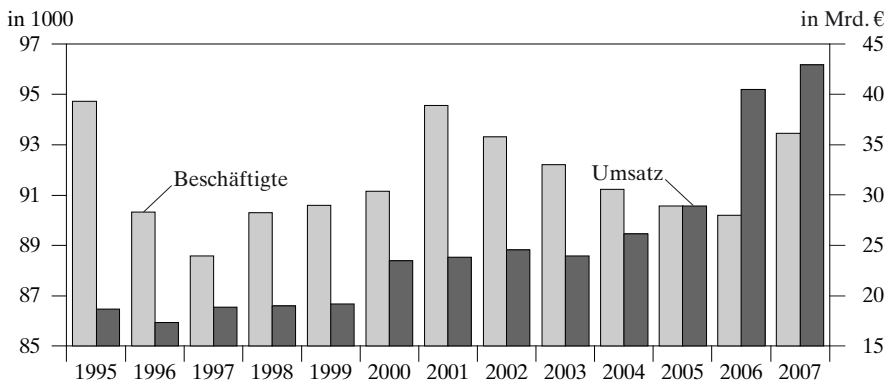
Bezogen auf den Energieverbrauch im Verarbeitenden Gewerbe erreichte die NE-Metallindustrie 2006 einen Anteil von 6,5 %. Im Vergleich aller am Monitoring beteiligten Industriebereiche lag sie damit auf dem vierten Rang hinter der Eisenschaffenden, der Chemischen sowie der Zellstoff- und Papierindustrie. Die Energieintensität – gemessen als Verhältnis aus Energieverbrauch und Umsatz – betrug im gleichen Jahr 5,1 MJ/€. Bezogen auf die Bruttowertschöpfung lag sie 2006 bei 30,0 MJ/€. In beiden Fällen entsprach dies im Vergleich zu den anderen energieintensiven Industriezweigen im Monitoring einem mittleren Rang.

Im Jahr 2007 zählte die NE-Metallindustrie 475 Betriebe mit mehr als 93 000 Beschäftigten und einem Umsatz von insgesamt 42,9 Mrd. € (Schaubild 13.2). Dies entsprach etwa 1,6 % der Beschäftigten des Verarbeitenden Gewerbes und 3,0 % des Umsatzes.

Schaubild 13.2

Beschäftigte und Umsatz der NE-Metallindustrie

1995 bis 2007



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1.

Der Umsatz der NE-Metallindustrie stieg zwischen 1995 und 2007 um durchschnittlich 7,2 % pro Jahr. Die Zahl der Beschäftigten nahm im gleichen Zeitraum um jahresdurchschnittlich 0,1 % ab, unterlag aber deutlich größeren Schwankungen als der Umsatz. Von 1995 bis 1997 sank die Beschäftigung um 6,5 % auf rund 88 600. Danach stieg sie bis 2001 wieder auf

knapp 94 600 Arbeitnehmer. Dabei war insbesondere 2001 ein Zuwachs von fast 4 % zu verzeichnen. Nachdem die Zahl der Beschäftigten bis 2006 wieder auf fast 90 000 zurückging, wuchs sie 2007 erneut um fast 4 %.

13.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Nach Darstellung des WVM umfasst die Herstellung von NE-Metallen eine große Anzahl verschiedener Verfahren, die sowohl pyrometallurgischer als auch hydrometallurgischer Art sind, also sowohl Schmelzprozesse wie auch Elektrolysen, Laugungs- und Fällprozesse beinhalten.

Ausgangsstoffe für die Metallerzeugung bilden Erze und Erz-Konzentrate wie auch Sekundär-Rohstoffe, die durch Recycling gewonnen werden oder dem Metallschrott anderer Produktionszweige entstammen. Je nach Verarbeitungsprozess müssen diese Rohstoffe gegebenenfalls einer Vorbehandlung unterzogen werden.

Nach der Rohmetallerzeugung sind in der Regel weitere Raffinationsschritte erforderlich, um die in den erzeugten Metallen noch immer enthaltenen Begleitelemente abzutrennen. Auch hier kommen wieder verschiedene chemische, elektrolytische und pyrometallurgische Verfahren zur Anwendung. Typischerweise werden so die Edelmetalle Silber, Gold und Platin aufbereitet sowie eine ganze Reihe der in der modernen Nachrichtentechnik benötigten Materialien wie Indium, Germanium, Arsen und Palladium.

Alle diese Verfahren sind in hohem Maße energieintensiv, wobei vor allem Strom und Erdgas eingesetzt werden: Pyrometallurgische Schmelzprozesse finden meist im Hochtemperaturbereich über 1 000° C statt. Auch Raffinations- oder Reduktionselektrolysen haben einen hohen Energiebedarf. So liegt der Stromverbrauch für die Herstellung von Primäraluminium bei etwa 13,5 MWh/t (WVM 2004). Der für diese Prozesse notwendige hohe Energieaufwand begründet die intensiven Bemühungen der NE-Metallindustrie, durch verbesserte Verfahren und optimierte Abläufe Energie zu sparen. Mittlerweile ist nach Angaben des WVM im Hüttenbereich die technisch mögliche Untergrenze für den Energieeinsatz nahezu erreicht.

Die meisten Metalle lassen sich durch Recycling zurückgewinnen. Die heute in Deutschland erreichten Anteile der Metall-Produktion aus sekundären Materialien liegen bei Blei mit rund 70 % am höchsten, bei anderen wichtigen Metallen wie Kupfer oder Aluminium überschreiten die Recyclingquoten die Marke von 50 % (WVM/Metallstatistik 2008: 1). Die Metallerzeugung aus sekundären Materialien verbraucht im Vergleich zur Primärproduktion deutlich weniger Energie. Bei der Herstellung von Sekundär-Aluminium sind beispielsweise weniger als 10 % der Energie notwendig, die zur Primärherstellung von Hüttenaluminium aufgewendet werden muss.

Das Recycling von Metallen ist somit auch ein wichtiger Beitrag zur Vermeidung klimaschädlicher Gase.

13.4 Die Selbstverpflichtungserklärung

Stellvertretend für die NE-Metallindustrie hat die Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V. (WVM) im März 1996 eine Selbstverpflichtungserklärung zur Klimavorsorge bis 2005 abgegeben. Diese Selbstverpflichtung wurde im Dezember 2006 aktualisiert. In ihr wird ein erweitertes Klimaschutzziel angestrebt, das vorsieht, den „spezifischen Energieverbrauch für den Durchschnitt der Jahre 2008 bis 2012 um 24 Prozent gegenüber den Werten von 1990 zu senken“ (WVM 2006). Die Erklärung von 1996 wird durch die neue Selbstverpflichtung nicht außer Kraft gesetzt, welche daher erst ab dem Berichtsjahr 2006 zugrunde zu legen ist. Das Monitoring für 2005 bis 2007 basiert damit auf beiden Erklärungen.

Nach der Selbstverpflichtungserklärung vom März 1996 wurde bis 2005 eine Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs um 22 % gegenüber 1990 angestrebt (Übersicht 13.1). Dies entspricht einem Zielwert von 28,5 GJ/t. Ein Reduktionsziel für den spezifischen CO₂-Ausstoß wird nicht genannt.

Übersicht 13.1

Selbstverpflichtung der NE-Metallindustrie

Ziel 2005	Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs um 22 % auf 28,5 GJ/t.
Ziel 2012	Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs um 24 % auf 27,8 GJ/t.
Basisjahr	1990

Angaben aus WVM (1996: 3 und 2006: 2).

13.5 Bis 2007 erreichte CO₂-Minderungen

Die NE-Metallindustrie hat bei der Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs beachtliche Erfolge aufzuweisen. Bis 2000 gelang es, den spezifischen Energieeinsatz auf 28,4 GJ/t zu verringern (Tabelle 13.1). Bezogen auf das Zieljahr 2005 entspricht dies einem Zielerreichungsgrad von 101,2 %. Dieser niedrige spezifische Verbrauch konnte allerdings nicht beibehalten werden: 2005 lag er bei 29,0 GJ/t. Das Ziel, den spezifischen Energieverbrauch bis 2005 um 22 % gegenüber 1990 zu mindern, wurde im Zieljahr dennoch zu 94 % erreicht (Schaubild 13.3¹²). Bei der Bewertung dieses Ergebnisses ist jedoch zu berücksichtigen, dass aufgrund des Übergangs zum beschleunigten Monitoringverfahren und der damit notwendigen Eigen-

¹² Die hellere zweite Säule für 2005 zeigt den Kontrollwert für die Zielerreichung.

erhebung der Energieverwendungsdaten das Endjahr der ersten Selbstverpflichtung mit einem Methodenwechsel in der Datenerfassung zusammenfällt. Dies könnte den Zielerreichungsgrad beeinflusst haben.

Zu einem besonders starken Rückgang des spezifischen Verbrauchs kam es 2006: Der Wert sank um mehr als 13 % auf 25,1 GJ/t. Der Grund für die Verringerung des spezifischen Energieeinsatzes war ein hohes Produktionswachstum bei gleichzeitig sinkendem Energieeinsatz. Nach Informationen der WVM sank 2006 durch die vorübergehende Stilllegung der Aluminiumelektrolyse in Hamburg der Stromverbrauch in der NE-Metallindustrie um rund 1,8 TWh bzw. fast 19 PJ. Der Rückgang der Produktion von Hüttenaluminium war dagegen mit rund 121 000 t vergleichsweise gering. Zudem gab gleichzeitig es ein hohes Wachstum bei der Gewinnung von Sekundärmetallen sowie der Produktion von Halbzeug und Metallguss. Insgesamt wuchs die Produktion in der NE-Metallindustrie 2006 um mehr als 6 % (Tabelle 13.6). Da die Herstellung von Halbzeug und Guss sowie die Gewinnung von Sekundärmetallen weit weniger energieintensiv ist als die Produktion von Hüttenaluminium, wurde 2006 rund 18 PJ bzw. rund 8 % weniger Energie eingesetzt als 2005 (Tabelle 13.3). Obwohl die Produktion in der besagten Aluminiumhütte im Laufe des Jahres 2007 wieder hochgefahren wurde und der spezifische Verbrauch daraufhin wieder stieg, lag der Zielerreichungsgrad immer noch bei rund 110 % (Tabelle 13.1).

Tabelle 13.1

Spezifischer Energieeinsatz der NE-Metallindustrie

1990 bis 2007; Ziel: Minderung des spez. Energieeinsatzes bis 2005 um 22 % und bis 2012 um 24 % gegenüber 1990

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Spez. Energieeinsatz, GJ /t	36,6	31,1	28,4	28,6	29,0	25,1	26,9
Minderung in %	-	15,0	22,3	21,7	20,6	31,5	26,4
Zielerreichungsgrad in %							
Ziel 2005	-	68,3	101,2	98,6	93,8	-	-
Ziel 2012	-	62,6	92,8	90,4	86,0	131,1	110,2

Nach Angaben des Statistisches Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1, und der Wirtschaftsvereinigung Metalle.

Auch die spezifischen CO₂-Emissionen konnten seit 1990 deutlich verringert werden. Bis 2004 sanken sie auf 1 814 kg CO₂/t, was einer Reduktion von fast 24 % gegenüber 1990 entspricht (Tabelle 13.2). Nachdem die spezifischen Emissionen 2005 wieder etwas gestiegen waren, gingen sie 2006 um fast 14 % auf 1 583 kg CO₂/t zurück. Ursache ist die vorübergehende Stilllegung der Aluminiumhütte in Hamburg. Zwar stiegen die spezifischen Emissionen 2007 erneut, lagen mit 1 701 kg CO₂/t aber 28,5 % unter dem Wert

von 1990. Demgegenüber blieb die Gesamtemissionsmenge 2005 und 2007 etwa auf dem Niveau des Basisjahres.

Tabelle 13.2

CO₂-Emissionen der NE-Metallindustrie

1990 bis 2007

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Emissionen, Mill. T	14,6	12,9	14,3	14,4	14,3	13,1	14,4
Spez. Emissionen, kg CO ₂ /t	2 378	2 005	1 816	1 814	1 834	1 583	1 701
Reduktion in %	-	15,7	23,6	23,7	22,9	33,4	28,5

Nach Angaben des Statistisches Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1, und der Wirtschaftsvereinigung Metalle.

13.6 Ursachenanalyse

Eine wesentliche Ursache für die bereits realisierten Erfolge bei der Umsetzung des Reduktionsziels ist die vermehrte Verwendung von Sekundärrohstoffen durch Recycling. Laut WVM haben sich die Produktionsanteile von Primär- und Sekundärmetallen deutlich verschoben: 1990 wurde noch mehr als die Hälfte der Erzeugung aus Primärmetallen gewonnen, ab 2000 hat sich dieses Verhältnis umgekehrt (WVM 2005: 86). So stieg beispielweise der Anteil von Sekundäraluminium an der gesamten Aluminiumproduktion zwischen 1990 und 2007 von fast 43 auf über 60 % und betrug 2007 rund 836 000 t (WVM/Metallstatistik 2001: 1, 2008: 1). Allerdings lässt sich die Auswirkung dieses Trends auf den spezifischen Energieverbrauch nicht exakt quantifizieren. Detaillierte Informationen zum spezifischen Energieverbrauch für die Produktion aus Primär- bzw. Sekundärrohstoffen liegen nicht vor.

Die spezifischen CO₂-Emissionen gingen von 1990 bis 2007 um 28,5 % auf 1 701 kg CO₂/t zurück (Tabelle 13.2). Die spezifischen Emissionen sanken durchweg stärker als der spezifische Energieverbrauch. Dies erklärt sich aus der – wenn auch nur geringen – Energieträgersubstitution. 1990 wurden 10,3 % der Energie aus Erdgas gewonnen (Tabelle 13.3). Dieser Anteil stieg bis 2007 auf 15,9 %. Damit ist der Energieträgerwechsel zum Erdgas nach Angaben des WVM weitgehend abgeschlossen. Gleichzeitig nahm die Bedeutung kohlenstoffreicher Brennstoffe wie Steinkohlenbriketts und Steinkohlenkoks ab. Der Anteil des stark dominierenden Stroms blieb praktisch konstant.

Dividiert man die CO₂-Emissionen durch den Energieverbrauch, so ergeben sich durchschnittliche Emissionen je Energieeinheit, gemessen in kg CO₂/GJ. Der moderate Wandel im Energiemix hin zu kohlenstoffarmen Energieträgern spiegelt sich in dieser Größe wieder (Tabelle 13.4). Wäh-

rend 1990 noch 65,1 kg CO₂/GJ emittiert wurden, reduzierte sich dies bis 2007 auf 63,3 kg CO₂/GJ. Damit geht nur ein vergleichsweise kleiner Teil der Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen auf den Wandel im Energiemix zurück.

Tabelle 13.3

Energiemix der NE-Metallindustrie

1990 bis 2007; in PJ; gerundet

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Steinkohlen	-	-	-	0,6	0,6	0,9	1,0
Steinkohlenbriketts	3,0	1,3	0,4	-	-	-	-
Steinkohlenkoks	6,1	4,9	3,6	0,6	0,2	0,3	0,3
Braunkohlenstaub	-	-	-	-	0,0	-	-
Schweres Heizöl	2,0	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1
Leichtes Heizöl	4,5	3,7	3,2	2,3	2,2	2,0	2,0
Erdgas	23,1	26,1	33,4	33,8	35,2	35,6	36,1
Flüssiggas	-	-	-	0,3	0,4	1,1	1,8
Kokereigas	1,3	0,2	0,1	-	0,1	0,1	0,1
Sonst. Regelbrennstoffe	-	-	-	0,1	0,1	0,0	0,0
Primärbrennstoffe	40,0	37,5	42,0	38,9	40,0	41,2	42,4
Nettostrombezug	184,1	162,3	181,7	188,2	186,0	166,4	184,4
Energieverbrauch	224,1	199,8	223,7	227,1	226,0	207,6	226,8

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1, und der Wirtschaftsvereinigung Metalle.

Der weitaus größere Teil kam durch die Steigerung der Energieeffizienz zustande. Der spezifische Energieeinsatz als Maß für die Energieeffizienz sank seit 1990 um 26,4 % auf 26,9 GJ/t im Jahr 2007 (Tabelle 13.1). Neben dem verstärkten Einsatz von Sekundärmetallen haben auch verschiedene technische Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz beigetragen, auf die im folgenden Abschnitt eingegangen wird.

Tabelle 13.4

CO₂-Emissionen je Energieeinheit der NE-Metallindustrie1990 bis 2007; in kg CO₂/GJ

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Emissionen je Energieeinheit	65,1	64,6	63,9	63,4	63,2	63,2	63,3

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1, und der Wirtschaftsvereinigung Metalle.

13.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die WVM betont in ihrem Fortschrittsbericht für die Jahre 2005 bis 2007, dass gerade in konjunkturell schwierigen Zeiten ein hohes Maß an Energieeffizienz Voraussetzung ist, um den Anforderungen des internationalen Wettbewerbs zu genügen. Problematisch waren im Berichtszeitraum die starken Preissteigerungen für Strom und Erdgas, durch die finanzielle Einsparungserfolge überkompensiert wurden. Mittlerweile haben die Energiepreise ein Niveau erreicht, bei dem die laufenden Energiekosten zunehmend Investitionsmittel zur Steigerung der Energieeffizienz – insbesondere für Erweiterungsinvestitionen in neue und effizientere Technik – entziehen (WVM 2007: 1).

Die im Fortschrittsbericht geschilderten Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz konzentrieren sich auf die Bereiche Elektrolyse, Abwärmenutzung sowie allgemeine technische Maßnahmen (Querschnittstechnologien). Der größte Teil des Energieverbrauchs in der NE-Metallindustrie entfällt auf die Elektrolyse. Die WVM weist jedoch darauf hin, dass hier die technischen Potenziale weitgehend ausgeschöpft sind. Im Rahmen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses sind zukünftig nur noch kleine Fortschritte zu erwarten. Auf die Wärmebehandlung entfällt etwa ein Drittel des gesamten Energieverbrauchs. Größere Effizienzpotenziale bestehen hier insbesondere bei der verbesserten Nutzung von Abwärme. Für Querschnittstechnologien, zu denen die Bereiche Druckluft, elektrische Antriebe sowie Heizung, Kühlung und Beleuchtung zählen, werden etwa 10 % der eingesetzten Energie aufgewandt. Auch hier werden von den Unternehmen Einsparungen erzielt (WVM 2007: 1).

Die drei Maßnahmen, die von der WVM in ihrem Fortschrittsbericht stellvertretend für eine Vielzahl von Maßnahmen in der NE-Metallindustrie geschildert werden, sind in Tabelle 13.5 dargestellt. Die Umrechnung der Energieeinsparungen erfolgte mit Hilfe der für das Monitoring vereinbarten Faktoren aus dem Jahr 1990. Strom wurde mit dem Faktor 10,434 GJ/MWh in TJ sowie dem CO₂-Faktor 0,67 t CO₂/MWh umgerechnet. Der Umrechnungsfaktor für Erdgas beträgt 0,18 t CO₂/MWh und setzt sich aus dem Produkt der beiden Faktoren 3,249 GJ/MWh und 0,056 t CO₂/GJ zusammen.

Unterstellt, die Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz in der NE-Metallindustrie waren jeweils zu Beginn eines Jahres wirksam, führten die drei Maßnahmen, die in den Jahren 2005 bis 2007 umgesetzt wurden, zu einer jährlichen Energieeinsparung von insgesamt fast 385 TJ, der überwiegende Teil davon durch einen geringeren Erdgasverbrauch. Die CO₂-Emissionen reduzierten sich um 21 883 t pro Jahr.

Bezogen auf den Energieverbrauch im Jahre 2004 von 227 PJ konnte der Energieverbrauch durch die beispielhaft aufgeführten Maßnahmen im Berichtszeitraum um 1,1 PJ oder 0,5 % gesenkt werden, der spezifische Verbrauch minderte sich ebenfalls um 0,5 %. Durch die drei in den Jahren 2005 bis 2007 realisierten Maßnahmen wurden insgesamt 62 011 t CO₂ weniger emittiert. Dies entspricht im Vergleich zu 2004 einem Rückgang von 0,4 %. Die spezifischen Emissionen konnten hierdurch in gleichem Umfang verringert werden.

Tabelle 13.5

Ausgewählte CO₂-Minderungsmaßnahmen der NE-Metallindustrie
2005 bis 2007

Maßnahme	Zeitraum	Jährliche Reduktion	Jährliche CO ₂ -Minderung
Aluminiumerzeugung: Ersatz eines veralteten Vacuum-Planfilters durch einen Vacuum-Trommelfilter; zusätzliche Nieder-temperatur-Aufschlussanlage	2005 – 2007	98,5 Mill. kWh Erdgas (= 320 TJ)	17 920 t
Zinkerzeugung: Verbesserung der Regulierung betrieblicher Volumenströme durch Ausstattung von Pumpen mit Frequenzumrichtern	2005 – 2007	3,2 Mill. kWh Strom (= 33 TJ)	2 144 t
Kupferbearbeitung: Dezentralisierung der Wärmeversorgung sowie Umsetzung mehrerer Abwärmekonzepte	2007	10 Mill. kWh Erdgas (= 32 TJ)	1 819 t

Nach Angaben der WVM (2008).

13.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die NE-Metallindustrie hat ihr für 2005 formuliertes Ziel, den spezifischen Energieverbrauch um 22 % gegenüber 1990 zu reduzieren, im Jahr 2000 erstmals erreicht und im Zieljahr nur knapp verfehlt (Schaubild 13.3). Die Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs wurde 2006 zwar durch eine zeitweise Produktionsstilllegung geprägt, 2007 konnte jedoch trotz der erneuten Inbetriebnahme der Aluminiumelektrolyse das für 2012 gesetzte Ziel bereits zu 110 % erreicht werden (Schaubild 13.4). Neben der konsequenten Realisierung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz ist der Erfolg sowohl auf das verstärkte Recycling als auch auf marktbedingte Veränderungen im Produktmix der NE-Metallindustrie zurückzuführen.

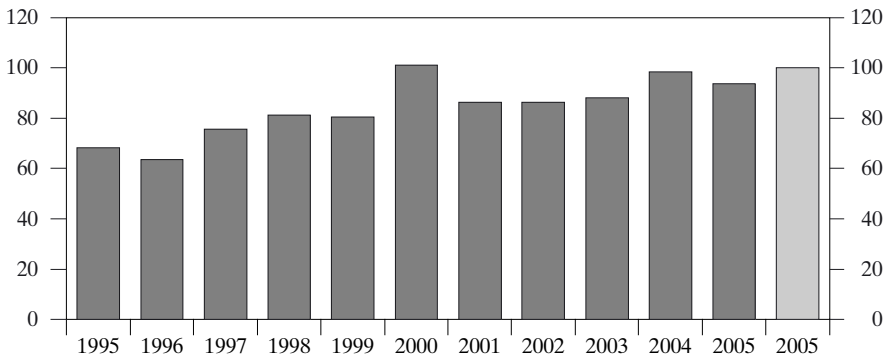
Der Einfluss des Recyclings und des Produktmix auf den spezifischen Energieverbrauch wird im Zeitablauf deutlich: Während das Produktionsvolumen zwischen 1990 und 2000 um 28,3 % auf 7,9 Mill. t stieg (Tabelle 13.6), blieb der Energieverbrauch nahezu unverändert (Tabelle 13.3). Das gesetzte Minderungsziel wurde 2000 unter anderem deshalb frühzeitig erreicht,

weil nicht nur der Anteil der besonders energieintensiven Erzeugung von Primärmetallen bis 2000 von fast 55 % auf knapp 51 % sank, sondern auch der Anteil der gesamten Metallherzeugung an der Produktion von NE-Metallen auf 36 % zurückging und der Anteil der weniger energieintensiven Produktion von Halbzeug und Guss entsprechend wuchs. Gleichzeitig nahm die Erzeugung von Sekundärmetallen zwischen 1990 und 2000 um 17,2 % zu, wodurch die Wirkung des veränderten Produktmix noch verstärkt wurde.

Schaubild 13.3

Zielerreichungsgrade der NE-Metallindustrie für Ziel 2005

1995 bis 2005; in %



Eigene Berechnungen.

Durch fortgesetzte Anstrengungen zur Verbesserung der Energieeffizienz ist die NE-Metallindustrie ihrem Minderungsziel bis 2005 wieder sehr nahe gekommen, obwohl der spezifische Energieverbrauch seit 2000 zeitweise wieder stieg (Schaubild 13.3). Während die Produktion seit 2000 um etwa 1,0 % zurückging, stieg der Energieverbrauch bis 2005 insgesamt um 1,0 %. Die Auswirkungen dieser für den spezifischen Verbrauch ungünstigen Entwicklung wurden durch Veränderungen im Produktmix begrenzt. So sank in diesem Zeitraum der Anteil der energieintensiven Metallherzeugung. Darüber hinaus hat die weitere Zunahme der Erzeugung von Sekundärmetallen den Anstieg des spezifischen Energieverbrauchs zusätzlich abgemildert (Tabelle 13.6).

Tabelle 13.6

Produktmix der NE-Metallindustrie

1990 bis 2007; in 1 000 t

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Metalle	2 662	2 362	2 834	2 818	2 736	2 694	2 800
Halbzeug	2 816	3 312	4 202	4 216	4 162	4 625	4 617
Guss	660	643	842	896	899	973	1 024
Insgesamt	6 138	6 317	7 878	7 930	7 797	8 292	8 441
Primärmetalle	1 393	1 255	1 401	1 325	1 311	1 179	1 207
Sekundärmetalle	1 154	1 108	1 353	1 493	1 425	1 516	1 594

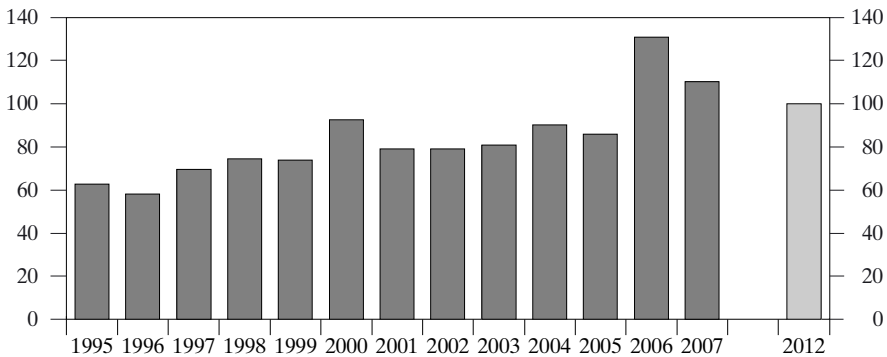
Nach Angaben der WVM/Metallstatistik.

Abgesehen von Sonderfaktoren in einzelnen Jahren sind offenbar auch für die Erfüllung der Minderungszusage bis 2012 neben dem Produktmix – also den Anteilen der Metalle, des Halbzeugs und von Guss – die Höhe der Erzeugung von Sekundärmetallen die entscheidenden Parameter. Die Höhe der einzelnen Produktionssegmente wird letztlich aber sowohl durch die wirtschaftliche Situation in den Abnehmerindustrien als auch die Rohstoffmärkte beeinflusst. Die NE-Metallindustrie hat 2000 indessen bewiesen, dass die Erfüllung des gesetzten Ziels selbst bei einem hohen Anteil der Metallerzeugung an der Produktion möglich ist.

Schaubild 13.4

Zielerreichungsgrade der NE-Metallindustrie für Ziel 2012

1995 bis 2007; in %



Eigene Berechnungen.

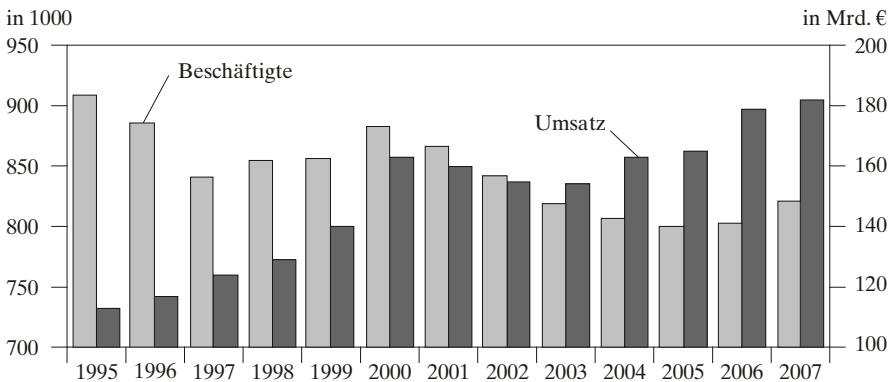
14. Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

Dieser im Folgenden kurz mit Elektroindustrie bezeichnete Industriezweig wies nach Angaben des ZVEI mit 4 % ein durchschnittliches Umsatzwachstum zwischen 1995 und 2007 auf, das in etwa dem des gesamten Verarbeitenden Gewerbes entsprach (Schaubild 14.1). Ein wesentlicher Träger dieses Wachstums war die Sparte der Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik, Bauelemente, die zwischen 1995 und 2007 eine durchschnittliche Wachstumsrate von 7,7 % aufwies. Ebenfalls vergleichsweise hohe Wachstumsraten verzeichnete mit 6,7 bzw. 7,1 % die Herstellung von industriellen Prozesssteuerungsanlagen und Elektromotoren. Vor allem die Produktion medizinischer Geräte und orthopädischer Vorrichtungen sowie von Mess- und Kontrollgeräten trug mit durchschnittlichen jährlichen Anstiegen von 13,8 bzw. 10,9 % noch erheblich zum Wachstum dieser Branche bei. Hingegen stagnierte die Entwicklung bei den Haushaltsgeräten. Die Herstellung von DV-Geräten musste sogar Verluste von durchschnittlich 1,5 % pro Jahr hinnehmen.

Schaubild 14.1

Beschäftigte und Umsatz in der Elektroindustrie

1995 bis 2007



Nach Angaben des ZVEI.

Einen Höhepunkt des Wachstums dieses Sektors markierte das Jahr 2000, in welchem ein Umsatz von rund 163 Mrd. € erzielt wurde (Schaubild 14.1). Danach sank der Umsatz bis 2003 auf ein Niveau von etwa 154 Mrd. € zurück, um bis 2007 auf 182 Mrd. € anzusteigen. Die wirtschaftliche Situation der Elektroindustrie folgte damit in etwa der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, die nach einem wachstumsstarken Jahr 2000 von einer dreijährigen

gen Phase der Stagnation gekennzeichnet war, um dann wieder in einen Aufschwung zu münden.

Das Umsatzwachstum dieser Branche wurde begleitet von einem deutlichen Abbau der Arbeitsplätze (Schaubild 14.1). Insgesamt ist zwischen 1995 und 2007 ein jahresdurchschnittlicher Rückgang von 0,8 % auf 820 500 Beschäftigte zu verzeichnen. Die Zahl der Arbeitskräfte sank damit in der Elektroindustrie etwas stärker als im gesamten Verarbeitenden Gewerbe, wo im selben Zeitraum ein durchschnittlicher Rückgang von 1 % erfolgte.

Die Elektroindustrie zählt mit einem Anteil von gut 12 % am Umsatz des Verarbeitenden Gewerbes neben dem Fahrzeug- und Maschinenbau zu den bedeutendsten Wirtschaftszweigen. Der entsprechende Anteil am Energieverbrauch beträgt hingegen nur gut 3 %. Die Elektroindustrie kann somit als energieextensive Branche bezeichnet werden.

14.1 Datenbasis

Die wesentliche Datengrundlage für die im Rahmen des vorliegenden Monitoringberichtes erfolgende Berechnung der CO₂-Emissionen bildet im Falle der Elektroindustrie die Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes. Daraus sind die notwendigen detaillierten Informationen über den Energieverbrauch dieses Sektors für die Zeit ab 1995 zu entnehmen. Die hier benutzte Bezeichnung „Elektroindustrie“ umfasst Unternehmen aus mehreren Wirtschaftszweigen, die nach der Systematik der Wirtschaftszweige von 1993 in den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes unter den folgenden Nummern aufgeführt werden: 29.71, 30.02, 31.1, 31.2, 31.3, 31.4, 31.5, 31.6, 32, 33.1, 33.2 und 33.3.

Teile der Bereiche 33.1 und 33.2 sind der Branche Feinmechanik und Optik zuzurechnen. Deren Energieverbrauch wurde vom Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI), welcher die Elektroindustrie vertritt, herausgerechnet. Für das Basisjahr 1990 wurden die Energiedaten für die Unternehmen Ostdeutschlands dem Statistischen Jahrbuch entnommen, da die Fachserie 4 für dieses Jahr nur Angaben zu den Unternehmen der alten Bundesländer macht.

Die ab 2003 durchgeführte neue Erhebung des Statistischen Bundesamtes über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes weist die Verbrauchsdaten nicht mehr für alle Produktgruppen in der erforderlichen Gliederungstiefe aus: So wurde sowohl bzgl. des Energieverbrauchs bei der Herstellung von Haushaltsgeräten (WZ 29.7) als auch bei der Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten (WZ 30) nicht mehr nach elektrischen und nicht-elektrischen Geräten getrennt. Herangezogen

wurde für das Monitoring der insgesamt ausgewiesene Energieverbrauch, da bei beiden Produktgruppen der entsprechende Anteil für die nicht elektrischen Geräte nach Ansicht des ZVEI vernachlässigbar gering ist.

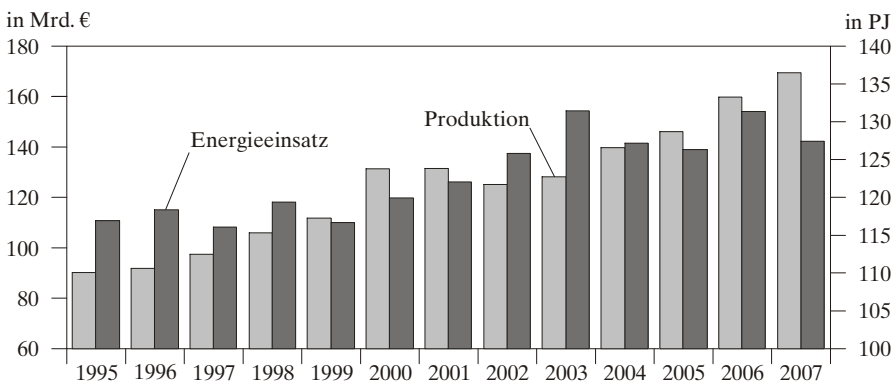
Da Energieverbrauchsdaten des Statistischen Bundesamtes für 2007 noch nicht vorlagen, wurde der Energieverbrauch vom ZVEI auf der Basis eines Panels, das einen Stromverbrauch von rund einem Drittel, einen Gasverbrauch von rund 50 % und einen Verbrauch von leichtem Heizöl in Höhe von rund 17 % der gesamten Elektroindustrie aufweist, ermittelt und auf die Branche hochgerechnet.

Aufgrund der Vielfalt der Produkte sowie deren Heterogenität werden Daten zur Produktion nicht in Mengen, sondern in preisbereinigten Wertgrößen angegeben. Die Werte wurden vom ZVEI durch die Fort- bzw. Zurückschreibung des Produktionswertes des Jahres 1995 mit Hilfe eines entsprechenden Produktionsindexes ermittelt (ZVEI 2005a: 5). Diese Produktionswerte stellen die Basis für die Berechnung des spezifischen Energieverbrauchs und der spezifischen Emissionen dar.

Schaubild 14.2

Produktion und Energieeinsatz in der Elektroindustrie

1995 bis 2007



Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

14.2 Energieverbrauch und Produktion

Schaubild 14.2 vermittelt einen gewissen Eindruck von der später eingehender zu diskutierenden Entkopplung des Energieverbrauchs von der Entwicklung der Produktion. Zwischen 1995 und 2000 lag der Energieverbrauch zwischen 117 PJ und 120 PJ, während der Produktionswert in dieser Zeit sehr stark stieg, von 90,2 auf 131,2 Mrd. €. Vor allem im Boom-

jahr 2000, in dem die Produktion im Vergleich zum Vorjahr um etwa 17,4 % zunahm, gab es nur einen sehr moderaten Anstieg des Energieverbrauchs um 2,7 %. Sehr auffällig ist allerdings, dass 2002 und 2003 der Energieverbrauch weiter zunahm, während die Produktion sank bzw. schwächer anstieg. Erst ab 2004 gelang wieder eine kontinuierliche und deutliche Entkopplung des Energieverbrauchs von der Produktionsentwicklung. Der Energieverbrauch sank zwischen 2003 und 2007 insgesamt um 3 % auf 127 PJ, während in diesem Zeitraum die Produktion um gut 32 % anstieg.

14.3 Beschreibung der Produktionsprozesse

Das Spektrum der von der Elektroindustrie hergestellten Produkte ist breit gefächert. Es reicht von Investitionsgütern wie Elektromotoren, elektronischen Bauteilen und elektromedizinischen Diagnosegeräten bis zu Konsumgütern wie Walkman, elektrischen Zahnbürsten, Fernsehern, Waschmaschinen und Geschirrspülern. Die Industrie verwendet daher eine Vielzahl von Fertigungstechnologien, deren Bandbreite von der Einzelfertigung bis zur Massenfertigung etwa von Haushaltsgeräten reicht (ZVEI 2005a: 4).

Mit diesem Produktportfolio unterliegt die Elektroindustrie sehr viel komplexeren Zusammenhängen von wirtschaftlichem Wachstum und Energieverbrauch als Branchen, in denen Produktion und Energieverbrauch prozessbedingt unmittelbar korrelieren - d.h. es gibt in der Elektroindustrie im Gegensatz zu anderen Branchen kein über den gesamten Wirtschaftszweig hinweg dominantes Verfahren, das über einen unmittelbaren prozesstechnischen Zusammenhang wirtschaftliche Entwicklung und Energieeinsatz direkt verknüpft. Dem Einsatz an Energie zu Beleuchtungszwecken, für Verwaltungstätigkeiten und zur Raumwärmeerzeugung in Verwaltungs- und Produktionsräumen kommt in dieser Branche eine in Relation zu energieintensiven Branchen vergleichsweise höhere Bedeutung zu, während in den meisten anderen Sektoren Energie vor allem zu Produktionszwecken eingesetzt wird. Die Herstellungsverfahren sind oftmals eher personal- denn energieintensiv. Der Materialeinsatz zeichnet sich wegen der unterschiedlichsten Anforderungen an die Funktion der produzierten Bauteile durch eine große Vielfalt aus: Neben Metallen, insbesondere Stahl und Edelmetallen, werden auch Glas und Kunststoffe verwendet.

Die Elektroindustrie trägt als Hersteller von Produkten für den Endverbrauch wie auch als Vorleistungslieferant für andere Sektoren mit ihren System-, Prozess- und Produktinnovationen wesentlich zur Minderung des Energiebedarfs und der CO₂-Emissionen bei den Abnehmern aus Industrie, Stromerzeugung, Haushalten und Verkehr bei. Ziel der Branche ist, sowohl die Haupt- als auch die Nebenprozesse eigener und anderer Produktions- und Verwaltungsbereiche bzgl. der Energiekosten und des Energie-

verbrauchs zu optimieren und Energie- und CO₂-Einsparungen über den gesamten Lebenszyklus ihrer Produkte zu erzielen. Nach Angaben des ZVEI könne allein in den Bereichen elektrische Antriebe, Beleuchtung und Kühl-/Gefriergeräte der Stromverbrauch durch den Einsatz elektrotechnischer Produkte um rund 60 Milliarden Kilowattstunden pro Jahr gesenkt werden kann. Dies kann jedoch in der Elektroindustrie bei der Produktion mitunter zu einem Mehreinsatz an Energie führen (ZVEI 2005a: 4).

14.4 Die Selbstverpflichtung

Der Beitritt der Elektroindustrie zur „Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge“ vom 9. 11. 2000 wurde vom ZVEI am 27. Juni 2001 beschlossen. Damit geht der Verband erstmals eine freiwillige, die gesamte Branche umfassende Selbstverpflichtung zum Klimaschutz ein. Diese besteht darin, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 um 35 % und bis 2012 um 40 % gegenüber 1990 zu verringern (Übersicht 14.1).

Übersicht 14.1

Selbstverpflichtungen der Elektroindustrie

Ziele	Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen bis 2005 um 35 % und bis 2012 um 40 %.
Basisjahr	1990
Nach Angaben des ZVEI (2001).	

Um den spezifischen Endenergieverbrauch zu verbessern, und damit die spezifischen Emissionen zu reduzieren, wird nach Angaben des ZVEI neben der Modernisierung der Produktionsanlagen, der Gebäudetechnik und der Verwaltungseinrichtungen eine Verbesserung der Kenntnis über den Energieverbrauch angestrebt, um noch unerschlossene Potenziale zur Erhöhung der Energieeffizienz zu nutzen.

Die Zusage zur Minderung der spezifischen, nicht aber der absoluten CO₂-Emissionen begründet der ZVEI damit, dass Wachstum nicht durch Rationierung des Faktors Energie gebremst werden dürfe, vor allem, da die Elektroindustrie durch Optimierung der von ihr hergestellten Produkte und Systeme erhebliche Vorleistungen zur Energiebedarfsreduktion der gesamten Volkswirtschaft erbringe. Diese Vorleistungen können mit einem Material- und Energiemehreinsatz verbunden sein.

Neben Kohlendioxid (CO₂) sind für die Elektroindustrie zwei weitere Klimagase relevant, polyfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF₆). Zur Reduzierung dieser Emissionen verweist der ZVEI auf europäische und internationale Initiativen, die unter maßgeblicher Be-

teilung der in Deutschland produzierenden Unternehmen erarbeitet werden. Zum Beispiel hat sich die Halbleiterindustrie 1999 in Fiuggy, Italien, verpflichtet, die von ihr verursachten absoluten PFC-Emissionen bis 2010 weltweit um 10 % gegenüber 1995 zu reduzieren. In Europa wird diese Verpflichtung durch ein Monitoring verifiziert. Zur Begrenzung der Freisetzung von SF₆ in Schaltanlagen wurde 2005 zusammen mit Herstellern von SF₆ und Anwendern von Schaltanlagen eine Selbstverpflichtung gegenüber dem Bundesumweltministerium abgegeben (VDN 2007). Zudem erklärt die Elektroindustrie, ihre Bemühungen zum Abschluss freiwilliger Selbstverpflichtungen hinsichtlich der Verbesserung der Energieeffizienz ihrer Erzeugnisse auf europäischer und nationaler Ebene fortzusetzen (ZVEI 2001: 3f).

14.5 Bis 2007 erzielte CO₂-Minderungen

Das Ziel, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 um 35 % gegenüber 1990 zu senken, war bereits in den Jahren 2000 und 2001 erfüllt, wurde aber 2002 und 2003 wieder knapp verfehlt (Schaubild 14.3). 2004 und 2005 konnte diese Marke erneut deutlich unterschritten und damit das erste Ziel der Selbstverpflichtung erreicht werden (Tabelle 14.1). 2004 gelang es der Elektroindustrie zum ersten Mal, auch die für 2012 avisierte Vorgabe einer Senkung der spezifischen CO₂-Emissionen um 40 % zu erreichen. Der Zielerreichungsgrad verbesserte sich danach stetig und erreichte 2007 bereits 127,2 %.

Tabelle 14.1

Spezifische CO₂-Emissionen und Zielerreichungsgrade der Elektroindustrie

1990 bis 2007; Ziel: -35 % bis 2005 und -40 % bis 2012

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Spez. Emissionen, g CO ₂ /€	97,27	82,82	58,22	57,67	54,82	52,29	47,79
Minderung in %	-	14,9	40,1	40,7	43,6	46,2	50,9
Zielerreichungsgrad in %							
Ziel 2005		42,4	114,7	116,3	124,7		
Ziel 2012	-	37,1	100,4	101,8	109,1	115,6	127,2

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

Die absoluten CO₂-Emissionen gingen zwischen 1990 und 1995 deutlich zurück, von 9,3 auf 7,5 Mill. t (Tabelle 14.2). Mit geringen Abweichungen hielten sich die Emissionen bis 1999 auf etwa diesem Niveau, bevor bis 2002 wieder ein deutlicher Anstieg auf rund 8 Mill. t erfolgte (RWI 2007: 187). Auf dieser Höhe verharrten die Emissionen bis 2007, wobei es 2003 und 2006 jeweils mit 8,35 PJ zu einem leichten vorübergehenden Anstieg kam. Insgesamt gelang es, die CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 2007 um

12,6 % zu verringern, während die Produktion um 78 % zunahm. Als Resultat sind die spezifischen Emissionen in diesem Zeitraum um 50,9 % gefallen (Tabelle 14.1).

14.6 Ursachenanalyse

Der wesentliche Grund für den Rückgang der spezifischen CO₂-Emissionen ist in der Senkung des spezifischen Energieverbrauchs bzw. in der weitgehenden Entkopplung des Energieverbrauchs von der Produktionsentwicklung zu sehen. Obwohl die Produktion zwischen 1995 und 2000 um über 40 % zunahm, blieb der Energieverbrauch in diesem Zeitraum auf einem relativ konstanten Niveau von rund 117 bis 120 PJ (Tabelle 14.3).

Damit ist während der neunziger Jahre ein kontinuierlicher Anstieg der Energieeffizienz zu konstatieren (Tabelle 14.3). Zwischen 1990 und 1995 sank der spezifische Energieverbrauch um 12,5 %, nicht zuletzt auch infolge der Wiedervereinigung. Zwischen 1995 und 2000 konnte der spezifische Verbrauch, hier gemessen in MJ pro € Produktionswert, noch deutlicher verringert werden: Die Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs betrug in diesem Zeitraum 30 %.

Tabelle 14.2

Produktion und absolute CO₂-Emissionen der Elektroindustrie

1990 bis 2007

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -Emissionen, Mill. t	9,27	7,47	7,64	8,06	8,01	8,35	8,10
Minderung in %	-	19,4	17,6	13,1	13,6	9,9	12,6
Produktion, Mrd. €	95,3	90,2	131,2	139,7	146,1	159,7	169,6
Veränd. geg. 1990, in %	-	-5,4	37,7	46,6	53,3	67,6	78,0

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

Nach einer vorübergehenden Verschlechterung in den Jahren 2002 und 2003 sank der spezifische Energieverbrauch 2004 erneut auf das Niveau von 2000. Bis 2007 konnte er um weitere 17,6 % reduziert werden.

Die spezifischen CO₂-Emissionen konnten zwischen 1990 und 1995 mit 14,9 % etwas stärker reduziert werden als der spezifische Energieverbrauch, welcher um 12,5 % abnahm (Tabelle 14.3). Zurückzuführen ist dieser Unterschied auf die in diesem Zeitraum stattfindende nahezu vollständige Substitution kohlenstoffreicher Brennstoffe wie Rohbraunkohle und schwerem Heizöl durch den kohlenstoffarmen Energieträger Erdgas (Tabelle 14.4).

Tabelle 14.3

Energieverbrauch in der Elektroindustrie

1990 bis 2007; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Energieverbrauch, PJ	141,2	116,9	119,9	127,1	126,3	131,4	127,4
Minderung in %	-	17,2	15,1	10,0	10,6	6,9	9,8
Spez.Verbrauch, MJ/€	1,48	1,30	0,91	0,91	0,86	0,82	0,75
Minderung in %	-	12,2	38,5	38,5	41,9	44,6	49,3

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

Von 1995 bis 2007 verlief die Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs und des spezifischen CO₂-Ausstoßes mit jeweils -42,3 % parallel. In dieser Zeit hat der Anteil des Nettofremdstrombezugs zu Lasten

Tabelle 14.4

Energiemix in der Elektroindustrie

1990 bis 2007; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Steinkohlenbriketts	0,5	0,3	0,0	-	-	-	-
Steinkohlenkoks	0,3	0,3	0,6	-	-	-	-
Rohbraunkohlen	4,2	0,0	-	-	-	-	-
Braunkohlenbriketts	0,00	0,1	0,1	-	-	-	-
Schweres Heizöl	1,9	0,3	0,1	-	-	-	-
Leichtes Heizöl	8,6	8,1	4,6	4,6	4,1	5,1	4,7
Erdgas	15,3	17,0	15,6	18,5	17,8	16,7	15,3
Kokereigas	0,6	0,3	0,4	-	-	-	-
Primärbrennstoffe	31,5	26,4	21,4	23,2	21,9	21,8	20,0
Nettofremdstrombezug	110	91	99	104	104	110	107
Energieverbrauch	142	117	120	127	126	131	127

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

von Erdgas und von leichtem Heizöl kontinuierlich zugenommen, von 77,4 % auf 84,3 % in 2007. Die Substitution zu Lasten von Heizöl fand vor allem bis 2004 statt, die zu Lasten von Erdgas zwischen 2004 und 2007. Die CO₂-Emissionen verringerten sich über den gesamten Zeitraum in ähnlichem Umfang wie der Energieverbrauch. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Auswirkungen der Substitution von leichtem Heizöl durch Strom in Bezug auf die CO₂-Emissionen neutralisiert wurden durch den Ersatz des Erdgases durch Strom. Denn während leichtes Heizöl mit 0,074 t/GJ einen höheren Emissionsfaktor als Strom aufweist, ist der Emissionsfaktor von Erdgas mit 0,056 t/GJ niedriger als der des Stroms, dessen Emissionsfaktor im Rahmen des Monitoring auf 0,064 t/GJ festgesetzt ist.

14.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Weitere Gründe für die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs sieht der Verband in der sog. „Softwareisierung“ sowie der zunehmenden Bedeutung von Dienstleistungen und Services rund um den Kern der Güterproduktion. Dazu beigetragen hat zudem der Trend zur Miniaturisierung der Produkte, aber auch das Outsourcen von Teilen der Produktion wegen des folgenden Effekts: In der aktuellen konjunkturellen Situation sind viele Unternehmen in der Elektroindustrie sehr hoch ausgelastet. Rechnen die Unternehmen, in die Teile der Fertigung outgesourct werden, energiestatistisch nicht zur Elektroindustrie oder sind sie im Ausland ansässig, so zählt letztlich der Umsatz des outsourcenden Unternehmens zur Elektroindustrie, nicht aber der Energieaufwand zur Herstellung der Güter.

Als weitere Ursache führt der ZVEI spezielle Energieeinsparmaßnahmen an, die von Unternehmen der Branche vielfach im Rahmen von Modernisierungen oder Erneuerungen der Produktionsanlagen, der Gebäudetechnik und Verwaltungseinrichtungen durchgeführt wurden.

Einen Einblick in die Vielfalt der in dieser Branche in den Jahren 2005 bis 2007 durchgeführten Maßnahmen zur Energieverbrauchs- und CO₂-Minderung gewährt die Übersicht 14.2. Die dort beispielhaft aufgeführte Auswahl entstammt dem Fortschrittsbericht des ZVEI (2008: 8ff). Eine Vielzahl der Maßnahmen betraf die Verbesserung der Gebäudeisolierung, die Umstellung der Heizungen auf moderne Brennwerttechnik, die Installation von Solar- und Photovoltaikanlagen, die Anschaffung verbrauchsärmerer Fahrzeuge und die Optimierung von Beleuchtungsanlagen.

Im Bereich Produktionsprozesse betrafen diverse Maßnahmen Verbesserungen im Bereich der Druckluft- und Kompressortechnik sowie der Abwärmeverwertung und der Wärmerückgewinnungstechnik. Berücksichtigt werden muss laut ZVEI auch, dass die Elektroindustrie in ihren Bemühungen, die Produkte umweltfreundlich zu gestalten, häufig mehr anstatt weniger Energie zu deren Produktion einsetzt. Zum Beispiel werde bei Elektromotoren mehr Kupfer benötigt, um deren Wirkungsgrad zu erhöhen. Diese Prozesse benötigen mehr Energie und beeinflussen die Energieeffizienz negativ (ZVEI 2001).

14.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die in Schaubild 14.3 dargestellten Zielerreichungsgrade zeigen, dass das für 2005 angestrebte Ziel, die spezifischen Emissionen um 35 % gegenüber 1990 zu reduzieren, mehr als erfüllt wurde. Das erst für 2012 angestrebte

Ziel einer 40-prozentigen Senkung wurde seit 2004 erreicht (Schaubild 14.4). 2007 lag der Zielerreichungsgrad bei 127,2 %.

Übersicht 14.2

Ausgewählte Maßnahmen einzelner Unternehmen der Elektroindustrie zur Energieeinsparung 2005 bis 2007

- Einführung modernster Nachverbrennungstechnik mit Wärmerückgewinnung bei der Harzverarbeitung
- Einführung von Elektroschmelzöfen in einer Gießerei sowie Grenzwertüberwachung durch Filterwächter an sämtlichen Filteranlagen
- Inbetriebnahme eines Biomasseheizkraftwerks, das gleichzeitig 1000 Haushalte sowie Gewerbebetriebe, Kindergärten und Schulen mit Fernwärme und Strom versorgt
- Staffelung verschiedener Kompressoren für Druckluft in Verbindung mit einer neuen Regelung sowie Wärmerückgewinnung aus einer Druckluftstation
- Ersatz der Fenster des Verwaltungsgebäudes durch Wärmeschutzverglasung sowie Anschaffung verbrauchsgünstiger Fahrzeuge
- Optimierung der Beleuchtungssteuerung sowie des Energieverbrauchs eines Rückkühlwerks
- Inbetriebnahme einer neuen Emailieranlage mit kompakterer Bauweise und höherer Fördergeschwindigkeit sowie konsequente Abwärmeverwertung und elektronische Temperaturregelung
- Austausch von drei Rückkühlwerken durch zwei frequenzgesteuerte Rückkühlwerke sowie Wärmerückgewinnung an einem Kompressor der Luftzerlegungsanlage
- Umstellung mehrerer Anlagen auf Brennwertechnik
- Erweiterung der Blindstromkompensation, Einführung von Isoliermanschetten für Spritzgusschnecken, Austausch von Spritzgussmaschinen, Anschaffung neuer Dienstwagen
- Umstellung der Beleuchtungstechnik, Installation einer Photovoltaikanlage, Verstärkung der Isolierung eines Fertigungsgebäudes
- Einbau einer Wärmerückgewinnungsanlage zur Abwärmenutzung des Ausbrennofens zur Nutzung für die Kolbentrocknung und Heizung der Büroräume
- Demontage älterer Kompressoren und Installation einer zentralen Druckluftversorgung mit neuester Kompressortechnik
- Austausch alter ölbeheizter Heizungskessel gegen erdgasbefeuerte Brennwertechnik
- Erneuerung der zentralen Druckluftversorgung und Kühlwassererzeugung
- Einführung der Öl-/Wasserkühlung in einer Stanzerei
- Austausch von Fenstern, Dachisolierungen, Wärmerückgewinnung aus dem Kompressorbetrieb, Einbau isolierter Schnelllaufwerke, Einführung drehzahl geregelter Kompressoren
- Abwärmenutzung durch Druckkompressoren im Galvanikbetrieb, reduzierter Kühlenergiebedarf in den Lagercontainern durch verbesserte Isolierung
- Automatische Beleuchtungssteuerung in Gebäuden, Austausch von überdimensionierten Wasserpumpen, verschiedene Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung, bedarfsabhängige Steuerung von verschiedenen elektrischen Verbrauchern

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring (ZVEI 2008: 9ff.)

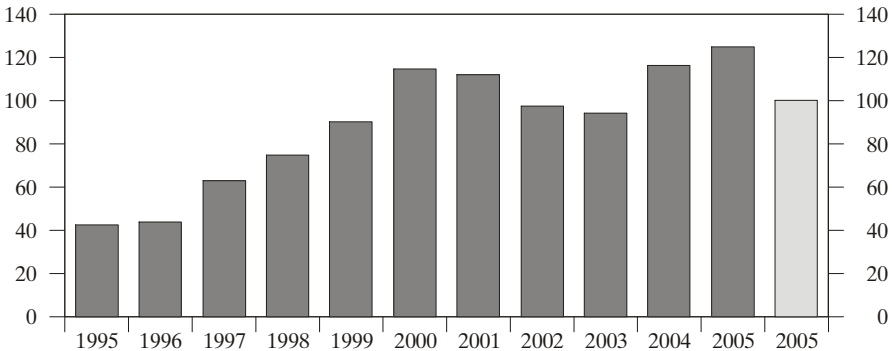
Im Berichtszeitraum 2005 bis 2007 stiegen Energieverbrauch und CO₂-Emissionen kaum, obwohl die Produktion mit 21,4 % deutlich zunahm. Der spezifische Energieverbrauch sank dabei um 17,6%. Eine Zunahme des spezifischen Energieverbrauchs wie in den Jahren 2002 und 2003 wiederhol-

te sich damit nicht. Dieser Anstieg hatte in den ersten beiden Jahren nach der Einführung der freiwilligen Selbstverpflichtung der Elektroindustrie zu einem Rückgang des Zielerreichungsgrades und einer geringfügigen Verfehlung des 35 %-Reduktionsziels geführt.

Schaubild 14.3

Zielerreichungsgrade der Elektroindustrie für das Minderungsziel 2005

1995 bis 2005; in %



Eigene Berechnungen.

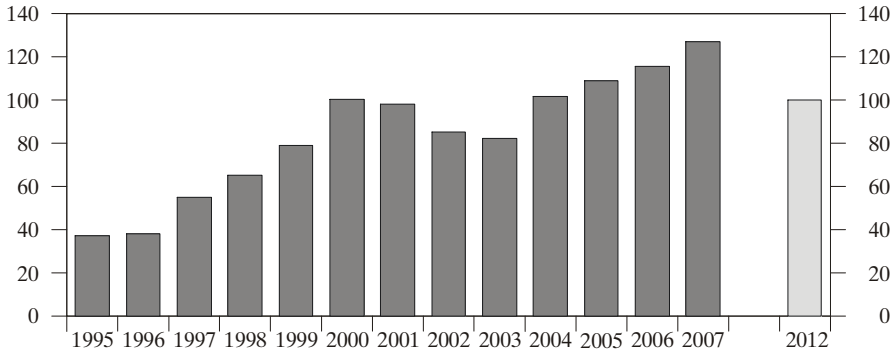
Als Grund für den Anstieg der spezifischen Emissionen in diesen Jahren hat der ZVEI angeführt, dass speziell Abschwungphasen in dieser Branche durch einen höheren spezifischen Energieverbrauch gekennzeichnet zu sein scheinen, der dann bei steigendem Auslastungsgrad wieder sinkt. Auch wenn der Verband für die Zukunft weiterhin Effizienzverbesserungen erwartet, wenn auch deutlich niedrigere als bisher, bezeichnet der ZVEI das für 2012 gesetzte Ziel angesichts konjunktureller Unwägbarkeiten nach wie vor als anspruchsvoll.

Über Energieeinsparungen durch Effizienzverbesserungen hinaus gibt es in der Elektroindustrie kaum mehr Möglichkeiten zur CO₂-Reduktion. Von der Substitution kohlenstoffreicher durch kohlenstoffarme Energieträger sind keine erheblichen CO₂-Einsparungen mehr zu erwarten. 2004 hatte das kohlenstoffarme Erdgas bereits einen Anteil von knapp 72 % bei den fossilen Brennstoffen erreicht. Darüber hinaus dürfte sich der in den vergangenen Jahren zu beobachtende kontinuierliche Anstieg des Anteils an Strom am gesamten Energieeinsatz dieser Branche eher fortsetzen. Dieser lag 2007 bereits bei 84,3 %. Aufgrund des hohen CO₂-Emissionsfaktors von Strom dürfte ein weiter steigender Stromanteil eher zu einer Erhöhung der spezifischen Emissionen führen, da dann Strom vor allem Gas ersetzen würde.

Schaubild 14.4

Zielerreichungsgrad der Elektroindustrie für das Minderungsziel 2012

1995 bis 2007; in %



Eigene Berechnungen.

15. Der Steinkohlenbergbau

Der deutsche Steinkohlenbergbau befindet sich seit Beginn der sechziger Jahre in einem während der beiden Ölkrisen zeitweilig unterbrochenen Anpassungs- und Schrumpfungsprozess. Die wesentliche Ursache ist eine fehlende Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Importsteinkohle aufgrund der geologisch schwierigen Abbaubedingungen in Deutschland.

Die kohlepolitische Vereinbarung vom 13. März 1997 sah vor, die heimische Förderung zwischen 1997 und 2005 von 47 auf 26 Mill. t verwertbare Förderung (t v. F.) und die Belegschaft von 78 000 auf 36 000 Beschäftigte zu reduzieren. Die kohlepolitische Verständigung vom 7. Februar 2007 beinhaltet die Beendigung der subventionierten Förderung der Steinkohle in Deutschland in 2018 und geht von einer voraussichtlichen Förderkapazität von 12 Mill. t im Jahr 2012 aus (GVSt 2007: 5). In 2012 wird diese Auslaufentscheidung durch den Deutschen Bundestag überprüft.

2007 gehörten zur Steinkohlenindustrie noch eine Kokerei und zwei Brikettfabriken sowie acht Steinkohlenbergwerke – sechs im Ruhrgebiet, eines an der Saar und eines in Ibbenbüren (GVSt 2008: 3). Die bergbaulichen Aktivitäten an Ruhr und Saar werden von der DSK wahrgenommen, der Deutschen Steinkohle AG, und in Ibbenbüren von der DSK Anthrazit Ibbenbüren GmbH. Beide Gesellschaften sind unter dem Dach der RAG Aktiengesellschaft, Essen, vereint. Der Sektor beschäftigte Ende 2007 insgesamt noch rund 32 800 Mitarbeiter (GVSt 2008: 3).

15.1 Datenbasis

Der Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus (GVSt) hat am 30. Mai 2002 den Beitritt der deutschen Steinkohlenindustrie zur „Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge“ vom 9. November 2000 erklärt (GVSt 2002). Die wesentliche Grundlage für die im Rahmen des vorliegenden Monitoringberichtes erfolgende Berechnung der CO₂-Emissionen bilden die vom GVSt gelieferten Daten über den Verbrauch der einzelnen Energieträger und die Produktionsmenge in Tonnen verwertbare Förderung (t v. F.), die im Folgenden verkürzend mit Tonnen (t) wiedergegeben werden. Werte zum Energieverbrauch dieses Sektors sind darüber hinaus in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes unter der Kennziffer 10.1, Steinkohlenbergbau und –brikettherstellung, zu finden.

Die Verbandsdaten und die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Angaben sind allerdings nicht miteinander vergleichbar, da die vom Statisti-

schen Bundesamt erfassten Daten Angaben zum Energieverbrauch von Unternehmen wie der RAG-Tochtergesellschaft STEAG AG enthalten, welche ihren Schwerpunkt in der Stromerzeugung und im Anlagenbau hat (GVSt 2002: 4). Gegenstand des Monitoring sind hingegen lediglich die Steinkohlenförderung sowie die Koks- und Briketterzeugung der RAG. Die stark abweichenden Angaben zum Energieverbrauch sind in erster Linie auf den Energieeinsatz in den Kraftwerken zurückzuführen.

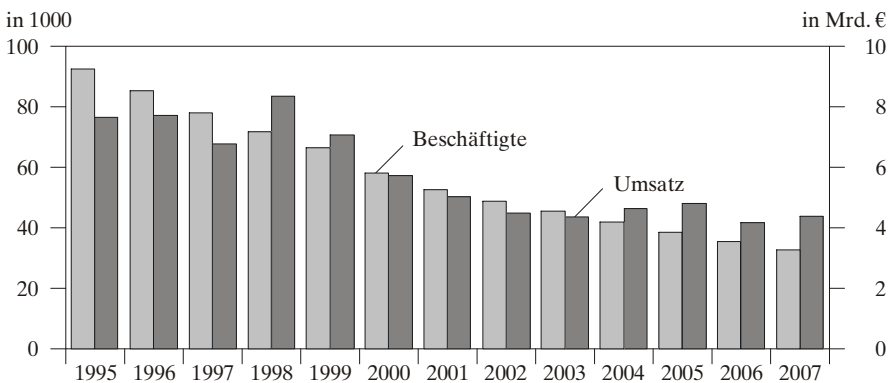
Bei den Angaben zu Umsatz, Beschäftigten, Investitionen und Rationalisierungsmaßnahmen wird ebenfalls auf Informationen des GVSt zurückgegriffen. Der Verband stellt zudem drei Fortschrittsberichte mit Angaben zu den zwischen 1990 und 2007 vollzogenen Maßnahmen zur CO₂-Minderung zur Verfügung (GVSt 2005, 2007 und 2008).

15.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Im deutschen Steinkohlenbergbau wurden 2007 noch 21,3 Mill. t Steinkohle gefördert. Der Anteil der heimischen Steinkohle an der inländischen Versorgung lag bei 32,4 % (GVSt 2008: 9). Die Steinkohlenindustrie zählt aufgrund der Produktionsbedingungen im Untertagebergbau zu den energieintensiven Sektoren. Mit einem Anteil von 1,4 % am Endenergieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes zählt dieser Sektor jedoch nicht zu den großen Energieverbrauchern unter den deutschen Industriezweigen.

Schaubild 15.1

**Beschäftigte und Umsatz in der Steinkohlenindustrie
1995-2007**



Nach Angaben des GVSt.

Der Energieverbrauch ist zwischen 1990 und 1999 um 51,8 % auf 62,8 PJ gesunken (Tabelle 15.3). Die Steinkohlenförderung ging hingegen zwischen 1990 und 1999 nur um 43,8 % von 69,8 auf 39,2 Mill. t zurück (Tabelle 15.2).

Demgegenüber entsprach der Rückgang der Produktion zwischen 1999 und 2007 mit 45,6 % in etwa dem des Energieverbrauchs mit 45,2 %, wobei der Energieverbrauch zwischen 2004 und 2007 mit 20 % im Vergleich zum Produktionsrückgang (-17,1 %) etwas stärker gedrosselt werden konnte.

Der Umsatz nahm zwischen 1995 und 1999 um 7,5 % ab. Bis 2004 sank er mit 34,4 % ähnlich stark wie die Fördermenge. Nicht zuletzt aufgrund des Preisanstiegs für Importkohle war der Umsatzrückgang zwischen 2004 und 2007 mit 5,5 % nur schwach ausgeprägt, während hingegen die Fördermenge um 17,1 % zurück ging (GVSt 2008: 5). Parallel zum Sinken der Steinkohlenförderung schrumpfte die Zahl der Beschäftigten von rund 130 300 im Jahr 1990 auf etwa 42 000 im Jahr 2004 (Schaubild 15.1). Entsprechend der kohlepolitischen Vereinbarung setzte sich der Beschäftigungsabbau auf 32 800 Mitarbeiter im Jahr 2007 fort.

15.3 Kurzbeschreibung des Produktionsprozesses

In Deutschland wird Steinkohle in bis zu 1 500 Meter Tiefe unter Tage gewonnen. Die Rohkohle wird in Brechanlagen zerkleinert, um auf Förderbändern transportiert werden zu können. Die zerkleinerte Rohkohle wird über den Schacht zu Tage gefördert (GVSt 2002: 5f und 2008: 5). Über Tage gelangt die Rohkohle über Förderbänder in die Aufbereitungsanlage, wo sie von nicht brauchbaren Bestandteilen getrennt wird. Etwa 50 % der Rohkohlenförderung sind verwertbare Kohle (Energiewelten 2005).

Zum Abbau der Kohle werden Walzenschrämlader und Kohlenhobel eingesetzt (GVSt 2002: 4). Der Kohlenhobel, der vor allem in niedrigen Flözen oder bei weicher Kohle zum Einsatz kommt, wird am Flöz entlang gezogen und schneidet die Kohle mit Meißeln aus dem Flöz heraus. Dies geschieht mit einer Geschwindigkeit von 180 bis 220 Metern pro Minute und einer Schnitttiefe von 3 bis 8 cm. Bei härterer Kohle wird der Walzenschrämlader eingesetzt, dessen rotierende Walze einen etwa 80 cm breiten Streifen herausschneidet. Der effiziente Einsatz dieser Maschinen wird durch Sensoren und Mikrochips in der Steuerungs- und Regelungstechnik geregelt. Alle Vorgänge unter Tage werden über Monitore von der Grubenwarte aus überwacht und gesteuert (DSK 2005).

Mit dem zunehmenden Abbau der Kohleflöze erhöht sich die Entfernung zwischen Schacht und Streb, d.h. dem Kohlegewinnungsraum. Für einen Streb von 300 Metern Länge werden etwa 200 große Stahlschilde benötigt, die von Hydraulikstempeln abgestützt den Hohlraum offen halten. Der Streckenvortrieb bzw. das Herstellen von Hohlräumen zum Aufdecken neuer Flöze erfolgt zu 60 % mittels Bohr- und Sprengtechnik und zu 40 % mit so genannten Streckenvortriebsmaschinen (GVSt 2005: 9). Der Abbau

vollzieht sich auch weiter in die Tiefe. Die Gewinnungstiefe wächst durchschnittlich um 17 Meter pro Jahr. Je größer indessen die Abbautiefe, desto höher sind die herrschenden Temperaturen: Pro 100 Meter steigt die Temperatur um rund drei Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$). Bei rund 1 000 Meter Abbautiefe herrschen Temperaturen von ca. 40°C . Das Freilegen der Rohkohle ist daher für die Beschäftigten mit hohen Belastungen verbunden.

Um die Arbeiten in einem Bergwerk zu ermöglichen, saugen am Schacht angebrachte Ventilatoren die verbrauchte Luft ab; Frischluft gelangt über andere Schächte ins Bergwerk. Damit werden nicht nur die Arbeitsbelastungen reduziert und die dafür vorgeschriebenen Klimagrenzwerte eingehalten. Zugleich wird hierdurch der Anteil des beim Abbau von Kohlenflözen freigesetzten Grubengases in der Abluft verringert und unter der explosionsfähigen Konzentration gehalten. Bei Grubengas handelt es sich zu 90 bis 95 % um Methangas. Der Anteil an Methan ist abhängig von der Kohleart. Die Freisetzung von Methan wird zudem bestimmt von den Abbaubedingungen, dem atmosphärischen Druck und der Fördermenge. Damit keine explosionsfähigen Gasgemische entstehen, muss der Anteil des Methans (CH_4) in der Luft unter 1 % gehalten werden, was, falls erforderlich, mit Hilfe von Absaugvorrichtungen im Vorfeld der Kohlegewinnung langfristig sichergestellt wird (RAG 2003; GVSt 2008: 6f).

Die Produktionsprozesse des Steinkohlenbergbaus erfordern große Mengen an Energie. Auf engem Raum werden ständig große Mengen an Schüttgütern abgebaut, zerkleinert und transportiert, schwere, sperrige Materialien bewegt sowie das Personal befördert. In den Bergwerken der DSK werden pro Tag 370 000 t Rohkohle, Gestein, Baustoffe und Maschinen über eine mittlere Entfernung von etwa 6 km transportiert (GVSt 2002: 5f). Das in Betrieb befindliche Streckennetz eines Bergwerks liegt derzeit bei ungefähr 90 km. Das Streckennetz der DSK beträgt insgesamt über 1 000 km. Jedes Jahr kommen etwa 80 km an neuen Abbaustrecken hinzu; im Rahmen der Optimierung des Streckennetzes werden allerdings jedes Jahr mehr als 100 km Strecken stillgelegt. Auch für die Frischluftzufuhr zur Einhaltung der Klimagrenzwerte und zum Ausschluss von Schlagwetterexplosionen ist ein hoher Energieeinsatz erforderlich (GVSt 2002: 4).

Schließlich ist auch die Herstellung von Koks aus qualitativ hochwertiger Kokskohle mit einem erheblichen Energieaufwand verbunden. Koks findet vor allem in den Hochöfen der Stahlhüttenwerke Verwendung. In Kokereien wird Kokskohle unter Luftabschluss über 25 Stunden bis auf $1\,100^{\circ}\text{C}$ erhitzt. Am Ende entstehen ungefähr 75 % Koks und 25 % Rohgas, das wertvolle Kuppelprodukte wie Teer, Benzol und Ammoniak enthält. Diese Wertstoffe werden dem gewonnenen Rohgas bei der Abkühlung entzogen. Rund 40 % des eigenen Kokereigases benötigt eine Kokerei für die Behei-

zung ihrer Koksöfen (GVSt 2005: 8); 60 % werden in das Fernnetz eingespeist.

15.4 Die Selbstverpflichtung

Der Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus trat am 30. Mai 2002 stellvertretend für die deutsche Steinkohlenindustrie der Klimavorsorgevereinbarung zwischen Bundesregierung und deutscher Industrie bei. Die deutsche Steinkohlenindustrie hat sich dazu verpflichtet, die CO₂-Emissionen in Deutschland bis 2005 um 70 % und bis 2012 um 75 % gegenüber 1990 zu verringern (Übersicht 15.1).

Übersicht 15.1

Selbstverpflichtung des deutschen Steinkohlenbergbaus

Ziele	Verringerung der absoluten CO ₂ -Emissionen bis 2005 um 70 % und bis 2012 um 75 % gegenüber 1990. Verringerung der CH ₄ -Emissionen bis 2012 um 70 % gegenüber 1990.
Prognose	Verringerung der absoluten CO ₂ -Emissionen bis 2012 um 80 % gegenüber 1990.
Basisjahr	1990
Angaben des Gesamtverbandes des deutschen Steinkohlenbergbaus, GVSt (2002: 2) und GVSt (2005: 21).	

Darüber hinaus sollen die Emissionen von Methan, das aus aktiven wie auch stillgelegten Bergwerken entweicht, bis 2012 um 70 % gegenüber 1990 reduziert werden. Methan gehört aufgrund seiner Klimawirksamkeit, die 21 Mal höher ist als die des Kohlendioxids (OECD 2001: III.3), zu den im Kioto-Protokoll erfassten klimawirksamen Gasen. Die Minderung der Methanemissionen ist daher ein wesentlicher Bestandteil der Klimavorsorgevereinbarung des Steinkohlenbergbaus (GVSt 2002: 5). Im vorliegenden Monitoringbericht erfolgt indessen nur eine Überprüfung der Zielsetzung für Kohlendioxid, nicht aber für Methan.

Der Steinkohlenbergbau bindet seine Zusage an die Umsetzung der vereinbarten Kohlepolitik. Der Verband geht zudem davon aus, dass die Bundesregierung auf zusätzliche ordnungsrechtliche und fiskalische Regelungen verzichtet und der Industrie insbesondere bei einer eventuellen Fortentwicklung der ökologischen Steuerreform keine Wettbewerbsnachteile entstehen (GVSt 2002: 4).

Bei der Formulierung der Selbstverpflichtung wurde von einem Fördervolumen von 20 bis 22 Mill. t im Jahr 2012 ausgegangen. Da die Anschlussregelung vom Juli 2003 eine Absenkung der Steinkohlenförderung bis auf 16 Mill. t im Jahr 2012 vorsieht, verringert sich damit auch die Höhe der zu erwartenden CO₂-Emissionen. Im Fortschrittsbericht von 2005 wird daher

eine Minderung der Emissionen bis 2012 um rund 80 % gegenüber 1990 für plausibel erachtet (GVSt 2005: 21).

15.5 Bis 2007 realisierte CO₂-Minderungen

Dem Steinkohlenbergbau gelang es, die CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 2007 um 78,3 % zu senken (Tabelle 15.1). Das für 2012 avisierte Reduktionsziel von 75 % wurde 2006 und 2007 bereits übertroffen. Auch das für 2005 gesteckte Minderungsziel von 70 % konnte bereits seit 2001 erreicht werden (RWI 2007: 198). Der Zielerreichungsgrad verbesserte sich im Zeitablauf kontinuierlich.

Tabelle 15.1

CO₂-Emissionen und Zielerreichungsgrade der Steinkohlenindustrie

1990 bis 2007; Minderungsziel gegenüber 1990: -70 % bis 2005: -75 % bis 2012

	1990	1995	1999	2000	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -Emissionen, Mill. T	9,2	6,7	3,7	3,4	2,5	2,4	2,2	2,0
Minderung in %	-	27,2	59,8	63,0	72,8	73,9	76,1	78,3
Zielerreichungsgrad in %								
Ziel 2005		38,9	85,5	90,0	104,0	105,6		
Ziel 2012	-	36,3	79,7	84,0	97,1	98,6	101,4	104,3

Nach Angaben des Gesamtverbandes des deutschen Steinkohlenbergbaus.

15.6 Ursachenanalyse

Der drastische Rückgang der CO₂-Emissionen ist in erster Linie Folge der Stilllegung von Bergwerken und den dazugehörigen Nebenbetrieben, die mit dem Abbau der Steinkohlenförderung einhergingen. Zwischen 1990 und 2007 sank die Zahl der aktiven Bergwerke durch Stilllegung und Zusammenlegungen von 27 auf 8. Damit verbunden war eine Drosselung der Förderung um 69,5 %, auf 21,3 Mill. t (Tabelle 15.2). Im selben Zeitraum konnten die CO₂-Emissionen um gut 78 % auf 2,0 Mill. t gesenkt werden und damit deutlich stärker als die Produktion (Tabelle 15.1).

Neben dem Förderrückgang, der damit für den größten Teil der CO₂-Emissionsminderungen verantwortlich war, konnte auch eine Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs dazu beitragen. Zwischen 1990 und 1999 gelang es, den spezifischen Energieverbrauch um rund 15 % zu senken, von 1,87 auf 1,60 GJ/t (Tabelle 15.2). Im Jahr 2000 erfolgte gemäß der Vereinbarungen der Kohlerunde 1997 eine Stilllegung von drei Bergwerken und eine Rückführung der Förderkapazität um 6 Mill. t. Gleichzeitig stieg in diesem Jahr der spezifische Verbrauch auf 1,75 GJ/t. Bis 2004 konnte dieser wieder um 4,6 % und von 2005 bis 2007 um weitere 3 % auf nahezu das Niveau von 1999 gesenkt werden. Den kurzzeitigen Anstieg im Jahr 2006 führt der Ver-

band auf technische und geologische Störungen zurück, die auf einigen Bergwerken zu Betriebsunterbrechungen führten (GVSt 2008: 10).

Tabelle 15.2

Förderung, spezifischer Energieverbrauch und spez. CO₂-Emissionen der Steinkohlenindustrie 1990 bis 2007; gerundete Werte

	1990	1995	1999	2000	2004	2005	2006	2007
Förderung, Mill. t	69,8	53,2	39,2	33,3	25,7	24,7	20,7	21,3
Minderung in %	-	23,8	43,9	52,4	63,2	64,6	70,3	69,5
Spez. Emissionen, kg/t	132	125	95	102	97	98	105	95
Minderung in %	-	5,2	28,0	22,7	26,5	25,8	20,5	28,0
Spez. Verbrauch, GJ/t	1,87	1,72	1,60	1,75	1,67	1,66	1,78	1,61
Minderung in %	-	8,0	14,4	6,4	10,7	11,2	4,8	13,9
CO ₂ -Intensität, Mill. t/PJ	0,071	0,073	0,059	0,058	0,059	0,059	0,060	0,058

Nach Angaben des Gesamtverbandes des deutschen Steinkohlenbergbaus.

Einen Eindruck von der Bedeutung der verbesserten Energieeffizienz erhält man, wenn man den spezifischen Energieverbrauch für 2007 vom entsprechenden Wert von 1990 subtrahiert. Multipliziert man die Differenz von 0,26 GJ/t beziehungsweise 0,26 PJ/Mill. t mit der Fördermenge von 2007 in Höhe von 21,3 Mill. t, so ergibt sich eine Energieeinsparung durch Effizienzverbesserung in Höhe von 5,5 PJ. Wird dieser Wert mit der für 2007 festgestellten CO₂-Intensität in Höhe von 0,058 Mill. t CO₂/PJ bewertet, so ergibt sich eine CO₂-Minderung durch effizientere Energienutzung von gut 0,3 Mill. t.

Einem Rückgang des spezifischen Energieverbrauchs von insgesamt 13,9 % zwischen 1990 und 2007 stand eine Reduktion der spezifischen Emissionen von 28 % gegenüber (Tabelle 15.2). Dabei gelang es allein zwischen 1995 und 1996, die spezifischen CO₂-Emissionen von 125 kg/t auf 96 kg/t zu reduzieren, ein Rückgang von 23,2 % innerhalb nur eines Jahres. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Strombedarf seit 1996 völlig durch Lieferungen von außen gedeckt wird, vor allem aus Kraftwerken der STEAG und der SaarEnergie GmbH, während die eigenen Zechenkraftwerke stillgelegt wurden (GVSt 2002: 7). Der im Rahmen des Monitorings für Fremdstrombezüge festgelegte CO₂-Emissionsfaktor ist niedriger als der der Steinkohle, welcher in den eigenen Kraftwerken zur Stromerzeugung eingesetzt wurde. Der Strombezug erhöhte sich zwischen 1995 und 1996 deutlich, von 24,2 auf 50,6 PJ (Tabelle 15.3). Gleichzeitig führte dies zu einem starken Rückgang des Einsatzes an Steinkohlen als Brennstoff. Dieser sank von 1995 auf 1996 von 40,2 PJ auf 1 PJ. Insgesamt ist der Einsatz des kohlenstoffreichen Energieträgers Steinkohle von 56,1 PJ im Jahr 1990 auf nahezu Null seit der Jahrhundertwende reduziert worden.

Von 1999 bis 2007 nahm der spezifische Energieverbrauch um etwa 0,5 % zu, während die spezifischen CO₂-Emissionen stagnierten. Die Veränderungen in der Struktur des Energiemix hatten somit kaum Folgen für den spezifischen CO₂-Ausstoß. In diesen Jahren nahm zwar die Bedeutung des Stromverbrauchs mit einem CO₂-Emissionsfaktor von 0,064 t/GJ weiter zu: So stieg der Anteil des Nettostrombezugs von 65,4 % auf 68,9 %. Jedoch erhöhte sich gleichzeitig die Bedeutung des kohlenstoffarmen Kokereigases. Der Anteil des Kokereigases sank zwar zunächst von 20,2 % in 1999 bzw. 24,8 % in 2000 auf 15,3 % in 2001. Zurückzuführen war dieser Einbruch vor allem auf den Rückgang der Koksproduktion, bei der Kokereigas als Nebenprodukt entsteht (Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. 2008). Aufgrund des insgesamt stark gesunkenen Energieverbrauchs stieg der Anteil bis 2007 wieder auf 22,1 %. Der Verbrauch an Grubengas, das mit 0,054 Mill. t CO₂/PJ einen leicht höheren Emissionsfaktor als Kokereigas aufzuweisen hat, war seit Mitte der neunziger Jahre ebenfalls rückläufig. Dies implizierte bei diesem Energieträger einen Anteilsverlust am gesamten Energieverbrauch gegenüber 1999 um 3,9 % auf 8,7 % im Jahr 2007.

Tabelle 15.3

Der Energiemix der Steinkohlenindustrie

1990 bis 2007; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	1999	2000	2004	2005	2006	2007
Steinkohlen	56,1	40,2	0,4	0,2	0,03	0,01	0,01	0,03
Steinkohlenkoks	0,2	0,03	0,03	0,03	-	-	-	-
Schweres Heizöl	0,6	-	-	-	-	-	-	-
Leichtes Heizöl	0,4	1,1	0,6	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1
Kokereigas	34,1	14,6	12,8	14,5	7,9	7,9	7,6	7,6
Gichtgas	0,8	0,9	-	-	-	-	-	-
Grubengas	9,5	10,4	7,9	6,1	5,9	4,4	3,5	3,0
Fossile Energieträger	101,7	67,2	21,7	21,4	14,0	12,4	11,2	10,7
Nettofremdstrombezug	28,6	24,2	41,1	37,0	29,1	28,6	25,6	23,7
Energieeinsatz insg.	130,3	91,4	62,8	58,4	43,1	41,0	36,8	34,4

Nach Angaben des Gesamtverbandes des deutschen Steinkohlenbergbaus.

Der Effekt dieser Änderungen im Energiemix auf die Emissionen wird ebenfalls sichtbar, wenn man die spezifischen Emissionen pro Energieeinheit oder CO₂-Intensität berechnet, das heißt den Quotienten aus Gesamtemissionsmenge und Gesamtenergieverbrauch bildet. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 15.2 aufgeführt und zeigen, dass Veränderungen im Energiemix nur zwischen 1990 und 1999 positive Auswirkungen auf die Emissionen ergaben. Danach wiesen diese Werte bis 2007 keine großen Änderungen mehr auf.

15.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Rationalisierungen und Maßnahmen zur Produktivitätssteigerung führten seit Beginn der neunziger Jahre zu einer Konzentration der Förderung auf immer weniger Abbaubetriebe (Tabelle 15.4). Deren Anzahl hat sich von 147 im Jahr 1990 auf 23 im Jahr 2007 verringert. Dabei stieg die Förderung je Abbaubetriebspunkt zwischen 1990 und 2007 von rund 1 800 auf etwa 3 700 t pro Tag. Die Leistung unter Tage je Mann und Schicht stieg in dieser Zeit von rund 5 auf gut 7 t. Wesentlich waren nach Angaben des Verbandes aufgrund der hohen Energieintensität und daraus resultierender hoher Energiekosten in diesem Zusammenhang verstärkte Bemühungen zur Steigerung der Energieeffizienz (GVSt 2005: 12). Hierzu zählt nach Angaben des Verbandes auch die Verlängerung der Strebe um 30 % von 260 m im Jahr 1990 auf 340 m in 2007 (GVSt 2008: 12).

Tabelle 15.4

Indikatoren zur Rationalisierung in der Steinkohlenindustrie 1990 bis 2007

	1990	1995	1999	2000	2004	2005	2006	2007
Leistung je Mann/Schicht in t	5,0	5,6	6,2	6,7	6,5	6,7	6,4	7,1
Förderung je Abbaubetriebspunkt in 1 000 t	1,8	2,3	3,0	3,4	3,9	3,9	3,7	3,7
Bergwerke	27	19	15	12	9	9	8	8
Abbaubetriebspunkte	147	86	50	37	25	24	21	23

Nach Angaben aus GVSt (2007).

Die durchschnittliche Abbautiefe lag nach Verbandsangaben im Berichtszeitraum bei rund 1 150 m, was einer Zunahme um fast 200 m in den letzten 10 Jahren, bzw. um mehr als 100 m gegenüber dem Jahr 2000 entspricht. Begleitet wird diese Teufenzunahme von wachsenden Gebirgsdrücken im Umfeld der Abbaustrecken und zunehmendem Klimatisierungsbedarf in den laufenden Abbau- und Vorleistungsbetrieben (GVSt 2008: 12).

Mit den seit Beginn der neunziger Jahre umgesetzten Innovationen wurden insbesondere die bisher getrennt abgelaufenen Vorgänge Gewinnung, Förderung und Sicherung des Hohlraums zu einem vollständig mechanisierten Gesamtsystem verbunden (GVSt 2002: 8f). Insgesamt wurde eine Vielzahl von Neuerungen zur Weiterentwicklung und Leistungssteigerung in der schälenden und schneidenden Gewinnung, bei Streb- und Gurtförderanlagen, im Materialtransport sowie in der Frischluft- und Klimatechnik umgesetzt. In den Gewinnungsbetrieben sind die technischen Anforderungen durch die Erhöhung der Streblängen gestiegen. Diese benötigen stärkere Gewinnungsmaschinen und Fördermittel in Verbindung mit immer komple-

xeren, automatisierten Überwachungs- und Steuerungssystemen (GVSt 2007: 16).

Ausgewählte Maßnahmen zur Energieeinsparung, die der Verband in seinem Fortschrittsbericht für die Jahre 2005 bis 2007 aufgeführt hat, sind in Übersicht 15.2 aufgeführt, wie z.B. Innovationen beim Streckenvortrieb und in den Gewinnungsbetrieben (GVSt 2008: 14ff). In früheren Jahren eingeführte Neuerungen (GVSt 2005 und 2007) wurden nach Bewährung auf dem einzelnen Bergwerk auch in anderen Betrieben eingeführt (GVSt 2008: 13).

Übersicht 15.2

Ausgewählte Maßnahmen der Steinkohlenindustrie zur Energieeinsparung
2005 bis 2007

1. Streckenvortrieb

- Technische, verfahrenstechnische und organisatorische Maßnahmen zur Sicherung der gleichbleibenden Leistung der Vortriebsgeschwindigkeit

2. Gewinnungsbetrieb Gleithobel

- Leistungsstärkere Hobelgeneration, Erhöhung der Verfügbarkeit der Betriebsmittel
- Ausführung der versatzseitigen Hobelführung in hochverschleißfestem Guss

3. Gewinnungsbetrieb Walzenlader

- Schneideinheiten am Walzenlader ladetechnisch vorteilhafter konstruiert, höhere Antriebsleistung, erhöhte Standfestigkeit der Bauteile
 - Höhere Leistung der Winden, Motorumrichtertechnik, Erhöhung der Zugkraft und der Marschgeschwindigkeit
 - Leistungsstarkes Steuerungssystem auf Basis der Industrie-PC-Technik, höherer Automatisierungsgrad, Harmonisierung der Verfahrensabläufe angepasst an das Produktionsumfeld
-

Nach GVSt (2008: 14).

Als Beispiel für Innovationen wurden Maßnahmen angeführt, mit denen trotz vermehrter Ausbaurbeit, breiterer Bandanlagen und zunehmender Zahl an Versorgungsleitungen die Vortriebsgeschwindigkeit gehalten werden konnte. Erwähnt wurden ebenso ladetechnisch vorteilhaftere Konstruktionen der Schneideinheiten von Walzenladern. Bei Windenmotoren wurde die Wirbelstromtechnik durch die Motorrichtertechnik abgelöst, was zu einer weiteren Erhöhung der Zugkraft und Marschgeschwindigkeit führte. Konventionelle Steuerungssysteme wurden gegen Systeme auf Basis der Industrie-PC-Technik ausgetauscht und damit eine Basis für einen höheren Automatisierungsgrad geschaffen. Bei der Entwicklung einer leistungsfähigeren Hobelgeneration gelang gleichzeitig eine Verringerung der Verschleißzahlen.

Den Bemühungen der Industrie, eine Verbesserung des spezifischen Energieeinsatzes zu erreichen, stehen gegenläufige Einflüsse gegenüber (GVSt 2005: 13). Die zunehmende Gewinnungstiefe und die damit ansteigenden Temperaturen erfordern zudem ergänzende Maßnahmen zur Klima-

tisierung, damit die Arbeitsbedingungen verbessert werden. Diese Maßnahmen führen zu einem erhöhten Energieeinsatz. Darüber hinaus benötigen auch stillgelegte Bergwerke eine gewisse Menge an Energie, etwa zum Abpumpen von Wasser zum Niedrighalten des Grundwasserspiegels (GVSt 2005: 21).

Darüber hinaus gibt es nicht vorhersehbare Faktoren, die für erhebliche Schwankungen beim spezifischen Energieeinsatz sorgen können. Dazu zählen geologische Störungen, die zusammen mit technischen Problemen zu einem Rückgang der Fördermenge je Abbaubetriebspunkt führten und die Leistung unter Tage je Mann und Schicht wie beispielsweise 2006 auf etwas mehr als 6 400 kg reduzierte (Tabelle 15.4). Geologische Veränderungen der ursprünglichen Lagerungsform der Kohle wie Schichtenzerreißen bzw. Verwerfungen erfordern entsprechende Anpassungen, mit denen ein hoher Material- und Energieeinsatz einhergeht.

Tabelle 15.5

Investitionen in der Steinkohlenindustrie
1995 bis 2007

	1995	1999	2000	2004	2005	2006	2007
Investitionen, in Mill. €	284	240	181	254	154	130	118
Investitionsquote	5,3	6,1	5,4	9,9	6,2	6,3	5,5

Nach Angaben aus GVSt (2008: 16). Investitionsquote: Investitionen in €/t Fördermenge.

Rationalisierungsanstrengungen und Produktivitätssteigerung sowie die Erhaltung der Betriebsbereitschaft spiegeln sich wider in den Investitionen, ebenso Auflagen und Bestimmungen aus den Bereichen Arbeitssicherheit, Umwelt- und speziell Klimaschutz. Die Investitionsquote, das heißt die Investitionen pro Tonne geförderter Steinkohle, wurde Ende der 90er Jahre noch einmal deutlich erhöht und stieg 2004 auf knapp 10 € pro Tonne (Tabelle 15.5). Zur Sicherung der Fördermöglichkeit und Leistung wurden 2005 insgesamt nur noch 154 Mill. € investiert, ein Rückgang gegenüber dem Vorjahr um 100 Mill. € oder 39 %. Davon betrafen 9,4 Mill. € Investitionen in Anlagen für den Umweltschutz. Bis 2007 wurden die Investitionen weiter zurückgeführt auf dann 118 Mill. €, darunter 5,9 Mill. € für Umweltschutzzwecke. Die Investitionsquote sank dabei auf 5,5 € pro Tonne.

15.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die deutsche Steinkohlenindustrie hatte die für 2005 avisierte Zielmarke, die CO₂-Emissionen um 70 % zu mindern, bereits 2001 erreicht (Schaubild 15.2) und den Zielerreichungsgrad bis 2004 stetig verbessert. In den Jahren 2006 und 2007 konnte auch schon die für das Jahr 2012 avisierte Zielmarke von 75 % überschritten werden (Schaubild 15.3). Die wesentliche

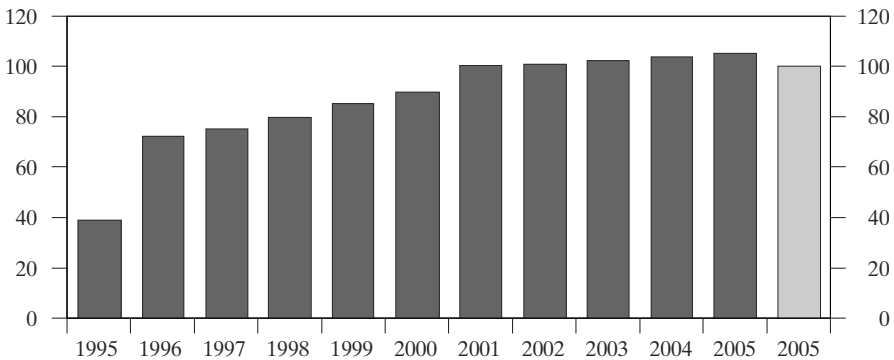
Ursache dafür ist die Drosselung der Steinkohlenförderung. Zur Reduktion der Emissionen haben zudem Verbesserungen beim spezifischen Energieverbrauch sowie die Erhöhung des Fremdstrombezugs nach der erfolgten Stilllegung der Zechenkraftwerke beigetragen – wengleich nur in den 90er Jahren. 2007 lag der spezifische Energieverbrauch in etwa wieder auf dem Niveau von 1999.

Weitere Steigerungen der Energieeffizienz stoßen laut Aussage des Verbandes inzwischen an technisch-physikalische Grenzen (GVSt 2005: 12). Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass weitere Energieeinsparungen teilweise durch gegenläufige Einflussfaktoren wie zunehmende Abbautiefe und damit einhergehend steigenden Temperaturen zunichte gemacht werden (GVSt 2005: 3).

Schaubild 15.2

Zielerreichungsgrade der Steinkohlenindustrie für das Minderungsziel 2005

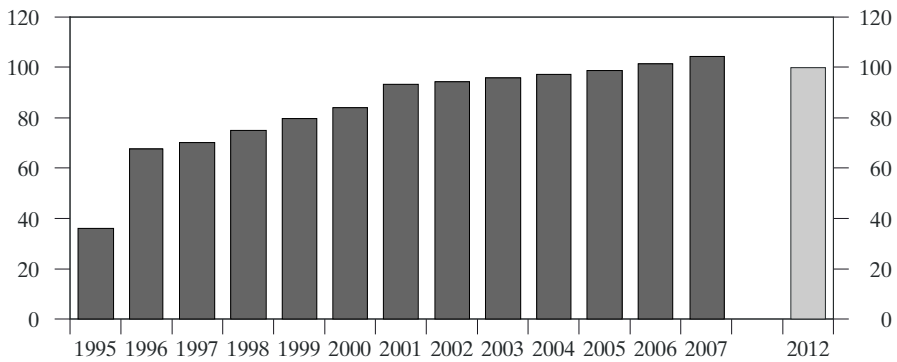
1995 bis 2005; Senkung der absoluten CO₂-Emissionen um 70 % gegenüber 1990; in %



Eigene Berechnungen.

Grundlage des für 2012 ausgesprochenen CO₂-Minderungsziels von 75 % gegenüber 1990 war ein Fördervolumen von 20 bis 22 Mill. t im Jahr 2012. Im Rahmen der kohlepolitischen Anschlussregelung vom Juli 2003 wurde dagegen eine Steinkohlenförderung von nur noch 16 Mill. t für das Jahr 2012 vereinbart. Diese Vereinbarung hat der Verband in seinem Fortschrittsbericht von 2005 berücksichtigt, indem er nunmehr bis 2012 eine CO₂-Reduktion von gar 80 % gegenüber dem Basisjahr 1990 für möglich hält. Unter dieser Annahme läge die avisierte Höhe der CO₂-Emissionen im Jahr 2012 bei 1,84 anstatt bei 2,30 Mill. t. Würde entsprechend dem Eckpunktepapier vom 7. Februar 2007 eine Fördermenge von 12 Mill. t realisiert anstatt der im Juli 2003 vereinbarten 16 Mill. t, dürften die CO₂-Emissionen nochmals um weitere rund 400 000 t niedriger liegen.

Schaubild 15.3

Zielerreichungsgrade der Steinkohlenindustrie für das Minderungsziel 20121995 bis 2007; Senkung der absoluten CO₂-Emissionen um 75 % gegenüber 1990; in %

Eigene Berechnungen.

16. Das Gasfach

Gasfach ist die Sammelbezeichnung für eine Vielzahl heterogener deutscher Wirtschaftszweige, zu denen neben Unternehmen der Gas- und Wassergewinnung auch Betriebe gehören, die die Bereitstellung dieser Rohstoffe in einzelnen Verbrauchsbereichen der Wirtschaft gewährleisten. Daher wird das Gasfach zum einen durch den Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), zu dem sich im Herbst 2007 alle entsprechenden Fachverbände – so auch der frühere Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) – zusammengeschlossen haben, repräsentiert. Dessen Mitgliedsunternehmen stellen 95 % aller Gasversorgungsunternehmen in Deutschland dar. Zum anderen wird die Klimaschutzklärung des deutschen Gasfachs von einer ganzen Reihe weiterer Fachverbände mitgetragen. Dies sind im Einzelnen:

- Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE)
- Bundesindustrieverband Heizungs-, Klima-, Sanitärtechnik e.V. (BHKS)
- Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach e.V. (FIGAWA)
- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfachs e.V. (DVGW)
- Industrierverband Haus-, Heiz- und Küchentechnik e.V. (HKI)
- Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK).

16.1 Datenbasis

Die Datenbasis für den Nachweis der Klimaschutzerfolge des deutschen Gasfachs bilden Angaben des Statistischen Bundesamtes zu den Wohnflächen von Ein- und Zweifamilienhäusern, des Kraftfahrtbundesamtes zu Emissions-Typprüfwerten von PKW und Nutzfahrzeugen, der E.ON Ruhrgas sowie des BDEW bzw. in früheren Jahren des BGW zur Anzahl von Gasturbinen und -motoren in Blockheizkraftwerken (BHKW) sowie zum Jahresabsatz von Brennwertgeräten. Darüber hinaus liefert z.B. der BDEW als Repräsentant der Stromwirtschaft (früher VDEW) Daten zur CO₂-Intensität der öffentlichen Stromerzeugung.

Die Zusammenführung dieser Daten und die Berechnung der Auswirkungen der besonderen Anstrengungen des Gasfachs ist komplex, da sie sich aus einer Vielzahl von einzelnen Maßnahmekategorien zusammensetzt. Aus

diesem Grund hat das deutsche Gasfach seinem, im Rahmen des Monitoring zu erstellenden Fortschrittsberichts an das RWI eine technische Plausibilitätskontrolle vorgeschaltet. Diese wurde für die Jahre bis 2002 vom Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik an der Universität Duisburg-Essen (Steimle und Schikora (versch. Jahrgänge)) durchgeführt. Für die Jahre ab 2002 wurde die Plausibilitätskontrolle von der Technischen Universität Hamburg-Harburg, Arbeitsbereich Technische Thermodynamik übernommen (Schmitz 2005).

16.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Der Erdgasverbrauch privater Haushalte hat sich zwischen 1970 und 1990 mehr als verzehnfacht. Lag der Verbrauch 1970 nach Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) noch bei rund 11 Mrd. kWh, so hatte er 1990 bereits ein Niveau von 155 Mrd. kWh erreicht. Bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch hatte Erdgas 1970 erst einen Anteil von 4,6 %, 1990 waren es bereits 16,3 % (Tabelle 16.1). Die Zunahme des Marktanteils erfolgte vor allem zu Lasten von Heizöl und Festbrennstoffen. Hand in Hand mit dem absoluten Verbrauch an Erdgas entwickelte sich der Pro-Kopf-Verbrauch. Je Einwohner wurden 1970 rund 188 kWh verbraucht, 1990 waren es bereits knapp 2 460 kWh.

Im Jahr 2006 lag der Endenergieverbrauch an den Naturgasen Erdgas und Erdölgas in der Bundesrepublik Deutschland nach Angaben der AGEB bei rund 659 Mrd. kWh (Tabelle 16.1). Diese Gase hatten damit einen Anteil am Endenergieverbrauch von 24,7 %. Der Anteil der Naturgase am gesamten Endenergieverbrauch sank verglichen mit 2004 um 1,6 Prozentpunkte und entsprach damit wieder in etwa dem der Jahre 2001 und 2002 (RWI 2007: 206).

Tabelle 16.1

Endenergieverbrauch an Naturgasen aller Sektoren in Deutschland

1990 bis 2006

	1990	1995	2000	2004	2005	2006 ¹
Verbrauch, in Mrd. kWh	428,1	562,5	612,5	695,6	658,3	659,1
Anteil am Endenergieverbrauch, in %	16,3	21,7	23,9	26,3	25,2	24,7

Nach Angaben der AGEB (2007). – ¹ Vorläufige Angaben, Stand November 2007.

Die Gasversorgungsunternehmen setzten nach Angaben des Verbandes 2007 rund 925,0 Mrd. kWh Erdgas ab. Sie beschäftigten circa 35 000 Personen und erzielten in Deutschland einen Umsatz von rund 37 Mrd. €.

16.3 Die Selbstverpflichtung

In der ursprünglichen Klimaschutzklärung von 1995/1996 hat sich der Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) stellvertretend für das deutsche Gasfach verpflichtet, die spezifischen CO₂-Emissionen zur Raumwärmeerzeugung privater Haushalte und Kleinverbraucher bis 2005 auf 0,23 kg CO₂/kWh Nutzwärme zu senken. 1990 betragen die spezifischen Emissionen dieses Bereiches in den alten Bundesländern 0,31 kg CO₂/kWh Nutzwärme und 0,56 kg CO₂/kWh in den neuen. Für den gesamten, an das Erdgasnetz angeschlossenen Haushalts- und Kleinverbrauchssektor wurde eine CO₂-Emissionsminderung zwischen 30 und 40 Mill. t CO₂ erwartet. Bis 2001 konnten tatsächlich rund 34,3 Mill. t CO₂ reduziert werden (Schmitz 2005: 17).

Im Hinblick auf die Verpflichtung der Bundesregierung gegenüber dem Kioto-Protokoll hat die deutsche Gaswirtschaft ihre Selbstverpflichtungsklärung im November 2001 erweitert. Es wurden weitere Klimagase wie Methan einbezogen, die Zahl der Bereiche, in denen die Emissionen verringert werden sollen, wurde erweitert und das avisierte Reduktionsvolumen wurde erhöht. Ziel ist nun die Minderung klimarelevanter Gase bis 2012 um rund 45 Mill. t CO₂-Äquivalente pro Jahr (Übersicht 16.1). Dies soll in den Bereichen der Heizwärme- und Warmwasserbereitung privater Haushalte, der Heiz- und Prozesswärme sowie der Warmwasserbereitung im Kleinverbrauch erzielt werden (BGW 2001: 1 ff.). Dazu beitragen sollen auch der verstärkte Einsatz von Erdgas im Verkehrssektor und der sukzessive Ersatz alter Graugussleitungen in der Erdgasversorgung beispielsweise durch neue Kunststoffrohre.

Übersicht 16.1

Selbstverpflichtung des Gasfachs

Ziele	Minderung klimarelevanter Gase um rund 45 Mill. t Kohlendioxid-Äquivalente pro Jahr bis 2012.
Basisjahr	1990

Nach Angaben des BGW (2001).

Nach der Klimaschutzklärung des deutschen Gasfachs vom November 2001 sind im Bereich Heizung und Warmwasserbereitung privater Haushalte folgende Maßnahmen Gegenstand der Minderungsanstrengungen bis 2012 (BGW 2001: 2 ff):

- Modernisierung im Bestand der Erdgasheizungen: Verbesserung des Jahresnutzungsgrades der Heizung und Warmwasserbereitung von 72 % im Jahr 1990 auf mindestens 89 % im Jahr 2012 in den rund 9 Mill. mit Erdgas versorgten Wohnungen.

- Substitution im Altbaubestand: Forcierung des Austausches bestehender Kohle-, Öl- und Stromheizungen durch Gasheizungs- und Warmwasserbereitungsanlagen in 2,5 Mill. Wohnungen zwischen 1990 und 2012.
- Substitution im Neubau: Vergrößerung des Marktanteils von Erdgas in rund 5 Mill. Neubauwohnungen zwischen 1990 bis 2012.
- Nahwärmeversorgung mit Blockheizkraftwerken (BHKW) und Brennstoffzellen: Zwischen 1990 und 2012 sollen in privaten Haushalten etwa 6 Mrd. kWh der jährlich benötigten Kraft- und Wärmemengen aus BHKW bereitgestellt werden.

Im Bereich Heizung, Warmwasserbereitung und Prozesswärme des Kleinverbrauchssektors verpflichtet sich das Gasfach, die CO₂-Emissionen bis 2012 durch folgende Maßnahmen zu mindern:

- Modernisierung von Erdgasgeräten im Bestand: Bis 2012 soll der Jahresnutzungsgrad von Erdgasgeräten mit einem Gesamtverbrauch von etwa 72 Mrd. kWh von 72 % auf mindestens 85 % erhöht werden.
- Die Substitution von mit Kohle und Heizöl befeuerten Heizungs-, Warmwasserbereitungsanlagen und Anlagen zur Erzeugung von Prozesswärme durch solche, die mit Erdgas betrieben werden, soll in einem Umfang von 68 Mrd. kWh Erdgas stattfinden.
- Nahwärmeversorgung mit Blockheizkraftwerken (BHKW) und Brennstoffzellen: 2012 sollen im Kleinverbrauch ca. 14 Mrd. kWh Nahwärme aus BHKW bereitgestellt werden.

Neben den Maßnahmen im Haushalts- und Kleinverbrauchssektor sollen CO₂-Emissionen durch die Modernisierung von 13 000 km Graugussleitungen zum Transport und zur Verteilung von Erdgas reduziert werden, in dem die Zahl der Leckagen dieser Leitungen vermindert wird. Zusätzlich soll die Nutzung von Erdgasfahrzeugen im Straßenverkehr forciert werden: Bis 2012 soll die Zahl der Erdgasfahrzeuge auf 500 000 anwachsen, die Zahl der Erdgastankstellen auf 1 000. 1990 war diese Technik noch nicht auf dem Markt. Gegenüber konventionellen Kraftstoffen ergibt sich durch den Einsatz von Erdgas in Fahrzeugen eine spezifische CO₂-Emissionsminderung von bis zu 25 %.

16.4 Bis 2007 erreichte CO₂-Minderungen

Gemäß der Plausibilitätskontrolle durch die Technische Universität Hamburg-Harburg haben sich die CO₂-Emissionen durch die Maßnahmen des

deutschen Gasfachs im Jahr 2007 auf Basis vorläufiger Daten gegenüber 1990 um 42,5 Mill. t reduziert (Tabelle 16.2). Das bedeutet zusätzliche stetige CO₂-Einsparungen von 1,2 Mill. t in den Jahren 2005 und 2007 sowie von 0,6 Mill. t in 2006. Dabei entfallen von den insgesamt 42,5 Mill. t des Jahres 2007 0,9 Mill. t auf die Modernisierung der Graugussleitungen und die Warmwasseraufbereitung, 43,4 Mill. t auf die übrigen Maßnahmen.

Tabelle 16.2

CO₂-Emissionsreduktionen im deutschen Gasfach1990 bis 2007; in Mill. t CO₂

Ziel: – 45 Mill. t CO ₂	Effizientere Gas- anwendungstechnik, KWK und Brennstoff- substitution	Ersatz von Graugussleitungen und Warmwasser ¹	Emissionsreduktionen insgesamt
1990	0,0	0,0	0,0
1991	3,9	0,8	4,7
1992	7,0	1,5	8,5
1993	11,5	2,0	13,5
1994	14,5	2,6	17,1
1995	17,6	4,1	21,7
1996	21,7	0,2	21,9
1997	27,9	0,3	28,2
1998	29,3	0,3	29,6
1999	30,3	0,4	30,7
2000	32,7	0,4	33,1
2001	33,8	0,6	34,3
2002	35,7	0,6	36,2
2003	37,0	0,8	37,8
2004	38,5	0,8	39,3
2005	39,7	0,8	40,5
2006	41,3	0,9	42,2
2007	42,5	0,9	43,4

Schmitz (2008a: 9). – ¹Von 1996 bis 2000 ausschließlich Minderungen durch den Ersatz von Graugussleitungen.

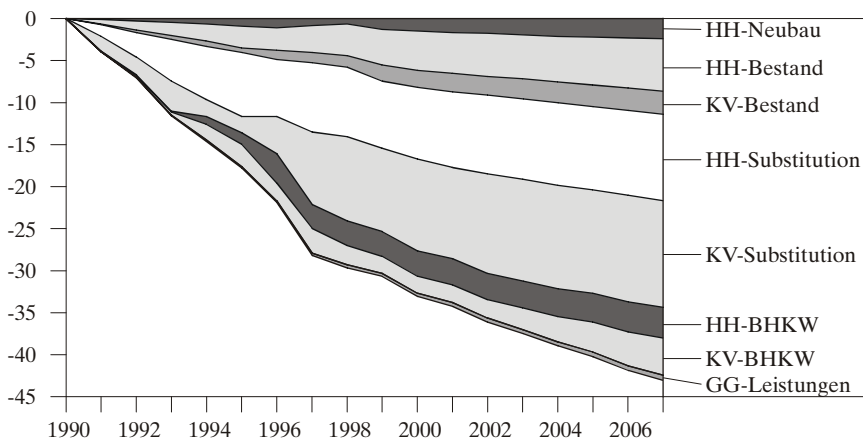
Die Erneuerung von Graugussleitungen hat erst in den letzten Jahren für das Monitoring an Bedeutung gewonnen. Die Reduzierung der Methanemissionen, die aus Leckagen veralteter Grauguss-Erdgasleitungen resultieren und durch den Ersatz mit neuen Kunststoffrohren drastisch verringert werden können, wurde mit dem Monitoringbericht für die Jahre 2000 bis 2002 zum ersten Mal berücksichtigt (Steimle und Schikora 2003: 14, Schmitz 2006b). Diese Maßnahme konnte früher aufgrund fehlender Daten nicht angerechnet werden. Im Plausibilitätsbericht der TU Hamburg-

Harburg für die Jahre 2002/ 2003 wurden rückwirkend bis 1990 die Minderungserfolge im Gasleitungsbereich berechnet und die früheren Emissionsminderungen revidiert (Schmitz 2005). Gemessen in CO₂-Äquivalenten wurden bis 2007 insgesamt 579 000 t durch einen Austausch der Leitungen eingespart, davon in den Jahren 2005 bis 2007 insgesamt 34 000 t. (Schmitz 2008b).

CO₂-Emissionsminderungen bei der Warmwasserbereitung waren zwischen 1996 und 2000 praktisch vernachlässigbar. Dies änderte sich in den letzten Jahren durch den verstärkten Solarwärmeeinsatz infolge des 2000 eingeführten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). 2007 lagen diese Minderungen, bezogen auf 2000, bei 0,32 Mill. t (Schmitz 2008b).

Schaubild 16.1

Struktur der CO₂-Emissionsminderungen durch verschiedene Maßnahmen des Gasfachs 1990 bis 2007; in Mill. t



Eigene Berechnungen nach Angaben von Schmitz (2008a: 8).

16.5 Ursachenanalyse

Den größten Beitrag zu den bisherigen CO₂-Emissionsminderungen leistete der Sektor Haushalte (HH), der 2007 laut Plausibilitätskontrolle mit einem Anteil von 52,0 % deutlich vor dem Sektor Kleinverbraucher (KV) lag (Schmitz 2008a). Dessen Bedeutung ist jedoch seit 1999 im Zeitablauf gestiegen. Gegenüber 2004 nahm sein Anteil noch einmal um einen knappen Prozentpunkt zu: auf 45,9 % in 2006 bzw. 45,8 % in 2007. Um eben diesen Prozentpunkt verringerte sich der Anteil der privaten Haushalte. Die Modernisierung der Graugussleitungen machte 2006 und 2007 1,3 % der CO₂-Minderungen des Gasfachs aus nach 1,4 % in den Jahren zuvor. Der Anteil

der Warmwasserbereitung lag bei 0,7 %. Der Beitrag des Verkehrsektors zu den Klimaschutzanstrengungen des Gasfachs ist hingegen weiterhin ver-schwindend gering. (Schmitz 2008a).

2007 lieferte die Substitution von Kohle-, Öl- und Stromanlagen zur Heiz-wärme- und Warmwasserbereitung im Haushaltsbereich den größten Anteil der CO₂-Emissionsminderungen (23,6 %), gefolgt von der Modernisierung von Gasheizungen im Bestand (14,3 %), der Förderung von BHKW (8,4 %) und der Vergrößerung der Marktanteile von Erdgas im Neubaubereich (5,6 %) (Schaubild 16.1). Der Anteilsverlust der privaten Haushalte bei den CO₂-Einsparungen insgesamt ist damit nahezu ausschließlich auf die gerin-gere Substitution von Kohle-, Öl- und Stromanlagen zurückzuführen. Im Sektor der Kleinverbraucher war die wichtigste Maßnahme die Energieträ-gersubstitution (29,3 %), wobei aber auch hier der Anteil verglichen mit 2004 zurückgegangen ist, gefolgt von der Förderung von BHKW (10,2 %) und der Modernisierung im Bestand (6,3 %). Vor allem durch den Ausbau der BHKW konnte zusätzlich CO₂ vermieden werden. Zwischen 2004 und 2007 stieg der Anteil um 2,5 Prozentpunkte. Der Anteil der BHKW in den Haushalten an den CO₂-Minderungen insgesamt blieb in etwa konstant. Damit haben die Haushalte im Bereich der Nutzung von Blockheizkraft-werken im Jahr 2007 65 % des Zielwertes des Jahres 2012 von 6 Mrd. kWh erreicht, im Sektor Kleinverbrauch bereits 90 % der avisierten 14 Mrd. kWh (Eigene Berechnungen nach Schmitz 2008b).

Tabelle 16.3

Fertigstellungen gasbeheizter Wohnungen
1995 bis 2007

	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Einfamilienhaus	42 258	131 251	110 676	92 765	90 430	67 325
Zweifamilienhaus	26 684	35 448	23 753	19 682	16 766	13 820
Mehrfamilienhaus	236 467	104 691	53 249	46 287	51 219	43 376
Insgesamt	373 419	273 143	187 757	159 025	158 945	125 437

Statistisches Bundesamt, Fachserie 5, Reihe 1 (versch. Jahrgänge).

Zentraler Bestimmungsfaktor für die Entwicklung des Marktanteils von Erdgas ist die Zahl der Fertigstellungen von Wohngebäuden und Wohnun-gen. Seit 1995 ist der Neubau von Wohnungen in Deutschland wegen stei-gender Leerstände von Mietwohnungen deutlich rückläufig, wenn auch die Zahl der Neubauten aufgrund der Zunahme der Einfamilienhäuser zu-nächst noch bis 2000 zunahm. Die Zahl der Fertigstellungen gasbeheizter Wohnungen ging zwischen 1995 und 2007 von 373 419 auf etwa ein Drittel zurück. Nach einer Phase der Stabilisierung in den Jahren 2002 bis 2004 bei etwa 180 000 bis 190 000 Wohnungen nahm die Zahl auf etwa 159 000 in

2005 und 2006 ab, um dann noch einmal deutlich auf 125 500 abzusinken (Tabelle 16.3).

Der Anteil gasbeheizter Neubauwohnungen, der auf 75,8 % im Jahr 2004 stetig angestiegen war, ging deutlich zurück über 72,1 % in 2006 auf 67,7 % in 2007 (Tabelle 16.4). Bei Nichtwohngebäuden, die 2007 einen Anteil von gut 11 % an den gesamten Wohngebäuden hatten, ist bereits seit 2002 ein leicht sinkender Trend der gasbeheizten Gebäude zu erkennen, und zwar auf 65 % im Jahr 2007.

Mit Hilfe des sukzessiven Ersatzes (Rehabilitation) alter Graugussleitungen durch neue PE-HD Kunststoffrohre mit sehr niedrigen spezifischen Methanleckagen von 49 m³/km konnten die Treibhausgasemissionen bis 2007 um 0,579 Mill. t CO₂-Äquivalente gegenüber 1990 gesenkt werden (Schaubild 16.1). Zum Vergleich: Die spezifischen Methanleckagen der alten Graugussleitungen betragen 1997 in den alten Bundesländern 1 166 m³/km bzw. 8 396 m³/km in den neuen Bundesländern. 2007 waren von den 13 000 km Erdgasleitungen 12 627 km bzw. 97 % modernisiert.

Tabelle 16.4

Anteile gasbeheizter Neubauwohnungen und Nichtwohngebäude

1995 bis 2007; in %

	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Einfamilienhaus	31,7	74,3	76,8	75,5	72,7	66,6
Zweifamilienhaus	38,5	66,9	69,5	68,7	65,4	60,4
Mehrfamilienhaus	83,8	76,7	76,8	75,2	73,6	72,5
Neubauwohnungen insg.	75,5	74,1	75,8	74,4	72,1	67,7
Nichtwohngebäude	64,3	65,2	66,5	66,1	66,2	65,0

Statistisches Bundesamt, Fachserie 5, Reihe 1 (versch. Jahrgänge).

Bei erdgasbetriebenen Fahrzeugen stieg die Zahl der Neuzulassungen sowohl im Personenkraftwagenbereich als auch im Nutzfahrzeugsektor an. Die Bestände an erdgasbetriebenen einschließlich der bivalenten Kraftfahrzeuge stiegen von 26 803 am 1. Januar 2005 auf 63 954 zu Beginn des Jahres 2008 an (KBA 2006 und 2008). Bivalent bedeutet, dass solche Fahrzeuge sowohl mit Benzin als auch mit Erdgas betrieben werden können. Insgesamt blieben die Bestände noch deutlich hinter den Erwartungen zurück. Zur Erreichung des für 2012 avisierten Ziels von 500 000 Fahrzeugen wäre eine jährliche Steigerung des erdgasbetriebenen PKW-Bestandes von gut 67 % notwendig.

16.6 Zusammenfassung und Bewertung

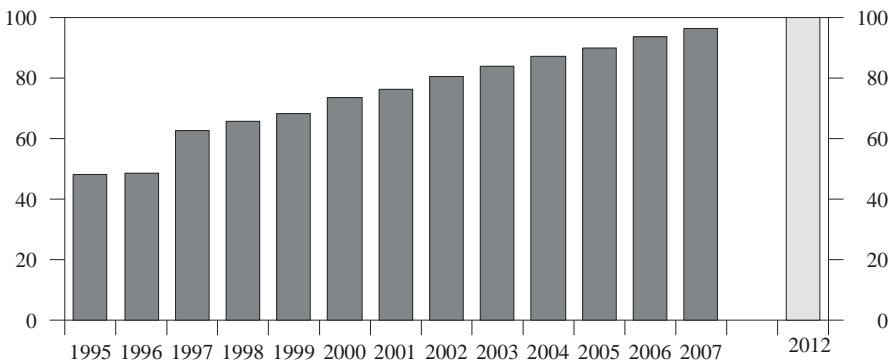
Das deutsche Gasfach versucht, die CO₂-Emissionen mittels einer Vielzahl von Einzelmaßnahmen in unterschiedlichen Endenergieverbrauchssektoren zu reduzieren. Dazu gehört der verstärkte Einsatz von Erdgas im Verkehrssektor und in den letzten Jahren der Austausch alter Graugussleitungen in der Erdgasversorgung gegen Kunststoffrohre. Der Beitrag des Verkehrssektors zu den Klimaschutzanstrengungen des Gasfachs liegt derzeit allerdings noch bei nahezu Null und der Ersatz alter Graugussleitungen macht bislang lediglich etwa 1,3 % der CO₂-Minderungen des Gasfachs aus.

Insgesamt wird für 2007 eine Reduzierung der CO₂-Emissionen um 43,4 Mill. t gegenüber 1990 nachgewiesen (Schaubild 16.2). Die weitaus größten CO₂-Minderungserfolge wurden bei der Heizwärmeerzeugung privater Haushalte sowie der Heiz- und Prozesswärmeproduktion im Sektor Kleinverbraucher erzielt. Vor allem durch die Reduktionen in diesen Bereichen konnte das für 2012 ausgegebene Ziel, die Treibhausgasemissionen um 45 Mill. t CO₂-Äquivalente gegenüber 1990 zu verringern, im Jahr 2007 zu rund 96 % verwirklicht werden.

Schaubild 16.2

Zielerreichungsgrade des Gasfachs

1990 bis 2007; in %



Eigene Berechnungen.

Für die einzelnen Minderungsmaßnahmen enthält der Plausibilitätsbericht der TU Hamburg-Harburg Nachweise über die Entwicklung der einzelnen Bestimmungsgrößen (Schmitz 2008a und 2008b) wie:

- installierte KWK-Leistung von Gasturbinen und Gasmotoren,
- mittels KWK bereitgestellte Heizwärme sowie

- spezifische Methanemissionen der Erdgasleitungen in den alten und neuen Bundesländern und die kumulierte Länge der sanierten Erdgasleitungen in Deutschland,
- Neuzulassungen und Bestand von Erdgasfahrzeugen.

Die Entwicklung der durch das Gasfach mittelbar oder unmittelbar beeinflussbaren Größen wird dadurch transparent gemacht. Anstatt einer zusammenfassenden Tabelle am Ende des Plausibilitätsberichts wäre allerdings die zusätzliche Darstellung und Erläuterung der CO₂-Emissionsminderungen der einzelnen Maßnahmen am Ende der jeweiligen Abschnitte des Berichts wünschenswert gewesen. Dies würde die jeweiligen Beiträge der Einzelmaßnahmen zur Emissionsminderung weitaus deutlicher herausstellen.

Die Beiträge der einzelnen Maßnahmen zu den Treibhausgasminderungen im deutschen Gasfach bis 2012 dürften sich auch weiterhin nicht deutlich ändern. Jedoch ist anzunehmen, dass die Minderungserfolge durch die Substitution von kohlenstoffreichen Energieträgern durch Erdgas im Haushalts- und Kleinverbrauchssektor an Bedeutung verlieren werden. Auch erscheint insbesondere fraglich, ob das Ziel, die Zahl der Erdgasfahrzeuge bis 2012 auf 500 000 zu erhöhen, erreicht werden kann. Zu Beginn des Jahres 2003 waren lediglich 14 420 Erdgasfahrzeuge, einschließlich der bivalenten Fahrzeuge in Deutschland angemeldet, darunter 10 927 im PKW-Bereich (Schmitz 2006a). Am 1. Januar 2008 belief sich die Zahl der Erdgasfahrzeuge auf insgesamt 63 954, darunter 50 614 PKW (KBA 2008).

17. Die Mineralölwirtschaft

Die Tätigkeitsfelder der deutschen Mineralölwirtschaft umfassen die Förderung und den Import von Rohöl wie auch dessen Verarbeitung und den Absatz der daraus hergestellten Produkte. Die wichtigsten Mineralölprodukte sind Diesel- und Ottokraftstoffe sowie leichtes Heizöl. Deren Anteile an der gesamten Bruttoreaffinerieerzeugung betragen 2007 jeweils 29,3 %, 20,2 % und 12,3 % (BAFA 2008).

Aufgrund der geringen inländischen Förderung, die 2007 knapp 3,5 Mill. t Rohöl ausmachte, müssen nach Angaben des Mineralölwirtschaftsverbandes etwa 97 % des Rohölbedarfs importiert werden (MWV 2008a). Dies entsprach Importen in Höhe von rund 106 Mill. t. Damit ist Deutschland nach den USA, Japan und China der viertgrößte Ölimporteur der Welt (EIA 2008).

An der Rolle des Importeurs wird sich auch in Zukunft nichts ändern, da Deutschland über Ölreserven von lediglich etwa 37 Mill. t verfügt – immerhin jedoch die fünftgrößte Menge an Reserven in Europa (MWV 2008a: 69). Nur Norwegen, Großbritannien, Dänemark und Italien haben größere Reserven aufzuweisen. Mit einer Raffineriekapazität von 119 Mill. t lag Deutschland 2007 weltweit an fünfter Stelle (MWV 2008a: 70,76).

17.1 Datenbasis

Die Basis für den vorliegenden Monitoringbericht bilden der fünfte und sechste Fortschrittsbericht zur Klimaschutzzerklärung der deutschen Mineralölindustrie für die Raffinerien (MWV 2008b und 2008c) und der siebte Fortschrittsbericht für den Wärmemarkt (MWV 2008d). Der sich auf die Raffinerien beziehende Fortschrittsbericht beruht auf unternehmensinternen Daten und Angaben der Mineralöl verarbeitenden Industrie. Daten zur Bruttoreaffinerieerzeugung, zum Rohöleinsatz und zum Mineralölverbrauch sind im Jahresbericht Mineralöl-Zahlen 2007 des Mineralölwirtschaftsverbandes zu finden (MWV 2008a).

Dem Fortschrittsbericht für den Wärmemarkt liegen Daten des Schornsteinfegerhandwerks zur Anzahl und Altersklassifikation von Ölheizungsanlagen sowie Daten des Bundesverbandes Solarindustrie e.V. (BSi-Statistik Solarthermie), Daten der Statistischen Landesämter zur Bautätigkeit und eine Anlagenbaubefragung zugrunde. Auf Basis dieser Daten wurde vom Institut für wirtschaftliche Oelheizung (IWO) der durchschnittliche Jahresnutzungsgrad für Ölheizungsanlagen als Indikator für die durchschnittliche

technische Effizienz dieser Anlagen ermittelt. Dieser gilt im Rahmen der Selbstverpflichtung bezüglich des Wärmemarktes gleichzeitig als Indikator für Erfolge bei der CO₂-Reduktion. Bei der Berechnung wurden für die verschiedenen Baujahresklassen der Ölkessel realistische Durchschnittswerte für deren Nutzungsgrade angenommen: 63,1 % für Kessel bis 1978, 70,6 % bis 1982, 78,9 % bis 1988, 89,3 % ab 1988 und 96,6 % für Brennwärtekessel. 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 Solaranlage korrigiert.

Zur Berechnung der Einsparung an CO₂-Emissionen durch den Ersatz alter Heizöl- und Kohleheizkessel durch neue Heizölkessel wurde ein bestimmter Bestand an Kohleheizkesseln mit einem Jahresnutzungsgrad von 44,3 % unterstellt. Die Ermittlung der Höhe des für das Jahr 2012 zu erreichenden Ziels der Selbstverpflichtung basiert auf einer Prognose der Struktur des Heizungsanlagenbestandes. Hierbei wurden Annahmen darüber getroffen, in welchem Umfang moderne ölbefeuerte Anlagen mit hohem Nutzungsgrad zum Bestand hinzukommen und alte Anlagen mit niedrigem Nutzungsgrad allmählich aus dem Bestand ausscheiden.

Die Grundlage für die Klimaschutzzerklärung des Mineralölwirtschaftsverbandes für die Raffinerien bildet eine Studie über die Minderungspotenziale bei Treibhausgasemissionen in deutschen Raffinerien, die von der DGMK, der Deutschen Wissenschaftlichen Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V. angefertigt wurde. Die darin aufgeführten Daten umfassen auch die mit Braunkohle betriebenen Raffinerien, welche 1990 in Ostdeutschland noch von erheblicher Bedeutung waren. Die Studie beschränkte sich auf Kohlendioxid (CO₂), da Raffinerien fast ausschließlich Treibhausgase dieser Art ausstoßen.

Zur Ermittlung der CO₂-Emissionen im Raffineriebereich werden jährliche Einzelerhebungen unter den Raffinerien durchgeführt, um insbesondere deren Nettofremdstrombezug und die Dichte des als Brennstoff eingesetzten Raffineriegases abzufragen. Diese kann von Raffinerie zu Raffinerie erheblich schwanken. Da der MWV die Menge an eingesetztem Raffineriegas nur in Tonnen erhebt, wird die Dichte benötigt, um diese Mengenangaben in Kubikmeter umzurechnen. Auf dieser Basis können dann die mit dem Raffineriegaseinsatz verbundenen CO₂-Emissionen berechnet werden. Der Verbrauch der Raffinerien an Energieträgern wie Petrolkoks, schwerem und leichtem Heizöl, Flüssiggas und Raffineriegas wird aus den dem MWV gemeldeten Daten ermittelt. Aus dem Gesamtbrennstoffeinsatz, welcher sich aus dem Verbrauch dieser Energieträger und dem Nettofremdstrombezug zusammensetzt, werden die Emissionen mit den für das Monitoring

vereinbarten CO₂-Emissionsfaktoren errechnet und auf die Bruttoreaffinerieerzeugung (inkl. Eigenverbrauch) bezogen. Für den Nettofremdstrombezug wird allerdings ein von dem für das Monitoring vereinbarten CO₂-Emissionsfaktor abweichender Wert von 0,55 anstatt 0,67 t CO₂/MWh angenommen. Das bedeutet bei einem Anteil von gut 10 % Nettofremdstrombezug am gesamten Energiemix knapp 2 % niedrigere absolute und spezifische Emissionen als beim höheren CO₂-Faktor. Dieser geringe Unterschied ist jedoch unerheblich für die Minderungszusage im Raffineriebereich.

17.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Im Bereich der Mineralölverarbeitung waren 2007 nach Angaben des Statistischen Bundesamtes rund 18 600 Personen beschäftigt, und es wurde ein Umsatz von 78,2 Mrd. € erzielt. Dabei wurden in den deutschen Raffinerien knapp 109,2 Mill. t Rohöl und 13,5 Mill. t Mineralölprodukte für die Bruttoreaffinerieerzeugung eingesetzt (Tabelle 17.1).

Tabelle 17.1

Entwicklung des Einsatzes an Rohöl und Mineralölprodukten der deutschen Raffinerien
1990 bis 2007, in Mill. t; gerundete Werte

Jahr	Rohölimporte Anteil in %	Rohöl	Mineralölprodukte	Insgesamt
1990	96,0	91,6	15,8	107,3
1991	96,3	92,3	13,1	105,4
1992	96,8	100,8	12,2	113,0
1993	97,0	102,7	14,5	117,2
1994	97,3	107,9	13,0	120,8
1995	97,1	103,1	12,6	115,7
1996	97,3	104,4	12,6	117,0
1997	97,2	101,5	11,2	112,7
1998	97,4	108,4	10,4	118,8
1999	97,4	106,4	10,4	116,8
2000	97,1	106,8	11,2	118,0
2001	96,9	106,5	9,7	116,2
2002	96,7	106,8	9,2	116,0
2003	96,9	109,1	9,0	118,1
2004	97,0	111,7	10,7	122,5
2005	97,0	114,5	11,6	126,2
2006	97,0	111,8	12,8	124,6
2007	96,9	109,2	13,5	122,7

Nach Angaben des MWV (2008a).

Nach einem Anstieg von 10,7 % zwischen 1990 und 1998 blieb der Einsatz von Rohöl und Mineralölprodukten in der Raffinerieproduktion in den

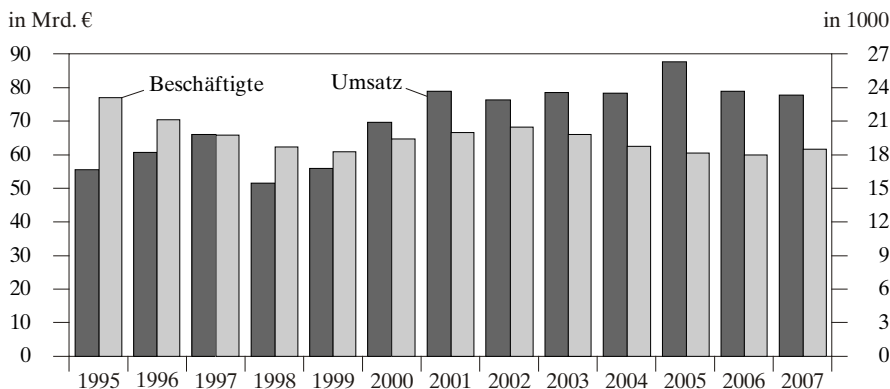
Jahren danach bis 2002 mit 116 bis 118 Mill. t relativ konstant. Von 2003 bis 2005 nahm der Einsatz erneut deutlich auf 126,2 Mill. t zu (Tabelle 17.1), um dann bis 2007 wieder auf 122,7 Mill. t zu sinken. Der Anteil des im Inland geförderten Rohöls ist in den neunziger Jahren von 4 % auf 2,6 % zurückgegangen und stabilisierte sich danach bei etwa 3 %.

Im Gegensatz zur Raffinerieproduktion nahm der Inlandsabsatz an Mineralölprodukten nach Angaben des MWV in den neunziger Jahren nur um 7,7 % zu und ging bis 2004 kontinuierlich um 9,5 % auf 119,7 Mill. t zurück. Zwischen 2004 und 2007 verminderte der Inlandsabsatz sich drastisch um 9,7 % auf dann 108,1 Mill. t. Die inländischen Absatzverluste der letzten Jahre konnten durch einen deutlichen Anstieg bei den Exporten überkompensiert werden. Insgesamt war in dieser Branche zwischen 1995 und 2001 ein jahresdurchschnittlicher Umsatzanstieg von gut 6 % zu verzeichnen. Bis 2007 ging der Umsatz im Jahresdurchschnitt nur leicht um 0,3 % zurück auf 78,2 Mill. t, nach einem vorübergehenden Anstieg im Jahr 2005 auf 88,1 Mill. t (Schaubild 17.1). Gleichzeitig verringerte sich die Zahl der Beschäftigten zwischen 1995 und 2007 um jahresdurchschnittlich 1,6 % auf ca. 18 900.

Schaubild 17.1

Beschäftigte und Umsatz in der Mineralölwirtschaft

1995 bis 2007



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1.

Der Anteil des leichten Heizöls am Endenergieverbrauch lag 2006 bei 11,5 %. Ein Verbrauch von 36,8 Mill. t SKE bedeutet gegenüber 2004 einen Anstieg um 1,6 Mill. t SKE (Tabelle 17.2). Damit stieg der Anteil des leichten Heizöls am Endenergieverbrauch um 0,4 Prozentpunkte. Gegenüber 1996, dem Jahr mit dem höchsten Absatz seit 1990, bedeutet dies einen

Rückgang um 17,3 Mill. t SKE, bzw. einen um 4,9 Prozentpunkte geringeren Anteil am Endenergieverbrauch.

Tabelle 17.2

Verbrauch an leichtem Heizöl und Anteil am Endenergieverbrauch in Deutschland

1990 bis 2006; in Mill. t SKE und %

	1990	1995	1996	2000	2004	2005*	2006*
Leichtes Heizöl, Mill. t SKE	42,8	49,0	54,1	39,2	35,2	35,0	36,8
Anteil, %	13,2	15,4	16,4	12,4	11,1	11,1	11,5

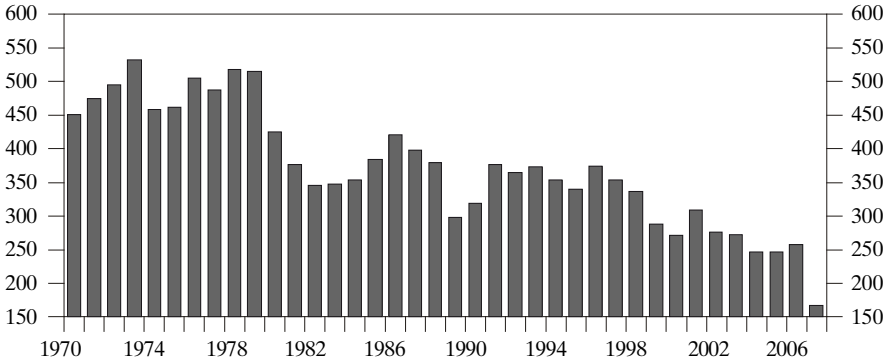
Nach Angaben der AGE B (Stand November 2007). * Vorläufige Angaben.

Der Verbrauch an leichtem Heizöl ist in Deutschland bereits seit 1980 rückläufig (MWV 2007: 51). Mit 31,8 Mill. t sank er im Jahr 1990 wieder deutlich unter den Wert von 1970. Damals betrug der Heizölverbrauch 44,0 Mill. t und stieg bis Ende der siebziger Jahre trotz Ölpreiskrisen deutlich an: 1978 und 1979 waren die Jahre mit dem höchsten Heizölabsatz von jeweils rund 50,5 Mill. t.

Schaubild 17.2

Pro-Kopf Verbrauch an leichtem Heizöl

1970 bis 2007; in Litern je Einwohner



Eigene Berechnungen nach Angaben des MWV und des Statistischen Bundesamtes.

Der spezifische Heizölverbrauch pro Kopf weist seit Beginn der achtziger Jahre ebenfalls eine fallende Tendenz auf (Schaubild 17.2). In den siebziger Jahren war der Pro-Kopf-Verbrauch an leichtem Heizöl noch mit Ausnahme von 1974 und 1975, den beiden Jahren nach der ersten Ölpreiskrise, nahezu unaufhörlich angestiegen. Lag der Pro-Kopf-Verbrauch Ende der siebziger Jahre in Deutschland noch bei etwa 520 Liter, so sank er in der ersten Hälfte der neunziger Jahre auf ein Niveau von durchschnittlich

360 Liter und erreichte 2006 schließlich einen Wert von 258 Litern. 2007 betrug der Pro-Kopf-Verbrauch nur noch 168 Liter.

17.3 Die Selbstverpflichtung

Die deutsche Mineralölwirtschaft hat zwei Selbstverpflichtungserklärungen abgegeben: Zum einen die Verpflichtung zur Verringerung der Treibhausgasemissionen im Wärmemarkt, die sich ausschließlich auf leichtes Heizöl bezieht und vom Mineralölwirtschaftsverband (MWV), dem Gesamtverband des Deutschen Brennstoff- und Mineralölhandels (gdbm) und dem Außenhandelsverband für Mineralöl und Energie (AFM + E) sowie dem Institut für wirtschaftliche Oelheizung (IWO) getragen wird. Zum anderen die die Raffinerien betreffende Erklärung zur Minderung der Treibhausgasemissionen, die allein durch den MWV ausgesprochen wurde (Übersicht 17.1). Der MWV deckt über 90 % der Unternehmen der mineralölverarbeitenden Industrie ab.

Ziel der Selbstverpflichtung der im September 2001 abgegebenen zweiten Klimaschutzzerklärung der deutschen Mineralölwirtschaft für den Wärmemarkt ist die Steigerung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades von Ölheizungsanlagen bis 2012 um 27 bis 30 % gegenüber 1990. Mit der Steigerung des Jahresnutzungsgrades ist eine Minderung des spezifischen Heizölverbrauchs und der damit zusammenhängenden Treibhausgasemissionen verbunden. Bis 2005 wird bereits eine Verbesserung um 23 bis 25 % angestrebt.

Diese Ziele sollen erreicht werden, indem – ausgehend von einem durchschnittlichen Jahresnutzungsgrad von Ölheizungsanlagen von 68 % im Jahr 1990 – die Nutzungsgrade auf 84 bis 85 % im Jahr 2005 und 86 bis 88 % im Jahr 2012 gesteigert werden. Die Selbstverpflichtung umfasst Ölheizungsanlagen aus Haushalten, dem Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie den öffentlichen Einrichtungen.

Übersicht 17.1

Selbstverpflichtungen der deutschen Mineralölwirtschaft

Ziele	<ol style="list-style-type: none"> 1. Steigerung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades der Ölheizungsanlagen im Raumwärmemarkt bis 2012 um 27 bis 30 % gegenüber 1990. Bis 2005 wird bereits eine Verbesserung um 23 bis 25 % gegenüber 1990 angestrebt. 2. Reduzierung der spezifischen CO₂-Emissionen der Raffinerien bis 2012 um 10 % gegenüber 1990.
-------	---

Basisjahr 1990

Nach Angaben des MWV (2001a und 2001b).

Beim Jahresnutzungsgrad handelt es sich um ein Maß für die technische Effizienz einer Heizungsanlage. Er gibt an, wie viel Nutzenergie im Jahres-

durchschnitt aus einer eingesetzten Energieeinheit gewonnen wird (MWV 2001a: 3). Der durchschnittliche Jahresnutzungsgrad ergibt sich aus der durchschnittlichen technischen Effizienz aller in Betrieb befindlichen Ölheizungsanlagen.

Mit der Selbstverpflichtung des Jahres 2001 hat die deutsche Mineralölwirtschaft gleichzeitig gegenüber der Erklärung von 1996 die Bezugsgröße gewechselt. Diese basierte auf der Bezugsgröße Heizölverbrauch pro Wohn- und Nutzfläche. Der Abhängigkeit der früheren Verpflichtung der Mineralölwirtschaft von den von ihr nicht beeinflussbaren Variablen Wohnungsgröße und Gebäudeisolierung konnte man sich dadurch entledigen.

Die neue Zielgröße konzentriert sich damit auf die von der Mineralölwirtschaft zu beeinflussenden Faktoren: die technische Weiterentwicklung von Ölheizungen und deren Verbreitung bei den Verbrauchern (MWV 2001a: 3).

Bei der Klimaschutzklärung der deutschen Mineralölindustrie für die Raffinerien, welche der Mineralölwirtschaftsverband im September 2001 abgegeben hat, wird angestrebt, die spezifischen Treibhausgasemissionen der Raffinerien bis 2012 um 10 % gegenüber 1990 zu verringern. Es wird erwartet, dass die absoluten Treibhausgasemissionen im gleichen Zeitraum konstant gehalten werden können, während der Raffinerieeinsatz um 13 % zunimmt.

In diese Zielsetzungen sind sowohl künftige Energiesparmaßnahmen der Raffinerien als auch die Auswirkungen der konkreten gesetzlichen Vorhaben bis 2012 bezüglich Produktqualitäten und Umweltschutz eingeflossen, etwa bezüglich des Schwefelgehalts von Kraftstoffen.

17.4 Bis 2007 erreichte Verbesserungen des Jahresnutzungsgrades für Ölheizungen und CO₂-Minderungen

2005 lag der durchschnittliche Jahresnutzungsgrad von Ölheizungen im Raumwärmemarkt mit 84,8 % um 0,8 Prozentpunkte über dem Wert von 2004 (Tabelle 17.3). Bis 2006 stieg er weiter auf 85,4 % und bis 2007 auf 85,8 %. Das für 2005 vorgegebene Ziel einer Erhöhung um 23 bis 25 % gegenüber 1990 wurde damit erreicht, nachdem bereits 2004 die Steigerungsrate an der unteren Grenze der angestrebten Bandbreite gelegen hatte. Gemessen an der für 2012 avisierten Steigerungsrate von 27 bis 30 % lag der Zielerreichungsgrad 2006 und 2007 bezogen auf das Mindestziel bei 93 bzw. 95 %.

Durch die Verbesserung des jahresdurchschnittlichen Nutzungsgrades ergab sich ein Rückgang der CO₂-Emissionen von 21,5 Mill. t gegenüber dem Ba-

sisjahr 1990. Dies entspricht einer Emissionsreduktion von 20,6 %. Bei der Berechnung der Auswirkungen dieser Verbesserungen auf die Emissionen wurde nach Angaben des Verbandes für das Jahr 2007 der Energieverbrauch von 1990 unterstellt.

Tabelle 17.3

Fortschritte der Mineralölwirtschaft bei der Selbstverpflichtung für den Wärmemarkt

1990 bis 2007; Ziel 2005: Verbesserung des Jahresnutzungsgrades um 23 %; Ziel 2012: Verbesserung des Jahresnutzungsgrades um 27 %

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Nutzungsgrad in %	68,3	74,7	80,3	84,0	84,8	85,4	86,0
Verbesserung in %	-	9,4	17,6	23,0	24,2	25,0	25,9
Zielerreichungsgrad in %							
Mindestziel 2005	-	41	77	100	105		
Mindestziel 2012	-	35	65	85	89	93	96
CO ₂ -Emissionen, Mill. t	104,5	95,5	88,9	85,1	84,2	83,6	83,0
Emissionsminderung in %	-	8,6	14,9	18,6	19,4	20,0	20,6

Nach Angaben des MWV (2008d).

Ziel der Klimaschutzverpflichtung der Mineralölindustrie für die Raffinerien ist die Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen je Tonne Bruttoreffinerieerzeugung bis 2012 um 10 % gegenüber 1990. Dies bedeutet konkret eine Minderung von 215 auf 194 kg CO₂/t Bruttoreffinerieerzeugung.

Tabelle 17.4

Fortschritte bei der Selbstverpflichtung der deutschen Mineralölwirtschaft für die Raffinerien

1990 bis 2007; Ziel bis 2012: Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen um 10 % auf 194 kg CO₂/t Bruttoreffinerieerzeugung

Jahr	Emissionen, Mill. t CO ₂	Bruttoreffinerie- erzeugung, Mill. t	Spezifische Emissionen, kg CO ₂ /t	Zielerreichungsgrad
1990	22,8	106,0	215	-
2000	20,6	116,0	178	172 %
2001	19,6	114,3	172	200 %
2002	19,2	114,1	168	219 %
2003	20,3	116,2	175	186 %
2004	20,2	120,3	168	219 %
2005	21,3	123,6	172	200 %
2006	20,5	122,1	168	219 %
2007	20,1	120,4	167	223 %

Nach Angaben des MWV (2008b und 2008c).

Die Mineralölindustrie hat ihre Verpflichtung seit dem Jahr 2000 mehr als erfüllt: Bezogen auf 1990 waren die spezifischen CO₂-Emissionen 2005 um

20 % sowie 2006 und 2007 um 21,9 % bzw. 22,3 % geringer. 2007 konnte damit ein Zielerreichungsgrad von 223 % erreicht werden (Tabelle 17.4).

Die absoluten CO₂-Emissionen betragen 2007 rund 20,1 Mill. t. Dies bedeutet eine Emissionsminderung von 2,7 Mill. t gegenüber 1990. Seit 2001 haben sich die spezifischen Emissionen trendmäßig kaum noch verändert, wobei die Werte aber leichten Schwankungen unterworfen sind. Für 2007 bedeutet das bei einem in diesem Jahr niedrigen Niveau der spezifischen Emissionen einen Anstieg der absoluten CO₂-Emissionen gegenüber 2001 um 500 000 t CO₂ bzw. um 2,6 % bei einer gleichzeitigen Zunahme der Bruttoaffinerieerzeugung von 5,3 %.

17.5 Ursachenanalyse

Für den Bedarf an Heizöl spielt die Entwicklung des Marktanteils des Heizöls bei den Gebäudefertigstellungen eine entscheidende Rolle. Bei einer rückläufigen Zahl an Neubauten ging gleichzeitig der Anteil an ölbeheizten Wohngebäuden und den darin befindlichen Wohnungen zurück (Tabelle 17.5). Die Zahl der neu gebauten ölbeheizten Wohnungen sank zwischen 1995 und 2007 von knapp 112 000 über 27 800 in 2004 auf etwa 11 300. Seit 1999 sank der Anteil der ölbeheizten Wohnungen von 16,4 % über 11,2 % im Jahr 2004 auf 6,1 % im Jahr 2007.

Tabelle 17.5

Anteil ölbeheizter Wohnungen bei neu fertig gestellten Wohngebäuden

1995 bis 2007; %

	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Einfamilienhaus	31,7	18,8	12,1	11,3	7,9	6,8
Zweifamilienhaus	38,5	28,7	18,4	9,4	7,0	5,3
Mehrfamilienhaus	14,8	7,8	5,7	8,5	6,3	5,0
Insgesamt	22,6	16,1	11,2	10,4	7,5	6,1

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 5, Reihe 1 (versch. Jahrgänge).

Die Verbesserung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades hat sich in den letzten Jahren deutlich verlangsamt. Während der Anstieg zwischen 1995 bis 2002 jahresdurchschnittlich noch bei knapp 1,5 % lag, betrug er in den Jahren 2002 bis 2005 jeweils 1 %. 2006 und 2007 nahm der Nutzungsgrad nur noch um 0,7 % gegenüber dem Vorjahr zu. Aufgrund des starken Rückgangs der Zahl neu gebauter Wohnungen mit Ölheizung sind Verbesserungen im Wesentlichen auf Modernisierungen im Altbestand zurückzuführen. Der drastische Absatzrückgang bei Öl-Brennwert und Öl-Niedertemperaturkesseln im Jahr 2007 insgesamt weist jedoch auch daraufhin, dass sich eine Vielzahl Besitzer veralteter Heizungen bei der Modernisierung zurückhält. Grund ist nach Ansicht des Verbandes ihre Unsicherheit dar-

über, welches Heizungssystem die beste Alternative in der Zukunft bietet, angesichts von Energiepreissteigerungen, der Zweifel an der Versorgungssicherheit bei Öl und Gas und der Pflicht zur Nutzung von erneuerbaren Energien in Wohngebäuden nach dem EEWärmeG (MWV 2008d: 1).

Zur Minderung der CO₂-Emissionen von Raffinerien hat nach Angaben der Mineralölwirtschaft neben allgemeinen Effizienzsteigerungen insbesondere die Modernisierung der beiden ostdeutschen Raffinerien in den neunziger Jahren beigetragen. Dabei wurde kohlenstoffreiche Braunkohle durch kohlenstoffärmeres Heizöl und Raffineriegas substituiert. Zwischen 2000 und 2007 fanden demgegenüber nur geringfügige Änderungen im Brennstoffmix statt, wie die Veränderungsraten von spezifischem Energieverbrauch und spezifischen CO₂-Emissionen zeigen. Beide nahmen von 2000 bis 2004 jeweils um gut 5,5 % ab. Zwischen 2004 und 2007 lag der Rückgang des spezifischen Energieverbrauchs bei 0,8 % bzw. der der spezifischen Emissionen bei 0,6 %.

In der relativ geringen Minderung des spezifischen Energieverbrauchs seit der Jahrhundertwende spiegelt sich nach Angaben des Verbands wider, dass seit Ende der neunziger Jahre Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz durch Anforderungen an Produktqualitäten immer mehr aufgewogen wurden (MWV 2004: 4). So ist die ausschließliche Herstellung von schwefelarmen Kraftstoffen (ab 2000 mit 50 ppm, seit 2003 mit nur noch 10 ppm) mit einem höheren Energieeinsatz in den Raffinerien verbunden. Auch die Veränderung des Produktmixes hin zu mehr Diesel und weniger Benzin bewirkt nach Angaben des Verbandes einen erhöhten Energieeinsatz, insbesondere durch den erhöhten Wasserstoffbedarf, dessen Herstellung mit starken CO₂-Emissionen verbunden ist. Die in 2004 gestartete Beimischung von Biokomponenten hat diese Effekte gemildert.

Für die kommenden Jahre wird eher eine Erhöhung des spezifischen Energieverbrauchs und somit der spezifischen CO₂-Emissionen aufgrund von umweltschutzbedingten Investitionen in Nachbehandlungsanlagen sowie der weiteren Verbesserung der Produktqualitäten erwartet. Vor allem die Ausweitung des Angebots an schwefelarmem leichtem Heizöl zur Förderung der Öl-Brennwerttechnik im Raumwärmemarkt dürfte einen Anstieg von Energieeinsatz und Emissionen in den Raffinerien zur Folge haben (MWV 2007: 4f).

Andererseits wird das Anfang 2007 in Kraft getretene Biokraftstoffquotengesetz (BioKraftQuG) zu einer zunehmenden Beimischung von Biokomponenten zu den Mineralölprodukten führen. Solange dies in Form des sogenannten Blending passiert und nicht durch Direktverarbeitung in den Prozessanlagen der Raffinerien geschieht, dürfte dies zu einer Senkung der

spezifischen Emissionen beitragen. Insgesamt hält der Verband die aktuell sehr hohen Zielerreichungsgrade für vorübergehend.

17.6 Ausgewählte Maßnahmen

Der siebte Fortschrittsbericht der Mineralölwirtschaft enthält für die Jahre 2005 bis 2007 eine Aufzählung besonderer Maßnahmen zur Umsetzung der Klimaschutzklärung im Wärmemarkt, die in Zusammenhang mit dem Ausbau und der Verfeinerung derjenigen Aktivitäten stehen, die im fünften Monitoringbericht unter dem Begriff „Modernisierungsoffensive“ gebündelt wurden (MWV 2008d: 2ff):

- Vereinbarung mit der Bundesregierung sowie verschiedenen Landesregierungen in 2007 über ein Maßnahmenpaket für die forcierte Markteinführung von schwefelarmem Heizöl und Öl-Brennwertgeräten. Dies wurde möglich, nachdem Heizöl EL schwefelarm aufgrund positiver Erfahrungen in Laboruntersuchungen und Praxis seit Mitte 2005 in Deutschland von den Geräteherstellern als für alle Ölheizkessel und Ölbrenner geeignet eingestuft wurde.
- Start von Labor- und Feldversuchen zum Einsatz von flüssigen Brennstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen in 2006; Beginn der Kommunikationsaktivitäten zum Thema Bio-Heizöl in 2007,
- Zusammenarbeit mit der Heizgeräteindustrie bei anwendungstechnischen Fragestellungen,
- Fortführung und Konsolidierung der Kooperationskonzepte für Unternehmen aus Mineralölhandel und Heizungshandwerk zur gezielten Aktivierung des Modernisierungspotenzials alter Ölheizungen in deren Kundenstamm sowie
- Einführung eines gestaffelten Prämiensystems für das SHK-Handwerk mit Zuschüssen für die Installation von Öl-Brennwertgeräten, die Kombination mit solarthermischen Anlagen sowie die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung durch Öl-BHK-Anlagen,
- Fortführung der überregionalen Anzeigenkampagne zusätzlich zur direkten Verbraucheransprache und Information über die Effizienz und Einsparmöglichkeiten mit Öl-Brennwerttechnik insbesondere in Kombination mit Solarthermie,
- Aufbau eines Energieberaternetzwerks in 2007 für die Vor-Ort-Beratung sowie zur Ausstellung von Energieausweisen und

- Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Spezielle Beispiele zur Verringerung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen durch Umbauten und technologische Änderungen in deutschen Raffinerien waren nach Angaben des Verbandes in den Jahren 2005 bis 2007 wie auch schon in den Jahren zuvor (MWV 2004 und 2007):

- Optimierung der Wärmenutzung durch apparateseitige Änderung der Wärmetauscherkette; z.B. Trennung von Kokerdiesel und Rohöl-Wärmetauscher und jeweils Installation vor und nach den Entsalzern,
- Reduktion des Energiebedarfs durch erhöhte Exothermien durch Zubau von Katalysatorvolumen sowie
- Optimierung von Ofenwirkungsgraden durch Sauerstoffmanagement.

Zur Sicherstellung der Anlageneffizienz haben ebenfalls die regelmäßige Reinigung der Wärmetauscher- und Wärmeerzeugungsanlagen während der turnusmäßigen Raffineriestillstände sowie die Kontrolle der Energieverbrauchswerte und Ermittlung der Abweichungen vom Normalverlauf beigetragen.

17.7 Zusammenfassung und Bewertung

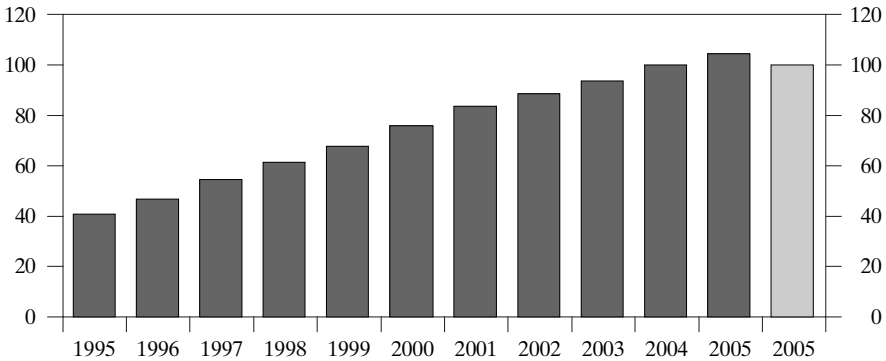
Im Jahr 2001 hat die deutsche Mineralölwirtschaft die Bezugsgröße ihrer Selbstverpflichtungserklärung für den Raumwärmemarkt gewechselt. Während die frühere Verpflichtung auf die Reduzierung des spezifischen Heizölverbrauchs abzielte, wobei die Wohn- und Nutzfläche die Bezugsgröße bildete, wurde in der neuen Erklärung die Steigerung des Jahresnutzungsgrades von Ölheizungen im Raumwärmemarkt gewählt. Der Abhängigkeit der früheren Verpflichtung der Mineralölwirtschaft von der von ihr nicht beeinflussbaren Entwicklung der Wohnungsgrößen und weiterer Maßnahmen zur Energieeinsparung wie Gebäudeisolierung konnte man sich dadurch entledigen. Der Einfluss der ölbefeuerten KWK-Anlagen auf die Erfüllung der Klimaschutzerklärung kann noch nicht separat ausgewiesen werden, ist aber in diesen Zahlen enthalten.

Erklärtes Ziel ist, den durchschnittlichen Jahresnutzungsgrad bis 2005 um 23 bis 25 % gegenüber 1990 zu verbessern, auf schließlich 84 bis 85 %. 2005 war der Jahresnutzungsgrad der ölbefeuerten Anlagen um 24,2 % gegenüber 1990 auf 84,8 % gestiegen. Damit wurde das für 2005 avisierte Ziel erreicht, nachdem bereits 2004 die Steigerungsrate an der unteren Grenze der angestrebten Bandbreite gelegen hatte. (Schaubild 17.3).

Schaubild 17.3

Zielerreichungsgrade im Wärmemarkt für das Mindestziel 2005

1995 bis 2005; Steigerung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades der Ölheizungsanlagen um 23 %; in %



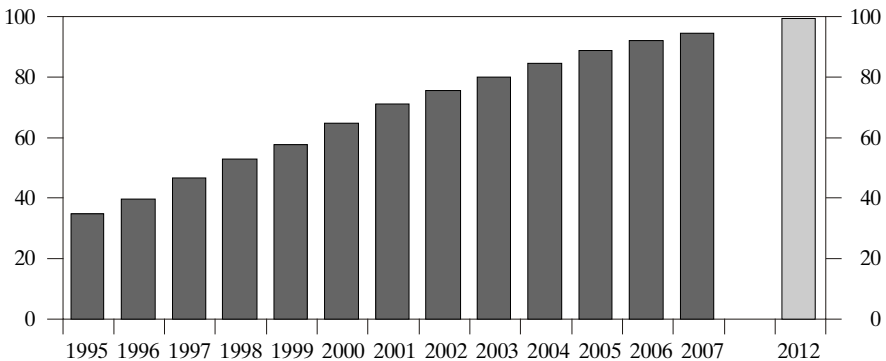
Eigene Berechnungen.

2006 und 2007 wurden durchschnittliche Jahresnutzungsgrade von 85,4 % bzw. 86 % erzielt. Gemessen an der für 2012 angestrebten Steigerungsrate von 27 bis 30 % gegenüber 1990 auf schließlich 86 bis 88 % bedeutet das für 2007 bereits einen Zielerreichungsgrad von 96 % bezogen auf das Mindestziel (Schaubild 17.4).

Schaubild 17.4

Zielerreichungsgrade im Wärmemarkt für das Mindestziel 2012

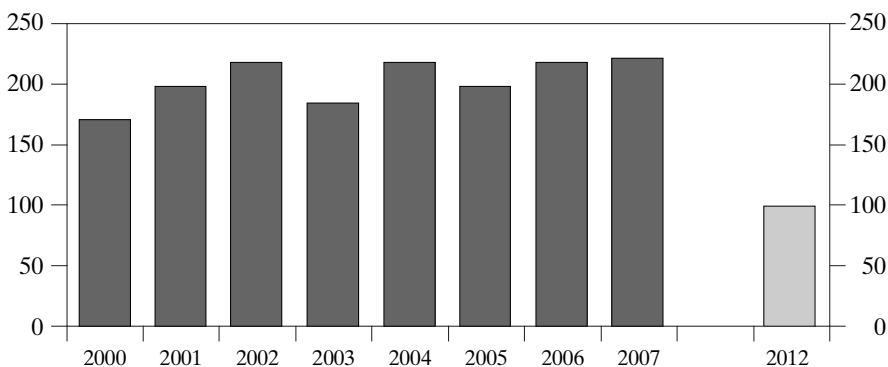
1995 bis 2007; Steigerung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades der Ölheizungsanlagen um 27 %; in %



Eigene Berechnungen.

Bei der Klimaschutzerklärung der deutschen Mineralölindustrie für die Raffinerien, welche der Mineralölwirtschaftsverband im September 2001 abgegeben hat, wird angestrebt, die spezifischen Treibhausgasemissionen der Raffinerien bis 2012 um 10 % gegenüber 1990 von 215 kg CO₂ je t Bruttoreaffinerieerzeugung auf 194 kg CO₂ zu verringern. Tatsächlich lagen die spezifischen CO₂-Emissionen der Raffinerien in den Jahren 2005 bis 2007 bereits bei 172, 168 und 167 kg CO₂ je Tonne Bruttoreaffinerieerzeugung. Damit ist die für 2012 avisierte Zielmarke weit übertroffen worden, der Zielerreichungsgrad für diese Jahre liegt bei 200 % bzw. 219 und 223 % (Schaubild 17.5).

Schaubild 17.5

Zielerreichungsgrade der Raffinerien für das Minderungsziel 20122000 bis 2007; Reduzierung der spezifischen CO₂-Emissionen um 12%; in %

Eigene Berechnungen.

Für die Zukunft wird jedoch eine Erhöhung der spezifischen CO₂-Emissionen aufgrund von Faktoren wie gesetzlichen Anforderungen an die Raffinerieproduktion und die Produktqualitäten erwartet. So ist die ausschließliche Herstellung von schwefelarmen Kraftstoffen seit 2003 mit einem höheren Energieeinsatz in den Raffinerien verbunden. Andere Maßnahmen, etwa die 2007 einsetzende Entschwefelung des leichten Heizöls, sowie weitere Anforderungen an die Spezifikationen der Kraftstoffe im Rahmen des Auto-/Öl-Programms etc. werden die Emissionen künftig wieder steigen lassen. Die sehr hohen Zielerreichungsgrade werden nach Ansicht des Verbandes daher eher von vorübergehender Natur sein.

18. Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft

Die industrielle Kraftwerkswirtschaft wird vertreten durch den VIK, den Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. Dieser arbeitet sektorenübergreifend und nimmt daher unter den am CO₂-Monitoring beteiligten Industrieverbänden eine Sonderstellung ein. Seine Hauptaufgabe sieht der VIK in der Beratung und Vertretung seiner Mitglieder in Fragen der Eigenenergieerzeugung und -nutzung. Nach Angaben des VIK repräsentieren seine Mitgliedsunternehmen zusammen 80 % des industriellen Energieverbrauchs und ca. 90 % der industriellen Stromerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland (VIK 2005a).

Die industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft bildet zusammen mit der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft und der Stromerzeugung der Deutschen Bahn AG die gesamte Elektrizitätsversorgung für Deutschland. Die industriell betriebenen Kraftwerke dienen in erster Linie der Eigenversorgung von Unternehmen mit Strom und Wärme. Nach Angaben des StaBuA (FS4/R6.4) waren 2007 in Deutschland rund 11 Gigawatt (GW) an industrieller Kraftwerksleistung zur Stromerzeugung installiert. Dies sind rund 9,5 % der gesamten in Deutschland zur Verfügung stehenden Engpassleistung.

18.1 Datenbasis

In den Fortschrittsberichten des VIK finden sich detaillierte Angaben über die gesamte Strom- und Wärmeerzeugung der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe und deren Brennstoffeinsatz (VIK 2008, 2005c, 2005d). Ebenso sind dort die entsprechenden Leistungsdaten über die Strom- und Wärmeerzeugung industrieller Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) enthalten. Ferner publiziert der VIK regelmäßig die „*Statistik der Energiewirtschaft*“, aus der detaillierte Angaben zum gesamten Stromsektor und insbesondere zur industriellen Stromerzeugung entnommen werden können (hier VIK 2005b und 2007a).

Die Basis für die Jahre 2002 bis 2007 bildet dabei die Fachserie 4, Reihe 6.4, des Statistischen Bundesamtes (StaBuA/FS4/R6.4). Angaben für 1997 wurden vom VIK in einer eigenen Befragung erhoben. Im Rahmen einer gemeinsamen Studie mit dem Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe, wurden die Daten für 1999 erfasst.

Der VIK weist in seinem Fortschrittsbericht (2005d: 5) darauf hin, dass insbesondere das Datenmaterial für 1997 nicht den gesamten Anlagenbestand

abbildet, da einerseits nicht alle kontaktierten Firmen an der Befragung teilgenommen haben und andererseits von Energieversorgern betriebene Contractinganlagen nicht mit erfasst wurden. Die Stichprobe für 2000 hat nach Aussage des VIK mit 118 Standorten und 298 Anlagen einen hohen Erfassungsgrad erreicht.

18.2 Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Die industriell betriebenen Stromerzeugungsanlagen haben 2007 rund 53,2 Mrd. Kilowattstunden (kWh) produziert, wobei 1 Mrd. kWh einer Terawattstunde (TWh) entsprechen. Dies sind 9,2 % der gesamten deutschen Bruttostromerzeugung. Nach Abzug des Eigenverbrauchs ergibt sich eine Netto-Erzeugung von gut 49 Mrd. kWh. Rund 52,6 % dieser Menge wurden über KWK-Anlagen erzeugt. Neben Strom wird auch Wärme in den industriellen Kraftwerken produziert. 2007 wurden insgesamt 87,3 Mrd. kWh Wärme erzeugt, davon etwa 79,8 Mrd. kWh durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) (StaBuA/FS4/R6.4; Tabelle 18.3)).

Die industrielle Bruttostromerzeugung ist zwischen 1995 und 2007 deutlich um rund 13 Mrd. kWh bzw. 19,9 % (VIK 2005b: 92, 2007a: 125; StaBuA/FS4/R6.4) gesunken. Der größte Rückgang war bei Kohlekraftwerken zu verzeichnen. Zwischen 1995 und 2007 sank die Stromerzeugung aus Steinkohle um etwa 11,4 Mrd. kWh. Braunkohleverstromung nahm um rund 5,2 Mrd. kWh ab. Demzufolge sanken die Anteile von Stein- und Braunkohle in diesen Jahren um 12,3 Prozentpunkte auf 24,3 % bzw. um 6,6 Prozentpunkte auf 6,1 %. Steinkohle bleibt dennoch der wichtigste Primärenergieträger neben Erdgas, das seinen Anteil um 6,5 % auf 31,7 % steigern konnte. Vor allem aber nahmen die sonstigen Energieträger wie Biomasse, Müll und weitere regenerative Energieträger an Bedeutung zu. Ihr Anteil an der industriellen Bruttostromerzeugung betrug 2007 fast 20 % im Vergleich zu knapp 6 % im Jahr 1995.

Die auf KWK-Basis erzeugte absolute Strommenge lag 2005 bei 25,6 Mrd. kWh sowie 2006 und 2007 bei 25,8 Mrd. kWh. Damit hat sie zwischen 2004 und 2007 um 12,4 % zugenommen. Ihr Anteil an der gesamten industriellen Stromerzeugung stieg von 51,8 % in 2004 auf über 55 % in 2005 und 2006, ging aber 2007 auf 52,7 % zurück.

Insgesamt zählt der VIK derzeit etwa 360 Unternehmen. 76 davon gehörten 2002 zu den 500 größten der Bundesrepublik Deutschland. Die 360 Unternehmen beschäftigten nach Angaben des VIK im Jahr 2002 rund 3,6 Mill. Personen und erwirtschafteten einen Umsatz von rund 896 Mrd. €.

18.3 Die Selbstverpflichtung

Der VIK hat in seiner Selbstverpflichtungserklärung kein quantitatives Klimaschutzziel abgegeben, da Energieverbrauch und Minderungsanstrengungen der Mitgliedsunternehmen des VIK bereits durch die jeweiligen Branchenverbände berücksichtigt werden. Durch dieses Vorgehen werden Doppelzählungen vermieden. Der VIK sieht sich als Querschnittsverband in Bezug auf die Klimaschutzklärung der deutschen Industrie vornehmlich in einer Katalysatorfunktion für den rationellen und ressourcenschonenden Energieeinsatz seiner Verbandsmitglieder. Als wesentliche Aufgabe betrachtet er es hierbei, innovative technologische Ansätze in Hinblick auf ihre Anwendungsfähigkeit in unterschiedlichen Branchen zu analysieren und Hinweise für die Praxis zu geben (VIK 2005c:2).

18.4 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung bei KWK-Anlagen

Nach Angaben des VIK war es in den vergangenen Jahren vorrangiges Ziel des Verbandes, die Mitgliedsunternehmen anzuhalten, die KWK-Anlagen trotz des engen Förderspielraums durch das KWK-Gesetz beizubehalten und zu modernisieren (VIK 2005c: 3f). Es gelang seiner Aussage nach, die Anzahl der Stilllegungen deutlich zu reduzieren. In Einzelfällen konnten neue klimaschutzförderliche KWK-Projekte realisiert werden (VIK 2005c: 5). Begleitend dazu wurde im Rahmen der Verbandsarbeit intensiv auf den Gesetzgeber eingewirkt, die Rahmenbedingungen für die industriellen KWK-Aktivitäten zu verbessern. Dies ist jedoch nach Aussage des VIK nur eingeschränkt gelungen.

Darüber hinaus ist der VIK auf den verschiedensten Ebenen für den Ausbau von KWK-Anlagen unterstützend tätig. So hat der Verband etwa durch einen speziellen KWK-Arbeitskreis einen Know-how-Transfer rund um diese Technik organisiert, um technische, ökonomische und rechtliche Fragestellungen zu erörtern (VIK 2005c:7).

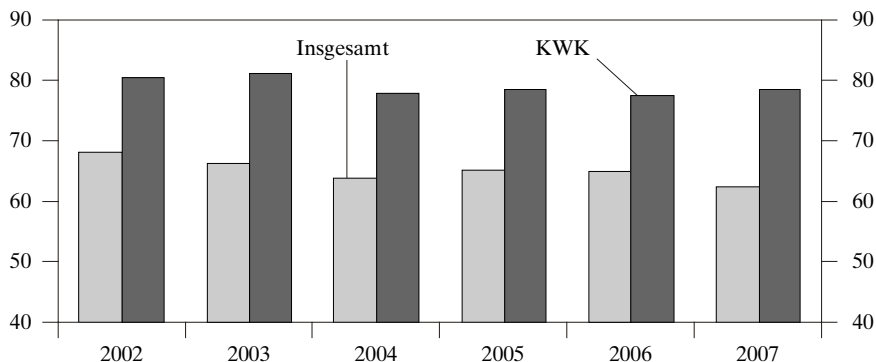
Der Beitrag, den KWK zur Klimavorsorge leisten kann, wird aus Schaubild 18.1 deutlich. Der Nutzungsgrad für KWK-Anlagen wird vom Statistischen Bundesamt für 2004 sowie 2005 bis 2007 mit Werten zwischen 77,5 % und 78,5 % angegeben. Der Nutzungsgrad hat sich damit gegenüber den Jahren 2002 (80,4 %) und 2003 (81 %) etwas verschlechtert, was auf einen ungünstigeren Anlagenmix schließen lässt. Gleichzeitig ist eine verbesserte Plausibilitätsprüfung bei der Datenerfassung durch die Unternehmen in jüngeren Jahren anzunehmen.

Die Werte übertrafen deutlich die berechneten mittleren Nutzungsgrade für den gesamten industriell betriebenen Anlagenbestand. Dabei lag 2007 die

Differenz mit 16,1 Prozentpunkten zwar deutlich höher als in den beiden Jahren zuvor mit 13,3 bzw. 12,6 Prozentpunkten. Diese hatte jedoch bereits in den Jahren 2003 und 2004 14,7 bzw. 14,1 Prozentpunkte betragen, sodass sich eine tendenziell weitere Verbesserung nicht erkennen lässt.

Schaubild 18.1

Nutzungsgrade der industriell betriebenen Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen
2002 bis 2007, in %



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 6.4.

In der nachfolgenden Tabelle sind exemplarisch einige Maßnahmen zur Verbesserung der Effizienz für die Strom- und Wärmebereitstellung in Kraft-Wärme-Kopplung aufgeführt, die der VIK bei einer entsprechenden Befragung seiner Mitglieder zu Modernisierungs- und Ausbauprojekten im Rahmen des KWK-Gesetzes ermittelt hat (Tabelle 18.1, VIK 2008: 8). Nach Angaben des Verbandes führten beispielsweise Optimierungen an einer Gasturbinenanlage sowie Verbraucheroptimierung bei der Grace-Chemie in den Jahren 2005 bis 2007 zu Einsparungen beim Einsatz von Strom, Erdgas und Dampf in Höhe von 35,8 MWh (VIK 2008). Der Papierfabrik Weener gelang es, durch den Bau eines neuen BHKW mit Klärgasnutzung 2006 und 2007 Erdgas in Höhe von 6,3 MWh einzusparen. Bei der Sasol Chemie erreichte man 2007 durch Nutzung von Abwärme zur Prozesswasservorwärmung in der KWK-Anlage einen um 59,1 MWh geringeren Erdgaseinsatz. Bei den Urbana Energiediensten führte 2007 der Neubau von Erdgas- und Pflanzenöl-BHKWs zu einer Energieeinsparung bei Erdgas und Strom von 57,3 MWh sowie 2005 bis 2007 zu einer CO₂-Reduktion von 39 304 t. Die Papierfabrik Weig erwartet durch den Neubau einer Gasturbine mit Abhitzeessel mit 14,5 kW_{el} und 100 t Dampf/h ab 2007 jährlich einen um 56 000 t geringeren CO₂-Ausstoß.

Tabelle 18.1

Ausgewählte Modernisierungsvorhaben der Industrie im Rahmen des KWK-Gesetzes

Maßnahme	Jahr	Unternehmen/Branche
Neubau Pflanzenöl-BHKW	2005-2007	Urbana Energiedienste
Ersatz Wärmeerzeugung durch Erdgas-BHKW	2005-2007	Urbana Energiedienste
Maßnahmen zu Effizienzsteigerung an den KWK-Anlagen	2005-2007	Chemieparks Leverkusen, Dormagen und Uerdingen
Effizienzsteigerung KWK-Anlage	2005-2007	Grace Chemie
Neubau BHKW mit Klärgasnutzung	2006-2007	Papierfabrik Weener
Neubau Gasturbine 11,4 MW _{el}	2006-2007	Weig-Karton Papier
Neubau Gasturbine 7 MW _{el}	2005	Industriepark Walsrode
EBS-KWK-Anlage, Modernisierung	2005	Bremer Wollkämmerei
KWK-Contracting Reifenwerk 2 MW _{el}	2005	STEAG Fürstenwalde
Modernisierung GuD-Anlage 160 MW _{el}	2005	Infraserv, Chemiapark
Neubau KWK-Anlage Braunkohlenkessel mit Dampfturbine 25 MW _{el}	2005	Zuckerfabrik Jülich
Neubau BKS-Anlage 2,1 MW _{el}	2005	MAN Nutzfahrzeuge Nürnberg
Kraft-Wärme-Kälteerzeugung für AMD	2005	Drewag, AMD
Nachrüstung Dampfturbine hinter Kesselanlage 1,8 MW _{el}	2005	Papierfabrik Wolfsheck
Pflanzenöl BHKW	2006	MTU Aero Engines
Nutzung von Abwärme zur Prozesswasservorwärmung in KWK-Anlage	2007	Sasol Chemie
Optimierung Kesselspeisewassererwärmung	2007	Felix Schöller Papier

Nach Angaben des VIK (2008).

Nach Angaben des VIK ist die industrielle Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen seit 1997 zurückgegangen (Tabelle 18.2). Wurden 1997 noch 36,2 Mrd. kWh Strom erzeugt, waren es im Jahr 2002 insgesamt nur noch 23,0 Mrd. kWh. Die Höhe des Rückgangs bezogen auf 1997 kann nur als ungefähre Angabe gelten, da der Wert für die Stromerzeugung von 1997 auf einer Erhebung des VIK beruht, bei der nicht alle Anlagen erfasst werden konnten, andererseits aber auch Anlagen der öffentlichen Versorgung mit erfasst wurden. Ein wichtiger Grund für die geringere Erzeugung war die rückläufige Wärmenachfrage der Industrie. Infolge einer sinkenden Produktionsmenge in der Grundstoffindustrie sank der dortige Wärmebedarf. Zudem konnte durch Maßnahmen der rationellen Energieverwendung der Prozesswärmeinsatz reduziert werden.

Zwischen 2002 und 2004 blieb das Niveau der Stromerzeugung aus KWK-Anlagen mit etwa 23 Mrd. kWh stabil, während die entsprechende Wärme-

erzeugung um 3 % sank. Bis 2007 nahm die Stromerzeugung jedoch deutlich auf einen Wert von 25,7 Mrd. kWh zu. Die Wärmeerzeugung hingegen blieb erneut auf dem Niveau von 2002.

Tabelle 18.2

Industrielle Strom- und Wärmeerzeugung aus KWK-Anlagen

1997 bis 2007; in Mrd. kWh

	1997 (VIK)	1999 (ISI)	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Stromerzeugung								
Dampfturbinen	28,5	21,7	13,7	13,8	13,0	13,5	13,8	13,5
Gasturbinen	7,2	0,8	8,9	9,3	9,4	11,6	11,3	11,4
Sonstige	0,5	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	0,8
Insgesamt	36,2	22,7	23,0	23,5	22,8	25,6	25,8	25,7
Wärmeerzeugung								
Dampfturbinen	75,6	40,4	62,3	63,7	62,0	61,7	59,5	59,1
Gasturbinen	6,9	3,1	16,9	17,5	14,5	17,4	17,7	19,7
Sonstige	0,5	0,2	0,7	0,7	1,0	0,8	1,1	1,1
Insgesamt	83,0	43,7	79,9	81,9	77,5	79,9	78,3	79,9

Nach Angaben des VIK (2005c: 10) sowie StaBuA (FS4/R6.4).

Insgesamt stieg die industrielle Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen von 2002 bis 2007 um 2,6 %, während die Zunahme der gesamten industriellen Strom- und Wärmeerzeugung mit 3 % nur leicht darüber lag (Tabelle 18.3). Der Anteil der KWK-Anlagen am Wärmemarkt schwankte zwischen 88 und 91,5%. Der Anteil an der Stromerzeugung stieg von 53,4 % 2002 auf über 55 % in 2005 und 2006 und ging bis 2007 auf 52,6 % zurück.

Tabelle 18.3

Industrielle Eigenerzeugung von Strom und Wärme insgesamt sowie aus KWK-Anlagen

1998 bis 2007; in Mrd. kWh

	1998	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Stromerzeugung	52,9	43,0	44,1	44,2	46,0	46,9	49,0
dav.: KWK-Strom	29,6	23,0	23,5	22,9	25,6	25,8	25,8
Wärmeerzeugung	k.A.	89,2	89,7	88,1	90,2	88,8	87,3
dav.: KWK-Wärme	87,0	79,9	81,9	77,4	79,9	78,3	79,8

Nach Angaben des VIK (2007b: 4) und des StaBuA (FS4/R6.4).

Die Struktur im KWK-Anlagenpark hat sich im Zeitraum 1997 bis 2007 sichtlich verändert. Der Anteil der Dampfturbinen zur Stromerzeugung lag 1997 noch bei 79 %; er sank jedoch bis 2007 zugunsten von Gasturbinen auf 52,5 %. Der Anteil der Gasturbinen konnte sich somit von 20 % auf 44,4% steigern. Die Bedeutung von Verbrennungsmotoren und sonstigen Anlagen

hat ebenfalls zugenommen. Ihr Anteil am KWK-Anlagenpark stieg von 1,4 % im Jahr 1997 auf immerhin 3,1 % im Jahr 2007 (Tabelle 18.2).

Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich bei der Wärmeerzeugung. Der Anteil von Dampfturbinen sank zwischen 1997 und 2002 von 91 % auf 78 %. Nach einem vorübergehenden leichten Anstieg in 2004 auf 80,4 % ging er bis 2007 zurück auf 74 %. Der Anteil der Gasturbinen stieg demgegenüber zwischen 1997 und 2007 von gut 8 % auf 24,7 % (Tabelle 18.2). Der Anteil von Wärmeerzeugung durch Verbrennungsmotoren und sonstige Anlagen ist hier vernachlässigbar gering. Grund für den Bedeutungsgewinn der Gasturbinen ist neben dem höheren Wirkungsgrad auch die größere Stromkennzahl einer kombinierten Gas-und-Dampfturbinen-Anlage (GuD). Da die Relation vom Wärmebedarf zum Strombedarf der Prozesse sich zu ungunsten des Wärmebedarfs entwickelt hat, waren und sind Erzeugnistechiken mit größerer Stromkennzahl erforderlich. Bei GuD-Anlagen ´mit einer Stromkennzahl von ca. eins und einem Gesamtnutzungsgrad von über 80 % erreicht man so 40 % elektrischen Wirkungsgrad. Diese Werte sind nach Angaben des Verbandes mit reinen Dampfturbinen nicht zu erreichen. Eine Gasturbine als Vorschaltanlage wird somit attraktiver. Jedoch sind auch die Nutzungsmöglichkeiten für die Wärmenutzung aus GuD-Anlagen begrenzt, da dem Wärmeangebot eine entsprechende Nachfrage durch nachgelagerte Anwendungsprozesse gegenüberstehen muss.

Der Rückgang der industriellen Strom- und Wärmeerzeugung aus KWK-Anlagen um die Jahrhundertwende stand nach Aussagen des VIK in Zusammenhang mit der Strompreisentwicklung für Industriekunden. Sinkende Bezugskosten für Strom bei gleichzeitig steigenden Preisen für Erdgas führten zu einer spürbaren Zurückhaltung beim Betrieb von Anlagen zur Eigenstromerzeugung. Zwischen 1999 und 2002 sank die gesamte industrielle Netto-Stromerzeugung um rund 14 %. Demgegenüber ging die Stromerzeugung aus KWK überproportional um fast 36 % zurück (VIK 2005b: 96). Der VIK führt als Argument für diese Entwicklung eine unangemessene Vergütungsabhängigkeit von den Stromnetzbetreibern sowie Widersprüche in der KWK-Gesetzgebung hinsichtlich der Einspeisevergütung an (VIK 2005c: 4). Zudem ist der hohe Prozentsatz von 36 % zum Teil auch auf Änderungen in der statistischen Erfassung zurückzuführen, infolge derer von der Kategorie „Strom aus KWK-Anlagen“ zu „KWK-Stromerzeugung“ umgestellt wurde (StaBuA 2004). Zwischen 2002 und 2007 ist ein Anstieg der gesamten Nettostromerzeugung um insgesamt 13,9 % zu verzeichnen bei einem nahezu gleich hohen Anstieg der Stromerzeugung aus KWK um 12,1 %. Die Schere in den Entwicklungen hat sich damit wieder geschlossen.

18.5 Zusammenfassung und Bewertung

Aufgrund seiner Sonderstellung als Querschnittsverband hat der VIK keine quantitative Selbstverpflichtung im Rahmen der Klimaschutzvorsorge der deutschen Industrie abgegeben. Dies dient vor dem Hintergrund des Problems erheblicher Doppelzählungen einer widerspruchsfreien Bilanzierung der CO₂-Emissionsminderungen im Industriebereich.

Der VIK hat in den letzten Jahren besondere Anstrengungen unternommen, um die Rahmenbedingungen für klimaförderliche KWK-Anlagen zu verbessern. Mit dazu beigetragen hat sicherlich, dass sich die KWK in starkem Wettbewerb mit anderen umweltfreundlichen Formen der Energiebereitstellung befindet. Die Entwicklung zeigt, dass speziell in den Jahren 2005 bis 2007 eine deutliche Ausweitung der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung erfolgt ist.

19. Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

Deutschland hält innerhalb Europas den größten Kraftwerkspark vor. Insgesamt war im Jahr 2006 eine inländische Kraftwerksleistung von 114 GW installiert. Davon gehörten allein 103 GW der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft (StaBuA/FS4/R6.4).

Unter dem Begriff der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft werden die nicht-industriellen Stromerzeuger, die Netzbetreiber sowie die Endversorgungsunternehmen für Elektrizität zusammengefasst. Im Strommarkt sind gegenwärtig rund 1 100 Unternehmen aktiv (BDEW 2008: 5). Zusammen mit der industriellen Kraftwerkswirtschaft, der Stromerzeugung der Deutschen Bahn AG und den privaten Erzeugern bildet dieser Sektor die gesamte Elektrizitätsversorgung. Dabei hat die allgemeine Elektrizitätsversorgung die mit Abstand größte Bedeutung. Sie zeichnet für rund 30 % der in Deutschland insgesamt emittierten Menge an treibhausgasrelevantem CO₂ verantwortlich (VDEW 2007, UBA 2007b).

19.1 Datenbasis

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft wird vertreten durch den Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW). Er tritt an die Stelle des Verbandes der Elektrizitätswirtschaft (VDEW), der sich im Herbst 2007 mit den anderen Einzelverbänden der Energie- und Wasserwirtschaft zu einem Gesamtverband zusammengeschlossen hat. Der VDEW hat im Rahmen seiner Fortschrittsberichte Angaben hinsichtlich der Nettostromerzeugung von 1991 bis 2004 und der CO₂-Emissionsmenge für 1990 bis 2004 gemacht (VDEW 2005 und 2007) und aus beiden Datenreihen einen spezifischen CO₂-Emissionswert je netto erzeugter Kilowattstunde Strom ermittelt. Dieser Wert wird ausgewiesen, einmal bezogen auf den gesamten Energiemix – einschließlich Kernenergie und regenerative Energien – zum anderen allein für fossile Brennstoffe. Die Fortführung der Datenreihen bis 2007 wurde nun vom BDEW übernommen (BDEW 2008).

Zur Ermittlung der Nettostromerzeugung für 1990 wurden die CO₂-Emissionen sowie ein vom VDEW für dieses Jahr geschätzter spezifischer Emissionswert von 0,67 kg CO₂/Nettokilowattstunde herangezogen. Durch eine Division der absoluten Emissionsmenge durch den spezifischen Wert ergibt sich eine Nettostromerzeugung von rund 431 Mrd. kWh. Beide Datenreihen stellen die Grundlage des Monitoringberichtes dar.

Im Rahmen der Veröffentlichung der Bruttostromerzeugung der Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) publiziert das Statistische Bundesamt monatlich den für die Bruttostromerzeugung erforderlichen Verbrauch an CO₂-relevanten fossilen Brennstoffen (StaBuA, Ausgewählte Zahlen zur Energiewirtschaft, verschiedene Jahrgänge). Bis 2002 erfolgte dieser Ausweis des Verbrauchs ausschließlich für die Strom-, ohne die Wärmeerzeugung. Mittels der für das Monitoring vereinbarten CO₂-Faktoren ließ sich hieraus ein Emissionsvolumen für die allgemeine Elektrizitätswirtschaft ermitteln. Bei einer Gegenüberstellung mit den VDEW-Angaben zu den Emissionen im Monitoringbericht 2000 - 2002 (RWI 2005) ergaben sich lediglich geringfügige Abweichungen der StaBuA-Daten nach unten. Dies ist wahrscheinlich auf die Einbeziehung von Kraftwerken zurückzuführen, die dem Bereich der industriellen Eigenerzeugung und nicht der allgemeinen Stromversorgung zuzuordnen sind.

Die für die Berechnung der spezifischen Emissionen je netto erzeugter Kilowattstunde erforderliche Nettostromerzeugung ergibt sich aus der Differenz der Bruttostromerzeugung aus Kraftwerken der EVU (einschließlich Bahn) und des Eigenverbrauchs (StaBuA 2000). Abweichungen gegenüber den Werten des VDEW lagen hier im Jahr 2000 bei rund 5 %.

Im Jahr 2000 wurde die Berichterstattung zur Stromerzeugung sowohl vom VDEW als auch vom Statistischen Bundesamt umgestellt. Die Produktionsmenge der Deutschen Bahn AG wird seitdem nicht mehr getrennt ausgewiesen, sondern der allgemeinen Stromerzeugung zugerechnet. Der Anteil der Bahn an der Bruttoerzeugung der allgemeinen Versorgung ist jedoch vergleichsweise gering und betrug 2002 etwa 1,4 %. Zudem sind einige Industriekraftwerke in den neunziger Jahren umgruppiert worden. Um die Daten für die Nettostromerzeugung und die Emissionen mit denen des Basisjahres vergleichen zu können, wurde eine entsprechende Bereinigung analog den vorangegangenen Fortschrittsberichten vorgenommen. Bei den Emissionen konnten die Umbuchungen weitgehend auf Basis messtechnisch ermittelter bzw. im Rahmen der Emissionsberichterstattung für das Europäische Schadstoffemissionsregister EPER berichteter Werte erfolgen. Die Werte der Nettostromerzeugung sind entweder von den entsprechenden Unternehmen berichtet oder auf Basis der Werte von 1999 geschätzt (VDEW 2007).

Ausführungen zu ergriffenen CO₂-Minderungsmaßnahmen der EVU sind dem Fortschrittsbericht des BDEW (2008) entnommen. Ferner veröffentlicht das Statistische Bundesamt in der Fachserie 4, Reihe 6.1, detailliertes Zahlenmaterial hinsichtlich der Investitionstätigkeit der allgemeinen Elektrizitätsversorgung.

19.2 Energieverbrauch und Produktion

In den insgesamt mehr als 1 200 betriebenen Kraftwerken der EVU wurden nach vorläufigen Schätzungen in 2007 rund 523 Mrd. kWh Strom brutto und – nach Abzug des Eigenverbrauchs – 488 Mrd. kWh netto erzeugt (BDEW 2008, StaBuA/FS4/R6.5). 26,9 % der Bruttostromerzeugung wurden aus Kernenergie gewonnen, Braunkohle trug mit einem Anteil von 29 %, Steinkohle mit 24,7 % und Erdgas mit 11 % dazu bei. Der Beitrag der Erneuerbaren Energien lag zusammengenommen bei 5,3 %.

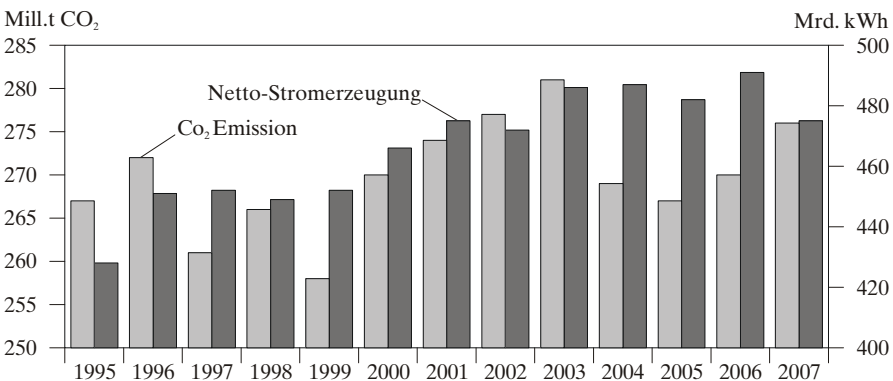
Etwa 62,5 Mrd. kWh wurden an Nachbarländer abgegeben, während 46 Mrd. kWh aus dem Ausland importiert wurden. Während in früheren Jahren der Import-/Exportsaldo nahezu ausgeglichen war, ist nun über den gesamten Berichtszeitraum ein Stromexportsaldo zu verzeichnen. So belief sich der Exportüberschuss 2005 auf 5 TWh, 2006 und 2007 lag er bei jeweils 17 TWh (StaBuA/FS4/R6.5)

Die den EVU nach statistischer Bereinigung zuzuordnende Nettostromerzeugung ist in den vergangenen Jahren deutlich gestiegen. 1995 wurden netto 428 Mrd. kWh von der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft erzeugt. Dieser Wert stieg bis 2004 auf 487 Mrd. kWh. 2007 ist eine leichte Abnahme um rund 2,5 % auf 475 Mrd. kWh festzuhalten (Schaubild 19.1).

Schaubild 19.1

CO₂-Emissionen und Netto-Stromerzeugung der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft

1995 bis 2007; ohne umgruppierte Industriekraftwerke und Deutsche Bahn



Nach Angaben des VDEW (2007) und des BDEW (2008).

19.3 Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen

Das deutsche Energierecht hat im vergangenen Jahrzehnt bedeutende Novellierungen und Ergänzungen erfahren. Zu den bedeutendsten zählen neben dem durch die EU-Kommission forcierten Liberalisierungsprozess der Energieversorgung, die Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes (KWK).

Die Liberalisierung auf europäischer Ebene wurde im Juli 1996 mit der Verabschiedung der EU-Richtlinie 96/92/EG eingeleitet, die die Mitgliedstaaten zur schrittweisen Öffnung der nationalen Strommärkte verpflichtete. Eine Möglichkeit der nationalen Umsetzung bestand im „Verhandelten Netzzugang“, die die Spitzenverbände der deutschen Stromwirtschaft zur Vereinbarung der „Freiwilligen Verbändevereinbarung“ im April 1998 nutzten. Diese umfasst die Durchleitungsregeln für Strom durch Fremdnetze. Im Dezember 1999 trat deren zweite Fassung in Kraft, welche wiederum im Januar 2002 durch die „Freiwillige Verbändevereinbarung II plus“ abgelöst wurde.

Mit der europäischen Richtlinie 2003/54/EG vom Juli 2003 erfolgte eine grundlegende Reformierung des Binnenmarktes für Strom (Wiedmann, Lagerfeldt 2004). Die EU-Mitgliedstaaten sind demnach verpflichtet, durch nationale Rechtsetzung eine Trennung von Stromerzeugung und Netzbetrieb zu bewerkstelligen. Zudem wurde die Einrichtung einer Regulierungsbehörde verpflichtend, deren Aufgabe in der Sicherung eines diskriminierungsfreien Zugangs zu den Stromnetzen besteht.

Die Umsetzung der Richtlinie 2003/54/EG in deutsches Recht erfolgte im Juli 2005 durch ein neues Energiewirtschaftsgesetz (EnWG). Der Netzzugang wird seitdem durch dieses Gesetz geregelt, das die „Freiwillige Verbändevereinbarung“ abgelöst hat.

Neben der Liberalisierung der Strommärkte ist die Erhöhung des Anteils der Erneuerbaren Energien Ziel der Europäischen Union. Der Anteil innerhalb der EU-15 sollte um 8 % auf 22 % am Bruttostromverbrauch erhöht werden (EU 2001b:11). Mit der EU-Erweiterung um 10 Staaten wurde das Ziel um einen Prozentpunkt auf insgesamt 21 % abgesenkt.

Die Umsetzung in nationales Recht erfolgte durch das Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) im Jahr 2000. Es verpflichtet Stromnetzbetreiber Anlagen zur regenerativen Energiegewinnung an ihr Netz anzuschließen, deren gesamte Stromerzeugung abzunehmen und zu vergüten. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz schreibt für einen Zeitraum von 20 Jahren eine gestaffelte Vergütung der Erzeugung vor, die über eine bundesweite Umlageregelung auf alle Netzbetreiber verteilt wird. Eine im

Jahr 2004 erfolgte Novellierung schreibt Anteile für Erneuerbare Energien von 12,5 % bis 2010 und 20 % bis 2020 fest. Gleichzeitig erfolgte eine Anpassung der Vergütungssätze. Insbesondere für Strom aus Windkraftanlagen wurde ein Mindestertragskriterium festgelegt.

Die Auswirkung der Förderung Erneuerbarer Energien mittels des EEG kann insbesondere am Beispiel der Windkraftanlagen nachvollzogen werden. Tabelle 19.1 beschreibt sowohl den Zubau von Anlagen als auch an Leistung für den Zeitraum von 1995 bis 2007. Zwischen 1995 und 2002 nahmen sowohl der Zubau an Anlagen als auch der an Leistung zu, ab 2003 waren beide rückläufig. Insgesamt stieg die installierte Leistung von knapp 1 150 MW in 1995 auf etwa 22 250 MW im Jahr 2007 an.

Tabelle 19.1

Zubau und kumulierte Leistung von Windenergieanlagen in Deutschland

1995 bis 2007; Leistung in MW

	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Zubau Anzahl	1 070	1 495	2 079	2 328	1 703	1 201	1 049	1 208	883
Zubau Leistung	505	1 665	2 659	3 247	2 645	2 037	1 808	2 233	1 667
Installierte Leistung	1 137	6 095	8 754	12 001	14 609	16 629	18 428	20 622	22 247

Nach Angaben des Bundesverbands Windenergie e.V. (2008).

Neben dem Ausbau der Erneuerbaren Energien wurde im April 2002 mit der Neufassung des „Gesetzes über die friedliche Verwendung der Kernenergie und dem Schutz gegen ihre Gefahren“ (AtG) der geordnete Ausstieg aus der Kernenergienutzung rechtlich festgeschrieben. Die zwischen der Bundesregierung und den Elektrizitätsversorgungsunternehmen vereinbarten Reststrommengen für bereits existierende Kernkraftwerke sind Teil des Gesetzes. Insgesamt betrug die verabredete Reststrommenge ab dem 1. Januar 2000 gut 2 500 Mrd. kWh für alle betriebenen Kernkraftwerke. Für das fertig gestellte, aber nicht in Betrieb befindliche Kraftwerk Mühlheim-Kärlich erfolgte eine Sondergutschrift von etwa 107 Mrd. kWh, so dass sich die gesamte verbliebene Strommenge auf über 2 600 Mrd. kWh summiert. Am 14. November 2003 ging im niedersächsischen Stade das erste deutsche Kernkraftwerk vom Netz. Am 11. Mai 2005 folgte die Stilllegung des Kernkraftwerks Obrigheim in Baden-Württemberg.

19.4 Die Selbstverpflichtung

Die Unternehmen der deutschen Elektrizitätswirtschaft haben in ihrer aktualisierten Selbstverpflichtungserklärung vom März 1996 eine Minderung der CO₂-Emissionen bis 2015 um bundesweit 12 % im Vergleich zu 1990 zugesagt (Übersicht 19.1). Bestandteil der Erklärung sind jedoch einschränkende Annahmen hinsichtlich der erwarteten Energiepolitik Deutschlands.

Übersicht 19.1

Vorbehaltliche Minderungszusage der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft

Ziel bis 2015	Minderung der CO ₂ -Emissionen um 12 % gegenüber 1990, vorbehaltlich der angenommenen Rahmenbedingungen.
Basisjahr	1990

Nach Angaben des VDEW (2005).

Ausdrücklich wird in der Minderungszusage ein Reduktionsvolumen in Höhe von 10 Mill. t CO₂ an die Wiederinbetriebnahme des Kernkraftwerks Mühlheim-Kärlich geknüpft. Ferner geht der VDEW in seiner Erklärung zur Klimavorsorge davon aus, dass die Stromerzeuger in der Wahl des Energiemix frei entscheiden können, ein ungestörter Betrieb der Kernkraftwerke möglich ist und die Nutzungsdauer und Leistung der bestehenden Kernkraftwerke erhöht werden kann.

Übersicht 19.2

Selbstverpflichtung der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft

Ziel bis 2015	Minderung der CO ₂ -Emissionen um 25 Mill. t gegenüber 1990 auf 264 Mill. t CO ₂ .
Basisjahr	1990

Nach Angaben des VDEW (2005).

1990 wurden insgesamt 289 Mill. t CO₂ emittiert. Unter den vom VDEW gemachten Annahmen würde demnach eine CO₂-Minderung von rund 35 Mill. t angestrebt. Mit Beendigung des Rechtstreits um das Kraftwerk Mühlheim-Kärlich im Jahr 2001 und dem beantragten Rückbau der Anlage vermindert sich diese Reduktionszusage nun um 10 Mill. t. Demnach verpflichten sich die Unternehmen der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft – trotz Stromverbrauchszuwachs, jedoch vorbehaltlich weiterer Einschränkungen nach 2002, die den Betrieb der Kernkraftwerke berühren - ihre CO₂-Emissionen bis 2015 um insgesamt 25 Mill. t auf 264 Mill. t CO₂ zu reduzieren (Übersicht 19.2).

19.5 Bis 2007 erreichte CO₂-Minderungen

Die Unternehmen der allgemeinen Elektrizitätsversorgung haben 2007 der Stromerzeugung zuzuordnende CO₂-Emissionen in Höhe von etwa 276 Mill. t CO₂ emittiert (Tabelle 19.2). Dies ist im Vergleich zu 2004 ein Anstieg um 7 Mill. t CO₂ bzw. 2,6 % bei einem gleichzeitigen Rückgang der Nettostromerzeugung um 12 Mrd. kWh oder 2,5 %. In Bezug auf 1990 wurden 13 Mill. t CO₂, d.h. 4,5 % weniger ausgestoßen, wohingegen die Nettostromerzeugung um 44 Mrd. kWh bzw. 10,2 % anstieg.

Hierbei sind die CO₂-Emissionen der allgemeinen Versorgung um die Auswirkungen des seit 2003 einsetzenden Kernenergieausstiegs bereinigt worden (siehe hierzu auch Abschnitt 19.6). Konkret betrifft dies laut Verband die Stilllegungen des Kernkraftwerks Stade am 14. November 2003 und des Kernkraftwerks Obrigheim am 11. Mai 2005. Der VDEW geht davon aus, dass im Jahresdurchschnitt der nachfolgenden Jahre bei einem Weiterbetrieb in Stade netto 4,6 Mrd. kWh und in Obrigheim 2,7 Mrd. kWh erzeugt worden wären. Der politisch gewollte Rückgang der Kernkraft wird vom Verband im Rahmen der Selbstverpflichtungserklärung, die unter der Annahme eines ungestörten Betriebes der Kernkraftwerke abgegeben wurde, dadurch berücksichtigt, dass der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft eine entsprechende Menge an CO₂-Emissionen, die durch diese Produktion vermieden worden wären, angerechnet wird. Für die Bewertung der zusätzlichen Emissionen im Grundlastbereich durch den Wegfall der Kernenergie wurde hier der fiktive CO₂-Koeffizient, der die Substitution der Kernkraft durch Steinkohle und Braunkohle zu gleichen Teilen unterstellt, zugrunde gelegt (BDEW 2008: 12). Hiernach hätte sich bei Weiterbetrieb der Kernkraftwerke im Jahr 2005 eine Einsparung von 6,4 Mill. t CO₂ ergeben. 2006 und 2007 wären es jeweils 7,5 Mill. t CO₂ gewesen.

Tabelle 19.2

Nettostromerzeugung und CO₂-Emissionen der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft1990 bis 2007; Ziel: Reduktion der CO₂-Emissionen um 25 Mill. t auf 264 Mill. t bis 2015

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Produktion, Mrd. kWh	431	428	466	487	482	491	475
Emissionen, Mill. t	289	267	270	269	267	270	276

Nach Angaben des VDEW (2005 und 2007) sowie des BDEW 2008.

Für die spezifischen Emissionen ergab sich folgendes Bild: Nach Angaben des VDEW (2007) betragen die CO₂-Emissionen je erzeugter Nettokilowattstunde 2005 und 2006 rund 0,57 kg CO₂ und 2007 rund 0,60 kg CO₂. Gegenüber 2004 bedeutet das bis 2007 einen Anstieg um 0,04 kg CO₂/kWh (Tabelle 19.3). Ein ähnlich hoher Wert wie 2007 zeigte sich mit 0,59 kg CO₂/kWh seit Mitte der neunziger Jahre letztmalig in den Jahren 2001 und 2002 (RWI 2007: 240). Im Vergleich zu 1990 bedeutet der Wert von 2007 eine Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen um 0,07 kg/kWh bzw. 10,4 %.

Neben dem spezifischen Emissionswert, der sich auf den gesamten Energiemix bezieht, hat der VDEW auch Angaben zu spezifischen Emissionen veröffentlicht, in denen berücksichtigt wird, dass mit Kernenergie und Erneuerbaren Energien kein CO₂-Ausstoß verbunden ist. Das Emissionsvolumen wird dadurch verursachergerecht zur fossilen Nettostromerzeugung in Verhältnis gesetzt. Diese spezifischen Werte liegen bedeutend

höher (Tabelle 19.3). Hier sind die Werte mit 0,92 kg CO₂ je fossiler Nettokilowattstunde 2005 und 2006 gegenüber 2004 konstant geblieben. 2007 ging der spezifische Emissionswert um 0,01 kg/kWh bzw. 1,1 % zurück. Im Vergleich zu 1990 sank der Wert bis 2007 um 0,17 kg CO₂ je fossiler Nettokilowattstunde bzw. um 15,7 %. Die Minderungsrate lag damit deutlich über der des spezifischen Werts, der Kernkraft und Erneuerbare Energien einschließt (10,4 %).

Tabelle 19.3

Spezifische CO₂-Emissionen

1990 bis 2007; in kg CO ₂ je kWh gesamte Nettoerzeugung bzw. fossile Nettoerzeugung	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
insgesamt, kg CO ₂ / kWh	0,67	0,62	0,58	0,56	0,57	0,57	0,60
Minderung geg.1990 in %	-	7,5	13,4	16,4	14,9	14,9	10,4
Fossil, kg CO ₂ / kWh	1,08	1,03	0,98	0,92	0,92	0,92	0,91
Minderung geg. 1990 in %	-	4,6	9,3	14,8	14,8	14,8	15,7

Nach Angaben des VDEW (2007) und des BDEW (2008).

19.6 Ursachenanalyse

Zur Erfüllung ihrer Minderungszusage stehen den EVU mehrere Wege offen, beispielsweise der vermehrte Einsatz CO₂-freier Techniken zur Stromerzeugung. Hier sind in erster Linie die betriebenen Kernkraftwerke zu nennen. In weitaus geringerer Größenordnung stehen auch regenerative Energietechnologien zur Verfügung. Eine weitere Möglichkeit ergibt sich durch eine effizientere Ausnutzung des fossilen Energiemix, z.B. durch Steigerung des elektrischen Wirkungsgrades, durch Kraft-Wärme-Kopplung sowie durch Substitution von kohlenstoffreichen Energieträgern.

Tabelle 19.4 gibt die jährliche Nettostromerzeugung der deutschen Kernkraftwerke sowie die dadurch vermiedenen CO₂-Emissionen wieder. Bei der Ermittlung dieser Emissionen wird unterstellt, dass Kernkraft gleichermaßen Strom aus Braun- wie aus Steinkohlekraftwerken substituiert. Sie nahmen zwischen 1990 und 2000 um 9 Mill. t bzw. 5,8 % auf 164 Mill. t zu bei einem Anstieg der Nettostromerzeugung um 14,1 %. Sie entsprachen knapp 47 % der gesamten Emissionsminderungen in diesem Jahr. Bis 2004 sank die Nettostromerzeugung der Kernkraftwerke leicht auf 158 Mrd. kWh, wobei die Menge der vermiedenen CO₂-Emissionen um 8 Mill. t zurückging.

In den aktuellen Berichtsjahren ging die Nettostromerzeugung der Kernkraftwerke bis 2007 drastisch um 16,5 % auf 132 Mrd. kWh zurück; die Menge der vermiedenen CO₂-Emissionen sank in diesem Zeitraum um

13,4 % bzw. 19 Mill. t, d.h. um gut 3 % weniger als die Nettostromerzeugung. Insgesamt betrachtet wurden 2007 20 Mill. t bzw. 13 % weniger an CO₂ vermieden als 1990, während die entsprechende Stromabgabe aus Kernkraftwerken nur um 6,4 % bzw. 9 Mrd. kWh zurückging. Der Grund für die auftretenden Diskrepanzen in der Entwicklung von Nettostromerzeugung und Emissionen lautet: Die Höhe der durch Kernkraftstrom vermiedenen Emissionen wird nicht allein durch das Niveau der Nettostromerzeugung bestimmt, sondern auch durch die spezifischen Emissionen, die bei der Erzeugung des durch Kernkraftwerke verdrängten Stroms in den jeweiligen Kohlekraftwerken aufgetreten wären.

Tabelle 19.4

Inländische Kernkraftwerke: Nettoerzeugung, Nutzungsdauer und vermiedene CO₂-Mengen
1990 bis 2007

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Nettoerzeugung, Mrd. kWh	141	145	161	158	153	158	132
CO ₂ -Einsparung, Mill.	155	156	164	156	155	161	135

Nach Angaben des VDEW (2007) und des BDEW (2008).

Da die Effizienz des Kohlekraftwerksparks sich mit der Zeit durch Ertüchtigungen, Stilllegungen und die Inbetriebnahme von Neuanlagen verbessert, verringert sich der für Kernkraftstrom anzusetzende fiktive CO₂-Emissionskoeffizient allmählich. Vom VDEW wurde für die Jahre 1990 bis 1999 eine kontinuierliche Senkung des Emissionskoeffizienten von 1,1 auf 1,04 kg CO₂/kWh angegeben. Nachdem dieser Wert bis 2002 stabil blieb, wurde er 2003 mit 0,99 kg CO₂/kWh und 2004 mit 1,00 kg CO₂/kWh beziffert. Demgegenüber stieg dieser Koeffizient bis 2007 wieder an auf 1,03 kg CO₂/kWh. Hätte 2004 noch der Emissionskoeffizient von 1990 gegolten, hätte die Menge der vermiedenen Emissionen bei 174 Mill. t gelegen, mithin um 18 Mill. t höher als angegeben. Die 2004 gegenüber 1990 nur um 1 Mill. t höhere Menge der durch Kernkraft vermiedenen Emissionen ist damit zum großen Teil auf den deutlichen Rückgang des Emissionskoeffizienten in diesen Jahren zurückzuführen. 2007 wären bei Konstanz des Emissionskoeffizienten von 1990 nur noch 10 Mill. t weniger vermieden worden als 1990 statt 20 Mill. t wie effektiv. Hier hat die Verschlechterung des fiktiven CO₂-Koeffizienten den Effekt aus dem Rückgang der Nettostromerzeugung gebremst, d.h. die Menge der vermiedenen Emissionen ist schwächer gesunken als die Nettostromerzeugung aus Kernkraft.

Bleibt es bei der aktuellen Gesetzeslage, dass bestehende Kernkraftwerke nach und nach abgeschaltet werden und der Bau neuer Kernkraftwerke gegenwärtig keine Option darstellt, erscheint es wenig wahrscheinlich, dass Kernkraft zukünftig einen ähnlich hohen Anteil an der Stromerzeugung haben wird wie bisher. Das würde bedeuten, dass auf lange Sicht beträchtli-

che Mengen an CO₂-Emissionen anfallen werden, die bislang durch Kernkraft vermieden wurden.

Als eine der Ursachen möglicher starker Schwankungen des CO₂-Ausstoßes werden Wettereinflüsse angeführt. Beispielsweise muss in besonders heißen Sommern die Leistung der Kernkraftwerke herabgesetzt werden, und Wasserkraftwerke liefern durch niedrigere Pegelstände weniger Strom. Windkraftwerke erzeugen bei windarmer Witterung keine elektrische Energie. Die durch solche Einflüsse entstehenden Versorgungslücken müssen durch fossil betriebene Kraftwerke geschlossen werden. Als Konsequenz steigen die CO₂-Emissionen an. Besonders bemerkbar machte sich der heiße Sommer des Jahres 2003 bei der Kernkraft. Wegen eines Mangels an Kühlwasser mussten die Kernkraftwerke zum Teil in ihrer Leistung heruntergefahren werden. Dadurch sank der Anteil des Stroms aus Kernenergie von 34,1 % auf 32,3 %, die CO₂-Einsparungen durch Kernkraft erreichten ihren geringsten Wert seit 1995. Derartige Effekte haben im aktuellen Berichtszeitraum keine gravierende Rolle gespielt.

Tabelle 19.5

Erneuerbare Energien: Stromerzeugung und vermiedene CO₂-Emissionsmengen
1990 bis 2007; Erzeugung in Mrd. kWh; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Nettostromerzeugung	15	19	24	21	21	22	23
CO ₂ , vermieden, Mill. t	17	21	25	20	22	23	24

Nach Angaben des BDEW (2008).

Die Stromerzeugung der EVU mittels regenerativer Energietechnologien stieg zwischen 1990 und 2000 von 15 auf 24 Mrd. kWh (Tabelle 19.5). Bis 2004 sank der Wert auf 21 Mrd. kWh. Erst 2007 wurde mit 23 Mrd. kWh nahezu wieder die Stromerzeugung von 2000 erreicht. Entsprechend nahm die Menge der CO₂-Emissionen, die durch diese Art der Stromerzeugung vermieden werden konnte, zwischen 1990 und 2000 um 8 Mill. t auf 25 Mill. t im Jahr 2000 zu. Der Beitrag der regenerativen Energietechnologien an der gesamten Emissionsminderung der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft lag damit bei 38 %. Die Menge der vermiedenen Emissionen lag 2007 mit gut 24 Mill. t CO₂ etwa 7 Mill. t über dem Wert von 1990. Grund für den mit 41 % deutlich schwächeren Anstieg der vermiedenen CO₂-Emissionen im Vergleich zum Anstieg der Nettostromerzeugung mit 53 % ist auch hier die Effizienzverbesserung der Stein- und Braunkohlekraftwerke, die sich in dem der Berechnung zugrunde liegenden fiktiven CO₂-Koeffizienten widerspiegelt.

Bei der Berechnung der Höhe der vermiedenen Emissionen wurden dieselben Emissionskoeffizienten wie bei Kernkraft herangezogen. Auch hier

wirken sich in den nächsten Jahren Wirkungsgradsteigerungen der Kohlekraftwerke negativ auf die Höhe der vermiedenen Emissionen aus. Der Einfluss des heißen Sommers 2003, der für eine beträchtliche Änderung des Energiemix zu Lasten der CO₂-freien Energieträger sorgte, wird auch in diesem Bereich deutlich: Mit nur etwa 18 Mill. t fiel die CO₂-Vermeidung durch den Einsatz „Regenerativer Energien“ vergleichsweise gering aus (RWI 2007: 242).

Die vom BDEW genannte Vermeidungsmenge veranschaulicht, dass Regenerative Energien durchaus einen Beitrag zur Zielerfüllung der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft leisten können. Hierbei ist allerdings anzumerken, dass ein großer Anteil der unter dem EEG geförderten Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien außerhalb der für die Selbstverpflichtungserklärung gesetzten Bilanzgrenzen der allgemeinen Versorgung erzeugt wird. Dies betrifft vor allem die Stromerzeugung aus privaten Windkraft-, Biogas- und Photovoltaikanlagen. Beim Vergleich der durch beide Technologiearten vermiedenen Emissionen wird hier jedoch schon deutlich, dass Erneuerbare Energien nicht in der Lage sein werden, die Kernkraft mittelfristig zu ersetzen und gleichzeitig zu einer Minderung der CO₂-Emissionen durch Verdrängen von Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern beizutragen.

Tabelle 19.6

Umwandlung fossiler Energieträger

2002 bis 2007; Energieeffizienz in PJ/Mrd. kWh; gerundete Werte

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Steinkohle	8,9	8,4	8,4	8,5	8,8	8,6
Braunkohle	9,7	9,5	9,5	9,5	9,5	9,6
Erdgas	6,6	6,7	6,5	6,9	6,9	6,8

Berechnungen des VDEW nach Angaben der AGEB für 2002 und des Statistischen Bundesamts für 2003 bis 2007 (BDEW 2008).

Die Verbesserung der Energieeffizienz in den Kohle- und Gaskraftwerken der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft verdeutlicht Tabelle 19.6. Der entsprechende Brennstoffeinsatz wird hier in Petajoule pro Terawattstunde (PJ/TWh) für den Zeitraum 2002 bis 2007 wiedergegeben. Eine TWh entspricht einer Mrd. kWh. Gegenüber 2002 scheint es in den Jahren 2003 und 2004 bei Stein- und Braunkohle eine beträchtliche Effizienzverbesserung gegeben zu haben. Dies dürfte zum Teil allerdings auf die Verwendung unterschiedlicher Datenquellen zurückzuführen sein. So wurde für die Jahre 2003 und 2004 auf Daten des Statistischen Bundesamts zurückgegriffen, davor auf Werte der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB). Laut VDEW wurde speziell die Wärmeauskopplung durch das Statistische Bundesamt besser erfasst als durch die AGEB, da die der AGEB von der Ar-

beitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft (AGFW e.V.) zur Verfügung gestellten Daten nur die Mitgliedsunternehmen betreffen.

Demgegenüber ist bei Erdgas- und Steinkohlekraftwerken seit 2004 eine merkliche Verschlechterung der Energieeffizienz festzustellen: Bis 2006 sank diese auf 6,9 PJ/TWh bei Erdgas bzw. auf 8,8 PJ/TWh bei Steinkohle. Für 2007 zeigen die vorläufigen Werte bei beiden Energieträgern nur eine leicht verbesserte Energieeffizienz. Bei den Braunkohlekraftwerken blieb der pro Terawattstunde benötigte Energieeinsatz in etwa konstant. Die Abnahme der Energieeffizienz ist hierbei nach Angaben des Verbandes im Falle der Steinkohle vor allem auf den Brennstoffwechsel bei in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Strom von Steinkohle hin zu weniger kohlenstoffintensiven Energieträgern wie Erdgas, Biomasse und Hausmüll bei gleichzeitiger Zunahme der ungekoppelten Stromerzeugung aus Steinkohle zurückzuführen. Im Falle von Erdgas spiegelt die Zunahme vor allem den deutlich gestiegenen Anteil von ungekoppelter Stromerzeugung wider, die die gleichzeitige Zunahme der gekoppelten Stromerzeugung aus Erdgas über den Berichtszeitraum deutlich überwog.

Tabelle 19.7

Nettostromerzeugung und CO₂-Emissionen der EVU1990 bis 2007; Ziel: Reduktion der CO₂-Emissionen um 25 Mill. t bis 2015

	1990	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Produktion, Mrd. kWh	431	428	466	487	482	491	475
Spezif. CO ₂ -Emiss gesamt, kg CO ₂ /kWh	0,67	0,62	0,58	0,56	0,57	0,57	0,60
Fiktive Emissionen, Mill. t		287	312	326	323	329	318
Emissionen, Mill. t	289	267	264	269	267	270	276
Differenz		20	48	57	56	59	42

Nach Angaben des VDEW (2005 und 2007) sowie des BDEW (2008).

Die Auswirkungen des Wandels im Energiemix insgesamt sowie der Veränderungen der Energieeffizienz aller Kraftwerke auf die CO₂-Emissionen lassen sich von den Auswirkungen des Anstiegs der Stromerzeugung isolieren (Tabelle 19.7). Multipliziert man die spezifischen CO₂-Emissionen für 1990 mit der Stromerzeugung des Jahres 2007, erhält man fiktive Emissionen dieses Jahres mit der Technologie und der Energieträgerstruktur von 1990. Stellt man diese fiktiven Emissionen den tatsächlichen gegenüber, so erhält man einen Eindruck von den durch die Veränderung der Energieeffizienz und des Energiemix erzielten CO₂-Minderungen. Ohne diese Änderungen wären 42 Mill. t CO₂ im Jahr 2007 zusätzlich ausgestoßen worden (Tabelle 19.7).

19.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft gehört mit zu den größten Investoren in Deutschland. In den Jahren 2005 und 2006 haben die EVU jährlich 3,3 bzw. 3,8 Mrd. € investiert. Im Vergleich zu den Vorjahren ist eine steigende Tendenz festzustellen (Tabelle 19.8). Ein gutes Drittel wurde für den Erhalt und den Ausbau der Stromnetze verwendet. Neu- und Umbauten von Stromerzeugungsanlagen führten 2005 und 2006 zu einem Investitionsaufkommen von 937 bzw. 1 098 Mill. €.

Tabelle 19.8

Investitionen der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft

2000 bis 2006; in Mill. €

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Stromerzeugung	707	818	976	830	753	937	1 098
Leitungsnetz	1 368	1 464	1 361	1 030	1 125	1 171	1 401
Insgesamt	3 052	3 213	3 353	3 073	2 943	3 278	3 844

Nach Angaben des Statistischen Bundesamts, Fachserie 4, Reihe 6.1.

Im Fortschrittsbericht des BDEW (2008) werden für die Jahre 2005 bis 2007 beispielhaft Investitionsmaßnahmen der Elektrizitätswirtschaft im Bereich Erneuerbare Energien sowie Effizienzsteigerungen bei Kernkraftwerken und im Anlagenpark fossiler Energieträger genannt. Die Effizienzsteigerungen des Kraftwerksparks bei fossilen Energieträgern umfassen im Wesentlichen Maßnahmen zur Ertüchtigung (Retrofit) bestehender und den Neubau von Kraftwerken, die Verlagerung der Erzeugung auf effizientere Kraftwerke desselben Energieträgertyps sowie Altanlagenstilllegungen (BDEW 2008: 16f).

Die höheren Wirkungsgrade der Neuanlagen ermöglichen im Durchschnitt Brennstoffeinsparungen von 25 bis 40 % gegenüber vergleichbaren 25 bis 40 Jahre alten Kraftwerken (BDEW 2008: 16f). Neben Neuanlageninbetriebnahmen fand eine Vielzahl von Ertüchtigungsmaßnahmen an bestehenden Kraftwerken statt. Als wesentliche Maßnahme hob der Verband die Turbinenertüchtigungen an den Braunkohlestandorten Jänschwalde und Boxberg von Vattenfall Europe, die Inbetriebnahme von Vorschaltgasturbinen mit verbundener Abwärmenutzung bei zwei Braunkohle-befeuerten Blöcken am RWE-Standort Weisweiler sowie die laufenden Modernisierungsprogramme von EnBW, Evonik-STEAG und E.on an Steinkohlekraftwerken hervor. Im Regelbetrieb können diesen Maßnahmen jährlich nach Verbandsangaben mindestens 3 Mill. t CO₂-Minderung bis 2007 gutgeschrieben werden (BDEW 2008: 17f).

Ebenfalls wurde vom Verband der Trend zu Contractingkonzepten hervor-gehoben, nach denen ein öffentlicher Versorger die Versorgung industrieller Großverbraucher herstellt, indem er bestehende Anlagen aus der industriellen Kraft- und Wärmewirtschaft übernimmt, modernisiert oder durch Neuanlagen ersetzt. Die vom Verband beispielhaft angegebenen Anlagen produzieren 900 GWh Strom und 2 400 GWh Nutzwärme pro Jahr mit klimarelevanten CO₂-Emissionen von rund 900 000 t pro Jahr. Eine Angabe zu den durch Contracting vermiedenen Emissionen ist nicht möglich, da dem Verband weder Angaben zur Einspeisung ins öffentliche Netz noch zu den früheren Emissionen der übernommenen Industrieanlagen vorliegen (BDEW 2008: 16f).

In Kernkraftwerken wurde durch Modernisierung der Turbinen eine Erhöhung der Leistungen erreicht. Sie entsprachen unter normalen Betriebsbedingungen, d.h. einem Grundlastbetrieb von 7 770 h/a, einer zusätzlichen Nettostromerzeugung von rund 1,3 TWh und damit einer zusätzlichen Vermeidung von rund 1,4 Mill. t CO₂ (BDEW 2008: 13).

Bei den Erneuerbaren Energien fand im Bereich der allgemeinen Versorgung vor allem ein Ausbau der Nutzung fester Biomasse und Sekundär-brennstoffe statt: So wurde zum Einen ein Ausbau der Stromerzeugung aus Verbrennung von Hausmüll und Ersatzbrennstoffen in Müllheizkraftwerken und als Zufeuerung in Kohlekraftwerken vorgenommen. Zum Anderen wurde eine Vielzahl von Biomasse-(Heiz-)Kraftwerken auf Basis fester Brennstoffe (Holz) in Betrieb genommen. Im Regelbetrieb können hierdurch nach Angaben des Verbandes jährlich über 3 Mill. t Emissionen vermieden werden (BDEW 2008: 14).

Angaben zur Höhe der im Berichtszeitraum insgesamt durch Minderungsmaßnahmen eingesparten CO₂-Emissionen werden vom Verband nicht gemacht.

19.8 Zusammenfassung

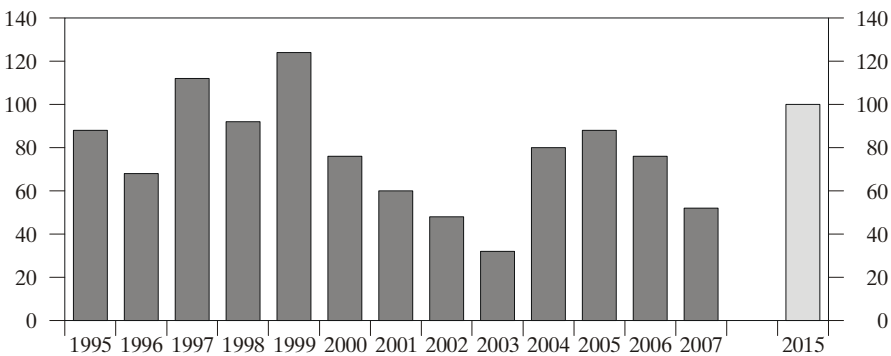
Vorbehaltlich der Wiederinbetriebnahme des Kernkraftwerks Mühlheim-Kärlich hat die allgemeine Elektrizitätswirtschaft im Rahmen der Klimaschutzklärung der deutschen Wirtschaft bis 2015 eine CO₂-Emissionsreduktion von 12 % bzw. rund 35 Mill. t gegenüber 1990 zugesagt. Zwischenzeitlich ist entschieden, dass dieses Kernkraftwerk nicht wieder ans Netz genommen wird. Die zugesagte CO₂-Reduktion vermindert sich damit auf insgesamt 25 Mill. t, so dass 2015 maximal 264 Mill. t CO₂ emittiert werden sollen.

Die zugesagte CO₂-Reduktion konnte bereits 1999 aufgrund der Zunahme des Stroms aus Erneuerbaren Energien und vor allem aus Kernkraft deutlich übertroffen werden (Schaubild 19.2). Bis 2003 ist jedoch ein drastischer Rückgang im Zielerreichungsgrad auf 32 % festzustellen. Der Anteil von Strom aus Kernenergie und Erneuerbaren Energien ging zwischen 1999 und 2003 auf 36 % zurück u.a. aufgrund des heißen Sommers von 2003 bei gleichzeitigem starkem Anstieg der Stromerzeugung insgesamt. Bis 2005 wurde erneut eine sprunghafte Verbesserung des Zielerreichungsgrades auf 88 % vor allem als Ergebnis des Rückgangs der Stromerzeugung insgesamt erreicht, während der Anteil CO₂-freier Energieträger stagnierte. Bis 2007 sank der Zielerreichungsgrad erneut auf 52 %. Für die Verschlechterung in 2006 war hauptsächlich der Anstieg der Stromerzeugung insgesamt verantwortlich. In 2007 gab es einen drastischen Einbruch bei der Kernenergie bei einem nur leichten Rückgang der Stromerzeugung insgesamt, der zum großen Teil auf technisch bedingte Stillstände zurückzuführen ist.

Schaubild 19.2

Zielerreichungsgrade der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft

1995 bis 2007; in %



Eigene Berechnungen nach Angaben des VDEW (2007) und des BDEW (2008).

Die Stromwirtschaft hat damit im achten Jahr vor Ablauf der Minderungsverpflichtung nur gut die Hälfte ihrer Zusage realisiert. Maßnahmen zur Effizienzverbesserung, insbesondere eine Vielzahl von Neubauprojekten sowie ein Anstieg der Bedeutung Erneuerbarer Energien werden den Zielerreichungsgrad künftig weiterhin erhöhen. Der Erreichung des Ziels der Selbstverpflichtung im Wege steht allerdings der sukzessive Ausstieg aus der Kernkraft, der erst nach der Abgabe der Verpflichtung gesetzlich festgelegt wurde. Der Verband geht in seiner Erklärung zur Klimavorsorge von einem ungestörten Betrieb der Kernkraftwerke aus. Er weist daher bereits jetzt in seinen Fortschrittsberichten zusätzlich die durch Kernkraft hypothe-

tisch vermeidbaren Emissionen aus der Stromerzeugung der stillgelegten Kernkraftwerke aus.

Zukünftig dürfte ein Verzicht auf Kernkraft für die Erreichung der für den Klimaschutz erforderlichen CO₂-Reduktionen ein erhebliches Problem darstellen. Das Auslaufen dieser CO₂-freien Stromerzeugungstechnik wird den Bau neuer Kraftwerke erfordern, die auf Basis fossiler Brennstoffe arbeiten und damit zusätzliche CO₂-Emissionen generieren werden. Als eine Alternative zur CO₂-freien Stromerzeugung durch Kernkraft werden Erneuerbare Energien genannt. Hier schreibt das novellierte EEG eine Quote von 12,5 % am bundesweiten Bruttostromverbrauch bis 2010 vor. Europaweit wird ein Anteil von 21 % angestrebt. Selbst wenn es den EVU gelingen sollte, diesen Anteil deutlich zu erhöhen, werden Erneuerbare Energien die Lücke, die die stillzulegenden Kernkraftwerke in der Energieversorgung hinterlassen werden, nicht schließen können.

Anhang

A. Wirtschaftliche Entwicklung der an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren

Die am Monitoring beteiligten Industriebereiche vereinigten 2007 rund ein Drittel der Produktion des Verarbeitenden Gewerbes auf sich (StaBuA/FS4/R3.1 2008). Bezogen auf die gesamtwirtschaftliche Produktion lag ihr Anteil bei rund 10 % (StaBuA/VGR 2008). Während das Bruttoinlandsprodukt (BIP) zwischen 1991 und 2007 um 27,3 % zunahm (Tabelle A.2), verzeichneten die hier betrachteten Sektoren einen Produktionszuwachs von 42,3 % (Tabelle A.1). Damit lag deren Wachstum über dem des Verarbeitenden Gewerbes, das in diesem Zeitraum um 31,9 % betrug (Tabelle A.2).

Tabelle A.1

Entwicklung der Produktionsindizes

	1991-2004	1991-2007	2005-2007
Chemische Industrie	29,6 %	47,8 %	8,8 %
Eisenschaffende Industrie	0,4 %	12,3 %	11,8 %
Elektrotechnik- und Elektronikindustrie	35,4 %	82,6 %	25,0 %
Feuerfest-Industrie	-0,1 %	12,8 %	16,9 %
Glasindustrie	7,5 %	30,3 %	28,4 %
Kaliindustrie (Rohsalzverarbeitung in t)	-4,7 %	-5,9 %	1,7 %
Kalkindustrie	-14,6 %	-8,0 %	9,1 %
Keramische Fliesen und Platten	-42,8 %	-40,7 %	0,5 %
Mineralölverarbeitung	20,5 %	24,0 %	-0,5 %
Nichteisen-Metallindustrie	12,6 %	22,4 %	7,2 %
Steinkohlenbergbau	-62,0 %	-68,6 %	-14,6 %
Textilindustrie	-57,3 %	-55,6 %	9,7 %
Zellstoff- und Papierindustrie	39,8 %	68,3 %	13,9 %
Zementindustrie	-24,5 %	-15,1 %	8,8 %
Ziegelindustrie	-8,5 %	-11,8 %	7,3 %
Zuckerindustrie	42,8 %	-6,3 %	-18,6 %
Insgesamt	16,5 %	42,3 %	16,4 %

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 2.1.

Die Produktionsentwicklung in den einzelnen Industriebereichen verlief sehr unterschiedlich. So sank die Produktion der Textilindustrie zwischen 1991 und 2007 um mehr als 55 %. Aufgrund der zunehmenden Konkurrenz aus Niedriglohnländern sind zukünftig weitere Kapazitätsstilllegungen zu erwarten. Die Produzenten aus dem Bereich der Steine und Erden, zu de-

nen die Kalk-, Zement-, und Ziegelindustrie sowie die Industrie der keramischen Fliesen und Platten gehören, leiden seit Jahren unter der Talfahrt des Baugewerbes. In der Folge verringerte sich beispielsweise die Produktion keramischer Fliesen und Platten zwischen 1991 und 2007 um fast 41 %, die der Zementindustrie um ca. 15 % und die der Kalkindustrie um 8 % (Tabelle A.1).

Tabelle A.2

Veränderung des realen BIPs und der Produktion des Verarbeitenden Gewerbes

	1991-2004	1991-2007	2005-2007
Verarbeitendes Gewerbe	13,2 %	31,9 %	12,9 %
Bruttoinlandsprodukt	19,9 %	27,3 %	5,5 %

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 2.1 und Fachserie 18, Reihe 1.4.

Einige Branchen konnten hingegen ihre Produktion kräftig steigern. Dazu zählen beispielsweise die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie, die Chemische Industrie sowie die Zellstoff- und Papierindustrie.

Der Berichtszeitraum 2005 bis 2007 ist durch die günstige Konjunktur der Jahre 2006 und 2007 geprägt. Die Nachfrage – und hier vor allem die Exporte und die Anlageinvestitionen – verzeichneten 2006 einen besonders deutlichen Anstieg. Selbst bei den Bauinvestitionen gab es 2006 und 2007 ein positives Wachstum, nachdem diese 2005 noch um 3,0 % gesunken waren (Tabelle A.3). Von der positiven Entwicklung in der Bauwirtschaft profitierten auch die Bauzulieferer: In der Zementherstellung betrug der Zuwachs 8,8 %, die Produktion von keramischen Fliesen und Platten nahm um 0,5 % zu und die Kalkproduktion wuchs sogar um 9,1 % (Tabelle A.1). In den beiden am Monitoring beteiligten Verbrauchsgütersektoren, der Textil- bzw. der Zuckerindustrie, entwickelte sich die Produktion sehr unterschiedlich. Während die Textilproduktion um 9,7 % zunahm, sank die Herstellung von Zucker um 18,6 %.

Produktionszuwächse wurden in den Jahren 2005 bis 2007 vor allem in jenen Sektoren verzeichnet, die in wesentlichem Umfang Auslandsmärkte bedienen. So konnten die Nichteisen-Metallerzeuger dank der regen Nachfrage aus dem asiatischen Raum und aus Osteuropa ihre Produktion im Berichtszeitraum um 7,2 % steigern. Die Roheisenerzeugung nahm um 11,8 % zu. Die Chemische Industrie, die seit Mitte der 90er Jahre ihre Exportquote um mehr als 10 Prozentpunkte auf über 50 % verbesserte, erzielte einen Zuwachs von 8,8 %. Insgesamt wuchs die Produktion der in Tabelle A.1 aufgelisteten Sektoren 2005 bis 2007 um 16,4 % und damit stärker als das Verarbeitende Gewerbe, das seine Produktion um 12,9 % steigerte (Tabelle A.2). Im Vergleich zur gesamten Volkswirtschaft, die in diesem Zeitraum 5,5 % zulegte, fiel der Zuwachs sogar noch deutlicher aus.

Tabelle A.3

Reales Bruttoinlandsprodukt und dessen Verwendung

Veränderungen der Indizes gegenüber dem Vorjahr

	2005	2006	2007
Inlandsnachfrage	0,0 %	2,1 %	1,1 %
Private Konsumausgaben	0,2 %	1,0 %	-0,4 %
Anlageinvestitionen	1,1 %	7,7 %	4,3 %
- Ausrüstungen	6,0 %	11,1 %	6,9 %
- Bauinvestitionen	-3,0 %	5,0 %	1,8 %
- Sonstige	4,9 %	8,0 %	8,0 %
Ausfuhr	7,7 %	12,7 %	7,5 %
Einfuhr	6,5 %	11,9 %	5,0 %
Bruttoinlandsprodukt	0,8 %	3,0 %	2,5 %

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 18, Reihe 1.4.

B. Die Entwicklung der Energiepreise

Das unverändert hohe weltwirtschaftliche Wachstum führte 2007 zu einem Zuwachs des weltweiten Energieverbrauchs von 2,4 %. Das Verbrauchswachstum war damit nur unwesentlich geringer als im Vorjahr, als der globale Energieverbrauch gegenüber 2005 um 2,7 % anstieg (BP 2008: 2). Damit einhergehend erhöhten sich die Energiepreise. So verteuerte sich Rohöl im Jahr 2007 bereits zum sechsten Mal in Folge. Die Rohölsorte Brent kostete mit rund 72 US \$ je Barrel (bbl) im Jahresdurchschnitt fast 11 % mehr als 2006 (Tabelle B.1). Gegen Ende 2007 lag der Preis für Brent mit 96 US \$/bbl noch erheblich höher.

Tabelle B.1

Nominale Weltmarktpreise für Rohöl und deren Veränderungen gegenüber 2000

1990 bis 2007; in US \$/bbl

	1990	2000	2003	2004	2005	2006	2007	Mittel seit 1990
Brent	23,73	28,50	28,83	38,27	54,52	65,14	72,39	30,61
Seit 2000	-	-	1,2 %	34,3 %	91,3 %	128,6 %	154,0 %	
Dubai	20,45	26,20	26,78	33,64	49,35	61,50	68,19	28,14
Seit 2000	-	-	2,2 %	28,4 %	88,4 %	134,7 %	160,3 %	
WTI	24,50	30,37	31,07	41,49	56,59	66,02	72,90	32,18
Seit 2000	-	-	2,3 %	36,6 %	86,3 %	117,4 %	137,7 %	

WTI: West Texas Intermediate. – BP (2008), eigene Berechnungen.

Ein wesentlicher Grund für diese drastische Verteuerung des Öls war der Verbrauchsanstieg von etwa 1 Mill. bbl pro Tag, bei einem gleichzeitigen Produktionsrückgang um 0,13 Mill. bbl. Zum Vergleich: Der weltweite Verbrauch betrug insgesamt 85 Mill. bbl (BP 2008). Den größten Anteil am Verbrauchsanstieg hatten die Staaten des Mittleren Ostens, Mittel- und Südamerikas sowie Afrikas (BP 2008: 2). Die Ölnachfrage Asiens wuchs mit etwa 2,3 % nur unterdurchschnittlich, nicht zuletzt bedingt durch die schwächere Nachfrage Chinas und Japans.

Die Einfuhrpreise für Heizöl reagierten unmittelbar auf die Rohölpreisnotierungen. Allerdings wurden die Preisanstiege durch die Verbesserung des Wechselkurses des Euro gegenüber dem Dollar gedämpft. So nahm der Wert des Euro zwischen 2000 und 2007 um etwas mehr als 48 % zu (Tabelle B.2). Dadurch stiegen die in Euro bemessenen Einfuhrpreise für Rohöl langsamer als die in Dollar notierten Weltmarktpreise.

Tabelle B.2

Wechselkursverhältnis des Euros zum US-Dollar und Inflation in Deutschland

1990 bis 2007; in US \$/€

	1990	2000	2003	2004	2005	2006	2007
Dollar/Euro	1,2102	0,9236	1,1312	1,2439	1,2441	1,2556	1,3705
Seit 2000	-	-	22,5 %	34,7 %	34,7 %	35,9 %	48,4 %
Inflationsrate		1,4 %	1,0 %	1,7 %	1,5 %	1,6 %	2,3 %
Inflation seit 2000	-	-	4,5 %	6,2 %	8,3 %	10,1 %	12,5 %

Deutsche Bundesbank (2008), StaBuA/FS17 (2008), eigene Berechnungen.

Tatsächlich stieg der Einfuhrpreis zwischen 2000 und 2007 für Rohöl lediglich um rund 72 % (Tabelle B.3), die Weltmarktpreise lagen dagegen je nach Sorte um etwa 140 % bis 160 % höher als 2000 (Tabelle B.1). Auch der Einfuhrpreis für schweres Heizöl nahm im selben Zeitraum nur um etwa 53 % zu, bei leichtem Heizöl betrug der Anstieg rund 64 %.

Tabelle B.3

Grenzübergangspreise (cif) für Rohöl, Heizöl und Erdgas

1990 bis 2007; in €/t SKE

	1990	2000	2003	2004	2005	2006	2007	Mittel seit 1990
Rohöl	98	156	131	153	216	261	268	132
Seit 2000	-	-	-16,3%	-2,2 %	38,5 %	67,0 %	71,8 %	
Schweres Heizöl	65	144	119	123	162	220	220	109
Seit 2000	-	-	-17,8 %	-14,6 %	12,3 %	52,5 %	52,5 %	
Leichtes Heizöl	116	203	162	202	289	323	332	168
Seit 2000	-	-	-20,1 %	-0,4 %	42,3 %	59,4 %	63,8 %	
Erdgas	61	85	100	96	128	172	160	93
Seit 2000	-	-	18,6 %	13,9 %	51,8 %	103,6 %	89,8 %	

Die cif-Preise beinhalten sämtliche Kosten, einschließlich Fracht- und Versicherungsgebühren. – Öl: MWV (2008a); Erdgas: BMWi (2008), eigene Berechnungen.

Im Gegensatz zu den Einfuhrpreisen für Roh- und Heizöl, welche sich im Jahr 2007 weiterhin erhöhten, lag der Importpreis für Erdgas gegenüber 2006 um 7 % niedriger. Eine der Ursachen dafür ist die informelle Ölpreisbindung für Erdgas: In den üblicherweise sehr langfristig angelegten Erdgasverträgen ist in der Regel vorgesehen, den Erdgaspreis mit einer etwa halbjährlichen Verzögerung an die Entwicklung der Rohölpreise anzupassen. Seit Jahrzehnten bilden die Rohölpreise daher die Basis für die Entwicklung des Erdgaspreises.

Ebenso wie bei Rohöl schwächte das Erstarren des Euro die Steigerung der Importpreise von Erdgas wie auch von Steinkohlen ab. Der Einfuhrpreis für Kraftwerkskohle lag 2007 etwa 62 % über dem Niveau von 2000 (Tabel-

le B.4). Diese Zunahme war deutlich geringer als beim Rohöl, dessen Einfuhrpreise sich im selben Zeitraum verdoppelten. Prononcierter als bei der Kraftwerkskohle war der Anstieg der Einfuhrpreise für Kokskohle und vor allem für Koks. Beim Koks stieg der jahresdurchschnittliche Importpreis von rund 78 € pro Tonne Steinkohleneinheit (SKE) im Jahr 2000 auf 230 €/t im Jahr 2005, schwächte sich danach aber wieder ab. Die wesentlichen Gründe für die explodierenden Kokspreise waren die gestiegene Nachfrage aus wachstumsstarken Entwicklungs- und Schwellenländern, insbesondere aus China, die weltweite Angebotsverknappung infolge von Kokereischließungen in Europa sowie begrenzte Frachtkapazitäten (Matthes und Ziesing 2005: 58). Das Zusammenwirken all dieser Faktoren führte zu einer Preisexplosion bei Koks wie zu Beginn der 80er Jahre. Mit im Vergleich zu den Kokspreisen einjähriger Verzögerung erreichte auch der Importpreis für Kokskohle im Jahr 2006 einen Peak von 104 €/t. Ähnlich wie beim Rohöl hat sich der Einfuhrpreis von Kokskohle zwischen 2000 und 2007 nahezu verdoppelt.

Tabelle B.4

Grenzübergangspreise (cif) für Kraftwerks- und Kokskohle sowie für Koks

1991 bis 2007; in €/t SKE

	1991	2000	2003	2004	2005	2006	2007
Kraftwerkskohle	49	42	40	55	65	62	68
Seit 2000	-	-	-5,3 %	31,6 %	54,5 %	46,8 %	62,2 %
Kokskohle	49	51	53	61	91	104	94
Seit 2000	-	-	3,7 %	19,3 %	78,0 %	103,4 %	83,8 %
Koks (€/t)	k.A.	78	102	214	230	167	176
Seit 2000	-	-	31,1 %	175,1 %	195,6 %	114,1 %	125,3 %

Die cif-Preise beinhalten sämtliche Kosten, einschließlich Fracht- und Versicherungsgebühren.
 – Kraftwerkskohle: BAFA (2008), Koks: VDKI (2004, 2007, 2008), Kokskohle: Kohlenstatistik (2008a), eigene Berechnungen.

Im Zuge dieser Preissteigerungen begannen viele Exportländer, ihre Förderkapazitäten an Kokskohlen zu erweitern. China baute seine Kokereikapazitäten massiv aus. Das traditionelle Muster, dass Preissteigerungen zu einer Ausweitung des Angebots führen, würde nach Auffassung der Internationalen Energie Agentur (IEA 2004) Angebotsüberschüsse auf den Kohle- und Koksmärkten zur Folge haben. Damit wären entsprechende Preissenkungen verbunden. Tatsächlich ging der durchschnittliche Einfuhrpreis für Kokskohle im Jahr 2007 auf 94 €/t zurück, bei Koks lag er mit 176 €/t ebenfalls deutlich niedriger als 2005.

Letztlich entscheidend für die Höhe des Endenergieverbrauchs von Industrie und Haushalten sind indessen weder die Weltmarkt- noch die Einfuhrpreise, sondern die Verbraucherpreise. Neben Importpreisen und Erzeu-

gerkosten spielen Steuern und Abgaben bei der Höhe der Endverbraucherpreise eine erhebliche Rolle. So werden Kraftstoffe mit der Mineralöl- und Ökosteuer belastet, Strom mit der Ökosteuer, der Abgabe für Kraft-Wärmekopplung (KWK), den Einspeisevergütungen für die Regenerativstromerzeugung sowie der Konzessionsabgabe und schließlich Brennstoffe mit der Konzessionsabgabe, der Mineralöl- sowie der Ökosteuer. Mit der Einführung der Ökosteuer folgte Deutschland den Empfehlungen der Europäischen Kommission und der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD). Die schrittweise Verteuerung von Energie sollte den Energieverbrauch reduzieren und zugleich die Rentenversicherungsbeiträge mit Hilfe des zusätzlich erzielten Steueraufkommens senken.

Das Gesetz zum Einstieg in die Ökologische Steuerreform vom 1. April 1999 sowie das Gesetz zur Fortführung der Ökologischen Steuerreform vom 16. Dezember 1999 führten zu einem starken Anstieg der Mineralölsteuern bis zum Jahr 2003 (Tabelle B.5). Seit 2003 blieben die Mineralölsteuersätze unverändert. Zwischen 1990 und 2003 haben sich die Steuersätze für Ottokraftstoffe und leichtes Heizöl für private Haushalte jeweils mehr als verdoppelt. Während sich die Besteuerung von Erdgas im selben Zeitraum mehr als verdreifachte, fielen die Steuererhöhungen für Diesel deutlich geringer aus.

Tabelle B.5

Gerundete Steuersätze auf Mineral- und Heizöl in Deutschland

1990 bis 2007; in €/1000 l

	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003- 2007	Veränd. geg. 1990
Ottokraftstoff verbleit	332	552	583	614	634	667	721	117,2 %
Ottokraftstoff bleifrei	291	501	532	562	603	603	655	125,1 %
Diesel	272	317	345	378	425	425	470	72,8 %
Leichtes Heizöl (Haushalte)	29	41	57	61	59	59	61	110,3 %

MWV (2008), eigene Berechnungen.

Die sukzessive Erhöhung der Mineralölsteuer führte einerseits zu einem beinahe durchgehenden Anstieg der Verbraucherpreise (Matthes und Ziesing 2005: 52). Andererseits können drastische Ausschläge des Weltmarktpreises für Rohöl durch einen hohen Mineralölsteueranteil gedämpft werden: Bei einem Steueranteil von etwa 40 % führt eine Verdopplung des Rohölpreises im Allgemeinen nicht zu einer Verdopplung der Verbraucherpreise für Mineralölprodukte, sondern zu einem vermutlich geringeren Anstieg.

Tabelle B.6

Strom-, Erdgas- und Mehrwertsteuern in Deutschland

1990 bis 2007

	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003- 2006	2007
Stromsteuer, Cent/kWh	-	-	1,02	1,28	1,54	1,79	2,05	2,05
Stromsteuer, Euro/MWh	-	-	10,20	12,80	15,40	17,90	20,50	20,50
Erdgassteuer, Euro/MWh	1,33	1,84	3,48	3,48	5,50	5,50	5,50	5,50
Mehrwertsteuersatz	14 %	15 %	16 %	16 %	16 %	16 %	16 %	19 %
„Kohlepfennig“	8 %	9 %	-	-	-	-	-	-

MWV (2008).

Im Zuge der Ökologischen Steuerreform wurde 1999 auch eine Stromsteuer in Höhe von 2 Pfennigen (1,02 Cent) je Kilowattstunde (kWh) eingeführt und bis einschließlich 2003 jährlich um 0,26 Cent erhöht. Seitdem beträgt die Stromsteuer unverändert 2,05 Cent je Kilowattstunde (Tabelle B.6). Vor Einführung der Stromsteuer musste bis einschließlich 1995 eine Ausgleichsabgabe auf Strom bezahlt werden, die unter dem Namen „Kohlepfennig“ bekannt ist. Der Kohlepfennig stellte eine prozentuale Abgabe der Stromverbraucher auf den Strompreis dar, mit dessen Hilfe der deutsche Steinkohlenbergbau subventioniert wurde. Der Kohlepfennig wurde im Oktober 1994 für verfassungswidrig erklärt und daraufhin abgeschafft.

Tabelle B.7

Nominale Verbraucherpreise für Erdgas und Strom

1990 bis 2007; in ct/kWh

	1990	2000	2004	2005	2006	2007	Mittel seit 1990
Erdgas (Haushalte)	4,0	3,9	4,8	5,3	6,3	6,5	4,2
Seit 2000	-	-	22,4 %	35,7 %	60,8 %	65,4 %	
Strom (Haushalte)	12,8	14,9	17,5	18,2	18,9	20,2	17,2
Seit 2000	-	-	17,3 %	22,1 %	26,7 %	35,0 %	
Strom (Industrie) ¹	7,0	4,4	6,2	6,8	7,5	8,7	6,8
Seit 2000	-	-	40,8 %	53,7 %	70,8 %	97,7 %	

Preisangaben zum unteren Heizwert. – ¹Ohne Mehrwertsteuer. – Heizöl: MWV (2008), Erdgas und Strom: BMWi (2008), eigene Berechnungen.

Trotz Einführung der Stromsteuer lagen die nominalen Strompreise für die Industrie bis 2005 sogar niedriger als 1990 (Tabelle B.7). Der entscheidende Grund dafür war die EU-weite Liberalisierung der Strommärkte, die in Deutschland mit dem am 28. April 1998 verabschiedeten Energiewirt-

schaftsgesetz zur Abschaffung der ehemaligen Gebietsmonopole geführt hat und somit zu Wettbewerb unter den Energieversorgern.

Tabelle B.8

Reale Verbraucherpreise für Erdgas und Strom

1990 bis 2007; 2000=100; in ct/kWh

	1990	2000	2004	2005	2006	2007	Mittel seit 1990
Erdgas (Haushalte)	3,3	4,8	4,5	5,0	5,8	5,8	4,2
Seit 2000	-	-	15,2 %	25,8 %	46,7 %	47,6 %	
Strom (Haushalte)	16,2	15,1	16,5	16,9	17,3	18,0	16,6
Seit 2000	-	-	10,4 %	13,2 %	15,6 %	20,5 %	
Strom (Industrie) ¹	8,8	4,8	5,8	6,3	6,9	7,8	6,6
Seit 2000	-	-	32,5 %	42,5 %	55,8 %	76,5 %	

Preisangaben zum unteren Heizwert. – ¹Ohne Mehrwertsteuer. – Heizöl: MWV (2008), Erdgas und Strom: BMWi (2008), eigene Berechnungen.

Die verschiedenen Endverbrauchergruppen haben von der Liberalisierung in unterschiedlichem Maße profitiert. In den ersten zwei Jahren nach der Liberalisierung, 1999 und 2000, sind vor allem die Strompreise der Sondervertragskunden (Industrie) gesunken, bis 2000 um 36,9 % gegenüber 1990 (RWI 2007: 257). Tarifkunden, insbesondere private Haushalte, konnten in weit geringerem Umfang von der Liberalisierung profitieren. Der Durchschnittspreis sank für Tarifkunden lediglich im Jahr 2000 und stieg danach kontinuierlich an. Der Haushaltsstrompreis lag mit 20,2 Cent pro Kilowattstunde (kWh) im Jahr 2007 etwa 35 % höher als im Jahr 2000.

Tabelle B.9

Nominale Verbraucherpreise für Heizöl

1990 bis 2007

	1990	2000	2004	2005	2006	2007	Mittel seit 1990
Schweres Heizöl (€/t)	120,7	174,7	163,8	231,5	283,9	276,3	147,1
Seit 2000	-	-	-6,2 %	32,5 %	62,5 %	58,1 %	
Leichtes Heizöl (ct/l)	25,0	40,8	40,3	53,2	58,9	58,2	33,8
Seit 2000	-	-	-1,2 %	30,4 %	44,4 %	42,6 %	

Preisangaben zum unteren Heizwert. – Heizöl: MWV (2008), Erdgas und Strom: BMWi (2008), eigene Berechnungen.

Real bzw. inflationsbereinigt betrachtet sind die Preisanstiege seit 2000 moderater ausgefallen. So betrug der reale Strompreisanstieg bei Haushalten zwischen 2000 und 2007 lediglich rund 20 %, wohingegen die Strompreise nominal um etwa 35 % gestiegen sind (Tabelle B.8). Dennoch ist festzuhalten, dass sich Strom und Erdgas seit der Jahrtausendwende deutlich stärker

verteuert haben als die durchschnittlichen Lebenshaltungskosten. Im Vergleich zu 1990 lagen die realen Strompreise für Haushalte im Jahr 2007 allerdings nur wenig höher, für Industriekunden sogar darunter.

Im Gegensatz zu den Strompreisen stiegen die Verbraucherpreise für Heizöl zwischen 2000 und 2007 sehr kräftig an: Schweres Heizöl verteuerte sich bis 2007 um rund 58 %, leichtes Heizöl um knapp 43 % (Tabelle B.9). In Preisen von 2000 war leichtes Heizöl im Jahr 2007 um rund 27 % teurer als noch zur Jahrtausendwende (Tabelle B.10).

Tabelle B.10

Reale Verbraucherpreise für Heizöl

1990 bis 2007; 2000=100

	1990	2000	2004	2005	2006	2007	Mittel seit 1990
Schweres Heizöl (€/t)	152,9	174,7	154,2	214,6	259,0	246,5	148,1
Seit 2000	-	-	-11,7 %	22,8 %	48,3 %	41,1 %	
Leichtes Heizöl (ct/l)	31,6	40,8	37,9	49,3	53,7	51,9	34,0
Seit 2000	-	-	-7,1 %	20,8 %	31,6 %	27,2 %	

Preisangaben zum unteren Heizwert. – Heizöl: MWV (2008), Erdgas und Strom: BMWi (2008), eigene Berechnungen.

C. Datengrundlagen

Der Berichtszeitraum des vorliegenden Monitoringberichtes umfasst die Jahre 2005 bis 2007. Soweit entsprechendes Datenmaterial vorhanden ist, werden jedoch Zeitreihen ab 1995 betrachtet, dem Beginn der freiwilligen Selbstverpflichtung zur Klimaschutzvorsorge. Weiter zurück reichende Zeitreihen sind in den meisten Fällen nicht vorhanden. Für das Basisjahr, das bei allen Minderungszusagen nunmehr ausschließlich das Jahr 1990 ist, wurden die üblicherweise nur für Westdeutschland zur Verfügung stehenden Daten des Statistischen Bundesamtes im Einzelfall auf unterschiedlichste Arten um die ostdeutschen Werte ergänzt. Dies ist im jeweiligen Abschnitt für die einzelnen Sektoren beschrieben.

An erster Stelle der Berechnung des CO₂-Ausstoßes der jeweiligen Sektoren steht die Ermittlung des Verbrauchs an fossilen Brennstoffen sowie von nicht selbst erzeugtem Strom. Strom aus Eigenerzeugung wird durch den Verbrauch an Primärenergieträgern berücksichtigt. Abgegebener Strom wird mit dem Fremdstrombezug verrechnet. Diese Größen werden mittels vereinbarter Heizwerte in Energieäquivalente, gemessen in Joule, umgerechnet und können somit addiert werden. Die so ermittelten Werte stellen die in den Einzelsektoren aufgeführten Energieverbräuche dar.

Zur Berechnung der CO₂-Emissionen werden die Energieäquivalente der Brennstoffe mittels der in Tabelle C.1 aufgeführten CO₂-Faktoren umgerechnet. Die so errechneten gesamten Emissionsmengen bilden die Grundlage für die Berichterstattung. Zu beachten ist dabei: Sekundärbrennstoffe, beispielsweise nicht mehr zur Papierproduktion verwendbares Altpapier oder alte Reifen, die in einigen Sektoren wie der Zement- und der Papierindustrie vermehrt eingesetzt werden, werden von diesen Sektoren bei der Berechnung der Emissionen als CO₂-neutral behandelt.

Eine spezielle Problematik stellt sich bei der Bilanzierung der CO₂-Emissionen durch den Verbrauch von Strom (Hillebrand *et al.*, 1997: 23), da die Emissionen bei der Erzeugung und nicht beim Verbrauch anfallen. Entsprechend des Verursacherprinzips werden die Emissionen jedoch dem Verbraucher angelastet. Um zu vermeiden, dass CO₂-Minderungen bei der Umwandlung, beispielsweise durch Effizienzsteigerungen oder Wandel im Brennstoffmix, sowohl den Kraftwerksbetreibern als auch den Verbrauchern gutgeschrieben werden, wurde der CO₂-Emissionsfaktor von Strom als intertemporal konstant festgelegt. Der Wert beträgt 0,67 t CO₂/MWh und entspricht dem CO₂-Emissionsfaktor von Strom aus der öffentlichen Stromerzeugung für das Basisjahr 1990.

Unter Berücksichtigung des verwendeten Brennwertes für Strom von 10,434 GJ/MWh lässt sich ein CO₂-Faktor auf Basis der Energieeinheit GJ errechnen. Dividiert man 0,67 t CO₂/MWh durch den Brennwert 10,434 GJ/MWh, so lautet der resultierende CO₂-Faktor 0,0642 t CO₂/GJ.

Tabelle C.1

CO₂-Emissionsfaktoren im Monitoringin t CO₂/GJ

Braunkohlenbriketts	0,098	Heizöl, schwer	0,078
Braunkohlenkoks	0,106	Kokereigas	0,044
Braunkohlenstaub	0,098	Petrolkoks	0,101
Erdgas	0,056	Raffineriegas	0,060
Erdölgas	0,059	Rohbraunkohlen	0,112
Flüssiggas	0,065	Sonstige Brennstoffe	0,093
Gichtgas	0,105	Steinkohlen	0,093
Grubengas	0,054	Steinkohlenbriketts	0,093
Hartbraunkohlen	0,097	Steinkohlenkoks	0,105
Heizöl, leicht	0,074	Strom	0,064

Nach Angaben des BMU (1994).

Das Statistische Bundesamt teilt seit 1995 das Produzierende Gewerbe anhand der *Klassifikation der Wirtschaftszweige* (StaBuA 1993) in Untergruppen ein. Bei nicht wenigen an der Klimaschutzvereinbarung beteiligten Industriesektoren stimmen indessen die Branchenabgrenzungen des Statistischen Bundesamtes und die der jeweiligen Verbände nicht vollständig überein. Als Datenquelle der für das Monitoring unabdingbaren Brennstoff- und Stromverbrauchsmengen wurde daher entweder auf die vom Statistischen Bundesamt jährlich publizierte sektoralen Energieverbrauchsdaten zurückgegriffen oder auf Erhebungsergebnisse, die ein Teil der Branchenverbände durch entsprechende jährliche Erhebungen unter ihren Mitgliedsunternehmen ermittelt hat.

Aufgrund der Umstellung des Klassifikationssystems durch das Statistische Bundesamt und der damit verbundenen Abgrenzungproblematik liegen für einige Sektoren keine amtlichen Daten für 1990 vor. In solchen Fällen muss auf eine Plausibilitätsprüfung für das Jahr 1990 verzichtet werden.

Bis 2002 hat das Statistische Bundesamt den Verbrauch von ausgewählten Brennstoffen sowie von Strom in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1 veröffentlicht. Die entsprechenden Daten wurden im Rahmen der monatlichen Produktionserhebung¹³ erhoben. Ab dem Berichtsjahr 2003 wurde die Datenerhe-

¹³ Monatsberichte für Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden.

bung auf eine eigenständige Jahreserhebung umgestellt. Hierdurch wurde eine stärkere inhaltliche Differenzierung der erhobenen Merkmale erreicht (StaBuA 2007: 4). Die Ergebnisse der neuen Energieverwendungserhebung werden nicht mehr im Rahmen der Reihe 4.1.1, sondern als eigenständige Statistik publiziert und sind auf Anfrage beim Statistischen Bundesamt erhältlich.

Methodische und konzeptionelle Änderungen sowohl bei der Erhebung als auch bei der Zuordnung der Ergebnisse auf die Viersteller (Klassen) im Zuge der Umstellung auf die Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2003 (WZ 2003), haben dazu geführt, dass die Energieverbrauchsdaten bis 2002 mit denen ab 2003 zum großen Teil nicht mehr vergleichbar sind. Dies gilt sowohl auf der Ebene der einzelnen Wirtschaftszweige als auch für das Verarbeitende Gewerbe insgesamt. Nach Auskunft des Statistischen Bundesamtes beruhen die Abweichungen weniger auf Problemen mit der neuen Erhebung als vielmehr auf fehlerhaften Angaben bei den bisherigen Erhebungen, die sich möglicherweise durch die geringere inhaltliche Differenzierung bei den erhobenen Energieträgern ergeben haben.

Als Folge dieser Probleme mit den amtlichen Energieverbrauchsdaten sind die meisten Verbände dazu übergegangen, eigene Erhebungen zum Energieverbrauch bei ihren Mitgliedern durchzuführen. Auf eine Gegenüberstellung der von den Verbänden erhobenen Verbrauchsdaten mit den amtlichen Daten wird aus den oben genannten Gründen verzichtet. Welche Quelle im Einzelnen herangezogen wurde, ist im jeweiligen Abschnitt zur Beschreibung der einzelnen Sektoren dargelegt.

Die Energieverwendungsdaten des Statistischen Bundesamtes sind derzeit mit einer zeitlichen Verzögerung von mindestens 15 Monaten verfügbar, für 2007 mithin erst Ende des ersten Quartals 2009. Wegen der zeitnäheren Berichterstattung, die mit dem aktuellen Bericht umgesetzt wird, sind nun auch diejenigen Verbände, deren Angaben zum Energieverbrauch bislang auf den amtlichen Daten beruhten, dazu übergegangen, den Energieverbrauch direkt bei den Mitgliedsunternehmen zu erheben und gegebenenfalls auf die gesamte Branche in Deutschland hochzurechnen. Eine Plausibilitätsprüfung dieser Erhebungsdaten war nur anhand der Angaben zu den bisherigen Monitoringberichten möglich. Sie kann erst im Monitoringbericht für das Jahr 2008 abgeschlossen werden.

Neben dem Energieverbrauch des Produzierenden Gewerbes werden in der *Fachserie 4, Reihe 4.1.1* Angaben zur Beschäftigung, zur Anzahl der Betriebe sowie zum Umsatz gemacht. Die *Fachserie 4, Reihe 3.1*, enthält die jährlichen Produktionszahlen und den Wert der zum Absatz bestimmten Produkte. Im Gegensatz zum Umsatz ist im Wert der zum Absatz bestimmten Produktion auch der Eigenverbrauch des Sektors enthalten. Werte hinsichtlich

der Investitionstätigkeit können der *Fachserie 4, Reihe 4.2.1*, entnommen werden.

Infolge des Inkrafttretens des Artikels 10 des Ersten Gesetzes zum Abbau bürokratischer Hemmnisse insbesondere in der mittelständischen Wirtschaft vom 22. August 2006 (Deutscher Bundestag 2006) hat sich der Berichtskreis für den Monatsbericht im Verarbeitenden Gewerbe geändert, der die Grundlage für die Veröffentlichungen in der *Fachserie 4, Reihe 4.1.1* bildet. Wurden zuvor alle Betriebe von Unternehmen mit mindestens 20 tätigen Personen erfasst, sind ab Januar 2007 nur noch Betriebe mit mindestens 50 Beschäftigten berücksichtigt (StaBuA/FS4/R4.1.1 2008: 5). Durch diese Umstellung hat es in den Zeitreihen für die Zahl der Betriebe, der Beschäftigten und des Umsatzes einen mehr oder minder deutlichen Bruch gegeben. Diese Brüche konnten auch durch andere Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes, die weiterhin auf den Berichtskreis „20+“ basieren, nicht behoben werden¹⁴. Die entsprechenden Angaben für 2007 sind daher mit früheren nur eingeschränkt vergleichbar.

Zur Umrechnung des Brennstoffverbrauchs in Energieeinheiten werden die Heizwerte des Statistischen Bundesamtes, *Fachserie 4, Reihe 4.1.1*, herangezogen. Heizwerte für Primärenergieträger, die nicht vom Statistischen Bundesamt berücksichtigt wurden, sind durch die Angaben der *Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen* (AGEB 2003) ergänzt worden. Direkt von den Industrieverbänden gemeldete Brennstoffverbräuche werden ausschließlich anhand der AGEB-Heizwerte in Energieäquivalente umgerechnet.

Kohleerzeugnisse des Basisjahrs 1990 werden gemäß der publizierten Heizwerte des Monatshefts 1/1987 in Energieäquivalente umgerechnet (StaBuA 1987). Per Jahresheft 1995 wurden die Heizwerte für Kohleerzeugnisse angepasst (StaBuA/FS4/R4.1.1 1995). *Gasförmige Brennstoffe* werden seitens des Statistischen Bundesamtes standardisiert in Form von Normkubikmetern (Nm^3) mit einem oberen Heizwert¹⁵ von $35,16912 \text{ MJ/Nm}^3$ behandelt. Seit 1995 werden Gase in der *Fachserie 4, Reihe 4.1.1*, in Kilowattstunden ausgewiesen. Auch diese Angaben erfolgen zum oberen Heizwert. Im Rahmen des Monitoring werden alle gasförmigen Brennstoffe außer Flüssiggas mit einem unteren Heizwert von $31,736 \text{ MJ/Nm}^3$ bzw. $3,249 \text{ MJ/kWh}$ bewertet.

¹⁴ Hierzu zählt der Jahresbericht für Betriebe, der als jährlich erscheinende Arbeitsunterlage auf Anfrage zur Verfügung gestellt wird.

¹⁵ Heute werden die Begriffe „Brennwert“ für den oberen Heizwert und „Heizwert“ für den unteren Heizwert verwendet.

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft wird vom Statistischen Bundesamt gesondert behandelt. Monatlich werden für diesen Sektor die „*Ausgewählten Zahlen zur Energiewirtschaft*“ in der Fachserie 4, Reihe 6.5 publiziert. Hieraus können Angaben zum Brennstoffverbrauch, der Brutto- und Netto-stromerzeugung sowie zu Umsatz und Beschäftigung für die gewerblichen Elektrizitätserzeuger entnommen werden. Bis 1999 wurde die Stromerzeugung der Bahn gesondert aufgeführt. Seit 2000 ist dies nicht mehr der Fall. Die *industrielle Stromerzeugung* wird seitens des Statistischen Bundesamtes in der Fachserie 4, Reihe 6.4, nationale Stromerzeugungsmengen, der Stromaußenhandel sowie der Stromverbrauch werden von der *Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen* auf Jahresbasis publiziert. Ausgewählte Leistungsdaten der Energiewirtschaft werden der *Statistik der Energiewirtschaft* des Verbandes der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. entnommen.

Der Brennstoffverbrauch der *Eisenschaffenden Industrie* kann der Eisen- und Stahlstatistik des Statistischen Bundesamtes entnommen werden. Die für diesen Wirtschaftszweig bedeutsamen Gase – Hochofengas, Kokereigas, Erdgas und Konvertergas – werden ebenso wie Erdgas auf den oberen Heizwert $35,16912 \text{ MJ/Nm}^3$ standardisiert und in Normkubikmetern publiziert (BGS 1984).

Die für die einzelnen Sektoren geschilderten CO_2 -Minderungsmaßnahmen entstammen grundsätzlich den jeweiligen Fortschrittsberichten für die Berichtsperiode, denn es ist Aufgabe der beteiligten Industrieverbände, ihre CO_2 -Reduktionserfolge für die jeweilige Berichtsperiode regelmäßig zu dokumentieren. Die einzelnen Berichte werden dem RWI Essen zur Verfügung gestellt und können im Internet unter der Adresse <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring> eingesehen werden.

Literaturverzeichnis

- AGEB (2003), Heizwerte der Energieträger und Faktoren für die Umrechnung von spezifischen Mengeneinheiten in Wärmeeinheiten zur Energiebilanz 2001, Stand Juli 2003. Berlin und Bonn: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Internet: <http://www.ag-energiebilanzen.de>, Abrufdatum: 06.07.2005.
- AGEB (2007), Bruttostromerzeugung in Deutschland von 1990 bis 2006 nach Energieträgern. Stand 25. Januar 2007. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Internet: <http://www.ag-energiebilanzen.de>, Abrufdatum: 20.08.2008.
- Aichinger, H.M., G.W Hoffmann und M. Seeger (1991), Rationelle und umweltverträgliche Energienutzung in der Stahlindustrie der Bundesrepublik Deutschland. *Stahl und Eisen*, Vol. 111 (4): 43-51.
- Ameling, D, H.M. Aichinger (2001), Beitrag von Wirtschaft und Stahlindustrie zur Minderung klimawirksamer Emissionen in Deutschland im Kontext der Klimavorsorgepolitik. *Stahl und Eisen*, Vol. 121 (7): 61-69.
- BAFA (2008), Mineralölstatistik. Eschborn: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Internet: <http://www.bafa.de/bafa/de/energie/mineraloel/mineraloelprodukte/index.html>, Abrufdatum: 02.10.2008.
- BAFA (2008), Drittlandskohlebezüge und durchschnittliche Preise frei deutsche Grenze für Kraftwerkssteinkohle. Eschborn: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Internet: <http://www.bafa.de>, Abrufdatum: 21.07.2008.
- Baupraxis (2005), Die Ziegelherstellung – Von der Rohstoffgewinnung bis zum Mauerziegel. Las Palmas: LanzaRed S.L. Marketing, Internet: <http://www.baupraxis.de/magazin/bauoekologie/ziegelproduktion1.html>, Abrufdatum: 25.07.2005.
- BDEW (2008), Kennzahlen Energiewirtschaft 2007. Berlin: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft.
- BDEW (2008), Bericht 2005 – 2007 des BDEW zur Verifikation der Vereinbarungen zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge. Teilbericht 1 zu: Erklärung des VDEW zum Klimaschutz vom 10. März 1995/27. März 1996. Berlin: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft.
- BDI (2000), Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge. Bundesverband der Deutschen Industrie e.V., Internet: http://www.bundesregierung.de/top/dokumente/Artikel/ix_23637.htm, Abrufdatum: 25.07.2005.
- BDZ (2008), Inlandsversand der BDZ-Mitglieder nach Zementarten. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, Internet: http://www.bdzement.de/550.html?tab=Inlandsversand_ZArtenProzent, Abrufdatum: 25.06.2008.
- BGS (1984), Brennstoff-, Gas- und Stromwirtschaft der Hochofen-, Stahl- und Walzwerke sowie Schmiede-, Preß- und Hammerwerke einschließlich der örtlich verbundenen sonstigen Betriebe (ohne eigene Kokerei): Jahr 1984. Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Düsseldorf: Eisen- und Stahlstatistik.

- BGS (2005), Brennstoff-, Gas- und Stromwirtschaft der Hochofen-, Stahl- und Walzwerke sowie Schmiede-, Preß und Hammerwerke einschließlich der örtlich verbundenen sonstigen Betriebe (ohne eigene Kokereien): Jahr 2005. Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Bonn: Eisen- und Stahlstatistik.
- BGS (2006), Brennstoff-, Gas- und Stromwirtschaft der Hochofen-, Stahl- und Walzwerke sowie Schmiede-, Preß und Hammerwerke einschließlich der örtlich verbundenen sonstigen Betriebe (ohne eigene Kokereien): Jahr 2006. Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Bonn: Eisen- und Stahlstatistik.
- BGS (2007), Brennstoff-, Gas- und Stromwirtschaft der Hochofen-, Stahl- und Walzwerke sowie Schmiede-, Preß und Hammerwerke einschließlich der örtlich verbundenen sonstigen Betriebe (ohne eigene Kokereien): Jahr 2007. Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Bonn: Eisen- und Stahlstatistik.
- BGW (2001): Klimaschutz des deutschen Gasfachs 1990 – 2012. Berlin: Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft.
- BMU (1994): Klimaschutz in Deutschland. Erster Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland nach dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. Bonn: Bundesministerium für Umwelt.
- BMWA (2005b), Branchenfokus Textil und Bekleidung. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Internet: <http://www.bmwa.bund.de/Navigation/Wirtschaft/Branchenfokus/Industrie/textil-und-bekleidung.did=31598.render=renderPrint.html>, Abrufdatum: 27.05.2005.
- BMWi (2008), Energiedaten – nationale und internationale Entwicklung. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Internet: <http://www.bmwi.de>, Abrufdatum: 21.07.2008.
- BMWi (2008), Monatliche Entwicklung des Grenzübergangspreises. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Internet: <http://www.bmwi.de>, Abrufdatum: 19.05.08.
- BP (2008), BP Statistical Review of World Energy 2008. London: BP p.l.c., Internet: www.bp.com/statisticalreview, Abrufdatum: 21.07.2008.
- Buttermann, H.G., und B. Hillebrand (2002), Die Klimaschutzerklärung der deutschen Industrie vom März 1996 - eine abschließende Bilanz. Monitoring-Bericht 2000. Untersuchungen des Rheinisch-Westfälischen Institutes für Wirtschaftsforschung, Heft 40. Essen: RWI.
- BV Glas (2001), Erklärung der deutschen Glas- und Mineralfaserindustrie zur Reduzierung der spezifischen CO₂-Emissionen. Düsseldorf: Bundesverband Glasindustrie e.V.
- BV Glas (2004a), Jahresbericht 2003, Düsseldorf: Bundesverband Glasindustrie e.V., Internet: <http://www.bvglas.de/presse/publikationen/jahresberichte>, Abrufdatum: 04.07.2005.
- BV Glas (2004b), GlasNews, Ausgabe 1. Düsseldorf: Bundesverband Glasindustrie e.V., Internet: <http://www.bvglas.de/presse/publikationen/glasnews>, Abrufdatum: 04.07.2005.
- BV Glas (2008a), Erklärung der Glasindustrie in Deutschland zur Reduzierung der spezifischen CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2012. Düsseldorf: Bundesverband Glasindustrie e.V.

- BV Glas (2008b), Selbstverpflichtungserklärung der deutschen Glasindustrie. Besondere Maßnahmen in den Jahren 2005 bis 2007. Düsseldorf: Bundesverband Glasindustrie e.V.
- BV-Kalk (2008), Der Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie. Köln: Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V., Internet: <http://www.kalk.de/10.html>, Abrufdatum: 14.05.2008.
- BV-Kalk (2008a), Weiterentwicklung der Selbstverpflichtungserklärung der Kalkindustrie zur Klimavorsorge bis zum Jahre 2012. Köln: Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V., Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>, Abrufdatum: 14.05.2008.
- BV-Kalk (2008b), Fortschrittsbericht des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie 2005 bis 2007. Köln: Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V., Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>, Abrufdatum: 14.05.2008.
- Deutsche Bundesbank (2008), Euro-Referenzkurs der EZB. Frankfurt am Main: Deutsche Bundesbank, Internet: <http://www.bundesbank.de>, Abrufdatum: 21.07.2008.
- Deutscher Bundestag (2006), Erstes Gesetz zum Abbau bürokratischer Hemmnisse insbesondere in der mittelständischen Wirtschaft vom 22. August 2006. BGBl. I: 1970. Bonn: Bundesanzeiger Verlag.
- Deutsche Steinzeug (2008), Geschäftsbericht 2007. Bonn: Deutsche Steinzeug Cremer und Breuer AG, Internet: <http://www.deutsche-steinzeug.de>, Abrufdatum: 29.09.2008.
- DSK (2005), Lexikon. Deutsche Steinkohle AG, Internet: <http://www.deutsche-steinkohle.de/lexikon.php?letter=a&id=30&?id=30>, Abrufdatum: 25.07.2005.
- EIA (2008), Country energy profiles. Top world oil net importers 2006. Washington D.C.: Energy Information Administration, Internet: <http://tonto.eia.doe.gov/country/index.cfm>, Abrufdatum: 02.10.2008.
- Energiewelten (2005), Steinkohlenbergwerk. Frankfurt am Main: Fachverband für Energie-Marketing und –Anwendung (HEA) e.V. beim VDEW, Internet: <http://www.energiewelten.de/lexikon/lexikon/index3.htm>, Abrufdatum: 25.07.2005.
- EU (2001a), EG Verordnung Nr. 1260/2001 des Rates vom 19. Juni 2001 über die gemeinsame Marktorganisation für Zucker. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L178/1. Brüssel: Europäische Kommission, Internet: <http://www.eur-lex.europa.eu/de/index.html>, Abrufdatum: 12.03.2007.
- EU (2002), Fortführung der ökologischen Steuerreform nach dem 31. März 2002. Staatliche Beihilfe – N44/2001 Deutschland. Brüssel: Europäische Kommission, Internet: http://europa.eu.int/comm/secretariat_general/sgb/state_aids/comp-2001/n449-01.pdf, Abrufdatum: 19.07.2005.
- EU (2003), Richtlinie 2003/96/EG des Rates zur Restrukturierung der gemeinschaftlichen Rahmenvorschriften zur Besteuerung von Energieerzeugnissen und elektrischem Strom. Amtsblatt der Europäischen Union, L 283/51. Brüssel: Europäische Kommission, Internet: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/oj/2003/l_283/l_28320031031_de00510070.pdf, Abrufdatum: 19.07.2005.
- EU (2006), EG Verordnung Nr. 318/2006 des Rates vom 20. Februar 2006 über die gemeinsame Marktorganisation für Zucker. Amtsblatt der Europäischen Union

- L58/1.Brüssel: Europäische Kommission, Internet: <http://www.eur-lex.europa.eu/de/index.html>, Abrufdatum: 05.05.2008.
- Feuerfest (2000), Energieeinsatz und Klimavorsorge in der Feuerfest-Industrie. Aktualisierte Erklärung für 2000 über die Selbstverpflichtung zur Einsparung von CO₂ bis 2012. Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Feuerfest (2004), Geschäftsbericht 2004 (Auszug). Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Feuerfest (2005a), Geschäftsbericht 2005 (Auszug). Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Feuerfest (2005b), Energieeinsatz und Klimavorsorge in der Feuerfest-Industrie. Fortschrittsbericht für die Jahre 2000 - 2003. Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Feuerfest (2007a), Energieeinsatz und Klimavorsorge in der Feuerfest-Industrie. Fortschrittsbericht für die Jahre 2003 und 2004. Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Feuerfest (2007b), Geschäftsbericht 2006 (Auszug). Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Feuerfest (2008a), Energieeinsatz und Klimavorsorge in der Feuerfest-Industrie. Fortschrittsbericht für die Jahre 2005 bis 2007. Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Feuerfest (2008b), Geschäftsbericht 2007 (Auszug). Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Fliesenverband (2000), Weiterentwicklung der Selbstverpflichtung zum Klimaschutz. Selb: Industrieverband Keramische Fliesen und Platten e.V.
- Fliesenverband (2008), CO₂-Monitoring: Fortschrittsbericht. Selb: Industrieverband Keramische Fliesen und Platten e.V.
- Gesamtverband textil+mode (2004), Zahlen zur Textil- und Bekleidungsindustrie, im Terminkalender stets zur Hand. Eschborn: Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e.V., Internet: <http://www.textil-online.de/deutsch/Publikationen/Broschueren/K145.htm>, Abrufdatum: 25.07.2005.
- Gesamtverband textil+mode (2005), Fortschrittsbericht im Rahmen der Klimaschutzzerklärung: Erfolgreiche Energieeinsparmaßnahmen der Textilindustrie 2000 und 2002. Eschborn: Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e.V.
- Gesamtverband textil+mode (2006), Zahlen zur Textil- und Bekleidungsindustrie, im Terminkalender stets zur Hand. Eschborn: Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e.V., Internet: <http://www.textil-online.de/deutsch/Publikationen/Broschueren/K145.htm>, Abrufdatum: 19.03.2007.
- Gesamtverband textil+mode (2007), Fortschrittsbericht im Rahmen der Klimaschutzzerklärung: Erfolgreiche Energieeinsparmaßnahmen der Textilindustrie 2003 und 2004. Eschborn: Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e.V.
- Gesamtverband textil+mode (2008a), Erneuerte Selbstverpflichtungserklärung der Textilindustrie zum Schutz des Weltklimas. Eschborn: Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e.V.

- Gesamtverband textil+mode (2008b), Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung 2005 - 2007. Eschborn: Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e.V.
- GVSt (2002), Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Industrie zur Klimavorsorge vom 9. November 2000. Erklärung des Gesamtverbandes des deutschen Steinkohlenbergbaus vom 30. Mai 2002. Essen: Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus e.V.
- GVSt (2005), Fortschrittspapier zur Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Industrie zur Klimavorsorge vom 9. November 2000. Erklärung des Gesamtverbandes des deutschen Steinkohlenbergbaus zu den Jahren 2000 bis 2002 vom 11. Februar 2005. Essen: Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus e.V.
- GVSt (2007), 2. Fortschrittspapier zur Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Industrie zur Klimavorsorge vom 9. November 2000. Erklärung des Gesamtverbandes des deutschen Steinkohlenbergbaus zu den Jahren 2003 und 2004 vom 15. Mai 2007. Essen: Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus e.V.
- GVSt (2008), 3. Fortschrittspapier zur Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Industrie zur Klimavorsorge vom 9. November 2000. Erklärung des Gesamtverbandes des deutschen Steinkohlenbergbaus zu den Jahren 2005 bis 2007 vom 18. April 2008. Essen: Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus e.V.
- Hatzl, T. und P.L. Gehlken (2001), Mineralische Rohstoffe in der Ziegelindustrie – Wichtige Parameter in der täglichen Praxis des Geowissenschaftlers (Teil 1). *Ziegelindustrie International ZI*, Vol. 54 (11): 23-32.
- Hillebrand, B., H.G. Buttermann und A. Oberheitmann (1997), CO₂-Monitoring der deutschen Industrie – ökologische und ökonomische Verifikation, Band 1. Untersuchungen des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung, Heft 23/1. Essen: RWI.
- IEA (2004), Renewable Information. Paris: International Energy Agency, Internet: <http://www.iea.com>, Abrufdatum: 21.07.2008.
- IGBCE (2003), Chemie und Energie. Multis im Glasgeschäft: Grenzenlos aktiv. Hannover: Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie.
- IISI (2007), Steel Statistical Yearbook 2007. Brüssel: International Iron and Steel Institute, Internet: <http://www.worldsteel.org>, Abrufdatum: 05.05.2007.
- K+S (2005a), Klimaschutzzerklärung der Kaliindustrie - Fortschrittsbericht 2004. Kassel: K+S Aktiengesellschaft.
- K+S (2005b), Nachhaltigkeitsbericht 2004. Kassel: K+S Aktiengesellschaft, Internet: <http://www.k-plus-s.com>, Abrufdatum: 20.04.2005.
- K+S (2008a), Klimaschutzzerklärung der Kaliindustrie - Fortschrittsbericht 2005-2007. Kassel: K+S Aktiengesellschaft.
- K+S (2008b), Finanzbericht 2007. Kassel: K+S Aktiengesellschaft, Internet: <http://www.k-plus-s.com>, Abrufdatum: 17.07.2008.
- K+S (2008c), Unternehmens- und Nachhaltigkeitsbericht 2007. Kassel: K+S Aktiengesellschaft, Internet: <http://www.k-plus-s.com>, Abrufdatum: 17.07.2008.

- KBA (2006) Kraftfahrt-Bundesamt, Statistische Mitteilungen – Reihe 2: Kraftfahrzeuge, Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern am 1. Januar 2005, Jahresband 2006. Flensburg: Kraftfahrt-Bundesamt, Internet: <http://www.kbashop.de>, Abrufdatum: 18.08.2008.
- KBA (2008), Fahrzeugzulassungen, Bestand, Emissionen, Kraftstoffe. 1. Januar 2008, Internet: <http://www.kbashop.de>; Abrufdatum: 18.08.2008.
- Kohlenstatistik (2008a), Entwicklung ausgewählter Energiepreise. Essen: Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., Internet: <http://www.kohlenstatistik.de>, Abrufdatum: 21.07.2008.
- Kohlenstatistik (2008b), Übersichten. Essen: Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., Internet: <http://www.kohlenstatistik.de/home.htm>, Abrufdatum: 30.06.2008.
- Kruska, M., J. Meyer, N. Elsasser, A. Trautmann, P. Weber und T. Mac (2001), Rationelle Energienutzung in der Textilindustrie. Leitfaden für die betriebliche Praxis. Braunschweig: Vieweg Verlagsgesellschaft.
- Löbbe, K., J. Dehio, R. Graskamp, M. Halstrick-Schwenk, R. Janßen-Timmen, A.-R. Milton, W. Moos, M. Rothgang und M. Scheuer (2001), Die feinkeramische Industrie. Untersuchungen des Rheinisch-Westfälischen Institutes für Wirtschaftsforschung, Heft 38. Essen: RWI.
- Mathes, F.Ch. und H.-J. Ziesing (2005), Sicherheit der Rohstoffversorgung – eine politische Herausforderung?! Kurzstudie für die Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen. Berlin.
- Meyer, J., M. Sturm, A. Trautmann, M. Kruska, P. Weber, N. Elsasser, und T. Mac (2000a), Branchen-Energiekonzept zur Senkung der Energiekosten in der Textilindustrie – Teil I. *Melliand Textilberichte* 81: 419-422.
- Meyer, J., M. Sturm, A. Trautmann, M. Kruska, P. Weber, N. Elsasser, und T. Mac (2000b), Branchen-Energiekonzept zur Senkung der Energiekosten in der Textilindustrie – Teil II. *Melliand Textilberichte* 81: 532-535.
- Meyer, A. (2001), Produktbezogene ökologische Wettbewerbsstrategien. Handlungsoptionen und Herausforderungen für die Textilbranche. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- MWV (2001a), Zweite Klimaschutzklärung der deutschen Mineralölwirtschaft für den Wärmemarkt. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.
- MWV (2001b), Klimaschutzklärung der deutschen Mineralölindustrie für die Raffinerien. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.
- MWV (2004), Sechster Fortschrittsbericht der deutschen Mineralölwirtschaft zur Klimaschutzklärung für den Wärmemarkt. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.
- MWV (2007), Vierter Fortschrittsbericht zur Klimaschutzklärung der deutschen Mineralölindustrie für die Raffinerien. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.
- MWV (2008a), Jahresbericht Mineralölzahlen 2007. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V., Internet: <http://www.mwv.de>, Abrufdatum: 21.07.2008.
- MWV (2008b), Fünfter Fortschrittsbericht zur Klimaschutzklärung der deutschen Mineralölindustrie für die Raffinerien. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.

- MWV (2008c), Sechster Fortschrittsbericht zur Klimaschutzklärung der deutschen Mineralölindustrie für die Raffinerien. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.
- MWV (2008d), Siebter Fortschrittsbericht der deutschen Mineralölwirtschaft zur Klimaschutzklärung für den Wärmemarkt. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.
- OECD (2001), CO₂-Emissions from Fuel Combustion, 1971 – 1999. IEA – International Energy Agency. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- RAG (2003), Geschäftsbericht 2002. Essen: Ruhrkohle AG, Internet: http://www.rag.de/geschaeft/page_de/rag_allgemein_2002.pdf, Abrufdatum: 25.07.2005.
- Reinefeld, E. und K. Thieleck (1984), Die Technologie des Zuckers. *Chemie in unserer Zeit* 18 (6): 181-190.
- Routschka, G. (2001), Taschenbuch Feuerfeste Werkstoffe, 3. Auflage. Essen: Vulkan Verlag.
- RWI (2005), Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft. Monitoringbericht 2000 bis 2002. RWI-Projektberichte. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- RWI (2007), Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft. Monitoringbericht 2003-2004. RWI-Projektberichte. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- RWI (2008), Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft. Monitoringbericht 2003-2004. RWI-Projektberichte. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- Schmitz (2005), Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz, Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzklärung des deutschen Gasfachs 2002/2003. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz (2006b), Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz, Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzklärung des deutschen Gasfachs 2004/ 2005. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz (2008a), Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzklärung des deutschen Gasfachs 2006/ 2007. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz (2008b), Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzklärung des deutschen Gasfachs 2006/ 2007. Ergänzende Daten. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- StaBuA (1987), Beschäftigte, Umsatz und Energieversorgung der Unternehmen und Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe. Fachserie 4: Verarbeitendes Gewerbe, Reihe 4.1.1, Monatsheft Januar 1987. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

- StaBuA (1991), Statistisches Jahrbuch für das vereinte Deutschland. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA (1993), Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 1993. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, Internet: <http://www.destatis.de>, Abrufdatum: 25.07.2005.
- StaBuA (2002), Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2003. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, Internet: <http://www.destatis.de>, Abrufdatum: 06.04.2006.
- StaBuA (2007), Erhebung über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden. Qualitätsbericht. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA/EV (verschiedene Jahrgänge), Erhebung über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA/FS4/R2.1 (verschiedene Jahrgänge), Indizes der Produktion und der Arbeitsproduktivität im Produzierenden Gewerbe. Fachserie 4: Produzierendes Gewerbe, Reihe 2.1. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA/FS4/R3.1 (verschiedene Jahrgänge), Produktion im Produzierenden Gewerbe. Fachserie 4: Produzierendes Gewerbe, Reihe 3.1. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA/FS4/R4.1.1 (verschiedene Jahrgänge), Beschäftigung, Umsatz und Energieversorgung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden. Fachserie 4: Produzierendes Gewerbe, Reihe 4.1.1. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA/FS4/R4.2.1 (verschiedene Jahrgänge), Beschäftigte, Umsatz und Investitionen der Unternehmen und Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden. Fachserie 4: Produzierendes Gewerbe, Reihe 4.2.1. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA/FS4/R6.4 (verschiedene Jahrgänge), Stromerzeugungsanlagen der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe. Fachserie 4: Produzierendes Gewerbe, Reihe 6.4. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA/FS4/R6.5 (verschiedene Jahrgänge), Ausgewählte Zahlen zur Energiewirtschaft. Fachserie 4: Produzierendes Gewerbe, Reihe 6.5. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA/FS5/R1 (verschiedene Jahrgänge), Bautätigkeit. Fachserie 5; Gebäude und Wohnen, Reihe 1. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA/FS17 (2008), Verbraucherpreisindizes für Deutschland. Lange Reihen ab 1948. Fachserie 17: Preise. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA/VGR (verschiedene Jahrgänge), Inlandsproduktberechnung. Detaillierte Jahresergebnisse. Fachserie 18: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Reihe 1.4. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Steimle und Schikora (verschiedene Jahrgänge), Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik, Prof. Dr. Fritz. Steimle, Dr. Ing. Holger Schikora, Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzerklärung des deutschen Gasfachs. Essen: Universität-Gesamthochschule.

- Taube, K. (1998), *Stahlerzeugung Kompakt*. Braunschweig: Vieweg Verlag.
- ThyssenKrupp (2006), *Nachhaltigkeitsbericht 2004-2005*. Duisburg: ThyssenKrupp Steel AG.
- ThyssenKrupp (2007), *Jahresbericht 2005-2006*. Duisburg: ThyssenKrupp Steel AG.
- UBA (2007a), *Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2005*. Berichterstattung unter der Klimaschutzrahmenkonvention der Vereinten Nationen 2007. Dessau: Umweltbundesamt, Internet: <http://www.uba.de>, Abrufdatum: 30.08.2007.
- UBA (2008), *Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2006*. Berichterstattung unter der Klimaschutzrahmenkonvention der Vereinten Nationen 2008. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, Internet: <http://www.uba.de>, Abrufdatum: 20.10.2008.
- VCI (2001), *Weiterentwickelte Selbstverpflichtungserklärung der chemischen Industrie im Rahmen der Klimaschutzvereinbarung der deutschen Wirtschaft vom November 2000*. Frankfurt am Main: Verband der Chemischen Industrie e.V.
- VCI (2007a), *Chemiewirtschaft in Zahlen 2007*. Frankfurt am Main: Verband der Chemischen Industrie e.V., Internet: <http://www.vci.de>, Abrufdatum: 15.05.2008.
- VCI (2007b), *Die Chemische Industrie in Deutschland, Stand August 2007*. Frankfurt am Main: Verband der Chemischen Industrie e.V., Internet: <http://www.vci.de>, Abrufdatum: 15.05.2008.
- VCI (2008), *Dokumentation energiesparender bzw. emissionsmindernder Maßnahmen der chemischen Industrie 2005-2007*. Frankfurt am Main: Verband der Chemischen Industrie e.V.
- VDKI (2004), *Jahresbericht 2003*. Hamburg: Verein der Kohlenimporteure e.V., Internet: <http://www.verein-kohlenimporteure.de>, Abrufdatum: 02.07.2007.
- VDKI (2007), *Jahresbericht 2006*. Hamburg: Verein der Kohlenimporteure e.V., Internet: <http://www.verein-kohlenimporteure.de>, Abrufdatum: 02.07.2007.
- VDKI (2008), *Jahresbericht 2008. Fakten 2007/2008*. Hamburg: Verein der Kohlenimporteure e.V., Internet: <http://www.verein-kohlenimporteure.de>, Abrufdatum: 21.07.2008.
- VDN (2007), *Selbstverpflichtung zum SF6-Einsatz*. Berlin: Verband der Netzbetreiber e.V., Internet: http://www.vdn-berlin.de/akt_sf6_2005_06_20.asp, Abrufdatum: 05.07.2007.
- VDP (2000), *Erklärung der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie zur Reduzierung des spezifischen Kohlendioxidausstoßes aus fossilen Energieträgern (Aktualisierung 2000)*, Bonn: Verein Deutscher Papierfabriken e.V., Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- VDP (2007), *Papier 2007 - Ein Leistungsbericht*. Bonn: Verband Deutscher Papierfabriken e.V.
- VDP (2008a), *Kennzahlen deutscher Zellstoff- und Papierfabriken 2007*. Bonn: Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Internet: http://www.vdp-online.de/zahlen_fakten.html, Abrufdatum: 01.07.2008.
- VDP (2008b), *Monitoring-Bericht der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie zur Reduzierung des spezifischen Kohlendioxidausstoßes aus fossilen Energieträ-*

- gern. Siebter Zwischenbericht (2005-2007) der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie. Bonn: Verband Deutscher Papierfabriken e.V.
- VDP (2008c), Papier 2008. Ein Leistungsbericht. Bonn: Verband Deutscher Papierfabriken e.V.
- VdZ (2000), Verbändeerklärung des Vereins der Zuckerindustrie zur „Vereinbarung zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge“. Berlin: Verein der Zuckerindustrie.
- VdZ (2004), Monitoring zur Minderung des CO₂-Ausstoßes in der Zuckerindustrie - 5.-7. Verbändebericht für die Jahre 1999/2000 bis 2001/2002. Berlin: Verein der Zuckerindustrie.
- VdZ (2008a), Monitoring zur Minderung des CO₂-Ausstoßes in der Zuckerindustrie – 10. bis 12. Verbändebericht für die Jahre 2005 bis 2007. Berlin: Verein der Zuckerindustrie.
- VdZ (2008b), Fortschreibung der Verbändeerklärung der Zuckerindustrie vom 19. Dezember 2000 zur „Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge“. Berlin: Verein der Zuckerindustrie.
- VDZ (2008), Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie. Achte aktualisierte Erklärung zur Klimavorsorge, Monitoring-Bericht 2004-2007. Düsseldorf: Verein Deutscher Zementwerke e.V.
- VGB (2004), Referenzkraftwerk Nordrhein-Westfalen. *VGB Powertech*, 5/2004: 76-89.
- VIK (1998), Praxisleitfaden zur Förderung der rationellen Energieverwendung in der Industrie. Verband der industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. (Hrsg.). Essen: Verlag Energieberatung GmbH.
- VIK (2005a), Der VIK. Essen: Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V., Internet: <http://www.vik.de/index.php>, Abrufdatum: 06.11.07.
- VIK (2005b), Statistik der Energiewirtschaft, Ausgabe 2005. Verband der industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. (Hrsg.). Essen: Verlag Energieberatung GmbH.
- VIK (2005c), Fortschrittsbericht des VIK zum CO₂-Monitoring im Rahmen der Vereinbarungen zwischen der Bundesregierung und der Deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge vom November 2000 und zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung vom 19. Mai 2005, Essen: Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.
- VIK (2007a), Statistik der Energiewirtschaft, Ausgabe 2007. Verband der industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. (Hrsg.). Essen: Verlag Energieberatung GmbH.
- VIK (2008), VIK Monitoringberichte 2005-2007 (Teilberichte für 2005 bis 2007) 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. Entwurf, Stand September 2008. Essen: Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.
- WV Bergbau (1994), Das Bergbau Handbuch. Wirtschaftsvereinigung Bergbau e.V.(Hrsg.), Essen: Glückauf.

- WV Bergbau (2005), Jahresbericht 2004. Berlin: Wirtschaftsvereinigung Bergbau e.V., Internet: <http://www.wv-bergbau.de>, Abrufdatum 25.04.2005.
- WVM/Metallstatistik (verschiedene Jahrgänge), Metallstatistik. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V., Internet: <http://www.wv-metalle.de>.
- WVM (2003), Geschäftsbericht 2002/2003. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V., Internet: <http://www.wv-metalle.de>, Abrufdatum: 05.04.2005.
- WVM (2004), Die NE-Metalle. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V., Internet: <http://www.wvmetalle.de>, Abrufdatum: 25.07.2005.
- WVM (2005), Geschäftsbericht 2004/2005. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V., Internet: <http://www.wv-metalle.de>, Abrufdatum: 02.06.2005.
- WVM (2006), Erklärung der deutschen NE-Metallindustrie zum Klimaschutz für den Zeitraum 2008 bis 2012. Berlin: Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V.
- WVM (2007), Klimaschutz-Monitoring: Fortschrittsbericht 2003 bis 2004. Berlin: Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V.
- WVM (2008), Klimaschutz-Monitoring: Fortschrittsbericht 2005 bis 2007. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V.
- WV Stahl (2001), Enlarged Voluntary Commitment of the German Steel Industry to Climate Protection up to the year 2012. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Stahl, Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- WV Stahl (2007a), 6. CO₂-Monitoring-Fortschrittsbericht der Stahlindustrie in Deutschland – Berichtsjahre 2003, 2004 und 2005. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Stahl, Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- WV Stahl (2007b), Statistisches Jahrbuch der Stahlindustrie 2007/2008. Wirtschaftsvereinigung Stahl (Hrsg.). Düsseldorf: Verlag Stahleisen.
- WV Stahl (2008), 7. CO₂-Monitoring-Fortschrittsbericht der Stahlindustrie in Deutschland – Berichtsjahre 2005 bis 2007. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Stahl, Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- WVZ (2005), Zuckererzeugung. Bonn: Wirtschaftliche Vereinigung Zucker e.V., Internet: http://www.Zuckerwirtschaft.de/3_3_4.html, Abrufdatum: 25.07.2005.
- Ziegel (2000), Erweiterte Selbstverpflichtung der Ziegelindustrie zum Klimaschutz. Bonn: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie.
- Ziegel (2005a), Dokumentation energiesparender bzw. CO₂emissionsmindernder Maßnahmen der Ziegelindustrie 2000-2002. Fortschrittsbericht des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie. Bonn: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V., Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- Ziegel (2005b), Auflistung von Energiesparmaßnahmen und deren Ergebnisse aus einzelnen Ziegelwerken für die Jahre 2000 bis 2002. Bonn: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.
- Ziegel (2007), Fortschrittsbericht für die Ziegelindustrie für die Jahre 2003 und 2004. Bonn: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. (zwei PDF-Dateien).
- Ziegel (2008), Fortschrittsbericht für die Ziegelindustrie für die Jahre 2005 bis 2007. Bonn: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. (zwei PDF-Dateien).

- ZVEI (2008), Monitoringbericht für die Jahre 2005 bis 2007 der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie vom 13. April 2008. Frankfurt am Main: Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.
- ZVEI (2001), Beitritt der Deutschen Elektrotechnik- und Elektronikindustrie zur Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge vom 9. November 2000. Frankfurt am Main: Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.
- ZVEI (2005a), 1. Monitoring-Bericht für das Berichtsjahr 2001 zur Umsetzung des Beitritts der Deutschen Elektrotechnik- und Elektronikindustrie zur Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge vom 9. November 2000. Frankfurt am Main: Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.