

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

Research Report

Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft: Monitoringbericht 2010. Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge. Bericht - September 2011

RWI Projektberichte

Provided in Cooperation with:

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen

Suggested Citation: Frondel, Manuel; Halstrick-Schwenk, Marianne; Janßen-Timmen, Ronald; Ritter, Nolan (2011) : Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft: Monitoringbericht 2010. Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge. Bericht - September 2011, RWI Projektberichte, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI), Essen

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/69925>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



Projektbericht

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft – Monitoringbericht 2010

**Bericht zum Forschungsprojekt
des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie,
des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit,
des Bundesministeriums der Finanzen
und des Bundesverbandes der Deutschen Industrie**

Impressum

Vorstand des RWI

Prof. Dr. Christoph M. Schmidt (Präsident)

Prof. Dr. Thomas K. Bauer (Vizepräsident)

Prof. Dr. Wim Kösters

Verwaltungsrat

Dr. Eberhard Heinke (Vorsitzender);

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

Manfred Breuer; Dr. Hans Georg Fabritius; Hans Jürgen Kerckhoff; Dr. Thomas
Köster; Dr. Thomas A. Lange; Andreas Meyer-Lauber; Hermann Rappen;
Dr.-Ing. Sandra Scheermesser; Reinhard Schulz; Vertreter des Fachressorts der
Bundesregierung NN; Vorsitzender des Forschungsbeirats NN

Forschungsbeirat

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

Ehrenmitglieder des RWI

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

RWI Projektbericht

Herausgeber:

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Hohenzollernstraße 1/3, 45128 Essen, Germany

Phone +49 201-81 49-0, Fax +49 201-81 49-200, e-mail: rwi@rwi-essen.de

Alle Rechte vorbehalten. Essen 2011

Schriftleitung: Prof. Dr. Christoph M. Schmidt

**Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft –
Monitoringbericht 2010**

Bericht – September 2011

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

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft – Monitoringbericht 2010

**Verifikation der Vereinbarung zwischen der
Regierung der Bundesrepublik Deutschland und
der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge**

Bericht – September 2011

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

Projektbericht

Projektteam:

Prof. Dr. Manuel Frondel (Projektleiter), 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, Frau Anna Magdalena Juschka und Herrn Fabian Scheffer, die bei der technischen Redaktion eine großartige Geduld mit dem Projektteam bewiesen und die Arbeiten mit einer außergewöhnlichen Schnelligkeit und Zuverlässigkeit erledigten. Unser Dank gilt auch Frau Daniela Schwindt und Herrn Benedict Zinke für die Gestaltung des Layouts und die Erstellung der Graphiken. Nicht zuletzt sind wir Herrn Prof. Christoph M. Schmidt für wertvolle Anregungen, Korrekturen und hilfreiche Kommentare zu Dank verpflichtet.

Die Klimaschutzklärung der deutschen Wirtschaft.....	9
Überblick über die seit 1990 erzielten Emissionsminderungen	15
Zielerreichungsgrade für die Emissions- und Energieminderungsziele.....	17
1. Die Kaliindustrie	23
1.1 Datenbasis	23
1.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung	24
1.3 Beschreibung des Produktionsprozesses	26
1.4 Die Selbstverpflichtung.....	28
1.5 Bis 2010 erreichte CO ₂ -Minderungen	28
1.6 Ursachenanalyse	29
1.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung.....	32
1.8 Zusammenfassung und Bewertung	33
2. Die Zuckerindustrie.....	36
2.1 Datenbasis	37
2.2 Energieverbrauch und Produktion.....	39
2.3 Kurzbeschreibung des Produktionsprozesses	40
2.4 Selbstverpflichtung.....	41
2.5 Bis 2010 erreichte CO ₂ -Minderungen	43
2.6 Ursachenanalyse	44
2.7 Maßnahmen im Einzelnen	49
2.8 Zusammenfassung und Bewertung	50
3. Die Textilindustrie	53
3.1 Datenbasis	53
3.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung	55
3.3 Beschreibung des Produktionsprozesses	56
3.4 Die Selbstverpflichtung.....	58
3.5 Bis 2010 erreichte CO ₂ -Minderungen	59
3.6 Ursachenanalyse	60
3.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung.....	62
3.8 Zusammenfassung und Bewertung	65

4.	Die Zellstoff- und Papierindustrie	67
4.1	Datenbasis	68
4.2	Energieverbrauch und Produktion	69
4.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	71
4.4	Die Selbstverpflichtung.....	73
4.5	Bis 2010 erreichte CO ₂ -Minderungen	74
4.6	Ursachenanalyse	74
4.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung.....	76
4.8	Zusammenfassung und Bewertung	77
5.	Die Chemische Industrie	79
5.1	Datenbasis	80
5.2	Energieverbrauch und Produktion	83
5.3	Ausgewählte Produktionsprozesse	84
5.4	Die Selbstverpflichtungserklärung	85
5.5	Bis 2010 erreichte Energieverbrauchs- und Treibhausgasminderungen.....	86
5.6	Ursachenanalyse	88
5.7	Ausgewählte Maßnahmen zur Treibhausgas-Minderung.....	90
5.8	Zusammenfassung und Bewertung	90
6.	Die Glasindustrie	93
6.1	Datenbasis	94
6.2	Energieverbrauch und Produktion	95
6.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	97
6.4	Die Selbstverpflichtungserklärung	99
6.5	Bis 2010 erreichte CO ₂ -Minderungen	100
6.6	Ursachenanalyse	101
6.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung.....	106
6.8	Zusammenfassung und Bewertung	107
7.	Die Feuerfest-Industrie	109
7.1	Datenbasis	110
7.2	Energieverbrauch und Produktion	111
7.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	113
7.4	Die Selbstverpflichtung.....	113
7.5	Bis 2010 erreichte CO ₂ -Minderungen	114
7.6	Ursachenanalyse	115
7.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung	118
7.8	Bewertung	118

Inhalt

8.	Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten.....	120
8.1	Datenbasis	120
8.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung	121
8.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	123
8.4	Die Selbstverpflichtung.....	124
8.5	Bis 2010 erreichte CO ₂ -Minderungen	124
8.6	Ursachenanalyse	125
8.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung	127
8.8	Bewertung	128
9.	Die Ziegelindustrie	130
9.1	Datenbasis	130
9.2	Energieverbrauch, Umsatz und Beschäftigung	131
9.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	132
9.4	Die Selbstverpflichtung.....	133
9.5	Bis 2010 erreichte Minderungen.....	133
9.6	Ursachenanalyse	135
9.7	Ausgewählte Minderungsmaßnahmen.....	137
9.8	Zusammenfassung und Bewertung	138
10.	Die Zementindustrie.....	141
10.1	Datenbasis	141
10.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung	142
10.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	144
10.4	Die Selbstverpflichtung.....	147
10.5	Bis 2010 erreichte CO ₂ -Minderungen	148
10.6	Ursachenanalyse	149
10.7	Bedeutende Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung und Bewertung.....	154
11.	Die Kalkindustrie.....	157
11.1	Datenbasis	157
11.2	Energieverbrauch und Produktion	158
11.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	158
11.4	Die Selbstverpflichtung.....	159
11.5	Bis 2010 erreichte CO ₂ -Minderungen	160
11.6	Ursachenanalyse	161
11.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung.....	164
11.8	Zusammenfassung und Bewertung	165

12.	Die Eisenschaffende Industrie	168
12.1	Datenbasis	168
12.2	Energieverbrauch und Produktion	170
12.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	171
12.4	Die Selbstverpflichtung.....	174
12.5	Bis 2010 erreichte CO ₂ -Minderungen	175
12.6	Ursachenanalyse	178
12.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung.....	180
12.8	Zusammenfassung und Bewertung	181
13.	Die Nichteisen-Metallindustrie	183
13.1	Datenbasis	183
13.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung.....	184
13.3	Beschreibung des Produktionsprozesses	186
13.4	Die Selbstverpflichtungserklärung	187
13.5	Bis 2010 erreichte CO ₂ -Minderungen	187
13.6	Ursachenanalyse	190
13.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung.....	192
13.8	Zusammenfassung und Bewertung	193
14.	Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie	195
14.1	Datenbasis	196
14.2	Energieverbrauch und Produktion	198
14.3	Beschreibung der Produktionsprozesse	199
14.4	Die Selbstverpflichtung.....	200
14.5	Bis 2010 erzielte CO ₂ -Minderungen	201
14.6	Ursachenanalyse	202
14.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung.....	206
14.8	Zusammenfassung und Bewertung	207
15.	Der Steinkohlenbergbau	210
15.1	Datenbasis	210
15.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung.....	211
15.3	Kurzbeschreibung des Produktionsprozesses.....	213
15.4	Die Selbstverpflichtung.....	215
15.5	Bis 2010 realisierte CO ₂ - und Methangasminderungen.....	216
15.6	Ursachenanalyse der CO ₂ -Minderung	217
15.7	Ursachenanalyse der Minderung der Methanemissionen	220
15.8	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung.....	222
15.9	Zusammenfassung und Bewertung	225

Inhalt

16.	Das Gasfach	228
16.1	Datenbasis	228
16.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung	230
16.3	Die Selbstverpflichtung.....	230
16.4	Bis 2010 erreichte CO ₂ -Minderungen	232
16.5	Ursachenanalyse	233
16.6	Zusammenfassung und Bewertung	237
17.	Die Mineralölwirtschaft	240
17.1	Datenbasis	240
17.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung	242
17.3	Die Selbstverpflichtung.....	246
17.4	Bis 2010 erreichte Verbesserungen des Jahresnutzungsgrades für Ölheizungen und CO ₂ -Minderungen	247
17.5	Ursachenanalyse	249
17.6	Ausgewählte Maßnahmen.....	252
17.7	Zusammenfassung und Bewertung	255
18.	Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft	258
18.1	Datenbasis	258
18.2	Produktion, Umsatz und Beschäftigung	259
18.3	Die Selbstverpflichtung.....	260
18.4	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung bei KWK-Anlagen	260
18.5	Zusammenfassung und Bewertung	266
19.	Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft	267
19.1	Datenbasis	267
19.2	Energieverbrauch und Produktion	269
19.3	Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen.....	270
19.4	Die Selbstverpflichtung.....	272
19.5	Bis 2010 erreichte CO ₂ -Minderungen	273
19.6	Ursachenanalyse	275
19.7	Beitrag der Kraft-Wärme-Kopplung	281
19.8	Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung.....	285
19.9	Zusammenfassung	289

Anhang	292
A. Wirtschaftliche Entwicklung der an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren.....	292
B. Die Entwicklung der Energiepreise.....	295
C. Datengrundlagen.....	304
Literatur	309

Die Klimaschutzerklärung der deutschen Wirtschaft

Auf der ersten internationalen Klimaschutzkonferenz, die 1995 in Berlin stattfand, verpflichtete sich Deutschland, den Ausstoß an Treibhausgasen bis 2012 um 21 % zu reduzieren. Zu den Treibhausgasen zählen neben Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄) das klimapotente Lachgas (N₂O), Schwefelhexafluorid (SF₆), Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) und halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW).

Die deutsche Wirtschaft beteiligt sich aktiv an der Erfüllung dieser Minderungszusage. Im März 1995 wurde zwischen der damaligen Bundesregierung und dem Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) sowie 16 Unternehmensverbänden eine freiwillige Vereinbarung geschlossen, die vorsah, 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 diese Selbstverpflichtung zwischen der Bundesregierung und der deutschen Wirtschaft aktualisiert, präzisiert und erweitert. Als neues Bezugsjahr wurde 1990 gewählt und 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)[®] und dem Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft (VIK) unterzeichnet und von weiteren 14 Verbänden des Produzierenden Gewerbes getragen. Zusätzlich hinzu kamen am 27. Juni 2001 und am 30. Mai 2002 die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie sowie der Steinkohlenbergbau, vertreten durch den Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) bzw. den Gesamtverband Steinkohle (GVSt). Zudem hat der Mineralölwirtschaftsverband (MWW) im September 2001 eine die Raffinerien betreffende Klimaschutzerklärung ausgesprochen. Zuvor hatte der MWW bereits eine Klimaschutzerklärung für den Wärmemarkt abgegeben.

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

Die „Erweiterte Vereinbarung zur Klimavorsorge“ hat bis heute Gültigkeit. Darin verpflichtete sich die deutsche Wirtschaft, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 um 28 % gegenüber 1990 zu senken. Darüber hinaus wurde bis 2012 eine Reduzierung der spezifischen Emissionen der sechs Kiotogase – gemessen in CO₂-Äquivalenten – um 35 % zugesagt, ebenfalls gegenüber dem Basisjahr 1990 (Übersicht 1, BDI 2000). Die Bundesregierung und die deutsche Wirtschaft streben an, damit die Emissionsvolumina im Jahre 2005 um zusätzlich 10 Mill. t CO₂ und im Jahr 2012 nochmals um zusätzlich 10 Mill. t CO₂-Äquivalente gegenüber der bisherigen Selbstverpflichtungserklärung zu senken.

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, nämlich die Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO₂-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 9.11.2000, sollen bis 2012 mindestens 43 Mill. t CO₂ vermieden werden.

Im Gegenzug bekräftigte die Bundesregierung bei erfolgreicher Umsetzung und gemeinsamer Weiterentwicklung der Vereinbarung 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 zu nationalem Recht. Die Bundesregierung wird sich dafür einsetzen, dass der an der Vereinbarung teilnehmenden Wirtschaft auch bei der Fortentwicklung der ökologischen Steuerreform im internationalen Vergleich keine Wettbewerbsnachteile entstehen und u.a. auch angesichts der ausstehenden europäischen Harmonisierung der Energiebesteuerung die Nettobelastung der Unternehmen einen tragbaren Selbstbehalt nicht übersteigt. Bei einer EU-weiten Harmonisierung der Energiebesteuerung wird sich die Bundesregierung für wettbewerbskonforme Lösungen einsetzen. Dies gilt im Hinblick auf ein möglichst einheitliches Niveau der Steuersätze, auf einheitliche Steuergegenstände und Bemessungsgrundlagen.

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 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

Die Klimaschutzzerklärung der deutschen Wirtschaft

werden, die während der Zeit der Freistellung Umweltschutzziele verwirklichen, wie dies mit der Erweiterten Vereinbarung zur Klimavorsorge aus dem Jahr 2000 beabsichtigt ist. Die dabei erzielten Fortschritte müssen von einem unabhängigen Institut überwacht werden (EU 2002: 13).

Die europäischen Leitlinien zur Steuerbefreiung werden durch das deutsche Stromsteuergesetz (StromStG) und das deutsche Energiesteuergesetz (EnergieStG) konkretisiert. So werden die Steuerentlastungen nach § 10 StromStG und § 55 EnergieStG für Unternehmen des Produzierenden Gewerbes (sog. Spitzenausgleich) über den 31.12.2011 hinaus bis zum 31.12.2012 nur dann gewährt, wenn die Bundesregierung im Jahr 2011 feststellt, dass zu erwarten ist, dass die in der Klimavereinbarung genannten Emissionsminderungsziele bis zum 31.12.2012 in Höhe von 100 % erreicht werden.

Die Bundesregierung hat ihre Feststellung zur Erreichung der in der Klimavereinbarung genannten Emissionsminderungsziele jeweils auf der Grundlage eines von einem unabhängigen wirtschaftswissenschaftlichen Institut erstellten Berichts zu treffen.

Getragen wird die erweiterte Klimavereinbarung nunmehr von 19 Einzelverpflichtungen (Übersicht 1). Basisjahr für alle Selbstverpflichtungen ist 1990. Mit Ausnahme der Erklärung der Allgemeinen Elektrizitätswirtschaft beziehen sich die Minderungszusagen auf das Jahr 2012. Deren Spektrum 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. So haben sich einige Industriebranchen, wie etwa die Allgemeine Stromwirtschaft oder das Gasfach, zu absoluten Emissionsminderungen verpflichtet, während die Mehrheit der Industriesektoren spezifischen Emissionsminderungen zugesagt hat. In der weit überwiegenden Zahl aller beteiligten Industriesektoren sind dabei lediglich CO₂-Emissionen relevant.

Die an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren haben einen Anteil von fast vier Fünftel am Energieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes. Fast 75 % der nationalen CO₂-Emissionen von 1990 sind durch die Klimavereinbarung berücksichtigt. Im Basisjahr 1990 wurden 792,3 Mill. t von den beteiligten Wirtschaftszweigen emittiert, während nach Angaben des Umweltbundesamtes deutschlandweit rund 1 032 Mill. t an CO₂ freigesetzt wurden (UBA 2008: 44).

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 Elektrizitätswirtschaft, 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.

Übersicht 1 Klimaschutzerklärungen der deutschen Wirtschaft Minderungszusagen gegenüber 1990

Industriesektor	Minderungsziele	Zieljahr
Allg. Elektrizitätswirtschaft	Absolute CO ₂ -Emissionen um 25 Mill. t bis 2015 auf 264 Mill. t CO ₂	2015
Chemische Industrie	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	40 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro Mill. €	2012
Feuerfestindustrie	35 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen	2012
Gasfach	45 Mill. t CO ₂ -Äquivalente pro Jahr an klimarelevanten Gasen	2012
Glasindustrie	Bis zu 20 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Glas	2012
Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft	Kein konkretes Klimaschutzziel (zur Vermeidung von Doppelzählungen)	2012
Kaliindustrie	69 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t verarbeitetem Rohsalz	2012
	79 % der absoluten CO ₂ -Emissionen	
Kalkindustrie	15 % der brennstoffbedingten spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Kalk	2012
Keramische Fliesen und Platten	30 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Fliesen und Platten	2012
Mineralölwirtschaft	10 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen der Raffinerien pro t Bruttoreffinerieerzeugung Steigerung des durchschnittlichen Jahresnutzungs-	2012

Die Klimaschutzzerklärung der deutschen Wirtschaft

grades der Ölheizungsanlagen um 27 bis 30 %

Industriesektor	Minderungsziele	Zieljahr
Nichteisen-Metallindustrie	24 % des spezifischen Energieverbrauchs pro t NE-Metalle	2012
Steinkohlenbergbau	75 % der absoluten CO ₂ -Emissionen 70 % der Methan-Emissionen	2012
Textilindustrie	59 % der absoluten CO ₂ -Emissionen	2012
Zellstoff- und Papierindustrie	35 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Papier	2012
Zementindustrie	28 % der energiebedingten spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Zement	2012
Ziegelindustrie	28 bis 30 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Ziegel	2012
Zuckerindustrie	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.

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 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 und in § 55 EnergieStG und §10 StromStG in nationales Recht umgesetzt, soll die Bundesregierung ihre Feststellung bzgl. der Erreichung der in der Klimaschutzvereinbarung genannten Emissionsminderungsziele in den Jahren 2009, 2010 und 2011 auf der Grundlage eines von einem unabhängigen wirtschaftswissenschaftlichen Institut erstellten Berichts treffen. Für den Bericht zur Feststellung der Zielerreichung im Jahr 2010 wurde das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) mit dieser Aufgabe betraut. Mit dem vorliegenden Monitoringbericht wird diese Aufgabe auftragsgemäß für das Berichtsjahr 2010 wahrgenommen. Ein Überblick über die Ergebnisse wird im folgenden Abschnitt dargestellt. Ein ergänzender Bericht zur Verifikation der Ver-

einbarung zur Minderung der CO₂-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung 2000 folgt.

Überblick über die seit 1990 erzielten Emissionsminderungen

Die an der Vereinbarung zur Klimavorsorge beteiligten Sektoren konnten die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2010 um 196,3 Mill. t bzw. um 24,8 % gegenüber 1990 verringern (Tabelle 1). Die beteiligten Sektoren konnten im Jahr 2010 mehrheitlich ihren CO₂-Ausstoß auf niedrigem Niveau stabilisieren oder gar weiter absenken. Zu den Sektoren mit den umfangreichsten prozentualen Emissionsminderungen gegenüber 1990 zählen der Steinkohlenbergbau (-82,6 %), die Kaliindustrie (-79,2 %) und die Textilindustrie (-67,2 %). Die höchsten absoluten CO₂-Einsparungen erzielte mit 46,8 Mill. t das Gasfach, gefolgt von der Allgemeinen Stromwirtschaft mit 41,0 Mill. t. Die Papierindustrie wies zwar höhere Emissionen als im Basisjahr auf, die im gleichen Zeitraum um knapp 82 % gestiegene Produktion (Tabelle 3) zeigt aber auch hier deutlich die gelungene Entkopplung von Produktion und CO₂-Ausstoß.

Die Schaubilder 1 und 2 fassen den Stand der CO₂-Reduktionsminderungen zusammen. Die individuellen Reduktionszusagen der an der Klimaschutzvereinbarung beteiligten Sektoren dienen dem übergeordneten Ziel, die spezifischen Emissionen gegenüber 1990 um 35 % zu reduzieren. Dieses für 2012 gesetzte Ziel war im Jahr 2010 erfüllt; der aus sämtlichen Emissionsminderungszielen mit Hilfe des arithmetischen Mittels berechnete mittlere Zielerreichungsgrad lag bei 113,7 % (Übersicht 2). Demnach wurde das in der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge vom 9. November 2000 (Klimaschutzvereinbarung) genannte Emissionsminderungsziel zum 31. Dezember 2010 erfüllt. Daher kann davon ausgegangen werden, dass das gesetzte Ziel auch zum 31. Dezember 2012 zu 100 % erreicht wird.

Im Jahr 2010 waren 18 der 22 Emissionsminderungsziele erreicht, einige Zielmarken wurden sogar erheblich überschritten. Lediglich 3 Sektoren sind noch deutlich von ihren Zielen für 2012 entfernt. Dies sind neben der Eisenschaffenden Industrie die Ziegelindustrie und der Sektor der keramischen Fliesen und Platten. In der Ziegelindustrie und im Sektor der keramischen Fliesen und Platten führen gestiegene Qualitätsanforderungen seitens der Kunden zu steigenden spezifischen Emissionen. So besteht eine zunehmende Nachfrage nach dickeren oder witterungsbeständigeren Produkten, deren Herstellung einen höheren Energieaufwand erfordert.

Tabelle 1
Absolute CO₂-Emissionen der an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Branchen

1990 bis 2010; gerundete Werte in Mill. t

	1990	2000	2005	2008	2009	2010	1990-2010
Allg. Stromwirtschaft	289,0	266,0	267,0	261,0	242,0	248,0	-14,2 %
Chemische Industrie ¹	89,3	56,8	53,8	59,9	50,0	47,6	-46,7 %
Eisenschaff. Industrie	70,0	65,5	60,2	62,8	46,2	60,8	-13,1 %
Elektroindustrie	9,3	7,7	8,0	8,2	9,0	9,2	-1,1 %
Feuerfestindustrie	0,8	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	-50,0 %
Fliesen und Platten	0,7	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	-42,9 %
Gasfach	127,7	94,4	87,2	83,1	81,9	80,9	-36,6 %
Glasindustrie	6,3	6,4	5,9	6,1	5,6	5,6	-11,1 %
Kaliindustrie	4,8	1,0	1,2	1,2	0,8	1,0	-79,2 %
Kalkindustrie	3,2	2,8	2,5	2,7	2,3	2,5	-21,9 %
Mineralölwirtschaft (Raffinerien)	22,8	20,6	21,3	20,0	18,8	18,0	-21,1 %
Mineralölwirtschaft (Wärmemarkt)	104,5	88,9	84,2	82,6	82,0	81,6	-21,9 %
NE-Metallindustrie	14,6	14,3	14,3	14,0	9,6	11,6	-20,5 %
Papierindustrie	14,4	14,4	12,6	14,8	14,4	15,2	+5,5 %
Steinkohlenbergbau	9,2	3,4	2,4	1,8	1,5	1,6	-82,6 %
Textilindustrie	5,8	3,6	3,0	2,3	2,0	1,9	-67,2 %
Zementindustrie	12,0	9,2	6,4	6,4	5,5	5,4	-55,0 %
Ziegelindustrie	2,4	2,4	1,5	1,5	1,3	1,4	-41,7 %
Zuckerindustrie	4,6	2,4	2,1	2,0	2,0	2,0	-56,5 %
Insgesamt	791,4	660,7	634,5	631,2	575,6	595,1	-24,8 %
Minderung (in %)	-	16,5 %	19,8 %	20,2 %	27,3 %	24,8 %	

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.

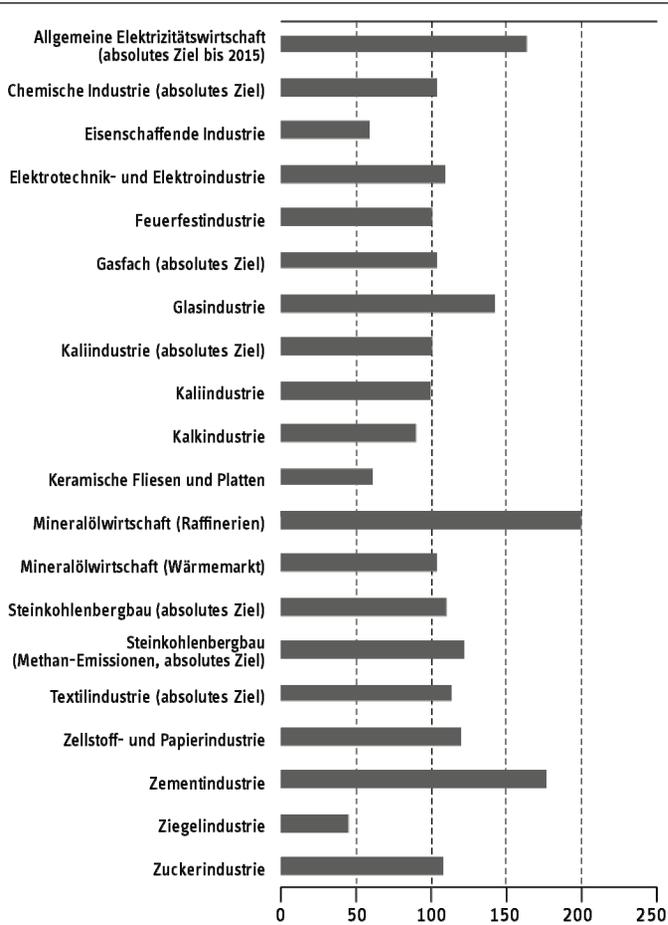
Überblick über die seit 1990 erzielten Emissionsminderungen

Übersicht 2

Zielerreichungsgrade für die Emissions- und Energieminderungsziele

Verbände	Zielerreichungsgrad
Emissionsminderungsziele	2010
Allgemeine Elektrizitätswirtschaft (absolutes Ziel bis 2015)	164,0 %
Chemische Industrie (absolutes Ziel)	103,8 %
Eisenschaffende Industrie	59,1 %
Elektrotechnik- und Elektroindustrie	108,8 %
Feuerfestindustrie	100,3 %
Gasfach (absolutes Ziel)	104,0 %
Glasindustrie	142,0 %
Kaliindustrie (absolutes Ziel)	100,8 %
Kaliindustrie	100,1 %
Kalkindustrie	90,0 %
Keramische Fliesen und Platten	60,7 %
Mineralölwirtschaft (Raffinerien)	200,0 %
Mineralölwirtschaft (Wärmemarkt)	103,7 %
Steinkohlenbergbau (absolutes Ziel)	110,1 %
Steinkohlenbergbau (Methan-Emissionen, absolutes Ziel)	122,6 %
Textilindustrie (absolutes Ziel)	113,9 %
Zellstoff- und Papierindustrie	120,0 %
Zementindustrie	176,4 %
Ziegelindustrie	44,6 %
Zuckerindustrie	107,9 %
Energieminderungsziele	
NE-Metallindustrie	143,3 %
Chemische Industrie	124,3 %
Mittlerer Zielerreichungsgrad für alle Emissionsminderungsziele:	113,7 %
Eigene Berechnungen.	

Schaubild 1
Zielerreichungsgrade für die CO₂-Emissionsminderungszusagen
 Stand 2010, in %



Eigene Berechnungen.

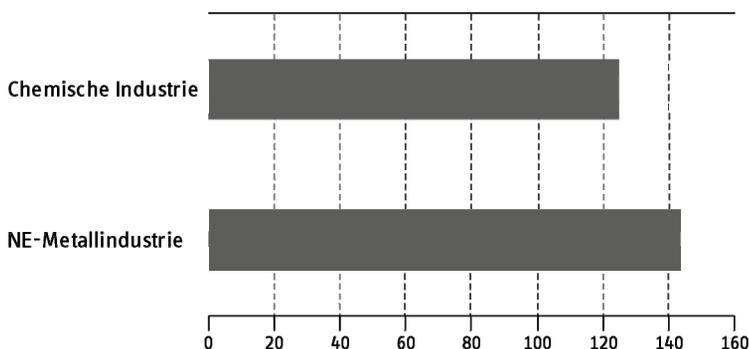
Überblick über die seit 1990 erzielten Emissionsminderungen

Auch bei der Eisenschaffenden Industrie führen strukturelle Veränderungen, die zum Zeitpunkt der Abgabe der Reduktionsverpflichtung nicht erkennbar waren, zu niedrigen Zielerreichungsgraden. So legte der Anteil von Elektrostahl von etwa 20 % im Jahr 1990 auf knapp 30 % im Jahr 2010 zu, während gleichzeitig die hergestellte Rohstahlmenge nahezu konstant blieb. Aus diesem Grund ist die Rohstahlerzeugung als Bezugsbasis bei der Berechnung der spezifischen CO₂-Emissionen ungeeignet, zumal die Rohstahlerzeugung nur einen Teilausschnitt der energieintensiven Produktion darstellt. Tatsächlich bilden beispielsweise warmgewalzte Stahlfertigprodukte das Endresultat der Produktion. Der Energieverbrauch für das Warmwalzen und die somit in den Walzwerken anfallenden CO₂-Emissionen schlagen bei der Berechnung der spezifischen Emissionen pro Tonne Rohstahl erhöhend zu Buche.

Einige Verbände haben mehrere Ziele formuliert. So besitzt die Mineralölwirtschaft zwei Zielvereinbarungen, eine für den Bereich der Raffinerien und eine Vereinbarung für den Wärmemarkt, während die Chemieindustrie sowohl eine absolute Treibhausgas-Reduktion als auch eine Senkung des spezifischen Energieverbrauchs anstrebt (Schaubild 2). Die Nichteisenmetall-Industrie hat hingegen lediglich die Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs zum Ziel.

Schaubild 2
Zielerreichungsgrade der Zusagen zur Minderung des spezifischen Energieverbrauchs für 2012

Stand 2010, in %



Eigene Berechnungen.

Einen Überblick über die CO₂-Emissionsreduktionen der einzelnen Sektoren gibt Tabelle 2. Die Emissionen der Zuckerindustrie betragen beispielsweise im Jahr 2010 noch 45 % des Wertes des Jahres 1990. Die Allgemeine Stromwirtschaft konnte ihre absoluten CO₂-Emissionen im selben Zeitraum um 14,2 % senken.

Tabelle 2
Index der CO₂-Emissionen der an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Branchen
 1990 bis 2010

	1990: 100					
	1990	2000	2005	2008	2009	2010
Allg. Stromwirtschaft	100.0	92.0	92.4	90.3	83.7	85.8
Chemische Industrie ¹	100.0	63.6	60.2	67.1	56.0	53.3
Eisenschaff. Industrie	100.0	93.6	86.0	89.7	66.0	86.9
Elektroindustrie	100.0	82.8	86.0	88.2	96.8	98.9
Feuerfestindustrie	100.0	50.0	50.0	50.0	37.5	50.0
Fliesen und Platten	100.0	71.4	71.4	57.1	57.1	57.1
Glasindustrie	100.0	73.9	68.3	65.1	64.1	63.4
Kaliindustrie	100.0	101.6	93.7	96.8	88.9	88.9
Kalkindustrie	100.0	20.8	25.0	25.0	16.7	20.8
Mineralölwirtschaft (Raffinerien)	100.0	87.5	78.1	84.4	71.9	78.1
NE-Metallindustrie	100.0	90.4	93.4	87.7	82.5	78.9
Papierindustrie	100.0	85.1	80.6	79.0	78.5	78.1
Steinkohlenbergbau	100.0	97.9	97.9	95.9	65.8	79.5
Textilindustrie	100.0	100.0	87.5	102.8	100.0	105.6
Zementindustrie	100.0	37.0	26.1	19.6	16.3	17.4
Ziegelindustrie	100.0	62.1	51.7	39.7	34.5	32.8
Zuckerindustrie	100.0	76.7	53.3	53.3	45.8	45.0
Insgesamt	100.0	78.2	77.1	78.9	75.6	78.4

Eigene Berechnungen nach Angaben der am Monitoring beteiligten Branchen.

Ergänzend zur Berechnung des arithmetischen Mittels der Zielerreichungsgrade wird im Folgenden eine weitere Berechnungsmethode aufgeführt, die jedoch nicht

Überblick über die seit 1990 erzielten Emissionsminderungen

Grundlage für die Verhandlungen zwischen der Bundesregierung und der Europäischen Kommission war und daher nicht für die Anwendung der §§ 55 EnergieStG und 10 StromStG maßgeblich ist. Um die spezifischen Emissionswerte zu ermitteln, werden bei dieser Berechnungsmethode der in Tabelle 2 dargestellte Gesamtindex der absoluten Emissionen durch einen Produktionsindex dividiert, mit dem der großen Heterogenität der Produkte der beteiligten Sektoren Rechnung getragen wird. Mit Hilfe eines Produktionsindex wird die Veränderung des Produktionsausstoßes unterschiedlicher Sektoren in einem bestimmten Zeitraum gemessen (Tabelle 3). Formal ist ein Produktionsindex ein gewogenes arithmetisches Mittel der Veränderungen des Outputs der einzelnen Sektoren.

Tabelle 3
Produktionsmessenzen der an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Branchen
1990 bis 2010

	Gewicht	1990	2000	2005	2008	2009	2010
Allg. Stromwirtschaft	15,5 %	100,0	108,1	112,1	110,4	102,6	107,4
Chemische Industrie ¹	22,7 %	100,0	119,8	132,1	140,1	128,0	142,6
Eisenschaff. Industrie	4,3 %	100,0	105,6	101,4	104,4	74,5	90,1
Elektroindustrie	36,5 %	100,0	137,7	153,3	181,6	141,9	176,0
Feuerfestindustrie	0,3 %	100,0	75,6	76,6	85,6	80,8	72,3
Fliesen und Platten	0,1 %	100,0	79,9	80,8	76,3	66,0	64,7
Glasindustrie	2,2 %	100,0	129,7	118,2	127,8	114,9	124,2
Kaliindustrie	0,0 %	100,0	68,8	73,3	70,2	39,1	66,4
Kalkindustrie	0,1 %	100,0	95,4	92,2	98,3	79,5	88,7
Mineralölwirtschaft	3,5 %	100,0	109,4	116,6	111,5	104,6	99,0
NE-Metallindustrie	3,4 %	100,0	128,4	127,1	133,8	104,0	124,1
Papierindustrie	2,4 %	100,0	142,3	125,6	155,8	163,4	181,7
Steinkohlenbergbau	1,7 %	100,0	47,7	35,4	24,5	19,8	18,5
Textilindustrie	3,1 %	100,0	66,0	54,9	52,7	42,6	31,3
Zementindustrie	0,7 %	100,0	102,5	93,2	101,4	90,7	89,7
Ziegelindustrie	0,5 %	100,0	115,0	79,2	72,7	61,4	67,0
Zuckerindustrie	0,5 %	100,0	91,4	82,9	77,7	85,4	81,3
Produktionsindex		100,0	121,2	129,1	142,2	119,7	138,1

Eigene Berechnungen nach Angaben der am Monitoring beteiligten Branchen.

Als Gewichte dienen die Anteile der einzelnen Sektoren an der Bruttowertschöpfung des Jahres 2000 aller an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Sektoren. Diese Gewichte können aus den Angaben des Statistischen Bundesamtes berechnet werden (StaBuA 2009) und sind zusammen mit den Veränderungen der Produktion der einzelnen Sektoren in Tabelle 3 wiedergegeben. Nach dem in Tabelle 3 angegebenen Index lag die Produktion der an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Sektoren im Jahr 2010 um 38,1 % höher als 1990. Zum Vergleich: Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes stieg der Produktionsindex für alle am Monitoring beteiligten Gewerbe zwischen 1991 und 2010 um etwa 17,3 % (StaBuA 2011a).

Gleichzeitig sanken die CO₂-Emissionen aller an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Sektoren zwischen 1990 und 2010 von 791,4 auf 595,1 Mill. t, mithin um 24,8 % (Tabelle 1). Die Division der in Tabelle 4 angegebenen Reihe der Messzahlen der CO₂-Emissionen durch die Werte des Produktionsindex ergibt die Entwicklung der spezifischen Emissionen relativ zum Jahr 1990. 2010 lagen die spezifischen Emissionen demnach bei 56,2 % des Wertes für das Jahr 1990 (Tabelle 4). Dies entspricht einer Reduktion von 43,8 %. Für das spezifische Reduktionsziel von 35 % für 2012 läge der Zielerreichungsgrad nach dieser Berechnungsmethode bei 125,1 %.

Tabelle 4
Spezifische CO₂-Emissionen der an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Sektoren

1990 bis 2010; Reduktionsziel 35%

	1990	2000	2005	2008	2009	2010
Produktionsindex	100,0	121,2	129,1	142,2	119,7	138,1
CO ₂ -Emissionen	100,0	78,2	77,1	78,9	75,7	77,6
Spezifische Emissionen	100,0	64,6	59,7	55,5	63,3	56,2
Reduktion (in %)	-	-35,4%	-40,3%	-44,5%	-36,7%	-43,8%
Zielerreichungsgrad (in %)	-	101,3%	115,1%	127,1%	105,0%	125,1%

Eigene Berechnungen nach Angaben der am Monitoring beteiligten Branchen.

1. Die Kaliindustrie

Das Kerngeschäft der Kaliindustrie besteht aus 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 dazu geführt, dass die Produktionskapazitäten der Kaliindustrie national und international bis weit in das Jahr 2008 weitgehend ausgelastet waren (K+S 2008b: II, 86). Erst in den letzten Monaten des Jahres 2008 kam es im Zuge der Finanz- und Wirtschaftskrise zu einem erheblichen Rückgang der Nachfrage (K+S 2009a). Nachdem sich der weltweite Kaliabsatz 2009 fast halbierte und die Rohsalzverarbeitung der deutschen Kaliindustrie um 44 % sank (K+S 2010: 3), war 2010 eine deutliche Erholung zu verzeichnen. Die Rohsalzverarbeitung in Deutschland stieg um fast 70 % auf 34,6 Mill. t. Rund die Hälfte des Umsatzes wird im europäischen Raum erzielt (K+S 2011b: 82).

1.1 Datenbasis

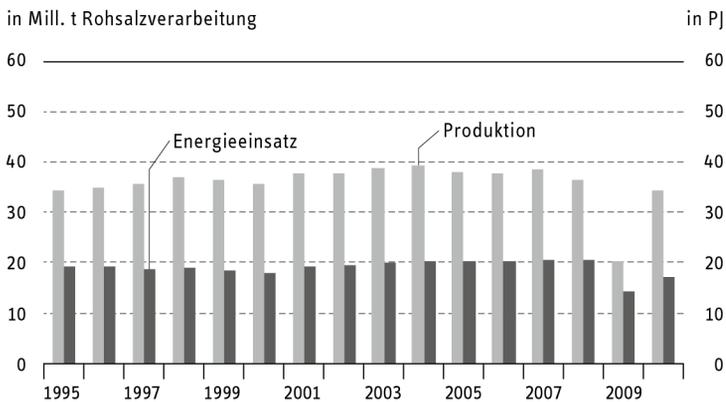
Verbandsaufgaben für den deutschen Kali- und Steinsalzbergbau werden vom Verband der Kali- und Salzindustrie – VKS e.V. mit Sitz in Berlin (früher Kaliverein, Kassel) wahrgenommen. Dieser stellt für das Monitoring auch die maßgebliche Datenbasis zur Verfügung. Zudem publiziert das Statistische Bundesamt (StaBuA) in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, Werte zum jährlichen Verbrauch verschiedener Energieträger und zum Stromeinsatz. Die Kaliindustrie wird in der *Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008)* unter der Kennziffer 08.91 („Bergbau auf chemische und Düngemittelminerale“) geführt (StaBuA 2008).

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 Kalirohsalzes der Herstellung von chemischen Grundstoffen und damit der Chemischen Industrie zuordnet, ist diese Produk-

tionsstufe in den Verbandsdaten enthalten (Buttermann, Hillebrand 2002: 41). Die Meldungen des VKS liegen daher erheblich über den Angaben des Statistischen Bundesamtes. 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 Geschäftsbereich Kali- und Magnesiumprodukte in eine eigenständige Tochter (K+S KALI GmbH) ausgegliedert. Aufgrund dieser Umstrukturierungen sind die im folgenden Abschnitt dargestellten Werte zur Beschäftigung ab 2003 mit früheren Jahren nur bedingt vergleichbar. Die im Bericht verwendeten Daten basieren auf Angaben der Kali und Salz AG, die mittlerweile in K+S AG umbenannt wurde.

Schaubild 1.1
Produktion und Energieeinsatz der Kaliindustrie
 1995 bis 2010



Nach Angaben des Verbands 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 wurde zwischen 1990 und 1992 eine Reihe von Bergwerken in Thüringen und Niedersachsen stillgelegt und die Produktion deutlich eingeschränkt (WV Bergbau 1994: 238). 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 (Tabelle 1.3). Bis 2007 wuchs die ver-

Die Kaliindustrie

arbeitete Rohsalzmenge um 12,7 % auf 38,8 Mill. t (RWI 2009: 29). Im Zuge der Finanz- und Wirtschaftskrise sank die Verarbeitung 2009 um 44,3 % auf 20,4 Mill. t Rohsalz und lag damit um fast 61 % unter der Kalirohsalzverarbeitung des Jahres 1990. Nach Auskunft des Verbandes konnte dieser Rückgang im Berichtsjahr 2010 wieder weitgehend aufgeholt werden. Die verarbeitete Rohsalzmenge erreichte mit 34,6 Mill. t das Niveau des Jahres 1995.

Während die Produktion zwischen 1995 und 2008 durchschnittlich um 0,5 % pro Jahr wuchs, blieb der Energieverbrauch seither auf etwa demselben Niveau von rund 20 PJ (Schaubild 1.1). Dennoch zeigt die Darstellung, dass sich die Relation von Produktion und Energieeinsatz – also die Energieeffizienz – zwischen 1990 und 2007 verbessert hat. Der Verband weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass der abnehmende Wertstoffgehalt im Rohsalz eine höhere Rohsalzförderung mit entsprechendem Energieeinsatz erfordert, um die gleiche Menge an Kaliprodukten zu erhalten.

Zur Gewinnung und Herstellung marktfähiger Kaliprodukte wurden 2010 insgesamt 17,3 PJ Energie aus fossilen Brennstoffen und Strom eingesetzt (Tabelle 1.1). Der Verbrauch dieser Energieträger stieg im Berichtsjahr mit 20,6 % gegenüber dem Vorjahr deutlich langsamer als die Produktion. Außerdem wurde 2010 in großem Umfang Strom und Prozesswärme CO₂-neutral erzeugt. Hierdurch wurden 3,3 PJ aus fossilen Brennstoffen bzw. Fremdstrom ersetzt (K+S 2011a: 3), die durch das CO₂-Monitoring nicht erfasst werden. Zusammen mit dieser Energie hat die Kaliindustrie 2010 etwa 20,6 PJ für die Rohsalzverarbeitung eingesetzt.

Tabelle 1.1
Spezifischer Energieverbrauch der Kaliindustrie
1990 bis 2010

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Energieverbrauch, (PJ)	56,1	19,5	18,1	20,3	20,6	14,3	17,3
Spez. Energieverbrauch, (MJ/t)	1 077,5	565,3	505,9	532,8	562,6	703,0	499,2

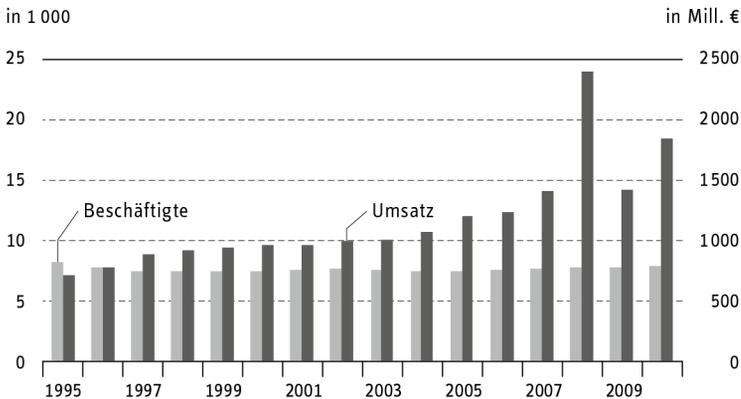
Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie.

Die Wirtschaftskrise führte 2009 zu zahlreichen Produktionsstillständen, ineffizienten An- und Abfahrvorgängen sowie verminderten Durchsätzen (K+S 2010: 2). Hierdurch wurde die Energieeffizienz der Rohsalzgewinnung erheblich verringert. Mit einem Verbrauch von 499 MJ je Produktionstonne hat die Kaliindustrie dagegen

2010 erstmals weniger als die Hälfte an fossilen Energieträgern und Strom je Tonne verarbeiteten Rohsalzes eingesetzt als noch 1990 (Tabelle 1.1).

Nach Angaben der K+S AG wurde 2010 mit 7 900 Beschäftigten ein Umsatz von gut 1,8 Mrd. € erwirtschaftet (K+S 2011b: U4). Dank der gestiegenen Nachfrage konnte der Umsatz von 1995 bis 2008 mehr als verdreifacht werden. 2010 lag er mehr als 2,5-mal so hoch. Die Beschäftigung sank dagegen seit 1995 um 3,4 % (Schaubild 1.2).

Schaubild 1.2
Umsatz und Beschäftigung in der Kaliindustrie
1995 bis 2010



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

1.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Der Ausgangspunkt für Kaliprodukte wie Kali-Düngemittel und Industriesalze 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 und -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 zum Schacht und anschließend mittels Gefäßförderung nach über Tage transportiert, um dort der Weiterverarbeitung unterzogen zu werden. Energierelevant sind dabei der Betrieb der Förderanlagen, die

Die Kaliindustrie

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 Löselauge 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 Löselauge, 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 – sogenannte 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.

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. Das Unternehmen K+S AG ist weltweit das einzige, das dieses Verfahren einsetzt. Mittlerweile wird mehr als 60 % der Kaliproduktion mit diesem Trennverfahren aufbereitet (K+S 2009b: 46).

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 Granuliertrommeln oder -tellern (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). Im April 2008 wurde die Erklärung 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).

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 (K₂O) im Rohsalz variiert je nach Abbaurevier (WV Bergbau 1994: 225), zudem nimmt er im Laufe der Jahre ab. Bergwerke mit geringem Kaligehalt müssen entsprechend mehr Rohsalz verarbeiten, um eine vergleichbare Menge des Endprodukts zu gewinnen.

Übersicht 1.1

Selbstverpflichtung der Kaliindustrie

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

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

1.5 Bis 2010 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). Seit 2002 liegt der CO₂-Ausstoß wieder über dem Wert von 1995 (RWI 2007: 27). Bis 2008 stiegen die Emissionen auf 1,17 Mill. t. 2009 wurde mit rund 0,8 Mill. t das bislang niedrigste Emissionsniveau erreicht und gleichzeitig das für 2012 gesetzte Ziel einer Minderung auf 1,0 Mill. t CO₂ übertroffen. Im aktuellen Berichtsjahr haben die Emissionen zwar wieder etwas zugenommen, das Minderungsziel für 2012 wurde dennoch erneut erreicht. Die Minderung gegenüber 1990 betrug 2010 knapp 80 %. Der Zielerreichungsgrad für die absoluten Emissionen erreichte 100,8 %.

Die Kaliindustrie

Tabelle 1.2

Entwicklung der absoluten CO₂-Emissionen der Kaliindustrie

1990 bis 2010; Minderungsziel bis 2012: -79 % auf 1,0 Mill. t CO₂

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Emissionen (in Mill. T)	4,76	1,11	1,02	1,15	1,17	0,82	0,97
Minderung (in %)	-	76,6	78,6	75,8	75,5	82,9	79,6
Zielerreichungsgrad (in %)	-	97,0	99,4	95,9	95,6	104,9	100,8

Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie.

Der spezifische CO₂-Ausstoß ist bis 2008 um rund 65,1 % gesunken. Lag er 1995 noch bei 32,3 kg CO₂/t Rohsalzverarbeitung, waren es 2008 noch 31,9 kg CO₂/t (Tabelle 1.3). Die spezifischen CO₂-Emissionen hatten 2000 mit 28,5 kg CO₂/t das für 2012 gesetzte Ziel einer Minderung um 69 % fast erreicht. Seither sind die spezifischen Emissionen allerdings wieder gestiegen. Dieser Trend konnte jedoch 2010 gestoppt werden: Nach Auskunft des Verbandes wurden 2010 insgesamt rund 1,1 Mill. t CO₂-neutral erzeugter Fremddampf mit einem Energiegehalt von 909,9 GWh bezogen. In einer Dampfturbine wurden hieraus 236,5 GWh Strom erzeugt. Verglichen mit dem Bezug einer entsprechenden Menge Fremdstrom konnten auf diese Weise 158 468 t CO₂ vermieden werden. Die anschließende Nutzung des Dampfes für Prozesswärme hat die Emissionen weiter gesenkt. Diese Substitution fossiler Brennstoffe und von Fremdstrom hat die spezifischen Emissionen auf 28,2 kg CO₂/t reduziert. Das gesetzte Ziel einer Minderung um 69 % wurde dadurch erstmals erreicht; der Zielerreichungsgrad stieg auf 100,1 % (Tabelle 1.3).

1.6 Ursachenanalyse

Nachdem das Jahr 2009 in der Kaliindustrie durch einen deutlichen Rückgang der produzierten Rohsalzmenge und des Energieverbrauchs gekennzeichnet war, konnten die Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise auf die Produktion 2010 zum großen Teil wieder ausgeglichen werden (Schaubild 1.1).

Tabelle 1.3
Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen der Kaliindustrie
 1990 bis 2010; Ziel bis 2012: -69 % auf 28 kg CO₂/t verarbeitetes Rohsalz

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Rohsalzverarbeitung, (Mill. t)	52,1	34,4	35,8	38,2	36,6	20,4	34,6
Spez. Emissionen, (kg CO ₂ /t)	91,4	32,3	28,5	30,2	31,9	40,0	28,2
Minderung (in %)	-	64,6	68,8	66,9	65,1	56,2	69,1
Zielerreichungsgrad (in %)	-	93,7	99,8	97,0	94,3	81,4	100,1

Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie.

Substitutionen zwischen den eingesetzten Energieträgern fielen in den vergangenen Jahren sehr unterschiedlich aus. Der Nettostrombezug nahm von 1998 bis 2004 deutlich stärker zu als der gesamte Einsatz an Energie. Hierdurch stieg sein Anteil auf 8,5 % (RWI 2008: 26). Bis 2007 wuchs dann der Einsatz des CO₂-armen und ansonsten den Energiemix der Kaliindustrie dominierenden Erdgases leicht überdurchschnittlich, der Bezug von Fremdstrom ging dagegen zurück und sein Anteil am gesamten Energieeinsatz sank auf 6,9 % (RWI 2009: 30). Seit 2009 ist der Bezug von Fremdstrom erheblich zurückgegangen: Zunächst sank er um 8,0 % auf 1,7 PJ und 2010 um weitere 47,2 % auf 0,9 PJ (Tabelle 1.4). Gleichzeitig nahm der Verbrauch von Erdgas um 29,4 % auf 16,4 PJ zu. Damit entfiel 2010 nur noch ein Anteil von 5,1 % auf Fremdstrom, während der von Erdgas auf 94,8 % stieg.

Der Grund für diese Verschiebungen innerhalb der Struktur der eingesetzten Energieträger liegt jedoch nicht in einem geringeren Einsatz von Strom in der Kaliindustrie. Vielmehr wird bereits seit 2009 ein wachsender Teil des eingesetzten Stroms aus Fremddampf erzeugt, der aus einer CO₂-neutral betriebenen Verbrennung stammt. Während der Dampf von einer Betreibergesellschaft bereitgestellt wird, erfolgt die Umwandlung in Strom in Eigenregie. Dieser Strom wird jedoch im CO₂-Monitoring nicht erfasst.

Die Kaliindustrie

Tabelle 1.4
Energiemix der Kaliindustrie
1990 bis 2010; in PJ; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Rohbraunkohle	27,1	-	-	-	-	-	-
Heizöl, schwer	1,4	-	-	-	-	-	-
Heizöl, leicht	-	0,05	0,03	0,05	0,01	0,01	0,03
Erdgas	19,2	16,8	17,6	18,6	18,7	12,7	16,4
Strom	8,5	2,6	0,5	1,6	1,8	1,7	0,9
Insgesamt	56,1	19,5	18,1	20,3	20,6	14,3	17,3

Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie.

Die Auswirkungen der Veränderung des Energiemix spiegeln sich in der Entwicklung der CO₂-Emissionen je Energieeinheit wider: Insgesamt sanken die Emissionen je GJ seit 1990 von 84,8 kg CO₂/GJ auf 56,4 kg CO₂/GJ im Jahr 2010 (Tabelle 1.5). Multipliziert man die Verringerung um 28,4 kg 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. Allein auf die Substitution von Energieträgern entfielen mithin rund 42 % der bis 2010 reduzierten Emissionen von 3,8 Mill. t CO₂. Ein Großteil davon geht auf den vollständigen Verzicht auf Rohbraunkohlenstaub und schweres Heizöl als Energieträger zurück, wohingegen das CO₂-arme Erdgas zum dominierenden Energieträger wurde (Tabelle 1.4).

Tabelle 1.5
Energieverbrauch, CO₂-Emissionen absolut und je Energieeinheit
1990 bis 2010

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Emissionen (in Mill. T)	4,76	1,11	1,02	1,15	1,17	0,82	0,97
Energieverbrauch (in PJ)	56,1	19,5	18,1	20,3	20,6	14,3	17,3
Emissionen (in kg CO ₂ /GJ)	84,8	57,1	56,3	56,7	56,7	57,0	56,4

Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie.

Neben Änderungen im Energiemix konnten die Emissionsverringerungen zwischen 1990 und 2010 im Wesentlichen durch Verbesserungen der Energieeffizienz

und einen geringeren Energieverbrauch aufgrund der im Vergleich zu 1990 stark reduzierten Rohsalzverarbeitung erzielt werden. Wird der Rückgang der Produktionsmenge zwischen 1990 und 2010 von 17,5 Mill. t (Tabelle 1.3) mit dem hohen spezifischen CO₂-Emissionswert von 1990 von 91,4 kg je Tonne Produktionsoutput bewertet, ergibt sich eine Emissionsreduktion von rund 1,6 Mill. t.

Verbesserungen der Energieeffizienz schließlich waren überwiegend in der ersten Hälfte der 1990er Jahre festzustellen. Insgesamt sank der spezifische Energieverbrauch zwischen 1990 und 2010 um mehr als die Hälfte, von rund 1 078 MJ/t auf rund 499 MJ/t (Tabelle 1.1). Mit der Verringerung des spezifischen Verbrauchs einher ging eine Reduzierung der spezifischen CO₂-Emissionen. Den Beitrag der Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs zur Minderung der spezifischen Emissionen zeigt folgende Rechnung: Multipliziert man die Effizienzsteigerung von rund 578 MJ/t bzw. 0,578 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 49,0 kg CO₂/t. Tatsächlich wurden 1990 jedoch 91,4 kg CO₂/t freigesetzt. Folglich konnten durch eine effizientere Energienutzung und den Einsatz CO₂-neutral erzeugten Stroms die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2010 um fast 54 % gesenkt werden. Bezogen auf die 1990 verarbeitete Menge in Höhe von 52,1 Mill. t ergibt sich somit ein Einsparvolumen von knapp 2,5 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. Die besseren wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und die verstärkte Nutzung CO₂-neutraler Ersatzbrennstoffe zur Stromerzeugung haben 2010 dazu geführt, dass der spezifische Verbrauch auf den niedrigsten Wert seit 1990 gesunken ist und die Emissionen trotz erheblicher Produktionssteigerung wesentlich langsamer zunahmen.

1.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die deutsche Kaliindustrie hat nach eigenen Angaben durch die Nutzung einer optimierten Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) eine Energieeffizienz von ca. 90 % erreicht. Weitere Verbesserungen der Energieeffizienz sowie der absoluten und spezifischen CO₂-Emissionen sind damit kaum möglich, da der erreichte Wert sehr nahe am technischen Optimum liegt (K+S 2011a: 3).

Um die CO₂-Emissionen weiter zu senken, ist die Kaliindustrie seit 2009 dazu übergegangen, Erdgas durch erneuerbare Energieträger zu ersetzen. Diese Umstellung wurde auch 2010 weiter vorangetrieben. Zu diesem Zweck wurde ein Kraftwerk für

Die Kaliindustrie

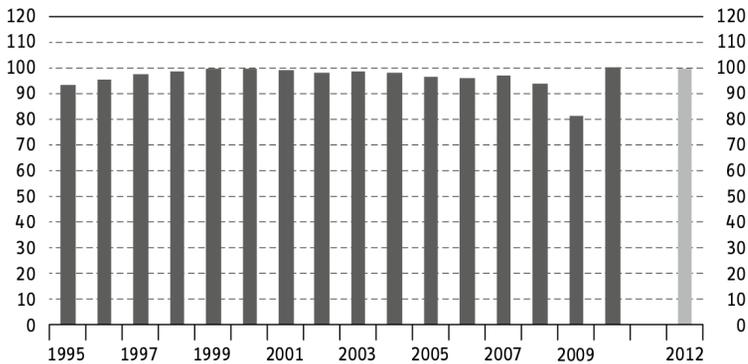
Ersatzbrennstoffe in Heringen an der Werra errichtet. Eine Betreibergesellschaft erzeugt in dieser KWK-Anlage durch den Einsatz von Ersatzbrennstoffen CO₂-neutral Frischdampf. Dieser wird anschließend in Eigenregie zur Stromerzeugung und danach in der Produktion als Prozesswärme genutzt. Insgesamt ersetzt der Frischdampf 909,9 GWh bzw. rund 3,3 PJ aus fossilen Energieträgern bzw. Fremdstrom (K+S 2011a: 3). Die Nutzung des Frischdampfs aus dieser Anlage hat neben erheblichen Einsparungen beim Einsatz des fossilen Energieträgers Erdgas zu entsprechend geringeren CO₂-Emissionen geführt.

Auf die Ergebnisse des Monitorings hat die Nutzung erneuerbarer Energieträger – ebenso wie die von Sekundärbrennstoffen – indirekt Auswirkungen. Da im Monitoring nur der Einsatz von fossilen Brennstoffen und Nettofremdstrom berücksichtigt wird, verringert die Nutzung CO₂-neutraler Energieträger den betrachteten Gesamtenergieverbrauch an fossilen Brennstoffen und Fremdstrom. Ein unverändertes Produktionsniveau vorausgesetzt, ergibt sich für die im Monitoring erfasste Energiemenge ein geringerer spezifischer Verbrauch. Gleichzeitig werden sowohl die absoluten als auch die spezifischen Emissionen reduziert.

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 2009a). Der Ausstoß von CO₂ konnte bis 2010 um fast 80 % gegenüber 1990 verringert werden. Das Minderungsziel für 2012, eine Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen von 69 % gegenüber 1990, wurde 2010 zu 100,2 % erreicht (Schaubild 1.3).

Schaubild 1.3
Zielerreichungsgrad des spezifischen Minderungsziels für 2012
 1995 bis 2010; in %



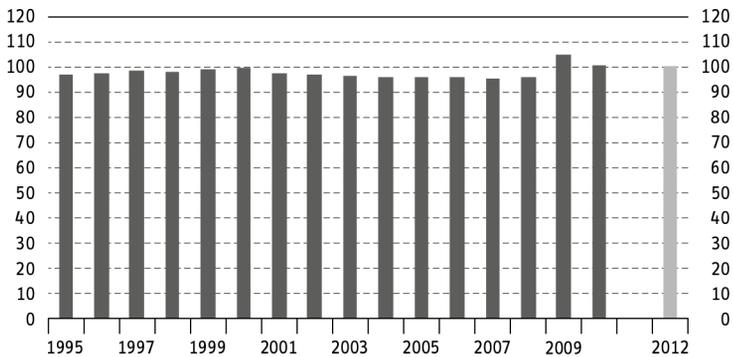
Eigene Berechnungen.

Das Ziel, den absoluten CO₂-Ausstoß um mehr als 78 % gegenüber 1990 zu senken, wurde zwar im Jahr 2000 erreicht, bis 2008 nahmen die Emissionen aber wieder zu. Lediglich der starke Produktionsrückgang sorgte 2009 dafür, dass der Zielerreichungsgrad auf 104,9 % stieg (Schaubild 1,4). 2010 konnte das Ziel eingehalten werden (100,7 %), weil die CO₂-Emissionen durch den Einsatz von Ersatzbrennstoffen erheblich langsamer zunahmen als die Produktion.

Bis 2007 lag das Wachstum der Nachfrage nach Kalidüngemitteln im Durchschnitt der letzten fünf Jahre bei 5 % pro Jahr (K+S 2008b: 86). Infolge der Finanz- und Wirtschaftskrise ging jedoch die Produktion der Kaliindustrie 2009 deutlich zurück. 2010 konnte der Produktionsrückgang bereits weitgehend aufgeholt werden. Auch weiterhin werden die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Kaliindustrie eher günstig beurteilt: Die weiter wachsende Weltbevölkerung, veränderte Ernährungsgewohnheiten in den Schwellenländern sowie die größere Bedeutung nachwachsender Rohstoffe dürfte zukünftig wieder zu einer steigenden Nachfrage nach Düngemitteln führen (K+S 2011a: 3).

Die Kaliindustrie

Schaubild 1.4
Zielerreichungsgrad des absoluten Minderungsziels für 2012
1995 bis 2010; in %



Eigene Berechnungen.

Mit zunehmender Produktionsmenge wird allerdings auch die Menge an CO₂-Emissionen ansteigen, zumal der Nachhaltigkeitsbericht der K+S AG für 2008 bereits feststellt, „dass sich nach heutigem Stand der Technik selbst durch weitere Investitionen kaum noch spürbare Emissionsminderungen erreichen lassen“ (K+S 2009b: 11). Darüber hinaus nimmt der Wertstoffgehalt der Rohsalze seit einigen Jahren langsam ab. Der Energieaufwand, der zur Sicherung einer hohen Produktionsleistung erforderlich ist, steigt hierdurch und mit ihm auch die absoluten und die spezifischen CO₂-Emissionen (K+S 2010: 3). Zukünftig sollen die CO₂-Emissionen daher durch Nutzung von Abwärme verringert werden (K+S 2011a: 2-3). Weiteres Minderungspotential liegt im Einsatz erneuerbarer Energieträger und Sekundärbrennstoffe in der Eigenstromerzeugung. 2010 hat gezeigt, dass durch diese Maßnahmen das absolute Reduktionsziel für die Kaliindustrie bis 2012 erreichbar ist.

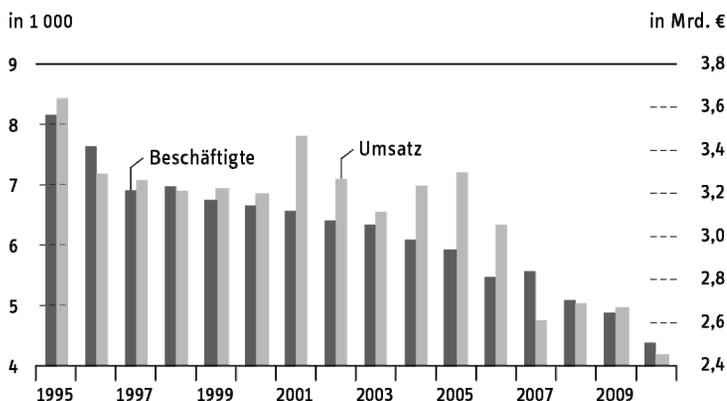
2. Die Zuckerindustrie

Das Kerngeschäft der Zuckerindustrie umfasst die Gewinnung und Raffination von Zucker aus Zuckerrüben. 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 gegenüber dem bis 2006 gültigen Interventionspreis (rund 36 %) sowie einer drastischen Reduzierung der Produktionsquoten im Rahmen eines Strukturfonds (EU 2006).

Der Umsatz der Zuckerindustrie betrug 2010 etwa 2,5 Mrd. € (Schaubild 2.1). Mit einem Umsatzanteil am Verarbeitenden Gewerbe von knapp 0,2 % gehört diese Industrie zu den kleinen Wirtschaftszweigen.

Schaubild 2.1
Beschäftigte und Umsatz in der Zuckerindustrie

1995 bis 2010



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1. und des Jahresberichts Betriebe.

Der Rückgang der Rübenverarbeitung von 3,3 % in den Jahren 1995 bis 2005 liegt im Rahmen einer gleichmäßigen Schwankungsbreite (Schaubild 2.2). Die durch die Zuckermarktreform veranlassten Marktrücknahmen durch die Kommission sowie eine vegetationsbedingt schlechte Ernte mit unterdurchschnittlichen Zuckergehalten

Die Zuckerindustrie

lösten 2006 einen starken Rückgang der Rübenverarbeitung auf 20,65 Mill. t aus. Die entsprechend niedrigere Zuckerproduktion führte dann 2007 zu einem Absinken des Umsatzes auf 2,6 Mrd. €. Bereits im Jahr 2007 erreichte die Verarbeitung mit 25,14 Mill. t wieder ihr langjähriges Niveau.

Nachdem die deutsche Zuckerwirtschaft im Zuge der Reform des europäischen Zuckermarktes Ende 2007 und Anfang 2008 in zwei Wellen insgesamt rund 20,7 % ihrer Produktionsquote für Zucker aufgegeben hatte, kam es im Jahr 2008 zu einem erneuten Rückgang der Rübenverarbeitung gegenüber 2007 um rund 2,1 Mill. t bzw. 8,5 % auf 23 Mill. t (VdZ 2009: 4). Der Umsatz stieg hingegen um 4,3 % auf 2,7 Mrd. €.

2009 erreichte die Rübenverarbeitung bei konstantem Umsatz wieder 26 Mill. t und damit den langjährigen Durchschnittswert. Der Verband bezeichnet 2009 als das erste Jahr nach der reformbedingten Restrukturierung des Sektors, das nach mehreren atypisch verlaufenen Jahren hinsichtlich Anbaufläche, Ertrag, Rübenmenge und Zuckergehalt wieder einen normalen vor der Reform vergleichbaren Verlauf nahm (VdZ 2010:4). 2010 sank die Rübenverarbeitung vor allem aufgrund schlechter Witterungsbedingungen erneut um 4,6 % auf 24,8 Mill. t, begleitet von einem Umsatzrückgang von 8,1 % auf 2,5 Mrd. € (VdZ 2010:4).

In 20 Betrieben beschäftigte die Zuckerindustrie 2010 noch 5 281 Mitarbeiter. Die Anzahl der Beschäftigten der Zuckerindustrie ist zwischen 1995 und 2010 bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Gesamtverarbeitungskapazität um 46,4 % zurückgegangen.

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.

Das Monitoring weicht seit der Berichterstattung für die Jahre 2000 bis 2002 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 waren, sondern auf Verbandsangaben. Zweitens beziehen sich diese Werte auf das Kalenderjahr und nicht mehr auf das sogenannte Zuckerwirtschaftsjahr. Dieses umspannte bis 2006 den Zeitraum vom 1. Juli bis zum 30. Juni des Folgejahres. Seit 2006 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 erfolgte, 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 (VdZ 2004: 3).

Die Daten für die Rübenverarbeitung entstammten bis zum Monitoringbericht 2008 den Kampagne-Schlussberichten der Zuckerfabriken. Solange die Rübenkampagnen bis zum Jahresende abgeschlossen waren, hatte dies keine statistischen Auswirkungen. Im Einzelfall wurde die ins neue Jahr reichende Erzeugung jeweils berücksichtigt. Da die Dauer der Rübenkampagnen sich inzwischen von 90 auf bis zu 120 Tage ausgeweitet hat und an vielen Standorten erstmals bis weit über die Mitte Januar 2010 reichte, werden die Erzeugungszahlen ab 2009 ebenfalls zum 31.12. abgegrenzt.

Der VdZ hat seine fossilen Energieverbrauchswerte durch Multiplikation der eingesetzten Energiemengen mit den ihm durch seine Lieferanten mitgeteilten Heizwerte 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.

Im Vergleich zu den VdZ-Angaben liegen die auf Basis der AGEB-Heizwerte ermittelten Werte 2010 beim Energieverbrauch um etwa 6,2 % und bei den CO₂-Emissionen um 5,5 % niedriger und entsprechen damit den Abweichungen des Jahres 2009. In den Jahren zuvor betrug die Abweichungen beim Energieverbrauch etwa 3,5 bis 5 % (Tabelle 2.1). Bei den CO₂-Emissionen beliefen sie sich auf 3

Die Zuckerindustrie

bis 5,5 %. Damit stellen sich die vom VdZ gelieferten Angaben der Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen in der Zuckerindustrie moderat ungünstiger dar, als die auf Basis der Heizwerte der AGEB ermittelten Verbrauchswerte. Das Zurückgreifen auf die speziellen Heizwerte des VdZ kann daher im Rahmen der Überprüfung der freiwilligen Selbstverpflichtung der Zuckerindustrie akzeptiert werden. Bei der Wahl des Heizwertes für die Umwandlung des zu berücksichtigenden Nettofremdstrombezugs von MWh in GJ ist der Verbrauch an Primärenergieträgern, der durch Wirkungsgradverluste bei der Stromerzeugung verloren geht, zu berücksichtigen. Für den - bei der Zuckerindustrie negativen - Nettofremdstrombezug wird weiterhin der durch die AGEB berechnete Heizwert des Stroms aus der öffentlichen Stromversorgung für das Jahr 1990 zugrunde gelegt.

Tabelle 2.1
Energieverbrauch an fossilen Energieträgern und CO₂-Emissionen in der Zuckerindustrie

2000 bis 2010; gerundete Werte in PJ

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Energieverbrauch, AGEB	29,7	26,3	21,6	25,9	24,7	26,6	26,2
Energieverbrauch, VdZ	29,2	27,3	22,7	27,1	25,8	28,4	28,0
Differenz, (in % des Energieverbrauchs des VdZ)	1,7	-3,7	-4,8	-4,4	-4,3	-6,3	-6,2
CO ₂ -Emissionen (in Mill. t, AGEB)	2,39	2,12	1,79	2,07	1,95	1,99	1,94
CO ₂ -Emissionen (in Mill. t, VdZ)	2,37	2,19	1,89	2,16	2,02	2,11	2,06
Differenz, (in % der CO ₂ -Emissionen des VdZ)	-0,8	-3,2	-5,3	-4,2	-3,5	-5,7	-5,5

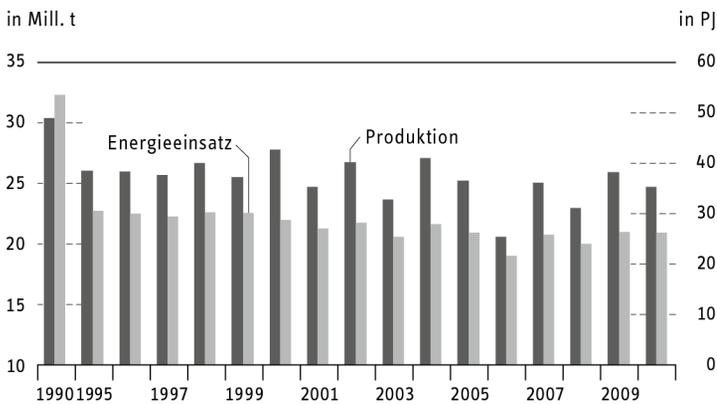
Eigene Berechnungen nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie und der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen. ¹ Einschließlich der aus dem Eigenstromexport resultierenden Verbräuche und Emissionen.

2.2 Energieverbrauch und Produktion

Der gesamte Energieverbrauch einschließlich Nettofremdstrombezug sank zwischen 1990 und 1995 um 43 %, von 53,9 auf 30,7 PJ (Schaubild 2.2). Die Rübenverarbeitung ging unterdessen nur um rund 14,4 % zurück, wobei es sich bei der Verarbeitungsmenge von 30,5 Mill. t Rüben im Jahr 1990 allerdings um einen ein-

malig hohen Wert handelte; der langjährige Durchschnitt liegt zwischen 25 und 26 Mill. t. Bezogen auf 1995 lag die Verarbeitung im Jahr 2010 mit 24,8 Mill. t um 5,3 % niedriger. Der Energieverbrauch konnte um 14 % auf 26,4 PJ reduziert werden. Damit fielen die Differenzen der Wachstumsraten mit knapp 9 Prozentpunkten deutlich geringer aus als in der ersten Hälfte der neunziger Jahre mit 30 Prozentpunkten. Bei dem drastischen Produktionsrückgang um 18,6 % im Jahr 2006 handelte es sich um eine durch die Reform der Zuckermarktordnung in diesem Jahr hervorgerufene Auswirkung von Sondereffekten, verbunden mit den Auswirkungen einer vegetationsbedingt deutlich unterdurchschnittlichen Ernte. Von 2007 bis 2008 sank die Produktion aufgrund der Aufgabe der Zuckerquote auf 23 Mill. t um 8,4 %, begleitet von einem Rückgang des Energieverbrauchs um 6,6 % von 25,9 PJ auf 24,2 PJ. Nach der Restrukturierung stieg die Produktion 2009 um 13 % auf 26 Mill. t, der Energieverbrauch erhöhte sich um 9,5 % auf 26,5 PJ. Im Berichtsjahr 2010 wiederum führten schlechte Witterungsbedingungen zu einem Absinken der Produktion um 4,6 %, während der Energieverbrauch sich nur um 0,4 % verringerte.

Schaubild 2.2
Energieverbrauch und Rübenverarbeitung in der Zuckerindustrie
 1990 bis 2010



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 Zuckerherstellung lässt

Die Zuckerindustrie

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 98 % des Zuckers entzogen. Der so entstandene Rohsaft hat einen Zuckeranteil von 13 bis 15,8 %.

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 sogenannte 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 bei Zugabe von Impfkristallen durch Wasserentzug weiter. Diese Kochmasse wird anschließend in Rührgefäße abgelassen. 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 sogenannte 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, d.h. der Zeit, in der die Zuckerfabriken die Rüben verarbeiten, 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 gegenüber dem Zuckerwirt-

schaftsjahr 1990 von 148 kg/t auf 81 bis 87 kg/t Rüben bzw. um 41 bis 45 % zu senken (VdZ 2000: 1-2). Die Zusage des VdZ zur Emissionsminderung basiert auf den vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Energieverbrauchsdaten für das Zuckerwirtschaftsjahr 1990. Den Monitoringberichten 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 bei einer Gesamtemission von 4,5 Mill. t CO₂ im Basisjahr. Hieraus ergab sich für 2005 rechnerisch eine Minderungszusage von 42,9 % bis 46,8 %.

Die Höhe der spezifischen CO₂-Emissionen lag bereits seit 2002 in dem für 2005 angestrebten Zielkorridor. Daher hat sich der Verein der Zuckerindustrie im Jahr 2008 in einer Fortschreibung der Selbstverpflichtungserklärung zu einer weiteren Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen der deutschen Zuckerindustrie verpflichtet. Bei Aufrechterhaltung der Branchenerklärung aus dem Jahr 2000 zu den übrigen Punkten sagt der VdZ bis 2012 eine Reduktion auf 79 bis 85 kg/t Rüben zu. Hieraus ergibt sich rein rechnerisch eine Minderungszusage von 44,1 % bis 48,0 % (Übersicht 2.1).

Übersicht 2.1

Selbstverpflichtung der Zuckerindustrie

Ziel 2012 Verringerung der spezifischen CO₂-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 CO₂-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).

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 wird. Hieraus ergäbe sich eine Minderungszusage auf 540 bis 500 kg/t Zucker, ausgehend von einer durchschnittlichen Zuckerausbeute von 15,8 % in den vergangenen fünf Jahren (VdZ 2008b: 3).

Die Zielvorgabe für den spezifischen Energieverbrauch, die der VdZ im Rahmen der Selbstverpflichtungen der deutschen Wirtschaft von 1996 gegeben hatte und in

Die Zuckerindustrie

der Erklärung von 2000 – neben der damals neu hinzu getretenen Zusage, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 auf 81 bis 87 kg/t Rüben zu senken – unverändert bestehen ließ, sah eine Reduktion von 49,1 kWh pro Dezitonne (dt) im Jahr 1990 auf 29 kWh/dt Rüben im Jahr 2005 vor (VdZ 2000: 1-2). Dieses Ziel konnte bereits seit 2004 realisiert werden. Bezüglich einer Fortschreibung dieses auf den spezifischen Energieverbrauch gerichteten Teils des Ziels wurden vom Verband bis 2012 keine Aussagen getroffen.

Tabelle 2.2

Spezifische CO₂-Emissionen und Zielerreichungsgrade der Zuckerindustrie

1990 bis 2010; Ziel bis 2012: 79-85 kg CO₂/t Rüben

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Spez. Emissionen, (kg/t)	152	96,3	84,3	84,1	83,6	76,3	78,8
Minderung (in %)	-	36,8	44,7	44,3	45,0	49,8	48,2
Zielerreichungsgrad (in %)	-	88,5	101,2	101,2	101,2	111,8	107,9

Nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie im Rahmen des Monitoring.

2.5 Bis 2010 erreichte CO₂-Minderungen

Im Jahr 2010 lagen die spezifischen CO₂-Emissionen mit 78,8 kg/t Rüben um 48,2 % unter dem Niveau von 1990 mit 152 kg/t und damit nach 2009 erneut, wenn auch nur geringfügig, unterhalb der unteren Grenze des angestrebten Zielkorridors von 79 kg/t (Tabelle 2.2; RWI 2007: 33). In den letzten 11 Jahren befanden sich die entsprechenden Werte mit Ausnahme der Jahre 2001, 2003 und 2006 innerhalb dieses Korridors. Damit konnte das für 2012 gesetzte Ziel, für die spezifischen CO₂-Emissionen einen Wert zwischen 79 bis 85 kg/t zu realisieren, in diesem Zeitraum nahezu durchgehend erreicht werden. 2010 lag der Zielerreichungsgrad, gemessen an der oberen Grenze, bei 107,9 %.

2010 lag der spezifische Energieverbrauch bei 29,6 kWh/dt (Tabelle 2.4). Während 2009 die Zielvorgabe von 29 kWh/dt mit einem Wert von 28,3 kWh/dt noch übertroffen werden konnte, lag sie im Berichtsjahr etwas drüber. Nachdem der spezifische Verbrauch zwischen 1990 und 2000 von 49,1 kWh/dt auf 28,9 kWh/dt gesunken war, stieg er in den folgenden drei Jahren noch einmal auf Werte bis ca. 30 kWh/dt an. Seit 2004 pendelt der spezifische Verbrauch um den Zielwert. (Tabelle 2.4, RWI 2007: 34). Das Resultat der Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs, der spezifischen CO₂-Emissionen sowie des Rückgangs der Rübenverarbeitung seit 1990

war eine Senkung der absoluten CO₂-Emissionen um 58 % von 4,6 Mill. t auf 1,95 Mill. t im Jahr 2010 (Tabelle 2.3). Gegenüber 2009 bedeutet das einen Rückgang um 2 % bzw. 40 000 t.

2.6 Ursachenanalyse

Eine, wenn auch nicht die wesentliche, Ursache für die Minderung der Emissionen im Zeitraum 1990 bis 2010 ist der Rückgang der Rübenverarbeitung, die zwischen 1990 und 1995 deutlich sank, von 30 Mill. t/a auf gut 26 Mill. t/a (Tabelle 2.3). Bei der Verarbeitungsmenge im Jahr 1990 handelt es sich jedoch nur um einen einmalig hohen Wert; der langjährige Durchschnitt liegt zwischen 25 und 26 Mio. t. 1991 betrug diese Menge 26,01 Mill. t.

Zwischen 1995 und 2005 ging die Produktion dagegen nur um 3,3 % auf 25,3 Mill. t zurück. 2009 lag sie mit 26 Mill. t wieder auf dem Niveau des Jahres 1995. 2010 sank sie auf 24,8 Mill. t. Die Jahre dazwischen waren durch Sondereffekte geprägt: So erreichte die Rübenverarbeitung 2006 - ausgelöst u.a. durch die Zuckermarktreform - vorübergehend ein bisher einmaliges Tief von 20,6 Mill. t. Bereits 2007 lag die Produktion wieder bei 25,1 Mill. t. Die Senkung der Produktionsquoten um 20,7 % ebenfalls im Zuge der Reform des europäischen Zuckermarktes führte 2008 vorübergehend erneut zu einem Rückgang auf 23 Mill. t.

Entscheidend für die Minderung der CO₂-Emissionen war der Rückgang der spezifischen CO₂-Emissionen. Deren Entwicklung wird durch die Veränderung des spezifischen Energieverbrauchs sowie durch den Energiemix, der in der Produktion zum Einsatz kommt, bestimmt. Der spezifische Energieverbrauch reduzierte sich in der ersten Hälfte der 1990er Jahre um gut 33,6 %, von 49,1 auf 32,6 kWh/dt (Tabelle 2.4). Die hohe Steigerung der Energieproduktivität zwischen 1990 und 1995 ist zu einem großen Teil auf die vereinigungsbedingten Restrukturierungen in Ostdeutschland, d.h. auf den kapitalintensiven Aufbau neuer, moderner Zuckerfabriken in den neuen Bundesländern, verbunden mit der Stilllegung von Anlagen 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).

Zwischen 1995 und 2010 sank der spezifische Energieverbrauch mit 9,2 % deutlich schwächer als in der ersten Hälfte der neunziger Jahre, von 32,6 kWh/t auf 29,6 kWh/t (Tabelle 2.4). Seit 2004 sind nur noch Schwankungen um den Zielwert von 29 kWh/t festzustellen.

Die Zuckerindustrie

Tabelle 2.3
Rübenverarbeitung und CO₂-Emissionen der Zuckerindustrie
1990 bis 2010

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
CO ₂ -Emissionen, (Mill. t)	4,64	2,52	2,35	2,13	1,92	1,99	1,95
Minderung (in %)		45,7	49,4	54,1	58,6	57,1	58,0
Produktion, (Mill. t)	30,5	26,1	27,9	25,3	23,0	26,0	24,8
Veränderung (in %)		-14,4	-8,5	-17,0	-24,6	-14,8	18,7

Nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie im Rahmen des Monitoring.

Tabelle 2.4
Entwicklung von Energieverbrauch, Produktion und CO₂-Emissionen pro Energieeinheit in der Zuckerindustrie
1990 bis 2010; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Energieverbrauch, (PJ)	53,9	30,7	28,9	26,3	24,2	26,5	26,4
Minderung (in %)		43,0	46,4	51,2	55,1	50,8	51,0
Spez. Verbrauch, (kWh/dt)	49,1	32,6	28,9	28,9	29,2	28,3	29,6
Minderung (in %)		33,6	41,1	41,1	40,5	42,4	39,7
CO ₂ -Intensität, (kg/Gj)	86,2	82,1	81,3	81,0	79,3	75,1	73,9

Nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie im Rahmen des Monitoring.

Bei der Bewertung der Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs ist Folgendes zu berücksichtigen: Durch die Umstellung der Berichterstattung vom Zuckerwirtschaftsjahr auf das Kalenderjahr werden bei der Ermittlung des spezifischen Energieverbrauchs die Größen Energieverbrauch, CO₂-Mengen und Rübenverarbeitung nicht mehr verursachergerecht aufeinander bezogen. Denn der Energieverbrauch eines Jahres bezieht sich faktisch auf die Rübenverarbeitung der

Monate September bis Dezember des Vorjahres, wobei bis einschließlich 2008 bei Fortdauer der Rübenkampagne bis in den Januar und Februar in Ausnahmefällen noch Werte entsprechend berücksichtigt wurden.

Da sich die verarbeiteten Rübenmengen aufgrund von Ertragsschwankungen und – wie in den letzten Jahren – auch durch die Änderung von politischen Rahmenbedingungen von Jahr zu Jahr stark ändern können, führt das dazu, dass der ausgewiesene spezifische Energiebedarf durch die großen Schwankungen der verarbeiteten Rübenmenge stärker bestimmt wird als durch die technischen Veränderungen zur Steigerung der Energieeffizienz (VdZ 2010: 2).

Kommt es vorübergehend zu einer größeren Produktionsabsenkung, wie z.B. 2006, wird der Energieverbrauch dieses Jahres auf einen zu niedrigen Rübenverarbeitungswert bezogen, der spezifische Energieverbrauch rein rechnerisch also zu hoch ausgewiesen. Dies erklärt die Verschlechterung der Energieeffizienz auf über 29 kWh/dt im Jahr 2006 (VdZ 2009: 2). 2009 beeinflusste dagegen ein relativ niedriger Energieverbrauch, bezogen auf einen hohen Wert für die Rübenverarbeitung, den spezifischen Energieverbrauch deutlich positiv. Verstärkt wurde die Wirkung dadurch, dass die Verlängerung der Kampagne die Verlagerung der energieintensiven Abfahrprozesse ohne nennenswerte Rübenverarbeitung in das nächste Jahr bewirkte (VdZ 2010: 5). Der gegenüber 2009 etwa gleich hohe Energieverbrauch im Jahr 2010, bezogen auf eine deutlich niedrigere Produktion, trug dann zu einem höheren spezifischen Energieverbrauch in diesem Jahr bei.

Eine Berechnung des Dreijahresdurchschnitts nivelliert derartige Effekte und weist für die Jahre 2000 bis 2004 eine deutliche Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs von 30,7 kWh/dt auf 29,2 kWh/dt aus. Danach sind nur noch geringfügige Schwankungen um den Zielwert festzustellen.

Der spezifische Energieverbrauch der Zuckerindustrie hängt in erheblicher Weise von den meteorologischen Bedingungen ab. So beeinflussen die Witterungsbedingungen den Umfang des Schmutzanzhangs der Rüben und bestimmen so die Höhe des Energieeinsatzes bei der Rübenvorbereitung. Ein erhöhter Erdanhang an den Rüben führt zu Unterbrechungen im Produktionsprozess und somit zu einem vermehrten Energiebedarf. Die Witterung beeinflusst zudem die Qualität der Rüben, vor allem den Gehalt an Zucker und störenden Begleitstoffen (VdZ 2004).

Nach Angaben des Verbandes führte 2010 eine trockene Witterung zu deutlich verminderten Ernteerträgen und einem geringeren Zuckergehalt als im Vorjahr. Die langen Fröste ab November hatten einen hohen Erdanhang und eine schlechtere Verarbeitbarkeit der Rüben zur Folge. Dies resultierte in einem höheren spezifi-

Die Zuckerindustrie

schen Verbrauch (VdZ 2011: 4), obwohl der Energieverbrauch insgesamt durch die geringere Ernte niedriger ausfiel.

Der spezifische CO₂-Ausstoß ging von 1990 bis 2010 um 48,2 % zurück, von 152 auf 78,8 kg/t (Tabelle 2.2). Die Minderungsrate des spezifischen Energieverbrauchs betrug in diesem Zeitraum 39,7 % (Tabelle 2.4) und war somit um 8,5 Prozentpunkte geringer als die des spezifischen CO₂-Ausstoßes. Änderungen des Energiemix trugen damit ebenfalls zu einer Verbesserung und so zur Reduktion der Emissionen bei.

Änderungen im Energiemix spiegeln sich auch in der Entwicklung der CO₂-Intensität, d.h. der CO₂-Emissionen pro Einheit eingesetzter Energie wider. Deren Wert verringerte sich zwischen 1990 und 1995 von 86,2 auf 82,1 kg/GJ (Tabelle 2.4). Seitdem schwankt die CO₂-Intensität zwischen 79 und 81,5 kg/GJ. 2006 wich der Wert deutlich nach oben ab (RWI 2007: 37). Demgegenüber zeigten sich 1999 und 2002 sowie 2009 und vor allem 2010 stärkere Ausschläge nach unten. Im aktuellen Berichtsjahr lag die CO₂-Intensität bei 73,9 kg/GJ, dem bisher niedrigsten Wert.

Von 1990 bis 1995 spielte 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). In den Jahren danach hingen die Schwankungen der CO₂-Intensität vor allem vom jeweiligen Einsatz der Energieträger Erdgas und schweres Heizöl ab. Diese haben seit Mitte der neunziger Jahre zusammen einen Anteil von etwa 60 bis 65 % am Energieverbrauch. Der Einsatz des einen schwankte von Jahr zu Jahr beträchtlich zu Lasten des anderen, wobei 2010 zum ersten Mal schweres Heizöl zum Teil durch leichtes Heizöl, das bisher keine nennenswerte Rolle spielte, substituiert wurde. Zurückzuführen ist dies darauf, dass Erdgas aufgrund sogenannter Abschaltverträge nicht immer ohne Weiteres zur Verfügung steht. Darüber hinaus hängt die Verbrauchshöhe der Energieträger von den jeweiligen relativen Energiepreisen ab, d.h. davon, welcher Energieträger zum jeweiligen Zeitpunkt als wirtschaftlich betrachtet und bevorzugt eingesetzt wird.

2006 betrug die CO₂-Emissionen pro Einheit eingesetzter Energie 84,3 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 7,5 auf 4,3 PJ bei einer Abnahme des Energieverbrauchs von 26,3 PJ auf 22,7 PJ, während der Einsatz von schwerem Heizöl nur von 9,5 auf 9,0 PJ zurückging.

In den Jahren 1999 und 2002 lagen die CO₂-Emissionen pro Einheit eingesetzter Energie mit 77,8 und 76,5 kg/GJ vergleichsweise niedrig. 2009 betrug die CO₂-Inten-

sität 75,13 kg/GJ und 2010 nur 73,9 kg/GJ. Die Ursache war in allen 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.

So stieg 2009 der Einsatz von Erdgas von 8,6 PJ auf 14,6 PJ (Tabelle 2.5). Im Gegenzug fiel der Verbrauch an schwerem Heizöl von 2008 auf 2009 von 7,7 PJ auf 4,0 PJ bei gleichzeitig steigendem Verbrauch an fossilen Energieträgern um 2,6 PJ. Der Anteil des Erdgases am Verbrauch fossiler Energieträger lag in diesem Jahr bei gut 51 %.

Tabelle 2.5
Veränderungen des Energiemix der Zuckerindustrie

1990 bis 2010; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Steinkohlen	7,3	2,6	3,0	2,4	2,7	2,9	2,7
Steinkohlenkoks	2,3	1,5	1,6	1,1	1,1	0,7	0,7
Rohbraunkohlen	11,9	2,4	2,3	2,2	1,8	2,2	1,9
Br.briketts & -koks	5,9	1,7	1,8	2,7	3,1	3,4	3,5
Braunkohlenstaub	-	2,4	1,9	1,5	0,6	0,5	0,6
Schweres Heizöl	13,8	14,2	11,3	9,5	7,7	4,0	1,5
Leichtes Heizöl	0,6	0,6	0,5	0,3	0,1	0,1	2,3
Erdgas	10,2	5,1	6,9	7,5	8,6	14,6	14,7
Fossile Energieträger	51,9	30,5	29,2	27,3	25,8	28,4	28,0
Nettorendstrom	2,0	0,2	-0,3	-1,0	-1,6	-1,9	-1,6
Verbrauch insgesamt	53,9	30,7	28,9	26,3	24,2	26,5	26,4

Nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie im Rahmen des Monitoring.

2010 nahm der Erdgaseinsatz um weitere 0,1 PJ auf 14,7 PJ zu und erreichte damit einen Anteil am gesamten Energieeinsatz von 52,5 %, während der Bedarf an fossilen Energieträgern insgesamt von 28,4 PJ auf 28 PJ zurückging. 1999 und 2002 stieg der Erdgaseinsatz zu Lasten des schweren Heizöls von 5 PJ auf 11,7 PJ bzw. von 6 PJ auf 11,9 PJ. Der Anteil des Erdgases am Energieverbrauch lag in diesen Jahren bei 38 % bzw. 42 %, damit deutlich niedriger als 2009 und 2010.

Die Zuckerindustrie

2.7 Maßnahmen im Einzelnen

Die Zuckerindustrie führte in den letzten Jahren eine Vielzahl anlagenseitiger Änderungen und Verfahrensoptimierungen durch, um die Effizienz der Produktionsprozesse zu steigern. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes lagen die Investitionen 2006 und 2007 jedoch mit 81 und 88,7 Mill. € um etwa 50 % bzw. 60 % niedriger als in den Jahren zuvor. So betrug der Wert für 2005 noch 151 Mill. €. (Tabelle 2.6). Auch die Investitionsquote, das Verhältnis von Investitionen zu Umsatz, ging im Vergleich zu 2005 in den Folgejahren ebenfalls deutlich zurück. Dieses veränderte Investitionsverhalten ist in unmittelbarem Zusammenhang mit der durch die Reform der Zuckermarktordnung von 2006 ausgelösten, erheblichen Restrukturierung der europäischen Zuckerindustrie zu sehen. 2008 stiegen die Investitionen erneut auf 103 Mill. €, die Investitionsquote lag mit knapp 4 % wieder über den Werten der beiden Vorjahre. 2009 wurden knapp 58 Mill. € investiert und damit eine Investitionsquote von nur 2 % realisiert.

Tabelle 2.6
Investitionen in der Zuckerindustrie
1995 bis 2009

	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009
Investitionen, (in Mill. €)	231	160	151	81	88,7	103	57,9
Investitionsquote	6,3	5,0	4,6	2,6	3,4	3,9	2,0

Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.2.1. – Investitionsquote: Investitionen/Umsatz. Angaben für 2010 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich.

Ein Schwerpunkt der Investitionsmaßnahmen lag weiterhin in der Verbesserung und Überarbeitung energierelevanter Anlagen und Verfahrensdetails. Die Zuckerindustrie nennt in ihrem Fortschrittsbericht Beispiele für 2010 umgesetzte Projekte, durch die Energie eingespart und CO₂-Emissionen reduziert werden konnten. Hierzu zählen Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz durch Verbesserung der Rohsaftanwärmung und der Dicksaftqualität, durch Erhöhung der Heizflächen der Verdampfstation sowie die verstärkte Nutzung von Erdgas und erneuerbarer Energien. Die im Bericht aufgeführten technischen Einzelmaßnahmen belegen Investitionen mit ihren Auswirkungen auf CO₂-Emissionen. Die in der Übersicht 2.2 ausgewiesenen Investitionsbeispiele summieren sich für das Jahr 2010 auf 10,161 Mill. €. Diese führten zu einer Minderung des CO₂-Ausstoßes um rund 41 250 t.

Übersicht 2.2

Ausgewählte CO₂-Minderungsmaßnahmen der Unternehmen in der Zuckerindustrie 2010

Einzelmaßnahmen in der Zuckerindustrie	Investitionen in 1 000 €	CO ₂ - Minderung in 1 000 t
– Aufstellung einer Schnitzelpresse	279	1,2
– Einbau von zwei neuen Verdampfern, eines gebrauchten Verdampfers, Aufbau einer 7-stufigen Verdampfstation sowie Umbau der Extraktion	6 500	4,0
– Dicksaftanwärmung mit Abwärme	130	1,2
– Dicksaftentspannung	70	1,55
– Umstellung eines Kessels auf Erdgasfeuerung	1 420	17,3
– Umstellung auf Erdgas als Brennstoff einschl. Legen einer Gasleitung	1 250	15,0
– Erweiterung der Verdampfstation	512	1,0

Nach Angaben des VdZ (2011).

2.8 Zusammenfassung und Bewertung

Der Zuckerindustrie ist es 2010 gelungen, mit spezifischen CO₂-Emissionen von 78,8 kg/t zum zweiten Mal nach 2009 einen Wert leicht unterhalb der unteren Grenze des vorgegebenen Zielkorridors zu realisieren (Schaubild 2.3). Zudem blieben die spezifischen CO₂-Emissionen seit 2002, mit Ausnahme der Jahre 2003 und 2006, in der vom VdZ bei der Fortschreibung der Selbstverpflichtung für 2012 avisierten Bandbreite von 79 bis 85 kg/t (Schaubild 2.4).

Zum positiven Ergebnis des Jahres 2010 hat bei einer im Vergleich zum Vorjahr niedrigeren Energieeffizienz der sehr hohe Einsatz von Erdgas beigetragen, das deutlich kohlenstoffärmer als Kohle oder Heizöl ist.

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 sogenannte Abschaltverträge. Die Bandbreite ermöglicht darüber hinaus bei unterschiedlichen Energiepreiskonstellationen den jeweils günstigeren Brennstoff einzusetzen

Die Zuckerindustrie

(VdZ 2004: 2). Hinzu kommt noch, dass der Anteil der mehr oder weniger kohlenstoffhaltigen Energieträger an der Gesamtrübenverarbeitung nicht nur von den Preisverhältnissen der Energieträger beeinflusst wird, sondern auch von der Verteilung des Rübenenertragsniveaus in den Regionen, die sich von Jahr zu Jahr ändert. Dadurch ist der Anteil der einzelnen Energieträger an der Rübenverarbeitung nicht konstant.

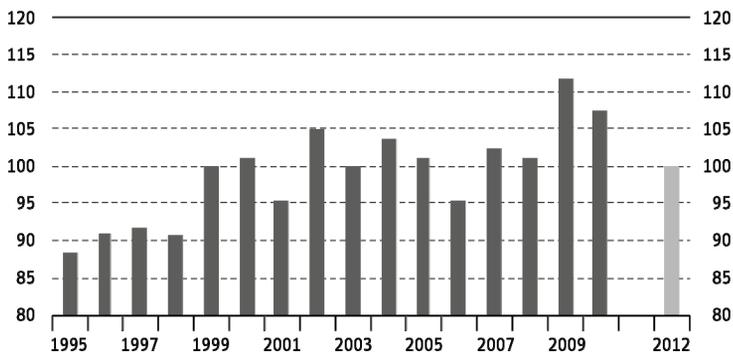
Eine Vorgabe für den spezifischen Energieverbrauch über das Ziel 2005 hinaus bis 2012 wurde nicht mehr gemacht. Der spezifische Verbrauch pendelt seit 2004 um die Zielvorgabe des Jahres 2005 von 29 kWh/dt. 2010 lag der Wert mit 29,6 kWh/dt aufgrund der in diesem Jahr witterungsbedingt schlechten Verarbeitbarkeit der Rüben etwas darüber.

Eine weitere deutliche Senkung des spezifischen Energieverbrauchs ist nach Darstellung des VdZ indessen kaum mehr möglich. 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. Die Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs stellt sich, so der Verband, aufgrund der physikalischen Gesetzmäßigkeiten als asymptotisch verlaufender Trend dar, der sich allmählich dem gegenwärtigen Stand der Technik annähert (VdZ 2009:5f; VdZ 2010:6). Zwar erwartet der VdZ (2004: 14-15) auch von weiteren Qualitätsverbesserungen der Rüben noch positive Auswirkungen auf den spezifischen

Schaubild 2.3

Zielerreichungsgrade der Zuckerindustrie für das Minderungsziel 2012

1995 bis 2010; Senkung der spezifischen CO₂-Emissionen auf den oberen Wert der Bandbreite von 79 bis 85 kg/t Rüben; in %



Eigene Berechnungen.

Energieeinsatz; andere Entwicklungen 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. Weitere Verbesserungen der Energieeffizienz könnten nach Ansicht des Verbandes nur dazu beitragen, den emissionserhöhenden Effekt der technisch-wirtschaftlichen Entwicklungen in Richtung einer verstärkten Dicksafteinlagerung und Weiterverarbeitung zu kompensieren (VdZ 2009: 5).

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 in einem tiefgreifenden 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 (RWI und WSF 2009: 34-38). Die Zahl der Betriebe und Beschäftigten ist ebenso rückläufig wie die Produktion. Letztere sank nach Angaben des Gesamtverbandes der deutschen Textil- und Modeindustrie zwischen 1990 und 1995 um insgesamt rund 26 %, jahresdurchschnittlich um rund 6,6 %. Seither hat sich der Rückgang der Produktion verlangsamt: zwischen 1995 und 2010 auf jahresdurchschnittlich etwa 3,0 % (Schaubild 3.1).

Schaubild 3.1
Produktion und Energieverbrauch der Textilindustrie
1995 bis 2010

Jahr	Produktion (Index 2000=100)	Energieeinsatz (Index 2000=100)
1995	110	65
1996	105	60
1997	105	60
1998	105	55
1999	100	55
2000	100	55
2001	95	55
2002	90	50
2003	85	48
2004	85	45
2005	80	45
2006	80	40
2007	80	45
2008	75	35
2009	65	30
2010	70	30

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 im Falle der Textilindustrie die Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes (StaBuA/FS4/R4.1.1). Entnommen wurden daraus die detaillierten Informationen

über den Energieverbrauch dieses Sektors für die Jahre 1995 bis 2002. Ab 2003 wurden für den Energieeinsatz die Ergebnisse der neuen Erhebung des Statistischen Bundesamtes über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes herangezogen. Diese Angaben werden als eigenständige Daten außerhalb der Fachserien publiziert. 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 2010 lagen noch keine Energieverwendungsdaten vom Statistischen Bundesamt vor. Bis 2008 wurden die jeweils erforderlichen Angaben zum Energieverbrauch vom Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie (Gesamtverband textil+mode) bei den Mitgliedsunternehmen erhoben. Da sich an der Erhebung lediglich rund 10 % der Betriebe dieser Branche beteiligt hatten, wird der aktuelle Energieverbrauch seitdem auf Basis von Trendfortschreibungen für den Verbrauch der eingesetzten Energieträger ermittelt.

Die nachträgliche Überprüfung der Angaben zum Energieverbrauch für 2009 anhand der amtlichen Daten ergab, dass der mit Hilfe der Trendfortschreibung geschätzte Verbrauch von fossilen Brennstoffen rund 12 % über dem tatsächlichen Verbrauch lag. Hier wurde der Verbrauch von Heizöl und Flüssiggas deutlich überschätzt. Der tatsächliche Verbrauch von Erdgas lag rund 18 % niedriger. Der Fremdstromeinsatz fiel tatsächlich nur 2 % geringer aus. Durch die Übernahme der amtlichen Daten für 2009 fielen sowohl die absoluten CO₂-Emissionen als auch der spezifische Energieverbrauch und die spezifischen Emissionen entsprechend niedriger aus. Die Tabellen und Schaubilder dieses Berichts geben die korrigierten Daten für 2009 wieder.

Die hier benutzte Bezeichnung „Textilindustrie“ steht für den in den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes aufgeführten Wirtschaftszweig Nr. 13, Textilien (StaBuA 2008). 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. Dieser stellt in seinem Fortschrittsbericht auch die Informationen zu den 2010 umgesetzten Maßnahmen zur CO₂-Minderung zur Verfügung (Gesamtverband textil+mode 2011).

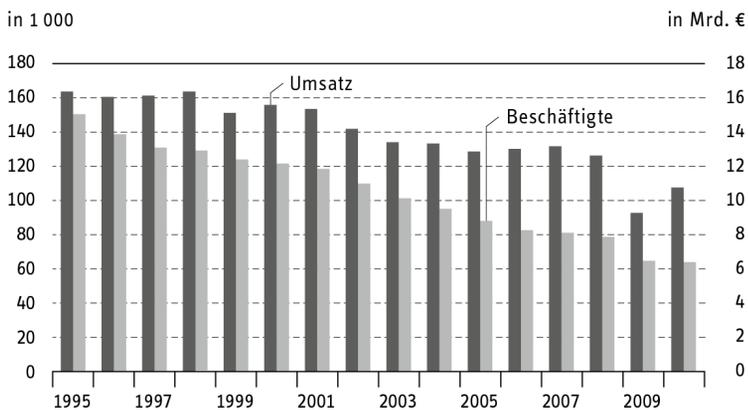
Die Textilindustrie

3.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Einhergehend mit dem anhaltenden Produktionsrückgang sank der Energieverbrauch der Textilindustrie: Von 1990 bis 2010 reduzierte sich dieser von 89,4 PJ auf 30,3 PJ, also um 66,2 %. Allein 2010 ging der Energieverbrauch um 3,0 % zurück. Die offensichtliche hohe Korrelation zwischen Produktion und Energieverbrauch spiegelt sich in einem Korrelationskoeffizienten von fast 98 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 2009 bei knapp 1,0 %. Zieht man das Verhältnis von Energieeinsatz und Umsatz als Indikator für Energieintensität heran, so ist die Textilindustrie mit 3,4 MJ/€ im Jahr 2010 auch nicht zu den energieintensivsten Sektoren zu zählen. Dennoch wird die Textilindustrie vor allem aufgrund der für die Herstellung von Textilien notwendigen Reinigungsvorgänge und des Veredelungsprozesses eher zu den energieintensiven Industriezweigen gezählt (VIK 1998: 44).

Schaubild 3.2
Beschäftigung und Umsatz der Textilindustrie
1995 bis 2010; Betriebe mit 20 und mehr Beschäftigten



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

Der jährliche Umsatz der Textilindustrie schwankte zwischen 1995 und 1998 um etwa 16 Mrd. € (Schaubild 3.2). Bis 2010 ging der Umsatz auf 10,9 Mrd. € zurück. Im

gleichen Jahr zählte die deutsche Textilindustrie 732 Betriebe mit nicht ganz 64 000 Beschäftigten. Seit 1995 hat sich damit die Zahl der Arbeitskräfte um mehr als die Hälfte reduziert (Schaubild 3.2).

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 nach Schätzungen des Verbandes mittlerweile bereits 50 %.

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 2005 machten Chemiefasern 88 % des Rohstoffverbrauchs der deutschen Textilindustrie aus, Baumwolle rund 8 % (Gesamtverband textil+mode 2006: 20).

Die Wertschöpfungskette der Textilindustrie, die sogenannte „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 Naturfasern² – an der eingesetzten Menge an Fasern nicht erhöhend auf den Energieverbrauch aus.

² Im Vergleich zum Anbau von Baumwolle erfordert die Herstellung von Chemiefasern einen mehr als dreifachen Energieaufwand. Für Polyester wird der Energieaufwand auf etwa 140 GJ/t

Die Textilindustrie

Die Wertschöpfungskette der Textilindustrie wird häufig in drei Bereiche unterteilt: Fadenerzeugung, Flächenerzeugung sowie Textilveredelung. Bei der Fadenerzeugung werden die Fasern ausgerichtet, zu Faserbändern zusammengeführt, 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. Bei Naturtextilien wird oftmals auf den Prozess des Bleichens verzichtet. 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 Veredlungsprozess vorzubereiten.

Während der Anteil der Energiekosten, der sich 2007 auf 3,0 % des Bruttoproduktionswertes der Textilindustrie belief (BMWi 2010), 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. 2000: 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

Faser geschätzt, was einem Rohöläquivalent von 3,35 t entspricht. Die weltweite Polyesterproduktion benötigt rund 2 % der jährlichen Rohölförderung (Meyer 2001: 89).

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) hat 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 sogenannten Kioto-Gasen zählen neben CO₂ das klimapotente Lachgas (Distickstoffoxid, N₂O) sowie Methangas (CH₄). 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. t verringert werden. Im Vergleich zum Basisjahr 1990, in dem 5,8 Mill. t CO₂ emittiert wurden, entspricht dies einer Reduzierung um 3,4 Mill. t oder gut 59 % (Übersicht 3.1). Die übrigen Kioto-Gase sind für die Textilindustrie nicht relevant.

Übersicht 3.1

Selbstverpflichtung der Textilindustrie

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 (2008).

Die Textilindustrie

3.5 Bis 2010 erreichte CO₂-Minderungen

Bei den spezifischen CO₂-Emissionen der Textilindustrie zeigt sich seit 1990 ein eindeutig rückläufiger Trend. Insgesamt konnten sie bis 2010 fast um ein Drittel verringert werden (Tabelle 3.1).

Tabelle 3.1
Index der spezifischen CO₂-Emissionen für die Textilindustrie
1990 bis 2010

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Spezifische Emissionen (1990=100)	100,0	94,7	93,5	92,6	75,3	79,8	68,8
Minderung (n %)	-	5,3	6,5	7,4	24,7	20,2	31,2

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 2010 lag die Minderung des spezifischen Verbrauchs bei fast 29 % (Tabelle 3.2). Insbesondere seit 2004 hat damit eine deutliche Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs stattgefunden (RWI 2008: 54). Zugleich sank der absolute Verbrauch von 1990 bis 2010 um fast zwei Drittel auf 30,3 PJ. Die absoluten CO₂-Emissionen verzeichneten bis 2010 einen noch etwas höheren Rückgang. Sie sanken um 67,3 % von 5,8 auf 1,9 Mill. t. 2010 wurde damit das Ziel zum wiederholten Male übertroffen, die Emissionen um 59 % auf 2,4 Mill. t CO₂ zu senken.

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 unbekannt Menge an Energie benötigt hat, ist die Verringerung des Energieverbrauchs und der damit verbundenen Emissionen gegenüber 1990 in Wirklichkeit als bedeutend größer einzuschätzen.

Tabelle 3.2

Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen der Textilindustrie

1990 bis 2010; Ziel: Minderung der absoluten Emissionen um 59 % bis 2012

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Energieverbrauch (in PJ)	89,4	63,5	56,6	46,9	36,7	31,3	30,3
Minderung (in %)	-	29,0	36,7	47,6	59,0	65,0	66,2
Spezifischer Verbrauch (1990=100)	100,0	95,1	96,0	95,5	77,7	82,2	71,2
Minderung (in %)	-	4,9	4,4	4,5	22,3	17,8	28,8
Emissionen (in Mill. t)	5,80	4,10	3,58	2,95	2,30	1,97	1,90
Minderung (in %)	-	29,3	38,3	49,2	60,3	66,0	67,2
Zielerreichungsgrad (in %)	-	49,7	64,9	83,3	102,1	111,9	113,9

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 seit 1990 andauernde Rückgang der Textilproduktion in Deutschland um fast 53 %. Veränderungen des spezifischen Energieverbrauchs 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 2008). Die Textilindustrie ist daher bestrebt, diesen Effekt durch Maßnahmen zur Energieeinsparung zu kompensieren.

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. 2010 wurden sie mit Ausnahme von schwerem Heizöl nicht

Die Textilindustrie

mehr eingesetzt. Auch der Einsatz von Steinkohlen und Steinkohlenprodukten ist stark zurückgegangen. 2010 wurde Steinkohle lediglich noch in geringem Umfang in KWK-Anlagen zur Verstromung eingesetzt.

Tabelle 3.3
Veränderungen des Energiemix der Textilindustrie

1990 bis 2010; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Steinkohlen	0,0	2,6	1,4	0,9	0,9	0,7	0,8
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	0,5	0,4	0,4	0,4
Leichtes Heizöl	4,8	4,6	2,7	1,6	0,9	0,9	1,0
Erdgas	25,0	18,7	16,2	13,6	11,0	8,9	10,3
Kokereigas	1,9	0,3	0,3	-	-	-	-
Primärbrennstoffe*	44,2	29,2	21,6	16,6	13,3	11,0	12,6
Nettofremdstrombezug	45,2	34,3	35,1	30,2	23,4	20,3	17,7
Energieverbrauch	89,4	63,5	56,6	46,9	36,7	31,3	30,3

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

Der Einsatz von Erdgas und Elektrizität ist bis 2010 um fast 58,7 % bzw. 60,9 % zurückgegangen. Der Fremdstromeinsatz sank allein 2010 um gut 13 %. Die Veränderungen im Energiemix haben dazu geführt, dass der Anteil von Nettofremdstrom von 50,5 % im Jahr 1990 auf 58,5 % im Jahr 2010 stieg. Der Anteil von Erdgas stieg von 28 auf 34,1 %. Die Substitutionen der Energieträger trugen dazu bei, dass der Rückgang der absoluten CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 2010 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 der im Jahr 2010 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 Textilindustrie³ 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 zum Aufheizen von Prozesswasser, für den Einsatz in dampfbeheizten Maschinen sowie für 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 unter anderem dem Entfernen von Schmutz und Faserrückständen. Generell kann hier mit der 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 neuen Spannrahmen ist durch eine gleichmäßigere Verteilung der Luft eine effektivere und damit energiesparende Trocknung möglich. Die Antriebe bestehen

³ Der Arbeitsgemeinschaft Textilindustrie gehören die Institute für Textiltechnik und für Technische Thermodynamik der RWTH-Aachen, die Unternehmensberatungen Eutech GbR und Infas Energetic AG sowie mehrere Industrieverbände und Unternehmen der Textilindustrie an. Die Arbeitsgemeinschaft wurde im Jahre 1998 ins Leben gerufen (Meyer et al. 2000a).

Die Textilindustrie

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.

Eine Umfrage des Verbandes im Jahre 2011 ergab für 2010 eine Vielzahl von Maßnahmen mit unterschiedlich starken Auswirkungen auf den Energieverbrauch und damit die CO₂-Emissionen. Das Spektrum erstreckte sich von der Optimierung von Produktionsanlagen über Wärmerückgewinnung bis hin zu kleineren, schnell umsetzbaren und kostengünstigen Maßnahmen (Gesamtverband textil+mode 2010).

Im Rahmen der Umfrage haben 38 Unternehmen gegenüber dem Gesamtverband Angaben zu insgesamt 127 Einsparungsmaßnahmen gemacht, für 86 Maßnahmen erfolgte die Angabe der Investitionen. Die Höhe der ausgewiesenen Investitionen belief sich auf insgesamt rund 6,1 Mill. €. Der Umfang der Einsparungen war nicht immer nachvollziehbar, da teilweise nur relative Einsparungen ausgewiesen wurden. Für 19 Maßnahmen, die 2010 umgesetzt wurden, ließen sich mit Hilfe der im Monitoring verwendeten Umrechnungsfaktoren Einsparungen von insgesamt rund 3 942 t CO₂ berechnen. Eine Auswahl von Maßnahmen gibt Übersicht 3.2 wieder. Insgesamt wurden allein mit diesen Maßnahmen jährliche CO₂-Einsparungen von 2 401 Tonnen erreicht.

Zwar kommt es auch durch Neuanschaffungen und Austausch von einzelnen Anlagenteilen 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).

Übersicht 3.2

Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Reduktion aus Betrieben der Textilindustrie

2010; gerundete Werte

Maßnahmen	Energieeinsparungen pro Jahr	CO ₂ -Einsparung pro Jahr ¹
Garnveredlung: Abwärmenutzung der heißen Abwässer aus den Färbeapparaten. Die zurückgewonnene Wärme wird zum Vorwärmen von Frischwasser und Kesselzusatzwasser sowie zur Entlastung des vorhandenen Kondensatkühlers eingesetzt.	Heizöl: 168,7 t	534,2 t
Austausch von Leuchtstoffröhren gegen Energie-Sparröhren.	Strom: 768 MWh	514,6 t
Software für Maschinensteuerung. Einsparung 10 % Druckluft.	Strom: 691 MWh	463,1 t
Prozessoptimierung wie z. B. der verstärkte Einsatz von Nass-in-Nass-Verfahren.	Erdgas: 2 493 MWh	453,5 t
Austausch der kompletten Absaugtechnik in der Rauherei inkl. der Klappensteuerung. Wenn eine Anlage steht, regelt die Absauganlage ihre Leistung herunter.	Strom: 650 MWh	435,5 t

Gesamtverband textil+mode (2011). – 1) Die Einsparungen wurden mit Hilfe der im Monitoring verwendeten CO₂-Faktoren berechnet.

Zwar kommt es auch durch Neuanschaffungen und Austausch von einzelnen Anlagenteilen 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

Die Textilindustrie

aufzubauen, um Einsparpotenziale zu identifizieren (Gesamtverband textil+mode 2007: 4).

Tabelle 3.4
Investitionen der Textilindustrie
1995 bis 2009

	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009
Investitionen, (in Mill. €)	672	628	392	434	721	364	262
Investitionsquote, (in %) (Investitionen/Umsatz)	4,1	4,0	3,0	3,3	5,5	2,9	2,8
Investitionsintensität (Investitionen in € je Beschäftigtem)	4 461	5 167	4 440	5 247	8 862	4 601	4 029

Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.2.1. Angaben für 2010 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich.

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 binden (VIK 1998: 47), dürfte auch weiterhin mit ein Grund für das eher zurückhaltende Investitionsverhalten sein: Die Investitionen nahmen von 1995 bis 2009 um 61 % auf 262 Mill. € ab. Lediglich 2007 wurden Investitionen in größerem Umfang getätigt. Mit dem Rückgang der Investitionen sank die Investitionsquote. Seit 2002 lag sie bei etwa 3 % im Vergleich zu gut 4 % bis zu Beginn dieses Jahrhunderts (RWI 2010: 62).

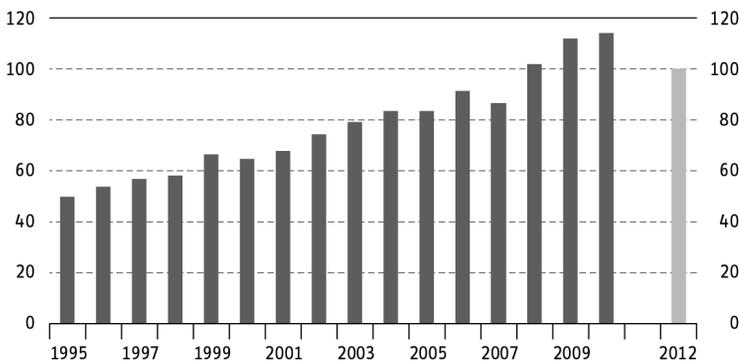
3.8 Zusammenfassung und Bewertung

Das 2008 neu formulierte Ziel einer absoluten Minderung um 3,4 Mill. t CO₂ bzw. 59 % gegenüber 1990 wurde bereits im selben Jahr übertroffen (Schaubild 3.4). Der Zielerreichungsgrad lag 2010 bei rund 114 %. Treibende Kraft ist hier der anhaltende Rückgang der Produktion von Textilerzeugnissen, verbunden mit einem entsprechend geringeren absoluten Energieverbrauch.

Reduktionspotenzial durch Veränderungen im Energiemix besteht kaum noch. Der Spielraum zur Substitution kohlenstoffreicher Brennstoffe durch das kohlenstoffarme Erdgas ist bereits sehr begrenzt: Dieses hatte 2010 einen Anteil am Energieverbrauch von mehr als 34 %, der Anteil von Erdgas und Strom betrug zusammen bereits rund 92,5 %. Zur Substitution kohlenstoffreicher Brennstoffe durch Erdgas verbleiben allein Steinkohle, Heizöl und Flüssiggas, deren Anteile 2010 zusammen

aber weniger als 7,5 % betragen. Der vollständige Ersatz dieser fossilen Brennstoffe durch Erdgas würde nach unseren Berechnungen bei unverändertem Energieverbrauch zu Einsparungen von lediglich rund 70 000 t CO₂ bzw. 1,2 % führen.

Schaubild 3.4
Zielerreichungsgrade für die Textilindustrie für 2012
1995 bis 2010; in %



Eigene Berechnungen.

Ein erhebliches Minderungspotenzial liegt in einer grundlegenden Umstellung der Energieversorgung und Erneuerung der KWK-Anlagen. Die aktuelle Wirtschaftskrise sowie anhaltend hohe Energiepreise führen in dieser unter starkem, globalem Wettbewerbsdruck stehenden Branche jedoch zu einer derart hohen Belastung, dass das Kapital für entsprechend hohe Investitionen fehlt (Gesamtverband textil+mode 2007).

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 des Energieverbrauchs und der Emissionen. Zu beachten ist aber, dass die Verringerung beider Größen gegenüber 1990 in Wirklichkeit bedeutend größer war, denn der Energieverbrauch und die Emissionen der Textilunternehmen der neuen Bundesländer sind nicht in den Werten für das Basisjahr 1990 enthalten.

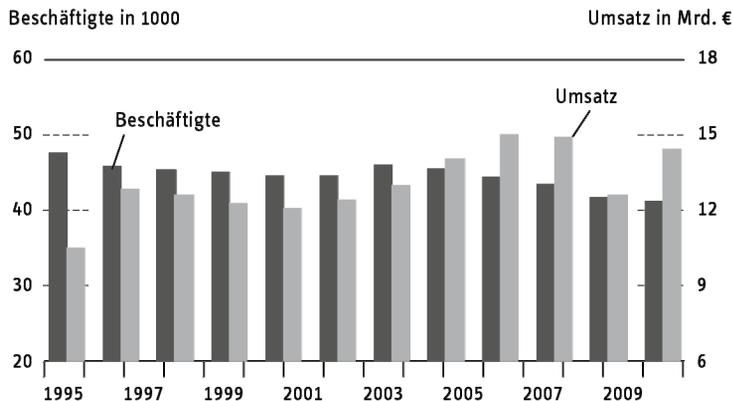
4. Die Zellstoff- und Papierindustrie

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 2010 beschäftigte die Branche 41 120 Personen und setzte annähernd 14,4 Mrd. € um, was einem Umsatzanstieg von rund 17% gegenüber dem Vorjahr entspricht (Schaubild 4.1).

Schaubild 4.1

Umsatz und Beschäftigte in der Zellstoff- und Papierindustrie

1995 bis 2010



Nach Angaben des VDP (2011).

Die deutsche Papierindustrie steht in einem regen internationalen Wettbewerb: Rund 45 % des Absatzes deutscher Papierfabriken gehen in den Export (eigene Berechnungen nach VDP 2011: 44). Gemessen an der Papierproduktion ist die deutsche Papierindustrie der europaweit größte Erzeuger und war 2009 nach China, den USA und Japan der weltweit viertgrößte Papiererzeuger.

Rund 70 % der in der Papierproduktion eingesetzten Faserstoffe werden aus dem Einsatz von Altpapier gewonnen (VDP 2011: 59), welches vorwiegend aus inländischen Aufkommen stammt. Die darüber hinaus für die Papierherstellung benötigten Faserstoffe werden zum großen Teil importiert. Nach Angaben des VDP betragen 2010 die Nettoimporte an Zellstoff mit 2,83 Mill. t rund 59 % des Zellstoffver-

brauchs. Die Nettoimporte an Holzstoff betragen im Jahr 2010 etwa 74 000 t. Dies entspricht rund 5 % des Holzstoffeinsatzes in der Papierindustrie (VDP 2011: 55-57).

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 die Papierindustrie in der Wirtschaftszweigklassifikation WZ2008 unter der Position 17.1: „Herstellung von Holz- und Zellstoff, Papier, Karton und Pappe“. Die Herstellung von Waren aus Papier ist indessen nicht Gegenstand des Monitorings.

Die Datenbasis für die im Rahmen des vorliegenden Monitoringberichts 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 (StaBuA/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 2009b: 1).

Seit 2003 wird für die Energieverbrauchsdaten auf eine Verbandserhebung zurückgegriffen, die der VDP unter seinen Mitgliedsfirmen durchführt. Die Gründe dafür sind methodische und konzeptionelle Umstellungen in der Energieverwendungsstatistik des Statistischen Bundesamtes mit einer in der Folge eingeschränkten Vergleichbarkeit der Daten über die Zeit. Daneben sind nach Angaben des VDP in der vom Statistischen Bundesamt verwendeten Branchenabgrenzung auch Unternehmen enthalten, die nicht der Papier- oder Faserstoffherzeugung zuzurechnen sind, hingegen wurden Mitgliedsunternehmen des VDP nicht berücksichtigt.

Die an der Verbandserhebung 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 2010 den Energieverbrauch von rund 85 % der gesamten deutschen Papierproduktion wider. Da die Papierindustrie ein spezifisches Emissionsminderungsziel je erzeugter Einheit Papier formuliert hat, erfolgt die Begutachtung der Zielerfüllung unter Rückgriff auf

4. Die Zellstoff- und Papierindustrie

die Werte der Verbandsstichprobe. Um indessen Vergleichbarkeit mit den industrieweiten Angaben zu Umsatz und Beschäftigung zu wahren, werden die für die Zielüberprüfung nicht relevanten deskriptiven Statistiken zu Energieverbrauch und CO₂-Emissionen anhand des reziproken Produktionsanteils auf die gesamte Zellstoff- und Papierindustrie hochgerechnet. Für das gewählte Vorgehen weist der VDP einschränkend darauf hin, dass in der Verbandserhebung große Unternehmen 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. In der Folge kommt es zu einer Unterschätzung des Erdgasverbrauchs, zu einer Überschätzung des Kohleverbrauchs und in letzter Konsequenz zu einer Überschätzung der auf die Produktionsmenge bezogenen spezifischen CO₂-Emissionen der Branche. Die sich daraus errechnende Zielerfüllung des Emissionsminderungsziels kann daher als deren untere Grenze verstanden werden.

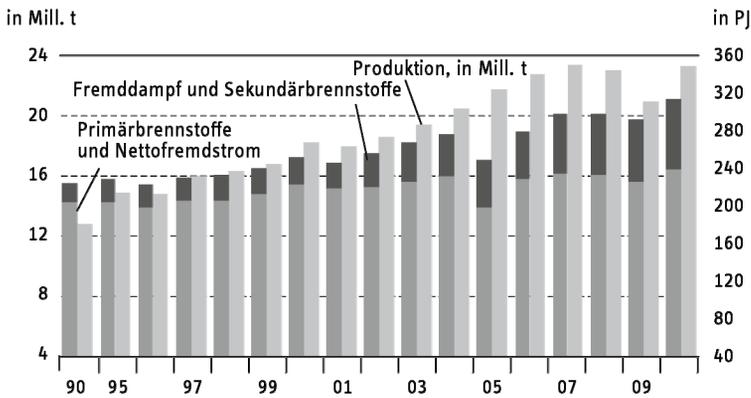
Ergänzend zum Einsatz der für das Monitoring relevanten fossilen Energieträger und dem Verbrauch von Strom stellt der VDP Daten zum Fremddampfbezug und zum Einsatz von Sekundärbrennstoffen zur Verfügung. Sekundärbrennstoffe, beispielsweise Zellstoffablauge oder Holzrinde, werden als CO₂-neutral angesehen und bleiben bei der Berechnung des CO₂-Ausstoßes der Papierindustrie unberücksichtigt. Auch der Fremdbezug von Prozessdampf wird nicht in die Berechnung der CO₂-Emissionen einbezogen. Zur Bewertung des mit dem Einsatz von Fremddampf verbundenen CO₂-Ausstoßes wären detaillierte Angaben über den Energieträgermix der den Dampf erzeugenden Anlagen erforderlich. Derartige Angaben werden im Rahmen des Monitoring aber nicht erhoben. 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. Eine verursachungsgerechte Zuordnung des Brennstoffverbrauchs einer KWK-Anlage auf die Erzeugung von elektrischer Energie und als Fremddampf abgegebener thermischer Energie ist nur schwer möglich.

4.2 Energieverbrauch und Produktion

Der auf die deutsche Papierindustrie hochgerechnete Energieverbrauch betrug 2010 insgesamt etwa 312 PJ. Darin enthalten sind 24 PJ Fremddampf und gut 50 PJ aus Sekundärbrennstoffen. Unter Abzug dieser beiden Energieträger ergibt sich für das Monitoring ein emissionsrelevanter Verbrauch an Primärenergieträgern und Nettofremdstrombezug von hochgerechnet etwa 238 PJ im Jahr 2010. Im Vergleich zum Vorjahr stieg der gesamte Energieverbrauch – einschließlich Dampf und Se-

kundärbrennstoffen – um rund 7,5 %. Im Vergleich zu 1990 ist ein Anstieg des gesamten Energieverbrauchs um knapp 39 % zu beobachten (Schaubild 4.2). Die Produktion stieg zwischen 1990 und 2010 mit 81 % allerdings deutlich stärker.

Schaubild 4.2
Produktion und Energieeinsatz in der Papierindustrie
 1990 bis 2010



Nach Angaben des Verbandes Deutscher Papierfabriken e.V. im Rahmen des Monitoring.

Erdgas und Fremdstrom sind die bedeutendsten Energieträger in der Zellstoff- und Papierindustrie. Nahezu 70 % 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 1990 wurden etwa 7,2 PJ Fremddampf und 13,8 PJ Sekundärbrennstoffe verbraucht; in Summe rund 9 % des gesamten Energieverbrauchs. Bis 2010 wuchs die Menge an fremdbezogenem Dampf auf 24,3 PJ; die Menge an verbrauchten Sekundärbrennstoffen stieg auf 49,6 PJ. Somit hat sich der Einsatz von Sekundärbrennstoffen und Fremddampf zwischen 1990 und 2010 mehr als verdreifacht, während der Energieverbrauch der Papierindustrie insgesamt um nur um rund 39 % gestiegen ist. In der Folge entfallen im Jahr 2010 fast 24 % des

4. Die Zellstoff- und Papierindustrie

gesamten Energieverbrauchs der Papierindustrie auf Fremddampf und Sekundär-brennstoffe.

Tabelle 4.1
Energieträgermix in der Papierindustrie
1990 bis 2010, in PJ

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
Steinkohle (-erzeugnisse)	26,2	28,9	20,6	11,5	17,7	16,4	17,6	17,4
Braunkohle (-erzeugnisse)	18,2	6,1	4,5	2,6	3,1	3,3	3,7	4,6
Mineralöl (-erzeugnisse)	26,7	16,8	4,6	2,6	3,0	2,3	2,3	1,3
Erdgas	51,1	69,8	79,6	77,5	92,4	92,0	83,7	94,6
sonstige Brenngase	0,3	-	-	0,1	0,2	0,2	0,6	0,5
Fremdstrom	80,6	81,9	112,7	103,6	116,3	118,0	116,8	119,9
emissionsrelevanter Energieverbrauch	203,0	203,4	222,1	197,9	232,8	232,1	224,6	238,3
+ Fremddampf	7,2	6,2	8,1	14,4	14,3	16,9	19,4	24,3
+ Sekundär-brenn- stoffe	13,8	17,6	21,0	36,0	50,1	47,2	46,4	49,6
gesamter Energieverbrauch	223,9	227,2	251,2	248,3	297,2	296,2	290,4	312,2

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. 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 oft durch streichen und glätten einer Veredelung 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 2010 mehr als

16,4 Mill. t Altpapier eingesetzt; dies ergibt eine Altpapiereinsatzquote von rund 70 % (VDP 2011:59). Daneben wurden noch etwa 4,7 Mill. t Zellstoff, 1,4 Mill. t Holzstoff und 0,05 Mill. t sonstige Faserstoffe für die Papierproduktion aufgewendet.

Schaubild 4.3
Schematische Darstellung der Papiererzeugung

Quelle: VIK (1998:30)

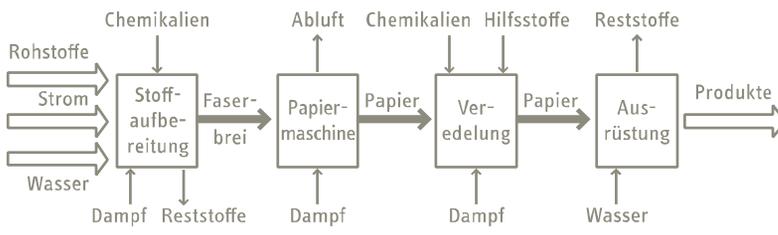
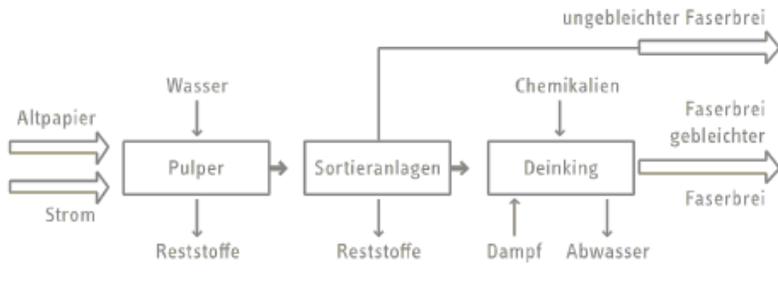


Schaubild 4.4
Schematische Darstellung zur Gewinnung von Sekundärfaserstoffen aus Altpapier

Quelle: VIK (1998:31)



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

4. Die Zellstoff- und Papierindustrie

Faserflüssigkeit wird in einer letzten Aufbereitungsstufe vor dem Einsatz in der Papiermaschine eingedickt.

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 in seiner Verpflichtung vom 21.12.2000 erklärt, dass er auf seine Mitgliedsfirmen einwirken wird mit dem Ziel, 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. 1130 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 2010 erreichte CO₂-Minderungen

Die CO₂-Emissionen der Zellstoff- und Papierindustrie beliefen sich 2010 auf etwa 15,2 Mill. t und lagen damit 5,6 % über dem Wert von 1990 (Tabelle 4.2). Zeitgleich nahm die Produktion um rund 81 % zu, von 12,8 Mill. t Papier im Jahr 1990 auf 23,2 Mill. t im Jahr 2010. Infolgedessen nahmen die spezifischen CO₂-Emissionen je t Papierproduktion zwischen 1990 und 2010 um 42 % auf etwa 655 kg CO₂/t Papier ab. Die Papierindustrie hat somit ihr spezifisches Emissionsziel bereits seit dem Jahr 2008 erreicht.

Tabelle 4.2

CO₂-Emissionen der Papierindustrie

1990 bis 2010; Minderungsziel bis 2012: 734 kg CO₂/t bzw. -35 % im Vergleich zu 1990

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
Produktion	12,8	14,8	18,2	21,7	23,3	22,8	20,9	23,2
CO ₂ Mill. t	14,4	13,8	14,4	12,6	14,9	14,8	14,4	15,2
spez. CO ₂ in kg/t	1130	928	794	784	763	732	689	655
Minderung		17,9%	29,7%	30,6%	32,5%	35,2%	39,0%	42,0%
Zielerreichung		51,1%	84,9%	87,4%	92,9%	100,6%	111,4%	120,0%

Eigene Berechnungen.

4.6 Ursachenanalyse

Tabelle 4.1 gibt Aufschluss über die im Wesentlichen für die Emissionsentwicklung verantwortlichen Ursachen. Erkennbar ist, dass zwischen 1990 und 2010 die Bedeutung von kohlenstoffreichen Energieträgern wie Braun- und Steinkohle für die

4. Die Zellstoff- und Papierindustrie

Papierproduktion deutlich abgenommen hat und somit die Kohlenstoffintensität des Energiemix abgenommen hat. Daneben zeigt sich, dass für die Papierindustrie zunehmend Energieträger relevant werden, die im Rahmen des Monitorings als nicht emissionsrelevant behandelt werden. So nahm der Anteil von Fremddampf und insbesondere Sekundärbrennstoffen (z.B. Zellstoffablauge oder Holzrinde) am gesamten Energieverbrauch von rund 9 % im Jahr 1990 auf 24 % im Jahr 2010 zu.

Tabelle 4.3
Entwicklung der Rohstoff- und Energieintensität
1990 bis 2010

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
<i>Altpapiereinsatzquote:</i>								
Verbrauch an Altpapier in % der Papierproduktion	49%	58%	60%	66%	68%	68%	71%	70%
<i>Holzstoff:</i>								
Anteil der inländischen Produktion am inländischen Verbrauch	95%	90%	86%	88%	89%	85%	84%	89%
<i>Zellstoff:</i>								
Anteil der inländischen Produktion am inländischen Verbrauch	27%	19%	20%	28%	30%	32%	34%	32%
<i>Energieintensität, bezogen auf emissionsrelevanten Energieverbrauch (in GJ/t)</i>								
	15,9	13,7	12,2	12,3	11,9	11,5	11,3	12,1
<i>Energieintensität, bezogen auf gesamten Energieverbrauch (in GJ/t)</i>								
	17,5	15,3	13,8	14,7	14,7	14,3	14,4	15,3

Eigene Berechnungen.

Dessen ungeachtet hat sich auch die Energieeffizienz der Papierindustrie im Zeitablauf deutlich verbessert. Dies ist einerseits auf den vermehrten Einsatz von Altpapier in der Produktion zurückzuführen (Tabelle 4.3). Für rund 70 % der Papierproduktion wird auf den Sekundärrohstoff Altpapier zurückgegriffen, der die Primärrohstoffe Holz- und Zellstoff substituiert. Daneben ist aber auch zu beobachten, dass gemessen am jeweiligen Verbrauch dieser Ausgangsstoffe die energieintensive Produktion von Holzstoff in Deutschland im Zeitablauf deutlich von 95 % im Jahr 1990 auf 89 % im Jahr 2010 abgenommen hat. Demgegenüber hat der Anteil der

inländischen Zellstoffproduktion am Verbrauch nur um sieben Prozentpunkte zugelegt.

Insgesamt ist eine deutlich sinkende Energieintensität der Wertschöpfungskette zu beobachten. Bezogen auf den für das Monitoring relevanten Verbrauch an Primärenergieträgern und Fremdstrom sank die Energieintensität der Produktion zwischen 1990 von 15,9 GJ/t um gut 35 % auf 10,3 GJ/t. Bezieht man den Bezug an Fremddampf und den Verbrauch an Sekundärenergieträgern in die Betrachtung mit ein, so wurden 2010 mit 13,5 GJ/t rund 23 % weniger Energie je t Papiererzeugung verbraucht als im Jahr 1990 mit 17,5 GJ/t.

4.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die Emissionsminderungsmaßnahmen der Papierindustrie des Jahres 2010 sind in einem umfangreichen Zusatzdokument zum 10. Zwischenbericht der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie aufgeführt (VDP 2011b). Die Projektdokumentation nennt ein Investitionsvolumen zur Energieeinsparung in Höhe von insgesamt 133,7 Mill. € für das Jahr 2010. Damit entfielen rund 23 % aller Bruttoanlageinvestitionen der Papierindustrie des Jahres 2010 auf energieeinsparende Projekte (Tabelle 4.4).

Tabelle 4.4
Investitionen in den Betrieben der Papierindustrie
1990 bis 2010

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
Investitionen in Mill. €	1 023	573	1 040	655	820	485	775	580
Investitionsquote in %	k.A.	5,4	8,1	5,1	5,5	3,3	6,2	4,0
Investitionsintensität	12,4	12,1	22,7	14,3	18,5	11,2	18,5	14,1

Nach Angaben aus VDP (2011). Investitionsquote: Investitionen/Umsatz,
Investitionsintensität: Investitionen in 1000€ pro Beschäftigten.

Die Projektdokumentation nennt als Wirkung der durchgeführten Klimaschutzprojekte eine jährliche Einsparung von etwa 168 GWh Strom und etwa 435 GWh Brennstoffe bzw. Wärme. Diese Energieeinsparung dürfte indessen die tatsächliche Einsparung noch unterschätzen, da nicht zu allen Investitionsprojekten auch entsprechende Minderungsmengen berichtet wurden. Insbesondere fehlen diese Angaben für den größten Einzelposten der Liste – der Neubau einer Kesselanlage bei Smurfit Kappa in Zülpich (Investitionsvolumen: 50 Mill. €).

4. Die Zellstoff- und Papierindustrie

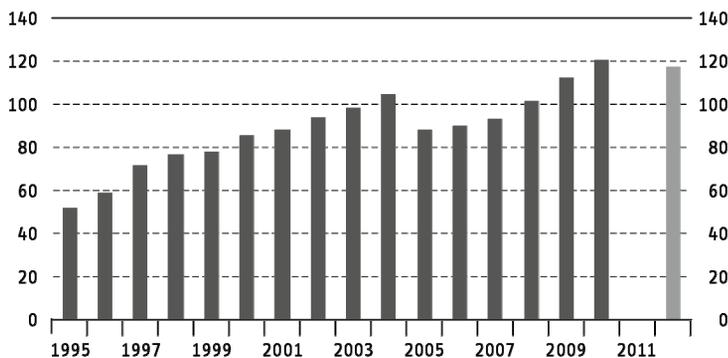
4.8 Zusammenfassung und Bewertung

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.

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 als die hier verwendeten impliziert.

Schaubild 4.5 Zielerreichungsgrade der Papierindustrie

1995 bis 2010; in %



Eigene Berechnungen.

Dessen ungeachtet hat die Papierindustrie ihr Reduktionsziel bereits im Jahr 2008 erreicht. Dies ist umso bemerkenswerter, da die Wirtschaftskrise in anderen Wirtschaftssektoren zu einer schlechteren Anlagenauslastung und in der Folge zu schlechteren spezifischen Emissionswerten geführt hat. Die Papierindustrie konnte ihren spezifischen Emissionswert im Jahr 2010 gegenüber dem Vorjahr sogar noch

verbessern: Im Jahr 2010 wurden rund 655 kg CO₂/t emittiert, dies entspricht einer Reduktion gegenüber 2009 um 35 kg/t, im Vergleich zum Referenzjahr 1990 wurden die spezifischen Emissionen um 42,0 % gesenkt (Schaubild 4.5). Angesichts einer Zielerfüllung von 120 % im Jahr 2010 ist zu erwarten, dass die Papierindustrie ihre Klimaschutzzusage auch im Jahr 2012 erfüllt.

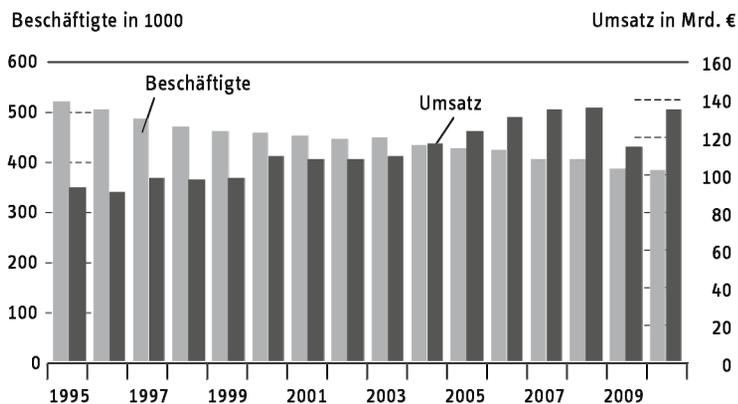
5. Die Chemische Industrie

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.

Im Jahr 2010 betrug der Branchenumsatz etwa 133 Mrd. €, wozu das Auslandsgeschäft rund 57 % beitrug (StaBuA/FS4/R4.1.1). Nach den USA, China und Japan besitzt Deutschland am Umsatz gemessen die viertgrößte Chemische Industrie mit einem Weltanteil von 5,7 % (VCI 2011).

Schaubild 5.1
Umsatz und Beschäftigte der Chemischen Industrie

1995 bis 2010; 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 2010 ca. 380 000 Personen (in Abgrenzung der fachlichen Betriebsteile). Im Vergleich zu 2009 sank die Beschäftigtenzahl der Chemischen Industrie um etwa 4 000 Personen (StaBuA/FS4/R4.1.1).

5.1 Datenbasis

In früheren Berichtsjahren wurde die Chemische Industrie in der Wirtschaftszweigklassifikation WZ2003 unter der Nummer 24 geführt („Herstellung von chemischen Erzeugnissen“). Mit der Umstellung der Klassifikation auf WZ2008 wurde auch die Branchenabgrenzung der chemischen Industrie geändert. Die „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ wird in WZ2008 unter der Nummer 20 geführt, nicht mehr darin enthalten ist die „Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen“, für die ein eigener Wirtschaftszweig unter der Nummer 21 geschaffen wurde. Übersicht 5.1 fasst die Änderungen der Branchenabgrenzung im Übergang von WZ2003 auf WZ2008 zusammen. Um die Vergleichbarkeit des aktuellen Monitoringberichts mit den Berichten der Vorjahre zu gewährleisten, wird hier weiterhin eine Branchenabgrenzung nach Maßgabe der WZ2003 unterstellt, d.h. das Monitoring fasst unter Chemische Industrie nunmehr die Wirtschaftszweige 20 und 21 zusammen.

Übersicht 5.1

Branchenabgrenzung der Chemischen Industrie

WZ2003 und WZ2008 im Vergleich

	WZ2003	WZ2008
Herstellung v. chemischen. Erzeugnissen	24	20
Herstellung von chemischen Grundstoffen	24.1	20.1
Herstellung von Schädlingsbekämpfung-, Pflanzen- schutz- und Desinfektionsmitteln	24.2	20.2
Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten	24.3	20.3
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	24.4	21
Herstellung von Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemitteln sowie von Duftstoffen	24.5	20.4
Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen	24.6	20.5
Herstellung von Chemiefasern	24.7	20.6

Produktionswerte/-indizes

Die Branche weist ein großes Spektrum an Produkten auf. Aus diesem Grund ist in den früheren Berichtsjahren die Produktionsentwicklung mit Hilfe eines Indexwer-

5. Die Chemische Industrie

tes angegeben worden. Dieser wurde regelmäßig vom Statistischen Bundesamt für die WZ-Nr. 24 in der Fachserie 4, Reihe 2.1 veröffentlicht. Mit der Umstellung auf WZ2008 und der damit verbundenen Neuabgrenzung der Branche in die Nummern 20 und 21 wird nunmehr vom Statistischen Bundesamt für jeden der beiden Subsektoren ein eigener Produktionsindex veröffentlicht, der nicht unmittelbar mit dem bisherigen Index für die WZ-Nr.24 vergleichbar ist.

Um im Rahmen des Monitorings Konsistenz in der Zeitreihe der spezifischen Energieverbräuche zu gewährleisten, wurde für das Berichtsjahr 2010 ein Produktionsindex errechnet, der die Branchenabgrenzung der chemischen Industrie nach Maßgabe der abgelösten WZ2003 nachzeichnet. Analog zu dem amtlichen Produktionsindex des Statistischen Bundesamtes wurde dafür die „Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten“ (BWS-F) der einzelnen chemischen Subsektoren herangezogen. So betrug die BWS-F der chemischen Industrie nach Abgrenzung der WZ2003 Nr.24 im Jahr 2000 etwa 39,1 Mrd. Euro, von denen rund 8,8 Mrd. Euro auf die Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen entfiel (StabuA 2010). Eine entsprechende Aufteilung lässt sich auch für die Jahre 2007 bis 2010 vornehmen (Tabelle 5.1). Bezieht man die Summe der BWS-F der Einzelsektoren jeweils auf das Referenzjahr 2000, ergibt sich der für das Monitoring geschaffene Produktionsindex (Zeile 3, Tabelle 5.1). Zu Vergleichszwecken ist der vom Statistischen Bundesamt bis 2007 veröffentlichte Produktionsindex in der letzten Zeile von Tabelle 5.1 abgetragen. Erkennbar ist, dass der amtliche Index für 2007 bis 2008 geringfügig unter den errechneten Werten liegt. Eine mögliche Abweichung könnte in Rundungsdifferenzen bei den einzelnen Rechenschritten liegen.

Tabelle 5.1
Bruttowertschöpfung und Produktionsindex der Chemischen Industrie
Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten in Mrd. Euro

	2000	2007	2008	2009	2010
Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten	30,285	47,467	46,408	41,803	46,656
Davon Erzeugung von pharmazeutischen Erzeugnissen	8,802	15,588	15,973	15,668	15,761
Produktionsindex	100	121,4	118,7	106,9	119,1
Produktionsindex nach StaBuA	100	120,5	117,0	-	-

Nach Angaben des Statistischen Bundesamts, Fachserie 4, Reihe 2.1, sowie der jährlichen Kostenstrukturerhebung im Verarbeitenden Gewerbe.

Daten zum Energieverbrauch

Als wesentliche Datengrundlage für die Ermittlung des Energieverbrauchs und die Berechnung der CO₂-Emissionen dient 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 Mitgliedsunternehmen 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 aktuell rund 2/3 des branchenweiten Strom- und Erdgasverbrauchs – die beiden für die Chemische Industrie 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.

Die Hochrechnung der Stichprobendaten zum Energieverbrauch auf die Grundgesamtheit der Chemischen Industrie stellt einen Schätzwert dar, der zwangsläufig mit statistischer Unsicherheit behaftet ist. Dieser Schätzwert wird mit den amtlichen Daten zum Energieverbrauch abgeglichen und ggf. korrigiert, sobald das Statistische Bundesamt die Energieverwendungsstatistik für das entsprechende Berichtsjahr publiziert.

5. Die Chemische Industrie

Emissionen an Lachgas

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.

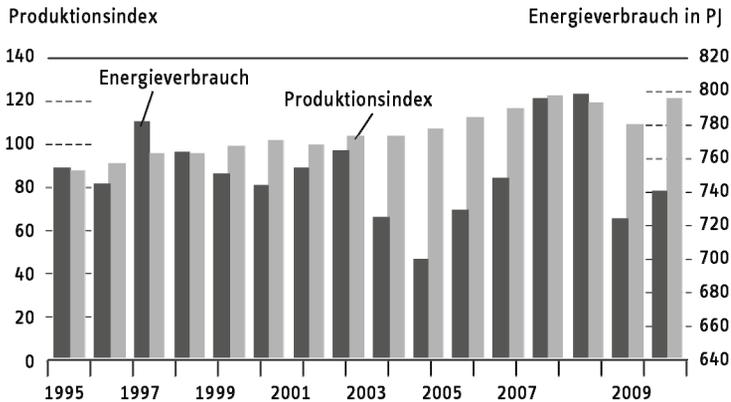
5.2 Energieverbrauch und Produktion

Die Chemische Industrie gehört zu den größten Energieverbrauchern im produzierenden Gewerbe. Bis 2004 nahm der Energieverbrauch im Zeitablauf ab und stieg angesichts einer stark steigenden Chemieproduktion danach wieder an, auf rund 795 PJ im Jahr 2008 (Schaubild 5.2). Im Jahr 2009 sanken aufgrund der Wirtschaftskrise sowohl die Produktion – der Produktionsindex lag 2009 etwa 10 Prozentpunkte unter seinem Vorjahreswert – als auch der Energieverbrauch. Im Jahr 2010 stieg die Produktion erneut an und erreichte annähernd das Niveau von 2007, was einen Anstieg des Energieverbrauchs auf – prognostiziert – 738 PJ (ohne den rohstoffbedingten Bedarf an fossilen Brennstoffen) zur Folge hatte.

Schaubild 5.2

Produktionsindex (2000 = 100) und Energieverbrauch der Chemischen Industrie

1995 bis 2010, Energieverbrauch ohne rohstoffbedingte Anteile



Eigene Berechnungen nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 2.1 und des VCI im Rahmen des Monitoring.

5.3 Ausgewählte Produktionsprozesse

Eine Besonderheit der Chemischen Industrie im Rahmen des Monitoring ist, dass Energieträger sowohl stofflich als auch energetisch verwendet werden. Die Selbstverpflichtungserklärung der Chemischen Industrie bezieht sich dagegen allein auf die Minderung des energiebedingten spezifischen Verbrauchs an Energieträgern, der energiebedingten Emissionen an CO₂ und schließt zudem eine Minderung der Emissionen von klimapotentem Lachgas (N₂O) mit ein. 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 2007, dass besonders die Energieträger Steinkohle, schweres Heizöl und Erdgas als Rohstoff in den Produktionsprozessen der Chemischen Industrie noch von Bedeutung sind (Tabelle 5.2). Hauptrohstoff ist und bleibt Rohbenzin (Naphtha) als Erdölraffinationsprodukt.

Insbesondere zur Herstellung von chemischen Grundstoffen werden fossile 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

5. Die Chemische Industrie

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

Tabelle 5.2
Energetischer und nichtenergetischer Verbrauch an Energieträgern
1995 bis 2009, gerundete Werte in PJ

	1995	2000	2006	2007	2008	2009
Steinkohle(erzeugnisse)	61,8	25,5	8,1	22,0	24,5	20,3
davon rohstoffbedingt	19,0%	14,4%	47,6%	54,3%	47,4%	47,9 %
Mineralöl(erzeugnisse)	100,7	77,5	209,2	352,8	327,9	353,5
davon rohstoffbedingt	45,1%	55,4%	58,9%	75,5%	76,0%	94,5 %
Brenngase	346,7	325,3	325,4	364,8	381,8	367,9
davon rohstoffbedingt	23,3%	24,6%	28,7%	27,4%	24,0%	22,1 %

Quelle: Statistisches Bundesamt - Erhebung der Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes. Amtliche Energieverwendungsdaten für 2010 waren bei Fertigstellung des vorliegenden Berichts nicht verfügbar.

5.4 Die Selbstverpflichtungserklärung

Der Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) 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. 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 Lachgas (N₂O) eine wesentliche Rolle für die Klimaschutzklärung der Chemischen Industrie. N₂O-Emissionen haben eine um den Faktor 310 höhere Treibhausgasrelevanz als CO₂, d. h. jede Tonne N₂O-Emission ist genauso treibhauswirksam wie 310 Tonnen CO₂. Als wesentliche N₂O-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 CO₂-Emissionen und die N₂O-Emissionen bis 2012 um 45 % bis 50 % gegenüber 1990 zu senken (Übersicht 5.2). Zu den im Rahmen des Monitoring festgestellten emittierten 65,5 Mill. t CO₂ im Jahr 1990 werden daher die in CO₂-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 CO₂-Äquivalenten. Vor dem Hintergrund der weiterentwickelten Selbstverpflichtungserklärung resultiert daraus für die Chemische Industrie ein Zielkorridor von 45 bis 49 Mill. t CO₂-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.

Übersicht 5.2

Die Selbstverpflichtungserklärungen der Chemischen Industrie

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).

5.5 Bis 2010 erreichte Energieverbrauchs- und Treibhausgasminderungen

Der energiebedingte Verbrauch an fossilen Brennstoffen beläuft sich 2010 geschätzt auf rund 738 PJ. Dies entspricht einer Minderung von rund 17,9 % im Vergleich zum Basisjahr 1990. Im selben Zeitraum stieg der Produktionsindex um etwa 42,6 %, so dass der spezifische Energieverbrauch je Einheit Produktionsindex sank. Insgesamt ist eine Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs zwischen 1990 und 2010 von etwa 42,4 % zu beobachten. Dies entspricht einem Erfüllungsgrad von rund 124 % für das Energieeffizienzziel der Branche (Tabelle 5.3).

Mit Blick auf die Zusage, die energiebedingten CO₂- und die N₂O-Emissionen in der Summe um 45 % bis 50 % zu senken, hat die Chemische Industrie den Zielkorridor erreicht. Im Jahr 2008 betragen die energiebedingten CO₂-Emissionen rund 50,5 Mill. t. Im Jahr 2009 sank dieser Wert – sicherlich auch konjunkturell bedingt – auf noch 40,2 Mill. t CO₂. Die N₂O-Emissionen betragen nach Angaben des VCI 2009 rund 9,77 Mill. t CO₂-Äquivalente. Im Jahr 2010 stiegen die energiebedingten CO₂-Emissionen infolge der gestiegenen Produktionsmenge auf 46,0 Mill. t, während

5. Die Chemische Industrie

gleichzeitig die N₂O-Emissionen um 8,2 Mill. t CO₂-Äquivalente auf 1,6 Mill. t CO₂-Äquivalente erheblich gesenkt werden konnten, was insbesondere auf redundant ausgelegte Abluftreinigungsanlagen zurückzuführen ist. Bis zum Ende des Selbstverpflichtungszeitraumes 2012 ist eine redundante Auslegung aller N₂O-Abluftreinigungsanlagen vorgesehen.

Tabelle 5.3
Entwicklung des Produktionsindex, des Energieverbrauchs und des spezifischen Energieverbrauchs

1990 bis 2010; ohne rohstoffbedingten Brennstoffverbrauch

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
Energieverbrauch in PJ	915,8	752,1	741,7	726,9	793,3	795,7	721,9	738,0
Energieverbrauch, 2000=100	123,5	101,4	100,0	98,0	107,0	107,3	97,3	99,5
Produktionsindex, 2000=100	83,5	86,0	100,0	110,0	120,5	117,0	106,9	119,1
Spezifischer Energieverbrauch, 2000=100	147,9	117,9	100,0	89,1	88,8	91,7	91,0	83,5
Minderung in %		20,3	32,4	39,7	40,0	38,0	38,4	43,5
Zielerreichungsgrad in % (Energieeffizienz)		57,9	92,5	113,6	114,2	108,6	109,8	124,3

Eigene Berechnungen nach Angaben des VCI im Rahmen des Monitoring.

In der Summe belaufen sich die Emissionen dieser beiden Treibhausgase 2010 auf rund 47,6 Mill. t CO₂-Äquivalente, gleichbedeutend mit einer Minderung von rund 47 % gegenüber dem Basisjahr 1990 (Tabelle 5.4). Damit sind rund 104 % des Treibhausgas-Minderungsziels der Chemischen Industrie bis 2010 umgesetzt worden.

Tabelle 5.4

Entwicklung der Treibhausgasemissionen

1990 bis 2010; in Mill. t CO₂-Äquivalente; ohne rohstoffbedingte Emissionen

	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010
CO ₂ -Emissionen	65,5	48,3	45,8	50,5	50,5	40,2	46,0
N ₂ O-Emissionen	23,8	8,5	8,0	9,8	9,4	9,8	1,6
Insgesamt	89,3	56,8	53,8	60,3	59,9	50,0	47,6
Minderung in %	-	36,4	39,8	32,5	32,9	44,0	46,7
Zielerreichungsgrad in % (Emissionsziel)	-	80,9	88,4	72,2	77,6	97,7	103,8

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 2010 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 2010 haben sich Strom und Brenngase (vornehmlich Erdgas) als die dominierenden Energieträger in der Chemischen Industrie durchgesetzt: etwa 94 % des Energieverbrauchs wurden 2010 aus diesen beiden Energieträgern gedeckt. Dies minderte den CO₂-Gehalt je GJ auf 63,2 kg.

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 eigene Kraftwerke der Chemieunternehmen. Im Jahr 2009 – Daten für 2010 liegen derzeit noch nicht vor – hat die Branche knapp 148 PJ an Brennstoffen für die Eigenstromerzeugung eingesetzt (StaBuA/FS4/R6.4, verschiedene Jahrgänge).

5. Die Chemische Industrie

Tabelle 5.5
Wandel im Energiemix der Chemischen Industrie

1990 bis 2010; ohne rohstoffbedingten Brennstoffverbrauch; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
Energieverbrauch, PJ	915,8	752,1	741,7	726,9	793,3	795,7	646,1	738,0
<i>davon aus:</i>								
Steinkohle(erzeugnisse)	9%	8%	4%	1%	1%	2%	3%	1%
Braunkohle(erzeugnisse)	13%	3%	1%	1%	1%	1%	2%	2%
Mineralöl(erzeugnisse)	7%	11%	9%	5%	11%	10%	11%	3%
Brenngase	28%	36%	34%	33%	34%	37%	37%	41%
Netto-Fremdstrom	42%	42%	53%	60%	53%	51%	48%	53%
CO ₂ -Emissionen, in Mill. T	65,5	49,7	47,5	45,6	50,5	50,5	40,2	46,0
CO ₂ -Gehalt, in kg CO ₂ /GJ	71,6	66,1	64,1	62,7	63,6	63,4	62,3	62,3

Eigene Berechnungen.

Tabelle 5.6
Energiemix für die Bruttostromerzeugung der Chemischen Industrie

1990 bis 2009

	1990	1995	2000	2008	2009
Kohle	39%	23%	20%	7%	6%
Gas	48%	63%	66%	79%	83%
Heizöl	4%	3%	3%	1%	1%
Sonstiges	8%	10%	11%	12%	10%
Insgesamt	100%	100%	100%	100%	100%

Nach Angaben des Statistischen Bundesamts, Fachserie 4, Reihe 6.4. Ab 2008 neue Abgrenzung der Wirtschaftszweige (Chemische Industrie ohne Pharmachemie). Angaben für 2010 waren bei Fertigstellung des vorliegenden Berichts noch nicht verfügbar.

Auch in der Eigenstromerzeugung der Chemischen Industrie ist ein Wandel im Energiemix zu erkennen. Tabelle 5.6 verdeutlicht, dass kohlenstoffreiche Kohle als Energieträger für die Stromerzeugung in industrie-eigenen Kraftwerken an Bedeutung verloren hat, während kohlenstoffarmes Gas hingegen bedeutsamer geworden

ist. Die sonstigen Energieträger, unter denen auch erneuerbare Energien zusammengefasst sind, konnten im Zeitraum 2000 bis 2010 ihren Anteil an der Bruttostromerzeugung der Chemischen Industrie von 8% auf 10% steigern.

5.7 Ausgewählte Maßnahmen zur Treibhausgas-Minderung

Die von der Chemischen Industrie im Berichtsjahr 2010 getroffenen Emissionsminderungsmaßnahmen werden im Fortschrittsbericht des VCI (2011b) dargestellt und lassen sich grob in die Bereiche Energieerzeugung, Energieverwendung und Erzeugung von Salpeter- und Adipinsäure einordnen (Tabelle 5.7). Darüber hinaus erwähnt der Fortschrittsbericht Schulungs- und Fortbildungsmaßnahmen, die in ihrer Wirkung jedoch nicht quantifizierbar sind. Die CO₂-Minderungen in den Bereichen Energieerzeugung und -verwendung summieren sich auf etwa 54 000 t.

Bei der Erzeugung von Salpeter- und Adipinsäure nennt der Fortschrittsbericht Emissionseinsparungen durch Inbetriebnahme neuer bzw. redundanter Abluftreinigungsanlagen in Höhe von insgesamt 25 360 t N₂O. Da N₂O eine erheblich höhere Treibhauswirksamkeit als CO₂ hat, beziffern sich die Emissionseinsparungen in der Salpeter- und Adipinsäureproduktion umgerechnet in CO₂-Äquivalente auf etwa 7,9 Mill. t.

Tabelle 5.7
Minderungsmaßnahmen der Chemischen Industrie
im Jahr 2010

	CO ₂ -Einsparung
Verbesserte Energieerzeugung und Energiebereitstellung an Chemiestandorten	54 000 t
Verbesserte Energienutzung in Verfahren, Anlagen und Gebäuden	
Emissionseinsparungen in der Adipin- und Salpetersäureerzeugung (in CO ₂ -Äquivalenten)	7,9 Mill. t

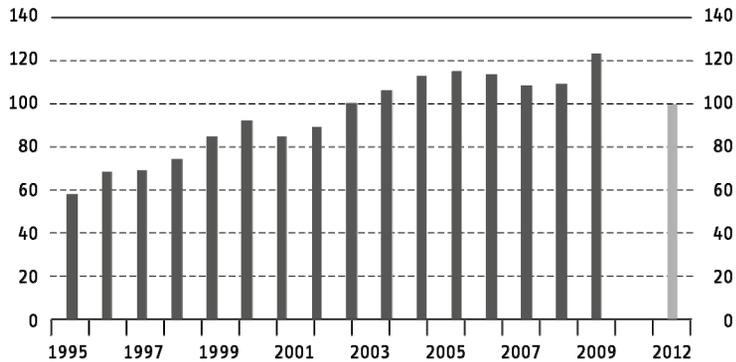
Nach Angaben aus VCI (2011b).

5.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die Chemische Industrie hat in ihrer erweiterten Selbstverpflichtungserklärung von 2001 zugesagt, ihren spezifischen Energieverbrauch zwischen 1990 und 2012 um mindestens 35 % zu senken. Dieses Ziel ist bereits seit 2003 erreicht und dürfte absehbar auch in der Zukunft erfüllt werden (Schaubild 5.3).

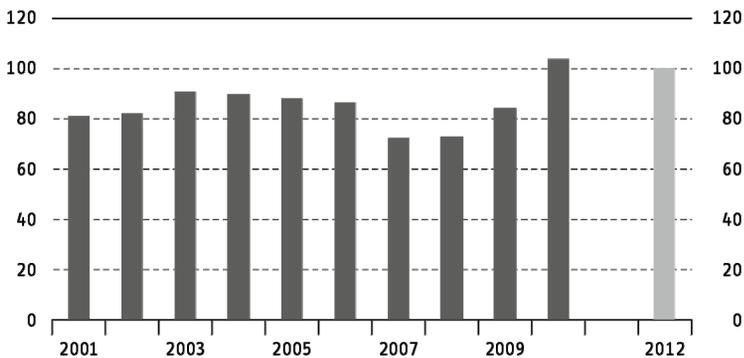
5. Die Chemische Industrie

Schaubild 5.3
Zielerreichungsgrad für den spezifischen Energieverbrauch
1995 bis 2010; in %



Eigene Berechnungen.

Schaubild 5.4
Zielerreichungsgrad für die Treibhausgas-Emissionen
1995 2010; in %



Eigene Berechnungen.

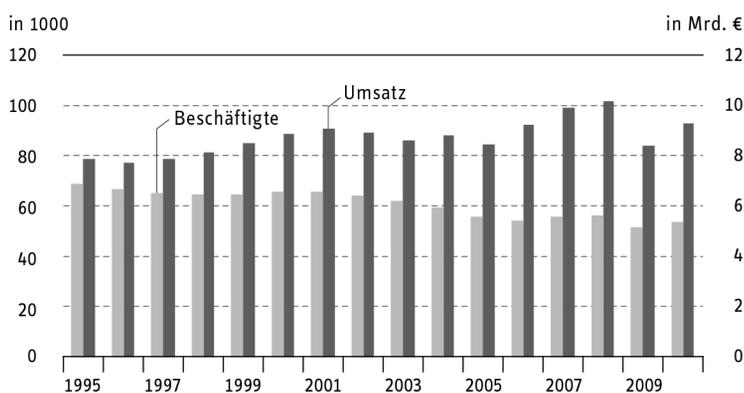
Des Weiteren hat die Branche zugesagt, auch die energiebedingten CO₂-Emissionen und die N₂O-Emissionen bis 2012 um insgesamt mindestens 45 % gegenüber 1990 zu senken. Dieses Ziel ist 2010 zu rund 104 % erfüllt worden (Schaubild 5.4).

bild 5.4). Zu beobachten ist dabei sowohl eine deutliche Minderung der CO₂-Emissionen, als auch eine Reduktion der Emissionen am ungleich klimapotenteren Lachgas (N₂O), was insbesondere auf die redundante Ausstattung mit Luftreinigungsanlagen zurückzuführen ist.

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. Selbst 2008 konnte der Umsatz trotz der einsetzenden Finanz- und Wirtschaftskrise noch um 2,7 % auf 10,2 Mrd. € gesteigert werden. 2010 konnte der starke Umsatzrückgang des Jahres zuvor zum größten Teil ausgeglichen werden. Mit einem Anstieg von fast 11 % auf 9,3 Mrd. € erreichte der Umsatz wieder das Niveau von 2006. Die Umsatzentwicklung in der Glasindustrie zwischen 1995 und 2010 lag im Jahresdurchschnitt bei 1,1 % pro Jahr und zeigt damit langfristig wieder einen deutlich positiven Trend.

Schaubild 6.1
Beschäftigte und Umsatz in der Glasindustrie
1995 bis 2010



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

Die Glasindustrie umfasst überwiegend mittelständische Unternehmen. 2010 waren in den 402 Betrieben 53 355 Arbeitnehmer beschäftigt (Schaubild 6.2). Auf das

gesamte Verarbeitende Gewerbe bezogen liegt der Anteil der Beschäftigten der Glasindustrie bei 0,9 % und der des Umsatzes bei 0,6 %. Damit zählt die Glasindustrie hinsichtlich Umsatz und Beschäftigung zu den eher kleineren Industriezweigen.

6.1 Datenbasis

In der Abgrenzung der Systematik der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008) findet sich die Glasindustrie an Position 23.1 „Herstellung von Glas und Glaswaren“. Hierzu zählen neben der eigentlichen Herstellung von Glas – dem sogenannten Hüttenglas – auch Wirtschaftszweige, in denen Glas veredelt und/oder weiterverarbeitet wird.⁴ Die Gliederung der WZ 2008 erlaubt nur bedingt eine eindeutige Unterscheidung zwischen Glas schmelzenden und weiterverarbeitenden bzw. veredelnden Bereichen. So wird in der amtlichen Statistik zwischen Flachglas-schmelzbetrieben (WZ 23.11 „Herstellung von Flachglas“) und weiterverarbeitenden Betrieben (WZ 23.12 „Veredlung und Bearbeitung 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 bis 2002 auf Angaben des Statistischen Bundesamtes und wurden 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

⁴ 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.

Die Glasindustrie

gegenüber früheren Jahren geführt. Für Kokereigas wird ab 2003 für die Glasindustrie kein Verbrauch mehr ausgewiesen, erstmalig stattdessen für Flüssiggas. Der Nettofremdstrombezug konnte aus den amtlichen Daten für 2005 wegen einer Vielzahl von Geheimhaltungsfällen nicht errechnet werden. Insgesamt sind die Ergebnisse des Monitorings ab 2003 mit Ergebnissen aus früheren Jahren nur eingeschränkt vergleichbar.

Die amtlichen Energieverwendungsdaten sind erst mit einer Verzögerung von mehr als 12 Monaten verfügbar. Um ein zeitnahes Monitoring zu gewährleisten ist der BV Glas dazu übergegangen, den Energieverbrauch bei seinen Mitgliedern zu erheben. Diese Erhebung wurde 2007 erstmals für die Jahre 2005 bis 2007 durchgeführt. Seither wird der Einsatz an fossilen Energieträgern und Strom für das jeweilige Berichtsjahr auf Grundlage der Verbandserhebung hochgerechnet. Für das letzte Jahr, für das amtliche Daten zum Energieverbrauch verfügbar sind, werden hierzu die entsprechenden Erfassungsgrade für die Energieträger berechnet. Im Vergleich zu den Daten des Statistischen Bundesamtes ergaben sich für 2009 Erfassungsgrade zwischen rund 1,7 % für Flüssiggas und etwa 96 % für schweres Heizöl. Die beiden wichtigsten Energieträger Erdgas und Strom wurden zu 80 – 90 % erfasst. Mit diesen Angaben wurde der vom Verband erhobene Energieverbrauch des Jahres 2010 hochgerechnet. Der hochgerechnete Verbrauch für 2009 wurde in diesem Bericht anhand der mittlerweile vorliegenden amtlichen Daten überprüft und die in den Tabellen und Schaubildern wiedergegebenen Daten für 2009 revidiert.

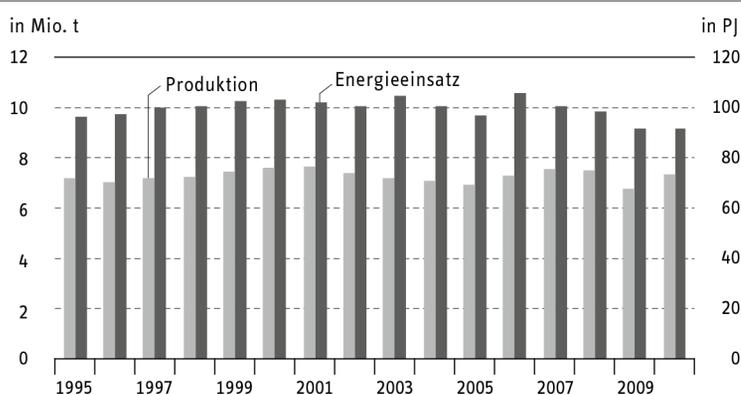
Neben dem Energieeinsatz für die Produktion von Hüttenglas enthalten die Energieverwendungsdaten auch jenen für die Veredlung und Weiterverarbeitung, der strenggenommen nicht der Glas-Erzeugenden Industrie zuzurechnen ist. Allerdings benötigen die Veredlung und Weiterverarbeitung nach Informationen des 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 stieg 2010 mit 7,3 Mill. t rund 8 % über den Wert des Vorjahres und damit auf das Niveau des Jahres 2006 (Schaubild 6.2). Zwar ging die Produktion im Zuge der Finanz- und Wirtschaftskrise 2009 auch in der Glasindustrie zurück, dennoch lag sie seit 1990 im Durchschnitt bei rund 7,2 Mill. t. Der jährliche Energieverbrauch bewegte sich seit 1990 um einen Wert von durchschnittlich etwa 100 PJ. Mit einem Variationskoeffizienten von 0,4 % gegenüber 5,9 % bei

der Produktion schwankte der Energieverbrauch aber deutlich weniger. 2009 sank der Einsatz fossiler Energieträger und Nettofremdstrom auf rund 92 PJ. Der hochgerechnete Energieverbrauch für 2010 ist trotz des Produktionsanstiegs fast unverändert geblieben.

Schaubild 6.2
Produktion und Energieverbrauch in der Glasindustrie
 1995 bis 2010



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

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 betrug der ausgewiesene Verbrauch von Flüssiggas nur noch 0,2 PJ und der Energieverbrauch insgesamt lag bei knapp 101 PJ (Tabelle 6.4). In den Jahren 2005 bis 2009 weist der Energieverbrauch einige 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. 2009 und 2010 war der Verbrauch mit rund 92 PJ deutlich niedriger als 1995. Während die eingesetzte Energiemenge seit 1990 durchschnittlich um

Die Glasindustrie

0,4 % pro Jahr sank, wuchs die Produktion im gleichen Zeitraum mit jahresdurchschnittlich 1,1 %.

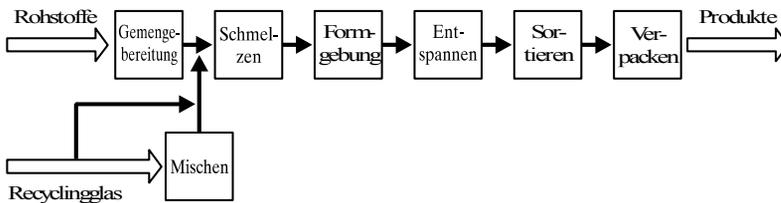
Laut Bundesverband ist die Glasindustrie eine der energieintensivsten Industrien (BV Glas 2011: 1). Der Anteil am Energieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes lag 2009 bei 2,9 %. Zieht man als Anhaltspunkt für die Energieintensität der Branche das Verhältnis von Energieverbrauch und Umsatz heran, so wird die Einschätzung des Verbandes gestützt: Mit 10,9 MJ/€ Umsatz im Jahr 2009 stellt sich die Glasindustrie gegenüber dem Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes von 2,6 MJ/€ als energieintensiv dar. Im Vergleich zu den übrigen am Monitoring beteiligten Industriezweigen nimmt die Glasindustrie mit diesem Wert einen mittleren Rang ein. Allerdings liefert die Betrachtung der Glasindustrie insgesamt hier ein verzerrtes Bild, da bei der hier verwendeten Branchenabgrenzung auch die Veredlung und Weiterverarbeitung von Glas erfasst wird. Auf diesen Teilbereich der Glasindustrie entfällt zwar nur ein vergleichsweise geringer Anteil der eingesetzten Energie, sie trägt aber zu rund einem Drittel zum Branchenumsatz bei. Wird dagegen nur die Herstellung von Hohl- und Flachglas betrachtet, so liegt die Energieintensität erheblich höher als der Branchendurchschnitt. Allein für die Herstellung von Flachglas beträgt sie 17,3 MJ/€ Umsatz und wird nur von der Herstellung von Kalk (24,8 MJ/€) und Zement (50,2 MJ/€) übertroffen.

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).

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.

Schaubild 6.3
Prinzipieller Ablauf der Glasherstellung



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

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 sogenannten Glassatz – gemischt und anschließend dem Schmelzprozess zugeführt. Die Schmelze erfolgt in Glasschmelzwannen bei Temperaturen bis 1680°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 sogenannten Tageswannen oder Hafenoöfen erschmolzen, die je nach Bedarf benutzt werden (Buttermann, Hillebrand 2002: 157).

Zum Abschluss der Glasbildung werden durch sogenannte 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 Float- und Gussglasverfahren 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

Die Glasindustrie

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 zum Vorwärmen 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 rekuperative Systeme gegenüber kontinuierlich arbeitenden regenerativen Systemen als effektiver erwiesen. Nach dem Vorwärmen 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

Im April 2008 wurde die bis dahin für das Zieljahr 2005 gültige Selbstverpflichtungserklärung der Glasindustrie erweitert. Hiernach erklärte sich der Bundesverband Glasindustrie stellvertretend für die Glasindustrie bereit, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um bis zu 20 % gegenüber 1990 zu verringern. Außer CO₂ werden in der deutschen Glasindustrie keine weiteren Kioto-Gase freigesetzt.

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 857 kg CO₂/t für 2012 ab.

Übersicht 6.1

Selbstverpflichtung der Glasindustrie

Ziel 2012 Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen um bis zu 20 % auf 857 kg CO₂/t Hüttenglas.

Basisjahr 1990

Angaben des Bundesverbandes Glasindustrie (BV Glas 2008).

6.5 Bis 2010 erreichte CO₂-Minderungen

Die Glasindustrie hat bereits seit 1995 die in ihrer Selbstverpflichtungserklärung für 2012 genannte Zielmarke mehrfach überschritten und in den entsprechenden Jahren deutlich geringere spezifische Emissionen als die zugesagten 857 kg CO₂/t Hüttenglas erreicht (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. Bis 2002 konnten allerdings kaum weitere 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). 2010 sanken die spezifischen Emissionen im Vergleich zum Vorjahr um weitere 7,5 % auf 767 kg CO₂/t, dem niedrigsten Wert seit 1990. Der Zielerreichungsgrad erreichte 142 %.

Tabelle 6.1

Spezifische CO₂-Emissionen und Zielerreichungsgrad der Glasindustrie

1990 bis 2010; Ziel 2012: Minderung von 20 % auf 857 kg CO₂/t

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Spez. Emissionen (in kg CO ₂ /t)	1 071	834	836	856	809	829	767
Minderung (in %)	-	22,2	21,9	20,0	24,5	22,6	28,4
Zielerreichungsgrad (in %)	-	111	110	100	121	113	142

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

Die Glasindustrie

Die absoluten CO₂-Emissionen unterlagen seit 1990 nur geringfügigen Schwankungen und betragen im Durchschnitt rund 6,1 Mill. t pro Jahr – kaum weniger als im Basisjahr 1990 (Tabelle 6.2). Während 2009 mit einem Rückgang auf 5,6 Mill. t CO₂ die bislang größte Minderung erreicht werden konnte, blieben die Emissionen 2010 unverändert. 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 0,50 zeigt an, dass der Energieverbrauch nicht vollkommen Hand in Hand mit einer wachsenden Produktionsmenge ansteigt.

Tabelle 6.2
Produktion, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen der Glasindustrie
1990 bis 2010; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Produktion, (Mill. t)	5,9	7,2	7,6	6,9	7,5	6,8	7,3
Energieverbrauch, (PJ)	99,9	96,7	103,2	97,0	98,6	91,5	91,7
Emissionen, (Mill. t)	6,3	6,0	6,4	5,9	6,1	5,6	5,6

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 2010; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Spezifischer Verbrauch, (GJ/t)	17,0	13,4	13,5	14,0	13,1	13,5	12,5
Minderung (in %)	-	21,0	20,4	17,8	22,8	20,6	26,3
Durchschn. Emissionen, (kg CO ₂ /GJ)	63,0	62,1	61,8	61,3	61,6	61,4	61,2
Minderung (in %)	-	1,5	1,9	2,7	2,2	2,5	2,8

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 2009 ging der spezifische Energieverbrauch um 6,9 % auf 13,5 GJ/t zurück; 2010 sank er auf 12,5 GJ/t. Dieser Rückgang um 7,2 % fiel etwas schwächer aus als bei den spezifischen Emissionen (Tabelle 6.1 und 6.3).

Seit 1990 sind die spezifischen CO₂-Emissionen um 28,4 % gesunken (Tabelle 6.1). Der spezifische Energieverbrauch hat mit 26,3 % fast in gleichem Maße abgenommen (Tabelle 6.3). Insgesamt scheint es seither kaum CO₂-relevante Veränderungen im Energiemix gegeben zu haben. Die detaillierte Darstellung in Tabelle 6.4 zeigt jedoch, dass sich der Einsatz der verschiedenen Energieträger zwischenzeitlich sehr wohl verändert hat. Bis 2010 blieben die Auswirkungen per Saldo allerdings gering.

Werden Energieträger mit hohem Kohlenstoffgehalt wie Braunkohle durch kohlenstoffarme Brennstoffe wie Erdgas substituiert, verringert sich der spezifische CO₂-Ausstoß. Zwischen 1990 und 2010 nahm der Erdgasverbrauch der Glasindustrie um rund 22 % zu. Vor allem bis 1995 ist der Anteil kohlenstoffreicher Energieträger aufgrund der Betriebsschließungen 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 Braunkohlen-

Die Glasindustrie

produkte. 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; bis 2010 wurde der Heizöleinsatz mehr als halbiert (Tabelle 6.4). Leichtes Heizöl und Flüssiggas werden nur in geringem Umfang, Kokereigas seit 2003 ebenfalls nicht mehr eingesetzt. Insgesamt wurden Energieträger mit höherem Emissionsfaktor bis 1995 verstärkt durch Erdgas ersetzt. Dieser Substitutionsprozess wird zwar fortgesetzt, wirkt sich aber nicht mehr so deutlich aus, da gleichzeitig der Einsatz von Erdgas und Strom generell rückläufig ist.

Tabelle 6.4
Veränderung des Energiemix in der Glasindustrie

1990 bis 2010; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Braunkohlenkoks	2,3	-	-	-	-	-	-
Schweres Heizöl	13,0	10,5	9,7	6,4	7,5	6,7	6,0
Leichtes Heizöl	1,5	1,3	1,0	0,4	1,2	0,4	0,4
Erdgas	36,0	43,8	46,7	45,5	45,2	43,0	44,0
Flüssiggas	-	-	-	0,3	0,1	0,1	0,1
Kokereigas	5,7	0,3	0,3	-	-	-	-
Primärbrennstoffe	58,5	55,9	57,7	52,6	54,0	50,2	50,6
Nettofremdstrom	41,3	40,7	45,5	44,5	44,6	41,3	41,2
Energieverbrauch	99,8	96,6	103,2	97,1	98,6	91,5	91,7

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

Der Nettofremdstrombezug hat bis 2008 um 8 % gegenüber 1990 zugenommen. 2009 ging er mehr als 7 % zurück und lag nur knapp über dem Wert von 1990. Auch 2010 blieb der Strombezug auf diesem Niveau. Sein Anteil am Energieverbrauch stieg seit 1990 – primärenergetisch bewertet – auf 44,9 %. Zusammen hatten Erdgas und Strom 2010 einen Anteil von rund 93 % 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.

Ein gegebener Energiemix lässt sich ebenfalls mit Hilfe der durchschnittlichen Emissionen pro Energieeinheit charakterisieren. 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 61,2 kg CO₂/GJ im Jahr 2010 unterscheiden sich die durchschnittlichen Emissionen kaum von denen des Jahres 1995. Dies zeigt, dass es seitdem 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 zwischen 1990 und 2010 bei 2,8 %, was bezogen auf das Basisjahr einer Minderung um etwa 29 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 dargestellt. 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 2010 variiert. Als Resultat ergibt sich der Anteil, den die Verbesserung der Energieeffizienz zur erzielten Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen erbracht hat.

In der Glasindustrie sank der spezifische Energieverbrauch seit 1990 um 4,5 GJ/t Hüttenglas von 17,0 auf 12,5 GJ/t im Jahr 2010 (Tabelle 6.3). Multipliziert mit den durchschnittlichen Emissionen des Jahres 1990 von 63 kg CO₂/GJ resultiert aus der Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs bis 2010 eine Minderung der spezifischen Emissionen von 283,5 kg CO₂/t. Gegenüber dem Basisjahr entspricht dies einer Reduktion von mehr als 26,5 %. Bezogen auf die produzierte Menge

Die Glasindustrie

Hüttenglas im Basisjahr errechnet sich eine CO₂-Minderung gegenüber 1990 von ca. 1,7 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 einen Anteil von 61,8 % zurück⁵. Allerdings wird der Zusammenhang zwischen beiden Größen durch den gleichzeitigen Rückgang der Behälterglasproduktion überlagert. Wird jedoch zugrunde gelegt, dass sich mit einem 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 2006; gerundete Werte

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

Nach Angaben des Bundesverbandes Glasindustrie e.V. Aktuellere Angaben waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich (siehe Fußnote).

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

⁵ Aktuellere Daten zum Altglaseinsatz liegen nicht vor. Kartellrechtliche Probleme haben nach Angaben des BV Glas dazu geführt, dass die bisherige Erfassung des Altglaseinsatzes in Deutschland ab 2007 eingestellt werden musste. Alternative Angaben zur Recyclingquote weisen wegen unterschiedlicher Erfassungs- und Berechnungsmethoden große Abweichungen zu den bisherigen Daten auf und sind nur mit großer zeitlicher Verzögerung verfügbar.

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 2010 werden beispielhaft Maßnahmen zur Energieeinsparung mit einem Investitionsvolumen von insgesamt mehr als 32,7 Mill. € aufgeführt (BV Glas 2011: 6). 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 2011: 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).

Tabelle 6.6
Wannenhauptreparaturen
2000 bis 2010

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Anzahl	13	11	9	7	9	8	6
Anteil an gesamter installierter Schmelzleistung (in %)	11,0	14,6	8,8	4,4	5,0	8,4	5,1
Investitionen (in Mill. €)	148	200	121	105	70	113	118

Nach Angaben des Bundesverbandes Glasindustrie e.V.

Schmelzwannen weisen mit zunehmender Nutzungsdauer Alterserscheinungen auf, die mit einem steigenden Energieverbrauch verbunden sind. Daher werden sie in Abständen von 8 bis 12 Jahren einer sogenannten Wannenhauptreparatur unterzogen. Während der zwei- bis dreimonatigen Erneuerung 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

Die Glasindustrie

des Investitionsvolumens werden für die vorgenommenen Wannenhauptreparaturen in der Tabelle 6.6 wiedergegeben.

Insgesamt wurden 2010 in der Glasindustrie 6 Glasschmelzwannen einer Hauptreparatur unterzogen. Die vorliegenden Daten reichen jedoch nicht, um die genaue Höhe der Effizienzverbesserungen zu bestimmen. Die Produktions- und Energieverbrauchs-schwankungen, 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 2011: 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).

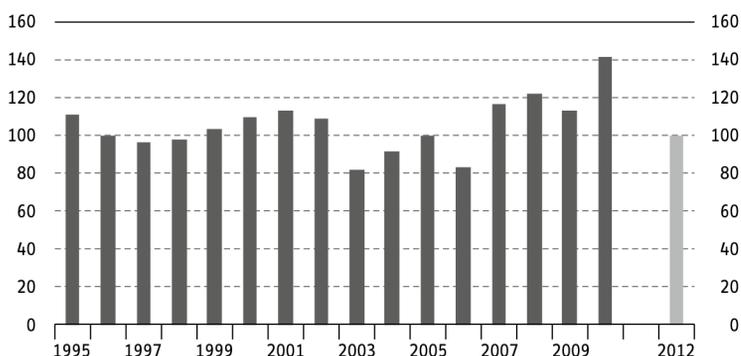
6.8 Zusammenfassung und Bewertung

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 Brenntechnologie 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 hinzu gebaut 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 20 % auf maximal 857 kg CO₂/t bis zum Jahr 2012 bereits frühzeitig und wiederholt erreicht (Schaubild 6.4).

Schaubild 6.4
Zielerreichungsgrad in der Glasindustrie für 2012

1995 bis 2010; in %



Eigene Berechnungen.

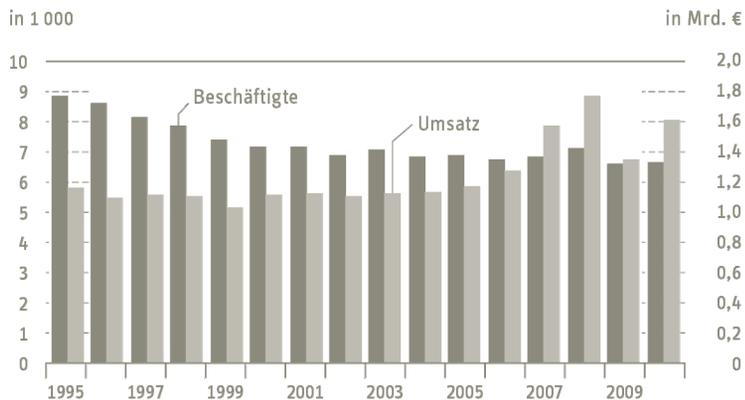
Weitere Verbesserungen dürften allerdings schwer fallen, da die Produktionsprozesse, insbesondere die Nutzung von Abwärme bei den Schmelzprozessen, weitgehend optimiert sind. Auch der Wandel des Energiemix zugunsten kohlenstoffarmer Brennstoffe wie Erdgas bietet angesichts eines Anteils von 87 % am Primärbrennstoffverbrauch nur noch einen begrenzten Spielraum für Emissionsminderungen.

Die zukünftige Entwicklung der CO₂-Emissionen wird vor allem 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. 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 2010



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes 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 2010 weist das Statistische Bundesamt 67 Betriebe mit mehr als 20 Beschäftigten aus. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes setzte die Feuerfestindustrie 2010 Produkte im Wert von rund 1,62 Mrd. € um. Etwa 60 % der Erlöse wurden durch Verkäufe ins Ausland erwirtschaftet. Zwischen 1995 und 2005 lag der Umsatz der Branche in einer Größenordnung von 1,0 bis 1,2 Mrd. €. Seit 2006 konnten deutliche Zuwächse erzielt werden, sodass der Umsatz 2008 um mehr als 52 % über dem Wert von 1995 lag. Allerdings spiegeln sich in diesem Zuwachs nach Informationen des Verbandes vor allem die stark gestiegenen Energie- und Rohstoffkosten und weniger Veränderungen der produzierten Menge wieder. Wie in vielen anderen Branchen, hat die Wirtschafts- und Finanzkrise 2009 auch in der Feuerfest-Industrie die Umsatzentwicklung geprägt: Dieser sank um fast 23 % auf knapp 1,3 Mrd. €. 2010 erfolgte wieder ein Anstieg um 19,3 % auf 1,6 Mrd. €.

Die Beschäftigungsentwicklung ist dagegen seit 1995 deutlich zurückgegangen: Von einstmal fast 9 000 Personen im Jahr 1995 sank die Zahl der Beschäftigten bis 2002 nach Angaben des Statistischen Bundesamtes um gut 23 % auf rund 6 900 Arbeitnehmer (Schaubild 7.1) Seither liegt die Beschäftigung auf einem Niveau von rund 7 000 Personen. Verglichen mit dem Umsatz ging die Beschäftigung 2009 lediglich um 5,8 % auf rund 6 700 Personen zurück und blieb 2010 in etwa konstant.

7.1 Datenbasis

Die Branche wird vertreten durch den Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V. Dieser erhebt derzeit vierteljährlich 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.

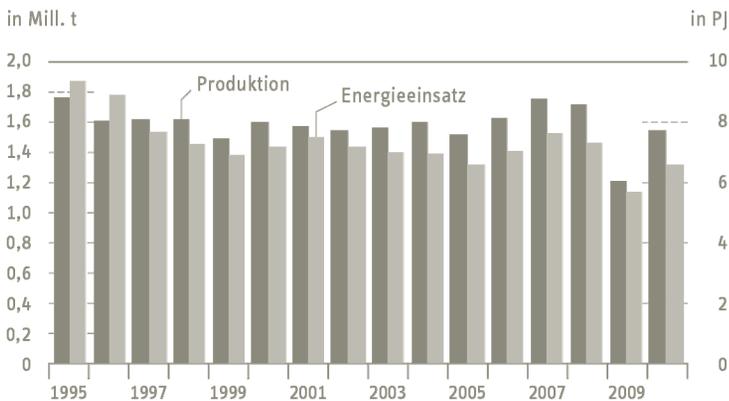
Das Statistische Bundesamt führt die Feuerfestindustrie seit 2009 mit dem Inkrafttreten der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008) unter der Kennziffer 23.2 („Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren“). Es veröffentlicht ebenfalls regelmäßig Angaben hinsichtlich Produktion, Umsatz und Beschäftigung sowie Energieverbrauch. Die Umstellung und Neuorganisation der Energieverwendungsstatistik hat ab 2003 dazu geführt, dass eine Vielzahl an 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.

Die Feuerfest-Industrie

Nach eigenen Angaben repräsentiert die Verbandserhebung 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 seit 2005 eine tatsächliche Abdeckung durch den Verband von rund 75 %. 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 die hochgerechneten Werte angegeben. Die für die freiwillige Selbstverpflichtung maßgeblichen Angaben für den spezifischen Energieverbrauch und die spezifischen Emissionen beruhen dagegen auf den Angaben des Verbandes.

Schaubild 7.2
Produktion und Energieverbrauch in der Feuerfest-Industrie
1995 bis 2010



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

7.2 Energieverbrauch und Produktion

Die Produktion feuerfester Erzeugnisse lag 2010 bei rund 1,54 Mill. Tonnen (Schaubild 7.2). Von 1995 bis 2005 hat die Produktion 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 erreichte damit wieder das Niveau von 1995. Dieses Wachstum führte zwar auch zu einem höheren Energieverbrauch, dieser wuchs jedoch weitaus langsamer als die Produktion. 2008 lag der Energieverbrauch bei rund 7,3 PJ und damit um fast 22 % unter dem Wert von 1995 mit 9,3 PJ (Tabelle 7.1). Im Zuge der Wirtschaftskrise sank die Produktion 2009 um fast 30 % auf rund 1,2 Mill. t. Da sich die Öfen der Feuerfest-Industrie nicht stufenlos der zu brennenden Menge anpassen lassen, ging der Energieverbrauch mit rund 22 % weniger stark zurück. 2010 erfolgte ein Anstieg der Produktion um 27,2 % bei einem vergleichsweise schwachen Anstieg des Energieverbrauchs um 15,8 % auf 6,61 PJ].

Der Energiebedarf der Feuerfest-Industrie wird überwiegend durch Erdgas und Strom gedeckt, deren Anteil am Gesamtenergieverbrauch 2010 rund 64 % bzw. 35 % betrug (Tabelle 7.4). Andere Energieträger haben nur eine untergeordnete Bedeutung.

Der Zusammenhang zwischen Produktion und Energieverbrauch hat sich seit 1995 deutlich entkoppelt. In den meisten Jahren blieb die Entwicklung des Energieverbrauchs hinter der Produktionsentwicklung zurück (Schaubild 7.2). Entsprechend

Tabelle 7.1
Produktion und Energieverbrauch in der Feuerfest-Industrie

1990 bis 2010; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Produktion, Mill. t	1,98	1,76	1,60	1,52	1,72	1,21	1,54
Energieverbrauch in PJ	12,4	9,3	7,2	6,7	7,3	5,7	6,6
Spez. Verbrauch in GJ/t	6,3	5,3	4,5	4,4	4,3	4,7	4,3

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

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 2008 verminderte er sich auf 4,3 GJ/t. Die deutlich schlechtere Auslastung der Produktionskapazitäten in Folge der wirtschaftlichen Entwicklung führte 2009 dazu, dass der spezifische Energieverbrauch vorübergehend auf 4,7 GJ/t stieg. 2010 lag er wieder bei 4,3 GJ/t.

Die Feuerfest-Industrie

7.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Grundsätzlich lassen sich vier Arten von feuerfesten Erzeugnissen unterscheiden: geformte und ungeformte Erzeugnisse, sogenannte 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 2009 in Deutschland bei rund 60 % (StaBuA/FS4/R3.1 2010). Unter *ungeformten feuerfesten Erzeugnissen* 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 Verschaltung 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, mineralischer Rohstoffe wie Quarzit und anderer Rohstoffe 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

In ihrer aktualisierten Selbstverpflichtungserklärung vom Dezember 2000 hat die Feuerfestindustrie sich bereit erklärt, ihre spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um

35 % zu senken. 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 2012 ein Zielwert von 254 kg CO₂/t. Übersicht 7.1 fasst die Angaben zusammen.

Übersicht 7.1

Selbstverpflichtung der Feuerfest-Industrie

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
-----------	------

Nach Angaben des Verbandes der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V. (Feuerfest 2000).

Der Verband knüpft seine Zusage an zwei Voraussetzungen: Zum einen wird erwartet, dass die Feuerfestindustrie zukünftig nicht „durch fiskalische Maßnahmen belastet wird“ (Feuerfest 2000: 3). Darunter versteht der Verband verschärfte Umweltauflagen, welche die Installation von „Absaug-, Filter-, Reinigungs- und Abgasanlagen“ erfordern (Feuerfest 2005). Solche erzwungenen Investitionen würden nach Angaben des Industrieverbandes finanzielle Mittel binden, die dann nicht mehr für Maßnahmen zur CO₂-Emissionsminderung zur Verfügung stünden. Zudem lehnt der Verband die geplante Einführung zertifizierter Energie-Managementsysteme aus Kostengründen ab (Feuerfest 2008: 3).

Ferner verpflichtet sich der Verband zur Einhaltung der Reduktionsziele vorbehaltlich einer „günstigen Kapazitätsauslastung“ (Feuerfest 2000, 2005, 2010). Nach Angaben des Verbandes lag die gewichtete Überkapazität bei geformten und ungeformten Erzeugnissen bei seinen Mitgliedern im Jahr 2010 bei rund 27,5 %, d.h. die vorhandenen Kapazitäten wurden nur zu 72,5 % ausgelastet. Bei den für den Brennvorgang relevanten geformten Erzeugnissen gab es eine Überkapazität von rund 18,4 % (Feuerfest 2011b). Die energieintensiven Anlagen wurden somit zu knapp über 80 % ausgelastet. Dies ist eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Vorjahr, als die Überkapazität aufgrund des Produktionseinbruchs in Folge der Wirtschaftskrise noch bei 36,2 % lag.

7.5 Bis 2010 erreichte CO₂-Minderungen

Die spezifischen CO₂-Emissionen der Feuerfestindustrie lagen 2010 bei 253 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

Die Feuerfest-Industrie

verzeichnen. Seit 2002 sind die spezifischen Emissionen dagegen deutlich gesunken. 2008 wurde der bislang niedrigste Wert erreicht. Nur 2009 stieg der Wert vorübergehend deutlich an.

Tabelle 7.2

Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen in der Feuerfest-Industrie

1990 bis 2010; gerundete Werte; Minderungsziel spezifische CO₂-Emissionen: -35 % bis 2012

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Emissionen in kg CO ₂ /t	390	316	265	257	251	278	253
Reduktion in %	-	19,0	32,0	34,1	35,6	28,6	35,1
Zielerreichungsgrad in %	-	54,2	91,5	97,3	101,9	81,8	100,3

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

Gegenüber 1990 konnten die spezifischen Emissionen bis 2010 um gut 35 % vermindert werden. Das Ziel für 2012, die CO₂-Minderung um 35 % zu vermindern, wurde damit 2010 zum zweiten Mal nach 2008 erreicht (Tabelle 7.2).

Unter Berücksichtigung der vom Statistischen Bundesamt ausgewiesenen Produktionsmenge ergibt sich durch Multiplikation mit den spezifischen Emissionen für 2010 eine Emissionsmenge von 0,391 Mill. t (Tabelle 7.3). 1990 wurde noch etwa die doppelte Menge emittiert.

Tabelle 7.3

Entwicklung der absoluten CO₂-Emissionen in der Feuerfest-Industrie

1990 bis 2010; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Emissionen in 1 000 t	773	557	425	390	432	337	391
Reduktion in %	-	28	45	50	44	56	49,5

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 verbraucht⁶, von denen rund 5 % aus kohlenstoffreicher Braunkohle gewonnen wurde. 1995 wurde dieser Energieträger nur noch in sehr geringen Mengen verwendet. Dieselbe Entwicklung ist für schweres und leichtes Heizöl festzustellen. 1990 trug die Ölverfeuerung 6 % zur Energiegewinnung bei, seit 2000 ist es lediglich noch 1 % (Tabelle 7.4).

Der hohe Erdgasanteil rührt daher, dass die Feuerfest-Industrie nach eigenen Angaben bereits in den 1980er 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 2010 auf 64,2 %. Der Anteil von Strom lag 1990 bei 27,1 % und stieg bis 2010 auf 34,9 %. 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 elektrisch betriebener Absaug-, Filter- und Reinigungsanlagen (Feuerfest 2000).

Tabelle 7.4
Energiemix der Feuerfest-Industrie
1990 bis 2010; in %; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Rohbraunkohle	3	-	-	-	-	-	-
Braunkohlenbriketts	2	0	0	-	-	-	-
Schweres Heizöl	2	1	0	-	0	0	0
Leichtes Heizöl	4	4	1	1	1	1	1
Erdgas	61	62	63	62	64	64	64
Kokereigas	1	1	0	0	-	-	-
Strom	27	32	35	37	35	35	35

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

Die Bedeutung der Substitution von Energieträgern zeigt sich an der Veränderung der CO₂-Intensität des verwendeten Energiemixes, gemessen als Verhältnis der emittierten CO₂-Menge in kg zur eingesetzten Energiemenge in GJ. 1990 wurden

⁶ Der in früheren Monitoringberichten ausgewiesene Wert von 13,3 PJ für 1990 wurde aufgrund aktualisierter Daten des Verbandes korrigiert.

Die Feuerfest-Industrie

nach Verbandsangaben noch durchschnittlich 62 kg CO₂/GJ emittiert. Dieser Wert lag 2010 bei 59 kg CO₂/GJ. Unter Berücksichtigung der hochgerechneten Gesamtenergiemenge von 1990 in Höhe von 12,4 PJ entspricht diese Reduktion um 3,1 kg CO₂/GJ einem Einsparvolumen von knapp 38 500 t CO₂ allein aus der Energieträgersubstitution.

Weitaus bedeutender für die Reduzierung der spezifischen Emissionen war indes die Steigerung der Energieeffizienz. Von 1990 bis 2010 konnte der spezifische CO₂-Ausstoß um gut 35 % 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, also um 31,7 % (Tabelle 7.1). 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 rund 31,7 %.

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 Bundesamtes die Produktionsmenge 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 (RWI 2005: 108-109). Der Rückgang der Produktion feuerfester Erzeugnisse von fast 30 % ließ die spezifischen Emissionen 2009 um fast 11 % steigen.

Übersicht 7.2

Maßnahmen zur Energie- und CO₂-Minderung in der Feuerfest-Industrie

2010

Art der Maßnahme

Kompletttausch der Brennertechnik an zwei Herdwagenöfen sowie Austausch der Zündbrenner und Erneuerung der Isolation an einem Herdwagenofen	Einsparung von jährlich rd. 15 % Erdgas
Regelmäßige Wartung der Anlagen und Fahrzeuge	k.A.
Erweiterung der überdachten Lagerflächen, um Rohstofftrocknung gering zu halten	k.A.
Ortsnahe Entsorgung von nicht verwertbarem Feuerfestausbruch zur Minimierung des Transports von Recyclingmaterial	k.A.

Nach Angaben des Verbandes der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V. (2010a).

Der Verband der Feuerfestindustrie erhebt seit 2002 Angaben zu den Überkapazitäten der Mitgliedsunternehmen. Hiernach wurden die Produktionskapazitäten 2009

nur zu rund 64 % ausgelastet, die Überkapazitäten stiegen mit etwa 36 % auf den seit 2003 höchsten Wert (Feuerfest 2010b). Die geringere Auslastung hat – auch wenn dies hier im Einzelnen nicht quantifiziert werden kann – einen deutlichen Beitrag zur Verschlechterung der Energieeffizienz geleistet. 2010 lag die Überkapazität mit 27,5 % bereits niedriger, aber immer noch deutlich über der der Aufschwungjahre 2006 bis 2008.

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 2011a). Insgesamt werden vier Einzelmaßnahmen zur Optimierung der Produktionskette aufgeführt, die Einsparungen im Energieverbrauch hervorgebracht haben (Übersicht 7.2). Allerdings fehlen mit einer Ausnahme Angaben zu den erzielten Einsparserfolgen.

Mit einem Austausch der Brennertechnik an zwei Herdwagenöfen und Reparaturmaßnahmen an einem weiteren Ofen konnten in einem Betrieb 15 % des bisherigen Erdgasverbrauchs eingespart werden. Als weitere Beispiele wurden eine verbesserte Wartung der Anlagen und Fahrzeuge, eine Erweiterung der überdachten Lagerflächen zur Rohstofftrocknung und die ortsnahe Entsorgung von nicht verwertbarem Feuerfestausbruch angeführt.

7.8 Bewertung

Die Feuerfest-Industrie hat ihre spezifischen Emissionen seit 1990 erheblich reduzieren können. 2010 lag der Zielerreichungsgrad bei 100,3 % und damit deutlich über dem Wert von 2009 von rund 82 %. Es gelang ihr nach 2008 zum zweiten Mal die Zielvorgabe für 2012, die spezifischen CO₂-Emissionen um 35 % gegenüber 1990 zu mindern, zu erreichen. (Schaubild 7.3).

Für eine weitere Steigerung des Zielerreichungsgrades durch Substitution kohlenstoffreicher Energieträger gibt es in der Feuerfest-Industrie kaum noch Spielraum. Das kohlenstoffarme Erdgas hatte 2010 bereits einen Anteil von 98 % 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.

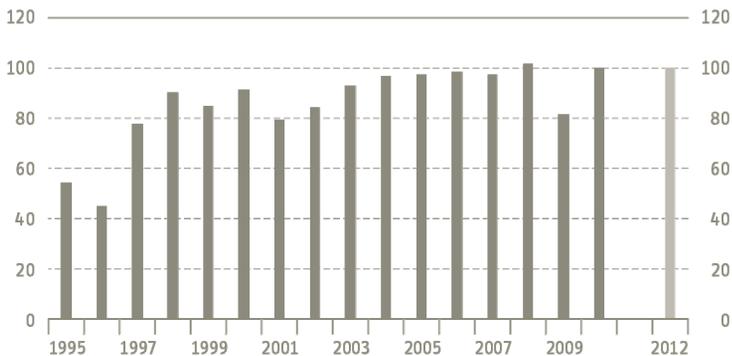
Einen substanziellen Einfluss auf die Zielerreichung hat dabei die Kapazitätsauslastung. Die Feuerfest-Industrie hängt in hohem Maße von der wirtschaftlichen

Die Feuerfest-Industrie

Situation der Eisen- und Stahlindustrie ab. Der Einbruch des Welthandels hat 2009 zu einem deutlichen Produktionsrückgang in der stark exportorientierten Feuerfestindustrie geführt. Allein die Rohstahl-Erzeugung in Europa ist um 30 % gesunken (Feuerfest 2010). Um die sinkende Nachfrage nach feuerfesten Erzeugnissen aufzufangen, wurden einige Anlagen stillgelegt.

Die verringerte Produktion hat trotz Kapazitätsabbau jedoch dazu geführt, dass die kontinuierlich arbeitenden Brennaggregate nicht mehr optimal betrieben werden konnten. Um die verbliebene Produktion sicher zu stellen, mussten die Tunnelöfen mit sogenanntem Blindbesatz gefahren werden (Feuerfest 2009a). Sowohl der spezifische Energieverbrauch als auch die spezifischen Emissionen sind daher 2009 wieder gestiegen.

Schaubild 7.4
Zielerreichungsgrad der Feuerfestindustrie für 2012
1995 bis 2010



Eigene Berechnungen.

Im Jahr 2010 hat sich aufgrund des Wiederanstiegs der Produktion die Auslastung der Öfen deutlich verbessert, wenn auch das Produktionsniveau der Jahre vor der Krise noch nicht wieder erreicht ist (Feuerfest 2011:1). Als Folge sind die spezifischen Emissionen wieder soweit gesunken, dass die Zielvorgabe erreicht werden konnte.

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 2010 rund 578 Mill. € und sie beschäftigte insgesamt 4 583 Personen (Schaubild 8.1). 2010 betrug der Anteil dieser Industrie am Umsatz des gesamten Verarbeitenden Gewerbes lediglich knapp 0,04 %.

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 in der Systematik der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008) unter der Kennziffer 23.31 („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 zum 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

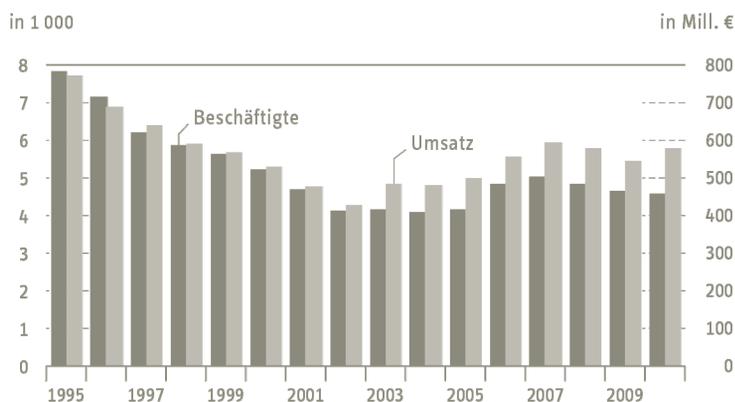
Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

späteren Berechnung des spezifischen Energieverbrauchs mit Hilfe eines durchschnittlichen Fliesengewichts, gemessen in kg/m^2 , in Tonnen umgerechnet.

Schaubild 8.1

Umsatz und Beschäftigung der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

1995 bis 2010



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

2010 gehörten nach Angaben des Statistischen Bundesamtes 28 Betriebsstätten mit 20 und mehr Beschäftigten 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

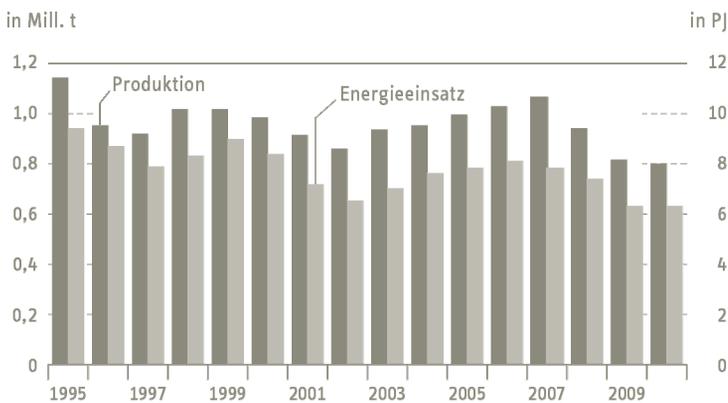
Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten befindet sich seit 1990 tendenziell auf einer Talfahrt (Schaubild 8.2). Wurden im Basisjahr 1990 noch gut 1,24 Mill. t Ware produziert, sank dieser Wert bis 2002 auf 0,86 Mill. t. Nachdem die Produktion bis 2007 wieder um mehr als ein Viertel auf knapp 1,1 Mill. t wuchs, ging sie bis 2010 erneut um gut 25 % auf 0,8 Mill. t zurück. Alles in allem hat diese Industrie seit 1990 einen Produktionsrückgang von über einem Drittel zu verkraften.

Mit dem Schrumpfungsprozess ging ein sinkender Energieverbrauch einher. Der Gesamtverbrauch an Energie verringerte sich von einstmals 12 PJ im Jahr 1990 auf 6,6 PJ im Jahr 2002. Dies entspricht einer Reduktion von mehr als 45 % (Schaubild 8.2). Bis 2007 stieg der Energieverbrauch wieder auf 7,9 PJ. Mit einem Anstieg um 19,7 % wuchs er jedoch deutlich langsamer als die Produktion. Zwischen 2007 und 2009 verringerte sich der Energieeinsatz um 19,8 % auf 6,3 PJ zurück und sank damit schwächer als die Produktion. 2010 nahm er leicht um 0,6 % auf 6,34 PJ zu, während die Produktion weiter um 2,1 % sank. Gegenüber dem Basisjahr konnte der Energieverbrauch um gut 47 % gesenkt werden.

Schaubild 8.2

Produktion und Energieverbrauch der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

1995 bis 2010



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. 2010 lag der Umsatz bei 578 Mill. €. 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. Zwischen 2005 und 2007 hat die Zahl der Beschäftigten wieder zugenommen auf 5 036 Personen. Bis 2010 sank sie dann auf knapp 4 600 Personen.

Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

Mit einer Energieintensität von fast 7,9 GJ/t im Jahr 2010 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 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.⁷ 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 (Löbke et al. 2001: 196-197). Die Ausgangsmaterialien werden zunächst zerkleinert und gemahlen. Bei der Formgebung werden zwei verschiedene Verfahren unterschieden. Im sogenannten *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 (Löbke et al. 2001: 196-197).

Beim Brennen der Rohlinge kommen unterschiedliche Ofentypen zum Einsatz. Dünne keramische Fliesen und Platten werden in Rollenöfen gebrannt, größere

⁷ Neben dem dargestellten sogenannten 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.

Formteile, Spaltplatten und sonstige dickere keramische Fliesen und Platten dagegen häufig in Tunnelöfen oder Kammeröfen hergestellt. 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 (Löbke 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 angestrebt. Bis 2005 verpflichtete 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 ergab sich für 2005 ein Ziel-Korridor von 420 kg bis maximal 442 kg CO₂/t. Der untere Zielwert wurde bis 2005 zu 89 % erreicht. Zudem sollen bis 2012 die spezifischen Emissionen möglichst bis zu 30 % gegenüber 1990, auf nicht mehr als 397 kg CO₂/t reduziert werden.

Übersicht 8.1

Selbstverpflichtung der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

Ziel 2012 Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen möglichst um bis zu 30 % gegenüber 1990 auf maximal 397 kg CO₂/t.

Basisjahr 1990

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

8.5 Bis 2010 erreichte CO₂-Minderungen

Für die spezifischen Emissionen in der Industrie der keramischen Fliesen und Platten lässt sich bis 2007 eine deutlich sinkende Tendenz erkennen (RWI 2009: 117). Zwischen 1990 und 1995 konnte der Klimagasausstoß auf 481 kg CO₂/t zurückgeführt werden (Tabelle 8.1). Nachdem die spezifischen Emissionen in den Jahren 1996 und 1999 auf 534 bzw. 512 kg CO₂/t stiegen (RWI 2005: 116), konnten sie bis 2007 auf 430 kg CO₂/t reduziert werden. Bis 2010 nahm der spezifische CO₂-Ausstoß wieder zu auf 464 kg CO₂/t.

Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

Tabelle 8.1

Spezifische CO₂-Emissionen der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

1990 bis 2010; Ziel bis 2012: -30 %

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Spezifische CO ₂ -Emission (in kg/t)	567	481	494	457	460	451	464
Reduktion (in %)	-	15,2	12,9	19,5	19,0	20,6	18,2
Zielerreichungsgrad für 2012 (in %)	-	50,8	43,0	65,1	63,2	68,8	60,7

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.

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 2009: 1). Da Steinzeug bei höheren Temperaturen gebrannt wird als Steingut, ist diese Entwicklung mit einem steigenden Energiebedarf verbunden.

Tabelle 8.2

Energiemix der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

1990 bis 2010; gerundeter Anteil der Energieträger am Gesamtverbrauch in %

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Leichtes Heizöl	0,5	0,4	0,1	-	-	-	-
Erdgas	71,0	71,0	71,9	71,8	70,8	71,1	69,7
Strom	28,4	28,6	28,1	28,2	29,2	28,9	30,3

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

Die Energieeffizienz insgesamt konnte dagegen weiter gesteigert werden. Bis 2007 sank der spezifische Energieverbrauch auf 7,4 GJ/t, stieg bis 2010 allerdings wieder auf 7,9 GJ/t (RWI 2009:119; Tabelle 8.3). Gegenüber 1990 errechnet sich eine Minderung um 18,4 %. Verbesserungen der Energieeffizienz wurden in der Vergangenheit vor allem durch Kapazitätsanpassungen und die Modernisierung der Produktionsanlagen begünstigt. Geringere Kapazitäten waren daher eine wesentliche Ursache für die Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen.

Tabelle 8.3

Spezifischer Energieverbrauch der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

1990 bis 2010

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Spezifischer Energieverbrauch (in GJ/t)	9,7	8,2	8,5	7,8	7,9	7,7	7,9
Minderung (in %)		15,2	5,7	12,7	19,3	18,9	20,5

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 2010 multipliziert, ergeben sich für 2010 fiktive spezifische CO₂-Emissionen in Höhe von 463 kg CO₂/t. Das Resultat stimmt weitgehend mit dem tatsächlichen Wert für die spezifischen Emissionen überein (Tabelle 8.1). Damit ist die Reduktion des spezifi-

Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

schen CO₂-Ausstoßes bis 2007 in erster Linie auf die Verbesserung der Energieeffizienz zurückzuführen.

8.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die Unternehmen der Branche waren 2010 bestrebt, die Effizienzverluste, die sich aus dem Rückgang der Produktion in Folge der Wirtschaftskrise ergeben haben, durch energetische Maßnahmen möglichst gering zu halten. Allerdings war der Spielraum für entsprechende Investitionen gering. In seinem Fortschrittsbericht für 2010 verweist der Fliesenverband zudem darauf, dass der Trend zu energetisch aufwendigerem Feinsteinzeug sich unverändert weiter verstärkt hat. Um die Energieeffizienz zu steigern, wurden Maßnahmen zur Verbesserung des Energiemanagements, zur Optimierung der Produktkontrolle und zum Ausbau der Wärmerückgewinnung sowie zur Erneuerung von Ofenanlagen durchgeführt (Fliesenverband 2011: 1).

Tabelle 8.4
Ausgewählte Maßnahmen der Industrie der keramischen Fliesen und Platten
2010

Maßnahme	Investitionen (in Tsd. €)	Energie- einsparung	Energie- träger	CO ₂ - Minderung (in t/a)
Ofenumstellung auf Einbrand	3 500	2 000 MW (= 7 200 GJ)	Erdgas	403
drei Mal ein Einsatz neuer Brenner	kA	1 000 MW (= 3 600 GJ)	Erdgas	202
	74	133 MW (= 479 GJ)	Erdgas	27
	33	1 400 MW (= 5 040 GJ)	Erdgas	282
Betriebsoptimierung Entstaubungsanlage	kA	20 MW (= 209 GJ)	Strom	13
Betriebsoptimierung Trockner	kA	700 MW (= 7 304 GJ)	Strom	469
Wärmerückgewinnung installiert	120	1 000 MW (= 3 600 GJ)	Erdgas	202
Wärmerückgewinnung installiert	160	4 000 MW (= 14 400 GJ)	Erdgas	806
Optimierung Betriebsablauf	kA	5 000 MW (= 52 170 GJ)	Strom	3 350

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

(Fliesenverband 2011)

Beispielhaft werden im Fortschrittsbericht neun Maßnahmen zur Energieeinsparung aufgeführt. Die höchsten Investitionen entfielen 2010 auf eine Ofenumstellung auf Einbrand sowie auf Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung. Für fünf dieser Maßnahmen wurde ein Investitionsvolumen von insgesamt rund 3,9 Mill. € ausgewiesen, für die vier anderen wurden keine Angaben gemacht. In Tabelle 8.4 sind diese Maßnahmen wiedergegeben.

Die Höhe der Einsparungen variiert bei den umgesetzten Maßnahmen zwischen 20 MWh durch Betriebsoptimierung einer Entstaubungsanlage über 1 000 MWh durch Abwärmenutzung bis hin zu 5 000 MWh durch Optimierung des Ablaufs eines gesamten Betriebes. Insgesamt konnten 2010 durch diese neun Maßnahmen rund 94 Tj Energie eingespart und gut 5 754 t CO₂ vermieden werden.

Die höchsten Effizienzgewinne sind durch Maßnahmen zur Optimierung der Prozessabläufe zu realisieren. Allerdings werden die Produktionsabläufe stark von der Nachfragesituation geprägt. Ein starker Rückgang der Nachfrage kann die Wirksamkeit solcher Maßnahmen kompensieren. In der Fliesenindustrie wurde versucht, der Verschlechterung der Energieeffizienz aufgrund der wirtschaftlich bedingten schlechteren Ofenauslastung durch zeitweise Stilllegung von Anlagen entgegenzuwirken (Fliesenverband 2010: 2).

8.8 Bewertung

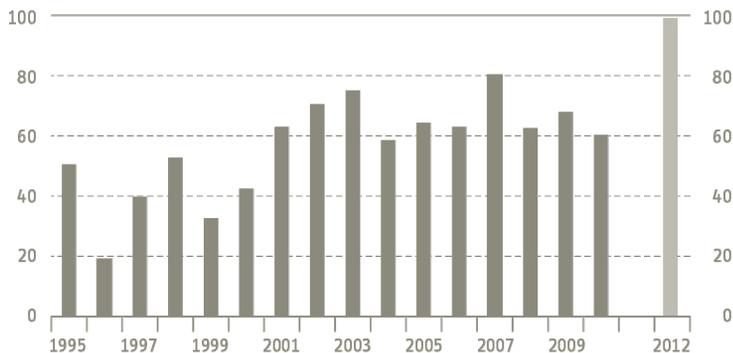
Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten avisiert in ihrer aktuell gültigen Selbstverpflichtungserklärung eine Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 „möglichst in der Nähe von 30 %“ (Fliesenverband 2000) gegenüber 1990. Mit den bis 2007 realisierten Minderungserfolgen konnte bereits ein Zielerreichungsgrad von 81 % erzielt werden (Schaubild 8.4). Die Auswirkungen der wirtschaftlichen Entwicklung in den Jahren 2009 und 2010 haben die Zielerreichung wieder auf rund 61 % sinken lassen.

Die zukünftige Entwicklung im Hinblick auf das für 2012 angestrebte Minderungsziel ist mit gewissen Unsicherheiten behaftet. 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.

Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

Schaubild 8.4

Zielerreichungsgrad der Industrie der keramischen Fliesen und Platten für 2012
1995 bis 2010; in %



Eigene Berechnungen.

Die Brennofenausstattung ist laut Verband auf dem aktuellen Stand der Technik. Nennenswerte Effizienzsteigerungspotenziale sind demnach durch Modernisierungsmaßnahmen derzeit nicht 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 Energiepreise 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 Gewerberaums 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 und 2010: 2). Diese Marktsituation trägt zur schlechten Auslastung der Produktionskapazitäten bei; diese mündet wiederum zwangsweise in erhöhte spezifische CO₂-Emissionen.

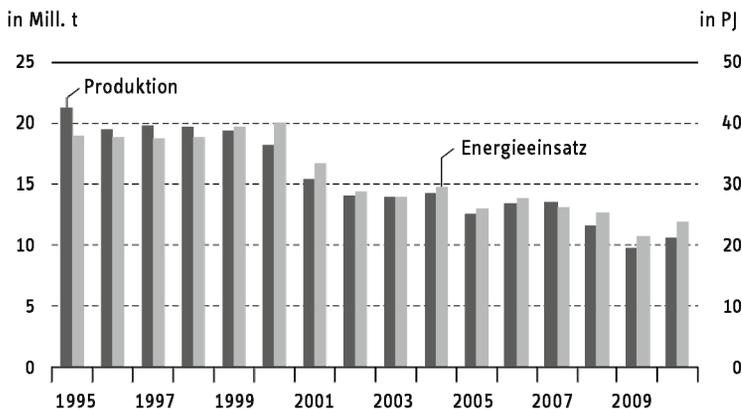
Inwiefern die Industrie das für 2012 formulierte Ziel in den nächsten Jahren erreichen kann, lässt sich somit aus heutiger Sicht schwer abschätzen. Nennenswerte Einsparpotenziale lassen sich wohl nur noch über eine verbesserte Auslastung der Brennöfen realisieren. Konjunkturelle Impulse seitens der Bauindustrie 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, der durch die 2008 einsetzende Finanz- und Wirtschaftskrise noch verstärkt wurde. Die Produktion der Ziegelindustrie konnte in den Jahren von 1995 bis 1999 auf einem relativ stabilen Niveau von 20 Mill. t gehalten werden. Bedingt durch die konjunkturelle Abhängigkeit von der Bauwirtschaft sank die Produktionsmenge danach jedoch deutlich, von 19,4 Mill. t im Jahr 1999 auf etwa 10,6 Mill. t gebrannter Ziegel im Jahr 2010 (Schaubild 9.1). Dies entspricht einem Rückgang von fast 50 %.

Schaubild 9.1
Produktion und Energieverbrauch in der Ziegelindustrie

1995 bis 2010



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 Berichts 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 in der Systematik der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008, unter der Position 23.32 „Herstellung von Ziegeln und sonstiger Baukeramik“ geführt (StaBuA 2008).

Die Ziegelindustrie

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. Für die Jahre 2003 und 2004 wurden die amtlichen Daten zum Energieverbrauch um Angaben des Bundesverbandes der Ziegelindustrie ergänzt. Seit 2005 beruhen die im Monitoring verwendeten Daten auf den Ergebnissen einer Erhebung des Bundesverbandes bei allen Mitgliedern und Nichtmitgliedern in Deutschland. Die Rücklaufquote für die Erhebung lag nach Angaben des Verbandes bei 95 %. 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 2011). Die Zahl der Betriebe, der Beschäftigten und die Höhe des Umsatzes wird wegen der Umstellung des Berichtskreises auf Betriebe mit 50 und mehr Beschäftigten seit 2007 ebenfalls nicht mehr der Fachserie 4, Reihe 4.1.1 entnommen, sondern dem Jahresbericht für Betriebe des Statistischen Bundesamtes (StaBuA/JB).

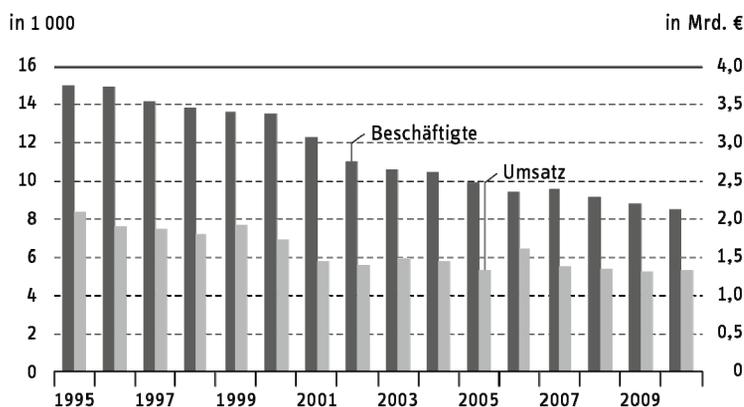
Die amtliche Statistik weist die Herstellung von Mauerziegeln in Kubikmetern und von Dachziegeln in Stückzahlen aus. Der Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie ermittelt daraus anhand von Erfahrungswerten Produktionswerte in Tonnen. Dazu wird ein Durchschnittsgewicht von 1 300 kg/m³ Mauerziegel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

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 rund 45 % zwischen 1999 und 2010 ging eine vergleichbare Reduktion des Energieverbrauchs um etwa 40,0 % einher. Laut Statistischem Bundesamt erzielte der Industriezweig 2010 mit 8 478 Beschäftigten in 120 Betrieben einen Umsatz von rund 1,3 Mrd. € (Schaubild 9.2). Der seit 2000 anhaltende Rückgang der Beschäftigung setzte sich auch 2010 fort. Mit lediglich 0,2 % aller Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe und einem Umsatzanteil von 0,1 % im Jahr 2010 handelt es sich bei der Ziegelindustrie um einen vergleichsweise kleinen Industriebereich. Demgegenüber stellt sie sich mit einem Anteil am Gesamtenergieverbrauch in Höhe von 0,7 % als relativ energieintensiv dar.

Schaubild 9.2
Beschäftigte und Umsatz in der Ziegelindustrie

1995 bis 2010



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1 und Jahresbericht für Betriebe.

Zieht man das Verhältnis von Energieeinsatz und Umsatz als Indikator für Energieintensität heran, so ist die Ziegelindustrie mit 18,0 MJ/€ im Jahr 2010 zu den energieintensiven Sektoren zu zählen. Lediglich die ebenfalls zur Baustoffbranche zählenden Sektoren 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. Bezogen auf das Gewicht der gebrannten Ware, hatten Dachziegel nach Angaben des Verbandes 2010 einen Anteil von 20,4 % an der gesamten Produktion, Mauerziegel entsprechend einen Anteil von 79,6 %. 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 Ziegelindustrie

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 Tunnelöfen 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 Tunnelöfen 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 im Dezember 2000 bereit erklärt, ihre spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 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 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 2010 erreichte Minderungen

Der spezifische Energieverbrauch der Ziegelindustrie unterlag in der Vergangenheit erheblichen Schwankungen. Zwischen 1990 und 1995 gelang es, den spezifi-

schen Verbrauch um fast 22 % auf rund 1,8 GJ/t zu senken (Tabelle 9.1). Nachdem er bis 2000 wieder auf etwa 2,2 GJ/t stieg, konnte der spezifische Energieverbrauch bis 2007 auf rund 1,9 GJ/t reduziert werden (RWI 2009: 127). Seitdem ist jedoch ein erneuter Anstieg zu verzeichnen, 2010 wurde mit 2,2 GJ/t wieder das Niveau von 1990 erreicht.

Tabelle 9.1
Spezifischer Energieeinsatz der Ziegelindustrie
 1990 bis 2010

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Spez. Verbrauch, kJ/kg	2 274	1 776	2 208	2 078	2 205	2 211	2 243
Minderung in %	-	21,9	2,9	8,6	3,1	2,8	1,3

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 131 kg CO₂/t noch gut 14 % unter dem Wert von 1990. Bis 2007 sanken die spezifischen Emissionen auf 116 kg CO₂/t (RWI 2009: 127). Bis 2010 stiegen sie jedoch wieder um mehr als 14 % auf 133 kg CO₂/t. Damit konnte die Minderung des spezifischen CO₂-Ausstoßes seit 2000 nicht weiter fortgesetzt werden. Die Ziegelindustrie hat sich auch 2010 weiter von ihrem unteren Minderungsziel für 2012 entfernt und es noch nicht einmal zur Hälfte erreicht.

Tabelle 9.2
CO₂-Emissionen und Zielerreichungsgrad der Ziegelindustrie
 1990 bis 2009; Ziel bis 2012: Minderung der spezifischen Emissionen auf 106 bis 109 kg CO₂/t

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Abs. Emissionen, 1000 t	2 407	2 304	2 370	1 541	1 504	1 279	1 408
Spez. Emissionen, kg CO ₂ /t	152	108	130	123	131	132	133
Minderung in %	-	28,9	14,4	19,1	14,1	13,5	12,5
Zielerreichungsgrad in %		103,2	51,4	68,4	50,3	48,2	44,6

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

Die Ziegelindustrie

9.6 Ursachenanalyse

Die offenkundigste Ursache für die Abnahme des absoluten Energieverbrauchs um ca. 40,0 % zwischen 1999 und 2010 ist im anhaltenden Produktionsrückgang der Ziegelindustrie zu sehen. Die Produktion sank in diesem Zeitraum um etwa 45 %. 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.

Die Auswertung der Energieverbrauchsdaten für die Ziegelindustrie ergibt bis 1995 den größten Rückgang des spezifischen Verbrauchs. Seitdem weist dieser wieder einen steigenden Trend auf. Der Verband wies in diesem Zusammenhang in seinen Fortschrittsberichten für 2008 und 2009 darauf hin, dass Auslastungsprobleme in besonderem Maße zu einem erhöhten spezifischen Energieverbrauch geführt haben (Ziegel 2009: 2 und 2010: 2). Für 2010 wird darauf hingewiesen, dass der Auslastungsgrad wieder zugenommen hat (Ziegel 2011: 1). Wie Tabelle 9.1 zeigt, ist der spezifische Verbrauch dennoch erneut gestiegen.

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 wurde in den letzten Jahren verstärkt auf Kundenwünsche eingegangen. Die Folge sind geringere Stückzahlen und höhere Rüstzeiten, die mit einem höheren spezifischen Energieverbrauch einhergehen.

Tabelle 9.3
Mauer- und Dachziegelproduktion der Ziegelindustrie

1995 bis 2010; in Mill. Tonnen

	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Mauerziegel	18,8	15,3	10,1	9,3	7,8	8,4
Dachziegel	2,5	2,9	2,5	2,2	1,9	2,1
Ziegel insgesamt	21,3	18,2	12,5	11,5	9,7	10,6
Mauerziegel in %	88,4	84,1	80,4	80,6	80,4	79,6

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

Ferner ist bis 2005 eine Verschiebung der Nachfrage von Mauerziegeln zu Dachziegeln zu erkennen (Tabelle 9.3). 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 sogenannten H-Kassetten gebrannt. Hierbei muss erheblich mehr Masse an Trägermaterial aufgeheizt werden als bei den traditionell verwendeten U-Kassetten. Durch den Einsatz von H-Kassetten erhöhte sich der spezifische Energieeinsatz von 2 400 bis 3 000 kJ/kg auf 2 800 bis 3 500 kJ/kg (Ziegel 2008: 2-3).

Tabelle 9.4
Veränderungen des Energiemix der Ziegelindustrie

1990 bis 2010; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Steinkohle	0,3	0,2	-	0,0	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
Petrolkoks	-	-	-	0,0	0,1	0,2	0,1
Schweres Heizöl	2,7	1,9	1,2	0,7	0,6	0,6	0,5
Leichtes Heizöl	2,0	2,9	0,9	0,2	0,2	0,3	0,3
Erdgas	17,7	22,9	28,4	18,4	17,4	14,6	16,5
Flüssiggas	-	-	-	-	0,5	0,4	0,2
Kokereigas	0,3	0,5	0,2	-	-	-	-
Brennstoffe insgesamt	28,4	28,8	30,7	19,6	18,9	16,1	17,6
Nettofremdstrombezug	7,6	9,0	9,4	6,4	6,5	5,4	6,2
Energiebedarf insgesamt	36,0	37,8	40,1	26,0	25,4	21,5	23,8

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

Im Vergleich zu 1990 ist der spezifische Energiebedarf bis 2010 nur um etwa 1,3 % gesunken (Tabelle 9.1). Der Wert für die spezifischen CO₂-Emissionen lag dagegen 12,7 % unter dem Niveau von 1990 (Tabelle 9.2). Der Grund für diesen Unterschied ist im zunehmenden Verzicht kohlenstoffreicher zugunsten kohlenstoffarmer Energieträger zu sehen. 1990 wurden noch etwa 16 % der Energie aus der Verfeuerung

Die Ziegelindustrie

von Braun- und Steinkohle gewonnen. 2010 waren diese Energieträger nahezu gänzlich aus dem Energiemix verschwunden (Tabelle 9.4). Dafür stieg die Bedeutung von Erdgas und elektrischer Energie. Während 1990 knapp die Hälfte der Energie aus Erdgas bezogen wurde, betrug der Anteil 2010 bereits mehr als 69 %. Der Stromanteil am Energieverbrauch stieg als Folge der verstärkten Aufbereitung der Rohstoffe und dem Einsatz von Abgasreinigungsanlagen zwischen 1990 und 2010 von 21 % auf 25,9 %.

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 2010 auf 59,2 kg CO₂/GJ reduziert werden. Die Minderung beträgt demnach 7,7 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 2010 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 konkrete Höhe zum Teil keine Angaben gemacht wurden. Tabelle 9.5 gibt eine Auswahl der insgesamt 17 aufgeführten Maßnahmen wieder. 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.

Neben den größeren Investitionsprojekten wurden laufend technische Maßnahmen an bestehenden Anlagen ergriffen, um den Energieverbrauch zu verringern. Hierzu zählen beispielsweise die Beseitigung von Undichtigkeiten an Trocknern und Öfen, die Isolierung von Rohrleitungen, die Verbesserung strömungstechnischer Bedingungen und damit des Wärmeübergangs in Trocknern und Öfen sowie Optimierungsmaßnahmen bei der Wärmerückgewinnung und der Steuerungstechnik. 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 Energie-

einsparungen ließen sich durch Wochenendabsenkungen von Trockenlüftern sowie durch die Einführung bzw. den Ausbau bestehender Energiemanagementsysteme erzielen. Nach Angaben des Verbandes konnten durch organisatorische Anpassungen Einsparungen von bis zu 20 % erreicht werden (Ziegel 2011: 2).

Tabelle 9.5
Energieeinsparmaßnahmen und deren Ergebnisse aus einzelnen Ziegelwerken (Auswahl)

2010

Maßnahmen aus einzelnen Ziegelwerken	Energieeinsparung
Installation einer Brennerluftvorwärmung	Erdgaseinsparung ca. 1 750 MWh
Austausch der Verpackungsanlage. Schrumpffolie ersetzt durch Stechfolie; das Einschumpfen durch Hitze entfällt.	Erdgaseinsparung ca. 3 500 kWh / Jahr
Durch Abkühlung der Rauchgase im sogenannten Eco von 200-240 °C auf 110 °C werden 1 200 kW Wärme zurückgewonnen. 700 kW werden zur Rauchgasreinigung benötigt, von den bisher verworfenen 500 kW können derzeit ca. 200-250 kW durch Einspeisung in einen 20 000 l Wärmespeicher (90 °C) genutzt werden. An der weiteren Optimierung wird gearbeitet.	Erdgaseinsparung ca. 1 100 MWh / Jahr
Austausch des Kassettenparks gegen Leichtkassetten	Einsparung ca. 900 MWh / Jahr
Optimierung von Beleuchtungsanlagen	Stromeinsparung ca. 13 MWh / Jahr
Einbau von Frequenzumrichtern an 66 Lüftermotoren	Stromeinsparung ca. 200 MWh / Jahr

Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie (Ziegel 2011).

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, die Lehrgänge der Ziegeltechnik für Meister und Fachleute an der FH Koblenz sowie Seminare des Instituts für Ziegelforschung (IZF) in Essen (Ziegel 2011: 2).

9.8 Zusammenfassung und Bewertung

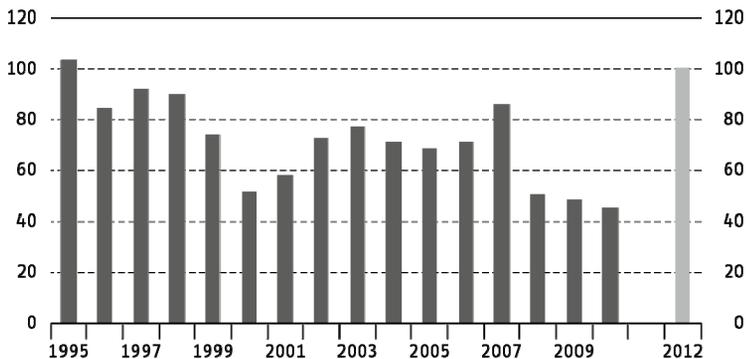
Die Ziegelindustrie avisiert in ihrer aktuell gültigen Selbstverpflichtungserklärung eine Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen von 1990 bis 2012 zwischen 28 und 30 % auf maximal 109 kg CO₂/t.

Die Ziegelindustrie

Nachdem die Zielmarke bereits 1995 erstmals erreicht werden konnte, ging der Zielerreichungsgrad bis 2000 jedoch wieder zurück (Schaubild 9.3). Nach einer erneuten Steigerung auf fast 86 % bis 2007 sank der Zielerreichungsgrad 2008 wieder auf 50,3 %. Hier spiegelt sich der deutliche Produktionsrückgang wider, dessen Auswirkungen 2009 alle Maßnahmen zur Reduzierung der spezifischen CO₂-Emissionen überlagert haben. Die schlechtere Auslastung konnte selbst durch Abschaltung von Öfen nur unzureichend kompensiert werden. Das erneute Anfahren der Öfen führte zu einem steigenden spezifischen Energieverbrauch (Ziegel 2010: 2). Trotz gestiegener Produktion dürfte die schlechte Anlagenauslastung dazu geführt haben, dass die spezifischen Emissionen 2010 erneut gestiegen sind und der Zielerreichungsgrad auf rund 45 % sank.

Schaubild 9.3
Zielerreichungsgrade der Ziegelindustrie für die Senkung der spezifischen CO₂-Emissionen

1995 bis 2010; in %



Eigene Berechnungen.

Generell gibt es verschiedene Ursachen, die der Ziegelindustrie Probleme bereiten, das gesteckte Ziel für 2012 zu erreichen: Ganz wesentlich ist dabei die seit Jahren rückläufige Baukonjunktur. Die geringe Fertigstellungszahl beim Wohn- und Gewerberaum führt zu einer generell sinkenden Nachfrage nach Mauer- bzw. Dachziegeln und folglich zu einer schlechteren Auslastung der Produktionskapazitäten mit entsprechend steigenden spezifischen Energieverbräuchen und CO₂-Emissionen. 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, also Dachziegel und

Backsteine, die für die Fassade verwendet werden, wird verstärkt auf Kundenwünsche eingegangen. Die Folge sind geringere Stückzahlen, die mit einem höheren spezifischen Energieverbrauch und höheren spezifischen Emissionen einhergehen.

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 2010 bereits rund 94 % 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 wieder 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.

Die Zementindustrie

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 34,1 Mill. t an (VDZ 2008). Dieser Trend setzte sich auch im Jahr 2008 mit einem Anstieg der Produktion auf etwa 34,7 Mill. t fort. Im Jahr 2009 fiel die Produktion in erheblichem Umfang ab und betrug etwa 31 Mill. t. 2010 blieb sie mit 30,6 Mill. t in etwa auf diesem Niveau.

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). Daten zum Energieverbrauch gibt es 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. 23-51, 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 stellen zum Beispiel auch Kalk her und benötigen dafür andere Energieträger, die zwar vom Statistischen Bundesamt, nicht aber bei den Erhebungen des VDZ erfasst werden.

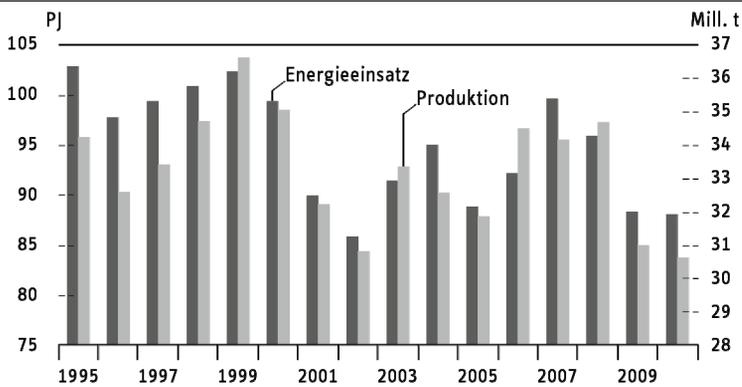
Zu der Branche zählten nach Angaben des Verbandes Ende 2009 insgesamt 22 Unternehmen mit zusammen 19 Mahlwerken und 35 Werken mit Klinkererzeugung. Damit hat sich seit Ende 2003 die Zahl der Mahlwerke um eins, die der Werke zur Klinkererzeugung um sieben reduziert (VDZ 2005:6, VDZ 2010:4). An der aktuellen Umfrage des VDZ haben sich alle 35 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.

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). so wurde 2008 ein Produktionsniveau von 34,7 Mill. t erreicht. Die Zementherstellung fiel bedingt durch die Wirtschaftskrise im Jahr 2009 um etwa 3,7 Mill. t bzw. 10,6 % auf knapp 31,0 Mill. t. 2010 zeichnete sich noch keine Erholung ab. Die Produktion entsprach in etwa der des Vorjahres.

Schaubild 10.1
Produktion und Energieeinsatz der Zementindustrie

1995 bis 2010



Nach Angaben des VDZ im Rahmen des Monitoring.

Die Zementindustrie

Parallel zum Rückgang der Produktion zwischen 1999 und 2002 in Höhe von 10 % reduzierte sich der thermische Energieverbrauch in diesen Jahren deutlich stärker ausgeprägt um 16,5 %, von 102,8 PJ auf 85,8 PJ (Schaubild 10.1). Zwischen 2002 und 2008 stieg die Produktion um 12,6 %, der Energieverbrauch nahm um 11,8 % in nahezu gleichem Umfang zu. 2009 war in Folge der Finanzkrise die Produktion (-10,6 %) stark rückläufig; der Energieeinsatz sank dagegen weitaus schwächer (-7,9 %). 2010 nahm die Produktion noch einmal leicht um 1,3 % ab bei einer Verringerung des Energieeinsatzes um nur 0,2 %.

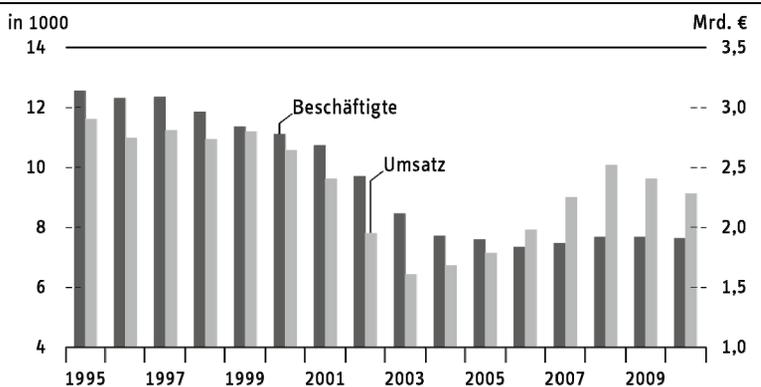
Die Energieverbrauchswerte beinhalten dabei sowohl den Einsatz fossiler Brennstoffe als auch die Sekundärbrennstoffe. Der Anteil der Sekundärbrennstoffe am gesamten Brennstoffeinsatz, der bereits zwischen 1995 und 2000 kontinuierlich von 10,7 % auf 25,7 % erhöht wurde, konnte bis 2010 noch einmal gesteigert werden, auf 61 % bzw. 53,7 PJ (Tabelle 10.7).

Der absolute Energieverbrauch der Zementindustrie ist deutlich geringer als bei der Chemischen Industrie, der Eisenschaffenden Industrie und der Papierindustrie. Sie zählt jedoch zu den energieintensiven Sektoren im Verarbeitenden Gewerbe, da in kaum einer Branche des Verarbeitenden Gewerbes die Energieintensität – gemessen durch das Verhältnis von Verbrauch und Umsatz höher ist. Verglichen mit dem Verarbeitenden Gewerbe insgesamt wies die Zementindustrie 2010 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 2008 zu einem Umsatzanstieg auf etwa 2,3 Mrd. €. Im Jahr 2009 sank der Umsatz krisenbedingt um 5,4 % von 2,3 auf 2,2 Mrd. € ab. 2010 ging er um weitere 5,3 % auf 2,3 Mill. t zurück.

Auf den Absatzzrückgang 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 7 700 im Jahr 2010 (Schaubild 10.2).

Schaubild 10.2
Beschäftigte und Umsatz in der Zementindustrie
 1995 bis 2010



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

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 %. Portlandzement[⊕] 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*

[⊕] 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 „Portlandcement“ (Holcim 2004: 4).

Die Zementindustrie

von etwa 1 400 bis 1 450 Grad Celsius aufgeheizt (VIK 1998: 40). Dieser Prozess wird als *Sinterung* bezeichnet (Lohmann 1999: 25).

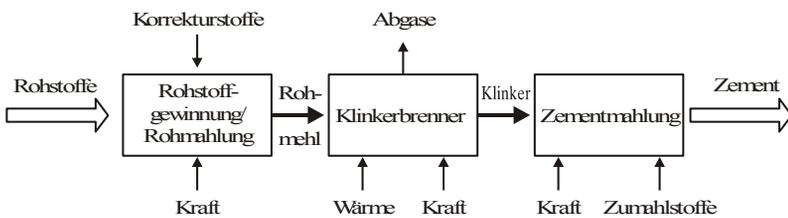
Bereits während der Aufheizung bis zur Sintertemperatur zersetzt sich das Calciumcarbonat (CaCO_3) zu Calciumoxid (CaO) und Kohlendioxid (CO_2). Diesen chemischen Prozess der thermischen Dissoziation von Calcit nennt man *Entsäuern* des Kalksteins. Bei noch höheren Temperaturen entsteht aus Calciumoxid (CaO) die Verbindung Tricalciumsilicat (Alit), eine Substanz, die entscheidend zum Erhärtungsverhalten 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 spezifischen CO_2 -Emissionen hängen von der Rohstoffrezeptur ab, verändern sich jedoch nur in geringem Maße. Im Jahr 2010 betrug diese etwa 0,398 t CO_2 /t. 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 circa 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

Die Zementindustrie

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 Sintertertemperatur 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 2010 gar auf 66,2 %. 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 2010 erreichte CO₂-Minderungen

Der energiebedingte spezifische CO₂-Ausstoß betrug 2010 rund 178 kg CO₂ pro Tonne Zement und entsprach dem Wert des Jahres 2009. Er war damit um rund 49 % 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 (RWI 2005: 141). 2010 ist dieses Ziel um mehr als 76 % übertroffen worden (Tabelle 10.1).

Tabelle 10.1
Energiebedingte spezifische CO₂-Emissionen in der Zementindustrie

1990 bis 2010; Minderungsziel bis 2012: 253 kg CO₂ /t Zement bzw. -28 %

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Emissionen in kg CO ₂ /t	352	325	263	200	183	178	178
Minderung in %	-	7,7	25,3	43,2	48,0	49,4	49,4
Zielerreichungsgrad in %	-	27,5	90,4	154,2	167,6	176,4	176,4

Nach Angaben des VDZ (2011). – 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 RWI 2005:142).

Die CO₂-Emissionen durch den Einsatz fossiler Brennstoffe und Strom lagen im Basisjahr 1990 bei rund 12 Mill. t (Tabelle 10.3). 2010 betrug diese gut 5,4 Mill. t, womit die Einsparung gegenüber 1990 bereits rund 6,6 Mill. t betrug und damit noch einmal um etwa 0,1 Mill. t niedriger war als 2009. Die CO₂-Emissionen inklusive des rohstoffbedingten Anteils betrug 1990 rund 27,4 Mill. t. Im Jahr 2010 lagen

Die Zementindustrie

sie mit 17,6 Mill. t um rund 9,8 Mill. t oder 35,8 % niedriger als 1990. Gegenüber 2009 bedeutete dies eine weitere Einsparung um 0,2 Mill. t.

Tabelle 10.2
Rohstoff- und energiebedingte* spezifische CO₂-Emissionen der Zementindustrie
1990 bis 2010; Minderungsziel bis 2012: 674 kg CO₂/t Zement bzw. -16 %

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Spezifische Emissionen in kg CO ₂ /t	802	776	694	606	571	575	575
Minderung in %	-	3,2	15,6	24,4	28,8	28,3	28,3

*Nach Angaben des VDZ (2011). - *Ohne Sekundärbrennstoffe.*

Die energiebedingten CO₂-Emissionen wurden deutlich von den rohstoffbedingten Emissionen übertroffen: Diese lagen 1990 bei etwa 15,4 Mill. t, was 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. 2010 hatten die rohstoffbedingten CO₂-Emissionen mit 69,3 % oder 12,2 Mill. t einen bedeutend höheren Anteil an der gesamten Emissionsmenge.

Tabelle 10.3
CO₂-Emissionen und Produktion der Zementindustrie
1990 bis 2010; in Mill. t

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Energiebedingte Emissionen	12,0	11,1	9,2	6,4	6,4	5,5	5,4
Minderung in %	-	7,5	23,3	47,1	48,0	54,2	55,0
Energie- und rohstoffbedingte Emissionen	27,4	26,5	24,3	19,3	19,8	17,8	17,6
Minderung in %	-	3,3	11,3	29,7	27,7	35,0	35,8
Produktion	34,2	34,2	35,0	31,8	34,7	31,0	30,6
Veränderung geg. 1990 in %	-	0,0	2,3	-7,0	1,5	-9,4	-10,5

Nach Angaben des VDZ (2011).

10.6 Ursachenanalyse

Die wesentlichen Gründe für die Senkung des Energieverbrauchs und damit der CO₂-Emissionen der Zementindustrie sind in 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 wider. Die Minderung des Brennstoffverbrauchs betrug zwischen 1990 und 2010 ca. 19,6 %. Einen großen Beitrag hierzu leistete die Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs, welcher sich im selben Zeitraum um 10,1 % reduzierte.

Tabelle 10.4
Spezifischer und absoluter thermischer Energieverbrauch der Zementindustrie
1990 bis 2010

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Spez. Verbrauch in kJ/kg Zement	3 200	3 000	2 835	2 785	2 764	2 848	2 876
Minderung in %	-	6,3	11,4	13,0	13,6	11,0	10,1
Verbrauch in PJ	109,5	102,8	99,3	88,7	95,8	88,2	88,0
Minderung in %	-	6,1	9,3	18,9	12,4	19,5	19,6

Nach Angaben des VDZ (2011).

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 2009 mit 14,2 %, während die Produktion im gleichen Zeitraum mit etwa 9,3 % deutlich weniger stark abfiel. Der Rückgang des Verbrauchs an elektrischer Energie ging im Wesentlichen einher mit der Verbesserung des spezifischen Stromverbrauchs. Dieser sank um 5,2 % (Tabelle 10.5). 2010 hingegen stieg der Stromverbrauch gegenüber dem Vorjahr um 7,0 %. Der spezifische Stromverbrauch erhöhte sich um 7,9 %. Der Verband führt mehrere Gründe als Ursache für die aktuelle Entwicklung an. So dürfte seiner Ansicht nach die verstärkte Nachfrage nach leistungsfähigeren Zementen mit feinerer Aufmahlung zum Anstieg beigetragen haben. Ebenso führt er an, dass erforderliche Umweltschutzmaßnahmen mit einem erhöhten Stromverbrauch verbunden sind. Zudem sei der Einsatz an schwerer mahlbarem Hüttensand als Zementzusatzmahlstoff gegenüber dem Vorjahr wieder angestiegen. Dieser war in

Die Zementindustrie

den Vorjahren aufgrund der starken Betroffenheit der Stahlindustrie durch die Wirtschaftskrise nur sehr begrenzt verfügbar (VDZ 2011:1).

Tabelle 10.5
Spezifischer und absoluter Verbrauch an elektrischer Energie
1990 bis 2010; gerundete Werte

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
2008	3,43	-6,5	99,0	-7,8
2009	3,15	-14,2	101,8	-5,2
2010	3,37	-8,2	109,8	2,2

Nach Angaben des VDZ (2011).

Der Rückgang des spezifischen thermischen Energieverbrauchs ist im Wesentlichen auf zwei Faktoren zurückzuführen. Dies sind zum einen Effizienzverbesserungen in der Produktion und zum anderen die erhöhte Produktion 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 2000 ist der Anteil der Zementsorten mit mehreren Bestandteilen von 23,2 % auf 38,2 % deutlich gestiegen (Tabelle 10.6). Bis 2010 setzte sich der Anstieg auf etwa 66,2 % 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 10,1 % zwischen 1990 und 2010 kann die in Tabelle 10.1 dargestellte Verringerung der *energiebedingten* spezifischen CO₂-Emissionen um 48 % 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 61 % oder 53,7 PJ im Jahr 2010.

Tabelle 10.6
Anteile der Zemente mit mehreren Bestandteilen am Inlandsabsatz
1995 bis 2010; in %

Zementsorte (Zusatzstoffe)	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Portlandhüttenzement (6-35 % Hüttsand)	2,6	15,0	14,7	22,1	12,9	12,7
Portlandkalksteinzement ² (6-20 % Kalkstein)	6,7	6,7	15,5	16,6	23,7	24,3
Hochofenzement (36-80 % Hüttsand)	13,4	14,2	14,4	20,5	17,9	19,8
Portlandpuzzolanement (6-35 % Trass)	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,2
Übrige Zemente	-	0,4	2,5	10,8	11,4	9,2
Insgesamt	23,2	38,2	47,2	70,1	66,0	66,2

Nach Angaben des VDZ (2011).

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 Braunkohlenstaub mit jeweils einem CO₂-Emissionsfaktor von 0,093 Mill. t CO₂/PJ² ersetzt haben. Mit den

² Für Braunkohle verwendet der VDZ (2005: 15) wegen der in der Zementindustrie eingesetzten besseren Brennstoffqualität einen niedrigeren Emissionsfaktor als sonst üblich.

Die Zementindustrie

gegenüber 1990 zusätzlich eingesetzten 45,6 PJ an Sekundärbrennstoffen wären demnach 2010 etwa 4,24 Mill. t CO₂ eingespart worden.

Würde man die eingesparte Menge zu den energiebedingten CO₂-Emissionen des Jahres 2010 in Höhe von 5,4 Mill. t hinzuaddieren, lägen diese bei rund 9,6 Mill. t. Bei einem Output von 30,6 Mill. t Zement im Jahr 2010 hätten die energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen in diesem Falle nicht bei 178 kg CO₂ pro Tonne Zement gelegen, wie in Tabelle 10.1 ausgewiesen, sondern bei rund 315 kg/t, mithin eine Differenz von ca. 137 kg/t. Das heißt, von den gesamten spezifischen Emissionseinsparungen in Höhe von 174 kg CO₂/t Zement gegenüber 1990 entfallen 137 kg CO₂/t oder 78,8 % auf die Verwendung von Sekundärbrennstoffen. Ohne Erhöhung des Sekundärbrennstoffeinsatzes hätte die Zementindustrie zwischen 1990 und 2010 folglich erst eine Reduktion auf 315 kg CO₂/t Zement realisiert. Dies entspräche einem Rückgang der energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen um 10,5 %.

Tabelle 10.7
Brennstoffverbrauch der Zementindustrie
1990 bis 2010; in PJ

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Steinkohlen	47,5	43,1	31,4	8,7	13,9	10,2	9,0
Braunkohlen	45,8	33,4	30,1	29,1	23,1	20,0	20,6
Petrolkoks	0,8	10,0	8,4	4,2	4,9	4,4	3,3
Schweres Heizöl	4,2	3,3	1,9	2,2	0,9	1,1	0,6
Leichtes Heizöl	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3
Erdgas	0,8	1,1	0,7	0,5	0,3	0,1	0,1
Sonstige	2,1	0,6	1,0	0,5	0,4	0,5	0,4
Primärbrennstoffe	101,4	91,8	73,8	45,4	43,7	36,7	34,3
Sekundärbrennstoffe	8,1	11,0	25,5	43,3	52,1	51,5	53,7
Brennstoffverbrauch	109,5	102,8	99,3	88,7	95,8	88,2	88,0

Angaben des VDZ (2011).

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 Sekundärbrennstoffeinsatz. Die Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs geht wiederum zurück auf Effizi-

enzverbesserungen 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 2000 immer unter einem Prozent geblieben ist.

Der Mehreinsatz an Sekundärenergieträgern in Höhe von 45,6 PJ zwischen 1990 und 2010 ist neben der vermehrten Verwendung von Hüttensand 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 2010 nur noch rund 9 PJ respektive 20,6 PJ (Tabelle 10.7).

Der Energiegehalt aller Primärbrennstoffe verringerte sich zwischen 1990 und 2010 um insgesamt 67,1 PJ, von rund 101,4 PJ auf 34,3 PJ, wobei 45,6 PJ durch zusätzliche Sekundärbrennstoffe eingespart werden konnten (Tabelle 10.7). Nur etwa 13,0 % der Einsparungen an Primärbrennstoffen ist folglich auf die anderen Ursachen zurückzuführen.

Fazit: Zu der im Jahr 2010 ermittelten Minderungsrate der energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen von 49,4 % gegenüber 1990 und damit einem Zielerreichungsgrad von 176,4 % hat die Ausweitung des Einsatzes an Sekundärbrennstoffen zu mehr als drei Viertel beigetragen. Die Senkung des spezifischen Brennstoffeinsatzes um 10,1 % zwischen 1990 und 2010 tat das Übrige. Diese Reduktion scheint wiederum fast ausschließlich auf den Ersatz von Zementklinker durch Zusatzstoffe wie Hüttensand 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.

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 176 %.

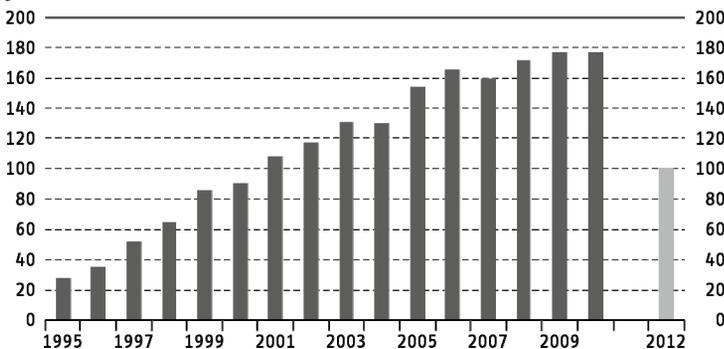
Die Zementindustrie

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 bis auf 61 % im Jahr 2009. „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 2010 auf 66,2 % an. Technische Bedeutung haben hierbei in erster Linie Hüttensand und ungebrannter 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 2010 von 6,7 % auf 24,3 % gesteigert hat (Tabelle 10.6).

Schaubild 10.4
Zielerreichungsgrade in der Zementindustrie

1995 bis 2010; in %



Eigene Berechnungen.

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 gegenüber den Vorjahren nur geringfügig geändert, festzustellen ist seit Ende der 1990er Jahre eher eine leichte Erhöhung (Bild 1, VDZ 2011: 2).

Die Erklärung ist nahe liegend: Nach Angaben des VDZ 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 ab 2006 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).

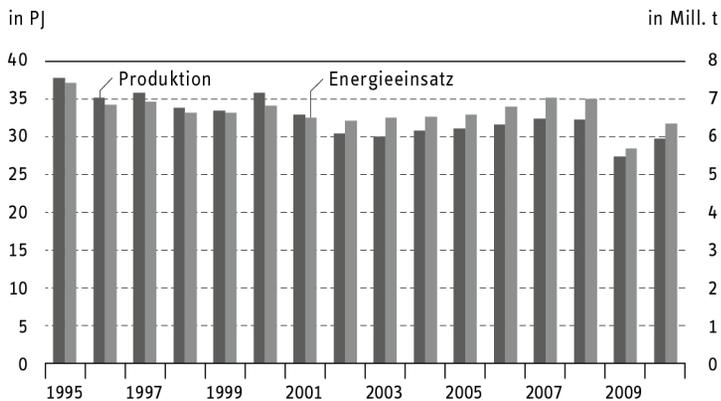
Fazit: Auch für die Zukunft ist keine Umkehr des Trends der Senkung der energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen zu erwarten. Der Spielraum für eine weitere Verringerung scheint begrenzt zu sein. Voraussetzung hierfür sind eine weitere Verbesserung der Marktakzeptanz für Zementprodukte mit mehreren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

Die Kalkindustrie

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 35 % ist die Eisen- und Stahlindustrie nach Angaben des Verbandes der wichtigste Abnehmer von Kalkprodukten. Es folgen der Bausektor mit knapp 30 % und der Umweltsektor mit 20 %. 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 % auf 6,6 Mill. t (Schaubild 11.1). Zwischen 2004 und 2008 stieg sie aufgrund der Erholung der Baunachfrage und der stabilen Stahlkonjunktur wieder um 7,5 % auf 7 Mill. t, um dann infolge der Wirtschaftskrise im Jahr 2009 auf 5,7 Mill. t zu sinken. 2010 stabilisierte sich die Kalkproduktion auf 6,3 Mill. t.

Schaubild 11.1
Produktion und Energieverbrauch der Kalkindustrie
1995 bis 2010



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 verglichen, 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 2010 etwa 6,3 Mill. t Kalk her (Schaubild 11.1). Damit ist die Produktionsmenge gegenüber 2009 um gut 0,6 Mill. t höher ausgefallen. Infolge der gestiegenen Produktion war der Energieverbrauch ebenfalls höher. Betrag dieser im Jahr 2009 27,3 PJ, so lag er im Jahr 2010 bei 29,7 PJ.

Schaubild 11.1 verdeutlicht, dass der Zusammenhang zwischen Produktion und Energieverbrauch, welche in der Vergangenheit gleichgerichtete Schwankungen aufwiesen, sich in den letzten Jahren leicht gelockert hat. Lag der Korrelationskoeffizient beider Größen für 1995 bis 2004 bei ca. 0,91, betrug er für den Zeitraum 1995 bis 2008 0,71 und stieg für den Zeitraum 1995 bis 2010 auf 0,81 an.

Ein Energiekostenanteil von ca. 40 % an den Herstellungskosten pro Tonne Kalk ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Kalkindustrie zu den energieintensiven Industrien zählt (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 2010 bei 35 MJ/€. Zum Vergleich: Die innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes ebenfalls zu den energieintensiven Sektoren gehörende Zementindustrie wies im selben Jahr einen Wert von knapp 39 MJ/€ auf. Der Anteil der Kalkindustrie am gesamten Energieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes fällt mit knapp 1 % dennoch gering aus. Mit 0,03 % ist hingegen der entsprechende Umsatzanteil dieses Sektors noch weitaus geringer.

11.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Das Ausgangsmaterial zur Herstellung von Kalkprodukten wie Stückkalk, Feinkalk oder Kalkhydrat ist Kalkgestein, das hohe Anteile an Calciumcarbonat (CaCO_3 , Kalkstein) enthält. Der Prozess zur Herstellung von Kalkerzeugnissen besteht aus drei Verfahrensschritten. Der erste Schritt umfasst die Exploration, Gewinnung und Aufbereitung des Kalkgesteins. Dieses wird gebrochen und mit Hilfe von

Die Kalkindustrie

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. Ein ähnlicher Prozess läuft auch bei der Herstellung von Zementklinker 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 energieaufwändig.

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 CO_2 -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, stammen, der nicht zu beeinflussen sei (BV-Kalk 2008a; IPCC 2001: 84).

Übersicht 11.1

Selbstverpflichtung der Kalkindustrie

Ziel Verringerung der *brennstoffbedingt* anfallenden spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um bis zu 15 % auf nahezu 384 kg CO₂/t Kalk.

Basisjahr 1990

Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie.

11.5 Bis 2010 erreichte CO₂-Minderungen

Im Jahr 2010 konnten die spezifischen CO₂-Emissionen gegenüber 1990 um 13,5 % bzw. auf 391 kg CO₂/t verringert werden (Tabelle 11.1). Damit wurde das für 2012 in der erweiterten Selbstverpflichtung avisierte Minderungsziel von 15 % zu 90 % erreicht, während dies im Vorjahr nur zu 82,7 % der Fall war. Dieser Anstieg des im Vergleich zu früheren Jahren immer noch niedrigen Zielerreichungsgrads ist auf eine wieder verbesserte Anlagenauslastung nach dem Wirtschaftseinbruch zurückzuführen. Im Jahr 2009 standen einer drastisch gesunkenen gesamten Produktionsmenge eine gleichbleibende Anzahl an nachgefragten Sorten gegenüber, die sich hinsichtlich ihrer Qualität unterscheiden. Dementsprechend konnten nicht einzelne Öfen der Kalkindustrie abgeschaltet werden. Sondern sie liefen mit verminderter Leistung, was wärmespezifisch nicht optimal ist. Dies ging mit einer entsprechenden Erhöhung der spezifischen CO₂-Emissionen einher. Dieser die spezifischen Emissionen steigernde Einfluss fiel 2010 entsprechend geringer aus.

Tabelle 11.1

Brennstoffbedingt anfallende spezifische CO₂-Emissionen der Kalkindustrie

1990 bis 2010; gerundete Werte. Minderungsziel: -15 % sowohl bis 2005 als auch bis 2012

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Emissionen in kg CO ₂ /t	452	398	417	387	387	396	391
Minderung in %	-	11,9	7,7	14,4	14,4	12,4	13,5
Zielerreichungsgrad in %	-	79,3	51,3	95,9	96,0	82,7	90,0

Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie.

Die absoluten CO₂-Emissionen konnten zwischen 1990 und 2010 ebenfalls verringert werden, um rund 0,75 Mill. t bzw. um 23,3 % (Tabelle 11.4). Ihre Reduktionsrate übertraf somit die der spezifischen Emissionen von 13,5 %. Der Rückgang der absoluten Emissionen war aufgrund der wieder anziehenden Produktion weniger stark als im Zeitraum 1990 bis 2009 mit 0,96 Mill. t bzw. 29,8 %.

Die Kalkindustrie

11.6 Ursachenanalyse

Eine Ursache für Veränderungen der absoluten CO₂-Emissionen ist in der Produktionsentwicklung zu sehen. Während zwischen 1990 bis 2001 ein deutlicher Rückgang der Produktion von 7,4 Mill. t auf 6,4 Mill. t beträchtlich zum Sinken der Emissionen beitrug, erfolgte bis 2008 erneut ein Produktionsanstieg auf 7 Mill. t und damit ein Emissionen steigernder Impuls. In Folge der Wirtschaftskrise sank die Produktion im Jahr 2009 um knapp 1,3 Mill. t auf den bisher mit Abstand niedrigsten Produktionswert von 5,7 Mill. t. Im Zuge der wirtschaftlichen Erholung wurde 2010 ein erneuter Anstieg auf 6,3 Mill. t realisiert; ein Niveau, das immer noch nicht ganz das Produktionsniveau der ersten Hälfte des vorigen Jahrzehnts erreichte.

Insgesamt sank die Produktion zwischen 1990 und 2010 um 11,4 %. Wäre 2010 ebenso viel produziert worden wie im Jahr 1990, das heißt gut 0,8 Mill. t mehr, wären bei dem spezifischen CO₂-Emissionswert des Jahres 2010 von 391 kg CO₂/t rund 320 000 t CO₂ mehr ausgestoßen worden, als dies tatsächlich geschehen ist.

Tabelle 11.2
Spezifischer Energieverbrauch der Kalkindustrie

1990 bis 2010; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Verbrauch in GJ/t	5,425	5,094	5,255	4,716	4,595	4,828	4,697
Minderung in %	-	6,1	3,1	13,1	15,3	11,0	13,4

Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie.

Emissionsminderungen wurden daneben vor allem durch die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs erzielt. Dieser konnte in der Kalkindustrie zwischen 1990 und 2010 um 13,4 % auf rund 4,63 GJ/t Kalk verringert werden (Tabelle 11.2). Dabei sank der spezifische Energieverbrauch zwischen 1990 und 2003 um 14,7 % von 5,425 GJ/t auf 4,595 GJ/t; zwischen 2003 und 2008 war der Rückgang mit 0,7 % auf 4,5905 GJ/t nur noch gering. Im Jahr des wirtschaftlichen Einbruchs 2009 stieg der spezifische Verbrauch deutlich an auf 4,828 GJ/t (Tabelle 11.1). Die Ursache für diesen Anstieg ist darin zu sehen, dass die Brennöfen der Kalkindustrie wegen des drastischen Produktionseinbruchs nicht ausgelastet waren und damit wärmespezifisch nicht optimal eingesetzt wurden. Der Produktionsanstieg des Jahres 2010 wurde folglich wieder von einer Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs begleitet, wenn auch die Werte der Jahre 2006 bis 2008 noch nicht wieder erreicht wurden. Daher besteht Grund zur Annahme, dass mit fortschreitender gesamtwirtschaftlicher Erholung der spezifische Verbrauch sich weiterhin leicht verbessert.

Die spezifischen Emissionen sanken zwischen 1990 und 2010 mit 13,5 % in gleichem Umfang wie der spezifische Energieverbrauch (Tabelle 11.1). Damit hat eine Änderung des Energieträgermix gegenüber 1990 nicht zum Rückgang der spezifischen CO₂-Emissionen im Jahr 2010 beigetragen. Dennoch hat zwischen 1990 und 2010 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 umgekehrte Entwicklung konnte jedoch zwischen 1999 und 2010 beobachtet werden. Es wurde verstärkt Braunkohlenstaub und weniger Erdgas eingesetzt. Dies war nicht zuletzt Folge der hohen Energiepreise.

Tabelle 11.3
Veränderungen des Energiemix der Kalkindustrie

1990 bis 2010; gerundete Werte in PJ

	1990	1999	2000	2005	2008	2009	2010
Steinkohle	3,5	1,8	1,6	1,1	3,6	2,7	3,7
Steinkohlenkoks	10,7	7,3	7,1	4,7	2,4	2,0	0,8
Braunkohlenkoks	0,7	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0
Braunkohlenstaub	6,8	5,4	7,9	11,0	14,1	11,5	14,3
Schweres Heizöl	1,5	1,7	1,8	0,9	1,0	0,4	0,1
Leichtes Heizöl	0,4	0,5	0,8	1,3	0,2	0,0	0
Erdgas	11,3	13,6	13,3	9,1	7,7	8,5	8,1
Flüssiggas	0,7	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
Sonstige Brennstoffe	0,3	0,2	0,3	0,2	0,5	0,1	0,3
Brennstoffverbrauch	36,0	31,0	33,2	28,6	29,6	25,3	27,4
Nettorendstrombezug	2,6	2,4	2,5	2,4	2,6	2,0	2,3
Energieverbrauch	38,6	33,4	35,7	31,0	32,2	27,3	29,7

Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie.

Die Kalkindustrie

Zwischen 1990 und 1999 halbierte sich der Steinkohleeinsatz, Braunkohlenkoks wurde kaum mehr verbraucht und der Einsatz an Steinkohlenkoks und Braunkohlenstaub wurde deutlich zurückgefahren. 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 einen maßgeblichen Anteil daran, dass die spezifischen CO₂-Emissionen im selben Zeitraum deutlich um 13,1 % gesenkt werden konnten, während der spezifische Energieverbrauch nur um 7,0 % abnahm.

Zwischen 1999 und 2010 nahm der Einsatz von Erdgas im Vergleich zum gesamten Brennstoffbedarf, der um 3,8 PJ zurückging, mit 5,5 PJ überproportional ab (Tabelle 11.3). Gemessen am gesamten Energieverbrauch sank sein Anteil dabei von 40,4 % auf 27,3 %. Vermutlich infolge deutlich gestiegener Erdgaspreise reduzierte sich damit der Einsatz an Erdgas auf ein Niveau, das weit unter dem von 1990 lag. Mehr als ausgeglichen wurde dies durch den Mehreinsatz an Braunkohlenstaub in Höhe von 8,9 PJ. Dieser deckte 2010 knapp die Hälfte des Energieverbrauchs ab. Steinkohle, Steinkohlen- und Braunkohlenkoks nahmen zusammen um 4,6 PJ ab, Öl um 2,1 PJ.

Tabelle 11.4
Produktion und CO₂-Emissionen der Kalkindustrie

1990 bis 2010; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Produktion (in Mill. t)	7,13	7,41	6,80	6,57	7,01	5,67	6,32
Veränderung (in %)		3,9	-4,6	-7,9	-1,7	-20,5	-11,4
Emissionen (in Mill. t)	3,22	2,95	2,84	2,54	2,71	2,26	2,47
Minderung (in %)	-	8,4	11,8	21,8	15,8	29,8	23,3

Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie.

2009 war der Energiemix bei einem relativ hohen spezifischen Energieverbrauch weniger CO₂-intensiv als 2008. Der Anteil des Erdgases am gesamten Energieeinsatz lag in diesem Jahr bei 23,9 % gegenüber 31,1 % im Jahr zuvor.

2010 verbesserte sich parallel zur wirtschaftlichen Erholung der spezifische Energieverbrauch. Der Energieträgermix wurde wieder CO₂-intensiver. Der Erdgasanteil sank erneut auf 27,3 %.

Insgesamt ist somit festzuhalten, dass die im Jahr 2010 gegenüber 1990 erreichten CO₂-Minderungen sowohl auf den Produktionsrückgang als auch auf die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs zurückgeführt werden können. Der Wandel im Energieträgermix hat keinen Beitrag geleistet.

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 IPCC-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 im Jahr 2010 zusammengestellt, teilweise mit Angaben zur Höhe der Energie- bzw. Energiekosteneinsparung und zur Höhe der dazu erforderlichen Investitionen (BV-Kalk 2011).

So wurde ein Unternehmen angeführt, das durch einen Umbau der Abgasführung in zwei Öfen und den Ausbau des Zyklons in einem Ringschachtofen Energiekosten von 31 000 Euro pro Jahr einspart (Tabelle 11.5). Die hierfür erforderlichen Investitionen betragen etwa 55 000 Euro. Ein anderes Unternehmen optimierte den Betrieb einer neuen Druckluftstation und erhöhte die Filterfläche des Abgasfilters in einem Ofen um 15 %. Es konnte so den Stromverbrauch des Abgasgebläses deutlich vermindern. Ebenso wurde auf dem Werksgelände mit dem Bau einer

Fernwärmeversorgung von einem BHKW zu Werkstätten, Magazin und Betriebsbüro begonnen. Das bedeutet einen um 770 340 kWh geringeren Gas- und Ölverbrauch pro Jahr bei Investitionskosten von 170 000 Euro.

Die Kalkindustrie

Tabelle 11.5
Ausgewählte Maßnahmen der Kalkindustrie zur Energieeinsparung
 2010

Maßnahmen	Energiekosten- einsparung bzw. Energieeinsparung	Investitionen in €
Umbau der Abgasführung in zwei Öfen	19 600 pro Jahr	45 000
Ausbau des Zyklons in einem Ringschachtofen zur Druckverlustminderung	11 400 pro Jahr	10 000
Optimierung des Betriebs der neuen Druckluftstation	Reduktion des Systemdrucks von 6,5 auf 5,7 bar	
Erhöhung der Filterfläche des Abgasfilters in einem Ofen um 15 %	Geringerer Stromverbrauch des Abgasgebläses	7 500
Start des Baus einer Fernwärmeversorgung von einem BHKW auf dem Werksgelände zu allen Gebäuden	770 340 kWh weniger Gas- und Öleinsatz	170 000
durch organisatorische Verbesserungen geringerer Energieverbrauch beim Einsatz der Kalköfen	um 25 kcal/kg BK geringerer Energieverbrauch	
Anschaffung eines neuen Radladers	deutlich geringerer Kraftstoffverbrauch	

Nach Angaben aus dem Fortschrittsbericht des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie (BV-Kalk 2011).

In einem dritten Unternehmen konnte durch organisatorische Verbesserungen der Energieverbrauch der Kalköfen um 25 kcal/kg Kalk gesenkt werden. Darüber hinaus hat eine Reihe von Unternehmen mit der Einführung von Energiemanagementsystemen begonnen. Bei einem wurden die Beratungskosten mit 20 000 Euro angegeben.

Angaben zu Einsparungen an CO₂-Emissionen durch die in den Fortschrittsberichten dokumentierten Einzelmaßnahmen wurden nicht gemacht.

11.8 Zusammenfassung und Bewertung

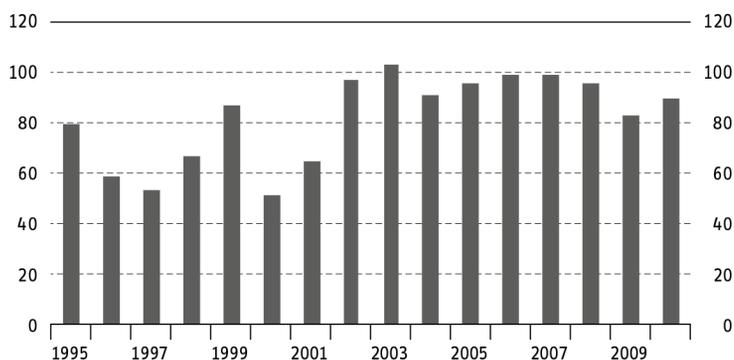
Die Kalkindustrie hat sich in der erweiterten Selbstverpflichtung zum Ziel gesetzt, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um bis zu 15 % gegenüber 1990 zu senken. 2010 konnten die spezifischen CO₂-Emissionen um 13,5 % bzw. auf 391 kg CO₂/t

verringert (Tabelle 11.1) und damit das avisierte Ziel zu 90 % erreicht werden (Schaubild 11.2).

Die im Jahr 2010 gegenüber 1990 erreichten CO₂-Minderungen gingen sowohl auf den starken Produktionsrückgang als auch auf die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs zurück. 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, speziell Braunkohlenstaub, konnte jedoch zwischen 1999 und 2010 beobachtet werden: Damit entsprach der Rückgang der spezifischen CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 2010 mit 13,5 % dem des spezifischen Energieverbrauchs.

Schaubild 11.2
Zielerreichungsgrade für die Kalkindustrie

1995 bis 2010; in %



Eigene Berechnungen.

Mit zunehmender gesamtwirtschaftlicher Erholung und entsprechend besserer Auslastung der Brennöfen der Kalkindustrie dürfte mit einer weiteren leichten Verbesserung des spezifischen Energieverbrauches auf das Niveau der Vorjahre 2003 und 2007 bis 2008 zu rechnen sein. Darüber hinausgehende Steigerungen der Energieeffizienz erscheinen hingegen 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). Das Erreichen

Die Kalkindustrie

der avisierten 15-prozentigen Senkung der spezifischen Emissionen im Jahre 2012 scheint beim jetzigen Niveau des spezifischen Energieverbrauchs vor allem von einem weniger CO₂-intensiven Energieträgermix abhängig zu sein. So war das Jahr 2003, das einen Zielerreichungsgrad von 103 % aufwies, auch gekennzeichnet durch einen relativ hohen Gasanteil und folglich weitaus niedrigeren Kohle- und Ölanteilen als die Jahre 2007 bis 2008.

Aus Sicht der Umwelt ist erfreulich, dass die absoluten jährlichen CO₂-Emissionen der Kalkindustrie zwischen 1990 und 2010 um rund 0,8 Mill. t gesenkt werden konnten (Tabelle 11.4). Auch in der Zukunft ist ein verringerter CO₂-Ausstoß als wahrscheinlich einzustufen. So führen strukturelle Veränderungen in der Eisen- und Stahlindustrie zu einem dauerhaft verringerten Kalkeinsatz.

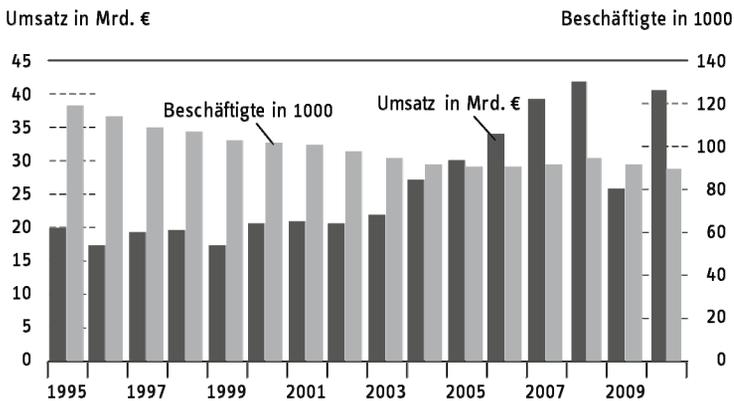
12. Die Eisenschaffende Industrie

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

Die Stahlindustrie erzielte im Jahr 2010 mit 40,7 Mrd. € Umsatz etwa 7,9 Mrd. € bzw. 24 % mehr als im Jahr 2009 ein (Schaubild 12.1). Gleichzeitig stieg die Rohstahlproduktion von etwa 32,7 Mill. t auf 43,8 Mill. t an. Die Beschäftigung hingegen verringerte sich um knapp 2 000 Personen auf insgesamt 90 000.

Schaubild 12.1
Umsatz und Beschäftigte der Betriebe der Stahlindustrie

1995 bis 2010, Beschäftigungsstand jeweils am Jahresende



Nach Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl und des Stahlinstituts VDEH
(WV Stahl 2011)

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 das Stahlzentrum jährlich umfangreiches Datenmaterial über die Branche (Stahlzentrum 2011). Hieraus können Informationen zum Umsatz und zur Beschäftigung entnom-

Die Eisenschaffende Industrie

men werden. Weitere internationale Vergleichszahlen zur Produktion stellt die Worldsteel Association (ehemals *International Iron and Steel Institute*) bereit (IISI 2010).

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.

In der Wirtschaftszweigklassifikation WZ2008 führt das Statistische Bundesamt die Stahlindustrie unter den Positionen 24.1 „Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen“ (in WZ2003 geführt unter Position 27.10) und Position 24.2 „Herstellung von Stahlrohren, Rohrform-, Rohrverschluss- und Rohrverbindungsstücken aus Stahl“ (ehemals Position 27.22). Der Verbrauch an Brennstoffen und elektrischer Energie wird im Rahmen der Eisen- und Stahlstatistik regelmäßig publiziert (BGS 2011).

Die Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl und des Statistischen Bundesamts zum emissionsrelevanten Energieverbrauch zeigen sich weitgehend deckungsgleich. Geringfügige Abweichungen ergeben sich durch unterschiedliche Annahmen bezüglich der Heizwerte, dem Feuchtigkeitsgehalt der Kohle und Bereinigungen in der Statistik. 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, die 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 45,8 % der netto verbrauchten Energie wurde 2010 aus Steinkohlenkoks und -koksgrus gewonnen, der Anteil des fremdbezogenen Stroms lag bei rund 16,2 %. Rechnet man zu dem Nettoenergieverbrauch den Verbrauch an Kuppelgasen hinzu, ergibt sich ein Bruttoenergieverbrauch von gut 795 PJ im Jahr 2010.

Tabelle 12.1
Energieverbrauch der Eisenschaffenden Industrie

1990 bis 2010, in PJ, gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
Steinkohle	56,6	57,9	80,3	96,2	106,8	103,2	64,5	128,2
Koks und Koksgrus (trocken)	408,8	351,2	357,6	318,4	347,1	331,1	250,9	322,8
Schweres Heizöl	43,4	62,2	36,6	31,3	26,3	23,8	11,7	12,7
Erdgas, sonstige Gase	103,0	88,6	93,6	89,0	102,4	101,5	70,9	90,9
Kokereigas	66,2	51,1	39,2	36,8	37,1	36,6	29,6	35,1
Nettofremdstrombezug	130,5	145,5	165,8	136,2	146,6	145,3	119,7	114,4
Nettoenergieverbrauch	823,6	757,0	773,5	707,9	766,2	741,4	547,3	704,1
Bruttoenergieverbrauch (inkl. Kuppelgase)	790,2	811,2	852,9	787,2	850,1	824,1	609,6	794,6

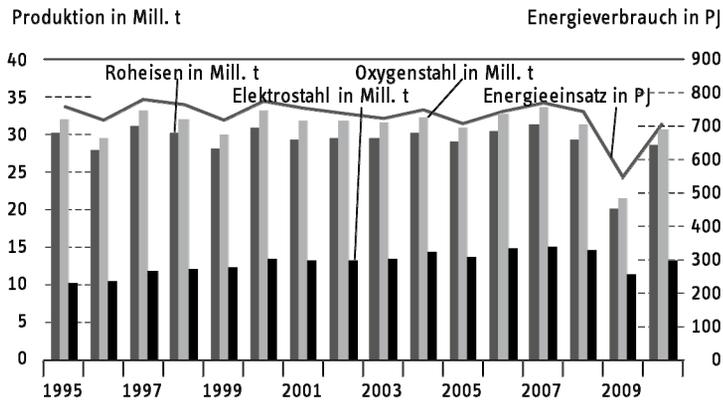
Nach Angaben des Stahl-Zentrums im Rahmen des Monitorings sowie eigene Berechnungen.

12.2 Energieverbrauch und Produktion

Die Stahlindustrie als Lieferant eines der zentralen Ausgangsstoffe des produzierenden Gewerbes hängt erheblich von konjunkturellen Schwankungen ab. Die Stahlindustrie erzeugte 2010 in ihren Hochofenanlagen rund 28,6 Mill. t Roheisen und insgesamt 43,8 Mill. t Rohstahl, davon rund 30,6 Mill. t Oxygenstahl. Elektro-stahl hatte 2010 einen Anteil von knapp 30 % an der gesamten Rohstahlerzeugung. An warmgewalzten Stahlerzeugnissen wurden 2010 mit 36,8 Mill. t rund 8 Mill. t mehr als gegenüber dem Vorjahr produziert.

Die Eisenschaffende Industrie

Schaubild 12.2
Produktion und Nettoenergieverbrauch in der Stahlindustrie
1995 bis 2010



Nach Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl und des Stahlinstituts VDEH (WV Stahl 2011)

Für das Monitoring relevant ist indessen der Nettoenergieverbrauch, der 2010 bei gut 704 PJ lag (Schaubild 12.2). Gemessen daran wurden netto 16,0 GJ je t Rohstahl an Energie aufgewendet, eine Minderung von rund 14,7 % gegenüber dem Vergleichswert von 18,76 GJ je t aus dem Jahr 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.

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 Sinterrohmschmelzung 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.

Die aufbereiteten Primärrohstoffe – der Möller – werden dem Hochofen über ein Band oder einen Aufzug (Skip) zugeführt. Zentral für den Hochofenprozess sind die Reduktionsmittel. Diese enthalten Kohlenstoff (C) und werden benötigt, um durch Reaktion mit Windsauerstoff CO-Gas zu bilden und damit 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. 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 (Taube 1998: 64). Das Gichtgas (Hochofengas) wird am oberen Ende des Hochofens abgeführt und gereinigt. Es besteht etwa zu 49 % aus Stickstoff und zu je 23 % aus Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO₂) und 5 % Wasserstoff. Nach einer Reinigung kann Hochofengas als Brennstoff genutzt werden, beispielsweise im Verbund mit Hüttenkokereien zur Koksproduktion 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 und der Reduktionsmittel enthält. Roheisen und Schlacke werden aus dem Hochofen abgestochen und voneinander getrennt. Ein erheblicher Teil der Schlacke findet in granulierter Form als Hüttsand Verwendung in der Ze-

Die Eisenschaffende Industrie

mentindustrie und ersetzt dort den Zementklinker. Der verstärkte Einsatz von Hütensand bei der Zementherstellung stellt grundsätzlich eine aus Ressourcensicht bedeutende Möglichkeit dar, den auf die Tonne Zement bezogenen Energieverbrauch und damit CO₂-Emissionen zu senken.

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 (Taube 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 in den Reduktionsmitteln enthaltenen 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 entstehende Kohlenmonoxid steigt im Hochofen auf und erreicht somit die Reduktion der Erze. Die aufsteigenden Gase erwärmen die Beschickung. Im Eisen lösen sich geringe Mengen Kohlenstoff, wodurch die Schmelztemperatur des Eisens von etwa 1 534° C auf etwa 1 300° C gesenkt wird. Die Begleitelemente der Einsatzstoffe bilden eine flüssige Schlacke und können so abgetrennt werden. Roheisen und Schlacke sammeln sich im unteren Bereich des Hochofens und verlassen den Hochofen über ein zu öffnendes Stichloch im unteren Bereich mit einer Temperatur von rund 1500 °C. 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 in das Roheisen eingebracht 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 feuer-technische Eigenschaften wie Erdgas und kann dieses in Hochtemperaturprozessen

ersetzen (Aichinger, Hoffmann, Seeger 1991: 47). 2010 wurden etwa 398 Mill. m³ (i.N.) Konvertergas in der Stahlindustrie erzeugt (BGS 2010), von denen rund 58% dem Selbstverbrauch zugeführt 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 Hochofen-Konverter-Route 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 97 %.

12.4 Die Selbstverpflichtung

Die Stahlindustrie hat im März 1996 eine Selbstverpflichtungserklärung abgegeben, in der sie die Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 um mindestens 16 % im Vergleich zu 1990 zusagte. Dabei wurden die spezifischen Emissionen mit Bezug zur Walzstahlfertigung errechnet. Im Mai 2001 wurde mit Blick auf das Zieljahr 2012 eine erweiterte Selbstverpflichtungserklärung zur Klimavorsorge abgegeben, in der eine „um 5 bis 6 Prozentpunkte gegenüber dem ursprünglichen Zieljahr 2005 erhöhte spezifische CO₂-Minderung“ zugesagt wurde (Stahl-Zentrum 2001).

Ferner wurde in der erweiterten Erklärung die Bezugsbasis von Walzstahlerzeugung auf Rohstahlerzeugung geändert. Ein Grund für den Wechsel der Bezugsbasis in der erweiterten Selbstverpflichtungserklärung waren Änderungen bei der statistischen Berichterstattung der Walzstahlerzeugung, welche fortan nicht mehr vom Statistischen Bundesamt ausgewiesen wurde. Bezogen auf die erzeugte Menge an Rohstahl wurde daher für 2012 eine Reduktion des rohstoff- und energiebedingten spezifischen CO₂-Ausstoßes um 22 % gegenüber 1990 zugesagt (Übersicht 12.1).

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

Die Eisenschaffende Industrie

ihrer erweiterten Selbstverpflichtung, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 auf maximal 1 243 kg CO₂/t zurückzuführen.

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

Angaben nach Stahlzentrum (2001).

Hinsichtlich der in der Selbstverpflichtung von 2001 gewählten Bezugsgröße der Rohstahlerzeugung hat die WV Stahl (Stahlzentrum 2009) in einer Zusatzklärung zu ihrem Fortschrittsbericht darauf hingewiesen, dass auf allen Stufen der Wertschöpfungskette, angefangen von der Sinterung bis zur Roheisen-, Rohstahl- und Walzstahlproduktion, CO₂-Emissionen anfallen und dies bei der korrekten Ermittlung des Wertes der spezifischen CO₂-Emissionen berücksichtigt werden sollte. Dazu die Rohstahlerzeugung als Bezugsgröße heranzuziehen, erscheint nicht adäquat. Um einen Eindruck von dem Effekt einer wechselnden Bezugsgröße zu geben, wird im Folgenden ergänzend eine alternative Betrachtung der Ergebnisse auf Basis der Walzstahlerzeugung gegeben. Ungeachtet dessen ist der CO₂-Monitoringauftrag an die im Jahr 2001 abgegebene Selbstverpflichtungserklärung mit der Bezugsbasis Rohstahlerzeugung gebunden.

12.5 Bis 2010 erreichte CO₂-Minderungen

Die absoluten CO₂-Emissionen der Stahlindustrie betragen 2010 rund 60,8 Mill. t und stiegen damit im Vergleich zu 2009 um rund 31,5 % an (Tabelle 12.2). Grund dafür ist in erster Linie die konjunkturbedingte Erhöhung der produzierten Menge an Rohstahl und Roheisen, die um 34,2 % bzw. 42,0 % wuchs.

Die spezifischen CO₂-Emissionen hingegen sanken im Jahr 2010 auf 1 387 kg CO₂ je t Rohstahl (Tabelle 12.3). Gegenüber 1990 entspricht dies einer Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen um 13,0 %. Die Stahlindustrie hat damit im Jahr 2010 ihre Minderungszusage für 2012 zu rund 59 % erfüllt.

Waren die spezifischen Emissionen während der Wirtschaftskrise im Jahr 2009 deutlich gegenüber dem Jahr 2008 angestiegen, so sanken die spezifischen Emissionen im Jahr 2010 auf einen Wert, der dem Niveau vor der Wirtschaftskrise sehr nahe kommt. Ein Grund für die steigenden spezifischen Emissionen im Jahr 2009 war die dramatische Produktionseinbuße in sehr kurzer Zeit. Allein in der Zeit

zwischen Oktober 2008 und April 2009 fiel die Roheisenproduktion in den Hochöfen um 59 %; die Rohstahlproduktion sank um 52%. Ein in dieser Form bislang noch nicht vorgekommener Produktionseinbruch zieht deutliche Minderauslastungen der Produktionskapazitäten nach sich, die in der Folge nicht mehr energetisch optimal gefahren werden können. Mit dem erneuten Anstieg der Stahlproduktion im Jahr 2010 fiel auch die Minderauslastung deutlich geringer aus, mit der Folge, dass die spezifischen Emissionen ebenfalls abnahmen.

Tabelle 12.2
Produktion, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen der Stahlindustrie
 1990 bis 2010, gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
Rohstahl, Mill. t	43,9	42,0	46,4	44,5	48,6	45,8	32,7	43,8
davon: Oxygenstahl	33,1	31,9	33,1	30,9	33,5	31,2	21,3	30,6
davon: Elektrostahl	8,9	10,1	13,3	13,7	15,0	14,6	11,4	13,2
Roheisen, Mill. t	30,1	30,0	30,9	28,9	31,2	29,1	20,1	28,6
davon: Stahlroheisen	27,4	28,1	30,2	28,1	30,0	28,3	19,6	27,8
Bruttoenergie- verbrauch, PJ	902,9	811,2	852,9	787,2	850,1	824,1	609,6	794,6
Nettoenergie- verbrauch, PJ	823,6	756,9	773,5	707,9	766,2	741,4	547,3	704,1
Emissionen, Mill. t	70,0	63,7	65,5	60,2	65,2	62,8	46,2	60,8

Nach Angaben des Stahl-Zentrums im Rahmen des Monitoring. Im Jahr 1990 wurden zudem noch etwa 2 Mill. t Rohstahl über das Siemens-Martin-Verfahren erzeugt.

Ein weiterer Grund für die Zunahme der spezifischen Emissionen liegt im Bilanzraum und der Bezugsgröße Rohstahlerzeugung; den deutlichen Produktionszuwächsen in der Walzstahlerzeugung steht keine adäquate Bezugsgröße in der Rohstahlfertigung gegenüber. In der Tat stieg die erzeugte Menge an Stahlfertigerzeugnissen zwischen 1990 und 2010 um rund 17 %, während die Rohstahlerzeugung um 0,2% abnahm (Tabelle 12.2 und 12.4). Begründet wird dies durch die Effizienzverbesserung in der Walzstahlerzeugung und -weiterverarbeitung und gestiegene Importe von Rohblöcken und Halbzeug.

Die Eisenschaffende Industrie

Werden z. B. importierte Rohblöcke und Halbzeug in den inländischen Walzwerken verarbeitet, wird dafür Energie aufgewendet und CO₂ emittiert, ohne dass die für das Monitoring vereinbarte Bezugsgröße der inländischen Rohstahlerzeugung davon berührt wird. Tatsächlich werden die CO₂-Emissionen der Stahlindustrie aber nicht nur aus dem Reduktionsmittel- und dem Energieeinsatz für die Rohstahlerzeugung erfasst, sondern auch aus dem Energieverbrauch der Weiterverarbeitung des Rohstahls sowie des importierten Halbzeugs.

Tabelle 12.3
Spezifische CO₂-Emissionen je Tonne Rohstahl

1990 bis 2010

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
Spez. Emissionen, kg CO ₂ /t	1 594	1 515	1 412	1 351	1 343	1 371	1 414	1 387
Minderung, %	-	5,0	11,4	15,3	15,8	14,0	11,3	13,0
Zielerreichung, %	-	22,7	51,8	69,6	71,8	63,6	51,4	59,1

Nach Angaben des Stahl-Zentrum im Rahmen des Monitoring.

Bezogen auf den gesamten Bereich der CO₂-Entstehung, wie warmgewalzte Stahlfertigprodukte, nahtlose Stahlrohre und Schmiedefertigerzeugnisse, wird auch die Effizienzsteigerung für den Bereich der Weiterverarbeitung durch z. B. die Steigerung des Stranggießanteils, die Verringerung des Aufkommens von Kreislaufschnitt und entsprechende Prozessverbesserungen berücksichtigt. Damit konnte die Eisenausbringung von 85 % im Jahr 1990 auf rund 90 % im Jahr 2010 gesteigert werden. Das bedeutet, dass je Tonne Fertigprodukt weniger Eisen benötigt wird und somit weniger CO₂-Emissionen entstehen. Folgerichtig verringern sich die spezifischen CO₂-Emissionen in Bezug auf die Stahlfertigprodukte stärker als in Bezug auf die Rohstahlproduktion – nämlich um 21,4 % von 1 891 t CO₂/t im Jahr 1990 auf 1 489 t CO₂/t im Jahr 2010 (Tabelle 12.4). So berechnet wäre das Ziel, die spezifischen Emissionen bis zum Jahr 2012 um 22 % zu senken, bereits zu gut 97% erreicht.

Tabelle 12.4
Spezifische Emissionen je Tonne Stahlfertigprodukte
 1990 bis 2010

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
Stahlfertigprodukte, Mill. t	37,0	36,2	40,7	39,9	44,5	42,3	30,6	40,8
Spez. Emissionen, kg CO ₂ /t	1 891	1 761	1 608	1 508	1 465	1 486	1 512	1 489
Minderung, %	-	6,9	15,0	20,2	22,5	21,4	20,0	21,3

Nach Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl und des Stahlinstituts VDEh im Rahmen des Monitoring. Stahlfertigprodukte bildet die Summe aus warmgewalzten Stahlerzeugnissen, nahtlosen Stahlrohren und Schmiedefertigerzeugnissen ab.

12.6 Ursachenanalyse

Die kohlenstoffintensive Roheisenproduktion ist die wesentliche CO₂-Quelle in der Stahlindustrie. Schaubild 12.3 zeigt – jeweils gemessen zum Vorjahr – die prozentuale Veränderung des Nettoenergieverbrauchs, der CO₂-Emissionen und der Roheisenproduktion. Die beiden entsprechenden Kurven liegen zumeist ununterscheidbar übereinander, d.h. die Entwicklung dieser Größen verlief seit 1996 nahezu Hand in Hand. Mit fast 31 % ist der Einbruch der Roheisenproduktion im Jahr 2009 gegenüber dem Vorjahr deutlich zu erkennen. Die im Vergleich etwas weniger stark ausgeprägte Emissionsreduktion um 27 % dürfte insbesondere auf die sinkende Auslastung und die daraufhin nicht mehr optimale Fahrweise der Hochofenanlagen zurückzuführen sein. Im Jahr 2010 stiegen in Folge der wirtschaftlichen Erholung parallel zur Roheisenproduktion der Nettoenergieverbrauch und entsprechend die CO₂-Emissionen an. Das Verhaltensmuster blieb allerdings dasselbe, so dass die Kurven weiterhin zumeist ununterscheidbar übereinander liegen.

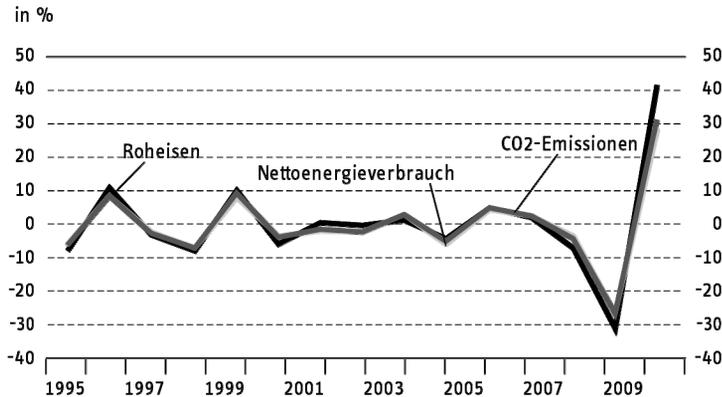
Mit Blick auf die Rohstahlproduktion sind im langfristigen Vergleich zum Referenzjahr 1990 indessen sinkende CO₂-Emissionen bei steigender Rohstahlproduktion zu beobachten. Ursächlich für diese Entwicklung ist auch die zunehmende Bedeutung des Elektrostahls an der Gesamterzeugung. Damit verbunden ist ein abnehmender Produktionsanteil der Rohstahlproduktion über die kohlenstoffreiche Hochofenroute. Der Anteil von Elektrostahl an der gesamten Rohstahlerzeugung stieg von 20,1 % im Jahr 1990 auf inzwischen etwas über 30 % im Jahr 2010 (Tabelle 12.2), gleichzeitig reduzierte sich der Anteil von Oxygenstahl von 75 % auf rund 70 %. Im Jahr 1990 wurden noch 4,6 % der Rohstahlerzeugung über das Siemens-Martin-Verfahren erzeugt.

Die Eisenschaffende Industrie

Schaubild 12.3

Veränderung der Roheisenerzeugung, des Nettoenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen

1996 bis 2010, in Prozent im Vergleich zum Vorjahr



Eigene Berechnungen.

Elektrostahl ist sowohl weniger kohlenstoff- als auch energieintensiv, weil in der Erzeugung kein Kohlenstoff in Form von Koks zur Reduktionsarbeit, sondern Schmelzenergie in Form von Strom verwendet wird. Für die Produktion von Elektrostahl wird zu mehr als 90 % Strom eingesetzt; in vergleichsweise geringen Mengen auch Erdgas und Steinkohle. Mit diesem Produktionsweg ist ein im Vergleich zur Hochofen-Konverter-Route geringerer CO₂-Ausstoß je t Rohstahl verbunden, da insbesondere der sehr kohlenstoffhaltige Koks nicht verwendet wird. Nach Angaben der Branche werden inzwischen auch zunehmend Qualitäts- und Edlstahl auf der Elektrostahl-Route produziert.

Auf der Hochofenroute betreibt die Stahlindustrie verstärkt Anstrengungen, die Kohlenstoffintensität zu mindern. Hierfür steht 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. Mehr als Dreiviertel der bei der Roheisenerzeugung verwendeten Energie aus Brenngasen – beispielsweise für die Erzeugung von Heißwind zur Hochofenbefeuerung oder zur Eigenstromerzeugung – wird aus Kuppelgasen gespeist. Da im Monitoring der Kohlenstoffanteil dieser Gase

bereits mit den im Produktionsprozess eingesetzten Primärenergieträgern wie Koks und Steinkohle berücksichtigt worden ist, wird der Energiegehalt dieser Gase genutzt, ohne dass zusätzlich CO₂ emittiert wird.

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). 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. Beispielsweise sind gut 13 % des inländischen Zementversands des Jahres 2010 Portlandhüttenzement, der bis zu 35 % aus Hüttensand besteht (BDZ 2011). Weitere 20 % des Zementversands 2010 sind Hochofenzement, der sogar aus bis zu 80 % Hüttensand besteht. Nach Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl verdoppelte sich zwischen 1990 bis 2008 die Menge an Hüttensand, die für die Produktion von Portland- und Hochofenzement verwendet wurde von 3,1 auf 6,4 Mill. t. Aufgrund des schwierigen konjunkturellen Umfelds sank die Erzeugung an Hüttensand im Jahr 2009 auf rund 4,5 Mill. t.

12.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Im Jahr 2010 stieg die Rohstahlproduktion im Vergleich zum Jahr 2009 deutlich an, blieb allerdings dennoch hinter der Produktionsmenge des Jahres 2008 zurück. Die von der Stahlindustrie in diesem wirtschaftlichen Umfeld durchgeführten Maßnahmen zur Emissionsverringerung werden im 10. CO₂-Monitoring-Fortschrittsbericht der Stahlindustrie (Stahl-Zentrum 2011) dargestellt. Dazu gehört unter anderem die Umsetzung eines Energieeffizienzprogramms, die zu einer Einsparung von etwa 45.000 t CO₂/a führte. In einem Betrieb wurde die Elektrodenhydraulik am Elektrolichtbogenofen modernisiert, so dass die Elektroden jetzt schneller und präziser verfahren werden können. Somit kann die Lichtbogenlänge effektiver eingestellt werden, was zur Steigerung des Ofenwirkungsgrads beiträgt. Dadurch können etwa 2.415 t CO₂/a vermieden werden. Durch die Optimierung des Druckluftnetzes eines Werkes konnte der Verbrauch um rund 25% reduziert werden und dadurch 1.450 t CO₂/a eingespart werden. Verbesserungen an Prozessgasgebläsen führten zu einer Einsparung von 3.650 MWh/a bzw. 2.520 t CO₂/a.

Weitere dargestellte Maßnahmen sind die Verbesserungen am Filter einer Kaltgasentstaubungsanlage. Diese Maßnahme senkt den Druckluftverbrauch und führt zu jährlichen Einsparungen von etwa 34 t CO₂. Zudem wurde in einem Warmrohr-

Die Eisenschaffende Industrie

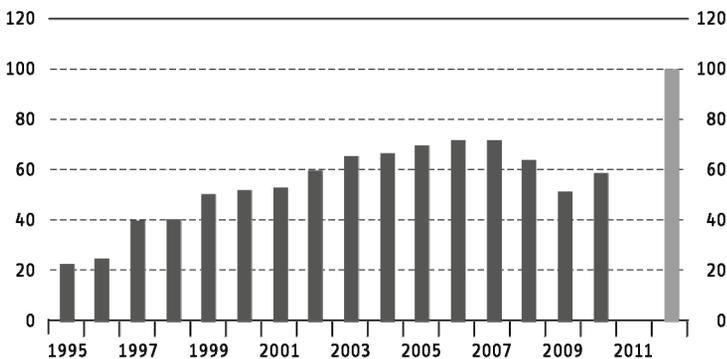
werk ein neuer Ofenrechner installiert, der die zur Herstellung von Stahlrohren notwendige material- und legierungsabhängige Temperatur automatisch steuert. Hierdurch konnte der spezifische Erdgasverbrauch um mehr als 6% verringert werden. Ferner enthält die Aufstellung der Minderungsmaßnahmen Beispiele für optimierte Restwärmenutzung und bedarfsgerechten Energieverbrauch.

12.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die Stahlindustrie hat in ihrer Selbstverpflichtung zur Klimavorsorge bis 2012 eine Reduktion des auf die Rohstahlerzeugung bezogenen rohstoff- und energiebedingten spezifischen CO₂-Ausstoßes um 22 % gegenüber 1990 zugesagt. Bis 2007 konnten die spezifischen Emissionen weitgehend kontinuierlich auf 1 343 kg CO₂ je t Rohstahl gesenkt werden, Schaubild 12.4 zeigt daher einen Anstieg des Zielerreichungsgrads auf 72 % für 2007.

Schaubild 12.4
Zielerreichungsgrad der Stahlindustrie

1995 bis 2010, in %



Eigene Berechnungen.

Im Zuge des konjunkturellen Einbruchs beginnend im vierten Quartal 2008 sank auch die Rohstahlerzeugung im Jahr 2009 dramatisch und führte zu einer deutlich schlechteren Auslastung der vorgehaltenen Produktionskapazitäten mit entsprechender Auswirkung auf die Effizienz der Produktionsanlagen. In der Folge stiegen die spezifischen CO₂-Emissionen je erzeugter Tonne Rohstahl im Jahr 2009 auf 1 414 kg an. Im Jahr 2010 konnten die spezifischen CO₂-Emissionen deutlich gegenüber dem Vorjahr auf 1 387 kg je erzeugter Tonne Rohstahl abgesenkt werden. Betrug die Minderung der spezifischen Emissionen gegenüber 1990 im Jahr 2009 rund 11,3 %,

so stieg sie im Jahr 2010 auf rund 13,0 % an. Damit betrug der Zielerreichungsgrad im Jahr 2010 rund 59 %.

Die Wirtschaftsvereinigung Stahl hat darauf hingewiesen, dass die Rohstahlerzeugung als Bezugsbasis zur Berechnung der spezifischen CO₂-Emissionen ungeeignet ist, weil die Rohstahlerzeugung nur einen Teilausschnitt der energieintensiven Produktion darstellt. Tatsächlich bilden beispielsweise warmgewalzte Stahlfertigprodukte das Endresultat der Produktion. Dem Energieverbrauch für das Warmwalzen eines Importüberschusses an Rohblöcken und Halbzeug steht keine adäquate Bezugsgröße in der inländischen Rohstahlerzeugung gegenüber. Mit einer Erzeugung von 43,8 Mill. t Rohstahl im Jahr 2010 wurden im Vergleich zu 1990 rund 0,2 % weniger Rohstahl erzeugt. Die Fertigung von Walzstahl stieg im selben Zeitraum um 17 %. Die in den Walzwerken für die Verarbeitung des Importüberschusses an Rohblöcken und Halbzeug anfallenden CO₂-Emissionen werden in Relation zu einer stagnierenden Bezugsgröße gesetzt und schlagen daher bei der Berechnung der spezifischen Emissionen pro Tonne Rohstahl stark erhöhend zu Buche.

Bezieht man die CO₂-Emissionen in einer Alternativbetrachtung auf die Menge an erzeugten Stahlfertigprodukten, mithin auf die Summe an warmgewalzten Stahlfertigprodukten, nahtlosen Stahlrohren und Schmiedefertigerzeugnissen, so ergibt sich der in Schaubild 12.5 dargestellte Minderungspfad für die spezifischen Emissionen. Ausgehend von 1 891 kg CO₂/t Stahlfertigerzeugnis im Jahr 1990, sinkt dieser Wert bis 2010 auf 1 489 kg CO₂/t. Dies entspricht einer Minderung um 21,3 % (Schaubild 12.5). Diese alternative Betrachtung verdeutlicht, dass man das Ziel, die spezifischen Emissionen bis zum Jahr 2012 um 22 % zu senken, bereits zu 97 % erfüllt hätte, wenn man als Bezugsgröße die Erzeugungsmenge an Stahlfertigprodukten wählen würde.

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 neben 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 24.4, „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.

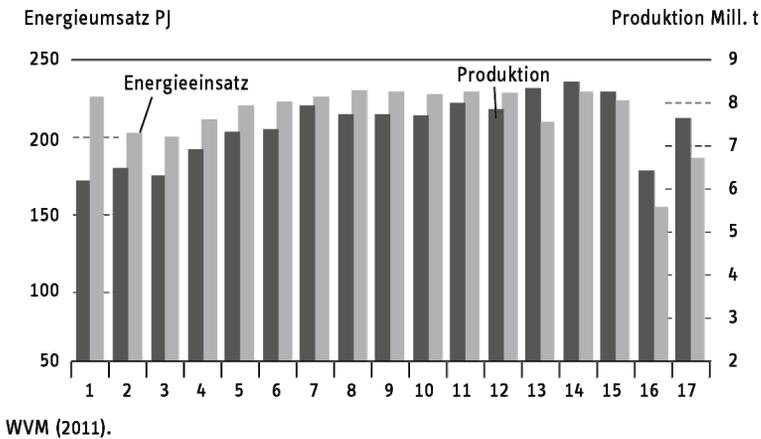
Als Grundlage für die Angaben zum Energieeinsatz diente bis 2002 die Fachserie 4, Reihe 4.1.1. Das Statistische Bundesamt hat die Energieverwendungsstatistik jedoch grundlegend überarbeitet. Methodische und konzeptionelle Änderungen bei der Erhebung haben ab dem Berichtsjahr 2003 zu teilweise erheblichen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

lern 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 24.4, sondern in der Gießereiindustrie (24.5) ausgewiesen wird. Die Zusammenfassung des Energieverbrauchs der Bunt- und Leichtmetallgießereien (24.53 und 24.54) mit dem des Wirtschaftszweigs 24.4 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 2011).

Schaubild 13.1
Produktion und Energieverbrauch der NE-Metallindustrie
1995 bis 2010



13.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

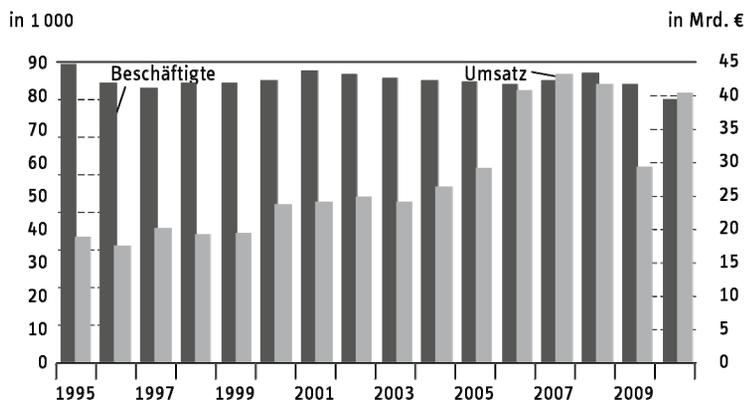
Die produzierte Menge an NE-Metallen wuchs zwischen 1995 und 2008 von 6,1 Mill. t auf 8,2 Mill. t, fiel in Folge der Wirtschaftskrise im Jahr 2009 um knapp 1,8 Mill. t auf 6,4 Mill. t ab und stieg im Jahr 2010 auf 7,6 Mill. t an (Schaubild 13.1). Somit betrug das durchschnittliche Produktionswachstum zwischen 1990 und 2010

Die Nichteisen-Metallindustrie

etwa 1,3 %. Der Energieverbrauch lag 1990 bei mehr als 224 PJ, sank aber bis 1995 auf knapp 200 PJ. Bis 2005 stieg der Verbrauch erneut auf ein Niveau von knapp 226 PJ. Im Jahr 2008 reduzierte sich der Energieverbrauch infolge des leichten Produktionsrückgangs gegenüber dem Vorjahr um etwa 4 PJ auf knapp 223 PJ. Infolge des krisenbedingten Produktionsrückgangs von etwa 1,5 Mill. t einschließlich der Halbierung der Erzeugung von Primäraluminium gegenüber dem Jahr 2008, sank der Energieverbrauch erheblich und betrug im Jahr 2009 knapp 151 PJ, bzw. 32% weniger gegenüber dem Vorjahr. Im Jahr 2010 stieg der Energieverbrauch auf rund 183 PJ.

Im Vergleich aller am Monitoring beteiligten Industriebereiche lag die Nichteisen-Metallindustrie 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 4,6 MJ/€. Dies entspricht im Vergleich zu den anderen energieintensiven Industriezweigen im Monitoring einem mittleren Rang.

Schaubild 13.2
Beschäftigte und Umsatz der NE-Metallindustrie
1995 bis 2010



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

Der Umsatz der NE-Metallindustrie stieg zwischen 1995 und 2008 um durchschnittlich 6,4 % pro Jahr auf etwa 41 Mrd. €. In 2009 fiel der Umsatz gegenüber dem Vorjahr jedoch aufgrund krisenbedingt gesunkener Metallpreise und rückläufiger Produktionsmengen um knapp 12 Mrd. € bzw. 29 % auf 29 Mrd. € ab. Der Umsatz des Jahres 2010 betrug mit rund 39,6 Mrd. € knapp 10 Mrd. € höher im Vergleich zum Vorjahr. Gleichzeitig sank die Beschäftigung auf etwa 85 000 Be-

schäftigte ab, wovon knapp 56 000 in der Erzeugung und ersten Bearbeitungen und etwa 29 000 im Guss arbeiteten.

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 Reduktions-elektrolysen 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

Die Nichteisen-Metallindustrie

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.

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 2010 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; im Vergleich zum Zieljahr 2012 mit einer Minderung um 24 % entsprach dies einem Zielerreichungsgrad von 86 % (Schaubild 13.2 und Tabelle 13.1). Bei der Bewertung dieses Ergebnisses ist jedoch zu berücksichtigen, dass aufgrund des Übergangs zum beschleunigten Monitoringverfahren und der damit notwendigen Eigenerhebung der Energieverwendungsdaten das Endjahr der ersten Selbstverpflichtung mit einem Methoden-

wechsel 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 es gleichzeitig 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 %. Der hohe Zielerreichungsgrad wurde auch durch die endgültige Stilllegung der Aluminiumhütte in Stade Ende 2006 beeinflusst. Mit etwa 55 000 t Primäraluminium lag der Produktionsausfall unterhalb der Produktionszunahme der Aluminiumhütte in Hamburg. Insgesamt stieg der Stromverbrauch im Jahr 2007 gegenüber 2006, weil auch die Erzeugung anderer Metalle und die Metallbearbeitung leicht wuchsen.

Im Jahr 2008 stieg der spezifische Energieeinsatz zum Vorjahr trotz allgemeinem Produktionsrückgang leicht an. Dies ist auf den Anstieg der energieintensiven Produktion von Primäraluminium zurückzuführen. Dem Erreichen des Emissionszieles im Jahr 2012 steht dies aber nicht entgegen, da es bereits zu 108,6 % im Jahr 2008 realisiert werden konnte (Tabelle 13.1).

Im Jahr 2009 sank der spezifische Energieeinsatz um fast 12 % gegenüber dem Vorjahr ab und erreichte mit 23,8 GJ/t einen Tiefststand, der mit einem Zielerreichungsgrad von 145,7 % einhergeht. Die Ursache für die Absenkung des spezifischen Energieeinsatzes liegt im drastischen Rückgang der besonders energieintensiven Metallerzeugung, vor allem der Erzeugung von Primäraluminium, die um rund 50 % gegenüber 2008 einbrach. Die geringe Auslastung der Aluminiumelektrolysen und die Stilllegung der Zinkelektrolyse in Datteln Ende 2008 haben den Stromverbrauch um rund 5 TWh reduziert.

Die Nichteisen-Metallindustrie

Mit dem Beginn der wirtschaftlichen Erholung im Jahr 2010 stieg der spezifische Energieeinsatz gegenüber dem Vorjahr leicht an und erreichte mit 24,0 GJ/t einen Wert, der mit einer Zielerreichung von rund 143 % einhergeht. Dies hing vor allem mit niedrigen Auslastungsgraden in der energetisch aufwendigen Primäraluminiumherstellung zusammen. So war die größte deutsche Aluminium-elektrolyse im Jahr 2010 nur zu gut 20 % ausgelastet.

Tabelle 13.1

Spezifischer Energieeinsatz der NE-Metallindustrie

1990 bis 2010; Ziel: Minderung des spez. Energieeinsatzes bis 2005 um 22 % und bis 2012 um 24 % gegenüber 1990

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
Spez. Energieeinsatz, GJ / t	36,6	31,1	28,4	29,0	26,9	27,0	23,8	24,0
Minderung in %	-	15,0	22,3	20,6	26,4	26,2	35,0	34,4
Zielerreichungsgrad in %								
Ziel 2005	-	68,3	101,2	93,8	-	-	-	-
Ziel 2012	-	62,6	92,8	86,0	110,2	108,6	145,7	143,3

Nach Angaben der WVM (2011).

Auch die spezifischen CO₂-Emissionen konnten seit 1990 deutlich verringert werden. Bis 2000 sanken sie auf 1 816 kg CO₂/t, was einer Reduktion von fast 24 % gegenüber 1990 entspricht. Nachdem die spezifischen Emissionen bis 2005 wieder etwas gestiegen waren, gingen sie 2006 gegenüber 1990 um mehr als 33 % 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. Im Jahr 2008 reduzierten sich die Gesamtemissionen gegenüber dem Vorjahr um etwa 400 000 Tonnen und betragen etwa 14 Millionen Tonnen CO₂. Dies entspricht etwa 1 709 kg CO₂ pro Tonne hergestellter und bearbeiteter Nichteisenmetalle, sodass die Reduktion der spezifischen Emissionen gegenüber dem Basisjahr 28,1 % betrug (Tabelle 13.2).

Vergleichbar zum Rückgang des spezifischen Energieverbrauchs sanken die CO₂-Emissionen im Jahr 2009 gegenüber dem Vorjahr um fast 300 kg CO₂/t auf 1 420 kg CO₂/t. Dies entspricht einem Rückgang von mehr als 40 % gegenüber dem Jahr 1990. Im Jahr 2010 stieg der spezifische Energieeinsatz gegenüber dem Vorjahr leicht an. Infolge dessen erfolgte ebenfalls ein leichter Anstieg der spezifischen Emissionen um 10 kg CO₂/t auf insgesamt rund 1 430 kg CO₂/t. Damit lagen die

spezifischen Emissionen im Jahr 2010 um 39,9 % niedriger im Vergleich zum Jahr 1990.

Tabelle 13.2
CO₂-Emissionen der NE-Metallindustrie
 1990 bis 2010

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
Emissionen, Mill. T	14,6	12,9	14,3	14,3	14,4	14,0	9,0	10,9
Spez. Emissionen, kg CO ₂ /t	2 378	2 005	1 816	1 834	1 701	1 709	1 420	1 430
Reduktion in %	-	15,7	23,6	22,9	28,5	28,1	40,3	39,9

Nach Angaben der WVM (2011).

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 2008 von fast 43 % auf 54 % und betrug 2009 krisenbedingt sogar 66 % (WVM/Metallstatistik 2001, WMV 2010). Im Jahr 2010 ging dieser Anteil auf 60% zurück, obwohl die Produktion von Sekundäraluminium um etwa 50 000 t anstieg. Allerdings lässt sich die Auswirkung des Recyclings auf den spezifischen Energieverbrauch nicht exakt quantifizieren, da detaillierte Informationen zum spezifischen Energieverbrauch für die Produktion aus Primär- bzw. Sekundärrohstoffen nicht vorliegen und die Sekundärerzeugung zum Teil vom hohen Energieeinsatz der Primärerzeugung profitiert (z. B. Einschmelzen von Altmetall).

Die spezifischen CO₂-Emissionen gingen von 1990 bis 2010 um 39,9 % auf 1430 kg CO₂/t zurück (Tabelle 13.2) und 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 2010 auf 20,3 %. Damit ist der Energieträgerwechsel zum Erdgas nach Angaben des WVM weitgehend abgeschlossen. Gleichzeitig nahm die Bedeutung kohlenstoffreicher Brennstoffe wie Steinkohlenbriketts und Steinkohlenkoks ab, während Strom nachwievor den Energiemix in der NE-Metallindustrie dominiert. Kohlenstoffreiche Energieträger wie zum Beispiel Steinkohlen- oder Petrolkoks werden in der NE-Metallindustrie heute überwiegend stofflich verwendet

Die Nichteisen-Metallindustrie

oder im Produktionsprozess als Reduktionsmittel (vor allem zum Metallrecycling) eingesetzt. Aufgrund der Selbstverpflichtung, den spezifischen Energieverbrauch zu senken, sind jedoch nicht-energetische Verwendungsarten nicht Gegenstand des Monitorings.

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 wider (Tabelle 13.4). Während 1990 noch 65,1 kg CO₂/GJ emittiert wurden, reduzierte sich dies bis 2010 auf 59,5 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 2010; in PJ; gerundet

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
Steinkohlen	-	-	-	0,6	1,0	0,6	0,5	0,6
Steinkohlenbriketts	3,0	1,3	0,4	-	-	-	-	-
Steinkohlenkoks	6,1	4,9	3,6	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3
Braunkohlenstaub	-	-	-	0,0	-	0,1	-	-
Schweres Heizöl	2,0	1,3	1,3	1,2	1,1	1,4	1,4	1,3
Leichtes Heizöl	4,5	3,7	3,2	2,2	2,0	2,2	1,3	1,9
Erdgas	23,1	26,1	33,4	35,2	36,1	35,1	30,6	37,2
Flüssiggas	-	-	-	0,4	1,8	0,5	0,1	0,1
Kokereigas	1,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Sonst. Regelbrennstoffe	-	-	-	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Primärbrennstoffe	40,0	37,5	42,0	40,0	42,4	40,2	34,9	41,4
Nettofremdstrombezug	184,1	162,3	181,7	186,0	184,4	182,6	116,2	141,5
Energieverbrauch	224,1	199,8	223,7	226,0	226,8	222,8	151,1	182,9

Nach Angaben der WVM (2011).

Der weitaus größere Teil kam durch die Steigerung der Energieeffizienz sowie des steigenden Anteils der Erstverarbeitung gegenüber der Metallerzeugung zustande. Der spezifische Energieeinsatz als Maß hierfür sank seit 1990 um 34,3 % auf 24,0 GJ/t im Jahr 2010 (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-Metallindustrie
 1990 bis 2010

	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
kg CO ₂ /GJ	65,1	64,6	63,9	63,2	63,3	63,2	59,6	59,5

Nach Angaben der WVM (2011).

13.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die Unternehmen der NE-Metallindustrie haben im Jahr 2010 die Anstrengungen zur Senkung des spezifischen Energieverbrauchs fortgesetzt. Energieeffizienz ist eine wesentliche Voraussetzung, um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können. Zudem entzieht das im internationalen Vergleich sehr hohe Niveau der Energiepreise Investitionsmittel zur weiteren Steigerung der Energieeffizienz (WVM 2010).

Die Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz konzentrierten sich 2010 wiederum auf kontinuierliche Verbesserungsprozesse, Abwärmenutzung sowie Querschnittstechnologien. Der höchste Energieverbrauch entfällt auf die Elektrolyse. Hier sind die technischen Potenziale weitgehend ausgereizt und im Rahmen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses in den kommenden Jahren nur noch kleine Fortschritte zu erzielen. Bei der Wärmebehandlung, die etwa ein Drittel des gesamten Energieverbrauchs ausmacht, bestehen noch etwas größere Effizienzpotenziale. Schwerpunkt war die verbesserte Nutzung von Abwärme. Auf Querschnittstechnologien entfallen branchenweit weniger als 10 % des gesamten Energieverbrauchs. Gleichwohl realisieren die Unternehmen vielerorts in Bereichen elektrische Antriebe, Heizung und Kühlung, Druckluft sowie Beleuchtung spezifische Verbesserungen.

Von einer Vielzahl von Maßnahmen der NE-Metallindustrie zur Senkung des CO₂-Ausstoßes werden im Folgenden einige näher betrachtet (Tabelle 13.5). Die Umrechnung der Energieeinsparungen erfolgte dabei 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.

Die Nichteisen-Metallindustrie

Tabelle 13.5
Ausgewählte CO₂-Minderungsmaßnahmen der NE-Metallindustrie
2010

Maßnahme	Zeitraum	Jährliche Reduktion	Jährliche CO ₂ -Minderung
Verwendung und Modernisierung von Elektrolyseöfen in der Aluminiumherstellung, insbesondere Einsatz effizienterer Anoden	2005-2013	14 Mill. kWh Strom	9 380 t CO ₂
Ersatz zweier separater Öfen durch einen innovativen Inline-Konzept-Ofen	2010-2011	5,04 Mill kWh Strom und Gas	605 t CO ₂
Modernisierung von Emulsionspumpen in der Zinkbearbeitung	2009-2010	0,14 Mill. kWh Strom	94 t CO ₂
Inbetriebnahme einer modernen Pfannenheizanlage	2008-2011	0,7 Mill kWh Erdgas	126 t CO ₂

Nach Angaben der WVM (2011).

Unterstellt, die Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz in der NE-Metallindustrie waren jeweils zu Beginn eines Jahres wirksam, führten die aufgeführten Maßnahmen, die im Jahr 2010 umgesetzt wurden, zu einer jährlichen Energieeinsparung von insgesamt 166 Tj, der überwiegende Teil davon durch einen geringeren Stromverbrauch. Die CO₂-Emissionen reduzierten sich um etwa 10 200 t pro Jahr.

13.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die NE-Metallindustrie hat ihr für 2012 formuliertes Ziel, den spezifischen Energieverbrauch um 24 % gegenüber 1990 zu reduzieren, im Jahr 2010 bereits zu 143 % erreicht (Schaubild 13.2). 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 2010 um 23,8 % auf 7,6 Mill. t stieg (Tabelle 13.6), fiel der Energieverbrauch um etwa 18 % (Tabelle 13.3). Das gesetzte Minderungsziel für 2012 wurde unter anderem deshalb frühzeitig in 2010 erreicht, weil der Anteil der besonders energieintensiven Erzeugung von Primärmetallen bis 2010 von fast 55 % im Jahr 1990 auf knapp 40 % sank. Im Gegenzug erhöhte sich die weniger energieintensive Erzeugung von Sekundärmetallen von 1990 bis 2010 um 13,4%. Zudem erhöhte sich der Anteil der Produktion von Halbzeug am Produktmix der NE-Metallindustrie im gleichen Zeitraum von knapp 46 % auf etwa 54 % (Tabelle 13.6).

Tabelle 13.6
Produktmix der NE-Metallindustrie

1990 bis 2010; in 1 000 t

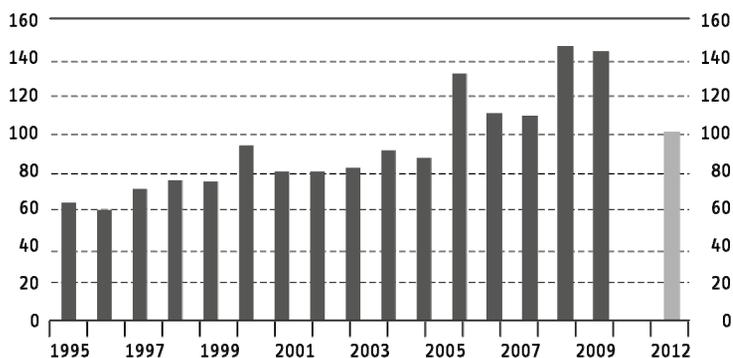
	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010
Metalle	2 662	2 362	2 834	2 736	2 800	2 829	2 143	2 368
Halbzeug	2 816	3 312	4 202	4 162	4 617	4 396	3 545	4 305
Guss	660	643	842	899	1 024	982	690	942
Insgesamt	6 138	6 317	7 878	7 797	8 441	8 207	6 378	8 036
Primärmetalle	1 393	1 255	1 401	1 311	1 207	1 295	821	1 107
Sekundärmetalle	1 154	1 108	1 353	1 425	1 594	1 434	1 291	1 261

Nach Angaben der WVM (2011).

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 durch die Rohstoffmärkte beeinflusst.

Schaubild 13.3
Zielerreichungsgrade der NE-Metallindustrie für Ziel 2012

1995 bis 2010; in %

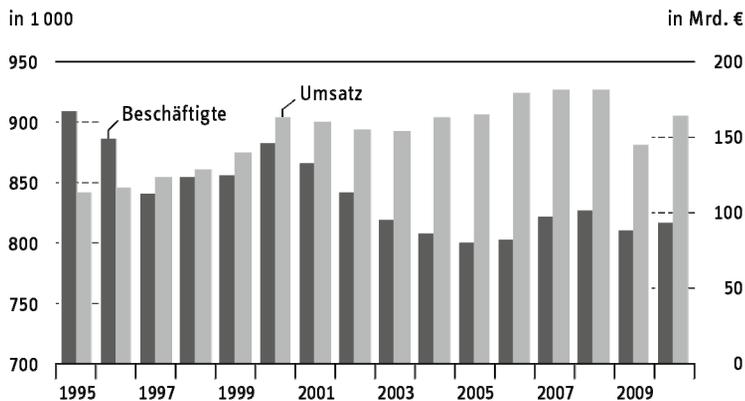


Eigene Berechnungen.

14. Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie ist Lieferant wesentlicher Basis- und Querschnittstechnologien sowohl für Produkte des Endverbrauchs als auch für Vorleistungsgüter. Ihr breitgefächertes Produktportfolio umfasst Sparten wie die Herstellung von industriellen Prozesssteuerungsanlagen und Elektromotoren über Bauelemente, medizinische Geräte und orthopädischer Vorrichtungen bis hin zur Telekommunikations- Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik sowie Haushaltsgeräten.

Schaubild 14.1
Beschäftigte und Umsatz in der Elektroindustrie
1995 bis 2010



Nach Angaben des ZVEI.

Dieser im Folgenden kurz mit Elektroindustrie bezeichnete Industriezweig wies nach Angaben des Zentralverbandes Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) zwischen 1995 und 2010 mit 2,5 % ein durchschnittliches Umsatzwachstum auf, das leicht unter dem des gesamten Verarbeitenden Gewerbes lag (Schaubild 14.1). Einen Höhepunkt des Wachstums dieses Sektors markierte das Jahr 2000, in welchem ein Umsatz von rund 163 Mrd. € erzielt wurde. Danach sank der Umsatz bis 2003 auf ein Niveau von etwa 154 Mrd. € zurück, um bis 2007 auf 182 Mrd. € anzusteigen. Auf diesem Niveau verharrte der Umsatz auch 2008. 2009 führte die Wirtschaftskrise auch hier zu einem tiefen Einbruch um mehr als 20 %. Im Jahr 2010 konnte mit einem Umsatzwachstum von 13 % auf 164 Mrd. € ungefähr die Hälfte des Verlustes von 2009 wieder aufgeholt werden. Die wirtschaftliche Situation der Elektroindust-

rie folgte damit in etwa der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, die nach einem wachstumsstarken Jahr 2000 von einer dreijährigen Phase der Stagnation gekennzeichnet war. Danach erfolgte erneut ein mehrjähriger Aufschwung, der 2008 zu einem Ende kam und 2009 in eine tiefgehende Wirtschaftskrise mündete. Bereits 2010 nahm das Verarbeitende Gewerbe wieder um 14,5 % zu.

Das Umsatzwachstum dieser Branche wurde begleitet von einem deutlichen Abbau der Arbeitsplätze (Schaubild 14.1). Insgesamt ist zwischen 1995 und 2010 ein jahresdurchschnittlicher Rückgang von 0,7 % auf 816 000 Beschäftigte zu verzeichnen. Die Zahl der Arbeitskräfte sank damit in der Elektroindustrie in gleichem Ausmaß wie im gesamten Verarbeitenden Gewerbe.

Die Elektroindustrie zählt mit einem Anteil von knapp 11 % 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 aktuell nach der Systematik der Wirtschaftszweige 2008 (WZ 2008) in den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes unter den folgenden Nummern aufgeführt werden: 23.44 Herstellung von keramischen Erzeugnissen für sonstige technische Zwecke 26.1 Herstellung von elektronischen Bauelementen und Leiterplatten, 26.20 Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten, 26.30 Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik, 26.40 Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik, 26.51.1 Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- u.ä. Instrumenten und Vorrichtungen, 26.60 Herstellung von Bestrahlungs- und Elektrotherapie- und elektromedizinischen Geräten, 27.1 Herstellung von Elektromotoren, Generatoren und Transformatoren, 27.20 Herstellung von Batterien und Akkumulatoren, 27.3 Herstellung von Glasfaserkabeln und sonstigen elektronischen und elektrischen Drähten und Kabeln, 27.40 Herstellung von elektrischen Lampen und Leuchten, 27.51 Herstellung von elektrischen Haushaltsgeräten, 27.90 Herstellung von sonstigen

Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

elektrischen Ausrüstungen und Geräten a.n.g., 28.11 Herstellung von Verbrennungsmotoren und Turbinen (ohne Straßenfahrzeuge usw.), 29.31 Herstellung von elektrischen und elektronischen Ausrüstungen für Kraftwagen, 32.50.1 Herstellung von medizinischen und zahnmedizinischen Apparaten und Materialien, 33.20 Installation von Maschinen und Ausrüstungen a.n.g.

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 als auch bei der Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten 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.

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 Produktionsindex ermittelt (ZVEI 2005a: 5). Diese Produktionswerte stellen die Basis für die Berechnung des spezifischen Energieverbrauchs und der spezifischen Emissionen dar.

Die WZ 2008 führt gegenüber der WZ 2003 zu erheblichen Änderungen der Produktzuordnung bei Energieverbrauch und Produktion. Da die Umstellung auf die WZ 2008 beim Energieverbrauch schon für 2008 erfolgte, bei der Produktion die neue Klassifikation erst für 2009 eingeführt wurde, enthalten die jeweiligen Veränderungsdaten dieser Jahre einen Bruch. Bei den Werten für den spezifischen Energieverbrauch und die spezifischen Emissionen des Jahres 2008 ist zu berücksichtigen, dass Zähler und Nenner dieser Quotienten unterschiedlichen Klassifikationen zuzurechnen sind.

Da Energieverbrauchsdaten des Statistischen Bundesamtes für das aktuelle Berichtsjahr nicht vorlagen, wurde der Energieverbrauch vom ZVEI wie in den drei Monitoringberichten zuvor auf der Basis einer Befragung ermittelt. Die 120 Unternehmen, die geantwortet haben, repräsentieren einen Stromverbrauch von rund 23,7 %, einen Erdgasverbrauch von etwa 26,6 % und einen Verbrauch von leichtem Heizöl in Höhe von rund 9 % der gesamten Elektroindustrie. Der Energieverbrauch

der antwortenden Unternehmen wurde auf die Branche hochgerechnet. Die effektiven Werte des Statistischen Bundesamtes von 2009 wurden dann mit den Veränderungsraten aus den hochgerechneten Schätzwerten der Jahre 2009 und 2010 fortgeschrieben. Im folgenden Jahr wird der Schätzwert für 2010 gegen den vom Bundesamt ermittelten ausgetauscht.

Der Vergleich der vom Statistischen Bundesamt ermittelten Daten für 2009 mit den vom ZVEI für dieses Jahr geschätzten Werten aus dem letzten Monitoringbericht ergab eine deutliche Abweichung. Die Daten des Statistischen Bundesamtes für den gesamten Energieverbrauch sowie darunter den Stromverbrauch lagen um gut 15 % höher, die für die fossilen Energieträgern um 5 %. Die Strukturen der fossilen Energieträger wichen sehr stark voneinander ab. Der effektive Einsatz bei Erdgas-einsatz war um 46 % höher als geschätzt. Dafür wurde 40 % weniger leichtes Heizöl eingesetzt. Der Zielerreichungsgrad für 2009 lag auf Basis der Daten des Bundesamtes bei 79 % statt bei 97 %, wie im letzten Monitoringbericht ausgewiesen.

In den Jahren 2007 und 2008 lagen die Werte des Statistischen Bundesamtes für den gesamten Energieverbrauch um 18 % über bzw. um 22 % unter den geschätzten.

Ein Manko der Befragungen des ZVEI ist, dass sich jährlich die Zahl der antwortenden Unternehmen ändert. Zudem sind jedes Mal verschiedene Unternehmen vertreten. Um sicher zu gehen, dass die für 2010 ermittelten Werte in etwa plausibel sind, wurden vom RWI Trends für den spezifischen Energieverbrauch geschätzt. Für den nächsten Monitoringbericht soll mit dem ZVEI überlegt werden, den Energieverbrauch für das aktuelle Jahr anders bestimmen.

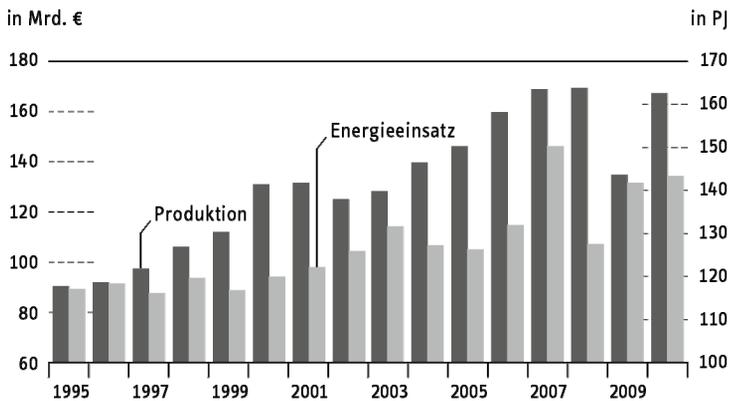
14.2 Energieverbrauch und Produktion

Schaubild 14.2 vermittelt einen Eindruck von der später zu diskutierenden Entkopplung des Energieverbrauchs von der Entwicklung der Produktion. Zwischen 1995 und 2000 blieb der Energieverbrauch in etwa konstant mit Schwankungen 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 Boomjahr 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 %. Auffällig ist allerdings, dass 2002 und 2003 der Energieverbrauch weiter zunahm, während die Produktion sank bzw. schwächer anstieg. Ab 2004 gelang wieder eine deutliche Entkopplung des Energieverbrauchs von der Produktionsentwicklung. Der Energieverbrauch sank zwischen 2003 und 2008 insgesamt um 3 % auf 127 PJ, während in diesem Zeitraum

Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

die Produktion um gut 32 % anstieg. Demgegenüber sank der Energieverbrauch 2009 trotz des Produktionseinbruchs von 21,3 % nur um 0,7 %. Bei einem Produktionswachstum von 24 % wurde 2010 für die Entwicklung des Energieverbrauchs ein Anstieg um 1,1 % geschätzt.

Schaubild 14.2
Produktion und Energieeinsatz in der Elektroindustrie
1995 bis 2010



Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

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 MP3-Player, 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 Energieverbrauchs 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. Hinzu kommen weitere Energie-Einsparpotenziale durch intelligente Prozessautomatisierung. Dadurch können pro Jahr ca. 10 Milliarden Kilowattstunden Strom sowie Primärenergie (wie Kohle, Öl und Gas) entsprechend 40 Milliarden Kilowattstunden eingespart werden. 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). Der erste Teil dieser Verpflichtung konnte realisiert werden. 2005 konnte mit einer Reduktion von 43,6 % ein Zielerreichungsgrad von 125 % erreicht werden (RWI 2008: 191).

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 Verwaltungseinrich-

Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

tungen eine Verbesserung der Kenntnis über den Energieverbrauch angestrebt, um noch unerschlossene Potenziale zur Erhöhung der Energieeffizienz zu nutzen.

Übersicht 14.1

Selbstverpflichtungen der Elektroindustrie

Ziel Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um 40 %.

Basisjahr 1990

Nach Angaben des ZVEI (2001).

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 Beteiligung 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 2010 erzielte CO₂-Minderungen

Das Ziel, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um 40 % gegenüber 1990 zu senken, konnte bereits 2000 zum ersten Mal erreicht werden, wurde aber 2001 bis 2003 wieder knapp verfehlt (Schaubild 14.3). 2004 bis 2008 konnte diese Marke erneut unterschritten werden (Tabelle 14.1). 2009 blieb die Minderungsrate bezogen auf 1990 mit 31,6 % wieder deutlich unter der anvisierten Zielmarke. 2010 lag der Zielerreichungsgrad bei dem hier unterstellten Wachstum des Energieverbrauchs bei knapp 109 %.

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 sie sich bis 1999 auf etwa diesem Niveau, bevor bis 2003 wieder ein Anstieg auf 8,4 Mill. t erfolgte (RWI 2007: 187). Auf dieser Höhe verharrten die Emissionen dann bis 2006. 2007 stieg der CO₂-Ausstoß auf 9,54 Mill. t und damit über den Wert von 1990 hinaus. 2009 sank er dann infolge des Produktionseinbruchs bei gleichzeitig sich deutlich verschlechternden spezifischen Emissionen auf knapp 9 Mill. t. 2010 erhöhten sich die Emissionen nur um 2,5 % auf 9,2 Mill. t, dieses Mal bei deutlichem Produktionsanstieg und wieder verbesserten spezifischen Emissionen. Insgesamt gelang es, die CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 2010 um knapp 1 % zu verringern, während die Produktion um 75,4 % zunahm. Als Resultat sind die spezifischen Emissionen in diesem Zeitraum um 43,5 % gefallen (Tabelle 14.1).

Tabelle 14.1
Spezifische CO₂-Emissionen und Zielerreichungsgrade der Elektroindustrie
 1990 bis 2010; Ziel: -40 % bis 2012

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Spez. Emissionen, g CO ₂ /€	97,27	82,82	58,22	54,82	48,33	66,52	54,96
Minderung in %	-	14,9	40,1	43,6	50,3	31,6	43,5
Zielerreichungsgrad in %		37,1	100,4	109,1	125,8	79,0	108,8

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

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. (Tabellen 14.2 und 14.3).

Während der neunziger Jahre ist ein kontinuierlicher Anstieg der Energieeffizienz zu konstatieren (Tabelle 14.3). Zwischen 1990 und 1995 sank der spezifische Energieverbrauch, gemessen in MJ pro € Produktionswert, um 12,2 % nicht zuletzt auch infolge der Wiedervereinigung. Von 1995 bis 2000 konnte er sogar um 20 % verringert werden.

Nach einer vorübergehenden Verschlechterung in den Jahren 2001 bis 2003 (RWI 2007: 188) fiel der spezifische Energieverbrauch bis 2008 auf den bisher niedrigsten Wert von 0,75 MJ/€ Produktionswert, um dann 2009 auf 1,05 MJ/€ zu steigen. 2010 lag der spezifische Energieverbrauch bei 0,86 MJ/€.

Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

Tabelle 14.2
Produktion und absolute CO₂-Emissionen der Elektroindustrie
1990 bis 2010

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
CO ₂ -Emissionen, Mill. t	9,27	7,47	7,64	8,01	8,19	8,97	9,19
Minderung in %	-	19,4	17,6	13,6	11,7	3,3	0,9
Produktion, Mrd. €	95,3	90,2	131,2	146,1	169,4	134,8	167,2
Veränd. geg. 1990, in %	-	-5,4	37,7	53,3	77,8	41,4	75,4

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

Die spezifischen CO₂-Emissionen konnten zwischen 1990 und 1995 mit 14,9 % etwas stärker reduziert werden als der spezifische Energieverbrauch mit 12,2 %. Zurückzuführen ist dieser Unterschied auf die in diesem Zeitraum stattfindende nahezu vollständige Substitution kohlenstoffreicher Brennstoffe wie Rohbraunkohle und schweres Heizöl durch den kohlenstoffarmen Energieträger Erdgas (Tabelle 14.4).

Tabelle 14.3
Energieverbrauch in der Elektroindustrie
1990 bis 2010; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Energieverbrauch, PJ	141,2	116,9	119,9	126,3	127,4	141,8	143,4
Minderung in %	-	17,2	15,1	10,6	9,8	-0,4	-1,6
Spez.Verbrauch, MJ/€	1,48	1,30	0,91	0,86	0,75	1,05	0,86
Minderung in %	-	12,2	38,5	41,9	49,3	28,9	41,9

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

Von 1995 bis 2010 verlief die Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs und des spezifischen CO₂-Ausstoßes mit einem Rückgang von 33,8 % bzw. 33,6 % parallel. Dabei nahm der Anteil des Nettofremdstrombezugs zwischen 1995 und 2000 zu Lasten von Erdgas und leichtem Heizöl kontinuierlich von 77,4 % auf gut 82 % zu; danach blieb er mit leichten Schwankungen in etwa auf diesem Niveau. In der Abschwungphase 2003 war mit 78,4 % ein relativ geringer Stromanteil festzustellen, in der letzten Boomphase waren es höhere Werte so 84,7 % im Jahr 2007. 2009

entsprach der Anteil des Nettofremdstrombezug trotz des Produktionseinbruchs mit 82,6 % dem des Vorjahres.

Tabelle 14.4
Energiemix in der Elektroindustrie
 1990 bis 2010; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Steinkohlenbriketts	0,5	0,3	0,0	-	-	-	-
Steinkohlenkoks	0,3	0,3	0,6	-	1,1	0,5	-
Rohbraunkohlen	4,2	0,0	-	-			-
Braunkohlenbriketts	0,0	0,1	0,1	-			
Schweres Heizöl	1,9	0,3	0,1	-			
Leichtes Heizöl	8,6	8,1	4,6	4,1	7,7	3,4	3,3
Erdgas	15,3	17,0	15,6	17,8	13,5	21,1	6,7
Kokereigas	0,6	0,3	0,4	-			
Primärbrennstoffe	31,5	26,4	21,4	21,9	22,3	24,7	10,2
Nettofremdstrombezug	110	91	99	104	105	117	133
Energieverbrauch	142	117	120	126	127	142	143

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

Die seit 1995 in etwa parallel verlaufende Entwicklung von CO₂-Emissionen und Energieverbrauch ist darauf zurückzuführen, dass die Auswirkungen der Substitution von leichtem Heizöl durch Strom in Bezug auf die CO₂-Emissionen durch den Ersatz des Erdgases durch Strom neutralisiert wurden. 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. In der Zwischenzeit spielen Substitutionseffekte kaum noch eine Rolle, da der Anteil des Nettostrombezugs am gesamten Energieverbrauch bei deutlich über 80 % liegt.

Gründe für die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs sieht der Verband in der sog. „Softwareisierung“ sowie der zunehmenden Bedeutung von Serviceleistungen rund um den Kern der Güterproduktion, ebenso auch im Trend zur Miniaturisierung der Produkte.

Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

Als wesentliche Ursache für Effizienzverbesserungen führt der ZVEI daneben spezielle Energieeinsparmaßnahmen an, die von Unternehmen der Branche vielfach im Rahmen von Modernisierungen oder Erneuerungen der Produktionsanlagen, der Gebäudetechnik und Verwaltungseinrichtungen durchgeführt wurden.

Berücksichtigt werden muss laut ZVEI auch, dass die Elektroindustrie in ihren Bemühungen, die Produkte umweltfreundlich zu gestalten, häufig mehr anstatt weniger Energie zur Produktion einsetzt. Zum Beispiel wird bei Elektromotoren mehr Kupfer benötigt, um deren Wirkungsgrad zu erhöhen. Diese Prozesse benötigen mehr Energie und beeinflussen die Energieeffizienz negativ (ZVEI 2001). Der Zusammenhang zwischen Produktionswachstum und Energieverbrauch erscheint insgesamt aufgrund des fehlenden unmittelbaren prozesstechnischen Zusammenhangs eher als lose.

Als Grund für den Anstieg des spezifischen Energieverbrauchs in den Jahren 2002 bis 2004 hatte 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. Zu Effizienzverbesserungen in konjunkturellen Hochphasen trägt nach Verbandsangaben ebenfalls das Outsourcen von Teilen der Produktion auf Zulieferer oder ins Ausland bei. Wenn die Unternehmen im Ausland ansässig sind, zählt der Energieaufwand zur Herstellung der Güter. Dadurch wird der Effizienzanstieg in konjunkturellen Hochphasen überzeichnet. Dies führt der ZVEI als einen Grund für den Effizienzschub zwischen 2003 und 2008 an (ZVEI 2009: 8; 2010: 8). Dieser statistische Effekt kann nach seiner Ansicht jedoch nicht quantifiziert werden. Zusammen mit der Tatsache, dass bei einer Vielzahl von Produkten und Prozessen ein loser Zusammenhang zwischen Energieeinsatz und Produktion vorherrscht, führt dies dazu, dass die Effizienzentwicklung im konjunkturellen Verlauf hohe Schwankungen aufweist.

In dieses Bild passt auch die deutliche Verschlechterung des spezifischen Verbrauchs im Jahr 2009, der den Produktionseinbruch begleitet hat. Produktionseinbrüche haben aufgrund eines in vielen Bereichen fehlenden prozesstechnischen Zusammenhangs den Energieaufwand relativ unberührt gelassen. Hierzu hat auch die Kurzarbeit beigetragen, die zur Fortführung des Betriebsablaufs geführt hat. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass das Outsourcing zurückgegangen ist.

Im Zuge der Produktionsbelebung 2010 wiesen der spezifische Energieverbrauch mit 858 MJ/€ und die spezifischen Emissionen mit 54,96 g CO₂/€ wieder deutlich bessere Werte als im Vorjahr auf. Da es sich bei beiden Angaben Schätzungen des Energieverbrauchs durch den ZVEI handelt, wurden zur Absicherung Trendschät-

zungen der Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs vorgenommen. Zur Ermittlung der spezifischen Emissionen wurde dabei die durchschnittliche Energieträgerstruktur der Jahre 2005 bis 2009 unterstellt. Geschätzt wurden sowohl ein linearer als auch ein semi-logarithmischer Trend (lin-log). Zugrundegelegt wurde der Stützbereich 2000 bis 2009. Die entsprechenden Werte für den spezifischen Energieverbrauch 2010 waren beim linearen Trend 873 MJ/€ und beim semi-logarithmischen Trend 893 MJ/€. Die hiervon abgeleiteten spezifischen CO₂-Emissionen betragen 55,25 g CO₂/€ und 56,50 g CO₂/€.

Der lineare Trendwert für die spezifischen CO₂-Emissionen lag nur 0,5 % über dem Schätzwert des ZVEI. Der Zielerreichungsgrad des linearen Trends und der ZVEI-Schätzung entsprachen sich somit nahezu. Der lin-log Trendwert lag um knapp 3 % über der ZVEI-Schätzung. Auch bei diesem Wert wäre die Zielvorgabe der Selbstverpflichtung erreicht. Unabhängig davon, ob der Schätzwert die aktuelle konjunkturelle Situation widerspiegelt, weicht er damit nicht vom Trend der vergangenen Jahre ab.

14.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Einen Einblick in die Vielfalt der Maßnahmen zur Energieverbrauchs- und CO₂-Minderung, die 2010 in dieser Branche im Rahmen von Modernisierungen oder Erneuerungen der Produktionsanlagen, der Gebäudetechnik und Verwaltungseinrichtungen durchgeführt wurden, gewährt die Übersicht 14.2. Sie ermöglicht jedoch keine Aussage zu den insgesamt in diesem Jahr durchgeführten Maßnahmen. Die dort beispielhaft aufgeführte Auswahl entstammt Angaben des ZVEI. Eine Vielzahl der Maßnahmen betraf die Optimierung des Energieverbrauchs durch verbesserte Steuerung, die Verbesserung der Gebäudeisolierung, die Wärmeschutzverglasung, die Modernisierung von Heizungen, die Umstellung der Beleuchtungsanlagen auf energiesparende Systeme und die Umstrukturierung der Fahrzeugflotte.

Im Bereich Produktionsprozesse betrafen diverse Maßnahmen die Optimierung der Druckluft- und Kompressortechnik sowie der Abwärmeverwertung und der Wärmerückgewinnungstechnik.

Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

Übersicht 14.2

Ausgewählte Maßnahmen einzelner Unternehmen der Elektroindustrie zur Energieeinsparung

2010

-
- Wärmerückgewinnung bei Galvanik und Spritzerei
 - Einsatz von Bewegungsmeldern zur Lichtsteuerung
 - frequenzgeregelte Antriebsmotoren
 - Wärmerückgewinnung aus Prozessen und Raumbelüftung
 - automatische Lichtsteuerung (Präsenzmelder)
 - Erneuerung von Beleuchtungseinheiten und Heizsystemen
 - Nutzung von Erdwärme, Wärmerückgewinnung und Einsatz einer KWK-Anlage
 - Dachisolierung
 - Umstellung von Ölbeheizung auf Fernwärme
-

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

14.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die in Schaubild 14.3 dargestellten Zielerreichungsgrade zeigen, dass das für 2012 angestrebte Ziel einer 40-prozentigen Senkung seit 2004 deutlich übertroffen wurde. 2009 sank der Zielerreichungsgrad vorübergehend wieder auf knapp 80 %. 2010 wird er mit 108,8 % angegeben.

Als wesentliche Determinante gilt der spezifische Energieverbrauch. Dessen Entwicklung wird neben Einflüssen aus Softwaresierung, der zunehmenden Bedeutung von Dienstleistungen für die Kernproduktion und speziellen Energieeinsparmaßnahmen vor allem auch durch konjunkturelle Schwankungen bestimmt: In Abschwungphasen nimmt der spezifische Energieverbrauch aufgrund des fehlenden prozesstechnischen Zusammenhangs eher zu, in Boomphasen führt ein statistischer Effekt zur zusätzlichen Überzeichnung der Effizienzverbesserung durch Outsourcing ins Ausland.

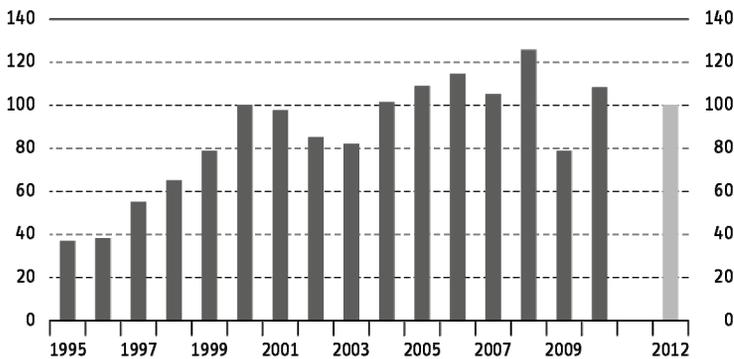
So sanken 2008, dem Jahr mit dem bisher höchsten Produktionswert, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen um 15,2 bzw. 14,2 %, während die Produktion um 0,2 % gegenüber einem auch 2007 schon vergleichsweise hohen Wert zunahm. Der spezifische Verbrauch verbesserte sich um 15,7 % auf den bisher niedrigsten Wert von 75 MJ/€.

Trotz des drastischen Produktionseinbruchs im Zuge der Wirtschaftskrise stieg der Energieverbrauch 2009 hingegen um 11,3 % und die CO₂-Emissionen um etwa 9,5 %. Damit kam es zu einem Anstieg des spezifischen Energieverbrauchs auf 1,052 MJ/€.

Schaubild 14.3

Zielerreichungsgrad der Elektroindustrie für das Minderungsziel 2012

1995 bis 2010; in %



Eigene Berechnungen.

Angesichts der Produktionsbelegung um 24 % im Jahr 2010 wurde vom ZVEI von einem Anstieg des Energieverbrauchs von 1,1 % und der CO₂-Emissionen von 2,5 % ausgegangen und eine Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs um 18,2 % errechnet. Schätzungen ergaben, dass dieser Wert dem Trend der letzten Jahre entspricht.

Mittelfristig wird sich zeigen, wie sich die in den letzten Jahren eingeführten Energiesparmaßnahmen im Rahmen der wirtschaftlichen Erholung auswirken. Für die Zukunft erwartet der Verband nur noch geringe Effizienzverbesserungen, da die Unternehmen bereits eine Vielzahl von Maßnahmen durchgeführt haben (ZVEI 2009: 9). Der ZVEI bezeichnet das für 2012 gesetzte Ziel nach wie vor als anspruchsvoll. Eine Stabilisierung der CO₂-Effizienz von 40 % bis 2012 ist seiner Ansicht nach angesichts der konjunkturellen Unwägbarkeiten weltweit schwer vorauszusagen.

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 der in den vergangenen Jahren beobachtete kontinuierliche Anstieg des Anteils an Strom am gesamten Energieeinsatz dieser Branche auf über 80 % bestehen bleiben. Aufgrund des hohen CO₂-Emissionsfaktors von Strom dürfte ein weiter

Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

steigender Stromanteil eher zu einer Erhöhung der spezifischen Emissionen führen, da dann Strom vor allem Gas ersetzen würde.

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 die 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 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 2009a: 3). Sie wurde inzwischen mit dem Gesetz zur Finanzierung der Beendigung des subventionierten deutschen Steinkohlenbergbaus zum Jahr 2018 (Steinkohlefinanzierungsgesetz) vom 28. Dezember 2007 umgesetzt. Mitte 2008 wurde die neue Bergbauplanung verabschiedet, in der die Standort-, Kapazitäts- und Personalplanung für die sozialverträgliche Anpassung in den Bergbauunternehmen bis 2012 vorgezeichnet ist (GVSt 2009a: 3).

2010 gehörten zur Steinkohlenindustrie noch eine Kokerei und fünf Steinkohlenbergwerke – drei im Ruhrgebiet, eines an der Saar und eines in Ibbenbüren. Am 1. Oktober 2010 wurde das Bergwerk Ost im Ruhrgebiet stillgelegt. Der Sektor beschäftigte Ende 2010 insgesamt noch rund 24 200 Mitarbeiter (GVSt 2011: 4). Die Steinkohlenförderung in Deutschland wird von der RAG Aktiengesellschaft (RAG) und ihrer Beteiligungsgesellschaft RAG Anthrazit Ibbenbüren GmbH wahrgenommen. Diese Unternehmen bilden mit den weiteren Beteiligungsgesellschaften RAG Mining Solution, RAG Montan Immobilien, RAG Konzernrevision und der RAG Ruhranalytik den RAG Konzern (GVSt 2011: 4).

15.1 Datenbasis

Der Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus, heute der Gesamtverband Steinkohle (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 einzel-

Der Steinkohlenbergbau

nen Energieträger und die Produktionsmenge in Tonnen verwertbare Förderung (t v. F.), die im Folgenden verkürzend mit Tonnen (t) wiedergegeben werden. Ebenso liefert der Verband Daten über das Methan- (CH₄-)Aufkommen und die Methanverwertung in aktiven und stillgelegten Bergwerksteilen. Die Mengen werden in CO₂-Äquivalenten ausgewiesen, mit einem Äquivalenzwert von 21 entsprechend dem 2. Sachstandsbericht des IPCC (OECD 2001: III.3).

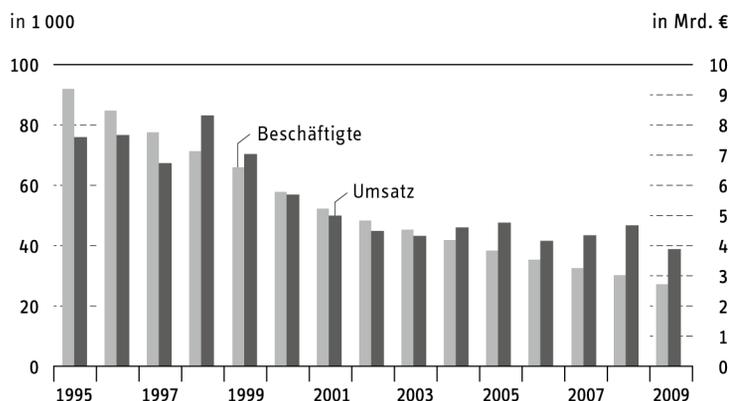
Werte zum Energieverbrauch dieses Sektors sind darüber hinaus in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes unter der Bezeichnung Steinkohlenbergbau und -brikettherstellung, zu finden: bis 2008 entsprechend der Systematik der Wirtschaftszweige 2003 unter der Kennziffer 10.1, seit 2009 entsprechend der Systematik der Wirtschaftszweige 2008 unter der Kennziffer 5.1. Die Verbandsdaten und die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Angaben sind allerdings nicht miteinander vergleichbar, da die vom Statistischen Bundesamt erfassten Daten Angaben zum Energieverbrauch von Unternehmen wie der früheren RAG-Tochtergesellschaft STEAG GmbH (heute Evonik Steag GmbH) enthalten, welche ihren Schwerpunkt in der Stromerzeugung und im Anlagenbau hat (GVSt 2002: 4). Gegenstand des Monitoring sind hingegen lediglich die Steinkohlenförderung sowie die Kokserzeugung 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 sechs Fortschrittsberichte mit Angaben zu den zwischen 1990 und 2010 vollzogenen Maßnahmen zur CO₂-Minderung zur Verfügung (GVSt 2005, 2007, 2008, 2009a, 2009b, 2010 und 2011).

15.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Im deutschen Steinkohlenbergbau wurden 2010 noch 12,9 Mill. t Steinkohle gefördert (Tabelle 15.3). Der Anteil der heimischen Steinkohle an der inländischen Versorgung lag im Jahr 2010 bei 28 % (GVSt 2011: 5). Die Steinkohlenindustrie zählt aufgrund der Produktionsbedingungen im Untertagebergbau zu den energieintensiven Sektoren. Mit einem Anteil von 1,2 % 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
 1995-2009



Nach Angaben des GVSt im Rahmen des Monitoring.

Der Energieverbrauch ist zwischen 1990 und 1999 um 51,8 % auf 62,8 PJ gesunken (Tabelle 15.4). Die Steinkohlenförderung ging hingegen zwischen 1990 und 1999 nur um 43,8 % von 69,8 auf 39,2 Mill. t zurück (Tabelle 15.3). Demgegenüber war der Rückgang der Produktion zwischen 1999 und 2010 mit 67,1 % ausgeprägter als der des Energieverbrauchs mit 57,3 %.

Nach den schweren bergbaubedingten Erschütterungen im Saarrevier Anfang 2008 wurden dort auf Basis eines neuen stark eingeschränkten Abbaukonzeptes die Abbauaktivitäten in unkritische Feldteile verlagert (GVSt 2010: 6). Mehrere Bereiche mussten stillgelegt werden. Das Konzept erlaubt nur noch einen Restabbau im Saarrevier bis 2012 mit einer Förderkapazität von 1 bis 1,5 Mill. t pro Jahr. Da die nötige Grubensicherheit aufrechterhalten werden musste, erhöhte sich der spezifische Energieverbrauch dort erheblich. Auch bei den drei in den Jahren 2008 bis 2010 im Ruhrrevier stillgelegten Bergwerken besteht bis zur Schachtverfüllung weiterhin ein erheblicher Energiebedarf, dem keine Förderung gegenübersteht (GVSt 2011: 6).

Der Umsatz nahm zwischen 1995 und 1999 um 7,5 % auf 7,1 Mrd. € ab (Schaubild 15.1). Bis 2004 sank er mit 34,4 % ähnlich stark wie die Fördermenge. Nicht zuletzt aufgrund des Preisanstiegs für Importkohle stieg der Umsatz zwischen 2004 und 2008 leicht mit 1,5 %, während die Fördermenge um 33,5 % sank. 2009 ver-

Der Steinkohlenbergbau

minderte sich die Fördermenge gegenüber dem Vorjahr um weitere 19,3 %, der Umsatz sank mit 17 % in ähnlicher Größenordnung (GVSt 2010: 6 und 20011: 6f).

Parallel zum Sinken der Steinkohlenförderung schrumpfte die Zahl der Beschäftigten von rund 130 300 im Jahr 1990 auf etwa 42 000 im Jahr 2004. Entsprechend der kohlepolitischen Vereinbarung setzte sich der Beschäftigungsabbau auf 24 200 Mitarbeiter im Jahr 2010 fort.

15.3 Kurzbeschreibung des Produktionsprozesses

In Deutschland wird Steinkohle unter Tage in bis zu 1 500 Meter Tiefe 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 anderen 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 geringmächtigen Flözen oder bei weicher Kohle zum Einsatz kommt, wird am Flöz entlang gezogen und schält 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 und größeren Mächtigkeiten wird der Walzenschrämlader eingesetzt, dessen rotierenden Walzen einen etwa 80 cm breiten Streifen herauschneiden. Der effiziente Einsatz dieser Maschinen wird durch Sensoren und Mikrochips in der Steuerungs- und Regelungstechnik geregelt. Alle Gewinnungsvorgänge unter Tage werden über Monitore von der Grubenwarte aus überwacht und gesteuert (DSK 2005).

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 über 40 % mit sogenannten Streckenvortriebsmaschinen (GVSt 2005: 9). Der Abbau entwickelt 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 Gebirgstemperaturen: Pro 100 Meter steigt die Temperatur um rund drei Grad Celsius (°C). Bei rund 1 000 Meter Abbautiefe herrschen Temperaturen von ca. 50 °C (GVSt 2011: 4). 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 Lüfter 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 Kohlegases in der Abluft verringert und unter der explosionsfähigen Konzentration gehalten. Beim 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. Die Verhinderung eines explosionsfähigen Gasgemisches wird, falls erforderlich, ergänzend zu den Wetterströmen mit Hilfe von Absaugvorrichtungen im Vorfeld der Kohlegewinnung sichergestellt (RAG 2003; GVSt 2008: 6f). Mit Einführung des EEG im Jahr 2000 ist die energetische Verwertung des Grubengases wirtschaftlich geworden. Seitdem werden Absaugung und entsprechende Verwertung forciert.

Aufgrund der durch das EEG eingetretenen Wirtschaftlichkeit wird seitdem ebenfalls die Verwertung des Grubengases aus stillgelegten Bergwerken betrieben. In den abgebauten Bereichen verbleiben nach Stilllegung noch etwa 10 bis 30 % des ursprünglichen Gasgehalts. Gemeinsam mit Partnern aus der mittelständischen Industrie wurden unter dem Dach der RAG Aktiengesellschaft 2000/2001 hierzu zwei Methanverwertungsgesellschaften gegründet. Zur Methangewinnung werden noch vorhandene Rohrsysteme genutzt oder Bohrungen nach Auswertung vorliegender Karten und Daten dort durchgeführt, wo ein größeres Gasvorkommen vermutet wird. Das Grubengas wird aus der Lagerstätte abgesaugt und verdichtet. Der in Blockheizkraftwerken erzeugte Strom wird in regionale Netze eingespeist und die anfallende Wärme soweit möglich zur Wärmeversorgung der Bergwerke oder Dritter eingesetzt (GVSt 2009b).

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 RAG werden pro Tag 100 000 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 600 km. Jedes Jahr kommen etwa 35 km an neuen Abbaustrecken und etwa 13 km allgemeines Grubengebäude hinzu. Mit fortschreitendem Abbau wird bereits beim Gewinnungsprozess der nicht weiter benötigte Teil der Abbaustrecken abgeworfen. Im Zuge der Optimierung des übrigen Streckennetzes werden

Der Steinkohlenbergbau

weitere Strecken stillgelegt. Insgesamt bleibt die Länge des Streckennetzes im Normalbetrieb etwa konstant. Auch für die Frischluftzufuhr zur Einhaltung der Klimagrenzwerte und zum Ausschluss von Schlagwetterexplosionen ist ein hoher Energieeinsatz erforderlich (GVSt 2002: 4 und 2011: 8).

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 °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 Kokereigas benötigt eine Kokerei für die Beheizung 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). Das erste Ziel, die Emissionen um 70 % zu reduzieren, wurde bereits 2001 erreicht. Der Zielerreichungsgrad lag 2005 bei 105,6 %.

Übersicht 15.1

Selbstverpflichtung des deutschen Steinkohlenbergbaus

Ziele	Verringerung der absoluten CO ₂ -Emissionen 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 GVSt (2002: 2 und 2005: 21).

Der Steinkohlenbergbau bindet seine Zusage in der Selbstverpflichtung 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 festlegt und die kohlepolitische Verständigung von 2007 mit Inkrafttreten des Steinkohlefinanzierungsgesetzes nur noch 12 Mill. t vorsieht, verringert sich damit auch die Höhe der zu erwartenden CO₂-Emissionen. Laut Fortschrittsbericht wird eine Minderung der Emissionen bis 2012 um rund 80 % gegenüber 1990 für plausibel erachtet (GVSt 2009a: 9).

Darüber hinaus sollen die Emissionen von Methan, das aus aktiven wie auch aus stillgelegten Bergwerken entweicht, bis 2012 um 70 % gegenüber 1990 reduziert werden. Methan gehört aufgrund seiner Klimawirksamkeit, die hier entsprechend dem 2. Sachstandsbericht des IPCC 21 Mal höher angesetzt ist als die des Kohlendioxids (OECD 2001: III.3), zu den im Kioto-Protokoll erfassten klimawirksamen Gasen. Die Minderung der Methanemissionen gilt daher als wesentlicher Bestandteil der Klimavorsorgevereinbarung des Steinkohlenbergbaus (GVSt 2002: 5). Der Steinkohlenbergbau steht nach Angaben des Verbandes trotz Umstrukturierungen der Branche im Zusammenhang mit der kohlepolitischen Verständigung von 2007 weiterhin unverändert auch zu diesen Verpflichtungen.

15.5 Bis 2010 realisierte CO₂- und Methangasminderungen

Dem Steinkohlenbergbau gelang es, die CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 2010 um 82,6 % zu senken (Tabelle 15.1). Das für 2012 avisierte Reduktionsziel von 75 % wurde bereits seit 2006 übertroffen (Schaubild 15.2). 2010 lag der Zielerreichungsgrad bei 110,1 %.

Tabelle 15.1
CO₂-Emissionen und Zielerreichungsgrade der Steinkohlenindustrie

1990 bis 2010; Minderungsziel gegenüber 1990: 75 % bis 2012

	1990	1995	1999	2000	2005	2008	2009	2010
CO ₂ -Emissionen, Mill. t	9,3	6,7	3,7	3,4	2,4	1,8	1,5	1,6
Minderung in %	-	27,2	59,8	63,0	73,9	80,4	83,7	82,6
Zielerreichungsgrad in %	-	36,3	79,7	84,0	98,6	107,2	111,6	110,1

Nach Angaben des GVSt.

Die in die Atmosphäre abgegebenen CH₄-Emissionen aus aktiven und stillgelegten Bergwerksteilen konnten von 19,7 Mill. t CO₂-Äquivalenten 1990 auf 2,8 Mill. t im

Der Steinkohlenbergbau

Jahr 2010, d.h. um 85,8 % reduziert werden (Tabelle 15.2). Mit einem Zielerreichungsgrad von 122,6 % wurde das angestrebte Ziel damit deutlich übererfüllt. Die CH₄-Emissionen aus aktiven Bergwerken sanken in diesem Zeitraum um 84,9 %, die aus stillgelegten Bergwerksteilen um knapp 95 %.

Tabelle 15.2
In die Atmosphäre abgegebene CH₄-Emissionen und Zielerreichungsgrade im Steinkohlenbergbau

1990 bis 2010; in Mill. t CO₂-Äquivalenten, Minderungsziel gegenüber 1990: 70 % bis 2012

	1990	2000	2005	2008	2009	2010
aus lebenden Bergwerken	17,9	9,6	5,6	3,7	2,8	2,7
aus stillgelegten Bergwerksteilen	1,8	2,7	0,1	0,1	0,1	0,1
CH ₄ -Emissionen insgesamt	19,7	12,3	5,7	3,8	2,9	2,8
Minderung geg. 1990, in %	-	37,6	71,1	80,7	85,3	85,8
Zielerreichungsgrad in %	-	53,7	101,5	115,3	121,8	122,6

Nach Angaben des GVSt.

15.6 Ursachenanalyse der CO₂-Minderung

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 2010 sank die Zahl der aktiven Bergwerke durch Stilllegung und Zusammenlegungen von 27 auf 5. Damit verbunden war eine Drosselung der Förderung um 81,5 % auf 12,9 Mill. t (Tabelle 15.3). Im selben Zeitraum konnten die CO₂-Emissionen um 82,6 % auf 1,6 Mill. t gesenkt werden und damit kaum stärker als die Produktion (Tabelle 15.1). Neben dem Förderrückgang, der für den größten Teil der CO₂-Emissionsminderungen verantwortlich war, trug bis 2007 auch eine Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs um 14,7 % dazu bei. Danach kehrte sich die Entwicklung um; der spezifische Energieverbrauch verschlechterte sich dadurch zwischen 1990 und 2010 um 11,2 %.

Zwischen 1990 und 1999 gelang es, den spezifischen Energieverbrauch um rund 14,7 % zu senken, von 1,87 auf 1,60 GJ/t (Tabelle 15.3). Im Jahr 2000 erfolgte gemäß der Vereinbarungen der Kohlerunde 1997 eine Stilllegung von drei Bergwerken und eine Rückführung der Förderkapazität um 6 Mill. t. Damit einhergehend stieg in diesem Jahr der spezifische Verbrauch auf 1,75 GJ/t. Bis 2007 konnte er erneut um weitere 8 % gesenkt werden. Den kurzzeitigen Anstieg im Jahr 2006 führt der Ver-

band auf technische und geologische Störungen zurück, die in einigen Bergwerken zu Betriebsunterbrechungen führten (GVSt 2008: 10). Die nach 2007 eintretende Verschlechterung des spezifischen Verbrauchs auf 1,87 GJ/t 2009 und 2,08 GJ/t 2010 ist zum einen auf die Folgen des Erschütterungsereignisses auf dem Bergwerk Saar zurückzuführen. Dort erfolgt aufgrund der anschließenden Teilstilllegung mit gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Grubensicherheit seitdem nur eine verminderte Produktion.

Entsprechende unvorhergesehene Maßnahmen bedingen nach Angaben des GVSt einen höheren Energiebedarf. Zum anderen beruht der gestiegene Energiebedarf auf den bis zur Schachtverfüllung durchzuführenden Arbeiten in den 2008 bis 2010 stillgelegten Bergwerken im Ruhrrevier (GVSt 2011: 10f).

Tabelle 15.3
Förderung, spezifischer Energieverbrauch und spez. CO₂-Emissionen der Steinkohlenindustrie

1990 bis 2010; gerundete Werte

	1990	1995	1999	2000	2005	2008	2009	2010
Förderung, (in Mill. t)	69,8	53,2	39,2	33,3	24,7	17,1	13,8	12,9
Veränd. geg. 90 (in%)	-	23,8	43,9	52,4	64,6	75,5	80,2	81,5
Spez. Emissionen, (kg/t)	132	125	95	102	98	108	111	121
Minderung (in %)	-	5,2	28,0	22,7	25,8	18,2	15,9	8,3
Spez. Verbrauch, (GJ/t)	1,87	1,72	1,60	1,75	1,66	1,83	1,87	2,08
Minderung (in %)	-	8,0	14,4	6,4	11,2	2,1	0,0	-11,2
CO ₂ -Intensität, (kg/GJ)	70,7	72,7	59,0	58,3	59,2	58,9	59,4	59,7

Nach Angaben des GVSt.

Der spezifische Energieverbrauch lag 2010 mit 2,08 GJ/t um 11,2 % über dem des Jahres 1990. Demgegenüber stand eine Reduktion der spezifischen Emissionen von 8,3 % (Tabelle 15.3). 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 Strom-

Der Steinkohlenbergbau

bedarf seit 1996 völlig durch Lieferungen von außen gedeckt wird, 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 15.4). Gleichzeitig führte dies zu einem starken Rückgang des Einsatzes an Steinkohlen als Brennstoff. Dieser sank von 40,2 PJ im Jahr 1995 auf 1 PJ im Jahr 1996. Insgesamt ist der Einsatz des kohlenstoffreichen Energieträgers Steinkohle von 56,1 PJ im Jahr 1990 auf nahezu Null seit der Jahrhundertwende reduziert worden.

Tabelle 15.4
Der Energiemix der Steinkohlenindustrie
1990 bis 2010; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	1999	2000	2005	2008	2009	2010
Steinkohlen	56,1	40,2	0,4	0,2	0,01	0,04	0,04	0,07
Steinkohlenkoks	0,2	0,03	0,03	0,03	-	-	-	-
Schweres Heizöl	0,6	-	-	-	-	-	-	-
Leichtes Heizöl	0,4	1,1	0,6	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1
Kokereigas	34,1	14,6	12,8	14,5	7,9	7,8	5,7	7,7
Gichtgas	0,8	0,9	-	-	-	-	-	-
Grubengas	9,5	10,4	7,9	6,1	4,4	0,7	0,7	0,6
Fossile Energieträger	101,7	67,2	21,7	21,4	12,4	8,7	6,6	8,4
Nettofremdstrombezug	28,6	24,2	41,1	37,0	28,6	22,6	19,2	18,4
Energieeinsatz insg.	130,3	91,4	62,8	58,4	41,0	31,3	25,8	26,8

Nach Angaben des GVSt.

Von 1999 bis 2010 nahm der spezifische Energieverbrauch um etwa 30 % zu, die spezifischen CO₂-Emissionen lagen mit 27,4 % nur wenig darunter. Die Veränderungen in der Struktur des Energiemixes hatten somit in der letzten Dekade kaum Folgen für den spezifischen CO₂-Ausstoß.

In den vergangenen Jahren nahm zwar die Bedeutung des Stromverbrauchs mit einem CO₂-Emissionsfaktor von 0,064 t/GJ weiter zu: So stieg der Anteil des Nettofremdstrombezugs von 1999 bis 2010 von 65,4 % auf 68,6 %. Jedoch erhöhte sich gleichzeitig die Bedeutung des kohlenstoffarmen Kokereigases mit einem Emissionsfaktor

von 0,044 t CO₂/PJ auf 22,1 %. Der Anteil des Kokereigases sank zwar zunächst von 20,2 % in 1999 (12,8 PJ) bzw. 24,8 % in 2000 auf 15,3% in 2001 (6,8 PJ). Diese Einsatzminderung um 6 PJ ist vor allem auf den Rückgang der Koksproduktion zurückzuführen, bei der Kokereigas als Nebenprodukt entsteht (Kohlenstatistik 2008). Danach veränderte sich die Einsatzmenge kaum noch. 2010 waren es 7,7 PJ bei einem deutlich niedrigeren Energieverbrauch insgesamt und damit einem Anteil von 29 %.

Der Verbrauch an Grubengas, das mit 0,054 t CO₂/PJ einen leicht höheren Emissionsfaktor als Kokereigas aufzuweisen hat, lag zwischen 2000 und 2004 bei durchschnittlich jährlich 6 PJ. Bis 2007 halbierte sich der Einsatz und verringerte sich 2010 auf nur noch 0,6 PJ. Dies implizierte einen Anteilsverlust am gesamten Energieverbrauch gegenüber 1999 von 12,6 % auf 2,2 % im Jahr 2010. Der Grund hierfür ist nach Angaben des GVSt, dass nur noch ein Bergwerk das Grubengas direkt nutzt. Die anderen beziehen die Abwärme aus den Blockheizkraftwerken der Grubengasverwertungsgesellschaft Mingas Power (GVST 2009a: 12).

Der Effekt dieser Änderungen im Energiemix auf die Emissionen wird ebenfalls sichtbar, wenn man die spezifischen Emissionen pro Energieeinheit oder CO₂-Intensität berechnet, d.h. den Quotienten aus Gesamtemissionsmenge und Gesamtenergieverbrauch bildet. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 15.3 aufgeführt und zeigen, dass Veränderungen im Energiemix nur zwischen 1990 und 1999 positive Auswirkungen auf die Emissionen ergaben. Danach wiesen diese Werte bis 2010 keine großen Änderungen mehr auf.

15.7 Ursachenanalyse der Minderung der Methanemissionen

Die im aktiven Bergbau auftretenden CH₄-Gasmengen setzen sich zusammen aus dem Methanaufkommen, das bei der Steinkohleförderung anfällt sowie den Ausgasungen bei der Aufbereitung der Steinkohle. Die klimarelevanten CH₄-Emissionen, die im Rahmen der Selbstverpflichtung relevant sind, ergeben sich nach Abzug der Gasmengen, die verwertet werden.

Die CH₄-Gasmengen aus der Steinkohlenförderung und der Aufbereitung der Kohle gingen von 1990 bis 2010 beträchtlich zurück, von 22,5 auf 3,9 Mill. t CO₂-Äquivalente (Tabelle 15.5). Wesentlicher Auslöser war die Verringerung der Steinkohleförderung in diesem Zeitraum um 81,5 %. Ein fester Zusammenhang zwischen geförderter Menge und Gasaufkommen in Form eines festen Gaskoeffizienten in Gasmenge pro Einheit Förderung existiert jedoch nicht, da der Gasgehalt der Kohle sich in den einzelnen Lagerstätten unterscheidet. Er hängt von der Qualität der Kohle sowie der geologischen Entwicklung des jeweiligen Raumes ab. In den Berg-

Der Steinkohlenbergbau

werken NRW schwankt er z.B. zwischen 0 und 22 m³ Gas je Tonne Kohle. So ist der Rückgang des Gasaufkommens um 26,3 % bei einem gleichzeitigen Anstieg der Fördermenge um 2,9 % im Jahr 2007 darauf zurückzuführen, dass ein fast methanfreies Flöz abgebaut wurde (Tabelle 15.3). Zudem werden nach Angaben des Verbandes Bergwerksteile vom aktiven in den stillgelegten Bereich überführt. 2010 sank die Fördermenge gegenüber dem Vorjahr um 6,5 % bei einem Rückgang des Gasaufkommens um 2,6 % (GVSt 2011:13).

Analog zum Rückgang des Gasaufkommens sank auch die Methanverwertung aus dem aktiven Bergbau zwischen 1990 und 2010, wenn auch mit knapp 74 % um etwa 8,7 Prozentpunkte weniger. D.h., die Methanverwertung ist in den letzten Jahren deutlich verbessert worden. Wurde im Jahr 1990 laut GVSt etwa 70 % des abgesaugten Gases verwertet, sind es jetzt etwa 90 %. Ein vorher nicht absehbarer Teil des Methanaufkommens geht jedoch mit den Wetterströmen, die zur Verdünnung der Methankonzentration erforderlich sind, in die Atmosphäre und steht für Absaugung und Verwertung nicht zur Verfügung. So fiel der Rückgang der Methanverwertung 2009 mit 33,3 % deutlich höher aus als der des Gasaufkommens mit 27,3 %. 2010 entsprach die Methanverwertung derjenigen der Vorjahre, die CH₄-Gasmengen gingen um 2,5 % zurück. Insgesamt ergab sich zwischen 1990 und 2010 als Folge des Rückgangs der Steinkohlenförderung und gleichzeitiger Verbesserung der Verwertungssituation eine Reduktion der in die Atmosphäre abgegebenen Emissionen um 85 %.

Tabelle 15.5
CH₄-Gasmengen und Verwertung in aktiven Steinkohlebergwerken
1990 bis 2010, in Mill. t CO₂-Äquivalente

	1990	2000	2005	2008	2009	2010
CH ₄ -Gasmengen aus der Steinkohlenförderung	21,7	13,1	9,2	5,3	3,8	3,7
CH ₄ -Ausgasung aus der Aufbereitung	0,8	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
CH ₄ -Gasmengen insgesamt	22,5	13,5	9,5	5,5	4,0	3,9
Methanverwertung	4,6	3,9	3,9	1,8	1,2	1,2

Nach Angaben des GVSt.

In den stillgelegten Bergwerksteilen im Ruhrrevier und an der Saar haben alle Methanverwertungsgesellschaften gemeinsam im Jahr 2010 3,8 Mill. t CO₂-Äquivalente abgesaugt und verwertet (Tabelle 15.6). Da in den letzten Jahren flächendeckend Abbaugenehmigungen für Grubengas vergeben wurden, geht der Verband inzwischen davon aus, dass 98 % des vorhandenen Grubengases gewon-

nen werden und kaum Restemissionen vorkommen. Damit lassen sich die ausgasenden CH₄-Mengen insgesamt für 2010 mit 3,9 Mill. t beziffern.

Bezogen auf die für 1990 ausgewiesenen Ausgasungen aus stillgelegten Bergwerken von 1,8 Mill. t implizieren die aktuellen Restemissionen von 100 000 t eine Reduktion um knapp 95 %. Bei der Interpretation dieser Entwicklung ist zu beachten, dass in den letzten Jahren Bergwerksteile vom aktiven in den stillgelegten Bereich überführt worden sind und die Zahl der diffusen zu nutzenden Quellen viel zahlreicher geworden ist. So wären ohne Verwertung die klimarelevanten CH₄-Emissionen aus stillgelegten Bergwerksteilen 2010 um gut 150 % höher gewesen als 1990 (GVSt 2011: 15).

Tabelle 15.6
CH₄-Gasmengen und Wiederverwertung in stillgelegten Bergwerksteilen

1990 bis 2010, in Mill. t CO₂-Äquivalente

	1990	2000	2005	2008	2009	2010
CH ₄ -Gasmengen	1,8	2,7	3,1	4,6	4,2	3,9
Wiederverwertung			3,0	4,5	4,1	3,8

Nach Angaben des GVSt.

15.8 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 15.7). Deren Anzahl hat sich von 147 im Jahr 1990 auf 16 im Jahr 2010 verringert, wobei der Rückgang der letzten Jahre auch auf die Stilllegung der Zechen zurückzuführen ist. Dabei stieg die Förderung je Abbaubetriebspunkt auf Basis standardisierter Technik zwischen 1990 und 2010 von rund 1 800 um knapp 66 % auf etwa 3 000 t pro Tag. Die Leistung unter Tage je Mann und Schicht, die bis 2007 von 5 t auf 7,1 t gesteigert werden konnte (RWI 2008: 206), lag 2010 bei 6,1 t. Wesentliche Auslöser der Produktivitätsverbesserungen waren nach Angaben des Verbandes aufgrund der hohen Energieintensität und daraus resultierender hoher Energiekosten 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 heute 340 m (GVSt 2010: 16).

Die durchschnittliche Abbautiefe lag nach Verbandsangaben im Berichtszeitraum bei rund 1 150 m, was einer Zunahme um fast 200 m gegenüber dem Basisjahr, bzw. um mehr als 100 m gegenüber dem Jahr 2000 entspricht. Begleitet wird diese

Der Steinkohlenbergbau

Teufenzunahme von wachsenden Gebirgsdrücken im Umfeld der Abbaustrecken und zunehmendem Klimatisierungsbedarf in den laufenden Abbau- und Vorleistungsbetrieben (GVSt 2009a: 13).

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 komplexeren, automatisierten Überwachungs- und Steuerungssystemen (GVSt 2007: 16).

Tabelle 15.7
Indikatoren zur Rationalisierung in der Steinkohlenindustrie
1990 bis 2010

	1990	1995	1999	2000	2005	2008	2009	2010
Leistung je Mann/Schicht in t	5,0	5,6	6,2	6,7	6,7	6,3	5,6	6,1
Förderung je Abbaubetriebspunkt in 1 000 t	1,8	2,3	3,0	3,4	3,9	3,7	3,4	3,0
Bergwerke	27	19	15	12	9	7	6	5
Abbaubetriebspunkte	147	86	50	37	24	18	15	16

Nach Angaben des GVSt (2011).

In den vergangenen Jahren wurden auf den Bergwerken der RAG AG die vorhandenen bergbauspezifischen Prozessabläufe untersucht (GVSt 2011: 17ff). Mit Hilfe von Lean Processing wurden sowohl im Abbau als auch in der Vorleistung und Logistik deutliche Optimierungen erzielt. Durch Standardisierung und rationellere Gestaltung der Prozessabläufe wurden wesentliche Voraussetzungen dafür geschaffen, dass die Steuerung der ablaufenden Prozesse automatisiert werden konnte. Übersicht 15.2 stellt ausgewählte Maßnahmen der letzten Jahre zur Verbesserung bergbauspezifischer Prozesse sowie ergonomischer Bedingungen, die der Verband zur Verdeutlichung zusammengestellt hat, dar. Hierbei handelt es sich z.B. um Innovationen beim Streckenvortrieb und in den Gewinnungsbetrieben sowie Verbesserungen in der Organisation der Untertage Logistik (GVSt 2010: 17ff). Nachdem sich die

einzelnen Neuerungen zunächst auf einzelnen Bergwerken bewährt hatten, wurden sie auch in anderen Betrieben eingeführt (GVSt 2011: 17).

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 Klimatisierung, 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, um den Grundwasserspiegel niedrig zu halten. Diese Erfordernisse haben letztlich zum Anstieg des spezifischen Energieverbrauchs zwischen 2007 und 2010 beigetragen (GVSt 2011: 17).

Übersicht 15.2

Ausgewählte Maßnahmen der Steinkohlenindustrie zur Energieeinsparung

- Online-Rapports als Basis für Analysen und Controlling wurden entwickelt und eingeführt und das Rapportwesen für Vorleistungsbetriebe auf diese Weise standardisiert.
- Das Schienensystem der Vortriebsausrüstung wurde optimiert. Dadurch konnte der für den Schienenein- und -ausbau benötigte Aufwand halbiert werden.
- Die leistungsstärkere Hobelgeneration erhöht die Verfügbarkeit der Betriebsmittel. Die Ausführung der versatzseitigen Hobelführung erfolgt mit hochverschleißfestem Guss.
- Die Schneideinheiten am Walzenlader wurden ladetechnisch vorteilhafter konstruiert, um eine höhere Antriebsleistung und eine erhöhte Standfestigkeit der Bauteile zu erhalten.
- Die Winden wurden leistungsstärker konstruiert, um Zugkraft und Marschgeschwindigkeit zu erhöhen.
- Zur Auffahrung geankerter Bogenstrecken wurden Teilschnittmaschinen mit Ankerplattformen standardisiert.

Nach GVSt (2011: 17f).

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

Der Steinkohlenbergbau

Fördermenge je Abbaubetriebspunkt führen und die Leistung unter Tage je Mann und Schicht wie z.B. 2009 auf etwa 5 600 kg reduzieren können (Tabelle 15.7). Geologische Veränderungen der ursprünglichen Lagerungsform der Kohle wie Schichtenzerreißen bzw. Verwerfungen erfordern entsprechende Anpassungen, mit denen ein hoher Material- und Energieeinsatz einhergeht.

Tabelle 15.8
Investitionen in der Steinkohlenindustrie
1995 bis 2010

	1995	1999	2000	2005	2008	2009	2010
Investitionen, (in Mill. €)	284	240	181	154	141	109	115
Investitionsquote	5,3	6,1	5,4	6,2	8,2	7,9	8,9

Nach Angaben des GVSt (2011: 18). Investitionsquote: Investitionen in €/t Fördermenge.

Rationalisierungsanstrengungen und Produktivitätssteigerung sowie die Erhaltung der Betriebsbereitschaft spiegeln sich in den Investitionen wider, ebenso Auflagen und Bestimmungen aus den Bereichen Arbeitssicherheit, Umwelt- und speziell Klimaschutz. Die Investitionsquote, d.h. die Investitionen pro Tonne geförderter Steinkohle, wurde Ende der neunziger Jahre noch einmal deutlich erhöht und stieg bis 2004 auf knapp 10 € pro Tonne bei einem Investitionsvolumen von 254 Mill. € (RWI 2007: 203). Zur Sicherung der Fördermöglichkeit und Leistung wurden 2005 insgesamt noch 154 Mill. € investiert bei einer Investitionsquote von 6,2 % (Tabelle 15.8). Davon betrafen 9,4 Mill. € Investitionen in Anlagen für den Umweltschutz (GVSt 2009a: 16). 2009 wurden die Investitionen zurückgeführt auf 109 Mill. €. Dies bedeutet noch eine Investitionsquote von etwa 8 €/t Fördermenge. Um weiterhin Fördermöglichkeit und Leistungen zu sichern wurden nach Angaben des GVSt 2010 erneut insgesamt 115 Mill. € investiert (Tabelle 15.8). Die Investitionsquote stieg auf durchschnittlich 8,9 €/t Fördermenge. Der Anteil der Investitionen für Umweltschutzzwecke lag 2009 und 2010 bei rund 1 % gegenüber 3 % bis 6 % in früheren Jahren.

15.9 Zusammenfassung und Bewertung

Die deutsche Steinkohlenindustrie hat die für 2012 avisierte Zielmarke, die CO₂-Emissionen um 75 % zu mindern, seit 2006 in jedem Jahr übertroffen (Schaubild 15.2). 2010 lag der Zielerreichungsgrad mit einem CO₂-Ausstoß von 1,6 Mill. t und einer Minderung gegenüber 1990 um 82,6 % bei 110,1 %. Die wesentliche Ursache dafür ist die Drosselung der Steinkohlenförderung. Zur Reduktion der Emissionen haben zudem Verbesserungen beim spezifischen Energieverbrauch

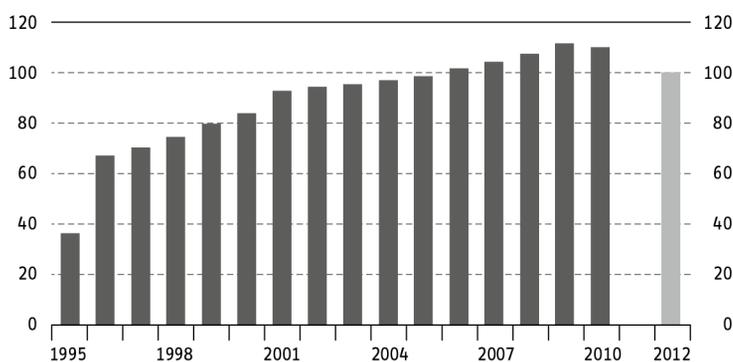
sowie die Erhöhung des Fremdstrombezugs nach der erfolgten Stilllegung der Zechenkraftwerke beigetragen – wenngleich nur in den neunziger Jahren. Danach schwankten sie bis 2007 zwischen 1,60 und 1,75. 2008 und 2009 entsprach der spezifische Energieverbrauch aufgrund der Folgemaßnahmen auf das Erschütterungsereignis im Saarrevier und einer Bergwerksstilllegung im Ruhrrevier mit 1,83 GJ/t und 1,87 GJ/t wieder dem Niveau von 1990. 2010 stieg er um weitere 11,2 % auf 2,08 GJ/t.

Bemühungen des Steinkohlenbergbaus, die Energieeffizienz weiter zu steigern, stoßen laut Aussage des Verbandes inzwischen an technisch-physikalische Grenzen (GVSt 2010: 19). Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass weitere Energieeinsparungen teilweise durch gegenläufige Einflussfaktoren wie zunehmende Abbautiefe und damit einhergehend steigenden Temperaturen oder Folgemaßnahmen der Bergwerksstilllegungen zunichte gemacht werden.

Schaubild 15.2

Zielerreichungsgrade der Steinkohlenindustrie für das CO₂-Minderungsziel 2012

1995 bis 2010; 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 zweiten Fortschrittsbericht von 2005 berücksichtigt, indem er nunmehr bis 2012 eine CO₂-Reduktion von 80 % gegenüber dem Basisjahr 1990 für möglich hielt. Nach 2008 und 2009 lagen die CO₂-Emissionen auch im Jahr 2010 um mehr als 80 % unter denen des Jahres 1990. Dies ist auf den drasti-

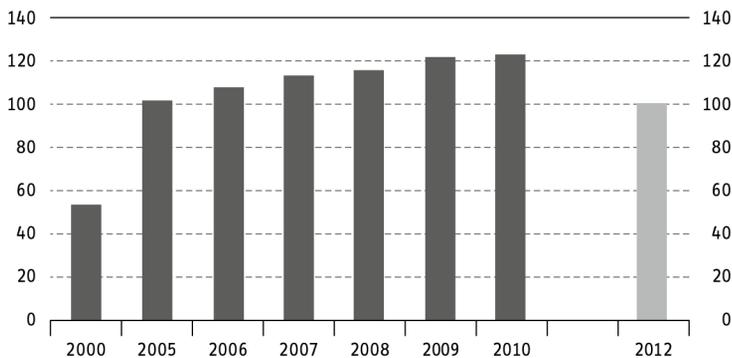
Der Steinkohlenbergbau

schen Rückgang der Fördermenge auf inzwischen 12,9 Mill. t im Jahr 2010 zurückzuführen bei einem deutlichen Anstieg des spezifischen Energieverbrauchs (GVST 2011: 19). Würde gemäß dem Steinkohlefinanzierungsgesetz und der Rahmenvereinbarung Sozialverträgliche Beendigung des subventionierten Steinkohlenbergbaus in Deutschland, in dem die kohlepolitische Verständigung vom 7. Februar 2007 umgesetzt wurde, 2012 eine Fördermenge von 12 Mill. t realisiert anstatt der im Juli 2003 vereinbarten 16 Mill. t, dürften die CO₂-Emissionen – bei Konstanz der aktuellen spezifischen Emissionen - nochmals um rund 100 000 t niedriger liegen als 2010.

Die CH₄-Emissionen aus aktiven und stillgelegten Bergwerksteilen konnten von 19,7 Mill. t in CO₂-Äquivalenten 1990 auf 2,8 Mill. t, d.h. um 85,8 % im Jahr 2010 gesenkt werden. Das avisierte Ziel wurde seit mehreren Jahren deutlich übertroffen (Schaubild 15.3). Ursache hierfür war zum einen der Rückgang der Steinkohleförderung, der das Gasaufkommen aus aktiven Zechen reduzierte zum andern die mit der Einführung des EEG einsetzende intensive Verwertung des Grubengases aus aktiven und stillgelegten Bergwerken.

Schaubild 15.3
Zielerreichungsgrade der Steinkohlenindustrie für das Methan-Minderungsziel 2012

2000 bis 2010; 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) repräsentiert, zu dem sich im Herbst 2007 alle entsprechenden Fachverbände – so auch der frühere Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) – zusammengeschlossen haben. Dessen Mitgliedsunternehmen stellen derzeit etwa 95 % aller Gasversorgungsunternehmen in Deutschland dar. Zum anderen wird die Klimaschutzerklärung 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)
- Industrieverband 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 Reduzierung der Methanemissionen aus Leckagen veralteter Grauguss-Erdgasleitungen wurde mit dem Monitoringbericht für die Jahre 2000 bis 2002 zum ersten Mal berücksichtigt (Steimle und Schikora 2003: 14, Schmitz 2006). Die Erneuerung von Graugussleitungen konnte früher aufgrund fehlender Daten nicht angeordnet werden. Daher wurden im Plausibilitätsbericht der TU Hamburg-Harburg

Das Gasfach

für die Jahre 2002/ 2003 rückwirkend bis 1990 die Minderungserfolge im Gasleistungsbereich ergänzend berechnet (Schmitz 2005).

Die Zusammenführung aller Daten und die Berechnung der Auswirkungen der besonderen Anstrengungen des Gasfachs ist komplex, da sie sich aus einer Vielzahl von einzelnen Maßnahmen-Kategorien zusammensetzt. Aus diesem Grund hat das deutsche Gasfach seinem, im Rahmen des Monitoring zu erstellenden Fortschrittsbericht 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 (TU) Hamburg-Harburg, Arbeitsbereich Technische Thermodynamik übernommen (Schmitz 2005).

Für den Monitoringbericht 2009 hat die TU Hamburg-Harburg die Berechnungen zurückliegender Jahre überprüft und rückwirkend bis zum Jahre 2000 vereinzelt Änderungen vorgenommen. So fallen die bis 2008 erreichten CO₂-Minderungen im Haushaltsbereich bei der Substitution anderer Energieträger durch Gas um knapp 7 % höher aus, bei den Neubauten um 1 % und bei den Blockheizkraftwerken (BHKW) um 0,7 % geringer. Im Bereich Kleinverbraucher wurden die Werte bei den BHKW nach unten korrigiert. So lagen sie 2008 knapp 11 % niedriger als bisher ausgewiesen. Als Ursache für die Korrekturen wurde angegeben, dass vereinzelt Emissionsfaktoren korrigiert werden mussten. So sind bei der Substitution anderer Energieträger durch Gas Austauschkoefizienten falsch eingesetzt worden. Ebenso wurden aktuellere Angaben zu den Nutzungsgraden für Ölkessel berücksichtigt (Schmitz 2010a: 20; und 2010b: 10).

Diese Korrekturen haben insgesamt keine größeren Änderungen der CO₂-Minderung bewirkt. Die hier ausgewiesenen Minderungen liegen zusammengenommen etwas höher als in den Vorjahren. So wird z.B. für 2008 die bis zu diesem Jahr realisierte CO₂-Reduktion mit 44,35 Mill. t um knapp 150 000 t höher ausgewiesen.

Anzumerken ist nach Angaben des Verbandes ebenfalls noch, dass die Berechnungen der CO₂-Reduktion durch Kraft-Wärme-Kopplung mit Unsicherheiten behaftet sind, da die Daten zur Installation von Gasturbinen seit 2006 nicht mehr aktualisiert werden konnten und die Werte von 2006 für die Jahre 2007 bis 2009 fortgeschrieben wurden (Schmitz 2010a: 19).

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 17,4 % (Tabelle 16.1). Die Zunahme des Marktanteils erfolgte vor allem zu Lasten von Heizöl und Festbrennstoffen.

Tabelle 16.1

Endenergieverbrauch an Naturgasen aller Sektoren in Deutschland

1990 bis 2009

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009
Verbrauch, in Mrd. kWh	458,2	577,9	612,7	611,0	605,5	586,6	584,1	567,6
Anteil am Endenergieverbrauch, in %	17,4	22,3	23,9	23,8	23,4	23,9	23,1	23,5

Nach Angaben der AGEB (2011). – Angaben für 2010 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich.

Im Jahr 2009 lag der Endenergieverbrauch an den Naturgasen Erdgas und Erdölgas in der Bundesrepublik Deutschland nach Angaben der AGEB bei rund 567,6 Mrd. kWh (Tabelle 16.1). Diese Gase hatten damit einen Anteil am Endenergieverbrauch von 23,5 %. Den bislang höchsten Anteil erreichten Naturgase 2002 mit 24,8 % (RWI 2007: 206). Sowohl der Verbrauch als auch sein Anteil am gesamten Endenergieverbrauch gehen seitdem leicht zurück.

Die Gasversorgungsunternehmen setzten nach Angaben des Verbandes 2010 rund 933,0 Mrd. kWh Erdgas ab. Sie beschäftigten ca. 38 400 Personen und erzielten in Deutschland einen Umsatz von rund 36 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

Das Gasfach

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 Kyoto-Protokoll hat die deutsche Gaswirtschaft ihre Selbstverpflichtungserklärung 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 5,3 Mill. Wohnungen²⁰ zwischen 1990 und 2012.
- Substitution im Neubau: Vergrößerung des Marktanteils von Erdgas in rund 5 Mill. Neubauwohnungen zwischen 1990 bis 2012.

²⁰ Der in der Klimaschutzklärung vom November 2001 aufgenommene Wert von 2,5 Mill. Wohnungen war aufgrund eines Übertragungsfehlers falsch (Schmitz 2009:3).

- 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 13 867 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, die Zahl der Erdgastankstellen auf 1 000 anwachsen. 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 2010 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 2010 auf Basis vorläufiger Daten gegenüber 1990 um 47,5 Mill. t reduziert (Tabelle 16.2). Das bedeutet eine zusätzliche CO₂-Einsparung von gut 1,7 Mill. t gegenüber dem Jahr 2009. Von der gesamten Emissionsminderung des Jahres 2010 entfallen rund 0,7 Mill. t auf die Warmwasseraufbereitung.

Die CO₂-Emissionsminderungen bei der Warmwasserbereitung waren zwischen 1996 und 2000 praktisch vernachlässigbar gering. Seit 1996 werden sie nach Absprache zwischen Verband und RWI bei der Bewertung nicht mehr berücksichtigt.

Das Gasfach

Damit lag der Zielerreichungsgrad angesichts der Reduktion im Jahr 2010 von 48,2 Mill. t ohne Berücksichtigung der Warmwasserbereitung bei 107,1 %.

Tabelle 16.2

CO₂-Emissionsreduktionen im deutschen Gasfach

1990 bis 2010; in Mill. t CO₂; Ziel bis 2012: CO₂-Minderung von 45 Mill. t gegenüber 1990

	Emissionsreduktionen ohne Warmwasser	Emissionsreduktionen insgesamt
1990	0,0	0,0
1991	4,0	4,0
1992	7,1	7,1
1993	11,6	11,6
1994	14,6	14,6
1995	17,8	17,8
1996	21,9	21,9
1997	28,2	28,2
1998	29,6	29,6
1999	30,7	30,7
2000	33,3	33,4
2001	34,6	34,7
2002	36,6	36,7
2003	37,9	38,2
2004	39,4	39,6
2005	40,5	40,8
2006	42,1	42,4
2007	43,2	43,6
2008	44,6	45,0
2009	46,2	45,8
2010	46,8	47,5

Eigene Berechnungen nach Angaben von Schmitz (2011b: 11).

16.5 Ursachenanalyse

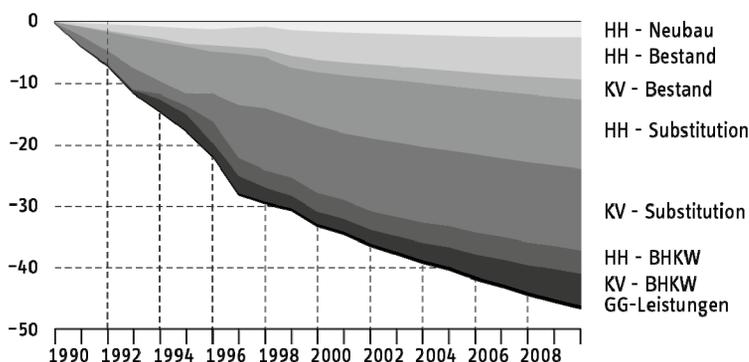
Den größten Beitrag zu den bisherigen CO₂-Emissionsminderungen leistete der Sektor Haushalte (HH), der 2010 laut Plausibilitätskontrolle mit 24,6 Mill. t bzw. einem Anteil von rund 52 % deutlich vor dem Sektor Kleinverbraucher (KV) mit 21,6 Mill. t respektive 45,5 % lag (Schaubild 16.1 und Schmitz 2010b: 11). 73 % der bisherigen Reduktionen erfolgten bei den Haushalten bereits zwischen 1990 und 2000, bei den Kleinverbrauchern waren es knapp 70 %. 2010 konnten die CO₂-Einsparungen bei den Haushalten gegenüber dem Jahr zuvor um 386 000 t und bei

den Kleinverbrauchern um 676 000 t erhöht werden. Die Modernisierung der Graugussleitungen machte 2010 ähnlich wie in den Vorjahren 1,3 % der CO₂-Minderungen des Gasfachs aus. Der Anteil der Warmwasserbereitung lag bei 1,4 %. Der Bestand an Erdgasfahrzeugen blieb auch 2010 mit 93 000 noch weit hinter den für 2012 erwarteten 500 000 Fahrzeugen zurück. Der Beitrag des Verkehrssektors zu den Klimaschutzanstrengungen des Gasfachs durch den Einsatz erdgasbetriebener Fahrzeuge war mit 0,1 % weiterhin verschwindend gering (Schmitz 2011a und b).

Schaubild 16.1

CO₂-Emissionsminderungen durch verschiedene Maßnahmen des Gasfachs

1990 bis 2010; in Mill. t; kumuliert



Eigene Berechnungen nach Angaben von Schmitz (2011b: 11).

Im Bereich Haushalte kam 2010 der Substitution von Kohle-, Öl- und Stromanlagen zur Heizwärme- und Warmwasserbereitung die größte Bedeutung zu mit einem Anteil an den CO₂-Emissionsminderungen von 23,9 %, gefolgt von der Modernisierung bestehender Gasheizungen (14,6 %), der Förderung von BHKW (8,1 %) sowie dem Einsatz von Erdgas im Neubaubereich (5,1 %) (Schaubild 16.1). Mit gut 386 000 t wurde die geringste Minderung bei den Haushalten seit 2000 realisiert. Die niedrigeren zusätzlichen CO₂-Minderungen im Vergleich zu früheren Jahren sind vor allem auf den deutlichen Rückgang zusätzlicher CO₂-Minderungen im Bereich der Neubauten sowie bei den Blockheizkraftwerken zurückzuführen.

Zwischen 1991 und 2009 wurden in rund 5,6 Mill. Altbauwohnungen CO₂-intensive Energieträger durch Erdgas substituiert und damit die für 2012 der Selbstverpflichtung zugrunde liegende Annahme von 5,3 Mill. Wohnungsumstellungen bereits übertroffen. Bis 2010 konnte der Mischnutzungsgrad, d.h. der mittlere Nutzungs-

Das Gasfach

grad der neu installierten Gasgeräte auf 97 % gesteigert werden. Der mittlere Nutzungsgrad der Gasgeräte im Bestand konnte vor allem durch den Austausch gegen neue Brennwertgeräte deutlich gesteigert werden. Nach Angaben des Verbandes liegt er nur noch knapp unter dem für 2012 erwarteten Bestandsnutzungsgrad von 89 % (Schmitz 2011a: 9).

Die Zahl der Fertigstellungen gasbeheizter Wohnungen ging zwischen 1995 und 2007 von 373 419 auf etwa ein Drittel zurück. Nach etwa 159 000 in 2005 und 2006 sank sie 2007 noch einmal deutlich auf rund 125 400 (Tabelle 16.3). Bis 2009 fiel die Zahl der Fertigstellungen auf rund 80 000. Nachdem der Anteil gasbeheizter Neubauwohnungen bis 2004 auf 75,8 % stetig angestiegen war, ging auch dieser Wert – parallel zum Rückgang der Fertigstellungen – bis 2009 auf 58,6 % zurück (Tabelle 16.4). Nach Angaben des Plausibilitätsberichts lag dieser Anteil im Jahr 2010 bei 50,0 % (Schmitz 2011b: 4). Erdgas ist damit immer noch der wichtigste Energieträger für Neubauten, auch wenn Wärmepumpen an Bedeutung gewinnen konnten.

Tabelle 16.3
Fertigstellungen gasbeheizter Wohnungen

1995 bis 2009

	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Einfamilienhaus	42 258	131 251	110 676	92 765	90 430	67 325	49 862	38 981
Zweifamilienhaus	26 684	35 448	23 753	19 682	16 766	13 820	10 178	7 540
Mehrfamilienhaus	236 467	104 691	53 249	46 287	51 219	43 376	38 773	32 931
Insgesamt ¹	373 419	273 143	187 757	159 025	158 945	125 437	99 695	80 026

Statistisches Bundesamt, Fachserie 5, Reihe 1 (versch. Jahrgänge). Angaben für 2010 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich. – ¹ Einschließlich Wohnungen in Wohnheimen.

Im Sektor Kleinverbrauch war 2010 die wichtigste Maßnahme zur CO₂-Reduktion die Energieträgersubstitution (27,9 %), gefolgt von der Förderung von BHKW (10,8 %) und der Modernisierung im Bestand (6,8 %) (Schaubild 16.1 und Schmitz 2010b: 11). 82 % der durch Substitution der Energieträger erzielten Minderungen fanden in den Jahren 1990 bis 2000 statt. Nach 2004 gab es mit Ausnahme von 2006 mit etwa 440 000 t nur geringe zusätzliche Minderungen. Die Modernisierung älterer Gasanlagen verläuft kontinuierlicher. Von 2001 bis 2007 lagen die zusätzlichen jährlichen Einsparungen bei gut 100 000 t, 2008 stiegen sie auf rund 160 000 t an; 2010 lag die zusätzliche Minderung bei etwa 154 000 t. Für den Bereich Kleinverbrauch insgesamt wurde vom Verband für die bis 2012 möglich gehaltenen Umstellungen ein Erdgasabsatz von 72 Mrd. kWh sowie ein zusätzlich geplan-

ter Absatz von 68 Mrd. kWh für Neubauten unterstellt. Diese Menge dürfte aufgrund des deutlichen Rückgangs beim Gasverbrauch nicht eingehalten werden können.

Tabelle 16.4
Anteile gasbeheizter Neubauwohnungen und Nichtwohngebäude
 1995 bis 2009; in %

	1995	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Einfamilienhaus	31,7	74,3	76,8	75,5	72,7	66,6	63,2	56,5
Zweifamilienhaus	38,5	66,9	69,5	68,7	65,4	60,4	58,2	50,9
Mehrfamilienhaus	83,8	76,7	76,8	75,2	73,6	72,5	71,0	64,0
Neubauwohnungen insg. ¹	75,5	74,1	75,8	74,4	72,1	67,7	65,5	58,6
Nichtwohngebäude	64,3	65,2	66,5	66,1	66,2	65,0	63,7	62,5

Statistisches Bundesamt, Fachserie 5, Reihe 1 (versch. Jahrgänge). Angaben für 2009 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich. – ¹ Einschl. Wohnungen in Wohnheimen.

Zwischen 1990 und 2010 haben die Haushalte durch die Nahwärmeversorgung mit BHKW ihren Ausstoß an CO₂ um 3,86 Mill. t vermindert, wobei etwa 78,4 % hiervon bereits bis 2000 eingespart wurden (Schaubild 16.1 und Schmitz 2010b: 11). Wurde 2007 noch ein zusätzlicher Einsparungseffekt gegenüber dem Vorjahr von 123 000 t erreicht, lag die Minderung 2010 lediglich bei 25 000 t. Im Sektor Kleinverbrauch lagen die Einsparungen durch Nahwärme aus BHKW 2010 bei 5,1 Mill. t. Im Gegensatz zu den Haushalten haben die Kleinverbraucher auch in den letzten Jahren hier den Ausbau deutlich gesteigert. 2010 lag der Zuwachs gegenüber dem Vorjahr bei 288 000 t. Die Aussage zu den BHKW steht insofern unter gewissem Vorbehalt, da seit 2007 keine gesicherten Daten zu den Gasturbinenleistungen mehr vorliegen und sie nur fortgeschrieben werden können (Schmitz 2010a: 22).

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 2010 um 0,592 Mill. t CO₂-Äquivalente gegenüber 1990 gesenkt werden (Schaubild 16.1 und Schmitz 2010b: 11). 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. 2010 waren von den 13 867 km Erdgasleitungen bereits 13 336 km bzw. rund 96 % modernisiert. Das waren fast 180 km mehr als im Jahr zuvor. Es wird erwartet, dass die Umstellung vor 2012 abgeschlossen sein wird.

Das Gasfach

Für den Bereich Verkehr wurden im Plausibilitätsbericht für 2010 die CO₂-Minderungen mit 56 000 t angegeben. Die Berechnungen zur Emissionsminderung erfolgten auf Basis der kumulierten Neuzulassungen an erdgasbetriebenen Fahrzeugen, des unterschiedlichen Kraftstoffverbrauchs von Diesel-, Otto- und Erdgasmotoren sowie der unterschiedlichen Emissionskoeffizienten. Einbezogen wurden ebenfalls bivalente Personen- und Nutzkraftfahrzeuge, d.h. die Fahrzeuge, die sowohl mit Benzin als auch mit Erdgas betrieben werden können. Die Zahl der neu zugelassenen Fahrzeuge stieg von etwa 10 500 im Jahr 2001 auf knapp 93 000 im Jahr 2010. Davon waren knapp 81 % PKW, der Rest NKW und Omnibusse (Schmitz 2010b: 7). Insgesamt blieben die Bestände deutlich hinter den Erwartungen zurück. Die Erreichung des für 2012 avisierten Ziels von 500 000 Fahrzeugen erscheint selbst unter Einbeziehung der bivalenten nicht mehr machbar.

Die Analyse der Daten zeigte nach Ansicht des Verbandes auch, dass erdgasbetriebene Nutzfahrzeuge nicht zur CO₂-Vermeidung beitragen, da der Emissionskoeffizient zwar niedriger ist, sie aber 30 % mehr Kraftstoff benötigen als dieselbetriebene (Schmitz 2010a: 19).

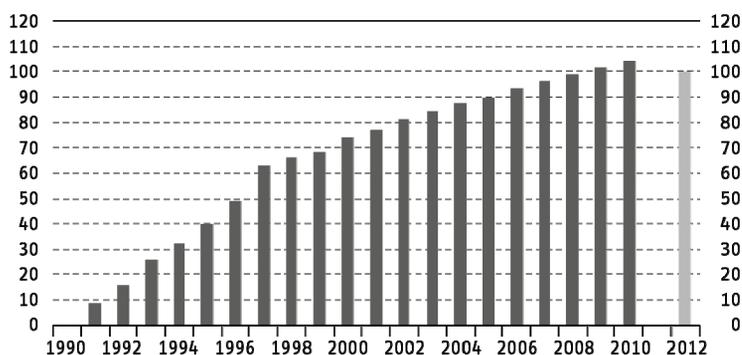
16.6 Zusammenfassung und Bewertung

Das deutsche Gasfach versucht, die CO₂-Emissionen mittels einer Vielzahl von Einzelmaßnahmen in unterschiedlichen Endenergieverbrauchssektoren zu reduzieren. Insgesamt wird für 2010 eine Reduzierung der relevanten CO₂-Emissionen um 47,5 Mill. t gegenüber 1990 nachgewiesen (Schaubild 16.1). Zu den betrachteten Maßnahmen kamen in den letzten Jahren der Einsatz von Erdgas im Verkehrssektor sowie der Austausch alter Graugussleitungen gegen Kunststoffrohre in der Erdgasversorgung hinzu. Der Beitrag des Verkehrssektors zu den Klimaschutzanstrengungen des Gasfachs liegt derzeit allerdings erst bei einem Anteil von 0,1 %. Der Ersatz alter Graugussleitungen macht bislang etwa 1,2 % der CO₂-Minderungen des Gasfachs aus.

Die weitaus größten CO₂-Minderungserfolge wurden bei der Heizwärmeerzeugung privater Haushalte sowie der Heiz- und Prozesswärmeproduktion im Sektor Kleinverbraucher erzielt. Verglichen mit den zusätzlichen CO₂-Minderungen im Jahr 2009 spielten 2010 in erster Linie die Modernisierung des Heizungsbestandes der privaten Haushalte und der Ausbau der BHKW, hier vor allem bei den Kleinverbrauchern eine Rolle. Insgesamt wurde das für 2012 ausgegebene Ziel, die Treibhausgasemissionen um 45 Mill. t CO₂-Äquivalente gegenüber 1990 zu verringern, im Jahr 2010 mit 104 % übertroffen.

Schaubild 16.2
Zielerreichungsgrade des Gasfachs

1990 bis 2010; in %



Eigene Berechnungen.

Der größte Teil der der Verpflichtung zugrunde liegenden Maßnahmen konnte bereits realisiert werden; so hat sich die technische Effizienz des Anlagenbestandes deutlich verbessert. Die für 2012 angestrebte Erhöhung des Mischnutzungsgrades ist im Bereich Kleinverbrauch bereits deutlich übertroffen und im Haushaltssektor nahezu erreicht (Schmitz 2011a: 9). Die Menge des Erdgasabsatzes im Kleingewerbe blieb wegen des Nachfragerückganges seit 2007 hinter der der Selbstverpflichtung zugrunde liegenden Annahme von 140 Mrd. kWh zurück (Schmitz 2011a: 16, 2011b: 6).

Für die einzelnen Minderungsmaßnahmen enthält der Plausibilitätsbericht der TU Hamburg-Harburg Nachweise über die Entwicklung der einzelnen Bestimmungsgrößen (Schmitz 2011a und 2011b) wie:

- Absatzzahlen von Gasheizkesseln und Brennwertkesseln,
- Anzahl der mit Erdgas beheizten neuen Gebäude,
- durch KWK bereitgestellte Heizwärme von Gasturbinen und Gasmotoren,
- spezifische Methanemissionen der Erdgasleitungen in den alten und neuen Bundesländern und die kumulierte Länge der sanierten Erdgasleitungen in Deutschland sowie
- Neuzulassungen und Bestand von Erdgasfahrzeugen.

Das Gasfach

Der Einfluss der den Gasverbrauch mittelbar oder unmittelbar beeinflussenden Größen wird dadurch deutlich gemacht. Es wäre aber wünschenswert, die kausalen Zusammenhänge für jeden Einzelbereich des Gasfachs auch quantitativ nachvollziehbarer darzustellen.

Mit der Realisierung des für 2012 angestrebten Ziels der CO₂-Minderung ist gleichzeitig der größte Teil der zugrunde liegenden Annahmen erfüllt. Die größte Bedeutung für weitere Minderungen misst der Verband den Maßnahmen im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung sowie dem Einbau von Gas-Brennwertgeräten zu (Schmitz 2011a: 22, 23).

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. Ihre Anteile an der gesamten Brutoraffinerieerzeugung betragen 2010 jeweils 28,7 %, 20,5 % und 14,0 % (MWV 2011a: 48).

Aufgrund der geringen inländischen Förderung mussten 2010 nach Angaben des Mineralölwirtschaftsverbandes 93 % des Rohölbedarfs importiert werden. Dies entsprach Importen in Höhe von rund 95,4 Mill. t. An der Rolle des Importeurs wird sich auch in Zukunft nichts ändern, da Deutschland über Ölreserven von lediglich gut 38 Mill. t verfügt. Mit einer Raffineriekapazität von 117,6 Mill. t lag Deutschland 2010 weltweit an siebter Stelle (MWV 2011a: 27, 47, 69, 70, 76).

17.1 Datenbasis

Die Basis für den vorliegenden Monitoringbericht bilden der neunte Fortschrittsbericht zur Klimaschutzklärung der deutschen Mineralölindustrie für die Raffinerien – Fortschreibung 2010 - (MWV 2011b) und der zehnte Fortschrittsbericht für den Wärmemarkt (MWV 2011c). Der sich auf die Raffinerien beziehende Fortschrittsbericht beruht auf unternehmensinternen Daten und Angaben der Mineralöl verarbeitenden Industrie. Daten zur Brutoraffinerieerzeugung, zum Rohöleinsatz und zum Mineralölverbrauch sind im Jahresbericht Mineralöl-Zahlen 2010 zu finden (MWV 2011a).

Dem Fortschrittsbericht für den Wärmemarkt liegen Daten des Bundesindustrieverbandes Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH), 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 Wärme und Oeltechnik (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 des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades wurden für die verschiedenen Baujahresklassen der Ölkessel realistische Durchschnittswerte für deren Nutzungsgrade angenommen: 63,1 % für Kessel bis 1978, 70,6 % bis 1982,

Die Mineralölwirtschaft

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 Solaranlagen korrigiert. Zur Berechnung des Ersatzes alter Heizöl- und Kohleheizkessel durch neue Heizkessel 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 ölbeheizte Anlagen mit hohem Nutzungsgrad zum Bestand hinzukommen und alte Anlagen mit niedrigem Nutzungsgrad allmählich aus dem Bestand ausscheiden.

Da die Minderung der CO₂-Emissionen selbst im Wärmemarkt nicht Ziel der Selbstverpflichtung ist, werden diese nur nachrichtlich ausgewiesen. Bei der Ermittlung der Emissionen des Jahres 1990 wird der entsprechende Verbrauch an leichtem Heizöl zugrundegelegt. Hinzukommen die Emissionen aus den für dieses Jahr angenommenen 640 000 Kohleheizungen, die in den Jahren danach entsprechend der Prognose des Heizungsanlagenbestandes durch Ölkessel ersetzt wurden.

Die Grundlage für die Klimaschutzklärung des Mineralölwirtschaftsverbandes für die Raffinerien bildet eine Studie über die Minderungspotenziale bei Treibhausgasemissionen in deutschen Raffinerien, die von der DGMR, 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. Der Verband beschränkt dabei die Datenermittlung und Berichterstattung für den Monitoringbericht auf Kohlendioxid (CO₂), da die in Raffinerien vorkommenden sonstigen Treibhausgase sich als mengenmäßig unbedeutend erweisen (MWV 2004: 1).

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 Bruttorefinerierzeugung (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 2010 nach Angaben des Statistischen Bundesamtes rund 17 300 Personen beschäftigt, und es wurde ein Umsatz von 80,0 Mrd. € erzielt. Dabei wurden in den deutschen Raffinerien knapp 95,4 Mill. t Rohöl und 11,7 Mill. t Mineralölprodukte für die Bruttorefinerierzeugung eingesetzt (Tabelle 17.1).

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 2003 mit 116 bis 118 Mill. t relativ konstant. Zwischen 2003 und 2005 nahm der Einsatz erneut deutlich auf 126,2 Mill. t zu (Tabelle 17.1), um dann bis 2010 wieder auf 107,1 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 %. Seit 2008 ist er erneut rückläufig; 2010 lag er bei 2,5 %.

Im Gegensatz zur Raffinerieproduktion stieg der Inlandsabsatz an Mineralölprodukten nach Angaben des MWV von 1990 bis 1998 nur um 7,7 % auf 132,3 Mill. t und sank bis 2006 um 10,3 % auf 118,7 Mill. t. In den Jahren 2007 bis 2010 verlief der Absatz uneinheitlich: Nach erheblichen Einbrüchen in den Jahren 2007 und 2009 auf 108,1 bzw. 109,6 Mill. t lag der Inlandsabsatz 2008 und 2010 bei 114,0 bzw. 112,0 Mill. t (MWV 2011a: 51). Während bis 2007 die inländischen Absatzverluste durch einen Anstieg bei den Exporten kompensiert werden konnten, sanken auch diese seit 2008 drastisch; 2010 lag der Rückgang gegenüber dem Vorjahr beim Export von Rohölprodukten bei 16,6 % (MWV 2011a: 57).

Die Mineralölwirtschaft

Tabelle 17.1
Entwicklung des Einsatzes an Rohöl und Mineralölprodukten der deutschen Raffinerien

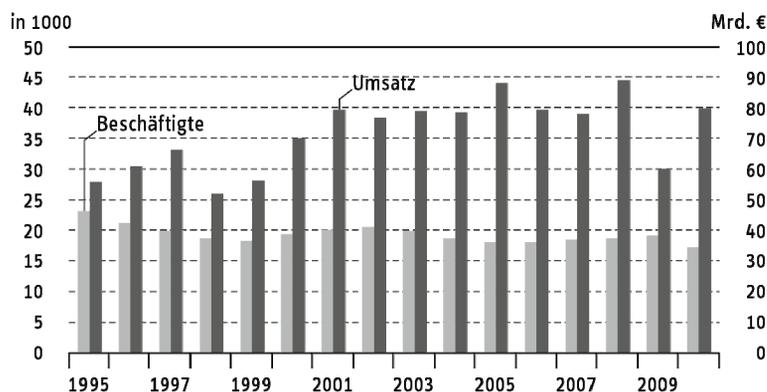
1990 bis 2010, in Mill. t; gerundete Werte

Jahr	Rohölimporte Anteil in %	Rohöl	Mineralöl- produkte	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
2008	97,2	107,4	13,0	120,4
2009	97,3	100,9	12,3	113,2
2010	97,5	95,4	11,7	107,1

Nach Angaben des MWV (2011a).

Schaubild 17.1
Beschäftigte und Umsatz in der Mineralölwirtschaft

1995 bis 2010



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.1.1.
und des Jahresberichts für Betriebe

Insgesamt war in dieser Branche zwischen 1995 und 2001 ein jahresdurchschnittlicher Umsatzanstieg von gut 6 % auf 79,5 Mrd. € zu verzeichnen. Bis 2007 blieb der Umsatz in etwa auf diesem Niveau mit Ausnahme eines vorübergehenden Anstiegs auf 88 Mrd. € im Jahr 2005 (Schaubild 17.1). 2008 stieg der Umsatz aufgrund des Preisanstiegs und des erhöhten Absatzes erneut um 13,6 % auf 88,8 Mrd. €. Nachdem er 2009 jedoch wieder – parallel zum Absatz – auf 60,3 Mrd. € gesunken war, lag der Umsatz 2010 bei rund 80,0 Mrd. €. Die Zahl der Beschäftigten verringerte sich zwischen 1995 und 2010 um 25,3 % auf ca. 17 300.

Der Anteil des leichten Heizöls am Endenergieverbrauch lag 2009 bei 9,6 %. Damit sank der Verbrauch nach dem tiefen Einbruch 2007 auf 23,1 Mill. t SKE im Jahr 2009 erneut um 4,3 Mill. t SKE auf 28,6 Mill. t SKE (Tabelle 17.2). Gegenüber 1996, dem Jahr mit dem höchsten Absatz seit 1990, bedeutet dies einen Rückgang um 25,5 Mill. t SKE, bzw. einen um 6,8 Prozentpunkte geringeren Anteil am Endenergieverbrauch.

Die Mineralölwirtschaft

Tabelle 17.2

Verbrauch an leichtem Heizöl und Anteil am Endenergieverbrauch in Deutschland

1990 bis 2009; in Mill. t SKE und %

	1990	1995	1996	2000	2005	2007	2008	2009*
Leichtes Heizöl, (Mill. t SKE)	42,8	49,0	54,1	39,2	35,0	23,1	32,9	28,6
Anteil, %	13,2	15,4	16,4	12,4	11,1	7,7	10,6	9,6

*Nach Angaben der AGEB (Stand September 2009). * Vorläufige Angaben. Angaben für 2010 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich.*

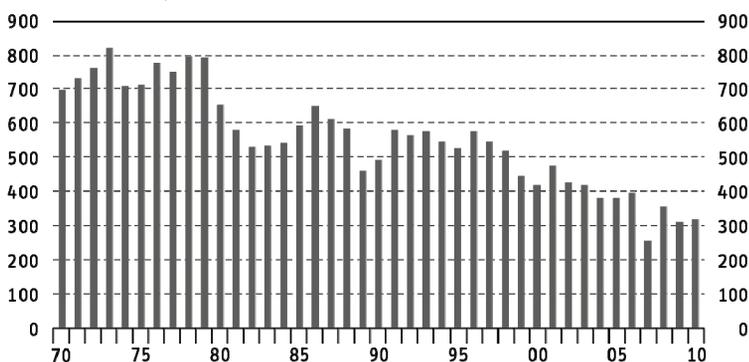
Der Verbrauch an leichtem Heizöl ist in Deutschland bereits seit 1980 rückläufig (MWV 2007: 51). Mit 31,8 Mill. t sank er im Jahr 1990 wieder deutlich unter den Wert von 1970. Damals betrug der Heizölabsatz 44,0 Mill. t und stieg bis Ende der siebziger Jahre trotz Ölpreiskrisen deutlich an: 1978 und 1979 waren die Jahre mit dem höchsten Heizölabsatz von jeweils rund 50,5 Mill. t.

Der spezifische Heizölverbrauch pro Kopf weist seit Beginn der achtziger Jahre ebenfalls eine fallende Tendenz auf (Schaubild 17.2). Lag der Pro-Kopf-Verbrauch 1979 in Deutschland noch bei fast 800 Litern, so sank er bis 2010 auf einen Wert von 316 Litern nach einem vorübergehenden Rückgang auf 257 Liter im Jahr 2007 und erneutem Anstieg auf 357 Liter im Jahr 2008.

Schaubild 17.2

Pro-Kopf-Absatz an leichtem Heizöl

1970 bis 2010; in Liter je Einwohner



Eigene Berechnungen.

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 Wärme und Oeltechnik (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 Klimaschutzklärung der deutschen Mineralölwirtschaft für den Wärmemarkt ist die Steigerung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades von Ölheizungsanlagen bis 2012 um 27 bis 30 % gegenüber 1990, wobei bis 2005 bereits eine Verbesserung um 23 bis 25 % angestrebt wurde. Mit der Steigerung des Jahresnutzungsgrades ist eine Minderung des spezifischen Heizölverbrauchs und der damit zusammenhängenden Treibhausgasemissionen verbunden.

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 1990.2. Reduzierung der spezifischen CO₂-Emissionen der Raffinerien bis 2012 um 10 % gegenüber 1990.
-------	--

Basisjahr 1990

Nach Angaben des MWV (2001a und 2001b).

Ausgehend von einem durchschnittlichen Jahresnutzungsgrad von 68 % im Jahr 1990 impliziert dies einen Anstieg des Nutzungsgrades auf 84 bis 85 % im Jahr 2005 und 86 bis 88 % im Jahr 2012. Die Selbstverpflichtung umfasst Ölheizungsanlagen aus Haushalten, dem Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie den öffentlichen Einrichtungen. Mit einer Verbesserungsrate von 24,2 % gegenüber 1990 und einem durchschnittlichen Jahresnutzungsgrad von 84,8 % im Jahr 2005 konnte der erste Teil der Selbstverpflichtung bereits erfüllt werden.

Die Mineralölwirtschaft

Beim Jahresnutzungsgrad handelt es sich um ein Maß für die technische Effizienz einer Heizungsanlage. Er gibt an, wie viel Nutzenergie im Jahresdurchschnitt aus einer eingesetzten Energieeinheit gewonnen wird (MWV 2001a: 3). Der 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. Die alte Verpflichtung 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 Raffinerieinsatz um 13 % zunimmt. Da es sich bei den Treibhausgasen nach Angaben des Verbandes fast ausschließlich um CO₂-Emissionen handelt, beschränkt er Datenermittlung und Berichterstattung auf diese (MWV 2004: 1).

In diese Zielsetzungen sind sowohl künftige Energiesparmaßnahmen der Raffinerien als auch die Auswirkungen der konkreten gesetzlichen Vorhaben bis 2012 bezüglich Produktqualitäten und Umweltschutz - z.B. bezüglich des Schwefelgehalts von Kraftstoffen - eingeflossen.

17.4 Bis 2010 erreichte Verbesserungen des Jahresnutzungsgrades für Ölheizungen und CO₂-Minderungen

2010 lag der durchschnittliche Jahresnutzungsgrad von Ölheizungen im Raumwärmemarkt bei 87,4 % (Tabelle 17.3). Gemessen an der für 2012 avisierten Steigerungsrate von 27 bis 30 % lag der Zielerreichungsgrad 2010 damit bezogen auf den unteren Wert der angestrebten Spannbreite bei 104 %. Seit 1995 ist ein stetiger Anstieg des Nutzungsgrades um durchschnittlich jährlich 1,1 % festzustellen.

Durch die Verbesserung des jahresdurchschnittlichen Nutzungsgrades ergab sich für 2010 ein Rückgang der hier nur nachrichtlich ausgewiesenen CO₂-Emissionen von 22,9 Mill. t bzw. um 21,9 % gegenüber dem Basisjahr 1990. Die absolute Reduk-

tion der CO₂-Emissionen geht aufgrund weiterer Effizienzmaßnahmen (z. B. Dämmung) deutlich darüber hinaus.

Tabelle 17.3
Fortschritte der Mineralölwirtschaft bei der Selbstverpflichtung für den Wärmemarkt

1990 bis 2010; Ziel 2012: Verbesserung des Jahresnutzungsgrades um 27 %

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010*
Nutzungsgrad (in %)	68,3	74,7	80,3	84,8	86,4	87,0	87,4
Verbesserung (in %)	-	9,4	17,6	24,2	26,5	27,4	28,0
Zielerreichungsgrad (in %)	-	34,8	65,2	89,6	98,1	101,5	103,7
CO ₂ -Emissionen, (Mill. t)	104,5	95,5	88,9	84,2	82,6	82,0	81,6
Emissionsminderung (in %)	-	8,6	15,0	19,5	21,0	21,5	21,9

Nach Angaben des MWV (2011c). *: vorläufig.

Ziel der Klimaschutzverpflichtung der Mineralölindustrie für die Raffinerien ist die Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen je Tonne Bruttoreaffinerieerzeugung bis 2012 um 10 % gegenüber 1990. Dies bedeutet konkret eine Minderung von 215 kg CO₂/t auf 194 kg CO₂/t. Ausgesprochen wurde die Selbstverpflichtung vor dem Hintergrund eines erwarteten Anstiegs des Raffinerieeinsatzes zwischen 1990 und 2012 um 13 % bei Konstanz der absoluten Emissionen.

Die Mineralölindustrie hat ihre Verpflichtung seit dem Jahr 2000 deutlich übererfüllt: Bezogen auf 1990 waren die spezifischen CO₂-Emissionen 2010 um 20,0 % geringer (Tabelle 17.4). In diesem Jahr konnte ein Zielerreichungsgrad von 200 % erreicht werden. Damit lag dieser seit 2001 mit Ausnahme des Jahres 2003 immer bei 200 % bzw. noch darüber.

Seit 2000 haben sich die spezifischen Emissionen trendmäßig kaum noch verändert, wobei die Werte jedoch leichten Schwankungen unterworfen waren. Für 2010 bedeutet das bei einem in diesem Jahr eher mittleren Niveau der spezifischen Emissionen einen Rückgang der absoluten CO₂-Emissionen gegenüber 2000 um

Die Mineralölwirtschaft

2,6 Mill. t CO₂ bzw. um 12,6 %, bei gleichzeitigem Rückgang der Bruttorefinerierzeugung um 9,5 % (Tabelle 17.4).

Die absoluten CO₂-Emissionen betragen 2010 rund 18,0 Mill. t. Dies entspricht einer Emissionsminderung von 4,8 Mill. t bzw. 21,0 % gegenüber 1990. Nachdem bereits das Jahr 2009 infolge der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung ein besonders absatzschwaches Jahr war, sank der Raffinerieinsatz 2010 erneut um 5,4 % auf 107,1 Mill. t; er lag damit sogar leicht unter dem Einsatz des Jahres 1990 (Tabelle 17.1).

Tabelle 17.4
Fortschritte bei der Selbstverpflichtung der deutschen Mineralölwirtschaft für die Raffinerien

1990 bis 2010; Ziel bis 2012: Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen um 10 % auf 194 kg CO₂/t Bruttorefinerierzeugung

Jahr	Emissionen, Mill. t CO ₂	Bruttorefinerierzeugung, 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 %
2008	20,0	118,2	169	214 %
2009	18,8	110,9	170	209 %
2010	18,0	104,9	172	200 %

Nach Angaben des MWV (2011b).

17.5 Ursachenanalyse

Für den Bedarf an Heizöl spielt die Entwicklung des Marktanteils des Heizöls bei den Gebäudefertigstellungen eine wichtige 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 4 700 im Jahr 2009. Seit 1999 sank der Anteil dieser Wohnungen an den neu erstellten Wohnungen insgesamt von 16,4 % über 11,2 % in 2004 auf 3,4 % im Jahr 2009.

Die Verbesserung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades hat sich in den letzten Jahren – auch aufgrund des inzwischen erreichten Niveaus – deutlich verlangsamt. Während der Anstieg zwischen 1995 bis 2001 noch bis zu 1,3 % pro Jahr erreichte, sank die Zuwachsrate von 2002 bis 2005 im Durchschnitt auf 0,8 %. Bis 2010 fiel die Veränderung gegenüber dem Vorjahr auf 0,4 %.

Tabelle 17.5
Anteil ölbeheizter Wohnungen bei neu fertig gestellten Wohngebäuden
1995 bis 2009; in %

	1995	2000	2005	2008	2009
Einfamilienhaus	31,7	18,8	11,3	5,5	3,9
Zweifamilienhaus	38,5	28,7	18,5	9,9	7,3
Mehrfamilienhaus*	14,8	7,8	5,1	2,5	1,7
Insgesamt	22,6	16,1	10,4	4,9	3,4

*Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 5, Reihe 1 (versch. Jahrgänge). Angaben für 2010 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich. *einschließlich Wohnheime.*

Aufgrund des starken Rückgangs der Zahl neu gebauter Wohnungen mit Ölheizung sind diese Verbesserungen im Wesentlichen auf Modernisierungen im Altbestand zurückzuführen. Dazu beigetragen hat auch, dass in den letzten Jahren eine deutliche Ausweitung des Anteils der Öl-Brennwertkessel gegenüber den Öl-Niedertemperaturkesseln von 14,5 % in 2005 auf 61,1 % in 2010 erfolgte (MWV 2011c: 1). Gleichzeitig stieg der Absatz an Öl-Heizgeräten insgesamt nach dem deutlichen Rückgang zwischen 2005 und 2007 von rund 139 000 auf ca. 97 000 Geräte 2008 wieder auf 105 000 und 2009 auf 116 000 Geräte an. 2010 sank der Absatz mit gut 96 000 Geräten auf den niedrigsten Wert seit 2005.

In den letzten Jahren haben sich nach Ansicht des Verbandes eine Vielzahl Besitzer veralteter Heizungen bei der Modernisierung zurückgehalten. Den Grund sieht er in ihrer Unsicherheit, angesichts von Energiepreisteigerungen, Zweifeln an der Ver-

Die Mineralölwirtschaft

sorgungssicherheit bei Öl und Gas und der Vorschriften zur Nutzung von erneuerbaren Energien in Wohngebäuden nach dem EEWärmeG zu entscheiden, welches Heizungssystem zukünftig die beste Alternative bietet (MWV 2008: 1). Der Rückgang der Absatzzahlen scheint die Zurückhaltung der Verbraucher zu bestätigen.

Zur Minderung der CO₂-Emissionen von Raffinerien hat nach Angaben der Mineralölwirtschaft neben allgemeinen Steigerungen der Energieeffizienz insbesondere die Modernisierung der beiden ostdeutschen Raffinerien in den neunziger Jahren beigetragen. Dabei wurde kohlenstoffreiche Braunkohle durch kohlenstoffärmeres Heizöl und Raffineriegas substituiert. Insgesamt sanken die spezifischen CO₂-Emissionen von 1990 bis 2000 um 17,2 %. Zwischen 2000 und 2010 demgegenüber verbesserte sich die Energieeffizienz kaum. So sank der spezifische Energieverbrauch nur um gut 2,3 %. Darüber hinaus fanden nur geringfügige Änderungen im Brennstoffmix statt. Die spezifischen CO₂-Emissionen sanken in diesem Zeitraum mit 3,4 % etwa in gleichem Maße.

In der relativ geringen Minderung des spezifischen Energieverbrauchs seit der Jahrhundertwende spiegelt sich nach Angaben des Verbands wider, dass seit Ende der neunziger Jahre die Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz durch Anforderungen an Produktqualitäten immer mehr aufgewogen wurden (MWV 2004: 4). So ist die ausschließliche Herstellung von schwefelarmeren 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.

Ebenso dürfte die derzeit stattfindende Ausweitung des Angebots an schwefelarmen leichtem Heizöl zur Förderung der Öl-Brennwerttechnik im Raumwärmemarkt einen Anstieg von Energieeinsatz und Emissionen in den Raffinerien zur Folge haben (MWV 2007: 4f). Dieser Trend setzt sich nach Angaben des Verbandes auch weiterhin durch Veränderungen im Bereich der Treibstoffe für seegehende Schiffe fort, wo ebenfalls entsprechende Entschwefelung durchgeführt und die schweren Heizöle durch Diesel ersetzt werden sollen.

Andererseits wird das Anfang 2007 in Kraft getretene Biokraftstoffquotengesetz (BioKraftQuG) nach Aussagen des Verbandes zu einer zunehmenden Beimischung von Biokomponenten zu den Mineralölprodukten führen. Solange dies in Form des sogenannten Blending passiert und nicht durch Direktverarbeitung in den Prozess-

anlagen der Raffinerien geschieht, dürfte dies zu einer Senkung des spezifischen Energieverbrauchs und damit der spezifischen Emissionen beitragen.

Insgesamt ist die Entwicklung in den letzten Jahren mit nahezu konstant bleibenden spezifischen Emissionen deutlich positiver verlaufen, als ursprünglich erwartet wurde. Bei der Abgabe der Selbstverpflichtung ging die Branche davon aus, dass es in dieser Dekade aufgrund der umweltschutzbedingten Anforderungen zu einem Anstieg der spezifischen Emissionen kommen würde. Durch vielfältige Maßnahmen in den Anlagen, die die Energieeffizienz steigerten, konnte dies aber vermieden werden.

17.6 Ausgewählte Maßnahmen

Nach Angaben des zehnten Berichts der Mineralölwirtschaft konzentrierten sich auch im Jahr 2010 die Maßnahmen des IWO zur Umsetzung der Klimaschutzzerklärung im Wärmemarkt auf den Ausbau und die Verfeinerung derjenigen Aktivitäten, die im sechsten Monitoringbericht unter dem Begriff „Modernisierungsoffensive“ gebündelt wurden (MWV 2004 und MWV 2011c: 2ff):

- Seit 2007 wurden Vereinbarungen mit der Bundesregierung sowie verschiedenen Landesregierungen über Maßnahmen für die forcierte Markteinführung von schwefelarmem Heizöl als Voraussetzung für die Einführung von Öl-Brennwertgeräten getroffen. Dies wurde möglich, nachdem schwefelarmes leichtes Heizöl aufgrund positiver Erfahrungen in Laboruntersuchungen und Praxis seit Mitte 2005 in Deutschland von den Geräteherstellern als für alle Ölheizkessel und Ölbrenner geeignet eingestuft wurde. Mittlerweile produzieren alle Raffinerien schwefelarmes leichtes Heizöl, so dass es in Deutschland flächendeckend verfügbar ist. Der Anteil des schwefelarmen leichten Heizöls am gesamten Absatz von leichtem Heizöl lag 2010 nach Angaben des Verbandes bei über 50 %.
- Fortsetzung der Initiative zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung zusammen mit den Landesregierungen in weiteren Bundesländern mit gemeinsamer Öffentlichkeitsarbeit und einem Förderprogramm des regionalen Mineralölhandels und des IWO.
- Fortführung des Kooperationsvertrages mit dem Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK) zur Förderung des Heizungschecks als Maßnahme zur Steigerung der Energieeffizienz im Ölheizungsbestand.
- Fortführung des Kooperationsvertrages mit dem Zentralinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks zur Durchführung einer Initialberatung bei Besit-

Die Mineralölwirtschaft

zern alter Ölheizungen und Förderung des Heizungschecks als Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Ölheizungsbestand.

- Ausbau der Zusammenarbeit mit den Verbandsorganisationen der Energieberater. Neben der bestehenden Kooperation mit dem Deutschen Energieberater Netzwerk e.V. (DEN) wurden Vereinbarungen über eine Zusammenarbeit mit dem GIH Bundesverband e.V. und dem Europäischen Verband der Energie- und Umweltschutzberater e.V. (EVEU) mit dem Ziel geschlossen, einen regelmäßigen Wissenstransfer und Erfahrungsaustausch in der Beratung von Hauseigentümern zur energetischen Gebäudesanierung sowie der gemeinsamen Information der Energieberater über den aktuellen Wissensstand zur Ölheizungstechnik und zum Energieträger Heizöl zu gewährleisten.
- Fortführung der Technologie-Initiative der deutschen Mineralölwirtschaft. In Kooperation mit führenden Heizgeräteherstellern werden neue hocheffiziente Anwendungstechniken für flüssige Brennstoffe entwickelt. Aktuelle Projekte sind hier: Zeolith-Kompaktheizgeräte (Adsorptionswärmepumpen/Öl-Brennwertgeräte) sowie Strom erzeugende Heizungen auf Basis der Öl-Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung. Im Fokus steht dabei die noch effizientere Nutzung von Primärenergie.
- Fortführung von Labor- und Feldversuchen zum Einsatz von flüssigen Brennstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen; Fortsetzung der Kommunikationsaktivitäten zum Thema Bioheizöl (HEL schwefelarm mit verschiedenen Bioanteilen). Branchenübergreifende Expertenworkshops zum Thema Heizöl mit biologischen Komponenten (Brennstoff, Anwendungstechnik, Rahmenbedingungen).
- Kooperation mit der Heizgeräteindustrie bei anwendungstechnischen Fragestellungen.
- Fortführung und Konsolidierung der Kooperationskonzepte für Unternehmen aus Mineralölhandel und Heizungsbau zur gezielten Aktivierung des Modernisierungspotenzials alter Ölheizungen in deren Kundenstamm.
- Ausbau des Regionalen Marketingprogramms mit einem Prämiensystem für das SHK-Handwerk mit Anreizen und Zuschüssen für die Bewerbung und Installation von Öl-Brennwertgeräten, die Kombination mit solarthermischen Anlagen sowie die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung durch Öl-BHKW-Anlagen.
- Fortführung der Aktivitäten zur direkten Verbraucheransprache und Information über die Effizienz und Einsparpotenziale der Öl-Brennwerttechnik, insbe-

sondere in Kombination mit Solarthermie und zusätzlicher Einbindung eines wasserführenden Kaminofens.

- Ausbau der Zusammenarbeit mit wichtigen Energieagenturen bzw. Initiativen auf Landes- und regionaler Ebene bei Fortführung der Zusammenarbeit mit der Deutschen Energie-Agentur (dena) im Bereich „Energieeffizienz in Gebäuden“ in Form von speziellen Projektpartnerschaften und Kooperationsvereinbarungen.
- Fortführung der Aktion „Energie-Gewinner“ mit Förderung und Dokumentation von umfassenden energetischen Gebäudesanierungen in ölbeheizten Ein- und Zweifamilienhäusern mit dem Ziel, die Einsparpotenziale (u. a. durch Einsatz von Öl-Brennwerttechnik und Solarthermie) zu demonstrieren und als Musterbeispiele zu kommunizieren.
- Fortführung der Ausbildungsoffensive für Berufsschullehrer in Zusammenarbeit mit den Weiterbildungseinrichtungen der Länder in Form von speziellen Methodikschulungen für eine neue Didaktikkonzeption sowie entsprechend aufbereiteter Unterrichtsmaterialien für die Berufsschulbildung zum Anlagenmechaniker Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik, Schwerpunkt Heizungsbau; Vermittlung von Ausbildungsinhalten zur effizienten Brennwerttechnik und sicheren Heizöllagerung.
- Gründung der „IWO Akademie“ mit Bündelung der Trainings- und Weiterbildungsangebote des IWO zur Sicherstellung aktuellen Fachwissens bei wichtigen Akteuren im Wärmemarkt. Aktuelle Forschungsergebnisse und gesammelte Praxiserfahrung fließen in die anwendungsorientierten Trainingskonzepte und -inhalte zu den Themengebieten Energiewirtschaft, Versorgungstechnik, Marketing und Verkauf sowie Unternehmensführung ein.

Als unterstützende Maßnahmen zur Umsetzung der Klimaschutzzerklärung im Wärmemarkt werden generell Beratungsoffensiven bei Akteuren der Anbieterseite und bei Verbrauchern über Möglichkeiten moderner Heizungstechnologien gesehen. Im Mittelpunkt dieser Informationsoffensiven stand neben der Konsolidierung und Weiterentwicklung der Partnerschaft und Zusammenarbeit zwischen Heizungshandwerk und Mineralölhandel und dem weiteren Ausbau der regionalen Schulungsangebote die Durchführung von Vortragsveranstaltungen und die Teilnahme an Messen sowie die Betreuung eines bundesweiten Netzwerks von ca. 100 regionalen Marketinggemeinschaften. Hinzu kommt der Ausbau der kontinuierlichen Pressearbeit zu Fragen des Energie sparenden Heizens bei medien- sowie zielgrup-

Die Mineralölwirtschaft

penrelevanten Fach- und Publikumszeitschriften. Der neunte Fortschrittsbericht der Mineralölwirtschaft führt hier detaillierte Zahlenangaben auf (MWV 2011c: 4ff).

Ergänzend zum Fortschrittsbericht für die Raffinerien hat der MWV für 2010 Beispiele zur Verringerung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen durch Umbauten und technologische Änderungen in deutschen Raffinerien angegeben:

- Durch eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen (schnelleres Agieren aufgrund von intensiverem Monitoring, verbunden mit kleineren technischen Maßnahmen) konnten in einer Raffinerie über 20 000 t CO₂ pro Jahr eingespart werden.
- In einem anderen Fall wurden durch kleinere Projektmaßnahmen ca. 16 000 t CO₂ pro Jahr vermieden. Hierzu zählte die Ertüchtigung eines Luvo Kessels, der Umbau einer Pumpe und eines Antriebsmotors, eines Luftkompressors, die Druckreduzierung in einer HD Dampfleitung. Weitere rund 31 000 t CO₂ ließen sich durch Maßnahmen zur betriebliche Optimierung einsparen.

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. Insgesamt haben nach Angaben des Verbandes vor allem viele kleine Einzelmaßnahmen und weniger Großprojekte zur Verbesserung der Energieeffizienz und damit zur Senkung der Emissionen geführt.

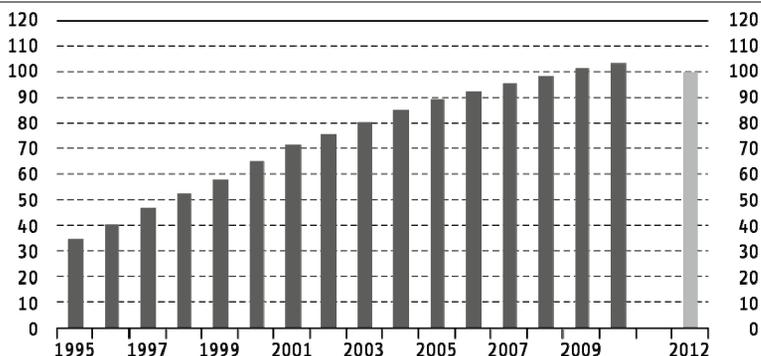
17.7 Zusammenfassung und Bewertung

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. Eine Abschätzung des Einflusses der ölbefeuerten KWK-Anlagen auf die Erfüllung der Klimaschutzzerklärung erwies sich aufgrund fehlender Daten als nicht möglich.

Schaubild 17.3

Zielerreichungsgrade im Wärmemarkt für das Mindestziel 2012

1995 bis 2010; Steigerung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades der Ölheizungsanlagen um 27 %; in %



Eigene Berechnungen.

2010 wurde ein durchschnittlicher Jahresnutzungsgrad von 87,4 % und damit eine Verbesserung gegenüber 1990 um 27,0 % erzielt. Gemessen an der für 2012 angestrebten Steigerungsrate von 27 bis 30 % auf einen Nutzungsgrad von 86 bis 88 % bedeutet das für 2010 bereits einen Zielerreichungsgrad von 104 % bezogen auf das Mindestziel (Schaubild 17.3).

Allein durch die Verbesserung des jahresdurchschnittlichen Nutzungsgrades ergab sich für 2010 ein Rückgang der CO₂-Emissionen von 22,9 Mill. t bzw. um 21,9 % gegenüber dem Basisjahr 1990 (Tabelle 17.3). Die absolute Reduktion der CO₂-Emissionen geht aufgrund weiterer Effizienzmaßnahmen (z. B. Dämmung) deutlich darüber hinaus.

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 von 215 kg CO₂/t Bruttorefinerierzeugung auf 194 kg CO₂/t zu verringern. Diese Verpflichtung wurde auf Basis der im Rahmen der DGMMK erarbeiteten Zusammenstellung zu den CO₂-Minderungspotentialen von Treibhausgasen in deutschen Raffinerien abgegeben. In diesen Potentialen sind Annahmen zu den erwarteten Energieeinsparmaßnahmen sowie zu den Auswir-

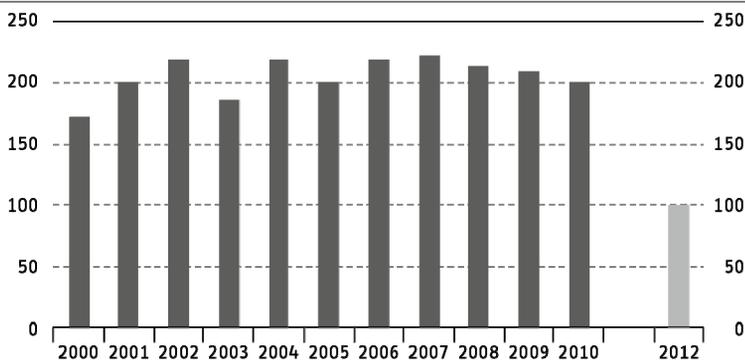
Die Mineralölwirtschaft

kungen der bis 2012 erwarteten konkreten gesetzlichen Vorhaben bezüglich Umweltschutz und Produktqualitäten eingeflossen.

Schaubild 17.4

Zielerreichungsgrade der Raffinerien für das Minderungsziel 2012

2000 bis 2010; Reduzierung der spezifischen CO₂-Emissionen um 12%; in %



Eigene Berechnungen.

Tatsächlich lagen die spezifischen CO₂-Emissionen der Raffinerien im Jahr 2010 nur noch bei 172 kg CO₂ je Tonne Bruttorefinerierzeugung. Die für 2012 avisierte Zielmarke war im Jahr 2010 mit 200 % bereits weit übertroffen. Der Zielerreichungsgrad liegt seit 2001 mit Ausnahme des Jahres 2003 deutlich über 200 % (Schaubild 17.4). Die absoluten CO₂-Emissionen betragen 2010 rund 18,0 Mill. t. Dies entspricht einer Emissionsminderung von 4,8 Mill. t bzw. 21,0 % gegenüber 1990. Damit zeigt sich, dass die Raffinerien den durch Umweltschutz und geänderte Produktqualitäten erforderlichen höheren Energiebedarf durch Verbesserungen der Energieeffizienz an anderer Stelle kompensieren und damit den ursprünglich für diese Dekade erwarteten Anstieg der spezifischen Emissionen vermeiden konnten.

Beispielhaft für die zukünftig erwartete weitere Erhöhung des Energiebedarfs aufgrund von gesetzlichen Anforderungen an die Raffinerieproduktion und die Produktqualitäten führte der Verband umweltschutzbedingte Investitionen in Nachbehandlungsanlagen, die 2007 einsetzende Entschwefelung des leichten Heizöls sowie weitere Anforderungen an die Spezifikationen der Kraftstoffe an (MWV 2007: 4f). Wie sich das zukünftig auf den spezifischen Energieverbrauch insgesamt und damit auf die spezifischen CO₂-Emissionen auswirkt, bleibt abzuwarten.

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. Eine wesentliche Aufgabe sieht der VIK in der Beratung und Vertretung seiner ca. 350 Mitglieder in Fragen der effizienten Energieerzeugung und -nutzung. Nach Angaben des VIK repräsentieren seine Mitgliedsunternehmen zusammen 80 % des industriellen Energieverbrauchs und ca. 90 % der versorgerunabhängigen KWK-Strom- und -Wärmeerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland (VIK 2009: 3).

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 2009 in Deutschland rund 12 Gigawatt (GW) an industrieller Kraftwerksleistung zur Stromerzeugung installiert. Dies sind rund 10,1 % 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 2009 bildet die Fachserie 4, Reihe 6.4, des Statistischen Bundesamtes (StaBuA/FS4/R6.4). Dieser Bericht gibt damit auch den Stand der Kraft-Wärme-Kopplung des Jahres 2009 an, für den beim vorigen Bericht noch keine Daten zur Verfügung standen. Daten des Bundesamtes zur industriellen Eigenenerzeugung von Strom und Wärme sowie Angaben zur anteiligen KWK-Erzeugung für das Jahr 2010 sind erst ab Mitte September 2011 verfügbar.

Dieser Monitoringbericht beinhaltet Ausführungen für die Jahre bis 2009. Ähnlich wie im Bericht 2009 nimmt der VIK auch für das Berichtsjahr 2010 keine Schätzun-

Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft

gen für die KWK-Strom- und -Wärmeerzeugung sowie den durchschnittlichen Nutzungsgrad der eingesetzten Energieträger (bzw. Wirkungsgrad) bei der Erzeugung vor. Er gibt lediglich eine vorläufige Einschätzung über die Entwicklung der KWK-Stromerzeugung an und listet Beispiele für Erweiterungs- und Modernisierungsmaßnahmen dieses Jahres auf. Grund für den Verzicht auf Schätzungen für das aktuelle Jahr ist, dass ein Vergleich mit den veröffentlichten Ergebnissen des Statistischen Bundesamtes für 2008 starke Abweichungen von den geschätzten Werten aufwies. Das Vorgehen erscheint vertretbar, da es beim VIK nicht um die Überprüfung einer quantitativen Selbstverpflichtung geht, sondern nur um die Darstellung des Stands der Kraft-Wärme-Kopplung.

Daten 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 2009 rund 46 Mrd. Kilowattstunden (kWh) produziert, wobei 1 Mrd. kWh einer Terawattstunde (TWh) entsprechen. Dies sind 8,8 % der gesamten deutschen Bruttostromerzeugung. Nach Abzug des Eigenverbrauchs ergibt sich eine Netto-Erzeugung von gut 42,5 Mrd. kWh. Rund 62,5 % dieser Menge, d.h. 26,6 Mrd. kWh wurden über KWK-Anlagen erzeugt. Neben Strom wird auch Wärme in den industriellen Kraftwerken produziert. 2009 wurden insgesamt 88,2 Mrd. kWh Wärme erzeugt, davon etwa 79,3 Mrd. kWh durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) (StaBuA/FS4/R6.4; Tabelle 18.3)). Die industrielle Bruttostromerzeugung ist zwischen 1995 und 2009 um rund 20,4 Mrd. kWh bzw. 30,8 % gesunken (VIK 2005b: 92, 2007a: 125; StaBuA/FS4/R6.4). Der größte Rückgang war bei Kohlekraftwerken zu verzeichnen. Zwischen 1995 und 2009 sank die Stromerzeugung aus Steinkohle um etwa 16,3 Mrd. kWh. Die Braunkohleverstromung nahm um rund 6,1 Mrd. kWh ab. Demzufolge sanken die Anteile von Stein- und Braunkohle in diesen Jahren um 19,2 Prozentpunkte auf 17,4 % bzw. um 7,6 Prozentpunkte auf 5,2 %. Steinkohle bleibt dennoch der wichtigste Primärenergieträger neben Erdgas, das seinen Anteil um 15,7 Prozentpunkte auf 40,9 % steigern konnte. Vor allem aber nahmen die sonstigen Energieträger wie u.a. Biomasse, Müll und weitere regenerative Energie-

träger an Bedeutung zu. Ihr Anteil an der industriellen Bruttostromerzeugung betrug 2009 gut 20 % im Vergleich zu knapp 6 % im Jahr 1995.

Die auf KWK-Basis erzeugte absolute Strommenge stieg zwischen 2002 und 2005 um 2,6 Mrd. kWh bzw. um 11,8 % auf 25,6 Mrd. kWh. Danach blieb sie bis 2008 mit Schwankungen zwischen 25,6 Mrd. kWh und 25,8 Mrd. kWh in etwa konstant. 2009 stieg sie auf 26,6 Mrd. kWh. Im gesamten durch StaBuA-Daten erfassten Zeitraum, d.h. von 2002 bis 2009 hat sie um 15,5 % zugenommen. Ihr Anteil an der gesamten industriellen Stromerzeugung stieg von 53,5 % auf 62,5 %.

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 erst mit der Novellierung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes im Jahr 2008 gelungen.

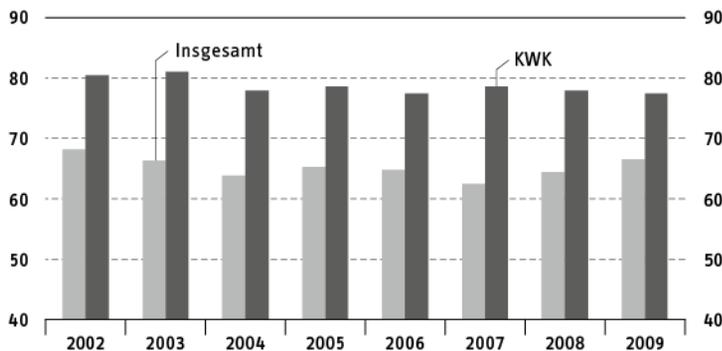
Darüber hinaus ist der VIK auf den verschiedensten Ebenen für den Ausbau von KWK-Anlagen unterstützend tätig. So hat der Verband etwa durch einen speziellen KWK-Arbeitskreis einen Know-how-Transfer rund um diese Technik organisiert, um technische, ökonomische und rechtliche Fragestellungen zu erörtern (VIK 2005c:7).

Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft

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 bis 2009 mit Werten zwischen 77,4 % und 78,5 % angegeben. 2009 lag er bei 77,4 %. 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. 2008 lag die Differenz bei 13,4 Prozentpunkten nach 16,1 Prozentpunkten im Jahr 2007. Dies entsprach damit in etwa den Unterschieden in den beiden Jahren zuvor mit 13,3 bzw. 12,6 Prozentpunkten, war jedoch niedriger als 2003 und 2004 mit 14,7 bzw. 14,1 Prozentpunkten. 2009 betrug die Differenz noch 10,9 Prozentpunkte. Dieser in den letzten Jahren geringer gewordene Unterschied liegt vor allem an einer Verbesserung des Wirkungsgrades der ungekoppelten Erzeugung.

Schaubild 18.1
Nutzungsgrade der industriell betriebenen Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen
2002 bis 2009, in %



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

In der nachfolgenden Übersicht 18.1 sind exemplarisch einige Maßnahmen zur Verbesserung der Effizienz für die Strom- und Wärmebereitstellung in Kraft-Wärme-Kopplung im Jahr 2009 aufgeführt, die der VIK ermittelt hat. Der Verband führt mehrere Neubaumaßnahmen an, so z.B. den Bau von Motor-BHKWs wie den der Firma Armstrong Delmenhorst mit 3 MW_{el} Leistung und den der Mühlenwerke Jaeckering mit 12 MW_{el} Leistung sowie den Bau eines EBS-Kessels mit Dampfturbi-

ne durch das Feinblechwerk Rasselstein. Ebenso wurden Modernisierungsmaßnahmen angegeben. So erhielt z.B. die GuD-Anlage von Storaenso Sachsen eine neue Gasturbine mit 31 MW_{el}. Im ADM-Werk Hamburg wurden eine Gas- und eine Dampfturbine mit einer Leistung von 5,3 MW Leistung zugebaut. Und Bertelsmann München modernisierte eine Kraft-Wärme-Kälte-Anlage.

Übersicht 18.1

Ausgewählte Modernisierungsvorhaben der Industrie im Rahmen des KWK-Gesetzes im Jahr 2009

Maßnahme	Jahr	Unternehmen/Branche
Modernisierung einer Kohle KWK-Anlage durch neue Dampfturbine mit 24 MW _{el}	2009	MD Papierfabrik Albruck
Modernisierung einer GuD Anlage durch neue Gasturbine mit 31 MW _{el}	2009	Storaenso Sachsen
Erweiterung durch neue Gasturbine mit Abhitzeessel 5,5 MW _{el}	2009	Felix Schöller jun. Weißenborn
Neubau eines Motor BHKW 3 MW _{el}	2009	Armstrong Delmenhorst
Neubau eines Motor-BHKW 12 MW _{el}	2009	Mühlenwerke Jaeckering
Neubau eines EBS Kessel mit Dampfturbine	2009	Feinblechwerk Rasselstein
Modernisierung einer Kraft-Wärme-Kälte-Anlage	2009	Bertelsmann München
Zubau von Gas- und Dampfturbine 5,3 MW	2009	ADM Werk Hamburg

Nach Angaben des VIK.

Für 2010 führt der VIK ebenfalls eine Reihe Modernisierungs-, Erweiterungs- und Neubaumaßnahmen an industriellen KWK-Anlagen an (Übersicht 18.2) (VIK 2011:3f). So erwähnt der Verband mehrere Anlagen in der Papierindustrie, so die KWK-Anlage Eon/Mylikowski Plattling mit einer Leistung von 125 MW. Ebenfalls wird eine Anlage von Salzgitter Stahl mit 220 MW elektrischer Leistung sowie die von Solvay Bernburg aus der Chemie mit ca. 50 MW angegeben. Bei den übrigen hier aufgeführten Beispielen aus dem Sektor Papier und der Lebensmittelbranche handelt es sich um Anlagen mit deutlich geringerer Leistung.

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

Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft

Industrie in das Segment öffentliche Versorgung umgruppiert 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 Prozesswärmeeinsatz reduziert werden.

Übersicht 18.2

Ausgewählte Modernisierungsvorhaben der Industrie im Rahmen des KWK-Gesetzes im Jahr 2010

Unternehmen	Branche	Elektrische Leistung	Inbetriebnahme
Milchwerke Mittelbe	Lebensmittel	4,7 MW	Dezember 2010
ADM Werk Spycyk I	Lebensmittel	4,7 MW	Dezember 2010
Homan Feinkost	Lebensmittel	1,5 MW	Juli 2010
Eon/Mylikowki Plattling	Papier	125 MW	Januar 2010
Steinbeis	Papier	8,1 MW	Januar 2010
Klinge Weener	Papier	2 MW	Juli 2010
Kanzan Düren	Papier	2,1 MW	Juli 2010
Solvay Bernburg	Chemie	ca. 50 MW	Oktober 2010
Salzgitter Stahl *)	Metallerz.	220 MW	Dezember 2010

*Nach Angaben des VIK (2011) *) Gesamtleistung*

Zwischen 2002 und 2005 stieg die Stromerzeugung aus KWK-Anlagen um etwa 2,6 Mrd. kWh auf 25,6 Mrd. kWh und blieb bis 2008 in etwa konstant. 2009 nahm sie trotz des starken Wirtschaftseinbruchs auf 26,6 Mrd. kWh zu. Für 2010 deutet sich nach Angaben des VIK ein weiterer Anstieg um etwa 5 % an (VIK 2011:3). Die Wärmeerzeugung lag noch 2007 mit 79,9 Mrd. kWh auf dem gleichen Niveau wie 2002, war jedoch in den Zwischenjahren starken Schwankungen unterworfen: von 81,9 Mrd. kWh im Jahr 2003 bis 77,5 Mrd. kWh 2004. Bis 2009 sank die Wärmeerzeugung dann leicht auf 79,3 Mrd. kWh.

Insgesamt stieg die industrielle Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen von 2002 bis 2009 um 2,9 %, während die gesamte industrielle Strom- und Wärmeerzeugung um 1,1 % zurückging (Tabelle 18.2). Der Anteil der KWK-Anlagen am Wärmemarkt schwankte zwischen 88 % und 91,5 %. 2009 betrug er 89,8 %. Bei der Stromerzeugung stieg der entsprechende Anteil zwischen 2002 und 2005 zunächst

von 53,4 % 2002 auf gut 56 %. Nach einem vorübergehenden Rückgang auf 53 % im Jahr 2007 lag der Anteil 2009 bei 62,5 %.

Die Struktur im KWK-Anlagenpark hat sich im Zeitraum 1997 bis 2009 sichtlich verändert. Der Anteil der Dampfturbinen zur Stromerzeugung lag 1997 noch bei 79 %; er sank jedoch bis 2009 zugunsten von Gasturbinen auf 45,4 %. Der Anteil der Gasturbinen konnte sich somit kontinuierlich von 20 % auf 51,8 % steigern. Die Bedeutung von Verbrennungsmotoren und sonstigen Anlagen hat ebenfalls zugenommen. Ihr Anteil am KWK-Anlagenpark stieg von 1,4 % im Jahr 1997 auf 2,8 % im Jahr 2009 (Tabelle 18.1).

Tabelle 18.2
Industrielle Eigenerzeugung von Strom und Wärme insgesamt sowie aus KWK-Anlagen

1998 bis 2009; in Mrd. kWh

	1998	2005	2006	2007	2008	2009
Stromerzeugung	52,9	46,0	46,5	48,6	45,5	42,5
dav. : KWK-Strom	25,0	25,6	25,8	25,8	25,7	26,6
Wärmeerzeugung	k.A.	90,2	88,8	87,3	89,4	88,2
dav. :KWK-Wärme	87,0	79,9	78,3	79,8	79,5	79,3

Nach Angaben des RWI (2011) und des StaBuA (FS4/R6.4).

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 2009 zurück auf gut 70,7 %. Der Anteil der Gasturbinen stieg demgegenüber zwischen 1997 und 2009 von gut 8 % auf 26,9 % in 2009 (Tabelle 18.1). Der Rückgang im Jahr 2008 erfolgte aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Wärmeerzeugung durch Verbrennungsmotoren und sonstige Anlagen. Diese konnten ihren Anteil 2008 und 2009 mit 2,4 % gegenüber 2007 nahezu verdoppeln.

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 Erzeugungstechniken 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

Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft

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.

Tabelle 18.1
Industrielle Strom- und Wärmeerzeugung aus KWK-Anlagen
 2002 bis 2009; in Mrd. kWh

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Stromerzeugung								
Dampfturbinen	13,7	13,8	13,0	13,5	13,8	13,5	12,6	12,1
Gasturbinen	8,9	9,3	9,4	11,6	11,3	11,4	12,4	13,8
Sonstige	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	0,8	0,7	0,7
Insgesamt	23,0	23,5	22,8	25,6	25,8	25,7	25,7	26,6
Wärmeerzeugung								
Dampfturbinen	62,3	63,7	62,0	61,7	59,5	59,1	58,9	56,1
Gasturbinen	16,9	17,5	14,5	17,4	17,7	19,7	18,8	21,3
Sonstige	0,7	0,7	1,0	0,8	1,1	1,1	1,9	1,9
Insgesamt	79,9	81,9	77,5	79,9	78,3	79,9	79,5	79,3

Nach Angaben des StaBuA (FS4/R6.4) Angaben für 2010 standen bei Fertigstellung des Berichts noch nicht zur Verfügung.

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 FS4/R6.4).

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. Der Ausbau der in der Industrie installierten KWK-Kapazität ist dabei nach Angaben des Verbandes zunächst nicht zufriedenstellend gelungen (VIK 2005c: 4). Mit dazu beigetragen hat sicherlich in den letzten Jahren, dass sich die KWK in starkem Wettbewerb mit anderen umweltfreundlichen Formen der Energiebereitstellung befindet. Die Entwicklung zeigt, dass speziell zwischen 2002 und 2005 bei der KWK-Stromerzeugung ein deutlicher Anstieg gegenüber den Vorjahren um gut 2,5 Mrd. kWh auf 25,6 Mrd. kWh erfolgt ist, danach bis 2008 eine Konstanz auf diesem Niveau festzustellen ist. 2009 zeigt sich trotz des Wirtschaftseinbruch eine deutliche Verbesserung auf 26,6 Mrd.kWh. Für 2010 deutet sich ein weiterer Anstieg an. Bei der KWK-Wärmeerzeugung ist seit 2002 keine Zunahme mehr festzustellen. Der Wert für 2009 liegt 0,5 Mrd. kWh unter dem des Jahres 2002. Für eine Bewertung bleibt anzumerken, dass eine genaue Beurteilung der Entwicklung der Kraft-Wärme-Kopplung nach den Ergebnissen des KWK-Berichts nicht für den Sektor Industrie getrennt sondern nur für den KWK-Bereich insgesamt möglich ist (RWI 2010). Zurückzuführen ist dies auf die Art und Weise der Datenerfassung. So wird z.B. die Erzeugung in Industrieparks (Contracting) generell der allgemeinen Versorgung zugerechnet.

19. Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

Deutschland hält innerhalb Europas den größten Kraftwerkspark vor. Insgesamt war im Jahr 2009 eine inländische Kraftwerksleistung von 118,6 GW installiert. Davon gehörten allein 106,6 GW der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft (StaBuA/FS4/R6.4). Und hier wiederum haben 350 kommunale Unternehmen eine eigene Kraftwerkskapazität von knapp 13,3 GW.

Unter dem Begriff der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft werden die nicht-industriellen Stromerzeuger, die Netzbetreiber sowie die Endversorgungsunternehmen für Elektrizität zusammengefasst. Im Strommarkt waren 2009 rund 1 030 Unternehmen aktiv (BDEW 2011: 4). Diese beschäftigten 2009 rund 132 000 Mitarbeiter bei einem Umsatz aus dem Stromverkauf an Verbraucher ohne Stromsteuer von 60,5 Mrd. €. 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 etwa ein Drittel der in Deutschland insgesamt emittierten Menge an treibhausgasrelevantem CO₂ verantwortlich (UBA 2011, BDEW 2011).

19.1 Datenbasis

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft wird vertreten durch den Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW). Er ist an die Stelle des Verbandes der Elektrizitätswirtschaft (VDEW) getreten, 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 regenerativer Energien – zum anderen allein für fossile Brennstoffe. Die Fortführung der Datenreihen bis 2010 wurde vom BDEW übernommen (BDEW 2011).

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/FS4/R6.5). 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 erzeugte Kilowattstunde erforderliche Nettostromerzeugung ergibt sich aus der Differenz der Bruttostromerzeugung aus Kraftwerken der EVU (einschließlich Bahn) und des Eigenverbrauchs (StaBuA FS4/R.6.4). 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 für die Jahre ab 2000 eine entsprechende Bereinigung vorgenommen. Bei den Emissionen konnten die Umbuchungen weitgehend auf Basis messtechnisch ermittelter bzw. im Rahmen der Emissionsberichterstattung im Emissionszertifikatehandel (CITL ab 2005) sowie für das Europäische Schadstoffemissionsregister EPER (bis 2007) bzw. E-PRTR (ab 2008) berichteter Werte erfolgen. Die Werte der Nettostromerzeugung sind entweder von den entsprechenden Unternehmen berichtet oder auf Basis der Werte von 1999 geschätzt (VDEW 2007). Ein Austausch der endgültigen Daten für 2009 gegen die im Vorjahresbericht noch als vorläufig ausgewiesenen Werte führte zu einer leichten Verbesserung des Zielerreichungsgrades.

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

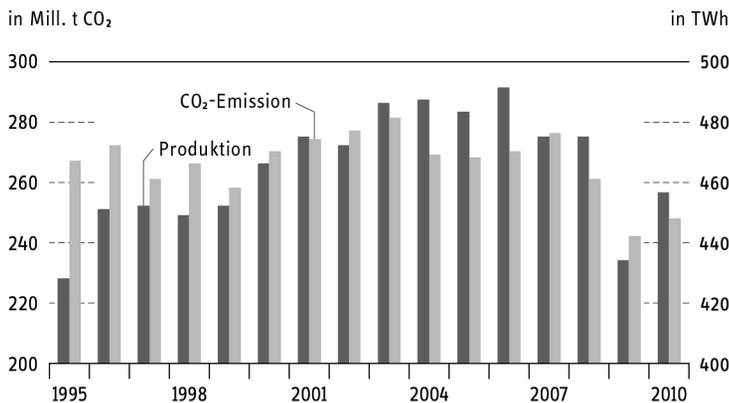
Ausführungen zu ergriffenen CO₂-Minderungsmaßnahmen der EVU sind dem Fortschrittsbericht des BDEW (2011) entnommen. Ferner veröffentlicht das Statistische Bundesamt in der Fachserie 4, Reihe 6.1, detailliertes Zahlenmaterial hinsichtlich der Investitionstätigkeit der allgemeinen Elektrizitätsversorgung.

19.2 Energieverbrauch und Produktion

Die Nettostromversorgung aus Kraftwerken der Stromversorger einschließlich der Einspeisung privater Erzeuger lag - vorläufigen Schätzungen nach - 2010 bei etwa 538 Mrd. kWh (BDEW 2011:5). Rund 23 % der Stromerzeugung wurden aus Kernenergie gewonnen, Braunkohle trug mit einem Anteil von 23 %, Steinkohle mit 18 % und Erdgas mit 19 % dazu bei. Der Beitrag der Erneuerbaren Energien lag zusammengenommen bei etwa 17 %.

Schaubild 19.1

CO₂-Emissionen und Nettostromerzeugung der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft 1995 bis 2010; ohne umgruppierte Industriekraftwerke und Deutsche Bahn



Nach Angaben des BDEW (2011).

Während in früheren Jahren der Import-/Exportsaldo nahezu ausgeglichen war, ist seit 2005 ein Stromexportsaldo mit bis 2008 steigender Tendenz zu verzeichnen. In diesem Jahr belief sich der Exportüberschuss auf mehr als 22 Mrd. kWh (StaBuA/FS4/R6.5). 2009 und 2010 ging dieser Saldo jeweils auf 14 Mrd. kWh bzw. 17 Mrd. kWh zurück.

Die den EVU nach statistischer Bereinigung zuzuordnende Nettostromerzeugung ist in den vergangenen Jahren zunächst deutlich gestiegen. 1995 wurden netto

428 Mrd. kWh von der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft erzeugt. Dieser Wert stieg bis 2006 auf 491 Mrd. kWh (Schaubild 19.1). Seitdem ist ein Rückgang der Netto-stromerzeugung zu verzeichnen, verbunden mit einem gleichzeitigen Anstieg von auf Basis des EEG vergüteter Stromerzeugung aus Anlagen, die nicht vom Berichtskreis der allgemeinen Versorgung erfasst sind. 2009 ging sie aufgrund des Wirtschaftseinbruchs erheblich zurück von 475 Mrd. MWh im Jahr zuvor auf 434 Mrd. kWh. 2010 lag die Erzeugung bei 456,5 Mrd. kWh.

19.3 Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen

Das deutsche Energierecht hat im vergangenen Jahrzehnt bedeutende Novellierungen und Ergänzungen erfahren. Zu den wichtigsten zählen neben dem durch die EU-Kommission forcierten Liberalisierungsprozess der Energieversorgung, die Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes (KWKG).

Die Liberalisierung auf europäischer Ebene wurde im Juli 1996 mit der Verabschiedung der EU-Richtlinie 96/92/EG eingeleitet, welche die Mitgliedstaaten zur schrittweisen Öffnung der nationalen Strommärkte verpflichtete. Eine Möglichkeit der nationalen Umsetzung bestand im „Verhandelten Netzzugang“, die von den Spitzenverbänden der deutschen Stromwirtschaft zur Vereinbarung der „Freiwilligen Verbändevereinbarung“ im April 1998 genutzt wurde. 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, Langerfeldt 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 2001:11). Mit

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

der EU-Erweiterung auf inzwischen 27 Mitgliedsländer wurde das Ziel auf insgesamt 20 % festgelegt (EU 2009).

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. Im Jahr 2008 erfolgte die zweite wesentliche Novellierung. Die Grundstruktur wurde weiterhin beibehalten. Die Novelle schreibt vor, den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis 2020 auf mindestens 30 % auszubauen und danach kontinuierlich weiter zu erhöhen. Die wichtigsten Änderungen zur Erreichung dieses Ziels betreffen eine attraktivere Gestaltung des Repowering, die Verbesserung der Bedingungen für die Offshore-Windkraft und eine Verbesserung der Netzintegration von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien sowie einer neuen Regelung des Einspeisemanagements.

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 Stromerzeugung aus bestehenden Anlagen wurde ab dem 1.1.2000 auf eine Reststrommenge von 2 623 TWh beschränkt. Im Rahmen dieser Regelung ging am 14. November 2003 im niedersächsischen Stade das erste deutsche Kernkraftwerk vom Netz. Am 11. Mai 2005 folgte die Stilllegung des Kernkraftwerks Obrigheim in Baden-Württemberg.

Im Elften Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes vom 8. Dezember 2010 erfolgte eine Änderung bezüglich der verbleibenden Laufzeiten: Die Betriebszeiten der vor 1980 gebauten sieben Anlagen wurden um acht Jahre und die der zehn übrigen Atomkraftwerke um 14 Jahre verlängert. Als Folge des Erdbebens von Fukushima wurden am 15. März 2011 im Zuge eines von der Bundesregierung verfügten Laufzeitmoratoriums die sieben ältesten Anlagen für drei Monate vom Netz genommen (BMU 2011a). Die Reaktorsicherheitskommission wurde damit beauftragt, die Sicherheitsstandards aller Kernkraftwerke umfassend zu überprüfen und neu zu bewerten. Gleichzeitig wurde eine Ethikkommission beauftragt, Ende Mai eine grundlegende Bewertung zur Energieversorgung der Zukunft vorzulegen. Auf der Grundlage der Ergebnisse der Kommissionen beschloss die Bundesregierung am 6. Juni 2011 ein Ausstiegskonzept (BMU 2011b). Hiernach wird schrittweise bis spätestens Ende 2022 vollständig auf die Stromerzeugung in deutschen Kernkraftwer-

ken verzichtet. Die abgeschalteten acht Anlagen sollen nicht wieder ans Netz gehen. Die Übertragung von Reststrommengen bleibt jedoch weiterhin möglich.

Als wesentliches Instrument zur Minderung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen wurde in Deutschland am 19. März 2002 das Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz – KWKG) (zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 25. Oktober 2008) eingeführt. Das Gesetz fördert den Neubau und die Modernisierung von hocheffizienten KWK-Anlagen sowie den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen, in die Wärme aus KWK-Anlagen eingespeist wird und unterstützt die Markteinführung der Brennstoffzelle. Der KWK-Bonus für den derart erzeugten Strom wird nach Größe und Alter der Anlage gestaffelt gezahlt. Der Neu- und Ausbau von Wärmenetzen wird mit einer Investitionszulage gefördert. Ziel ist es, den Anteil der KWK an der deutschen Stromerzeugung bis 2020 auf 25 % zu steigern.

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.

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

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 Rechtsstreits 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 2010 erreichte CO₂-Minderungen

Die Unternehmen der allgemeinen Elektrizitätsversorgung haben 2010 der Stromerzeugung zuzuordnende CO₂-Emissionen in Höhe von etwa 248 Mill. t CO₂ emittiert (Tabelle 19.1). Dies ist im Vergleich zu 2009 ein Anstieg um 6 Mill. t CO₂ bzw. 2,4 % bei einem gleichzeitigen deutlichen Anstieg der Nettostromerzeugung um 23 Mrd. kWh oder 5,2 %. In Bezug auf 1990 wurden 41 Mill. t CO₂, d.h. 14,2 % weniger ausgestoßen, wohingegen die Nettostromerzeugung um 26 Mrd. kWh bzw. 5,9 % anstieg.

Tabelle 19.1

Nettostromerzeugung und CO₂-Emissionen der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft

1990 bis 2010; Ziel: Reduktion der CO₂-Emissionen um 25 Mill. t auf 264 Mill. t bis 2015

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Produktion, (Mrd. kWh)	431	428	466	483	475	434	457
Emissionen, (Mill. t)	289	267	270	267	261	242	248

Nach Angaben des BDEW (2011).

Die hier ausgewiesenen CO₂-Emissionen der allgemeinen Versorgung sind 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 BDEW 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 2011: 14). Hiernach hätte sich bei Weiterbetrieb der Kernkraftwerke im Jahr 2005 eine Einsparung von 6,3 Mill. t CO₂ ergeben, die den Kraftwerken bei der Emissionsermittlung als Einsparung angerechnet wurde. In den Jahren 2006 bis 2010 lag die entsprechende Gutschrift jeweils bei etwa 7,4 Mill. t CO₂.

Für die spezifischen Emissionen[®] ergab sich folgendes Bild: Nach Angaben des BDEW (2011) betragen die CO₂-Emissionen je erzeugter Nettokilowattstunde 2010 rund 0,56 kg CO₂. Seit 1999 schwanken die Werte zwischen 0,56 und 0,59, wobei der Wert von 0,56 kg CO₂ 2004, 2008 und nun 2010 erreicht wurde (RWI 2008: 249; Schaubild 19.2). Im Jahr 2007 stiegen die spezifischen Emissionen einmalig auf rund 0,60 kg CO₂ (RWI 2008: 249; Tabelle 19.2). Im Vergleich zu 1990 bedeutet der Wert von 2010 eine Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen um 0,11 kg/kWh bzw. 16,6 %.

Neben dem spezifischen Emissionswert, der sich auf den gesamten Energiemix bezieht, hat der BDEW 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 Nettostromerzeugung aus fossilen Energieträgern in Verhältnis gesetzt. Dieser spezifische Wert liegt bedeutend höher (Tabelle 19.2; RWI 2008: 250). Von 1990 bis 2005 sank er von 1,08 auf 0,91 kg CO₂ je fossiler Nettokilowattstunde. Danach veränderte sich der spezifische Emissionswert kaum noch. 2010 wies er mit

[®] Die spezifischen CO₂-Emissionen wurden nach Angaben des Verbandes vor der durch die Datenumstellung 2000 erforderlichen Bereinigung der Werte um die Bahn- und Industriekraftwerke sowie vor Berücksichtigung der stillgelegten Kernkraftwerke ermittelt.

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

0,88 kg CO₂ den bisher niedrigsten Wert auf. Insgesamt sank der Wert zwischen 1990 und 2010 um 0,20 kg CO₂ je fossiler Nettokilowattstunde bzw. um 18,3 %.

Tabelle 19.2
Spezifische CO₂-Emissionen

1990 bis 2010; in kg CO₂ je kWh gesamte Nettoerzeugung bzw. fossile Nettoerzeugung

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Insgesamt, (kg CO ₂ / kWh)	0,67	0,62	0,58	0,57	0,56	0,58	0,56
Minderung geg. 1990 (in %)	-	7,5	13,4	14,9	16,4	14,2	16,6
Fossil, (kg CO ₂ / kWh)	1,08	1,03	0,98	0,91	0,89	0,91	0,88
Minderung geg. 1990 (in %)	-	4,6	9,3	15,7	17,6	16,2	18,3

Nach Angaben des BDEW (2011).

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 19.3 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. Die vermiedenen Emissionen nahmen zwischen 1990 und 2000 um 9 Mill. t bzw. um 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. Zwischen 2000 und 2009 sanken die Nettostromerzeugung der Kernkraftwerke um 21,1 % auf 127 Mrd. kWh und die vermiedenen Emissionen um 20,7 % auf 130 Mrd. kWh. Die Minderung bei den Emissionen entsprach in etwa der der Nettostromerzeugung.

Im aktuellen Berichtsjahr 2010 stieg die Nettostromerzeugung der Kernkraftwerke um 3,9 % auf 132 Mrd. kWh und die Menge der vermiedenen CO₂-Emissionen um

3,1 % bzw. 4 Mill. t. Insgesamt wurden 2010 die durch Nettostromerzeugung aus Kernkraft vermiedenen CO₂-Emissionen um 21 Mill. t bzw. 13,5 % niedriger angegeben als 1990, während die entsprechende Stromabgabe aus Kernkraftwerken nur um 6,4 % bzw. 9 Mrd. kWh zurückging.

Tabelle 19.3

Inländische Kernkraftwerke: Nettostromerzeugung, Nutzungsdauer und vermiedene CO₂-Mengen (ohne Kernkraftanteile der Deutschen Bahn)

1990 bis 2010

	1990	1995	1998	2000	2005	2008	2009	2010
Nettostromerzeugung, (Mrd. kWh)	141	145	152	161	153	140	127	132
CO ₂ -Einsparung, (Mill. t)	155	156	158	164	155	143	130	134
Emissionskoeffizienten, (kg CO ₂ /kWh)	1,10	1,08	1,04	1,02	1,01	1,01	1,01	1,02

Nach Angaben des BDEW (2011).

Der Grund für die auftretenden Diskrepanzen in der Entwicklung von Nettostromerzeugung und Emissionen vor allem in den neunziger Jahren liegt darin, dass die Höhe der durch Kernkraftstrom vermiedenen Emissionen nicht allein durch das Niveau der Nettostromerzeugung bestimmt wird, sondern auch durch die spezifischen Emissionen, die bei der Erzeugung des durch Kernkraftwerke verdrängten Stroms in den jeweiligen Kohlekraftwerken aufgetreten wären.

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 2000 eine kontinuierliche Senkung dieses Emissionskoeffizienten von 1,1 auf 1,02 kg CO₂/kWh angegeben. Dies erklärt die weitaus geringere Wachstumsrate der vermiedenen Emissionen im Vergleich zum Anstieg der Nettostromerzeugung in diesen Jahren. Nach dem Rückgang des Emissionskoeffizienten bis 2003 auf 0,98 kg CO₂/kWh stieg er bis 2007 erneut auf 1,03 kg CO₂/kWh (Tabelle 19.3). 2008 und 2009 sank der Koeffizient wiederum auf 1,01 kg CO₂/kWh, 2010 entsprach er mit 1,02 kg CO₂/kWh wieder dem Wert von 2000.

Hätte 2010 noch der Koeffizient von 1990 gegolten, hätte die Menge der vermiedenen Emissionen bei 145 Mill. t gelegen, mithin um 11 Mill. t höher als angegeben. Der mit 21 Mill. t erheblich geringere effektive Anstieg der durch Kernkraft vermie-

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

denen Emissionen im Vergleich zum Anstieg der Nettostromerzeugung ist damit auf den deutlichen Rückgang des Emissionskoeffizienten, also die Effizienzverbesserung des Stein- und Braunkohlekraftwerksparks, in den neunziger Jahren zurückzuführen.

Als eine der Ursachen möglicher starker Schwankungen des CO₂-Ausstoßes werden Einflüsse des Wetters auf die Höhe der Stromerzeugung 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 aber haben im aktuellen Berichtszeitraum keine gravierende Rolle gespielt.

2009 war der Rückgang der Nettostromerzeugung aus Kernenergie ausgeprägter als der der Stromerzeugung insgesamt. In diesem Jahr ist der Stromverbrauch vor allem aufgrund der gesunkenen industriellen Aktivitäten deutlich zurückgegangen. Im Bereich des Grundlaststroms fand dabei eine Verschiebung von der Kernenergie hin zur Braunkohle statt. Gründe für diese Verschiebung waren zum einen, dass der Emissionshandelspreis gesunken und Braunkohle damit wettbewerbsfähiger geworden ist. Zum anderen dürften auch strategische Überlegungen bzgl. der Laufzeitkontingente der Kernkraftwerke eine Rolle gespielt haben.

2010 setzte sich dieser Trend fort. Die Nettostromerzeugung aus Kernkraft nahm mit 3,9 % unterproportional zu verglichen mit dem Wachstum der Stromerzeugung insgesamt um 5,1 %. Sie blieb weiterhin deutlich unter dem Niveau früherer Jahre. Gedeckt wurde der Strombedarf durch ein stärkeres Wachstum bei Steinkohle- und Gaskraftwerken und eine Ausweitung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien.

Die Stromerzeugung der EVU mittels regenerativer Energietechnologien stieg zwischen 1990 und 2000 von 15 auf 24 Mrd. kWh (Tabelle 19.4). Von 2001 bis 2006 schwankte sie zwischen 21 und 22 Mrd. kWh. Nur 2003 kam es vorübergehend zu einem drastischen Rückgang auf 18 Mrd. kWh (RWI 2007: 243). 2007 und 2009 wurde mit 24 Mrd. kWh wieder das Niveau der Stromerzeugung von 2000 erreicht. 2008 und 2010 konnte eine Nettostromerzeugung von 25 Mrd. kWh realisiert wer-

den. Insgesamt gelang den allgemeinen Energieversorgern damit, verglichen mit 2000, nur eine geringe Steigerung der Nettostromerzeugung aus erneuerbaren Energien.

Tabelle 19.4

Erneuerbare Energien: Stromerzeugung und vermiedene CO₂-Emissionsmengen

1990 bis 2010; gerundete Werte

	1990	1995	1998	2000	2005	2008	2009	2010
Nettostromerzeugung, (Mrd. kWh)	15	19	17	24	21	25	24	25
CO ₂ , vermieden, (Mill. t)	17	21	18	25	22	25	24	25

Nach Angaben des BDEW (2011).

Die Menge der CO₂-Emissionen, die durch diese Art der Stromerzeugung vermieden werden konnte, nahm 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 2000 bei 38 %. Die Menge der vermiedenen Emissionen lag 2010 mit gut 25 Mill. t CO₂ etwa 8 Mill. t über dem Wert von 1990. Grund für den mit 47,1 % deutlich schwächeren Anstieg der vermiedenen CO₂-Emissionen im Vergleich zum Anstieg der Nettostromerzeugung mit 64,7 % ist auch hier die Effizienzverbesserung der Stein- und Braunkohlekraftwerke in den neunziger Jahren, 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 führen Wirkungsgradsteigerungen der Kohlekraftwerke zu einer Minderung der vermiedenen Emissionen.

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 einen deutlichen Beitrag zur Zielerfüllung der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft leisten können. Hierbei ist zudem 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. Die dem Monitoring zugrunde gelegte Energiestatistik des

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

Statistischen Bundesamtes umfasst nur Anlagen mit einer Leistung von mehr als 1 MW_{el} und ist aufgrund von gesetzlich festgelegten Fallzahlbegrenzungen zusätzlich eingeschränkt. Dies betrifft vor allem die Stromerzeugung aus privaten und von kleineren EVU und Stadtwerken betriebenen Windkraft-, Biogas- und Photovoltaikanlagen. Darüber hinaus wird aber aufgrund der Fallzahlbeschränkung auch der Zubau vieler EVU-betriebener Wind- und Solarparks mit einer elektrischen Leistung von über 1 MW_{el} nicht oder nicht zeitnah erfasst. In der Energiestatistik der Kraftwerke der öffentlichen Versorgung spielen deshalb vor allem feste Biomasse, Abfälle und Wasser eine Rolle.

Die Verbesserung der Energieeffizienz in den Kohle- und Gaskraftwerken der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft verdeutlicht Tabelle 19.5. Der entsprechende Brennstoffeinsatz wird hier in Petajoule pro Mrd. Kilowattstunde (PJ/Mrd. kWh) für den Zeitraum 2003 bis 2010 wiedergegeben.

Bei Steinkohlekraftwerken ist in den Jahren 2006 und 2007 eine Verschlechterung der Energieeffizienz von 8,4 auf 8,8 PJ/Mrd. kWh festzustellen. Bis 2010 verbesserte sie sich wieder leicht auf 8,6 PJ/Mrd. kWh. Erdgaskraftwerke wiesen 2005 und 2006 eine Energieeffizienz von 6,9 PJ/Mrd. kWh auf. Danach sank der spezifische Energieeinsatz bis auf 6,6 PJ/Mrd. kWh im Jahr 2010, wobei 2009 vorübergehend ein Anstieg auf 6,8 PJ/Mrd. kWh festzustellen war. Bei den Braunkohlekraftwerken blieb der pro Milliarden Kilowattstunden benötigte Energieeinsatz von 2003 bis 2006 bei 9,5 PJ/Mrd. kWh. 2007 stieg er vorübergehend leicht auf 9,6 PJ/Mrd. kWh und sank bis 2010 9,4 PJ/Mrd. kWh. In den letzten drei Jahren lag er damit etwas unter dem Niveau früherer Jahre. Insgesamt bedeutet das von 2003 bis 2010 bei Steinkohlekraftwerken eine Verschlechterung, bei Braunkohle- und Gaskraftwerken eine leichte Verbesserung der Energieeffizienz. Die Effizienzveränderungen bei Steinkohlekraftwerken lassen sich nach Angaben des BDEW zum großen Teil über die erheblichen Schwankungen witterungsabhängiger Stromerzeugung (vor allem Wind) begründen. Um Stromschwankungen auszugleichen, werden Kohlekraftwerke in Teillast betrieben mit negativen Konsequenzen für die Effizienz. In den letzten Jahren war das Winddargebot, gemessen anhand der erreichten Vollastbenutzungsstunden der installierten Windanlagen, gegenüber den „windreichen“ Jahren 2006 und insbesondere 2007 trotz des erheblichen Zubaus an Leistungen deutlich geringer. Die Effizienzverbesserung bei den in Grundlast betriebenen Braunkohlekraftwerken lässt sich nach Verbandsaussagen direkt auf entsprechende Effizienzsteigerungsmaßnahmen und Stilllegungen vor allem im rheinländischen Braunkohlerevier zurückführen. Der in den letzten zwei Jahren erfolgte rasante Ausbau der Photovoltaik wirkt sich vor allem in den sonnenreichen Sommermonaten insbesondere über die Mittagsstunden aus. Er trifft damit in erster Linie im unteren Mittellastbe-

reich betriebene ältere Gaskraftwerke, da viele Erdgaskraftwerke auf Kraft-Wärme-Kopplung die Wärmegrundlast auch im Sommer bereit stellen. Der BDEW gibt an, dass Steinkohlekraftwerke des unteren Mittellastbereiches dagegen vornehmlich in Kraft-Wärme-Kopplung in den Wintermonaten betrieben werden und hier deshalb relativ weniger betroffen sind. Insgesamt überwiegt aber offensichtlich in den letzten Jahren in Summe bei den Gaskraftwerken die erhebliche Effizienzsteigerung durch Zubau einer ganzen Reihe von hocheffizienten, vornehmlich ungekoppelt betriebenen GuD-Großanlagen (vgl. auch Tabelle 19.7 zum Vergleich ungekoppelter und gekoppelter Erzeugung).

Der deutliche Rückgang bei den spezifischen CO₂-Emissionen zwischen 2007 und 2008 von 0,92 kg CO₂/kWh auf 0,89 kg CO₂/kWh (Tabelle 19.2), bezogen auf fossile Energieträger, hat neben den leichten Effizienzverbesserungen der Stein- und Braunkohlekraftwerke auch eine Ursache in Veränderungen im Brennstoffmix. Als wesentlichen Grund für diese Verbesserung im Jahr 2008 wurde vom Verband angeführt, dass ältere fossile Kraftwerke aufgrund des wieder verstärkten Einsatzes der Kernkraftwerke weniger und regelmäßiger gelaufen sind. Ebenso gelang es, Windspitzen besser abzufedern.

Tabelle 19.5
Umwandlung fossiler Energieträger

2003 bis 2010; Energieeffizienz in PJ/Mrd. kWh; gerundete Werte

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Steinkohle	8,4	8,4	8,5	8,8	8,8	8,7	8,7	8,6
Braunkohle	9,5	9,5	9,5	9,5	9,6	9,4	9,4	9,3
Erdgas	6,7	6,5	6,9	6,9	6,7	6,7	6,8	6,6

Berechnungen des VDEW bzw. BDEW nach Angaben des Statistischen Bundesamts (BDEW 2011).

2009 war dagegen neben der erneuten leichten Effizienzverschlechterung bei den Gaskraftwerken und einer Konstanz bei Kohlekraftwerken aufgrund des starken Kernkraftzurückgangs ein verstärkter Einsatz der Braunkohlekraftwerke festzustellen, begleitet von einem sehr niedrigen Stromerzeugungsniveau. Dies erklärt insgesamt die Verschlechterung der spezifischen CO₂-Emissionen gegenüber 2008.

2010 verbesserten sich die spezifischen CO₂-Emissionen insgesamt wieder bis etwa auf das Niveau von 2008. Dies ist nach Angaben des Verbandes auf einen leichten Rückgang der Braunkohleverstromung gegenüber dem Vorjahr und einen leich-

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

ten Anstieg der Stromerzeugung aus Gaskraftwerken zusätzlich zu den Effizienzverbesserungen bei allen drei Kraftwerkarten zurückzuführen. Hinzu kam ein Anstieg der Stromerzeugung aus Wasserkraftwerken.

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. Multipliziert man die spezifischen CO₂-Emissionen für 1990 mit der Stromerzeugung des Jahres 2010, ergeben sich 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 im Jahr 2010 rund 58 Mill. t CO₂ zusätzlich ausgestoßen worden (Tabelle 19.6).

Tabelle 19.6
Nettostromerzeugung und CO₂-Emissionen der EVU

1990 bis 2010; Ziel: Reduktion der CO₂-Emissionen um 25 Mill. t bis 2015

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
Produktion, (Mrd. kWh)	431	428	466	483	475	434	457
Spezif. CO ₂ -Emissionen insgesamt, (kg CO ₂ /kWh)	0,67	0,62	0,58	0,57	0,56	0,58	0,56
Fikt. Emissionen, (Mill. t)	-	287	312	324	318	291	306
Emissionen, (Mill. t)	289	267	264	268	261	242	248
Differenz	-	20	48	56	57	49	58

Nach Angaben des BDEW (2011).

19.7 Beitrag der Kraft-Wärme-Kopplung

Der Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) gilt als ein wesentliches Instrument zur Senkung der CO₂-Emissionen. Im Vergleich zur ungekoppelten Erzeugung wird hierdurch eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz und somit ein geringerer Emissionsausstoß erwartet. Die CO₂-Emissionen der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft in der Abgrenzung des CO₂-Monitoringberichts enthalten sowohl die Emissionen aus der ungekoppelten Stromerzeugung als auch die der KWK-Stromerzeugung. Erfolge bei der Emissionsminderung durch neu in Betrieb ge-

nommenen KWK-Anlagen und modernisierte KWK-Altanlagen schlagen sich demnach dort nieder.

Im Fokus des CO₂-Monitoringberichts standen in den letzten Jahren als entscheidende Determinanten für die Entwicklung der Emissionen die Entwicklung der Kernenergie und der Erneuerbaren Energien, denen keine CO₂-Emissionen zugeordnet werden, sowie die Struktur des fossilen Kraftwerksparks und die Effizienz dieser Kraftwerke. Der Beitrag der Kraft-Wärme-Kopplung wurde in diesem Rahmen nicht explizit herausgestellt. Sie spielt insofern jedoch eine Rolle, als der Wirkungsgrad dieser Anlagen im Vergleich zur ungekoppelten Erzeugung deutlich höher ist.

Die Vermeidung von CO₂-Emissionen durch Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber der ungekoppelten Erzeugung wird ausführlich im KWK-Bericht des ÖKO-Instituts dargestellt (zum Folgenden RWI 2011). Das ÖKO-Institut weist dort die zwischen dem Basisjahr 1998 und dem jeweiligen Berichtsjahr (aktuell 2009) realisierten CO₂-Einsparungen im Vergleich zur ungekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung aus. Referenzgrößen sind dabei zwei Referenzszenarien, die auf dem technologischen Standard der ungekoppelten Erzeugung von 1998 basieren.¹² Da bei der ungekoppelten Erzeugung ebenfalls technologische Verbesserungen erfolgen, weisen Rechnungen, die sich auf ein statisches Vergleichssystem eines Basisjahres beziehen, zu hohe Vermeidungseffekte aus. Eine ergänzende Betrachtung des ÖKO-Institutes, die nicht Gegenstand des Monitorings der KWK-Vereinbarung ist und nicht mit den Verbänden abgestimmt wurde, versucht bei der Gegenüberstellung auch entsprechende technologische Verbesserungen bei der ungekoppelten Erzeugung zu berücksichtigen.

Im Folgenden soll durch eine kurze Ausführung der Beitrag der KWK-Anlagen deutlich gemacht werden. Nach Angaben des ÖKO-Instituts ist die Nettostromerzeugung aus KWK-Anlagen der allgemeinen Versorger zwischen 1998 und 2009 um 47,7 % gestiegen. Der KWK-Anteil wuchs in dieser Zeit von 7,6 % auf 11,6 %. Gleichzeitig hat die Stromkennzahl, d.h. die Relation von Strom- zur Wärmeerzeugung, von 43 % auf 53 % zugenommen. Damit ist die Wärmeerzeugung um 19,1 % gestiegen. Die effektiven Emissionen aus der KWK-Erzeugung insgesamt lagen 2009

¹² Referenzszenario 1 geht von spezifischen Emissionen in Höhe von 770 g CO₂/kWh_{el} bei der Stromerzeugung und 295 g CO₂/kWh_{th} bei der Wärmeerzeugung aus. Referenzszenario 2 geht von spezifischen Emissionen in Höhe von 860 g CO₂/kWh_{el} bei der Stromerzeugung und 295 g CO₂/kWh_{th} bei der Wärmeerzeugung aus.

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

als Folge der deutlichen Ausweitung der Erzeugung um 20 % bzw. um 8 Mill. t höher.

Der Anteil der KWK-Stromerzeugung an der gesamten Nettostromerzeugung lag 2010 in der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft bei 11,4 %, jedoch mit deutlichen Unterschieden bei den einzelnen Energieträgern. Bei der Stromerzeugung aus Steinkohlekraftwerken betrug der Anteil 13,5 %, bei Braunkohlekraftwerken nur 3,1 %, bei Gaskraftwerken dagegen 49,8 % und bei Erneuerbaren Energien 32,8 %. Erneuerbare Energien[©] spielen mit einem Anteil von knapp 4,2 % an der gesamten Stromerzeugung hier erst eine geringe Rolle. Der KWK-Strom im Bereich allgemeine Elektrizitätswirtschaft wird zu 65 % aus Erdgas, gut 20 % aus Steinkohle, etwa 7,5 % aus Erneuerbaren Energien und zu 7 % aus Braunkohle erzeugt. Effizienzverbesserungen durch einen hohen KWK-Anteil und somit positive Effekte auf die Emissionen insgesamt dürften vor allem aus der Entwicklung bei den Gaskraftwerken und, nicht ganz so ausgeprägt, bei den Steinkohlekraftwerken resultieren.

Ein Vergleich der spezifischen Energieverbräuche für die Energieträger zeigt, dass das Niveau des spezifischen Energieverbrauchs, wie zu erwarten war, bei der ungekoppelten Erzeugung deutlich höher liegt als im KWK-Bereich; und zwar bei Kraftwerken aller drei fossilen Energieträger (Tabelle 19.7).

Von diesem deutlich höheren Niveau ausgehend hat sich bei Erdgaskraftwerken die Energieeffizienz der ungekoppelten Stromerzeugung zwischen 2003 und 2009 stärker verbessert hat als bei der KWK-Strom- und Wärmeerzeugung insgesamt – ein Ergebnis des Zubaus hocheffizienter GuD-Anlagen in den Jahren 2005 bis 2009. Berechnet für die KWK-Stromerzeugung allein ist sogar eine Verschlechterung festzustellen. Im Bereich Steinkohle hat sich die Energieeffizienz der ungekoppelten Erzeugung verschlechtert, während sie sich im KWK-Bereich verbessert hat. So ist KWK bei Steinkohle kaum durch den Photovoltaikausbau betroffen (siehe Ausführungen zur Effizienz der Kraftwerke).

Die Energieeffizienz bei Erneuerbaren Energien spielt für die Betrachtung im CO₂-Monitoringbericht keine Rolle, da der entsprechende Energieverbrauch hier nicht CO₂-relevant ist. Sie ist jedoch insofern wichtig, als mit einem höheren Wirkungsgrad die Energieträger wie Abfälle und Biogas besser ausgenutzt werden. Hier zeigt sich, dass bei Kraftwerken auf Basis von Abfällen die Energieeffizienz bei der

[©] Hierbei handelt es sich nicht um die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien insgesamt, sondern nur um die der allgemeinen Stromerzeuger. Hierzu gehören die Sonstigen Erneuerbaren Energien wie Biomasse, Biogas usw. und die Abfälle\

ungekoppelten Erzeugung stark gestiegen ist, bei der KWK-Erzeugung hat sie sich verschlechtert.

Tabelle 19.7
Spezifischer Energieverbrauch bei der Stromerzeugung im Vergleich
 PJ/TWh, 2003 bis 2009

	Stromerzeugung			KWK- Wärme- erzeugung	KWK- insgesamt
	insgesamt	ungekoppelt	KWK-Strom		
Steinkohle					
2003	9,110	9,269	8,143	3,600	5,106
2005	8,962	9,062	8,120	3,621	4,692
2009	9,487	9,859	6,917	3,699	4,625
2003/09, in %	4,1	6,4	-15,1	2,7	-9,4
Braunkohle					
2003	10,316	10,385	7,633	3,600	4,680
2005	10,571	10,651	7,729	3,709	4,711
2009	10,267	10,351	7,381	3,643	4,645
2003/09, in %	-0,5	-0,3	-3,3	1,2	-0,7
Erdgas					
2003	6,923	8,274	6,048	3,600	4,575
2005	6,828	8,672	5,757	3,184	4,428
2009	7,063	7,943	6,312	3,156	4,470
2003/09, in %	2,0	-4,0	4,4	-12,3	-2,3
Sonstige Erneuerbare Energie					
2003	-	8,000	-	-	6,833
2005	-	8,273	-	-	6,500
2009	-	10,000	-	-	6,351
2003/09, in %		25,0	-	-	-7,1
Abfälle u.Ä.					
2003	-	17,708	-	-	5,507
2005	-	16,971	-	-	6,988
2009	-	15,189	-	-	6,784
2003/09, in %		-14,2	-	-	23,2

Eigene Berechnungen nach Angaben des BDEW und des Statistischen Bundesamtes.

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

Bei den sonstigen Erneuerbaren Energien (z.B. Biogas) zeigt sich umgekehrt eine Verbesserung im KWK-Bereich und eine Verschlechterung im ungekoppelten Bereich. Hier ist ebenfalls noch anzumerken, dass nur ein vergleichsweise kleiner Teil der Verstromung von erneuerbaren Energien in Deutschland vom Berichtskreis der allgemeinen Versorgung erfasst ist und demzufolge die beobachteten Trends nicht repräsentativ für den Ausbau der erneuerbaren Energien als Ganzes sein müssen.

Ziel der Selbstverpflichtung und daher im Fokus des CO₂-Monitorings ist die effektive Minderung der absoluten CO₂-Emissionen der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft und nicht die Realisierung bestimmter Vermeidungseffekte, deren Betrachtung in diesem Rahmen nur zur Verdeutlichung dient. Die CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung (in der dem CO₂-Monitoringbericht zugrundeliegenden Abgrenzung) sind ohne Berücksichtigung der Gutschrift für stillgelegte Kernkraftwerke zwischen 1998 und 2009 um 17,5 Mill t bzw. 6,6 % gesunken, bei einem Rückgang der Stromerzeugung um 5 %. Einflüsse von Verschiebungen im Energieträgermix und technologische Veränderungen haben sich hiernach nahezu kompensiert. Die durch Stromerzeugung aus Kernkraft und erneuerbaren Energien vermiedenen Emissionen wurden bereits angesprochen. Es wurde hierbei für beide eine Substitution der Stromerzeugung durch Stein- und Braunkohlekraftwerke zu je gleichen Teilen unterstellt. Nach dieser Rechnung konnten 2010 durch Kernkraft 24 Mill. t CO₂ weniger vermieden werden als 1998. Durch den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien gelang es dagegen, 7 Mill. t CO₂ mehr zu vermeiden (Tabellen 19.3 und 19.4).

Durch den Vergleich der KWK-Stromerzeugung mit der ungekoppelten Erzeugung ergaben sich nach der Rechnung des ÖKO-Instituts für 2009 gegenüber 1998 Emissionseinsparungen in Höhe von 9,5 Mill. t (Szenario 1) bis 10,9 Mill. t (Szenario 2). Bei der ergänzenden Rechnung, bei der technologische Verbesserungen im Bereich der ungekoppelten Erzeugung beim Vergleich berücksichtigt wurden, ergab sich ein deutlich niedrigerer Vermeidungseffekt.

19.8 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft gehört mit zu den größten Investoren in Deutschland. 2009 haben die EVU etwa 10,5 Mrd. € investiert (Tabelle 19.8). Das ist eine weitere deutliche Steigerung nach knapp 7 Mrd. € im Jahr 2007 und 8,3 Mrd. € im Jahr 2008 und etwa eine Verdreifachung gegenüber den Jahren davor. Die Ausgaben für den Erhalt und den Ausbau der Stromnetze lagen 2009 bei etwa 6,3 Mrd. € nach 2,3 Mrd. € und 2,7 Mrd. € in den Jahren 2007 und 2008. Auch hier ist nahezu eine Verdoppelung gegenüber 2007 festzustellen bzw. eine Verdreifachung verglichen mit den Jahren davor.

Im Fortschrittsbericht des BDEW (2011) werden für die Jahre 2005 bis 2010 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, zur Verlagerung der Erzeugung auf effizientere Kraftwerke desselben Energieträgertyps sowie Altanlagenstilllegungen (BDEW 2009: 16f).

Über 70 % der bei den Stadtwerken installierten Stromerzeugungskapazitäten sind KWK-Anlagen. Nach Angaben des BDEW wurden 2005 eine Reihe erdgasbefeuerte GuD-Anlagen in Betrieb genommen. 2009 kamen zwei weitere erdgasbefeuerte GuD-Anlagen für die innerstädtische Versorgung hinzu. Neben diesen großen Kraftwerksprojekten wird eine Vielzahl weiterer Inbetriebnahmen und Kapazitätserweiterungen von kleineren bis mittleren KWK-Anlagen vor allem in den Bereichen Biomasse und Müllverbrennung in den letzten Jahren erwähnt, wobei viele dieser Anlagen jedoch aufgrund fehlender ganzjähriger Wärmesenken nicht ganzjährig in KWK betrieben werden. Ebenso wurden eine ganze Reihe erdgasbefeuerte Blockheizkraftwerke neu in Betrieb gesetzt, die in einzelnen Fällen jedoch nur bestehende ältere Anlagen ersetzt haben (RWI 2011).

Der Verband ergänzte den Ausweis der wichtigsten Neuanlageninbetriebnahmen gegenüber dem Fortschrittsbericht des Jahres 2009 um ein Beispiel für 2010: die Inbetriebnahme der Anlage der RWE Power in Lingen. Mit den Neuanlagen ging in vier Fällen eine Stilllegung einher. Darüber hinaus wurde in einem Fall eine Umrüstung vorgenommen. In einer weiteren Anlage wurden zwei Vorschaltturbinen ergänzt. Die höheren Wirkungsgrade von Neuanlagen ermöglichen nach Ansicht des BDEW im Durchschnitt Brennstoffeinsparungen von 25 bis 40 % gegenüber vergleichbaren 25 bis 40 Jahre alten Kraftwerken (BDEW 2011: 19ff) an. Der Beitrag einer Neuanlageninbetriebnahme zur Energieeinsparung ist jedoch zum großen Teil erst im Folgejahr zu erwarten.

Für 2011 ist nach Angaben des Verbandes die Inbetriebnahme einer Reihe weiterer im Bau befindlicher Kraftwerksgroßprojekte geplant. Darüber hinaus existiert eine Vielzahl im Bau oder Genehmigungsverfahren befindlicher Großprojekte nach 2010 (BDEW 2011: 19).

Neben Neuanlageninbetriebnahmen fand eine Vielzahl von Ertüchtigungsmaßnahmen an bestehenden Kraftwerken statt. Als wesentliche Maßnahme hob der Verband die laufenden Modernisierungsprogramme von EnBW, Evonik-STEAG und

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

E.ON an Steinkohlekraftwerken hervor. Angegeben wurden ebenfalls die Turbinen-ertüchtigungen an den Braunkohle-Standorten Jänschwalde und Boxberg von Vattenfall Europe, die Inbetriebnahme von Vorschaltgasturbinen mit verbundener Abwärmenutzung zur Effizienzsteigerung zweier Braunkohle befeuerter Blöcke am RWE-Standort Weisweiler sowie die Modernisierung des Mark-E-Standortes Werdohl. Im Regelbetrieb können diesen Maßnahmen nach Verbandsangaben jährlich mindestens 3 Mill. t CO₂-Minderung gutgeschrieben werden (BDEW 2011: 22).

Tabelle 19.8
Investitionen der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft
2000 bis 2009; in Mill. €

	2000	2005	2006	2007	2008	2009*
Stromerzeugung	707	937	1 098			
Leitungsnetz	1 368	1 171	1 401	2 314	2 702	6 300
Insgesamt	3 052	3 278	3 844	6 964	8 326	10 500

*Nach Angaben des Statistischen Bundesamts, Fachserie 4, Reihe 6.1 und für 2009 des BDEW (2011). Angaben für 2010 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich. * Schätzung.*

Ebenfalls wurden vom Verband die Contractingkonzepte hervorgehoben, nach denen ein öffentlicher Versorger die Versorgung industrieller Großverbraucher herstellt, indem er bestehende Anlagen aus der industriellen Kraft- und Wärme-wirtschaft übernimmt, modernisiert oder durch Neuanlagen ersetzt. Hierdurch vermindern sich die Emissionen der industriellen Kraftwirtschaft, die der allge- meinen Versorgung steigen an, wenn auch auf Grund der Ertüchtigungsmaßnahmen in geringerem Umfang. Die vom Verband beispielhaft für 2005 bis 2010 angegebenen Anlagen produzieren 900 GWh Strom und 2 400 GWh Nutzwärme pro Jahr mit klimarelevanten CO₂-Emissionen von rund 900 000 t. Die Inbetriebnahme der meis- ten Anlagen erfolgte in den Jahren 2005 und 2006. 2007/2008 nahm nur die KGU der Stadtwerke Aalen den Betrieb auf, 2008 die Anlage der MVV Energiedienstleis- tungen Ludwigshafen. 2009 kam eine Anlage von E.ON Bayern in Miltenberg hinzu und 2010 eine weitere von E.ON Energy Pr. in Plattling. Der BDEW geht jedoch zukünftig aufgrund der geänderten KWK-Vergütung und der Einspeisemöglichkeiten von KWK-Strom durch industrielle Anlagen durch die KWK-Novelle eher von einem Rückgang beim Contracting im Berichtsrahmen der allgemeinen Versorgung aus. So dürften entsprechende Projekte zwar unvermindert verfolgt werden, aber mögli- cherweise vermehrt im Bereich der Industriekraftwerke anfallen. 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 2011: 21f).

In Kernkraftwerken wurde durch Modernisierung von Turbinen in den Jahren 2005 bis 2007 ebenfalls eine Erhöhung der Leistungen erreicht. Sie entsprachen unter normalen Betriebsbedingungen, d.h. einem Grundlastbetrieb von 7 770 Stunden pro Jahr, einer zusätzlichen Nettostromerzeugung von rund 1,3 TWh und einer zusätzlichen Vermeidung von rund 1,4 Mill. t CO₂ (BDEW 2011: 14f). Für die Jahre 2008 bis 2010 wurden keine weiteren Maßnahmen ausgewiesen.

Bei den erneuerbaren Energien fand im von der Energiestatistik erfassten Bereich der allgemeinen Versorgung vor allem ein Ausbau der Nutzung fester Biomasse und Sekundärbrennstoffe statt, wohingegen der Ausbau von Windkraft und Biogasnutzung eher im Bereich der nicht von der Energiestatistik erfassten Einspeisung unter dem Erneuerbare-Energien-Gesetz anzusiedeln ist. Seit 2005 wurde ein deutlicher Ausbau der Stromerzeugung aus der Verbrennung von Hausmüll und Ersatzbrennstoffen in Müllheizkraftwerken und als Zufeuerung in Kohlekraftwerken vorgenommen. Ebenso wurde eine Vielzahl von Biomasse-(Heiz-)Kraftwerken auf Basis fester Brennstoffe (Holz) in Betrieb genommen. 2010 nahm ein neues Biomasseheizkraftwerk mit einer Leistungsaufnahme von 7 MW den Betrieb auf. Im Regelbetrieb können nach Angaben des Verbandes durch den Betrieb der hier aufgeführten Kraftwerke über 3 Mill. t Emissionen jährlich vermieden werden (BDEW 2011: 16ff).

Gemessen an der gesamten Zubauentwicklung haben sich die EVUs in den Jahren 2005 bis 2008 nur in geringem Umfang bei Onshore-Windprojekten engagiert. In diesem Zeitraum wurden Neubauprojekte im Onshore-Bereich mit einer Leistungsaufnahme von ca. 200 MW realisiert. In den Jahren 2009 und 2010 hat sich die neu installierte Leistung EVU-betriebener Windkraftanlagen deutlich erhöht. 2009 kamen weitere Neubauprojekte mit mindestens 330 MW (Onshore) sowie ein Offshore-Windprojekt mit 60 MW, 2010 im Onshore-Bereich Projekte mit einer Leistungsaufnahme von über 230 MW und im Offshore-Bereich von 20 MW hinzu (BDEW 2010: 16ff sowie 2011: 16ff, Bundesnetzagentur: Kraftwerksliste vom 27.09.2011). Zusätzlich fand im Bereich der sonstigen erneuerbaren Energien (Biogas, flüssige Biomasse, Geothermie, Solar) von 2005 bis 2010 ein Leistungsaufbau durch neue Anlagen von ca. 150 MW statt. Davon wurden 70 MW in den Jahren 2009 und 2010 aufgenommen.

Angaben zur Höhe der im Berichtszeitraum insgesamt durch Minderungsmaßnahmen eingesparten CO₂-Emissionen wurden vom Verband nicht gemacht.

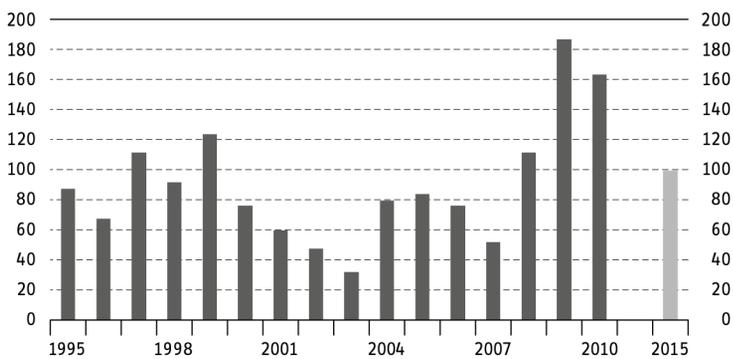
Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

19.9 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. Da zwischenzeitlich entschieden wurde, dass dieses Kernkraftwerk nicht wieder ans Netz genommen wird, verminderte sich die zugesagte CO₂-Reduktion auf insgesamt 25 Mill. t. Damit sollen 2015 maximal 264 Mill. t CO₂ emittiert werden.

Die zugesagte CO₂-Reduktion konnte bereits 1999 aufgrund der Zunahme der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und vor allem aus Kernkraft deutlich übertroffen werden (Schaubild 19.2). Bis 2003 sank der Zielerreichungsgrad jedoch wieder auf 32 %. Der Anteil von Strom aus Kernenergie und erneuerbaren Energien ging in dieser Zeit 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.

Schaubild 19.2
Zielerreichungsgrade der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft
1995 bis 2010; in %



Eigene Berechnungen nach Angaben des VDEW (2007) und des BDEW (2011).

2006 sank der Zielerreichungsgrad auf 76 %, 2007 weiter auf 52 %. Während für die Verschlechterung in 2006 hauptsächlich der Anstieg der Stromerzeugung insgesamt verantwortlich war, gab es 2007 zwar ebenfalls einen deutlichen Rückgang der Stromerzeugung, insgesamt aber einen drastischen Einbruch bei der Kernener-

gie, der zum großen Teil auf technisch bedingte Stillstände zurückzuführen war. Diese Entwicklung führte zu höheren Kohleanteilen im Energieträgermix.

2008 sind die Emissionen gegenüber 2007 um 15 Mill. t zurückgegangen bei einem Anstieg der Nettostromerzeugung um nur 0,4 %. Damit konnte für dieses Jahr ein Zielerreichungsgrad von 112 % erreicht werden. Etwa 8 Mill. t sind nach Angaben des Verbandes auf den starken Anstieg der Stromerzeugung aus Kernkraft zurückzuführen. Weitere 4 Mill. t führt der BDEW auf die durchschnittliche Effizienzsteigerung des fossilen Anlagenparks durch Verbesserung des Wirkungsgrades zurück, 3 Mill. t auf den Brennstoffwechsel von Kohle auf Erdgas (BDEW 2009). Die Anpassung des Energieträgermix wurde durch die sinkenden Preise auf den Märkten für Rohstoffe und Emissionszertifikate begünstigt.

Hauptursache für den Rückgang der Emissionen in 2009 um 5,9 % war in erster Linie der inländische Nachfragerückgang. Auch die Nettoausfuhr ging deutlich zurück. Die Nettoerzeugung sank aufgrund des überproportionalen Rückgangs der Produktion aus Kernkraftwerken und der entsprechenden Verlagerung hin zu Braunkohlekraftwerken mit 7 % etwas stärker als die Emissionen. Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien verringerte sich zwar nur um 2 %, konnte aber aufgrund ihres geringen Anteils diesen Effekt nicht ausgleichen.

2010 konnte ein Zielerreichungsgrad von 164 % erreicht werden. Die Stromwirtschaft hat in den letzten drei Jahren und sechs Jahre vor Ablauf der Minderungsverpflichtung ihre Zusage mehr als erfüllt. Der Anstieg der Emissionen blieb mit 2,4 % unter dem der Produktion mit 5,2 %. Hierzu beigetragen haben ein unterdurchschnittlicher Anstieg der Nettostromerzeugung aus Kernenergie, Effizienzverbesserungen bei den fossilen Kraftwerken gegenüber dem Vorjahr, sowie ein Anstieg der Erzeugung aus erneuerbaren Energien.

Der Verband geht in seiner Erklärung zur Klimavorsorge von einem ungestörten Betrieb der Kernkraftwerke aus. Der sukzessive Ausstieg aus der Kernkraft wurde 2002 nach der Abgabe der Selbstverpflichtung gesetzlich festgelegt. In den CO₂-Emissionen, die in den Fortschrittsberichten des BDEW ausgewiesen werden, sind daher zusätzlich die durch Kernkraft hypothetisch vermeidbaren Emissionen aus der Stromerzeugung der stillgelegten Kernkraftwerke berücksichtigt.

Der aktuelle Beschluss der Bundesregierung vom 6. Juni 2011 geht nun davon aus, dass die acht abgeschalteten Kernkraftwerke nicht wieder ans Netz gehen. Darüber hinaus sollen die übrigen Anlagen bis Ende 2022 schrittweise stillgelegt werden. Das heißt, der Anteil der Kernenergie am Strommix von heute noch etwa 23 % wird bis zum Ende der Verpflichtungsperiode weiter deutlich sinken. Soweit die Substitu-

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

tion durch fossile Energieträger erfolgt, wird dies zu einem Anstieg der CO₂-Emissionen führen.

Anhang

A. Wirtschaftliche Entwicklung der an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren

Die am Monitoring beteiligten Industriebereiche vereinigten 2010 rund ein Drittel der Produktion des Verarbeitenden Gewerbes auf sich (StaBuA/FS4/R3.1 2010). Während das Bruttoinlandsprodukt (BIP) zwischen 1991 und 2010 um insgesamt 27,7 % zunahm (Tabelle A.2), verzeichnete der Produktionsindex des Verarbeitenden Gewerbes in diesem Zeitraum ein Wachstum in Höhe von 17,3 %. Von den am Monitoring teilnehmenden Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes wiesen 9 ein negatives Wachstum zwischen 1991 und 2010 aus. Hierzu trugen insbesondere die teils zweistelligen negativen Wachstumsraten des Jahres 2009 bei. In 2010 konnten sich die meisten Sektoren wieder stabilisieren und positive Wachstumsraten aufweisen (Tabelle A.1).

Tabelle A.1
Entwicklung des Produktionsindex
1991-2010

	1991-2005	1991-2010	2009-2010
Chemische Industrie	32,3	39,0	17,9
Eisenschaffende Industrie	12,8	0,3	26,4
Elektrotechnik- und Elektronikindustrie	55,1	72,9	16,5
Feuerfest-Industrie	-0,1	-1,9	22,9
Glasindustrie	7,5	12,8	10,7
Kaliindustrie (Rohsalzverarbeitung in t)	-4,7	-16,2	69,6
Kalkindustrie	-12,5	-12,0	6,1
Keramische Fliesen und Platten	-42,8	-52,9	0,4
Mineralölverarbeitung	17,5	7,1	-1,9
Nichteisen-Metallindustrie	9,3	5,2	11,3
Steinkohlenbergbau	-62,0	-81,6	-10,0
Textilindustrie	-39,1	-60,3	10,8
Zellstoff- und Papierindustrie	39,4	50,8	10,8
Zementindustrie	-24,5	-26,0	-8,3
Ziegelindustrie	-8,5	-33,9	15,1
Zuckerindustrie	42,9	-5,4	-10,5

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 2.1.

A. Wirtschaftliche Entwicklung der an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren

Die Produktionsentwicklung in den einzelnen Industriebereichen verlief sehr unterschiedlich. So sank die Produktion der Textilindustrie zwischen 1991 und 2010 um etwa 60 %. Aufgrund der zunehmenden Konkurrenz aus Niedriglohnländern sind zukünftig weitere Kapazitätsstilllegungen zu erwarten. Die Produzenten aus dem Bereich der Steine und Erden, zu denen 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 der Industrie der keramischen Fliesen und Platten zwischen 1991 und 2010 um fast 53 %, die der Zementindustrie um 26 % und die der Kalkindustrie um 12 %. Einige Branchen konnten hingegen ihre Produktion kräftig steigern. Dazu zählen beispielsweise die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie, die Chemische Industrie sowie die Zellstoff- und Papierindustrie (Tabelle A.1).

Tabelle A.2
Produktion des Verarbeitenden Gewerbes und reales Bruttoinlandsprodukt

1991-2010, Veränderung in %

	1991- 2005	1991- 2009	2009	1991- 2010	2010
Produktionsindex Verarbeitendes Gewerbe	14,1	7,4	-9,2	17,3	10,5
Bruttoinlandsprodukt	22,8	24,7	-5,5	27,7	3,6

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 2.1 und Fachserie 18, Reihe 1.4.

Nach einem als Folge der Wirtschafts- und Finanzkrise negativen Wirtschaftswachstum von -5,5 % in 2009 konnte im Berichtszeitraum 2010 wieder ein Anstieg des realen Bruttoinlandsprodukts um 3,6 % verzeichnet werden. Neben den zum Vorjahr deutlich gestiegenen Exporten (14,7 %) trug auch die um 2,4 % gestiegene Inlandsnachfrage zu einem positiven Wirtschaftswachstum bei (Tabelle A.3).

Der Anstieg der Inlandsnachfrage ging vor allem auf die um knapp 11 % gegenüber dem Vorjahr gestiegenen Ausrüstungsinvestitionen zurück. Die Bauinvestitionen nahmen leicht zu (2,8 %). Von dieser positiven Entwicklung profitierte aber als Bauzulieferer nur die Produktion der Kalkindustrie, deren Zuwachs zum Vorjahr 6,1 % betrug. Die Produktion der keramischen Fliesen und Platten hingegen veränderte sich mit einem Zuwachs von 0,4 % nur geringfügig, während jene der Zementindustrie sogar um 8,3 % zurückging (Tabelle A.1). Von den beiden am Monitoring beteiligten Verbrauchsgütersektoren war die Produktion der Zuckerin-

dustrie um 10,5 % rückläufig, während die Textilindustrie gegenüber dem Vorjahr ein positives Wachstum von knapp 11 % vorweisen konnte.

Bei 12 der 16 am Monitoring beteiligten Sektoren konnten im Jahr 2010 Produktionszuwächse verzeichnet werden. Dies ist unter anderem auf die im Vorjahresvergleich deutlich gestiegenen Exporte (14,7 %) zurückzuführen. So ist die Produktion der Chemieindustrie, die ihre Exportquote seit Mitte der 1990er auf über 50 % steigern konnte, um 17,9 % gestiegen. Auch die Herstellung von Roheisen und Nichteisen-Metallen konnte mit 26,4 % bzw. 11,3 % Zuwächse verzeichnen.

Tabelle A.3

Veränderung des realen Bruttoinlandsprodukts und dessen Verwendung

2005 bis 2010; Veränderungen der Indizes gegenüber dem Vorjahr in %

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Inlandsnachfrage	0,0	2,1	1,1	1,7	-1,9	2,4
Private Konsumausgaben	0,2	1,0	-0,4	-0,1	0,0	0,5
Anlageinvestitionen	1,1	7,7	4,3	4,4	-9,4	6,0
- Ausrüstungen	6,0	11,1	6,9	5,9	-21,6	10,9
- Bauinvestitionen	-3,0	5,0	1,8	3,0	-0,3	2,8
- Sonstige	4,9	8,0	8,0	6,6	-2,2	6,4
Ausfuhr	7,7	12,7	7,5	2,7	-17,0	14,7
Einfuhr	6,5	11,9	5,0	4,0	-15,4	13,0
Bruttoinlandsprodukt	0,8	3,0	2,5	1,3	-5,5	3,6

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 2.1 und Fachserie 18, Reihe 1.4.

B. Die Entwicklung der Energiepreise

B. Die Entwicklung der Energiepreise

Mit dem sich abschwächenden weltwirtschaftlichen Wachstum in 2009 sank auch der weltweite Energieverbrauch um 1,5 %, dem höchsten Rückgang seit 1980 (BP 2009 und 2010). 2010 erfolgte dann parallel zum wirtschaftlichen Aufschwung wieder ein deutlicher Anstieg des Energieverbrauchs um 5,6 %. Allerdings war diese Entwicklung nicht gleichmäßig auf alle Energieträger verteilt. Während der Verbrauch von Erdgas und Kohle um 7,5 % stieg, ist beim Öl nur eine Zunahme von rund 3 % festzustellen.

Ursächlich für die schwache Entwicklung beim Ölverbrauch dürften auch die gegenüber dem Vorjahr gestiegenen Ölpreise gewesen sein. Die jahresdurchschnittlichen Preise der bekanntesten Ölsorten lagen 2010 gut 28 % über denen des Vorjahres (Tabelle B.1).

Tabelle B.1

Nominale Weltmarktpreise für Rohöl und deren Veränderungen gegenüber 2000

1990 bis 2010; in US \$/bbl

	1990	2000	2005	2008	2009	2010	Mittel
Brent	23,73	28,50	54,52	97,26	61,67	79,47	52,32
Seit 2000	-	-	91,3%	241,3%	116,4%	178,8%	
Dubai	20,45	26,20	49,35	94,34	61,39	78,04	49,63
Seit 2000	-	-	88,4%	260,1%	134,3%	197,9%	
WTI	24,50	30,37	56,59	100,06	61,92	79,39	53,75
Seit 2000	-	-	86,3%	229,5%	103,9%	161,4%	

WTI: West Texas Intermediate. – BP (2011), eigene Berechnungen.

Die Einfuhrpreise für Heizöl reagierten unmittelbar auf die Rohölpreisnotierungen. Die unterjährigen Preisanstiege verschärften sich im Gegensatz zu den Vorjahren durch die Verschlechterung des Wechselkurses des Euro gegenüber dem Dollar. So nahm der Wert des Euro zwischen 2000 und 2008 um etwas mehr als 59 % zu (Tabelle B.2). 2009 und 2010 hingegen fiel sein Wert jeweils um rund 5 % gegenüber dem Vorjahr. Dadurch stiegen die in Euro bemessenen Einfuhrpreise für Rohöl schneller als die in Dollar notierten Weltmarktpreise (Tabelle B.3).

Tabelle B.2

Wechselkursverhältnis des Euros zum US-Dollar und Inflation in Deutschland

1990 bis 2010; in US \$/€

	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010
Dollar/Euro	1,2102	0,924	1,244	1,371	1,471	1,395	1,326
Seit 2000	-	-	34,7 %	48,4 %	59,2 %	51,0 %	43,54 %
Inflationsrate		1,4 %	1,5 %	2,3 %	2,6 %	0,4 %	1,1 %
Inflation seit 2000	-	-	8,3 %	12,5 %	15,0 %	15,0 %	16,7 %

Deutsche Bundesbank (2011), StaBuA/FS17 (2011), eigene Berechnungen.

Die Weltmarktpreise lagen je nach Sorte um etwa 160 % bis knapp 200 % höher als 2000 (Tabelle B.1). Auch der Einfuhrpreis für schweres Heizöl nahm im selben Zeitraum um etwa 104 % zu, bei leichtem Heizöl betrug der Anstieg rund 76 %.

Tabelle B.3

Grenzübergangspreise (cif) für Rohöl, Heizöl und Erdgas

1990 bis 2010; in €/t SKE

	1990	2000	2005	2008	2009	2010	Mittel
Rohöl	98	156	216	346	223	316	213
Seit 2000	-	-	38,5 %	121,6 %	42,8 %	102,6 %	
Schweres Heizöl	65	144	162	298	231	294	189
Seit 2000	-	-	12,3 %	106,5 %	60,4 %	103,5 %	
Leichtes Heizöl	116	203	289	498	438	357	265
Seit 2000	-	-	42,3 %	145,5 %	115,9 %	76 %	
Erdgas	61	85	128	269	169	167	141
Seit 2000	-	-	51,8 %	216,5 %	99,9 %	98 %	

Die cif-Preise beinhalten sämtliche Kosten, einschließlich Fracht- und Versicherungsgebühren. BMWi (2011).

Während die Einfuhrpreise für Roh- und schweres Heizöl 316 € bzw. 294€ pro t Steinkohleneinheit (SKE) betragen, lag der Importpreis für Erdgas bei 167 €/t SKE. Eine der Ursachen dafür ist die informelle Ölpreisbindung für Erdgas: In den übli-

B. Die Entwicklung der Energiepreise

cherweise 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 verstärkte die Abschwächung des Euro die Steigerung der Importpreise von Erdgas wie auch von Steinkohlen. Als Folge stieg der Einfuhrpreis für Koks kohle an und lag 2010 etwa 213 % über dem Niveau von 2000 (Tabelle B.4). Beim Koks stieg der jahresdurchschnittliche Importpreis von rund 78 € pro Tonne SKE im Jahr 2000 auf 259 €/t im Jahr 2010. Allein der Einfuhrpreis für Kraftwerkskohle fiel deutlich gegenüber dem Niveau des Vorjahres und lag 2010 nur noch etwa 102 % über dem von 2000. Die wesentlichen Gründe für die seit dem Jahr 2000 stark angestiegenen 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.

Tabelle B.4
Grenzübergangpreise (cif) für Kraftwerks- und Koks kohle sowie für Koks
1991 bis 2010; in €/t SKE

	1991	2000	2005	2008	2009	2010	Mittel
Kraftwerkskohle	49	42	65	112	113	85	64
Seit 2000	-	-	54,5 %	166,7 %	168,5 %	102,0 %	
Kokskohle	49	51	91	142	151	160	94
Seit 2000	-	-	78,0 %	178,4 %	195,3 %	212,9 %	
Koks (€/t)	k.A.	78	230	281	197	259	171
Seit 2000	-	-	195,6 %	260,7 %	152,9 %	232,9 %	

Die cif-Preise beinhalten sämtliche Kosten, einschließlich Fracht- und Versicherungsgebühren. BMWi (2011).

Im Zuge der Preissteigerungen der letzten Jahre begannen viele Exportländer, ihre Förderkapazitäten an Koks kohlen 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. Die dennoch gestiegenen Energiepreise belegen, dass die Kapazitätsausweitungen nicht mit den Nachfragesteigerungen mitgehalten haben. Der im Falle von Koks zwischen den Jahren 2008 und 2009 rückläufige Preis entkräftet diese Aussage nicht, da dessen Ursache im krisenbedingten Rückgang der Hochofenstahlproduktion zu suchen ist. Erneute Preissteigerungen traten denn auch mit Beginn der wirtschaftlichen Erholung auf.

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 Erzeugerkosten 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.

B. Die Entwicklung der Energiepreise

Tabelle B.5
Gerundete Steuersätze auf Mineral- und Heizöl in Deutschland
 1990 bis 2010; in €/1000 l

	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003- 2010	Veränd. geg. 1990
Ottokraftstoff verbleit	332	552	583	614	659	690	721	117,2 %
Ottokraftstoff bleifrei	291	501	532	562	593	624	655	125,1 %
Diesel	229	317	348	378	409	440	470	105,2 %
Leichtes Heizöl (Haus- halte)	29	41	61	61	59	61	61	110,3 %

MWV (2011), 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.

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.6
Strom-, Erdgas- und Mehrwertsteuern in Deutschland
 1990 bis 2010

	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003- 2006	2007- 2010
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 (2011).

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 Energiewirtschaftsgesetz zur Abschaffung der ehemaligen Gebietsmonopole geführt hat und somit Wettbewerb unter den Energieversorgern einführte.

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 (Monitoringbericht 2003-2004). 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 22,4 Cent pro Kilowattstunde (kWh) im Jahr 2009 etwa 50 % höher als im Jahr 2000.

B. Die Entwicklung der Energiepreise

Tabelle B.7
Nominale Verbraucherpreise für Erdgas und Strom

1990 bis 2010; in ct/kWh

	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	Mittel
Erdgas (Haushalte)	4,0	3,9	5,3	6,5	7,1	7,0	6,4	5,6
Seit 2000	-	-	35,7%	65,4%	82,1 %	77,3 %	61,6 %	
Strom (Haushalte)	12,8	14,9	18,2	20,2	21,4	22,4	23,4	18,7
Seit 2000	-	-	22,1%	35,0%	43,6 %	50,4 %	56,9 %	
Strom (Industrie) ¹	7,0	4,4	6,8	8,7	8,8	-	-	-
Seit 2000	-	-	53,7%	97,7%	100%	-	-	

Ohne Mehrwertsteuer. Wie allgemein üblich erfolgen Preisangaben zum unteren Heizwert. MWV (2010), BMWi (2011).

Real bzw. inflationsbereinigt betrachtet sind die Preisanstiege seit 2000 moderater ausgefallen. So betrug der reale Strompreisanstieg bei Haushalten zwischen 2000 und 2010 lediglich rund 33 %, wohingegen die Strompreise nominal um etwa 57 % gestiegen sind (Tabelle B.7/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 2010 etwa 4 Cent höher.

Tabelle B.8
Reale Verbraucherpreise für Erdgas und Strom

1990 bis 2010; 2000=100; in ct/kWh

	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	Mittel
Erdgas (Haushalte)	3,3	3,9	5,0	5,8	6,2	6,1	5,5	5,1
Seit 2000 in %	-	-	25,8	47,6	59,0	56,4	41,0	
Strom (Haushalte)	16,2	15,1	16,9	18,0	18,6	19,4	20,1	17,1
Seit 2000 in %	-	-	13,2	20,5	23,2	28,5	33,1	
Strom (Industrie) ¹	8,8	4,8	6,3	7,8	7,7	-	-	-
Seit 2000 in %	-	-	42,5	76,5	60,4	-	-	

Preisangaben erfolgen zum unteren Heizwert. MWV (2011), BMWi (2011).

Im Gegensatz zu den Strompreisen stiegen die Verbraucherpreise für Heizöl zwischen 2000 und 2010 sehr kräftig an: Schweres Heizöl verteuerte sich bis 2010 um rund 116,4 %, leichtes Heizöl um knapp 60,5 % (Tabelle B.9). In Preisen von 2000 war leichtes Heizöl im Jahr 2010 um rund 37,5 % teurer als noch zur Jahrtausendwende (Tabelle B.10).

Tabelle B.9
Nominale Verbraucherpreise für Heizöl

1990 bis 2010

	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	Mittel
Schweres Heizöl (€/t)	120,7	174,7	231,5	276,3	384,0	291,1	378,1	242,6
Seit 2000 in %	-	-	32,5	58,1	140,5	66,6	116,4	
Leichtes Heizöl (ct/l)	25,0	40,8	53,2	58,2	77,1	53,0	65,5	50,6
Seit 2000 in %	-	-	30,4	42,6	89,0	49,1	60,5	

Preisangaben erfolgen zum Unteren Heizwert. MWV (2011), BMWi (2011).

B. Die Entwicklung der Energiepreise

Tabelle B.10
Reale Verbraucherpreise für Heizöl
1990 bis 2009; 2000=100

	1990	2000	2005	2007	2008	2009	2010	Mittel
Schweres Heizöl (€/t)	152,9	174,7	214,6	246,5	333,9	252,2	323,9	220,8
Seit 2000 in %	-	-	22,8	41,1	109,1	44,2	85,4	
Leichtes Heizöl (ct/l)	31,6	40,8	49,3	51,9	66,5	45,92	56,1	46,3
Seit 2000 in %	-	-	20,8	27,2	64,4	12,5	37,5	

Preisangaben erfolgen zum Unteren Heizwert. MWV (2011), BMWi (2011).

C. Datengrundlagen

Der Berichtszeitraum des vorliegenden Monitoringberichtes ist das Jahr 2010. 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.

C. Datengrundlagen

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 Monitoring
in 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 publizierten 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 Abgrenzungsproblematik 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 Produktionserhebung[⊗] erhoben. Ab dem Berichtsjahr 2003 wurde die Datenerhebung 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. 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 Erhe-

[⊗] Monatsberichte für Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden.

C. Datengrundlagen

ungsdaten war nur anhand der Angaben zu den bisherigen Monitoringberichten möglich.

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 werden^{©©}. Ab 2007 sind die entsprechenden Angaben 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 (Nm³) mit einem oberen

^{©©} Hierzu zählt der Jahresbericht für Betriebe, der als jährlich erscheinende Arbeitsunterlage auf Anfrage zur Verfügung gestellt wird.

Heizwert[®] von 35,16912 MJ/Nm³ 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 MJ/Nm³ bzw. 3,249 MJ/kWh bewertet.

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 Nettostromerzeugung 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 MJ/Nm³ standardisiert und in Normkubikmetern publiziert (BGS 1984).

Die für die einzelnen Sektoren geschilderten CO₂-Minderungsmaßnahmen entstammen grundsätzlich den jeweiligen Fortschrittsberichten für die Berichtsperiode, denn es ist Aufgabe der beteiligten Industrieverbände, ihre CO₂-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.

¹⁶ Heute werden die Begriffe „Brennwert“ für den oberen Heizwert und „Heizwert“ für den unteren Heizwert verwendet.

Literatur

- 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.
- AGEB (2010), Bruttostromerzeugung in Deutschland von 1990 bis 2006 nach Energieträgern. Stand 29. April 2009. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Internet: www.ag-energiebilanzen.de, Abrufdatum: 29.05.2010.
- AGEB (2011), Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2009. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Internet: <http://www.ag-energiebilanzen.de>, Abrufdatum: 15.07.2011.
- ARGE (2010), Arbeitsmarkt in Zahlen – Kurzarbeit (KUG) nach dem SGB III, Statistik der Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg, Internet: <http://statistik.arbeitsagentur.de>, Abrufdatum: 31.03.2010.
- Baupraxis (2005), Die Ziegelherstellung – Von der Rohstoffgewinnung bis zum Mauerziegel. Las Palmas: LanzaRed S.L. Marketing, Internet: <http://www.bau-praxis.de/magazin/bauoekologie/ziegelproduktion1.html>, Abrufdatum: 25.07.2005.
- BDZ (2010), Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie, Zehnte aktualisierte Erklärung zur Klimavorsorge, Verein Deutscher Zementwerke e.V., Düsseldorf. Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- BGS (2011), Brennstoff-, Gas- und Stromwirtschaft der Hochofen-, Stahl- und Walzwerke sowie Schmiede-, Preß und Hammerwerke einschließlich der örtlich verbundenen sonstigen Betriebe (ohne eigene Kokereien): Jahr 2010, Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Bonn: Eisen- und Stahlstatistik.
- BGW (2001): Klimaschutz des deutschen Gasfachs 1990 – 2012. Berlin: Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft.
- BMWi (2010), Zahlen und Fakten: Energiedaten. Nationale und Internationale Entwicklung. Stand: 05.2010. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Internet: www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/energiestatistiken.html | BMWi (2011), Energiedaten – nationale und internationale Entwicklung. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Internet: www.bmwi.de, Abrufdatum: 30.08.2011.
- BP (2011), BP Statistical Review of World Energy 2011. London: BP p.l.c., Internet: www.bp.com/statisticalreview, Abrufdatum: 30.08.2011.
- 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 (2004a), Jahresbericht 2003, Düsseldorf: Bundesverband Glasindustrie e.V., Internet: www.bvglas.de/presse/publikationen/jahresberichte, Abrufdatum: 04.07.2005.
- BV Glas (2004b), GlasNews, Ausgabe 1. Düsseldorf: Bundesverband Glasindustrie e.V., Internet: www.bvglas.de/presse/publikationen/glasnews, Abrufdatum: 04.07.2005.
- BV Glas (2008), Erklärung der Glasindustrie in Deutschland zur Reduzierung der spezifischen CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2012. Düsseldorf: Bundesverband Glasindustrie e.V.
- BV Glas (2011), Selbstverpflichtungserklärung der deutschen Glasindustrie. Besondere Maßnahmen im Jahre 2010. Düsseldorf: Bundesverband Glasindustrie e.V.
- BV-Kalk (2005), Fortschrittsbericht des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie, Internet: www.rwi-essen.de/co2monitoring, Abrufdatum: 25.07.2005.
- BV-Kalk (2008a), Weiterentwicklung der Selbstverpflichtungserklärung der Kalkindustrie zur Klimavorsorge bis zum Jahre 2012, Internet: www.rwi-essen.de/co2monitoring.
- BV-Kalk (2011), Besondere Anstrengungen der Kalkindustrie im Rahmen der CO₂-Monitoring Berichterstattung, April 2011.
- Deutsche Bundesbank (2011), Euro-Referenzkurs der EZB. Frankfurt am Main: Deutsche Bundesbank. Internet: <http://www.bundesbank.de>, Abrufdatum: 30.08.2011.
- Deutsche Steinzeug (2008), Geschäftsbericht 2007. Bonn: Deutsche Steinzeug Cremer und Breuer AG, Internet: <http://www.deutsche-steinzeug.de>, Abrufdatum: 29.09.2008.
- Deutsche Steinzeug (2010), Geschäftsbericht 2009. Bonn: Deutsche Steinzeug Cremer und Breuer AG, Internet: <http://www.deutsche-steinzeug.de>, Abrufdatum: 05.07.2010.
- DSK (2005), Lexikon. Deutsche Steinkohle AG, Internet: www.deutsche-steinkohle.de/lexikon.php?letter=aid=30&id=30.
- Energiewelten (2005), Steinkohlenbergwerk. Frankfurt am Main: Fachverband für Energie-Marketing und -Anwendung (HEA) e.V. beim VDEW, Internet: www.energiewelten.de/lexikon/lexikon/index3.htm, Abrufdatum: 25.07.2005.
- 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: www.eurlex.europa.eu/index.html, Abrufdatum: 05.05.2008.

Literatur

- 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: www.eur-lex.europa.eu/de/index.html, Abrufdatum: 12.03.2007.
- 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 (2005), *Energieeinsatz und Klimavorsorge in der Feuerfest-Industrie. Fortschrittsbericht für die Jahre 2000 - 2003*. Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Feuerfest (2008), *Energieeinsatz und Klimavorsorge in der Feuerfest-Industrie. Fortschrittsbericht für die Jahre 2005 - 2007*. Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Feuerfest (2009a), *Energieeinsatz und Klimavorsorge in der Feuerfest-Industrie. Fortschrittsbericht 2008*. Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Feuerfest (2010), *Energieeinsatz und Klimavorsorge in der Feuerfest-Industrie. Fortschrittsbericht 2009*. Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Feuerfest (2011a), *Energieeinsatz und Klimavorsorge in der Feuerfest-Industrie. Fortschrittsbericht 2010*. Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Feuerfest (2011b), *Geschäftsbericht 2010 (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 (2009), CO₂-Monitoring: Fortschrittsbericht 2008. Selb: Industrieverband Keramische Fliesen und Platten e.V.
- Fliesenverband (2011), CO₂-Monitoring: Fortschrittsbericht 2010. Selb: Industrieverband Keramische Fliesen und Platten e.V.
- Gagelmann, F. und M. Frondel (2005), The Impact of Emissions Trading on Innovation - Science Fiction or Reality? *European Environment*, Vol. 15, pp. 203-211.
- Gesamtverband textil+mode (2006), Zahlen zur Textil- und Bekleidungsindustrie, im Terminkalender stets zur Hand. Eschborn: Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e.V., Internet: www.textil-online.de/deutsch/ Publikationen/Broschueren/K145.htm, Abrufdatum: 19.03.2007.
- Gesamtverband textil+mode (2007), Fortschrittsbericht im Rahmen der Klimaschutz-erklärung: Erfolgreiche Energieeinsparmaßnahmen der Textilindustrie 2003 und 2004. Eschborn: Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e.V.
- Gesamtverband textil+mode (2008), Erneuerte Selbstverpflichtungserklärung der Textilindustrie zum Schutz des Weltklimas. Eschborn: Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e.V.

- Gesamtverband textil+mode (2011), Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und CO₂-Einsparungen in den Unternehmen der Textilindustrie im Jahr 2009. Berlin: 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), Fortschrittpapier 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 und 2002 vom 11. Februar 2005. Essen: Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus e.V.
- GVSt (2007), 2. Fortschrittpapier 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. Fortschrittpapier 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 und 2007 vom 18. April 2008. Essen: Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus e.V.
- GVSt (2009a), 4. Fortschrittpapier 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 dem Jahr 2008 vom 5. Mai 2009. Essen: Gesamtverband Steinkohle.
- GVSt (2009b), Ergänzung zum 4. Fortschrittsbericht des GVSt zum Klimavorsorge-Monitoring vom 9. Juni 2009. Essen: Gesamtverband Steinkohle.
- GVSt (2010), 5. Fortschrittsbericht zur Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Industrie zur Klimavorsorge vom 9. November 2000. Erklärung des Gesamtverbandes Steinkohle zu dem Jahr 2009 vom 28. April 2010. Essen: Gesamtverband Steinkohle.
- GVSt (2011), 6. Fortschrittsbericht zur Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Industrie zur Klimavorsorge vom 9. November 2000. Erklärung des Gesamtverbandes Steinkohle zu dem Jahr 2010 vom 2. Mai 2011. Essen: Gesamtverband Steinkohle.
- 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.

Literatur

- Holcim (2004) , Kleine Zementgeschichte, Version 1.2. Holcim (Schweiz) AG, Communications (Hrsg.), Zürich.
- IEA (2004), Renewables Information. Paris: International Energy Agency. Internet: www.iea.com, Abrufdatum: 21.07.2008.
- IGBCE (2003), Chemie und Energie. Multis im Glasgeschäft: Grenzenlos aktiv. Hannover: Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie.
- IISI (2011), Steel Statistical Yearbook 2010. Brüssel: International Iron and Steel Institute, Internet: <http://www.worldsteel.org>.
- IPPC (2001), Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries, European Commission, Brüssel.
- Kerkhoff, H. J. (2009), Perspektiven in bewegten Zeiten - Zur Lage der Stahlindustrie, Vortrag auf der Handelsblatt-Jahrestagung „Stahlmarkt 2009“ am 4. März 2009 in Düsseldorf,.
- Kohlenstatistik (2008), Entwicklung ausgewählter Energiepreise. Essen : Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., Internet: www.kohlenstatistik.de.
- Kohlenstatistik (2009), Übersichten. Essen: Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., Internet: www.kohlenstatistik.de
- Kohlenstatistik (2010), Übersichten. Essen: Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., Internet: www.kohlenstatistik.de
- Kohlenstatistik (2011), Übersichten. Essen: Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., Internet: www.kohlenstatistik.de
- K+S (2005a), Klimaschutzklärung der Kaliindustrie - Fortschrittsbericht 2004. Kassel: K+S Aktiengesellschaft.
- K+S (2008a), Klimaschutzklärung der Kaliindustrie - Fortschrittsbericht 2005-2007. Kassel: K+S Aktiengesellschaft.
- K+S (2008b), Finanzbericht 2007. Kassel: K+S Aktiengesellschaft, Internet: www.k-plus-s.com, Abrufdatum: 17.07.2008.
- K+S (2009a), Klimaschutzklärung der Kaliindustrie - Fortschrittsbericht 2008. Kassel: K+S Aktiengesellschaft.
- K+S (2009b), Unternehmens- und Nachhaltigkeitsbericht 2008. Kassel: K+S Aktiengesellschaft, Internet: www.k-plus-s.com, Abrufdatum: 23.03.2009.
- K+S (2010), Klimaschutzklärung der Kaliindustrie - Fortschrittsbericht 2009. Kassel: K+S Aktiengesellschaft.
- K+S (2011a), Klimaschutzklärung der Kaliindustrie - Fortschrittsbericht 2010. Kassel: K+S Aktiengesellschaft.
- K+S (2011b), Unternehmens- und Nachhaltigkeitsbericht 2010. Kassel: K+S Aktiengesellschaft, Internet: www.k-plus-s.com, Abrufdatum: 08.07.2011.

- 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.
- Landsberg, D. Freiherr von (2004), Auswirkungen des Emissionshandels auf die deutsche Kalkindustrie. *Zement-Kalk-Gips International* 57 (7).
- 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.
- Lohmann (1999), Untersuchungen zur Vermeidung zu hoher pH-Werte in weichen Trinkwassern bei der Inbetriebnahme von Rohrleitungen mit einer Zementmörtelauskleidung, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung, Institut an der Gerhard-Mercator-Universität-GH Duisburg, Internet: www.ub.uni-duisburg.de/diss/diss0011, Abrufdatum: 25.07.2005.
- 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 (2000), 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 (2008), Siebter Fortschrittsbericht der deutschen Mineralölwirtschaft zur Klimaschutzklärung für den Wärmemarkt. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.
- MWV (2009), Jahresbericht Mineralölzahlen 2009. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband. Internet: www.mwv.de, Abrufdatum: 30.08.2011.

Literatur

- MWV (2011), Mineralölzahlen (als Exceldatei). Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband. Internet: www.mwv.de, Abrufdatum: 30.08.2011.
- MWV (2011a), Jahresbericht Mineralöl in Zahlen 2010. Berlin: Mineralölwirtschaftsverband e.V., Internet: www.mwv.de/index.php/service/publikationen, Abrufdatum: 12.07.2011.
- MWV (2011b), Neunter Fortschrittsbericht zur Klimaschutzerklärung der deutschen Mineralölindustrie für die Raffinerien. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.
- MWV (2011c), Zehnter Fortschrittsbericht der deutschen Mineralölwirtschaft zur Klimaschutzerklärung 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: www.rag.de/geschaefi/page_de/rag_allgemein_2002.pdf, Abrufdatum: 25.07.2005.
- Reinefeld, E. und K. Thielecke (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: www.rwi-essen.de/co2monitoring.
- RWI (2008), Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft. Monitoringbericht 2005-2007. RWI-Projektberichte. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Internet: www.rwi-essen.de/co2monitoring.
- RWI (2009), Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft. Monitoringbericht 2008. RWI-Projektberichte. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- RWI (2010), Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft. Monitoringbericht 2009. RWI-Projektberichte. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- RWI (2010a), Monitoring der Kraft-Wärme-Kopplungs-Vereinbarung: Berichtsjahre 2005-2008, Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung der Klimavereinbarung vom 9.11.2000.

- RWI und WSF (2009), Erweiterte Erfolgskontrolle bei Programmen zur Förderung der IGF im Zeitraum 2005-2009. Siebter Zwischenbericht: Die Rolle der IGF im Forschungsfeld Textil. RWI Projektbericht. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung und WSF Wirtschafts- und Sozialforschung.
- Schmitz (2005), Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz, Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzzerklärung des deutschen Gasfachs 2002/2003. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz (2006), Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz, Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzzerklärung des deutschen Gasfachs 2004/ 2005. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz (2009), Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzzerklärung des deutschen Gasfachs 2007/ 2008. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz 2010a, Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzzerklärung des deutschen Gasfachs 2008/ 2009. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz 2010b, Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzzerklärung des deutschen Gasfachs 2008/ 2009. Bilder mit Zahlen. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz 2011a, Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzzerklärung des deutschen Gasfachs. Berichtsjahre 2009/2010. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz 2011b, Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzzerklärung des deutschen Gasfachs. Berichtsjahre 2009/2010. Bilder mit Zahlen. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- StaBuA (1991), Statistisches Jahrbuch für das vereinte Deutschland. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA (1993), Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 1993. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, Internet: www.destatis.de/ , Abrufdatum: 25. Juli 2005.
- StaBuA/JB (versch. Jahrgänge), Jahresbericht für Betriebe. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: <http://www.destatis.de>.
- 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 (2008), Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, Internet: www.destatis.de, Abrufdatum: 26.01.2009.

Literatur

- StaBuA (2010), Beschäftigte, Umsatz, Produktionswert und Wertschöpfung der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe, Kostenstrukturerhebung im Verarbeitenden Gewerbe und Bergbau, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, Internet: <https://www-genesis.destatis.de>, Abrufdatum: 17. Mai 2010
- StaBuA (2011a), Produktionsindex im Produzierenden Gewerbe, 1991-2010, Produktionsindex für das Verarbeitende Gewerbe: Deutschland, Monate, Original- und bereinigte Daten, Wirtschaftszweige (WZ2008 Hauptgruppen und Aggregate), Tabelle 42153-0001, Wiesbaden.
- 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 und Umsatz 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/R4.1.1 (verschiedene Jahrgänge bis 2002), 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 2006. 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/R8.1 (2010), Eisen und Stahl. Fachserie 4: Produzierendes Gewerbe, Reihe 8.1. Dezember 2009 Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA/FS5/R1 (verschiedene Jahrgänge), Bautätigkeit. Fachserie 5 "Bauen und Wohnen", Reihe 1. Wiesbaden. Internet: www.destatis.de.
- StaBuA/FS17 (2011), Verbraucherpreisindizes für Deutschland. Lange Reihen ab 1948. Fachserie 17: Preise. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: www.destatis.de, Abrufdatum: 30.08.2011.
- StaBuA/VGR (verschiedene Jahrgänge), Inlandsproduktberechnung. Detaillierte Jahresergebnisse. Fachserie 18: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Reihe 1.4. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Stahl-Zentrum (2001), Erweiterte Selbstverpflichtung der Stahlindustrie zur Klimavorsorge bis 2012 im Rahmen der Vereinbarung zwischen der Regierung der

- Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge vom 9. November 2000, Wirtschaftsvereinigung Stahl und Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf. Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- Stahl-Zentrum (2009), Statistisches Jahrbuch der Stahlindustrie 2009/2010. Wirtschaftsvereinigung Stahl und Stahlinstitut VDEh (Hrsg.), Düsseldorf: Verlag Stahleisen.
- Stahl-Zentrum (2009), 8. CO₂-Monitoring-Fortschrittsbericht der Stahlindustrie in Deutschland – Berichtsjahr 2008. Düsseldorf: Stahlinstitut VDEh im Stahlzentrum, Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- Stahl-Zentrum (2010), 9. CO₂-Monitoring-Fortschrittsbericht der Stahlindustrie in Deutschland – Berichtsjahr 2009. Düsseldorf: Stahlinstitut VDEh im Stahlzentrum, Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- Steimle und Schikora (verschiedene Jahrgänge), Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik, Prof. Dr. Fritz. Steimle, Dr. Ing. Holger Schikora, Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzzerklärung des deutschen Gasfachs. Essen: Universität-Gesamthochschule.
- Taube, K. (1998), Stahlerzeugung Kompakt. Braunschweig: Vieweg Verlag..
- UBA (2008), Nationaler Inventarbericht 2008, Dessau: Umweltbundesamt.
- VCI (2001), Weiterentwickelte Selbstverpflichtungserklärung der chemischen Industrie im Rahmen der Klimaschutzvereinbarung der deutschen Wirtschaft vom November 2000. Frankfurt: Verband der Chemischen Industrie e.V.
- VCI (2011), Chemiewirtschaft in Zahlen 2010. Frankfurt: Verband der Chemischen Industrie e.V., Internet: www.vci.de.
- VCI (2011b), Dokumentation energiesparender bzw. emissionsmindernder Maßnahmen der chemischen Industrie 2009. Frankfurt: Verband der Chemischen Industrie e.V. Stand: April 2010, Internet: www.rwi-essen.de/co2monitoring.
- VDEh (2011) 10. CO₂-Monitoring-Fortschrittsbericht der Stahlindustrie in Deutschland – Berichtsjahr 2010 (vorläufig), Stahlinstituts VDEh, Düsseldorf, August 2011.
- VDKI (2004), Jahresbericht 2003. Hamburg: Verein der Kohlenimporteure e.V., Internet: www.verein-kohlenimporteure.de, Abrufdatum: 02.07.2007.
- VDKI (2007), Jahresbericht 2006. Hamburg: Verein der Kohlenimporteure e.V., Internet: www.verein-kohlenimporteure.de, Abrufdatum: 02.07.2007.
- VDKI (2008), Jahresbericht 2008. Fakten 2007/2008. Hamburg: Verein der Kohlenimporteure e.V., Internet: www.verein-kohlenimporteure.de, Abrufdatum: 21.07.2008.
- VDKI (2011), Jahresbericht 2011. Hamburg: Verein der Kohlenimporteure e.V., Internet: www.verein-kohlenimporteure.de, Abrufdatum: 21.07.2008. Abrufdatum 30.08.2011, Essen.

Literatur

- 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 (2011), Papier 2011 - Ein Leistungsbericht. Bonn: Verband Deutscher Papierfabriken e.V., März 2011.
- VDP (2011b), Monitoring-Bericht der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie zur Reduzierung des spezifischen Kohlendioxidausstoßes aus fossilen Energieträgern. Zehnter Zwischenbericht der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie. Bonn: Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Bonn: Verein Deutscher Papierfabriken e.V., Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- VDZ (2000), Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie. Fortschrittsbericht des Vereins Deutscher Zementwerke e.V., Düsseldorf.
- VDZ (2005), Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie, Siebte aktualisierte Erklärung zur Klimavorsorge, Monitoring-Bericht 2000-2003. Verein Deutscher Zementwerke e. V., Düsseldorf, Internet: <http://www.vdz-online.de/fileadmin/gruppen/vdz/3LiteraturRecherche/UmweltundRessourcen/co2monitoring/mon03.pdf>, Abrufdatum: 25.07.2005.
- VDZ (2007), Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie, Achte aktualisierte Erklärung zur Klimavorsorge, Monitoring-Bericht 2004-2006. Düsseldorf: Verein Deutscher Zementwerke e. V.
- 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.
- VDZ (2011), Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie. Zehnte aktualisierte Erklärung zur Klimavorsorge, Monitoring-Bericht 2010. Düsseldorf: Verein Deutscher Zementwerke 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, Verein der Zuckerindustrie, Berlin, 30. Mai 2008.
- 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“, Verein der Zuckerindustrie, Berlin, 29. August 2008.

- VdZ (2009), Monitoring über die Minderung des CO₂-Ausstoßes in der Zuckerindustrie - 13. Verbändebericht für das Jahr 2008. Berlin: Verein der Zuckerindustrie.
- VdZ (2010), Monitoring über die Minderung des CO₂-Ausstoßes in der Zuckerindustrie - 14. Verbändebericht für das Jahr 2009. Berlin: Verein der Zuckerindustrie.
- VdZ (2011), Monitoring über die Minderung des CO₂-Ausstoßes in der Zuckerindustrie - 15. Verbändebericht für das Jahr 2010. Berlin: Verein der Zuckerindustrie.
- 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 für den Zeitraum 2000 bis 2002 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.), Verlag Energieberatung, Essen.
- VIK (2007b), Bericht 2005 des VIK (Teilberichte für 2003 und 2004 sowie 2005) 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, Stand November 2007, Essen.
- 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.
- VIK (2009) VIK (2009), VIK Monitoringbericht 2008 (vorläufiger Teilbericht für 2008) 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 Juli 2009, Essen.
- VIK (2011), VIK Monitoringberichte 2010 zur Verifikation der Vereinbarungen zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der Deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge und zur Minderung der CO₂-Emissionen und der För-

Literatur

- derung der Kraft-Wärme-Kopplung. Kurzfassung, Stand Juli 2011. Essen: Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.
- WV Bergbau (1994), Das Bergbau Handbuch. Wirtschaftsvereinigung Bergbau e.V.(Hrsg.), Essen: Glückauf.
- WV Stahl (2011), Erzeugung, Beschäftigung und Produktivität in Deutschland, Wirtschaftsvereinigung Stahl, Internet: http://www.stahl-online.de/wirtschaft_und_politik/stahl_in_zahlen/.
- WVM (1996), Erklärung der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge. Wirtschaftsvereinigung Metalle (Hrsg.), Düsseldorf.
- WVM (2003), Geschäftsbericht 2001/2003. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle.
- WVM (2004), Die NE-Metalle. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle. Internet: www.wvmetalle.de/welcome.asp?page_id=25, Abrufdatum: 25.07.2005.
- WVM (2005), Geschäftsbericht 2004/2005. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle.
- WVM (2006), Erklärung der deutschen NE-Metallindustrie zum Klimaschutz für den Zeitraum 2008 bis 2012. Berlin: Wirtschaftsvereinigung Metalle.
- WVM (2007), Klimaschutz-Monitoring: Fortschrittsbericht 2003 bis 2004. Berlin: Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V.
- WVM (2009), Klimaschutz-Monitoring: Fortschrittsbericht 2008. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle.
- WVM (2010), Klimaschutz-Monitoring: Fortschrittsbericht 2009. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle.
- WVM (2011), Klimaschutz-Monitoring: Fortschrittsbericht 2010. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle.
- WVM/Metallstatistik (verschiedene Jahrgänge), Metallstatistik. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V., Internet: <http://www.wv-metalle.de>.
- WVZ (2005), Zuckererzeugung. Bonn: Wirtschaftliche Vereinigung Zucker e.V., Internet: www.Zuckerwirtschaft.de/3_3_4.html, Abrufdatum: 25.07.2005.
- Ziegel (2000), Erweiterte Selbstverpflichtung der Ziegelindustrie zum Klimaschutz. Bonn: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.
- Ziegel (2008), Fortschrittsbericht für die Ziegelindustrie für die Jahre 2005 bis 2007. Bonn: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. (zwei PDF-Dateien).
- Ziegel (2009), Fortschrittsbericht für die Ziegelindustrie für das Jahr 2008. Bonn: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.
- Ziegel (2010), Fortschrittsbericht für die Ziegelindustrie für das Jahr 2009. Bonn: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.

- Ziegel (2011), Fortschrittsbericht für die Ziegelindustrie für das Jahr 2010. Bonn: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie 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.
- ZVEI (2009), Monitoringbericht für das Jahr 2008 der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie vom 3. Juni 2009, Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., Frankfurt.
- ZVEI (2010), Monitoringbericht für das Jahr 2009 der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie vom 28. Juni 2010, Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., Frankfurt.