



## Projektbericht

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

### **Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft – Monitoringbericht 2008**

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

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

Prof. Dr. Thomas K. Bauer (Vizepräsident)

Prof. Dr. Wim Kösters

## Verwaltungsrat

Dr. Eberhard Heinke (Vorsitzender);

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

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

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

Prof. Dr. Walter Krämer; Dr. Thomas A. Lange; Tillmann Neinhaus;

Hermann Rappen; Dr.-Ing. Sandra Scheermesser

## Forschungsbeirat

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

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

Prof. Dr. Till Requate; Prof. Nina Smith, Ph.D.

## Ehrenmitglieder des RWI

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

## RWI Projektberichte

Herausgeber:

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Hohenzollernstraße 1/3, 45128 Essen

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

Alle Rechte vorbehalten. Essen 2009

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

**Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft –**

**Monitoringbericht 2008**

Juli 2009

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 2008**

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

Juli 2009

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

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

## Die Klimaschutzzerklärung der deutschen Wirtschaft

---

<b>Die Klimaschutzzerklärung der deutschen Wirtschaft.....</b>	<b>9</b>
<b>Überblick über die seit 1990 erzielten Emissionsminderungen .....</b>	<b>14</b>
<b>1. Die Kaliindustrie .....</b>	<b>23</b>
1.1 Datenbasis .....	23
1.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung .....	24
1.3 Beschreibung des Produktionsprozesses .....	25
1.4 Die Selbstverpflichtung.....	27
1.5 Bis 2008 erreichte CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	28
1.6 Ursachenanalyse .....	28
1.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Minderung.....	31
1.8 Zusammenfassung und Bewertung .....	32
<b>2. Die Zuckerindustrie.....</b>	<b>35</b>
2.1 Datenbasis .....	36
2.2 Energieverbrauch und Produktion.....	38
2.3 Kurzbeschreibung des Produktionsprozesses .....	39
2.4 Selbstverpflichtung.....	40
2.5 Bis 2008 erreichte CO <sub>2</sub> -Minderungen.....	42
2.6 Ursachenanalyse .....	43
2.7 Maßnahmen im Einzelnen .....	47
2.8 Zusammenfassung und Bewertung .....	49
<b>3. Die Textilindustrie.....</b>	<b>51</b>
3.1 Datenbasis .....	51
3.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung .....	53
3.3 Beschreibung des Produktionsprozesses .....	54
3.4 Die Selbstverpflichtung.....	56
3.5 Bis 2008 erreichte CO <sub>2</sub> -Minderungen.....	57
3.6 Ursachenanalyse .....	58
3.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Minderung .....	59
3.8 Zusammenfassung und Bewertung .....	62
<b>4. Die Zellstoff- und Papierindustrie .....</b>	<b>64</b>
4.1 Datenbasis .....	65
4.2 Energieverbrauch und Produktion.....	66
4.3 Beschreibung des Produktionsprozesses .....	68
4.4 Die Selbstverpflichtung.....	70
4.5 Bis 2008 erreichte CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	71
4.6 Ursachenanalyse .....	71

4.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Minderung .....	73
4.8	Zusammenfassung und Bewertung .....	73
<b>5.</b>	<b>Die Chemische Industrie .....</b>	<b>75</b>
5.1	Datenbasis .....	76
5.2	Energieverbrauch und Produktion .....	77
5.3	Ausgewählte Produktionsprozesse .....	78
5.4	Die Selbstverpflichtungserklärung .....	79
5.5	Bis 2007 erreichte Energieverbrauchs- und Treibhausgasminderungen ....	80
5.6	Ursachenanalyse .....	82
5.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Minderung .....	84
5.8	Zusammenfassung und Bewertung .....	85
<b>6.</b>	<b>Die Glasindustrie .....</b>	<b>87</b>
6.1	Datenbasis .....	88
6.2	Energieverbrauch und Produktion .....	89
6.3	Beschreibung des Produktionsprozesses .....	91
6.4	Die Selbstverpflichtungserklärung .....	93
6.5	Bis 2008 erreichte CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	93
6.6	Ursachenanalyse .....	94
6.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Minderung .....	99
6.8	Zusammenfassung und Bewertung .....	100
<b>7.</b>	<b>Die Feuerfest-Industrie .....</b>	<b>102</b>
7.1	Datenbasis .....	103
7.2	Energieverbrauch und Produktion .....	104
7.3	Beschreibung des Produktionsprozesses .....	105
7.4	Die Selbstverpflichtung .....	106
7.5	Bis 2008 erreichte CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	107
7.6	Ursachenanalyse .....	108
7.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Minderung .....	110
7.8	Bewertung .....	111
<b>8.</b>	<b>Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten .....</b>	<b>113</b>
8.1	Datenbasis .....	113
8.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung .....	114
8.3	Beschreibung des Produktionsprozesses .....	116
8.4	Die Selbstverpflichtung .....	117
8.5	Bis 2008 erreichte CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	117
8.6	Ursachenanalyse .....	118
8.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Minderung .....	119

## Die Klimaschutzzerklärung der deutschen Wirtschaft

---

8.8	Bewertung .....	120
<b>9.</b>	<b>Die Ziegelindustrie .....</b>	<b>123</b>
9.1	Datenbasis .....	123
9.2	Energieverbrauch, Umsatz und Beschäftigung .....	124
9.3	Beschreibung des Produktionsprozesses .....	125
9.4	Die Selbstverpflichtung.....	126
9.5	Bis 2008 erreichte Minderungen .....	126
9.6	Ursachenanalyse .....	127
9.7	Ausgewählte Minderungsmaßnahmen.....	130
9.8	Zusammenfassung und Bewertung .....	132
<b>10.</b>	<b>Die Zementindustrie.....</b>	<b>134</b>
10.1	Datenbasis .....	134
10.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung .....	135
10.3	Beschreibung des Produktionsprozesses .....	137
10.4	Die Selbstverpflichtung.....	140
10.5	Bis 2008 erreichte CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	141
10.6	Ursachenanalyse .....	143
10.7	Bedeutende Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Minderung und Bewertung .....	148
<b>11.</b>	<b>Die Kalkindustrie.....</b>	<b>151</b>
11.1	Datenbasis .....	151
11.2	Energieverbrauch und Produktion.....	152
11.3	Beschreibung des Produktionsprozesses .....	152
11.4	Die Selbstverpflichtung.....	153
11.5	Bis 2008 erreichte CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	154
11.6	Ursachenanalyse .....	154
11.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Minderung.....	157
11.8	Zusammenfassung und Bewertung .....	159
<b>12.</b>	<b>Die Eisenschaffende Industrie .....</b>	<b>161</b>
12.1	Datenbasis .....	161
12.2	Energieverbrauch und Produktion.....	163
12.3	Beschreibung des Produktionsprozesses .....	165
12.4	Die Selbstverpflichtung.....	167
12.5	Bis 2008 erreichte CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	169
12.6	Ursachenanalyse .....	171
12.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Minderung.....	173
12.8	Zusammenfassung und Bewertung .....	173
<b>13.</b>	<b>Die Nichteisen-Metallindustrie .....</b>	<b>176</b>

13.1	Datenbasis .....	176
13.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung.....	177
13.3	Beschreibung des Produktionsprozesses .....	179
13.4	Die Selbstverpflichtungserklärung .....	180
13.5	Bis 2008 erreichte CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	180
13.6	Ursachenanalyse .....	182
13.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Minderung .....	184
13.8	Zusammenfassung und Bewertung .....	185
<b>14.</b>	<b>Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie .....</b>	<b>188</b>
14.1	Datenbasis .....	189
14.2	Energieverbrauch und Produktion .....	190
14.3	Beschreibung der Produktionsprozesse .....	191
14.4	Die Selbstverpflichtung .....	192
14.5	Bis 2008 erzielte CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	193
14.6	Ursachenanalyse .....	194
14.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Minderung .....	196
14.8	Zusammenfassung und Bewertung .....	199
<b>15.</b>	<b>Der Steinkohlenbergbau.....</b>	<b>201</b>
15.1	Datenbasis .....	201
15.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung.....	202
15.3	Kurzbeschreibung des Produktionsprozesses.....	204
15.4	Die Selbstverpflichtung.....	206
15.5	Bis 2008 realisierte CO <sub>2</sub> - und Methangasminderungen .....	207
15.6	Ursachenanalyse der CO <sub>2</sub> -Minderung .....	208
15.7	Ursachenanalyse der Minderung der Methanemissionen .....	211
15.8	Ausgewählte Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Minderung .....	213
15.9	Zusammenfassung und Bewertung .....	216
<b>16.</b>	<b>Das Gasfach .....</b>	<b>219</b>
16.1	Datenbasis .....	219
16.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung.....	220
16.3	Die Selbstverpflichtung.....	221
16.4	Bis 2008 erreichte CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	224
16.5	Ursachenanalyse .....	225
16.6	Zusammenfassung und Bewertung .....	228
<b>17.</b>	<b>Die Mineralölwirtschaft.....</b>	<b>231</b>
17.1	Datenbasis .....	231
17.2	Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung.....	233

## Die Klimaschutzklärung der deutschen Wirtschaft

---

17.3	Die Selbstverpflichtung.....	236
17.4	Bis 2008 erreichte Verbesserungen des Jahresnutzungsgrades für Ölheizungen und CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	238
17.5	Ursachenanalyse .....	240
17.6	Ausgewählte Maßnahmen.....	242
17.7	Zusammenfassung und Bewertung .....	244
<b>18.</b>	<b>Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft .....</b>	<b>247</b>
18.1	Datenbasis .....	247
18.2	Produktion, Umsatz und Beschäftigung .....	248
18.3	Die Selbstverpflichtung.....	249
18.4	Ausgewählte Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Minderung bei KWK-Anlagen .....	249
18.5	Zusammenfassung und Bewertung .....	255
<b>19.</b>	<b>Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft .....</b>	<b>256</b>
19.1	Datenbasis .....	256
19.2	Energieverbrauch und Produktion.....	258
19.3	Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen.....	259
19.4	Die Selbstverpflichtung.....	260
19.5	Bis 2008 erreichte CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	261
19.6	Ursachenanalyse .....	263
19.7	Ausgewählte Maßnahmen zur CO <sub>2</sub> -Minderung.....	268
19.8	Zusammenfassung .....	270
<b>Anhang 273</b>		
<b>A.</b>	<b>Wirtschaftliche Entwicklung der an der Klimvereinbarung beteiligten Sektoren .....</b>	<b>273</b>
<b>B.</b>	<b>Die Entwicklung der Energiepreise .....</b>	<b>276</b>
<b>C.</b>	<b>Datengrundlagen .....</b>	<b>284</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>289</b>



## Die Klimaschutzklärung der deutschen Wirtschaft

---

### Die Klimaschutzklärung 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 (CO<sub>2</sub>) und Methan (CH<sub>4</sub>) das klimapotente Lachgas (N<sub>2</sub>O), Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>), 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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)<sup>1</sup> 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 (MWV) im September 2001 eine die Raffinerien betreffende Klimaschutzklärung ausgesprochen. Zuvor hatte der MWV bereits eine Klimaschutzklärung für den Wärmemarkt abgegeben.

---

<sup>1</sup> 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2005 um 28 % gegenüber 1990 zu senken. Darüber hinaus wurde bis 2012 eine Reduzierung der spezifischen Emissionen der sechs Kiotogase – gemessen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten – um 35 % zugesagt, ebenfalls gegenüber dem Basisjahr 1990 (Übersicht 1, BDI 2000). Die Bundesregierung und die deutsche Wirtschaft gehen davon aus, dass damit die Emissionsvolumina im Jahre 2005 um zusätzlich 10 Mill. t CO<sub>2</sub> und im Jahr 2012 nochmals um zusätzlich 10 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente gegenüber der bisherigen Selbstverpflichtungserklärung gesenkt werden können.

In Ergänzung dazu ist am 25. Juni 2001 eine spezielle Vereinbarung zur Förderung der CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 9.11.2000, sollen bis 2012 mindestens 43 Mill. t CO<sub>2</sub> 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 durch das Treibhausgasemissionshandelsgesetz (TEHG) 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 werden, die während der Zeit der Freistellung Umweltschutzziele verwirklichen,

## Die Klimaschutzklärung der deutschen Wirtschaft

---

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) konkretisiert. So sind nach §10 für Unternehmen des Produzierenden Gewerbes der Erlass, die Erstattung und die Vergütung der Stromsteuer bis zum 31. Dezember 2009 festgeschrieben. Sofern die Bundesregierung im Jahr 2009 zu dem Ergebnis gelangt, dass zu erwarten ist, dass die in der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge vom 9. November 2000 (Klimaschutzvereinbarung) genannten Ziele zur Verringerung von Treibhausgasen (Emissionsminderungsziele) bis zum 31. Dezember 2009 zu 96% und bis zum 31. Dezember 2012 zu 100 % erreicht werden, verlängert sich der Erlass der Steuer um 1 Jahr bis zum 31. Dezember 2010. Entsprechendes gilt nach § 55 Energiesteuergesetz (EnergieStG) auch für die Energiesteuern.

Die Bundesregierung hat ihre Feststellung zur Erreichung der in der Klimaschutzvereinbarung genannten Emissionsminderungsziele jeweils auf der Grundlage eines von einem unabhängigen wirtschaftswissenschaftlichen Instituts 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 CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ausgedrückten Treibhausgasemissionen, sondern häufig in mittelbarer Weise auf die Minderung der *spezifischen* Treibhausgasemissionen oder auf die des *spezifischen* Energieverbrauchs. In der weit überwiegenden Zahl aller beteiligten Industriesektoren sind dabei lediglich CO<sub>2</sub>-Emissionen relevant.

Die an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren hatten 2008 einen Anteil von fast vier Fünftel am Energieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes. Fast 75 % der nationalen CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> 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 Elektrizitäts-

wirtschaft, bei der die weitaus größte Menge an CO<sub>2</sub>-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**  
**Klimaschutzklärungen der deutschen Wirtschaft**  
 Minderungszusagen gegenüber 1990

Industriesektor	Minderungsziele	Zieljahr
Allg. Elektrizitätswirtschaft	Absolute CO <sub>2</sub> -Emissionen um 25 Mill. t bis 2015 auf 264 Mill. t CO <sub>2</sub>	2015
Chemische Industrie	35 bis 40 % des energiebedingten spezifischen Energieverbrauchs	2012
	45 bis 50 % der CO <sub>2</sub> -Äquivalente der energiebedingten CO <sub>2</sub> - und N <sub>2</sub> O-Emissionen	2012
Eisenschaffende Industrie	22 % der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen pro t Rohstahl	2012
Elektrotechnik- und Elektronikindustrie	40 % der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Mill. €	2012
Feuerfestindustrie	35 % der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen	2012
Gasfach	45 Mill. t CO <sub>2</sub> -Äquivalente pro Jahr an klimarelevanten Gasen	2012
Glasindustrie	Bis zu 20 % der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen pro t Glas	2012
Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft	Kein konkretes Klimaschutzziel (zur Vermeidung von Doppelzählungen)	2012
Kaliindustrie	69 % der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen pro t verarbeitetem Rohsalz	2012
	79 % der absoluten CO <sub>2</sub> -Emissionen	
Kalkindustrie	15 % der brennstoffbedingten spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen pro t Kalk	2012
Keramische Fliesen und Platten	30 % der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen pro t Fliesen und Platten	2012
Mineralölwirtschaft	10 % der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen der Raffinerien pro t Bruttoreaffinerieerzeugung	2012
	Steigerung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades der Ölheizungsanlagen um 27 bis 30 %	
Nichteisen-Metallindustrie	24 % des spezifischen Energieverbrauchs pro t NE-Metalle	2012

## Die Klimaschutzklärung der deutschen Wirtschaft

---

Steinkohlenbergbau	75 % der absoluten CO <sub>2</sub> -Emissionen 70 % der Methan-Emissionen	2012
Textilindustrie	59 % der absoluten CO <sub>2</sub> -Emissionen	2012
Zellstoff- und Papierindustrie	35 % der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen pro t Papier	2012
Zementindustrie	28 % der energiebedingten spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen pro t Zement	2012
Ziegelindustrie	28 bis 30 % der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen pro t Ziegel	2012
Zuckerindustrie	Verringerung der spezifischen CO <sub>2</sub> -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 2009 wurde das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) mit dieser Aufgabe betraut. Mit dem vorliegenden Monitoringbericht wird diese Aufgabe auftragsgemäß für das Berichtsjahr 2008 wahrgenommen. Ein Überblick über die Ergebnisse wird im folgenden Abschnitt dargestellt. Ein ergänzender Bericht zur Verifikation der Vereinbarung zur Minderung der CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2008 um 160,5 Mill. t bzw. um 20,3 % gegenüber 1990 verringern (Tabelle 1). Dies ist im Vergleich zum Vorjahr eine erhebliche Reduktion um weitere knapp 3 Prozentpunkte. Neben den Anstrengungen der Industrie zur Verbesserung der Energieeffizienz hat dazu auch die schlechte wirtschaftliche Entwicklung infolge der Finanz- und Bankenkrise beigetragen.

Unter den beteiligten Sektoren wiesen 2008 nur die Elektro- und die Papierindustrie höhere Emissionen als im Basisjahr auf. Die Mehrheit der Sektoren konnte hingegen ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß auf niedrigem Niveau stabilisieren oder gar weiter absenken. Zu den Sektoren mit den umfangreichsten relativen Emissionsenkungen zählen der Steinkohlenbergbau (-80,6 %), die Kaliindustrie (-75,0 %) und die Zuckerindustrie (-58,7 %). Die höchsten absoluten CO<sub>2</sub>-Einsparungen erzielte mit 44,2 Mill. t das Gasfach, gefolgt von der Allgemeinen Stromwirtschaft mit 28,0 Mill. t.

Die Schaubilder 1 und 2 fassen den Stand der – mit Ausnahme der Erklärung der Allgemeinen Stromwirtschaft – für das Zieljahr 2012 formulierten CO<sub>2</sub>-Reduktionszusagen zusammen. Weitaus weniger einheitlich gestalten sich die Zusagen in Bezug auf die Art der Emissionsminderung: Einige Industriebranchen, wie etwa die Allgemeine Stromwirtschaft oder das Gasfach, haben sich zu absoluten Emissionsminderungen verpflichtet, während die Mehrheit der Industrie-sektoren spezifischen Emissionsminderungen zugesagt hat.

Im Jahr 2008 waren bereits 16 der 20 Ziele praktisch erreicht, einige Zielmarken wurden sogar überschritten. Das arithmetische Mittel der Zielerreichungsgrade lag bei 103,6%. Lediglich 4 Sektoren sind noch deutlich von ihren Zielen für 2012 entfernt. Dies sind neben der Chemischen und der Eisenschaffenden Industrie die Ziegelindustrie und der Sektor keramische Fliesen und Platten.

Bei der Ziegelindustrie und im Bereich keramische 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.

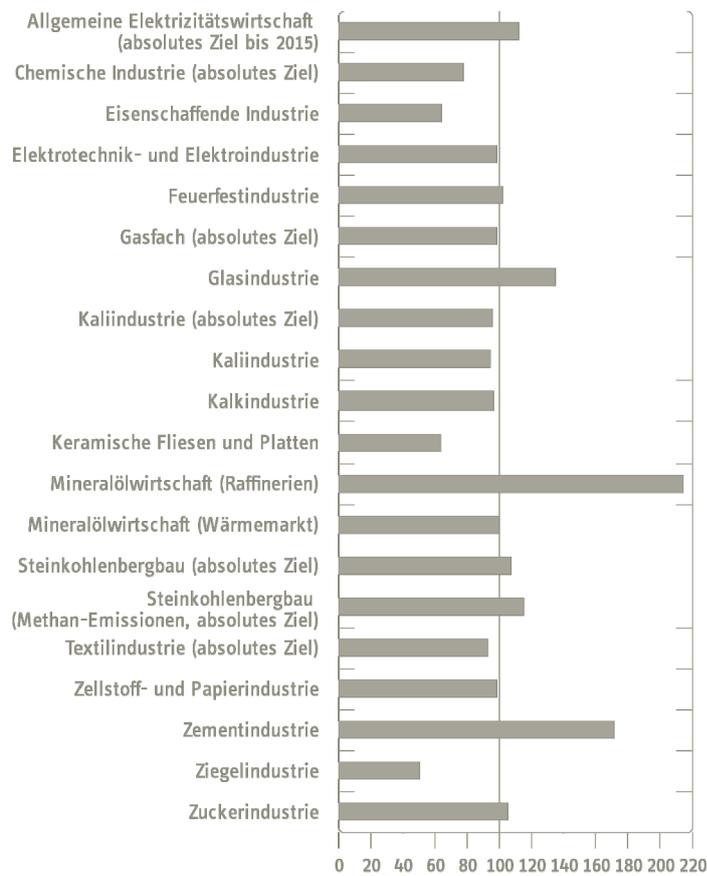
## Überblick über die Emissionsminderungen

**Tabelle 1**  
**CO<sub>2</sub>-Emissionen der an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Branchen**  
 1990 bis 2008; gerundete Werte in Mill. t

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	1990- 2008
Allg. Stromwirtschaft	289,0	267,0	264,0	267,0	270,0	276,0	261,0	-9,7 %
Chemische Industrie <sup>1</sup>	89,3	k.A.	k.A.	53,6	54,5	60,3	58,1	-34,9 %
Eisenschaff. Industrie	70,0	63,7	65,5	60,2	63,3	65,2	62,8	-10,3 %
Elektroindustrie	9,3	7,6	7,7	8,0	8,3	8,1	10,2	9,7 %
Feuerfestindustrie	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-50,0 %
Fliesen und Platten	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	-42,9 %
Gasfach	127,7	106,0	94,6	87,2	85,5	84,3	83,5	-34,6 %
Glasindustrie	6,3	6,0	6,4	5,9	6,5	6,3	5,9	-6,3 %
Kaliindustrie	4,8	1,1	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	-75,0 %
Kalkindustrie	3,2	2,9	2,8	2,5	2,6	2,7	2,7	-15,6 %
Mineralölwirtschaft (Wärmemarkt)	104,5	95,5	88,9	84,2	83,6	83,0	82,3	-21,2 %
Mineralölwirtschaft (Raffinerien)	22,8	k.A.	20,6	21,3	20,5	20,1	20,0	-12,3 %
NE-Metallindustrie	14,6	12,9	14,3	14,3	13,1	14,4	14,0	-4,1 %
Papierindustrie	14,4	13,8	14,4	12,6	14,6	14,9	14,8	2,8 %
Steinkohlenbergbau	9,3	6,7	3,4	2,4	2,2	2,0	1,8	-80,6 %
Textilindustrie	5,8	4,1	3,9	2,9	2,7	2,6	2,6	-55,2 %
Zementindustrie	13,0	10,9	9,2	6,4	6,5	6,7	6,4	-50,8 %
Ziegelindustrie	2,4	2,3	2,4	1,5	1,6	1,6	1,5	-37,5 %
Zuckerindustrie	4,6	2,5	2,4	2,1	1,8	2,0	1,9	-58,7 %
Insgesamt	792,3	-	-	635,4	639,7	654,2	631,4	-20,3 %
Minderung (in %)		-	-	19,8	19,3	17,4	20,3	

Nach Angaben der beteiligten Verbände. - <sup>1</sup> Im Gegensatz zur Eisenschaffenden Industrie spiegeln die Werte für die Chemische Industrie allein die energetisch bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen wider, ohne Berücksichtigung der rohstoffbedingten Emissionen.

**Schaubild 1**  
**Zielerreichungsgrade der Minderungszusagen für die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen**  
 Stand 2008, in %



Eigene Berechnungen.

Im Falle der Chemischen Industrie führten turnusmäßig durchgeführte Wartungsarbeiten zur Abschaltung von Lachgas-Reinigungsanlagen. Während der Abschaltung stiegen die Lachgasemissionen entsprechend stark an, sodass sich der Zielerreichungsgrad dieses Sektors im Jahr 2008 absenkte. Zukünftig werden die Lach-

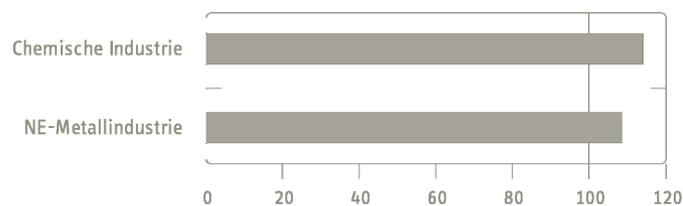
## Überblick über die Emissionsminderungen

---

gasemissionen mit Hilfe von redundant ausgelegten Lachgas-Reinigungsanlagen deutlich reduziert werden.

Neben einem absoluten CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel hat sich die Chemische Industrie auch zur Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs verpflichtet, während sich die NE-Metallindustrie ausschließlich ein spezifisches Energieverbrauchsziel gesetzt hat. Beide Sektoren konnten diese Reduktionsversprechen für das Jahr 2012 bereits 2008 zu mehr als 100 % erfüllen (Schaubild 2).

**Schaubild 2**  
**Zielerreichungsgrade der Zusagen zur Minderung des spezifischen Energieverbrauchs für 2012**  
Stand 2008, in %



Eigene Berechnungen.

Auch bei der Eisenschaffenden Industrie führen strukturelle Veränderungen, die zum Zeitpunkt der Abgabe der Reduktionsverpflichtung nicht erkennbar waren, zu niedrigen Zielerreichungsgraden. So legte die hergestellte Menge warmgewalzter Erzeugnisse zwischen 1990 und 2008 um 34,4 % zu, während die hergestellte Rohstahlmenge lediglich um 4,4 % stieg. Aus diesem Grund ist die Rohstahlerzeugung als Bezugsbasis zur Berechnung der spezifischen CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Emissionen schlagen bei der Berechnung der spezifischen Emissionen pro Tonne Rohstahl allerdings erhöhend zu Buche.

Erschwerend und das Bild der Entwicklung des tatsächlichen spezifischen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes zusätzlich verzerrend kommt hinzu, dass vor allem in den vergangenen Jahren der Produktionszuwachs an Stahlfertigprodukten sehr viel stärker ausfiel als das Wachstum der Rohstahlerzeugung. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass seit

dem Jahr 2005 wieder ein Importüberschuss an Rohblöcken und Halbzeug verzeichnet wird. Dies war seit 1991 nicht mehr der Fall und führte zu deutlichen Produktionszuwächsen in der Walzstahlerzeugung.

Einen Überblick über die Veränderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der einzelnen Sektoren gibt Tabelle 2. Die spezifischen Emissionen der Zementindustrie betragen beispielsweise im Jahr 2008 noch 53,1 % des Wertes des Jahres 1990.

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 2008 bereits erfüllt, der Zielerreichungsgrad lag bei 103,6%. Demnach ist zu erwarten, dass die in der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge vom 9. November 2000 (Klimaschutzvereinbarung) genannten Ziele zur Verringerung von Treibhausgasen (Emissionsminderungsziele) bis zum 31. Dezember 2009 zu 96% und bis zum 31. Dezember 2012 zu 100 % erreicht werden.

Als ergänzende Informationen wurden zwei weitere Berechnungsmethoden angeführt, die jedoch nicht Grundlage für die Verhandlungen zwischen der Bundesregierung und der EU-KOM zum Zielerreichungsgrad von 96% für das Jahr 2009 waren und daher nicht für die Anwendung für §§ 55 EnergieStG und 10 StromStG maßgeblich sind. Dazu werden die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen aller an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren auf zwei unterschiedlichen Wegen bestimmt, die im Folgenden erläutert werden.

Um die spezifischen Emissionswerte zu ermitteln, wird in der ersten Berechnungsmethode die in Tabelle 1 dargestellte Summe 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. Formal ist ein Produktionsindex ein gewogenes arithmetisches Mittel der Veränderungen des Outputs der einzelnen Sektoren.

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 2008 um 42,2 % höher als 1990. Zum Vergleich: Nach Angaben

## Überblick über die Emissionsminderungen

des Statistischen Bundesamtes stieg der Produktionsindex für das Produzierende Gewerbe zwischen 1991 und 2008 um etwa 44 % (Tabelle A1).

**Tabelle 2**  
**Veränderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Branchen**  
 1990 bis 2008

	1990: 100					
	1990	2000	2005	2006	2007	2008
Allg. Stromwirtschaft	100,0	86,6	85,1	85,1	89,6	85,1
Chemische Industrie <sup>1</sup>	100,0	59,7	54,9	54,7	55,9	54,6
Eisenschaff. Industrie	100,0	88,6	84,7	84,1	84,2	86,0
Elektroindustrie	100,0	59,8	56,4	54,1	57,8	60,8
Feuerfestindustrie	100,0	68,0	66,0	65,5	65,9	64,3
Fliesen und Platten	100,0	87,1	80,5	81,0	75,7	81,0
Glasindustrie	100,0	78,1	80,0	83,4	76,7	73,1
Kaliindustrie	100,0	31,2	33,1	33,4	33,0	34,9
Kalkindustrie	100,0	92,2	85,6	85,3	85,2	85,6
Mineralölwirtschaft	100,0	82,8	80,0	78,1	77,7	78,6
NE-Metallindustrie	100,0	76,4	77,1	66,6	71,5	71,9
Papierindustrie	100,0	70,2	69,4	68,7	67,5	65,6
Steinkohlenbergbau	100,0	76,3	73,4	78,6	71,1	80,8
Textilindustrie	100,0	93,5	92,6	84,3	89,1	86,4
Zementindustrie	100,0	76,2	57,8	55,0	56,5	53,1
Ziegelindustrie	100,0	85,6	80,9	80,1	76,0	85,9
Zuckerindustrie	100,0	55,4	55,2	58,2	54,5	53,2

Eigene Berechnungen nach Angaben der am Monitoring beteiligten Branchen.

**Tabelle 3**  
**Produktionsmesszahlen der an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Branchen**

1990 bis 2008

	Gewicht	1990: 100					
		1990	2000	2005	2006	2007	2008
Allg. Stromwirtschaft	15,5 %	100,0	108,1	112,1	113,9	110,0	110,4
Chemische Industrie <sup>1</sup>	22,7 %	100,0	119,8	132,1	137,1	144,3	140,1
Eisenschaff. Industrie	4,3 %	100,0	105,6	101,4	107,5	110,6	104,4
Elektroindustrie	36,5 %	100,0	137,7	153,3	167,6	178,0	181,6
Feuerfestindustrie	0,3 %	100,0	75,6	76,6	81,0	87,1	85,6
Fliesen und Platten	0,1 %	100,0	79,9	80,8	83,4	86,3	76,3
Glasindustrie	2,2 %	100,0	129,7	118,2	123,9	128,2	127,8
Kaliindustrie	0,0 %	100,0	68,8	73,3	72,9	74,5	70,2
Kalkindustrie	0,1 %	100,0	95,4	92,2	95,3	98,4	98,3
Mineralölwirtschaft	3,5 %	100,0	109,4	116,6	115,2	113,6	111,5
NE-Metallindustrie	3,4 %	100,0	128,4	127,1	135,1	137,6	133,8
Papierindustrie	2,4 %	100,0	142,3	125,6	147,4	152,9	155,8
Steinkohlenbergbau	1,7 %	100,0	47,7	35,4	29,6	30,5	24,5
Textilindustrie	3,1 %	100,0	66,0	54,9	54,5	54,9	52,7
Zementindustrie	0,7 %	100,0	102,5	93,2	100,8	99,9	101,4
Ziegelindustrie	0,5 %	100,0	115,0	79,2	85,1	85,2	72,7
Zuckerindustrie	0,5 %	100,0	91,4	82,9	67,7	82,5	77,7
Produktionsindex		100,0	121,2	129,1	137,0	142,4	142,2

Eigene Berechnungen nach Angaben der am Monitoring beteiligten Branchen.

Gleichzeitig sanken die CO<sub>2</sub>-Emissionen aller an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Sektoren zwischen 1990 und 2008 von 792,3 auf 631,4 Mill. t, mithin um 20,3 % (Tabelle 1). Die Division der in Tabelle 4 angegebenen Reihe der Messzahlen der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Werte des Produktionsindexes ergibt die Entwicklung der spezifischen Emissionen bezüglich des Jahres 1990. 2008 lagen die spezifischen

## Überblick über die Emissionsminderungen

Emissionen demnach bei 56,1 % des Wertes für das Jahr 1990 (Tabelle 4). Dies entspricht einer Reduktion von 43,9 %. Bei einem spezifischen Reduktionsziel von 35 % für 2012 läge der Zielerreichungsgrad nach dieser Berechnungsmethode bei 125,8 %.

**Tabelle 4**  
**Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen der an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Sektoren**  
 1990 bis 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Produktionsindex	100,0	94,9	121,2	129,1	137,0	142,4	142,2
CO <sub>2</sub> -Emissionen	100,0	83,0	82,7	80,2	80,7	82,6	79,7
Spezifische Emissionen	100,0	87,6	68,2	62,1	59,0	58,0	56,1
Reduktion (in %)	-	12,4	31,8	37,9	41,0	42,0	43,9
Zielerreichungsgrad (in %)	-	35,4	90,8	108,2	117,3	120,1	125,8

Eigene Berechnungen nach Angaben der am Monitoring beteiligten Branchen.

Im Rahmen einer alternativen Berechnungsmethode könnten die spezifischen Emissionen der einzelnen Sektoren mit den jeweiligen Anteilen an der Bruttowertschöpfung aller an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Sektoren gewogen werden. Ein so konstruierter Index der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen ergibt, dass diese bis zum Jahr 2008 gegenüber 1990 um 34,7 % gesunken sind. Demnach wäre das für 2012 angesetzte Ziel einer Senkung um 35 % im Jahr 2008 praktisch erreicht, der Zielerreichungsgrad läge bei 99,1 % (Tabelle 5).

**Tabelle 5**  
**Gewogene spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen der am Monitoring beteiligten Sektoren**  
 1990 bis 2008

	1990	2000	2005	2006	2007	2008
Spezifische Emissionen	100,0	67,1	63,8	62,3	64,7	65,3
Reduktion (in %)	-	32,9	36,2	37,7	35,3	34,7
Zielerreichungsgrad (in %)	-	94,0	103,4	107,7	100,8	99,1

Eigene Berechnungen nach Angaben der am Monitoring beteiligten Branchen.

Der so konstruierte Index der spezifischen Emissionen gibt allerdings die tatsächliche Entwicklung der spezifischen Emissionen aller an der Klimaschutzvereinbarung beteiligten Sektoren nicht adäquat wieder. Grund hierfür ist, dass die zur Gewichtung verwendeten Bruttowertschöpfungsanteile keine hohe Korrelation zu den spezifischen Emissionen aufweisen. Im Gegensatz dazu weisen die Bruttowertschöpfungsanteile eine hohe Korrelation zur Produktion der einzelnen Sektoren auf. Durch das Beziehen der absoluten Emissionen auf den oben dargestellten Produktionsindex, welcher die Entwicklung der Produktion aller Sektoren widerspiegelt, wird die tatsächliche Veränderung der spezifischen Emissionen adäquater beschrieben als durch diese alternative Berechnungsmethode.

## Die Kaliindustrie

---

### 1. Die Kaliindustrie

Das Kerngeschäft der Kaliindustrie besteht in der Herstellung von mineralischen Düngemitteln für die Agrarwirtschaft und der Produktion von Industriesalzen. Ein großer Teil der Industriesalze wird zur Herstellung von Chlor und Kaliumhydroxid (Kalilauge) eingesetzt. Kleinere Mengen werden als hochreine Salze in der Pharmazeutischen Industrie, zur Herstellung von Nahrungsmitteln oder in der Tierernährung verwendet. Bis zum Jahr 2000 war der Welt-Kalimarkt von einem erheblichen Überangebot geprägt, auf das in Deutschland mit dem Abbau unrentabler Kapazitäten und der Konzentration auf nur noch wenige Produktionsstandorte reagiert wurde. Aufgrund einer anhaltend positiven Nachfrageentwicklung – insbesondere auf den Märkten Lateinamerikas und Asiens – konnte die rückläufige Entwicklung seit Anfang der 1990er Jahre durchbrochen werden. Die stark gestiegene weltweite Nachfrage nach Kaliprodukten – insbesondere aus Schwellenländern wie China – hat 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). Der Weltmarktanteil der deutschen Kaliindustrie lag 2008 bei knapp 11 % (K+S 2009c: 70). Aufgrund der Nachfrage konnten in den ersten Monaten am Markt deutlich höhere Preise erzielt werden. Dies hat im Berichtsjahr 2008 insgesamt zu einem kräftigen Umsatzwachstum geführt. Rund 70 % des Umsatzes wird im europäischen Raum erzielt (K+S 2009c: 52).

#### 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 Stromverbrauch. Die Kaliindustrie wird in der *Klassifikation der Wirtschaftszweige* (StaBuA 1993) unter der Kennziffer 14.30 („Bergbau auf chemische und Düngemittelminerale“) geführt.

Zwischen diesen beiden Datenquellen ergeben sich jedoch erhebliche Differenzen, die vornehmlich auf eine abweichende Klassifikation der Unternehmensteilbereiche zurückzuführen sind. Während das Statistische Bundesamt den energieintensiven Teilbereich der Weiterverarbeitung des Kaliohsalzes 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.

### 1.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Die Kaliindustrie befand sich Anfang der 1990er Jahre in einer Krise und sah sich mit hohen Überkapazitäten konfrontiert. Daraufhin wurden zwischen 1990 und 1992 eine Reihe von Bergwerken in Thüringen und Niedersachsen stillgelegt und die Produktion deutlich eingeschränkt.<sup>2</sup> Als Folge fiel die Produktionsmenge – gemessen in Mill. t Kalirohsalzverarbeitung – zwischen 1990 und 1995 um knapp 34 % von 52,1 auf 34,4 Mill. t (Schaubild 1.1). Bis 2007 stieg die verarbeitete Rohsalzmenge um 12,7 % auf 38,8 Mill. t. Im Berichtsjahr 2008 ging sie um fast 6 % auf 36,6 Mill. t zurück. Damit lag die Menge um fast 30 % unter der Kalirohsalzverarbeitung des Jahres 1990.

**Tabelle 1.1**  
**Spezifischer Energieverbrauch der Kaliindustrie**  
1990 bis 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Energieverbrauch, PJ	56,1	19,5	18,1	20,3	20,5	20,6	20,6
Spez. Energieverbrauch, MJ/t	1 077,5	565,3	505,9	532,8	539,3	531,9	562,6

Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie.

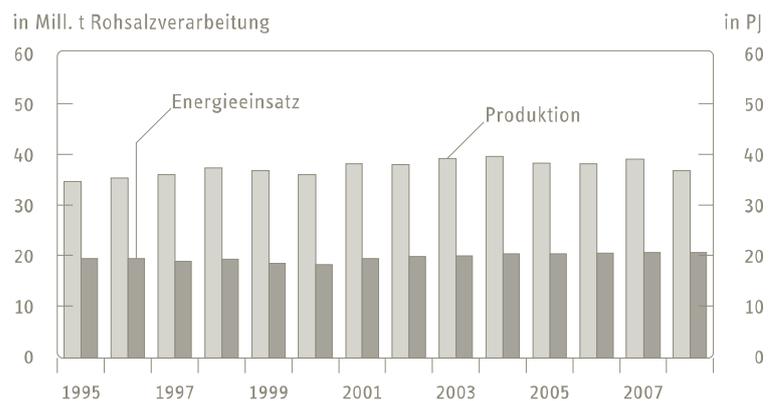
Zur Gewinnung und Herstellung marktfähiger Kaliprodukte wurden 2008 insgesamt 20,6 PJ Energie aufgewendet. Mit einem Rückgang von 0,4 % gegenüber dem Vorjahr blieb der Energieverbrauch damit im Berichtsjahr trotz sinkender Produkti-

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

## Die Kaliindustrie

on weitgehend unverändert. Während die Produktion seit 1995 durchschnittlich um 0,5 % pro Jahr wuchs, verharrte der Energieverbrauch seither auf etwa demselben Niveau von rund 20 PJ. Offenbar erfordert die Produktionsweise ein bestimmtes Mindestmaß an Energie, das zumindest in Teilen unabhängig von der Produktionsmenge ist. In Jahren mit einer vergleichsweise hohen Produktion ist somit ein niedriger spezifischer Energieverbrauch zu beobachten. Mit einem Verbrauch von 562,6 MJ je Produktionstonne war die Kaliindustrie 2008 deutlich weniger energieintensiv als noch im Jahr 1990 (Tabelle 1.1).

**Schaubild 1.1**  
**Produktion und Energieeinsatz der Kaliindustrie**  
1995 bis 2008



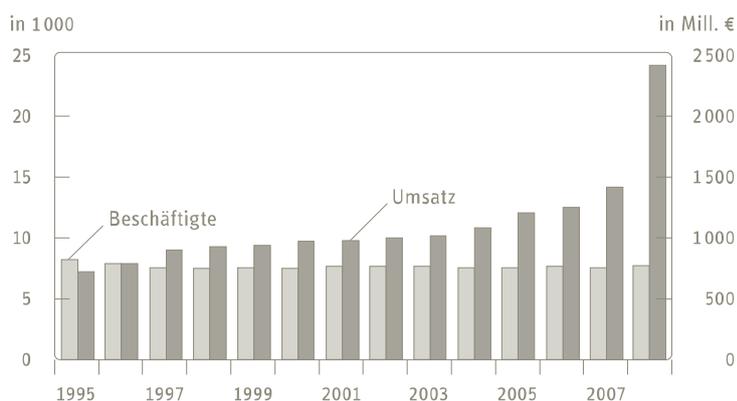
Nach Angaben des Verbands der Kali- und Salzindustrie e.V. im Rahmen des Monitoring.

Nach Angaben der K+S AG wurde im Jahr 2008 mit 7 673 Beschäftigten ein Umsatz von fast 2 400 Mill. € erwirtschaftet (K+S (2009c: 61). Dank der gestiegenen Nachfrage konnte der Umsatz seit 1995 mehr als verdreifacht werden. Die Beschäftigung sank dagegen seit 1995 um 4,6 % (Schaubild 1.2).

### 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/-verarbeitung, bei der die enthaltenen Mineralsalze von den anderen Bestandteilen getrennt werden.

**Schaubild 1.2**  
**Umsatz und Beschäftigung in der Kaliindustrie**  
 1995 bis 2008



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

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

Für die Aufbereitung des Rohsalzes zu verkaufsfähigen Kaliprodukten stehen grundsätzlich drei Verfahren zur Verfügung (WV Bergbau 1994: 229-231): Das Heißlöseverfahren, das Flotationsverfahren und das elektrostatische Verfahren. Das Heißlöseverfahren ist das älteste bekannte Verfahren zur Gewinnung von Kaliumchlorid (KCl). Es nutzt das bei verschiedenen Temperaturen unterschiedliche Löseverhalten der Rohsalzbestandteile. Das Rohsalz wird dabei in eine erhitzte 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

## Die Kaliindustrie

---

selektiv an einzelne Kristalle des Kaliumchlorids. Durch Einblasen von Luft bildet diese Verbindung einen Schaum, der an die Oberfläche der Lauge steigt und dort mechanisch abgestreift werden kann. Der Schaum wird anschließend von Rückständen gereinigt und der Trocknung zugeführt. Durch Beigabe unterschiedlich wirkender Reagenzien ist es in einem mehrstufigen Prozess möglich, neben KCl auch Magnesium und andere Stoffe aus dem Rohsalz zu extrahieren.

Das verhältnismäßig junge elektrostatische Verfahren zur Rohsalzverarbeitung erfordert – ebenso wie das Flotationsverfahren – eine Feinvermahlung des Rohsalzes. Durch eine geeignete Behandlung werden diese Kristalle unterschiedlich elektrostatisch aufgeladen und können so mittels eines elektrischen Feldes trocken separiert werden. Dieses Aufbereitungsverfahren zeichnet sich dadurch aus, dass es ohne den Einsatz von Wasser auskommt und somit keine Energie zur Trocknung aufgewendet werden muss. Mittlerweile wird mehr als 60 % der Produktion der Kaliindustrie 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 Granulierungsschnecken (Aufbaugranulation) geschehen, bei trockenem Salz wird die gewünschte Form durch Pressgranulierung herbeigeführt.

### 1.4 Die Selbstverpflichtung

Die Kaliindustrie hat 1996 eine Selbstverpflichtung zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen abgegeben und diese im Jahre 2001 ergänzt (K+S 2005a). Im April 2008 wurde die Erklärung bis 2012 erweitert. Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen sollen bis 2012 um 69 % gegenüber 1990 auf 28 kg CO<sub>2</sub> je Tonne verarbeitetes Rohsalz gesenkt und die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen um 79 % auf 1,0 Mill. t verringert werden (K+S 2008a).

#### Übersicht 1.1

##### Selbstverpflichtung der Kaliindustrie

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

---

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

---

Das Reduktionsziel wird auf die Menge an *verarbeitetem Rohsalz* bezogen und nicht auf die Menge an verkaufsfähigen Kaliprodukten. Der Grund dafür ist: Der

Gehalt an wertvollem Reinkali (K<sub>2</sub>O) im Rohsalz variiert je nach Abbaurevier (WV Bergbau 1994: 225). Bergwerke mit geringem Kaligehalt müssen entsprechend mehr Rohsalz verarbeiten, um eine vergleichbare Menge des Endprodukts zu gewinnen.

### 1.5 Bis 2008 erreichte CO<sub>2</sub>-Minderungen

Verglichen mit den Emissionen in Höhe von fast 4,8 Mill. t CO<sub>2</sub>, die im Jahr 1990 ausgestoßen wurden, konnten vor allem bis 1995 erhebliche Einsparungen erzielt werden (Tabelle 1.2). Das bislang niedrigste Emissionsniveau wurde 2000 mit 1,02 Mill. t CO<sub>2</sub> erreicht. Seit 2002 liegt der CO<sub>2</sub>-Ausstoß jedoch wieder über dem Wert von 1995. Bis 2007 stiegen die Emissionen auf 1,17 Mill. t und lagen damit um 15,7 % höher als 2000. Bei einem nahezu unveränderten Energieverbrauch (Tabelle 1.1) konnte die Minderung im Berichtsjahr nur geringfügig um 0,1 Prozentpunkte verbessert werden. Der Zielerreichungsgrad für die absoluten Emissionen hat sich daher 2008 mit 95,6 % nicht verändert.

**Tabelle 1.2**

**Entwicklung der absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kaliindustrie**

1990 bis 2008; Minderungsziel bis 2012: -79 % auf 1,0 Mill. t CO<sub>2</sub>

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Emissionen in Mill. t	4,76	1,11	1,02	1,15	1,16	1,17	1,17
Minderung in %	-	76,6	78,6	75,8	75,6	75,4	75,5
Zielerreichungsgrad in %	-	97,0	99,4	95,9	95,7	95,5	95,6

Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie.

Der spezifische CO<sub>2</sub>-Ausstoß ist in diesem Zeitraum um rund 1,2 % gesunken. Lag er 1995 noch bei 32,3 kg CO<sub>2</sub>/t Rohsalzverarbeitung, waren es 2008 noch 31,9 kg CO<sub>2</sub>/t (Tabelle 1.3). Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen hatten 1999 mit 28,4 kg CO<sub>2</sub>/t das für 2012 gesetzte Ziel einer Minderung um 69 % fast erreicht (RWI 2007: 25). Seither sind die spezifischen Emissionen allerdings wieder gestiegen. Obwohl sie 2007 etwas geringer ausfielen als 2006, setzte sich der seit 1999 abzeichnende Trend steigender spezifischer Emissionen im Berichtsjahr 2008 erneut fort, der Zielerreichungsgrad sank auf 94,3 %.

### 1.6 Ursachenanalyse

Das Jahr 2008 ist in der Kaliindustrie aus Sicht des Monitorings durch einen deutlichen Rückgang der produzierten Rohsalzmenge (Tabelle 1.3) und einen im Gegensatz dazu weitgehend unveränderten Energieverbrauch gekennzeichnet (Tabelle 1.1). Auch die Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen war nahezu gleich (Tabelle 1.2).

## Die Kaliindustrie

---

**Tabelle 1.3**

**Entwicklung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kaliindustrie**

1990 bis 2008; Ziel bis 2012: -69 % auf 28 kg CO<sub>2</sub>/t verarbeitetes Rohsalz

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Rohsalzverarbeitung, Mill. t	52,1	34,4	35,8	38,2	38,0	38,8	36,6
Spez. Emissionen, kg CO <sub>2</sub> /t	91,4	32,3	28,5	30,2	30,5	30,1	31,9
Minderung in %	-	64,6	68,8	66,9	66,6	67,0	65,1
Zielerreichungsgrad in %	-	93,7	99,8	97,0	96,5	97,2	94,3

Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie.

Dennoch hat es auch 2008 Substitutionen zwischen den eingesetzten Energieträgern gegeben. Während der Stromverbrauch von 1998 bis 2004 ständig zunahm und sein Anteil am Energiebedarf bis auf 8,5 % stieg, ging er bis 2007 auf 6,9 % zurück. 2008 wuchs der Stromverbrauch wieder auf 1,8 PJ, was einem Anteil von 8,7 % der eingesetzten Energie entspricht (Tabelle 1.4). Der Anteil des CO<sub>2</sub>-armen und ansonsten den Energiemix der Kaliindustrie dominierenden Erdgases wuchs bis 2007 auf 93,1 %. 2008 sank der Verbrauch von Erdgas um 2,3 % auf 18,7 PJ. Zusammen mit dem gestiegenen Stromverbrauch führte dies zu einem Rückgang des Anteils von Erdgas auf 91,3 %. Da Strom mit einem höheren CO<sub>2</sub>-Faktor bewertet wird als Erdgas, führt die Substitution von Erdgas durch Strom für sich betrachtet zu einem steigenden CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Damit haben sich die Entwicklungen der vergangenen Jahre nicht weiter fortgesetzt. Erstmals seit 2004 wurden wieder mehr kohlenstoffreichere Energieträger eingesetzt.

Nach Angaben der K+S AG ist diese Substitution auf den Ausfall einer Stromerzeugungsanlage in einem der Industriekraftwerke im September 2008 zurückzuführen. Hierdurch sank die Eigenerzeugung von Strom, der durch Fremdstrom ersetzt wurde. Als Folge hiervon stiegen die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen um rund 24 000 Tonnen. Die absoluten Emissionen der deutschen Kaliindustrie blieben daher trotz geringerer Produktion auf dem Niveau des Jahres 2007 (K+S 2009a).

**Tabelle 1.4**  
Energimix der Kaliindustrie

1990 bis 2008; in PJ; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Rohbraunkohle	27,1	-	-	-	-	-	-
Heizöl, schwer	1,4	-	-	-	-	-	-
Heizöl, leicht	-	0,05	0,03	0,05	0,05	0,04	0,01
Erdgas	19,2	16,8	17,6	18,6	19,0	19,2	18,7
Strom	8,5	2,6	0,5	1,6	1,4	1,4	1,8
Insgesamt	56,1	19,5	18,1	20,3	20,5	20,6	20,5

Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie.

Das ganze Ausmaß der Veränderung des Energimix seit 1990, bei der das CO<sub>2</sub>-arme Erdgas zum dominierenden Energieträger wurde, spiegelt sich in der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen je Energieeinheit wider: Insgesamt sanken die Emissionen je GJ seit 1990 von 84,8 t CO<sub>2</sub>/GJ auf 56,7 t CO<sub>2</sub>/GJ im Jahr 2008 (Tabelle 1.5). Multipliziert man die Verringerung um 28,1 t CO<sub>2</sub>/GJ mit dem Energieverbrauch des Jahres 1990 von 56,1 PJ bzw. 56,1 Mill. GJ, ergibt sich rein rechnerisch eine Verringerung der absoluten Emissionen von etwa 1,6 Mill. t bzw. rund einem Drittel. Ein Großteil davon geht auf den vollständigen Verzicht auf Rohbraunkohlenstaub und schweres Heizöl als Energieträger zurück.

**Tabelle 1.5**  
Energieverbrauch, CO<sub>2</sub>-Emissionen absolut und je Energieeinheit

1990 bis 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Emissionen in Mill. t	4,76	1,11	1,02	1,15	1,16	1,17	1,17
Energieverbrauch in PJ	56,1	19,5	18,1	20,3	20,5	20,6	20,6
Emissionen in kg CO <sub>2</sub> /GJ	84,8	57,1	56,3	56,7	56,6	56,6	56,7

Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie.

Neben Änderungen im Energimix konnten die Emissionsverringerungen von rund 3,6 Mill. t zwischen 1990 und 2007 im Wesentlichen durch Verbesserungen der Energieeffizienz und einen geringeren Energieverbrauch aufgrund der im Vergleich

## Die Kaliindustrie

---

zu 1990 stark reduzierten Rohsalzverarbeitung erzielt werden. Bewertet man den zwischen 1990 und 2008 erfolgten Rückgang der Produktionsmenge von 15,5 Mill. t mit dem hohen spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionswert von 1990 von 91,4 kg je Tonne Produktionsoutput, kommt man zu einer Emissionsreduktion von rund 1,4 Mill. t. Legt man hingegen die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2008 von 31,9 kg je Tonne zugrunde, mithin einen vergleichsweise niedrigen Wert, erhält man eine Mindestreduktion von etwa 0,5 Mill. t. Demnach liegt die Emissionsverringerung durch Kapazitätsanpassungen innerhalb der Bandbreite von 0,5 bis 1,4 Mill. t.

Bei der Energieeffizienz schließlich waren deutliche Verbesserungen festzustellen, wenngleich überwiegend in der ersten Hälfte der 90er Jahre. Insgesamt sank der spezifische Energieverbrauch zwischen 1990 und 2008 auf fast die Hälfte, von rund 1 078 MJ/t auf rund 563 MJ/t (Tabelle 1.1). Damit einher ging eine Reduzierung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Multipliziert man die Effizienzsteigerung von rund 425 MJ/t bzw. 0,425 GJ/t mit 84,8 kg CO<sub>2</sub>/GJ, den Emissionen je Energieeinheit von 1990, so ergibt sich eine Reduktion der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Effizienzsteigerungen in Höhe von 36,0 kg CO<sub>2</sub>/t. Tatsächlich wurden 1990 jedoch 91,4 kg CO<sub>2</sub>/t freigesetzt. Folglich konnten durch eine effizientere Energienutzung die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2008 um fast 40 % gesenkt werden. Bezogen auf die 1990 verarbeitete Menge in Höhe von 52,1 Mill. t ergibt sich somit ein Einsparvolumen von gut 1,9 Mill. t CO<sub>2</sub>.

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 CO<sub>2</sub>-Ausstoß deutlich verringert haben. Durch den nicht geplanten, zusätzlichen Bezug von Fremdstrom sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen 2008 wieder gestiegen. Die Energieeffizienz hat sich insgesamt verschlechtert und seit 2004 zu höheren Emissionen geführt.

### 1.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung

Die deutsche Kaliindustrie führt in ihrem Fortschrittsbericht zum Klimaschutz für das Berichtsjahr 2008 keine Maßnahmen auf, mit denen die Energieeffizienz verbessert oder die absoluten und spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen verringert wurden. Stattdessen wird jedoch ausdrücklich auf die Planung und Vorbereitung von Maßnahmen verwiesen, die in den Jahren 2009 und 2010 zu einer weiteren Substitution von Erdgas durch erneuerbare Energieträger führen sollen. Es ist beabsichtigt, den Bezug von Fremdstrom durch eine effizientere Eigenstromerzeugung zu reduzieren (K+S 2009a).

Um die CO<sub>2</sub>-Emissionen weiter zu senken, soll zukünftig Erdgas durch erneuerbare Energieträger ersetzt und Prozess-Abwärme verstärkt genutzt werden. Zu diesem Zweck wird derzeit ein Kraftwerk für Ersatzbrennstoffe in Heringen an der Werra gebaut. Der Dampf soll vom Kaliwerk Werra, Standort Wintershall, abgenommen und dort zunächst zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Durch den Einsatz eines neuen, effizienteren Dampfturbosatzes soll die Stromausbeute wesentlich verbessert werden. Anschließend soll er als Prozesswärme im Produktionsbetrieb genutzt werden. Es wird mit erheblichen Einsparungen beim Einsatz des fossilen Energieträgers Erdgas und entsprechend geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionen gerechnet. Die Inbetriebnahme des Kraftwerks ist für 2009 geplant. Für 2010 ist für das Kaliwerk Zielitz ebenfalls ein neuer Dampfturbosatz vorgesehen. Hierdurch soll der Bezug von Fremdstrom weiter reduziert werden (K+S 2009a).

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 anderer Energieträger den betrachteten Gesamtenergieverbrauch. Ein unverändertes Produktionsniveau vorausgesetzt, ergibt sich ein geringerer spezifischer Verbrauch. Gleichzeitig werden sowohl die absoluten als auch die spezifischen Emissionen reduziert.

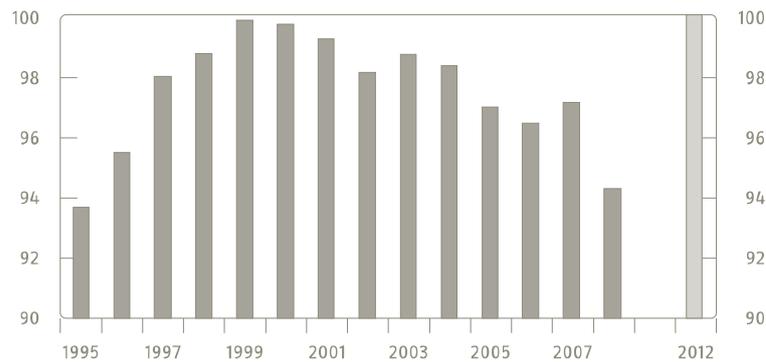
### 1.8 Zusammenfassung und Bewertung

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 CO<sub>2</sub> konnte bis 2008 um etwa drei Viertel gegenüber 1990 verringert werden. Das Minderungsziel für 2012, eine Verringerung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von 69 % gegenüber 1990, wurde 2008 zwar bereits zu 94,3 % erreicht (Schaubild 1.3), allerdings weisen die spezifischen Emissionen seit 2000 eine steigende Tendenz auf (Tabelle 1.3).

## Die Kaliindustrie

---

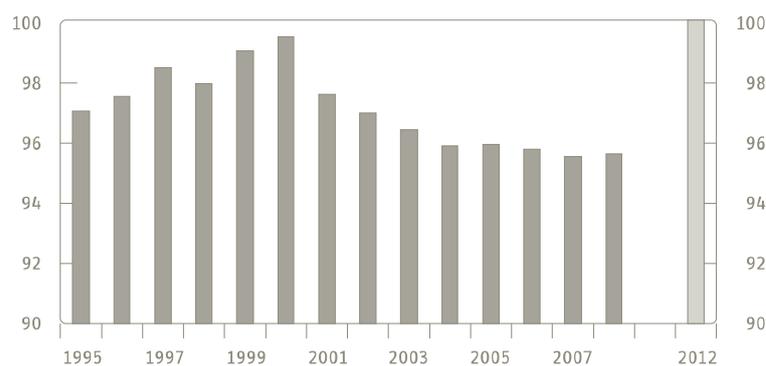
**Schaubild 1.3**  
**Zielerreichungsgrad des spezifischen Minderungsziels für 2012**  
1995 bis 2008; in %



Eigene Berechnungen.

Bei den absoluten Emissionen zeigt sich ein noch weniger optimistisches Bild. Zwar konnte der CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis 2000 um mehr als 78 % gegenüber 1990 gesenkt werden, seit 2002 nehmen die Emissionen aber wieder leicht zu. Der Zielerreichungsgrad ist 2008 mit 95,6 % erneut weiter gesunken (Schaubild 1,4).

**Schaubild 1.4**  
**Zielerreichungsgrad des absoluten Minderungsziels für 2012**  
1995 bis 2008; in %



Eigene Berechnungen.

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 Finanzkrise 2008 ging jedoch auch die Produktion der Kaliindustrie deutlich zurück. Dennoch werden die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Kaliindustrie eher günstig beurteilt: Obwohl die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten aktuell nachgelassen hat, führt die weiter wachsende Weltbevölkerung und das nach wie vor hohe Wachstum in den Schwellenländern zu einer weiter steigenden Nachfrage nach qualitativ hochwertigen Nahrungsmitteln. Verstärkt wird diese Nachfrage durch den zunehmenden Einsatz nachwachsender Rohstoffe als Energieträger (K+S 2009a). Im Hinblick auf das spezifische Ziel bis 2012 erscheint eine weitere Reduzierung daher durchaus möglich.

Mit zunehmender Produktionsmenge wird allerdings auch die Menge an CO<sub>2</sub>-Emissionen ansteigen, zumal der aktuelle Nachhaltigkeitsbericht der K+S AG 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen (K+S 2009a). Zukünftig sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen daher durch Nutzung von Abwärme verringert werden (K+S 2009b: 11). Weitere deutliche – wenngleich für das Monitoring indirekte – Beiträge lässt der Einsatz erneuerbarer Energieträger und Sekundärbrennstoffe in der Eigenstromerzeugung erwarten. Mithin dürfte das absolute Reduktionsziel für die Kaliindustrie bis 2012 schwerer zu erreichen sein.

## Die Zuckerindustrie

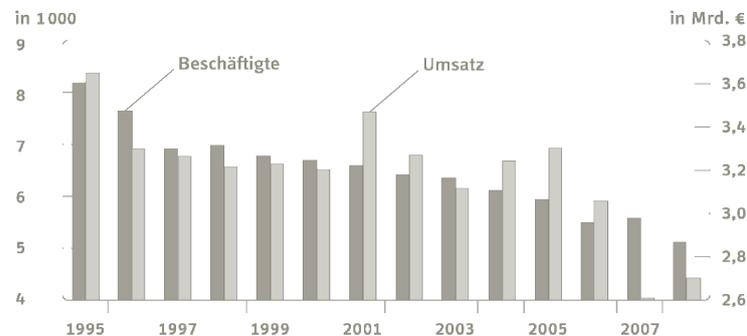
---

### 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 2008 etwa 2,7 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 2008



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 verbunden mit unterdurchschnittlichen Zuckergehalten 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 13,5 % 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 %.

In 20 Betrieben beschäftigte die Zuckerindustrie 2008 rund 5 100 Mitarbeiter. Die Anzahl der Beschäftigten der Zuckerindustrie ist zwischen 1995 und 2008 bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Gesamtverarbeitungskapazität um 43 % zurückgegangen. Allein in den Jahren 1995 bis 1997 betrug der Beschäftigungsabbau 14,6 %.

### 2.1 Datenbasis

Grundlage des vorliegenden Monitoringberichtes für die Zuckerindustrie sind die Angaben des Vereins der Zuckerindustrie (VdZ) zum Energieverbrauch und zur Produktion. Diese basieren auf internen Erhebungen bei den Mitgliedsunternehmen. Als Indikator für die Produktion dient die Menge verarbeiteter Rüben.

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, und 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.

## Die Zuckerindustrie

---

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

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

**Tabelle 2.1**  
**Energieverbrauch an fossilen Energieträgern und CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Zuckerindustrie**

2000 bis 2008; gerundete Werte in PJ

	2000	2005	2006	2007	2008
Energieverbrauch, AGEB	29,7	26,3	21,6	25,9	24,7
Energieverbrauch, VdZ	29,2	27,3	22,7	27,1	25,8
Differenz, in % des Energieverbrauchs des VdZ	1,7	-3,7	-4,8	-4,4	-4,3
CO <sub>2</sub> -Emissionen in Mill. t, AGEB	2,39	2,12	1,79	2,07	1,95
CO <sub>2</sub> -Emissionen in Mill. t, VdZ	2,37	2,19	1,89	2,16	2,02
Differenz, in % der CO <sub>2</sub> -Emissionen des VdZ	-0,8	-3,2	-5,3	-4,2	-3,5

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

Im Vergleich zu den VdZ-Angaben liegen die auf Basis der AGEB-Heizwerte ermittelten Werte 2008 beim Energieverbrauch um etwa 4,5 % und bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen um 3,5 % niedriger. In früheren Jahren betrug die Abweichungen beim Energieverbrauch etwa 3,5 bis 5 % (Tabelle 2.1). Bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen beliefen sie sich auf 3 bis 5,5 %. Damit stellen sich die vom VdZ gelieferten Angaben der Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Zucker-

industrie 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.

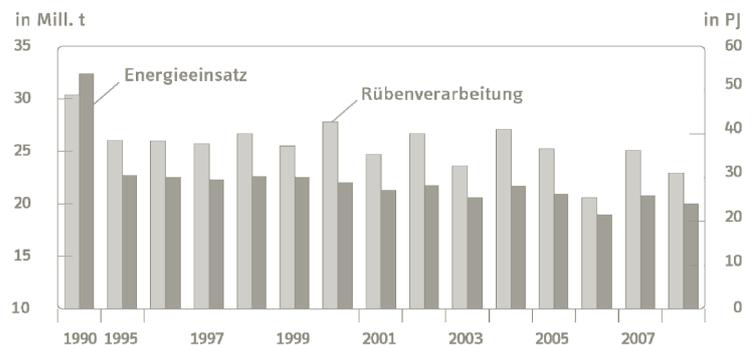
Die Daten für 2005 bis 2007 sind vom Verband noch einmal geändert worden. Im Monitoringbericht 2008 werden für alle Jahre die endgültigen Zahlen verwendet. Die Gegenüberstellung weist für die drei Jahre einen höheren Energieverbrauch auf. Grundsätzlich hat sich hierdurch die Bewertung nicht geändert. Auch auf Basis dieser Daten zeigt sich im Nachhinein, dass das für 2005 anvisierte Ziel erreicht werden konnte.

### 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. Während im Zeitraum 1995 bis 2007 die Verarbeitung um 3,8 % auf 25,1 Mill. t sank, gelang es, den Energieverbrauch weiter um 15,6 % auf 25,9 PJ zu senken, wenn auch die Differenzen der Wachstumsraten mit knapp 12 Prozentpunkten deutlich geringer waren 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 um 8,4 % auf 23 Mill. t. Der Rückgang des Energieverbrauchs von 25,9 PJ auf 24,2 PJ lag bei 6,6 %.

## Die Zuckerindustrie

**Schaubild 2.2**  
**Energieverbrauch und Rübenverarbeitung in der Zuckerindustrie**  
1990 bis 2008



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

Die anderen im Rohsaft enthaltenen Stoffe werden mit Hilfe von zugesetzter Kalkmilch und Kohlensäure im Rahmen der Saftreinigung gebunden und vom Rohsaft getrennt. Übrig bleibt der 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 durch Zugabe von Impfkristallen weiter. Diese Kochmasse wird anschließend in liegende Gefäße abgelassen, in denen unter Abkühlung die Zuckerkristalle weiter wachsen. In hochtourigen Zentrifugen werden die Kristalle zum Abschluss durch Abschleudern vom

zähflüssigen Sirup getrennt und danach noch einmal mit Wasserdampf gereinigt. Das Endprodukt dieses Prozesses ist Weißzucker (WVZ 2005).

Etwa 90 % der im Produktionsprozess eingesetzten Energie ist Wärmeenergie. Kernstück des komplexen Energieverbundes einer Zuckerfabrik ist die gekoppelte Erzeugung von Wärme und elektrischer Energie (KWK), mit der sich im Vergleich zur reinen Stromerzeugung deutlich höhere Wirkungsgrade erreichen lassen. Überhitzter Dampf wird über Gegendruckturbinen geführt. Der Turbinenabdampf wird zur Eindampfung des Dünnsaftes genutzt. Der bei dieser Eindampfung entstehende Sattdampf, der 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 hatte in seiner Erklärung vom 19. Dezember 2000 für die Zuckerindustrie zugesagt, die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2005 gegenüber dem Zuckerwirtschaftsjahr 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 CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Basisjahr mit 152 anstatt mit 148 kg CO<sub>2</sub>/t Rüben bei einer Gesamtemission von 4,5 Mill. t CO<sub>2</sub> im Basisjahr. Hieraus ergab sich für 2005 rechnerisch eine Minderungszusage von 42,9 % bis 46,8 %.

Die Höhe der spezifischen CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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).

## Die Zuckerindustrie

---

### Übersicht 2.1

#### Selbstverpflichtung der Zuckerindustrie

Ziel 2012 Verringerung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf 79 bis 85 kg/t Rüben bis 2012 mit der Option, vor dem Hintergrund der ab 2010 zu erwartenden erheblichen Rohzuckerimporte aus Drittstaaten, das Produkt Zucker als Bezugsgröße heranzuziehen. Dies impliziert eine Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Emissionen heranzuziehen, da dieser Rohzucker ohne einen herstellbaren Bezug zur Rübe zu Weißzucker raffiniert werden 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 der Erklärung von 2000 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 des Ziels bis 2012 wurden vom Verband keine Aussagen getroffen.

### Tabelle 2.2

#### Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen und Zielerreichungsgrade der Zuckerindustrie

1990 bis 2008; Ziel bis 2012: 79-85 kg CO<sub>2</sub>/t Rüben

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Spez. Emissionen, kg/t	152	96	84	84	89	83	84
Minderung in %	-	36,8	44,7	44,7	41,4	45,4	44,7
Zielerreichungsgrad in %	-	88,5	101,2	101,2	95,5	102,4	101,2

---

Nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie im Rahmen des Monitoring.

---

### 2.5 Bis 2008 erreichte CO<sub>2</sub>-Minderungen

Im Jahr 2008 lagen die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen – ähnlich wie schon 2000 und danach 2005 – mit 84 kg/t Rüben um 44,7 % unter dem Niveau von 1990 mit 152 kg/t und damit leicht unterhalb der oberen Grenze des angestrebten Zielkorridors (Tabelle 2.2; RWI 2007: 33). Mit Ausnahme der Jahre 2001 und 2006, in denen es vorübergehend einen Anstieg auf 89 kg/t gab, lagen die Werte in den letzten 10 Jahren immer innerhalb dieser Bandbreite. Damit konnte das für 2012 gesetzte Ziel, für die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen einen Wert zwischen 79 bis 85 kg/t zu realisieren, in diesem Zeitraum nahezu durchgehend erreicht werden.

**Tabelle 2.3**  
**Rübenverarbeitung und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zuckerindustrie**  
1990 bis 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
CO <sub>2</sub> -Emissionen, Mill. t	4,64	2,52	2,35	2,13	1,83	2,09	1,92
Minderung in %		45,7	49,4	54,1	60,6	55,0	58,6
Produktion, Mill. t	30,5	26,1	27,9	25,3	20,6	25,1	23,0
Veränderung in %		-14,4	-8,5	-17,0	-32,5	-17,7	-24,6

Nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie im Rahmen des Monitoring.

Der spezifische Energieverbrauch stieg zwischen 2007 und 2008 um 1,7 % von 28,7 kWh/dt auf 29,2 kWh/dt (Tabelle 2.4). Damit konnte die Zielvorgabe von 29 kWh/dt, die bereits von 2004 bis 2007 mit Ausnahme des Jahres 2006 durchgängig übertroffen wurde, im neuen Berichtsjahr nicht ganz erreicht werden (Tabelle 2.4, RWI 2007: 34). Das Resultat der Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs sowie des Rückgangs der Rübenverarbeitung insgesamt war eine Senkung der absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen um 58,6 % von 4,6 Mill. t im Jahr 1990 auf gut 1,9 Mill. t im Jahr 2008 (Tabelle 2.3). Gegenüber 2007 bedeutet das einen Rückgang um 8,1 % bzw. 170 000 t.

## Die Zuckerindustrie

Tabelle 2.4  
Entwicklung von Energieverbrauch, Produktion und CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Energieeinheit in der Zuckerindustrie

1990 bis 2008; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Energieverbrauch, PJ	53,9	30,7	28,9	26,3	21,7	25,9	24,2
Minderung in %		43,0	46,4	51,2	59,7	51,9	55,1
Spez. Verbrauch, kWh/dt	49,1	32,6	28,9	28,9	29,2	28,7	29,2
Minderung in %		33,6	41,1	41,1	40,5	41,5	40,5
CO <sub>2</sub> -Intensität, kg/GJ	86,2	82,1	81,3	81,0	84,3	80,7	79,3

Nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie im Rahmen des Monitoring.

### 2.6 Ursachenanalyse

Eine, wenn auch nicht die wesentliche Ursache für die Minderung der Emissionen, ist der Rückgang der Rübenverarbeitung, die vor allem zwischen 1990 und 1995 deutlich sank, von 30 Mill. t auf gut 26 Mill. t/a (Tabelle 2.3). Zwischen 1995 und 2005 ging die Produktion dagegen nur um 3,3 % auf 25,3 Mill. t zurück. Zwischen 2005 und 2008 sank sie – geprägt von Sondereffekten – um weitere 9,1 % auf 23 Mill. t, wobei sie 2006 – ausgelöst u.a. durch die Zuckermarktreform – vorübergehend ein bisher einmaliges Tief von 20,6 Mill. t erreichte. Bereits 2007 bewegte sich die Produktion wieder auf dem Niveau von 25,1 Mill. t. Die folgende hypothetische Rechnung macht deutlich, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahre 2008 um 640 000 t über den tatsächlichen Emissionen von gut 1,9 Mill. t gelegen hätten, wenn das Produktionsniveau von 1990 hätte gehalten werden können. Diese Werte wurden ermittelt, indem der 1990er Produktionswert von 30,5 Mill. t mit dem spezifischen Emissionswert des Jahres 2008 multipliziert wurde und diese hypothetischen Emissionen von den tatsächlichen subtrahiert wurden.

Die entscheidende Determinante für den Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist die Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs. Dieser reduzierte sich in der ersten Hälfte der 1990er Jahre um gut 33,6 %, von 49,1 auf 32,6 kWh/dt (Tabelle 2.4). Eine ungefähre Abschätzung der Auswirkungen dieser Verbesserung auf Energieverbrauch und Emissionen ergibt die folgende hypothetische Betrachtung: Der Energieverbrauch des Jahres 1995 hätte 46,2 PJ betragen und damit rund 50 % über dem tatsächlichen Wert von 30,7 PJ gelegen, wenn der spezifische Energieverbrauch des Basisjahres von 49,1 kWh/dt auch 1995 erforderlich gewesen wäre. In

diesem Fall wäre auch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 1,27 Mill. t höher gewesen als der effektive Ausstoß von 2,52 Mill. t (Tabelle 2.3). Der Wert von 1,27 Mill. t CO<sub>2</sub> ergibt sich aus der Multiplikation des zusätzlichen hypothetischen Energieverbrauchs von 15,5 PJ mit der 1995er CO<sub>2</sub>-Intensität, d.h. der Emissionen pro Einheit eingesetzter Energie (Tabelle 2.4).

Die hohe Steigerung der Energieproduktivität zwischen 1990 und 1995 ist zu einem großen Teil auf die vereinigungsbedingten Restrukturierungen in Ostdeutschland, d.h. sowohl auf die Stilllegung von Zuckerfabriken als auch den kapitalintensiven Aufbau neuer, moderner Anlagen in den neuen Bundesländern zurückzuführen. Bis 1995 konnte der spezifische Einsatz dort von 90 kWh/dt auf 31 kWh/dt um 65,6 % gesenkt werden, während er in den alten Bundesländern zwischen 1990 und 1995 nur um 4,5 % von 35,6 kWh/dt auf 34 kWh/dt verringert werden konnte (Buttermann, Hillebrand 2002: 176-179).

Zwischen 1995 und 2008 sank der spezifische Energieverbrauch mit 10,4 % deutlich schwächer als in der ersten Hälfte der neunziger Jahre, von 32,6 kWh/t auf 29,2 kWh/t (Tabelle 2.4). Seit 2004 sind mit Erreichen des Zielwertes kaum noch Verbesserungen festzustellen.

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, CO<sub>2</sub>-Mengen und Rübenverarbeitung nicht mehr verursachergerecht aufeinander bezogen, da der Energieverbrauch eines Jahres sich in der Realität auf die Rübenverarbeitung der Monate September bis Dezember des Vorjahres, in Ausnahmefällen bis in den Januar und Februar des aktuellen Jahres, bezieht. Kommt es zu einer vorübergehenden größeren Produktionsabsenkung wie 2006, wird der Energieverbrauch des zweiten Jahres auf einen zu niedrigen Rübenverarbeitungswert bezogen, der spezifische Energieverbrauch also zu hoch ausgewiesen. Dieses erklärt die Verschlechterung der Energieeffizienz auf über 29 kWh/dt im Jahr 2006 (VdZ 2009: 2). Ähnliches gilt analog für den vorübergehenden Anstieg der spezifischen Emissionen in diesem Jahr. 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 blieb er mit 28,9 kWh/dt in den Jahren 2005 und 2006 sowie 29 kWh/dt in 2007 in etwa auf diesem Niveau.

Auch hier sollen durch eine hypothetische Berechnung die, durch die Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs ausgelösten, Energieeinsparungen und Emissionsminderungen abgeschätzt werden. Der Energieverbrauch des Jahres 2008

## Die Zuckerindustrie

---

hätte 27 PJ betragen und damit um 2,8 PJ bzw. 11,5 % über dem tatsächlichen Energieverbrauch gelegen, wenn der spezifische Energieverbrauch des Jahres 1995 von 32,6 kWh/dt gegolten hätte. In diesem Fall wäre auch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 220 000 t höher als der effektive Ausstoß von gut 1,9 Mill. t gewesen. Dieser Wert ergibt sich durch die Multiplikation des zusätzlichen hypothetischen Energieverbrauchs von 2,8 PJ mit den CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Einheit eingesetzter Energie von 79,3 kg/GJ des Jahres 2008 (Tabelle 2.4).

Der spezifische Energieverbrauch der Zuckerindustrie hängt in erheblicher Weise von den meteorologischen Bedingungen ab. So beeinflussen die Witterungsbedingungen den Umfang des Schmutzanhangs 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 wiesen Niederschläge und Temperaturen 2008 während der Vegetationsperiode keine extremen Abweichungen vom langjährigen Mittel auf. Ebenso war das Saatgut in den Regionen durchweg gut aufgegangen, sodass keine größeren Flächen umgebrochen werden mussten. Insgesamt war damit die Kampagne 2008 von hohen Erträgen und guten Zuckergehalten geprägt. Sie reichte von September 2008 bis teilweise Mitte Januar 2009 und umfasste dabei bis zu 115 Tage (VdZ 2009: 8f). Der Verband führt jedoch an, dass die gute Verarbeitbarkeit der Rüben und die guten Zuckergehalte die Folgen aus der durch die Quotenrückgabe reduzierten Anbaufläche dennoch nicht ganz ausgleichen konnten. Vereinzelt führten technische Schäden zu längeren Produktionsunterbrechungen und damit negativen Auswirkungen auf den Energiebedarf in der Kampagne (VdZ 2009: 5).

Der spezifische CO<sub>2</sub>-Ausstoß ging von 1990 bis 1995 um 36,8 % zurück, von 152 auf 96 kg/t (Tabelle 2.2). Die Minderungsrate des spezifischen Energieverbrauchs betrug in diesem Zeitraum 33,6 % (Tabelle 2.4) und war somit lediglich um 3,2 Prozentpunkte geringer als die des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Das deutet darauf hin, dass durch Änderungen des Energiemix kein sehr großer Beitrag zur Reduktion der Emissionen erreicht werden konnte. Zwischen 1995 und 2008 gelang bei einer Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs um 10,4 % eine Reduktion der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 12,5 %. Auch in diesen Jahren traten somit kaum positive Einflüsse durch Veränderungen im Einsatz der Energieträger auf.

Änderungen im Energiemix spiegeln sich in der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Intensität, d.h. der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Einheit eingesetzter Energie wider. Deren Wert verrin-

gerte sich zwischen 1990 und 1995 von 86,2 auf 82,1 kg/GJ (Tabelle 2.4). Seitdem schwankt die CO<sub>2</sub>-Intensität zwischen 79 und 81,5 kg/GJ. Nur 1999 und 2002 sowie 2006 kam es zu stärkeren Ausschlägen (RWI 2007: 37). Im Berichtsjahr 2008 lag die CO<sub>2</sub>-Intensität bei 79,3 kg/GJ.

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 CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktors pro Energieeinheit (Tabelle 2.5). In den Jahren danach hingen die Schwankungen der CO<sub>2</sub>-Intensität laut VdZ (2004: 2) 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 kann von Jahr zu Jahr jedoch zu Lasten des anderen beträchtlich schwanken. Zurückzuführen ist dies darauf, das 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.

In den Jahren 1999 und 2002 lagen die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Einheit eingesetzter Energie mit 77,8 und 76,5 kg/GJ vergleichsweise niedrig. Die Ursache war in beiden Jahren dieselbe: Kohlenstoffreiches schweres Heizöl mit einem CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von 78 kg/GJ wurde durch kohlenstoffarmes Erdgas mit einem CO<sub>2</sub>-Faktor von 56 kg/GJ in erheblichem Maße substituiert. 1999 stieg der Einsatz des Erdgases von 5 PJ auf 11,7 PJ an, um im nächsten Jahr wieder auf knapp 7 PJ zu sinken (Tabelle 2.5). Im Gegenzug fiel der Verbrauch an schwerem Heizöl von 1998 auf 1999 von 14,2 PJ auf 8 PJ. Dies gilt ebenfalls für das Jahr 2002, in dem der Erdgaseinsatz zu Lasten des schweren Heizöls von 6 PJ auf 11,9 PJ stieg.

2006 betrug die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Einheit eingesetzter Energie demgegenüber 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.

## Die Zuckerindustrie

**Tabelle 2.5**  
**Veränderungen des Energiemix der Zuckerindustrie**  
1990 bis 2008; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Steinkohlen	7,3	2,6	3,0	2,4	2,5	2,7	2,7
Steinkohlenkoks	2,3	1,5	1,6	1,1	1,0	1,2	1,1
Rohbraunkohlen	11,9	2,4	2,3	2,2	2,9	2,6	1,8
Br.briketts & -koks	5,9	1,7	1,8	2,7	2,3	3,0	3,1
Braunkohlenstaub	-	2,4	1,9	1,5	0,5	0,5	0,6
Schweres Heizöl	13,8	14,2	11,3	9,5	9,0	8,8	7,7
Leichtes Heizöl	0,6	0,6	0,5	0,3	0,1	0,2	0,1
Erdgas	10,2	5,1	6,9	7,5	4,3	8,2	8,6
Fossile Energieträger	51,9	30,5	29,2	27,3	22,7	27,1	25,8
Nettofremdstrom	2,0	0,2	-0,3	-1,0	-1,0	-1,2	-1,6
Verbrauch insgesamt	53,9	30,7	28,9	26,3	21,7	25,9	24,2

Nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie im Rahmen des Monitoring.

### 2.7 Maßnahmen im Einzelnen

Auch in den letzten Jahren führte die Zuckerindustrie eine Vielzahl anlageseitiger 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.

**Tabelle 2.6**  
**Investitionen in der Zuckerindustrie**  
1995 bis 2007

	1995	2000	2005	2006	2007
Investitionen, in Mill. €	231	160	151	81	88,7
Investitionsquote	6,3	5,0	4,6	2,6	3,4

Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.2.1. – Investitionsquote: Investitionen/Umsatz. Angaben für 2008 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich.

**Übersicht 2.2**  
**Ausgewählte CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen der Unternehmen in der Zuckerindustrie**  
2008

Einzelmaßnahmen in der Zuckerindustrie	Investitionen in 1 000 Euro	CO <sub>2</sub> - Minderung in 1 000 t
Erhöhung der Heizfläche in der Verdampfung und Saftanwärmung	650	2,6
Aufstellung einer Entnahme-Turbine	2 700	5
Erweiterung der Extraktion	1 850	3
Nutzung von Wärme aus einer externen Biogasanlage	100	0,2
Vergrößerung der Wärmefläche	400	7,8
Optimierung von Schnitzelpressen	300	2
Verbesserung der Wärmetechnik	1 100	3
Energieeinsparungen in der Kristallisation	2 000	4

Nach Angaben des VdZ (2009).

Durch die Maßnahmen gelang es, die Energieeinsparung sowie die Minderung an CO<sub>2</sub>-Emissionen weiter zu verbessern. Die Zuckerindustrie nennt in ihrem Fortschrittsbericht Beispiele für entsprechende Projekte, die 2008 umgesetzt wurden. Hierzu zählen Optimierungen im Bereich der Schnitzelpressen, der Erhöhung der Heizfläche in der Verdampfung und Saftanwärmung sowie Energieeinsparungen in der Kristallisation. Die im Bericht aufgeführten technischen Einzelmaßnahmen belegen Investitionen mit ihren Auswirkungen auf CO<sub>2</sub>-Emissionen. Von diesen werden, gemessen an der Investitionshöhe und dem Ausmaß der CO<sub>2</sub>-Minderung, die Bedeutendsten in der Übersicht 2.2 ausgewiesen. Die Investitionsbeispiele

## Die Zuckerindustrie

---

summieren sich für das Jahr 2008 auf 9,1 Mill. €, die zu einer Minderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes von rund 27 600 t führten.

### 2.8 Zusammenfassung und Bewertung

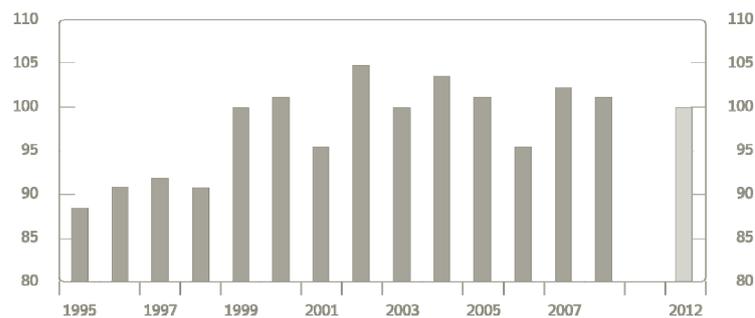
Der Zuckerindustrie ist es 2008 gelungen, mit spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von 84 kg/t einen Wert leicht unterhalb der oberen Grenze des vorgegebenen Zielkorridors zu realisieren (Schaubild 2.3). Damit blieben die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen seit 2002, mit Ausnahme des Jahres 2006, in der vom VdZ bei der Fortschreibung der Selbstverpflichtung für 2012 avisierten Bandbreite von 79 bis 85 kg/t (Schaubild 2.4).

Die Formulierung des Emissionszieles in Form einer Bandbreite für die spezifischen CO<sub>2</sub>-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 (VdZ 2004: 2). Hinzu kommt noch, dass der Anteil der mehr oder weniger kohlenstoffhaltigen Energieträger an der Gesamttrübenverarbeitung nicht nur von den Preisverhältnissen der Energieträger beeinflusst wird, sondern auch von der Verteilung des Rübenetragsniveaus in den Regionen, die sich von Jahr zu Jahr ändert. Dadurch ist der Anteil der einzelnen Energieträger an der Rübenverarbeitung nicht konstant.

#### Schaubild 2.3

##### Zielerreichungsgrade der Zuckerindustrie für das Minderungsziel 2012

1995 bis 2008; Senkung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf den oberen Wert der Bandbreite von 79 bis 85 kg/t Rüben; in %



Eigene Berechnungen.

Eine Vorgabe für den spezifischen Energieverbrauch über das Ziel 2005 hinaus bis 2012 wurde nicht mehr gemacht. Die Zielmarke des Jahres 2005 von 29 kWh/dt konnte von 2004 bis 2007 unterschritten werden. 2008 lag der spezifische Energieverbrauch bei 29,2 kWh/dt.

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

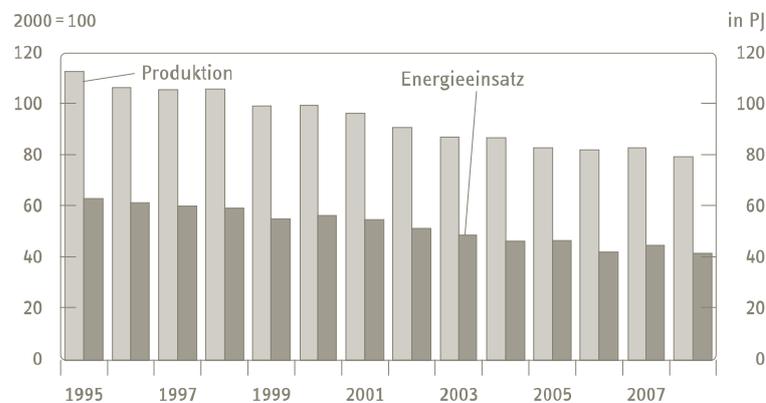
## Die Textilindustrie

---

### 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. Diese 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 2008 auf jahresdurchschnittlich etwa 2,6 % (Schaubild 3.1).

**Schaubild 3.1**  
**Produktion und Energieverbrauch der Textilindustrie**  
1995 bis 2008



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 CO<sub>2</sub>-Emissionen bildete bis 2002 im Falle der Textilindustrie die Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes (StaBuA/FS4/R4.1.1). Daraus waren die notwendigen detaillierten Informationen

über den Energieverbrauch dieses Sektors für die Zeit ab 1995 zu entnehmen. Ab 2003 wurden für den Energieeinsatz die Ergebnisse der neuen Erhebung des Statistischen Bundesamtes über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes herangezogen. Die Größenordnung des im Allgemeinen mit einer neuen Datenerhebung verbundenen Bruchs der Zeitreihe ist nicht abzuschätzen. Nach Aussage des Statistischen Bundesamtes gelten die aktuellen Ergebnisse jedoch als genauer. Für das Berichtsjahr 2008 lagen noch keine Energieverwendungsdaten vom Statistischen Bundesamt vor. Daher wurden die 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 haben, wurde der Energieverbrauch für 2008 auf Basis von Trendfortschreibungen für den Verbrauch der eingesetzten Energieträger ermittelt.

Die nachträgliche Überprüfung der Angaben zum Energieverbrauch für 2007 anhand der amtlichen Daten ergab, dass die Methode der Trendfortschreibung im vorliegenden Fall recht gute Hochrechnungsergebnisse liefert: Die Schätzung für die fossilen Brennstoffe war zu rund 89 % zutreffend. Hier wurde vor allem der Verbrauch an leichtem und schwerem Heizöl unterschätzt. Beim Fremdstrom lag die Prognosegenauigkeit bei 97 %. Durch die Übernahme der amtlichen Daten für 2007 fielen sowohl die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen als auch der spezifische Energieverbrauch und die spezifischen Emissionen nur wenig höher aus. Die Tabellen und Schaubilder dieses Berichts geben die korrigierten Daten für 2007 wieder.

Die hier benutzte Bezeichnung „Textilindustrie“ steht für den in den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes aufgeführten Wirtschaftszweig Nr. 17, Textilgewerbe. Für das Basisjahr 1990 bezieht sich der Energieverbrauch mangels Angaben für die neuen Bundesländer ausschließlich auf die alten Bundesländer. Im Jahr 1990 setzte die westdeutsche Textilindustrie 89,4 PJ Energie ein und emittierte 5,8 Mill. t CO<sub>2</sub> (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 2008 umgesetzten Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung zur Verfügung (Gesamtverband textil+mode 2009).

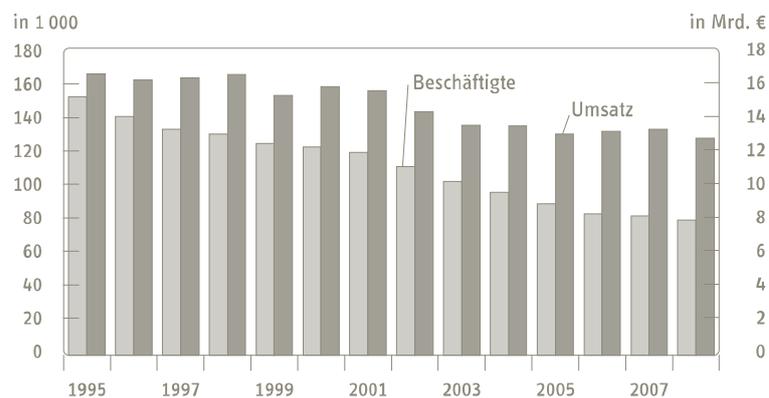
## Die Textilindustrie

### 3.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Einhergehend mit dem anhaltenden Produktionsrückgang sank der Energieverbrauch der Textilindustrie: Von 1990 bis 2008 reduzierte sich dieser von 89,4 PJ auf 42,0 PJ, also um 53 %. Allein 2008 ging der Energieverbrauch um 6,4 % zurück. Die offensichtliche hohe Korrelation zwischen Produktion und Energieverbrauch spiegelt sich in einem Korrelationskoeffizienten von 98,7 wider. Es ist somit zu erwarten, dass der Energieverbrauch – und damit auch die CO<sub>2</sub>-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 2007 bei 1,3 %. Zieht man das Verhältnis von Energieeinsatz und Umsatz als Indikator für Energieintensität heran, so ist die Textilindustrie mit 3,3 MJ/€ im Jahr 2008 auch nicht zu den energieintensivsten Sektoren zu zählen. Zum Vergleich: Für die Papierindustrie lautete der entsprechende Wert im selben Jahr 17,9 MJ/€, für die Zementindustrie 52,1 MJ/€. 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 2008



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). Von 1999 bis 2008 ging der Umsatz auf 12,7 Mrd. € zurück. 2008 zählte die deutsche Textilindustrie 865 Betriebe mit rund 79 000 Beschäftigten. Seit 1995 hat sich damit die Zahl der Arbeitskräfte um nahezu 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

## Die Textilindustrie

---

Naturfasern<sup>3</sup> – an der eingesetzten Menge an Fasern nicht erhöhend auf den Energieverbrauch aus.

Die Wertschöpfungskette der Textilindustrie wird häufig in drei Bereiche unterteilt: Fadenerzeugung, Flächenerzeugung sowie Textilveredelung. Bei der Fadenerzeugung werden die Fasern ausgerichtet, zu Faserbändern 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. Auf welcher Stufe diese Prozesse jeweils ablaufen, hängt von den gewünschten Effekten und den Einsatzzwecken ab. Bei der Vorbehandlung, also dem Waschen, das häufig in Kombination mit dem Bleichprozess einstufig durchgeführt wird, gelangen Verunreinigungen der Faser und die eingesetzten Hilfsmittel ins Abwasser. Ein guter Waschwirkungsgrad ist entscheidend, um die Textilien für den anschließenden Färbe- und Veredelungsprozess vorzubereiten.

Während der Anteil der Energiekosten, der sich 2007 auf 3,0 % des Bruttoproduktionswertes der Textilindustrie belief (BMWi 2009), 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.

---

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

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

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

### 3.4 Die Selbstverpflichtung

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

#### Übersicht 3.1

##### Selbstverpflichtung der Textilindustrie

Ziel 2012	Verringerung der absoluten CO <sub>2</sub> -Emissionen um 3,4 Mill. t CO <sub>2</sub> auf 2,4 Mill. t CO <sub>2</sub> . Entspricht einer Minderung um gut 59 % gegenüber 1990.
Basisjahr	1990

---

Angaben aus Gesamtverband textil+mode (2008).

---

## Die Textilindustrie

### 3.5 Bis 2008 erreichte CO<sub>2</sub>-Minderungen

Bei den spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Textilindustrie zeigt sich seit 1990 ein eindeutig rückläufiger Trend. Insgesamt konnten sie bis 2008 jedoch lediglich um knapp 14 % verringert werden (Tabelle 3.1).

**Tabelle 3.1**  
**Index der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Textilindustrie**  
1990 bis 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Spezifische Emissionen (1990=100)	100,0	94,7	93,5	92,6	84,3	89,1	86,4
Minderung in %	-	5,3	6,5	7,4	15,7	10,9	13,6

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 2008 lag die Minderung des spezifischen Verbrauchs bei fast 11 % (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 2008 um mehr als die Hälfte auf 42,0 PJ. Die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen verzeichneten bis 2008 einen noch etwas höheren Rückgang. Sie sanken um 54,4 % von 5,80 auf 2,64 Mill. t.

**Tabelle 3.2**  
**Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Textilindustrie**  
1990 bis 2008; Ziel: Minderung der absoluten Emissionen um 59 % bis 2012

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Energieverbrauch in PJ	89,4	63,5	56,6	46,9	42,3	44,9	42,0
Minderung in %	-	29,0	36,7	47,6	52,7	49,8	53,0
Spezifischer Verbrauch (1990=100)	100,0	95,1	96,0	95,5	86,9	91,4	89,1
Minderung in %	-	4,9	4,4	4,5	13,1	8,6	10,9
Emissionen in Mill. t	5,80	4,10	3,58	2,95	2,66	2,84	2,64
Minderung in %	-	29,3	38,3	49,2	54,1	51,1	54,4
Zielerreichungsgrad in %	-	49,7	64,9	83,3	91,6	86,5	92,3

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

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

### 3.6 Ursachenanalyse

Offenkundige Ursache für den starken Rückgang des absoluten Energieverbrauchs sowie der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist der andauernde Rückgang der Textilproduktion in Deutschland. 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. 2008 wurden sie mit Ausnahme von schwerem Heizöl nicht mehr eingesetzt. Auch der Einsatz von Steinkohlen und Steinkohlenprodukten ist stark zurückgegangen. 2008 wurde Steinkohle lediglich noch in geringem Umfang in KWK-Anlagen zur Verstromung eingesetzt.

Der Einsatz von Erdgas und Elektrizität ist bis 2008 um fast 54 % bzw. 38 % vergleichsweise wenig zurückgegangen. Dies impliziert beim Nettofremdstrombezug einen Anstieg des Anteils am Energiemix von 50,5 % im Jahr 1990 auf 66,5 % im Jahr 2008. Der Anteil von Erdgas lag 2008 mit 27,7 % auf dem gleichen Niveau wie 1990. Die Substitutionen der Energieträger trugen dazu bei, dass der Rückgang der absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen 1990 und 2008 etwas höher ausfiel als der des Energieverbrauches. Denn: Erdgas und Strom weisen mit 55,7 kg CO<sub>2</sub>/GJ bzw. 68,8 kg CO<sub>2</sub>/GJ geringere CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren auf als Braunkohle, Steinkohlenkoks oder schweres Heizöl, deren Emissionsfaktoren mit 99,7, 108,2 respektive 78,6 kg CO<sub>2</sub>/GJ weitaus höher liegen.

## Die Textilindustrie

**Tabelle 3.3**  
**Veränderungen des Energiemix der Textilindustrie**  
1990 bis 2008; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Steinkohlen	0,0	2,6	1,4	0,9	1,0	1,0	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	0,3
Leichtes Heizöl	4,8	4,6	2,7	1,6	1,4	2,2	1,2
Erdgas	25,0	18,7	16,2	13,6	12,8	12,1	11,6
Kokereigas	1,9	0,3	0,3	-	-	-	-
Primärbrennstoffe*	44,2	29,2	21,6	16,6	15,7	15,8	14,1
Nettofremdstrombezug	45,2	34,3	35,1	30,2	26,6	29,1	27,9
Energieverbrauch	89,4	63,5	56,6	46,9	42,3	44,9	42,0

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

### 3.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung

Ausgangspunkt für viele der im Jahr 2008 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 Textilindustrie<sup>4</sup> im Rahmen eines von der Landesinitiative Zukunftsenergien

<sup>4</sup> 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).

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 durch den Betrieb direkt mit Gas beheizter Spannrahmen. Prozesswärme wird in nahezu allen Bereichen der Textilverarbeitung benötigt. Das Hauptaugenmerk der rationellen Energienutzung liegt somit auf der Nutzung der Restwärme, insbesondere der Prozessabwässer sowie der Wärmerückgewinnung am Spannrahmen. Das Waschen bei der Garn- und Flächenveredelung dient dem Entfernen von Schmutz, Faserrückständen usw.. Generell kann hier mit der 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 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 2009, an der 110 Unternehmen der Textilindustrie teilgenommen haben, ergab für 2008 eine Vielzahl von Maßnahmen mit unterschiedlich starken Auswirkungen auf den Energieverbrauch und damit die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Das Spektrum erstreckte sich von der Optimierung von Produktionsanlagen über Wärmerückgewinnung bis hin zu kleineren, schnell umsetzbaren und kostengünstigen Maßnahmen (Gesamtverband textil+mode 2009).

## Die Textilindustrie

Im Rahmen der Umfrage haben 76 Unternehmen gegenüber dem Gesamtverband Angaben zu Einsparungsmaßnahmen gemacht. Die Höhe der getätigten Investitionen wurde allerdings nicht beziffert. Eine Auswahl von Maßnahmen, die 2008 in Betrieb genommen wurden, und für die der Verband detaillierte Angaben bereitgestellt hat, gibt Übersicht 3.2 wieder. Insgesamt wurden mit diesen Maßnahmen jährliche CO<sub>2</sub>-Einsparungen von 9 422 Tonnen erreicht.

### Übersicht 3.2

#### Ausgewählte Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion aus Betrieben der Textilindustrie

2008; gerundete Werte

Maßnahmen	Energieeinsparungen pro Jahr	CO <sub>2</sub> -Einsparung pro Jahr <sup>1</sup>
Frequenzregelung von Elektromotoren; Wärmepumpe zur Heizungsunterstützung; Bedarfsgeführte Regelung der Dampfkessel	Strom:	1 000 MWI 670 t CO <sub>2</sub>
	Brennstoff:	6 000 MWI 1 092 t CO <sub>2</sub>
	Insgesamt:	7 000 MWI 1 762 t CO <sub>2</sub>
Wärmerückgewinnung an Kompressoren; Zusammenlegung von Spinnereivorwerken; Drehzahlregelung von Kompressoren	Strom:	9 507 MWI 6 370 t CO <sub>2</sub>
	Brennstoff:	3 975 MWI 723 t CO <sub>2</sub>
	Insgesamt:	13 482 MWI 7 093 t CO <sub>2</sub>
Nutzung von Abwärme; Installation von Wärmespeichern; Modernisierung Dampferzeugung; Reduzierung des Dampfdrucks; Optimierung Druckluftsteuerung; Reduzierung Leckagen Druckluft; Ausbau Nahwärmenetz; Frequenzregelung von Elektromotoren	Strom:	785 MWI 526 t CO <sub>2</sub>
	Brennstoff:	225 MWI 41 t CO <sub>2</sub>
	Insgesamt:	826 MWI 567 t CO <sub>2</sub>

Gesamtverband textil+mode (2009). – 1) CO<sub>2</sub>-Einsparungen für Brennstoffe beziehen sich auf alle eingesetzten fossilen Energieträger. Sie wurden errechnet aus der Differenz der Gesamteinsparungen abzüglich Einsparungen bei Strom.

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

**Tabelle 3.4**  
**Investitionen der Textilindustrie**  
1995 bis 2007

	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Investitionen, in Mill. €	672	628	568	400	391	417	392	434	721
Investitionsquote, in % (Investitionen/Umsatz)	4,1	4,0	3,7	2,8	2,9	3,1	3,0	3,3	5,5
Investitionsintensität (Investitionen in € je Beschäftigtem)	4 461	5 167	4 788	3 628	3 842	4 383	4 440	5 247	8 862

Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.2.1. Angaben für 2008 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, die von 1995 bis 2003 um 42 % auf unter 400 Mill. € abnahmen, blieben auch bis 2006 etwa in dieser Größenordnung. Mit dem Rückgang der Investitionen bis 2006 sank die Investitionsquote. Seit 2002 lag sie bei etwa 3 % im Vergleich zu gut 4 % bis zu Beginn dieses Jahrhunderts. 2007 wurden erstmals wieder Investitionen in größerem Umfang getätigt. Da die Investitionen 2007 deutlich stärker wuchsen als der Umsatz mit 0,8 %, hat sich auch die Investitionsquote stark erhöht.

### 3.8 Zusammenfassung und Bewertung

Das 2008 neu formulierte Ziel einer absoluten Minderung um 3,4 Mill. t CO<sub>2</sub> bzw. 59 % gegenüber 1990 scheint in greifbare Nähe zu rücken (Schaubild 3.4). Der Zielerreichungsgrad lag 2008 bei 92,3 %. Treibende Kraft ist hier jedoch der anhaltende Rückgang der Produktion von Textilerzeugnissen, verbunden mit einem entsprechend geringeren absoluten Energieverbrauch.

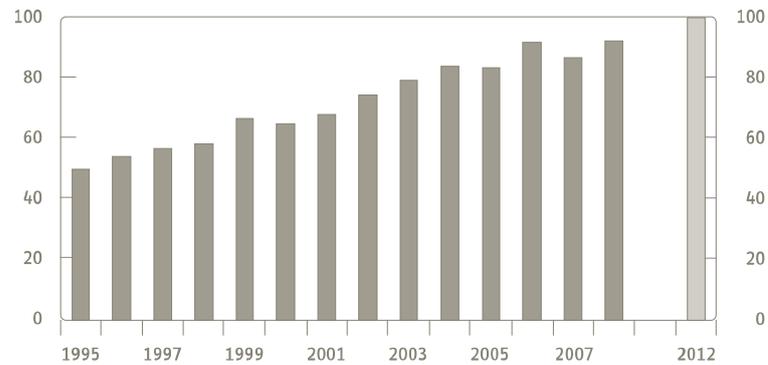
Reduktionspotenzial durch Veränderungen im Energiemix besteht kaum noch. Der Spielraum zur Substitution kohlenstoffreicher Brennstoffe durch das kohlenstoffarme Erdgas ist bereits sehr begrenzt: Dieses hatte 2008 einen Anteil am Energieverbrauch von etwa 28 %, der Anteil von Erdgas und Strom betrug zusammen bereits rund 94 %. Zur Substitution kohlenstoffreicher Brennstoffe durch Erdgas verbleiben allein Steinkohle, Heizöl und Flüssiggas, deren Anteile 2008 zusammen aber lediglich 5,8 % betragen. Der vollständige Ersatz dieser fossilen Brennstoffe durch Erdgas würde nach unseren Berechnungen bei unverändertem Energieverbrauch zu Einsparungen von lediglich rund 62 000 t CO<sub>2</sub> führen.

## Die Textilindustrie

---

Ein erhebliches Minderungspotenzial beinhaltet eine grundlegende 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).

**Schaubild 3.4**  
**Zielerreichungsgrade für die Textilindustrie für 2012**  
1995 bis 2008; in %



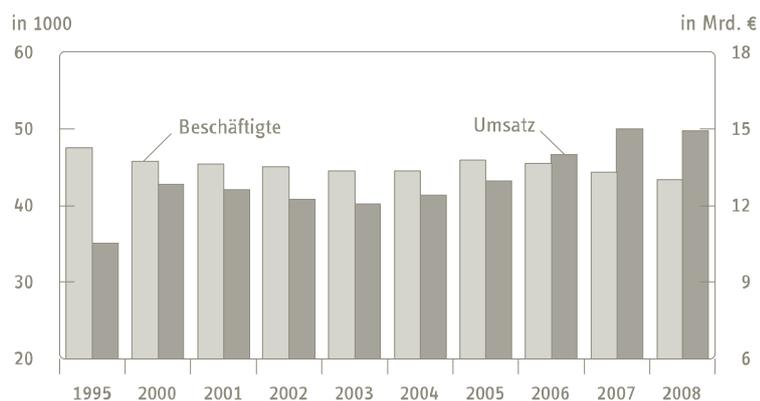
Eigene Berechnungen.

Der zu erwartende weitere Anstieg des Anteils der Technischen Textilien an der Produktion sowie generell kleinere Produktionsgrößen, die einen überdurchschnittlichen Energieeinsatz erfordern, erschweren ebenfalls die weitere Minderung der Emissionen. Zu beachten ist aber, dass die Verringerung des Energieverbrauchs und damit der CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 1990 in Wirklichkeit bedeutend größer war, denn der Verbrauch und die Emissionen der Textilunternehmen der neuen Bundesländer sind nicht in den Werten für das Basisjahr 1990 enthalten.

#### 4. Die Zellstoff- und Papierindustrie

Die deutsche Zellstoff- und Papierindustrie produziert neben einer Reihe unterschiedlicher Papiersorten auch einen Teil der für die Papierherstellung benötigten Ausgangsstoffe Zell- und Holzstoff und bereitet zudem Altpapier als Rohstoff in der Papierproduktion auf. Im Jahr 2008 setzte die Branche annähernd 15 Mrd. € um und beschäftigte mehr als 43 000 Personen (Schaubild 4.1). Im Vergleich zum Vorjahr ging der Umsatz um 1 % zurück, die Beschäftigtenzahl sank um 1 000 Beschäftigte.

**Schaubild 4.1**  
**Umsatz und Beschäftigte in der Zellstoff- und Papierindustrie**  
 1995 bis 2008



Nach Angaben des VDP (2008, 2009a).

Die deutsche Papierindustrie steht in einem regen internationalen Wettbewerb: Rund 60 % der Papierproduktion gehen in den Export, demgegenüber wurden etwa 56 % des inländischen Papierverbrauchs importiert (VDP 2008: 46). Gemessen an der Papierproduktion ist die deutsche Papierindustrie der europaweit größte Erzeuger und war 2006 nach den USA, China und Japan der weltweit viertgrößte Papiererzeuger.

Rund zwei Drittel der in der Papierproduktion eingesetzten Faserstoffe wird aus dem Einsatz von Altpapier gewonnen (VDP 2008: 56), welches vorwiegend aus inländischen Aufkommen stammt. Die darüber hinaus für die Papierherstellung benötigten Faserstoffe werden zum großen Teil importiert. Nach Angaben des VDP

## Die Zellstoff- und Papierindustrie

---

betragen 2007 die Nettoimporte an Zellstoff 3,3 Mill. t, rund 64 % des Zellstoffverbrauchs; an Holzstoff wurden 2007 etwa 132 000 t netto importiert, dies entspricht rund 8 % des Holzstoffeinsatzes in der Papierindustrie (VDP 2008: 51-53).

### 4.1 Datenbasis

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

Die Datenbasis für die im Rahmen des vorliegenden Monitoringberichts erfolgende Berechnung der CO<sub>2</sub>-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. Der Grund 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 2008 den Energieverbrauch von etwa 87 % der gesamten deutschen Papierproduktion wider. Da die Papierindustrie ein auf die Produktionsmenge spezifisches Emissionsminderungsziel formuliert hat, erfolgt die Begutachtung der Zielerfüllung unter Rückgriff auf die Werte der Verbandsstichprobe. Um indessen Vergleichbarkeit mit den indust-

rieweiten Angaben zu Umsatz und Beschäftigung zu wahren, werden die für die Zielüberprüfung nicht relevanten deskriptiven Statistiken zu Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen seitens des RWI 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 Branchenunternehmen überrepräsentiert sind, die sich in der Struktur der verwendeten Energieträger von kleineren Unternehmen unterscheiden. Bei großen Unternehmen werden Strom und Wärme tendenziell stärker durch die Verwendung von Braun- und Steinkohle erzeugt, während kleinere Unternehmen dazu vorwiegend Erdgas nutzen. Leider liegen keine gesicherten Daten bzgl. der Größenordnung dieses Effekts vor. 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen der Branche. Die sich daraus errechnende Zielerfüllung des Emissionsminderungsziels kann daher als deren untere Grenze verstanden werden.

Ergänzend zum Einsatz der für das Monitoring relevanten fossilen Energieträger und dem Verbrauch von Strom stellt der VDP Daten zum Fremddampfbezug und zum Einsatz von Sekundärbrennstoffen zur Verfügung. Sekundärbrennstoffe, beispielsweise Zellstoffablage oder Holzrinde, werden als CO<sub>2</sub>-neutral angesehen und bleiben bei der Berechnung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes der Papierindustrie unberücksichtigt. Auch der Fremdbezug von Prozessdampf wird nicht in die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen einbezogen. Zur Bewertung des mit dem Einsatz von Fremddampf verbundenen CO<sub>2</sub>-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. CO<sub>2</sub>-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.

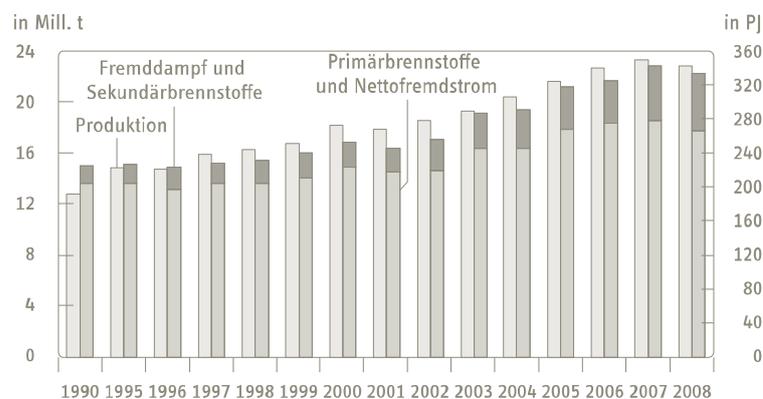
#### 4.2 Energieverbrauch und Produktion

Der auf die deutsche Papierindustrie hochgerechnete Energieverbrauch betrug 2008 insgesamt etwa 333 PJ. Darin enthalten sind 18 PJ Fremddampf und gut 49 PJ aus Sekundärbrennstoffen. Unter Abzug dieser beiden Energieträger ergibt sich für das Monitoring ein emissionsrelevanter Verbrauch an Primärenergieträgern und Nettofremdstrombezug von hochgerechnet etwa 265 PJ im Jahr 2008. Der gesamte Energieverbrauch – einschließlich Dampf und Sekundärbrennstoffen – stieg seit

## Die Zellstoff- und Papierindustrie

1990 um annähernd 49 % (Schaubild 4.2). Im gleichen Zeitraum stieg die Produktion um knapp 79 %, auf etwa 22,9 Mill. t Papier im Jahr 2008.

**Schaubild 4.2**  
**Produktion und Energieeinsatz in der Papierindustrie**  
1990 bis 2008



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

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

Sekundärbrennstoffe und Fremddampf haben im Zeitablauf zunehmend an Bedeutung gewonnen. Im Jahr 1995 wurden etwa 6,2 PJ Fremddampf und 17,6 PJ Sekundärbrennstoffe verbraucht; in Summe rund 10,5 % des gesamten Energieverbrauchs. Bis 2007 wuchs die Menge an fremdbezogenem Dampf auf 14 PJ; die Menge an verbrauchten Sekundärbrennstoffen stieg auf 48,7 PJ. Dies führte angesichts eines im Vergleich moderaten Anstiegs des gesamten Energieverbrauchs dazu, dass 2007 fast 19 % der gesamten verbrauchten Energie auf Fremddampf oder Sekundärbrennstoffe entfielen.

**Tabelle 4.1**  
**Energieträgermix in der Papierindustrie**  
 1990 bis 2008, in PJ

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Steinkohle(erzeugnisse)	26,2	28,9	20,6	15,6	21,1	21,1	18,8
Braunkohle(erzeugnisse)	18,2	6,1	4,5	3,5	3,8	3,7	3,8
Mineralöl(erzeugnisse)	26,7	16,8	4,6	3,5	4,1	3,7	2,7
Erdgas	51,1	69,8	79,6	104,8	102,3	110,3	105,1
sonstige Brenngase	0,3	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1
Fremdstrom	80,6	81,9	112,7	140,0	142,1	138,8	134,8
emissionsrelevanter Energieverbrauch	203,0	203,4	222,1	267,4	273,6	277,8	265,3
+ Fremddampf	7,2	6,2	8,1	14,4	16,0	14,3	18,0
+ Sekundärbrennstoffe	13,8	17,6	21,0	36,0	34,2	50,1	49,4
gesamter Energieverbrauch	223,9	227,2	251,2	317,9	323,8	342,3	332,7

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.

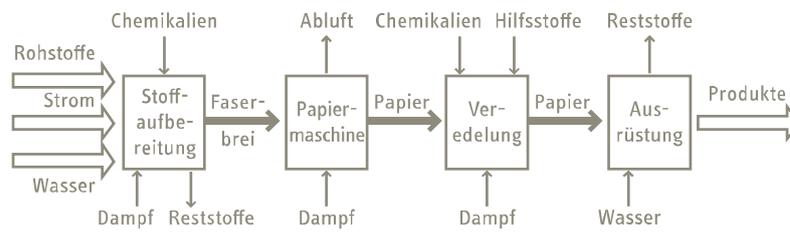
### 4.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

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 22,9 Mill. t Papiererzeugnisse wurden 2008 mehr als 15,4 Mill. t Altpapier verbraucht; dies ergibt eine Altpapiereinsatzquote von knapp 68 % (VDP 2009a). Daneben wurden noch etwa 4,8 Mill. t Zellstoff und 1,7 Mill. t Holzstoff für die Papierproduktion aufgewendet.

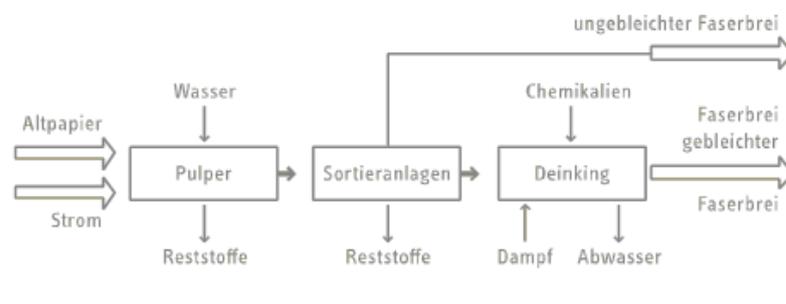
## Die Zellstoff- und Papierindustrie

**Schaubild 4.3**  
**Schematische Darstellung der Papiererzeugung**  
Quelle: VIK (1998:30)



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

**Schaubild 4.4**  
**Schematische Darstellung zur Gewinnung von Sekundärfaserstoffen aus Altpapier**  
Quelle: VIK (1998:31)



Holzstoff wird vorwiegend im Holzstoffverfahren erzeugt, bei dem qualitativ hochwertiges, entrindetes Holz unter Zugabe von heißem Wasser gegen einen

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

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

#### 4.4 Die Selbstverpflichtung

Der VDP hat sich in seiner Erklärung vom 21.12.2000 verpflichtet, die spezifischen CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> emittiert (Buttermann, Hillebrand 2002: 147). Für 1990 errechnet sich daraus ein spezifischer CO<sub>2</sub>-Ausstoß von ca. 1 130 kg/t. Ziel der Selbstverpflichtung ist demnach, bis 2012 eine Verringerung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf rund 734 kg/t zu erreichen.

## Die Zellstoff- und Papierindustrie

### Übersicht 4.1

#### Selbstverpflichtung der Papierindustrie

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

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

### 4.5 Bis 2008 erreichte CO<sub>2</sub>-Minderungen

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zellstoff- und Papierindustrie beliefen sich 2008 hochgerechnet auf knapp 17 Mill. t und lagen damit gut 17 % über dem Wert von 1990 (Tabelle 4.2). Zeitgleich nahm die Produktion um rund 79 % zu, von 12,8 Mill. t Papier im Jahr 1990 auf 22,9 Mill. t im Jahr 2008. Infolgedessen nahmen die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen je t Papierproduktion zwischen 1990 und 2008 um 34 % auf etwa 741 kg CO<sub>2</sub>/t Papier ab. Dies entspricht einem Zielerreichungsgrad von 98 % im Jahr 2008.

#### Tabelle 4.2

##### CO<sub>2</sub>-Emissionen der Papierindustrie

1990 bis 2008; Minderungsziel bis 2012: 734 kg CO<sub>2</sub>/t bzw. -35 % im Vergleich zu 1990

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Produktion	12,8	14,8	18,2	21,7	22,7	23,3	22,9
CO <sub>2</sub> Mill. t	14,4	13,8	14,4	17,0	17,6	17,8	16,9
spez. CO <sub>2</sub> in kg/t	1130	928	793	784	776	763	741
Minderung		17,9%	29,8%	30,6%	31,3%	32,5%	34,4%
Zielerreichung		51,1%	85,1%	87,5%	89,4%	93%	98%

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 2008 die Bedeutung von kohlenstoffreichen Energieträgern wie Braun- und Steinkohle für die 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. Zellstoffablage oder Holzrinde) am gesamten Energieverbrauch von unter 10 % im Jahr 1990 auf gut 20 % im Jahr 2008 zu.

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 68 % der Papierproduktion wird inzwischen auf den Sekundärrohstoff zurückgegriffen und hat dabei 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 83 % im Jahr 2008 abgenommen hat. Demgegenüber hat der Anteil der inländischen Zellstoffproduktion am Verbrauch nur um fünf Prozentpunkte zugelegt.

**Tabelle 4.3**  
**Entwicklung der Rohstoff- und Energieintensität**  
 1990 bis 2008, in GJ/t

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
<i>Altpapiereinsatzquote:</i>							
Verbrauch an Altpapier in % der Papierproduktion	49%	58%	60%	66%	67%	68%	68%
<i>Holzstoff:</i>							
Anteil der inländischen Produktion am inländischen Verbrauch	95%	90%	86%	88%	86%	89%	83%
<i>Zellstoff:</i>							
Anteil der inländischen Produktion am inländischen Verbrauch	27%	19%	20%	28%	29%	30%	32%
<i>Energieintensität, bezogen auf emissionsrelevanten Energieverbrauch</i>							
<i>Energieintensität, bezogen auf gesamten Energieverbrauch</i>	15,9	13,7	12,2	12,3	12,1	11,9	11,6
<i>Energieintensität, bezogen auf gesamten Energieverbrauch</i>	17,5	15,3	13,8	14,7	14,3	14,7	14,6

Eigene Berechnungen.

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 und 2008 um 27 % auf 11,6 GJ/t. Bezieht man den Bezug an Fremddampf und

## Die Zellstoff- und Papierindustrie

---

den Verbrauch an Sekundärenergieträgern in die Betrachtung mit ein, so wurde 2008 rund 17 % weniger Energie je t Papiererzeugung verbraucht.

### 4.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung

Die umfangreichen Emissionsminderungsanstrengungen der Papierindustrie des Jahres 2008 sind in einem Anhang zum 8. Zwischenbericht der deutschen Zellstoff und Papierindustrie dargestellt (VDP 2009b). Beide Dokumente stehen als Download auf den Seiten des RWI zur Verfügung. (<http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>)

Die Projektdokumentation nennt ein Investitionsvolumen von annähernd 200 Mill. €. Von den insgesamt 455 Mill. € Bruttoanlageninvestitionen der Papierindustrie des Jahres 2008 (Tabelle 4.4) entfielen somit knapp 44 % auf die dokumentierten Klimaschutzprojekte.

**Tabelle 4.4**  
**Investitionen in den Betrieben der Papierindustrie**  
1990 bis 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Investitionen in Mill. €	1 023	573	1 040	655	720	797	455
Investitionsquote in %	k.A.	5,4	8,1	5,1	5,1	5,4	3,1
Investitionsintensität	12,4	12,1	22,7	14,3	15,8	18,0	10,5

Nach Angaben aus VDP (2009c). Investitionsquote: Investitionen/Umsatz, Investitionsintensität: Investitionen in 1000€ pro Beschäftigten.

Allein die Hälfte des vom VDP (2009b) dargestellten Investitionsvolumens entfällt mit 98 Mill. € auf ein noch in Bau befindliches Kraftwerksprojekt bei der Steinbeis Papier Glückstadt GmbH. Die Inbetriebnahme dieser Kraftwerkserweiterung ist nach Unternehmensangaben für Anfang 2010 geplant. Im Jahr 2008 wurde das in der Papierfabrik im ostfriesischen Weener errichtete Kraftwerk der Klingele Gruppe angefahren. Das Investitionsvolumen für dieses Projekt betrug rund 58 Mill. €. Neben diesen beiden Großprojekten enthält die Dokumentation des VDP noch 58 weitere Minderungsmaßnahmen der Papierindustrie.

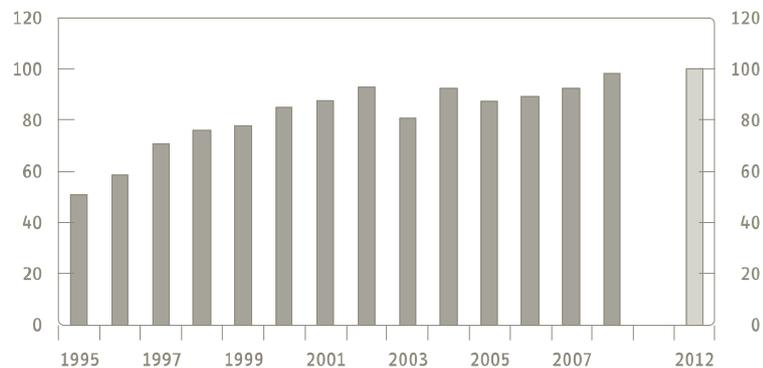
### 4.8 Zusammenfassung und Bewertung

In ihrer Selbstverpflichtung aus dem Jahr 2000 hat die Zellstoff- und Papierindustrie eine Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2012 um 35 % gegenüber 1990 zugesagt. Ausgehend von 1 130 kg CO<sub>2</sub> je Tonne Papierproduktion entspricht dies einer Zielgröße von 734 kg CO<sub>2</sub>/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 CO<sub>2</sub>-intensive Kohle(erzeugnisse) eher in größeren Unternehmen zur Nutzenergieerzeugung Verwendung findet. In der Folge dürften die tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen niedriger ausfallen als die hier hochgerechneten Werte, was wiederum niedrigere spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen als die hier verwendeten impliziert.

Dessen ungeachtet hat die Papierindustrie zum Ende des aktuellen Berichtszeitraums ihr Reduktionsziel schon nahezu erreicht. Im Jahr 2008 wurden rund 741 kg CO<sub>2</sub>/t emittiert, dies entspricht einer Reduktion gegenüber dem Ausgangswert von 34,4 % und einer Zielerfüllung von 98 % (Schaubild 4.5). Die Erfüllung der Klimaschutzzusage der Papierindustrie bis 2012 erscheint vor diesem Hintergrund realistisch.

**Schaubild 4.5**  
**Zielerreichungsgrade der Papierindustrie**  
1995 bis 2008; in %



Eigene Berechnungen.

## Die Chemische Industrie

---

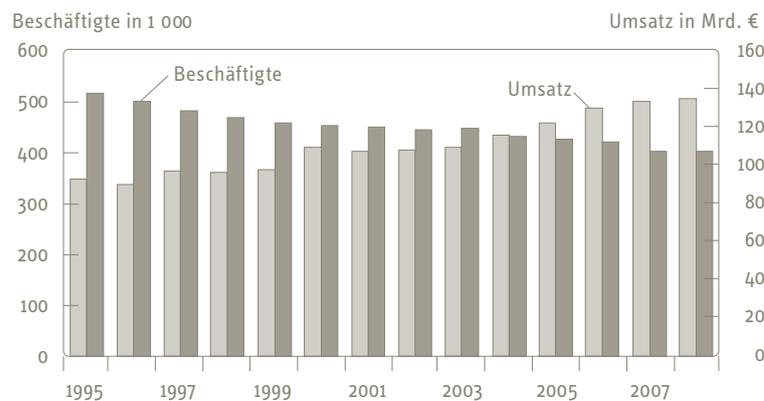
### 5. Die Chemische Industrie

Die Chemische Industrie stellt schwerpunktmäßig Vorprodukte für andere Industrien wie die Kunststoffverarbeitungs- oder die Automobilindustrie, anorganische Grundstoffe wie Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Chlor, Ammoniak, Säuren und Natronlauge sowie wichtige organische Basischemikalien wie Ethylen, Propylen, Butadien und Benzol her. Daneben werden in geringerem Maße Produkte des täglichen Bedarfs wie Wasch- und Reinigungschemikalien, Farben und Klebstoffe produziert. Der Umsatz belief sich 2008 auf ca. 135 Mrd. € und stieg im Vergleich zum Vorjahr um rund 1,4 Mrd. € (Schaubild 5.1). Mit rund 75 Mrd. € wurde mehr als die Hälfte des Umsatzes im Ausland erzielt. Die Chemische Industrie Deutschlands ist damit weltweit einer der bedeutendsten Marktakteure und hält derzeit einen am Umsatz gemessenen Weltmarktanteil von gut 7 % (VCI 2008).

#### Schaubild 5.1

##### Umsatz und Beschäftigte der Chemischen Industrie

1995 bis 2008; 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 2008 ca. 400 000 Personen (in Abgrenzung der fachlichen Betriebsteile), dies sind knapp 8 % aller Arbeitnehmer des Produzierenden Gewerbes. Sie erwirtschafteten 2008 dabei annähernd 10 % des Umsatzes des Produzierenden Gewerbes (StaBuA/FS4/R4.1.1).

### 5.1 Datenbasis

Von der Umstellung der Wirtschaftszweigklassifikation im Jahr 2008 ist auch die Klassifikation der Chemischen Industrie betroffen. In der neuen Klassifikation wird die Chemische Industrie unter der Nummer 20 geführt, einige Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2008 führen die Industrie indessen noch unter der bisherigen Nummer 24.

Die Branche weist ein großes Spektrum an Produkten auf. Daher kann die Entwicklung der Produktion nur mit Hilfe eines Index angegeben werden. Ein solcher wird vom Statistischen Bundesamt in seiner Fachserie 4, Reihe 2.1 ermittelt (StaBuA/FS4/R2.1, verschiedene Jahrgänge).

Als wesentliche Datengrundlage für die Ermittlung des Energieverbrauchs und die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen diente in der Vergangenheit die amtliche Energiestatistik und seit dem Berichtsjahr 2003 die Energieverwendungserhebung für das Produzierende Gewerbe des Statistischen Bundesamtes. Da diese amtlichen Daten mitunter erst 18 Monate nach Abschluss des entsprechenden Kalenderjahres verfügbar werden, ist die Nutzung der amtlichen Energieverwendungserhebung für das CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Emissionen des vergangenen Kalenderjahres machen zu können. Die Verbandsbefragung orientiert sich an dem Vorgehen der amtlichen Energieverwendungserhebung und unterscheidet explizit zwischen energetisch genutzten und rohstoffbedingt eingesetzten Mengen an Energieträgern. Eine solche Unterscheidung ist aufgrund der Selbstverpflichtung der Branche notwendig. Die vom VCI befragten Mitgliedsunternehmen repräsentieren rund die Hälfte des branchenweiten Strom- und Erdgasverbrauchs – die 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,

## Die Chemische Industrie

---

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 Kopplung der Stichprobendaten an die amtlichen Energieverbrauchsdaten zum Zwecke der Energieverbrauchsschätzung führt insbesondere dann zu einem Prognosefehler, wenn mit zeitlicher Verzögerung eine Revision der amtlichen Daten vorgenommen wird. Eine derartige Revision ist vom Statistischen Bundesamt für das Jahr 2006 vorgenommen worden, mit entsprechenden Auswirkungen auf den Energieverbrauch der Branche für 2006 und dem darauf aufbauenden Prognosewert für 2007. Daher wurden im vorliegenden Monitoringbericht auch die entsprechenden Werte für die Jahre 2006 und 2007 revidiert.

Für die Chemische Industrie sind neben energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen auch die Emissionen an Lachgas (N<sub>2</sub>O) bedeutsam, die zum größten Teil bei der Produktion von Adipin- und Salpetersäure entstehen. Insbesondere für das Jahr 1990 ist die Datenverfügbarkeit für N<sub>2</sub>O-Emissionen jedoch schwierig. Das Umweltbundesamt publiziert im Rahmen seiner Treibhausgasberichterstattung Emissionsmengen zu N<sub>2</sub>O (UBA 2008: 428-429). Der für 1990 veröffentlichte Wert an N<sub>2</sub>O-Emissionen der Chemischen Industrie beläuft sich auf 23,8 Mill. t CO<sub>2</sub>-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 N<sub>2</sub>O-Emissionen bei seinen Mitgliedsunternehmen und stellt die Daten im Rahmen des Monitorings zur Verfügung. Dabei handelt es sich um tatsächlich anfallende Messwerte, die Angaben werden daher nicht indirekt aus Produktionszahlen für Salpeter- und Adipinsäure ermittelt.

### 5.2 Energieverbrauch und Produktion

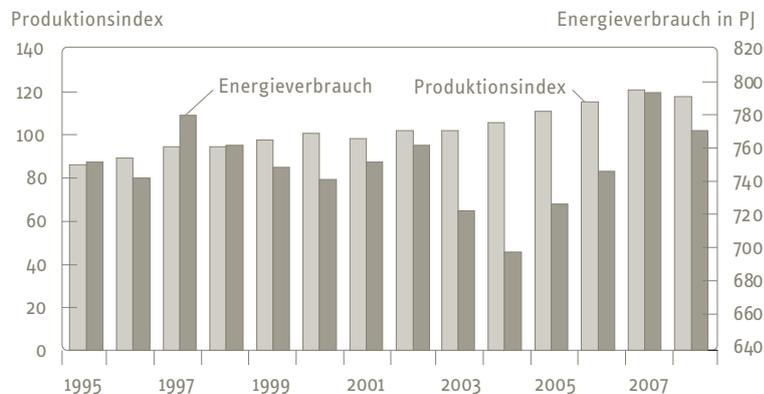
Die Chemische Industrie gehört zu den größten Energieverbrauchern im produzierenden Gewerbe. Nur die Eisenschaffende Industrie hat einen Energieverbrauch von vergleichbarer Größenordnung. Schaubild 5.2 zeigt einen abnehmenden Trend für den Energieverbrauch im Zeitraum bis 2004. Vor dem Hintergrund der stark angestiegenen Chemieproduktion stieg der Energieverbrauch danach wieder an auf – prognostiziert – 770 PJ im Jahr 2008 (ohne den rohstoffbedingten Bedarf an fossilen Brennstoffen).

Die Produktion der Chemischen Industrie, veranschaulicht durch den Produktionsindex mit Referenzjahr 2000, hat in dieser Zeit weitgehend kontinuierlich zugenommen. Dabei entwickelte sich die Produktion in den einzelnen Chemiesparten uneinheitlich. Die als sehr energieintensiv geltende Produktion von chemischen

Grundstoffen nahm zwischen 2000 und 2008 um rund 7 % zu (StaBuAFS4/R2.1), die ebenfalls energieintensive Produktion von Chemiefasern sank im gleichen Zeitraum hingegen um mehr als 24 %. Einen deutlichen Produktionszuwachs von mehr als 52 % verzeichnete die Produktion von pharmazeutischen Erzeugnissen.

### Schaubild 5.2

**Produktionsindex (2000 = 100) und Energieverbrauch der Chemischen Industrie**  
1995 bis 2008, Energieverbrauch ohne rohstoffbedingte Anteile



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 die Verwendung fossiler Energieträger sowohl für die Energieerzeugung und auch als Rohstoff in der Produktion. Die Selbstverpflichtungserklärung der Chemischen Industrie bezieht sich dagegen allein auf die Minderung des energiebedingten spezifischen Verbrauchs an Energieträgern, der energiebedingten Emissionen an CO<sub>2</sub> und schließt zudem eine Minderung der Emissionen von klimapotentem Lachgas (N<sub>2</sub>O) 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 von Bedeutung sind (Tabelle 5.1).

## Die Chemische Industrie

---

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

**Tabelle 5.1**  
**Energetischer und nichtenergetischer Verbrauch an Energieträgern**

1995 bis 2007, gerundete Werte in PJ

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

Nach Angaben des VCI im Rahmen des Monitoring und Statistischen Bundesamtes im Rahmen der Erhebung über die Energieverwendung. Angaben für 2008 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich.

### 5.4 Die Selbstverpflichtungserklärung

Der Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) hat im März 1996 eine Klimaschutzzerklärung für die Chemische Industrie abgegeben. Diese bezieht sich explizit auf die Reduzierung des *energiebedingten* Bedarfs fossiler Brennstoffe und der daraus folgenden CO<sub>2</sub>-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 (CO<sub>2</sub>) weitere Klimagase in die Verpflichtung ein.

Neben Kohlendioxid spielt nur noch das klimapotente Lachgas (N<sub>2</sub>O) eine wesentliche Rolle für die Klimaschutzzerklärung der Chemischen Industrie. N<sub>2</sub>O-Emissionen haben eine um den Faktor 310 höhere Treibhausgasrelevanz als CO<sub>2</sub>, d. h. jede Tonne N<sub>2</sub>O-Emission ist genauso treibhauswirksam wie 310 Tonnen CO<sub>2</sub>. Als wesentliche N<sub>2</sub>O-Quelle nennt der VCI die Herstellung von Adipin- und Salpetersäure. Die Emissionen an fluorierten Gasen (Halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe und Per-

fluorcarbone sowie Schwefelhexafluorid) sind nach Aussagen des VCI (2001) bereits in den Produktionsprozessen soweit minimiert worden, dass diese nicht mehr von Relevanz sind.

Konkret verpflichtet sich die Chemische Industrie in ihrer weiterentwickelten Selbstverpflichtungserklärung, ihre energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen und die N<sub>2</sub>O-Emissionen bis 2012 um 45 % bis 50 % gegenüber 1990 zu senken (Übersicht 5.1). Zu den im Rahmen des Monitoring festgestellten emittierten 65,5 Mill. T CO<sub>2</sub> im Jahr 1990 werden daher die in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ausgedrückten Lachgas-Emissionen von etwa 23,8 Mill. t hinzugerechnet (UBA 2008). Daraus ergibt sich für das Basisjahr 1990 insgesamt eine Ausgangsgröße von 89,3 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Vor dem Hintergrund der weiterentwickelten Selbstverpflichtungserklärung resultiert daraus für die Chemische Industrie ein Zielkorridor von 45 bis 49 Mill. t CO<sub>2</sub>-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 5.1

#### Die Selbstverpflichtungserklärungen der Chemischen Industrie

Ziele bis 2012:	Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs um 35 % bis 40 %. Verringerung der energiebedingten CO <sub>2</sub> - und der N <sub>2</sub> O-Emissionen in der Summe um 45 % bis 50 % CO <sub>2</sub> -Äquivalente.
Basisjahr	1990

Nach Angaben des VCI (2001).

### 5.5 Bis 2007 erreichte Energieverbrauchs- und Treibhausgasminderungen

Der energiebedingte Verbrauch an fossilen Brennstoffen beläuft sich 2008 auf rund 770 PJ. Dies entspricht einer Minderung von rund 16 % im Vergleich zum Basisjahr 1990; wählt man das Jahr 2000 als Referenz nahm der Energieverbrauch dagegen um knapp 4 % zu. Der Produktionsindex stieg zwischen 2000 und 2008 indessen um 17 % und führte im Resultat zu einer Minderung des spezifischen Energieverbrauchs. Zwischen 1990 und 2008 sank der spezifische Energieverbrauch der Chemischen Industrie um 40 %, dies entspricht einem Erfüllungsgrad von rund 114 % für das Energieeffizienzziels der Branche (Tabelle 5.2).

Mit Blick auf die Zusage, die energiebedingten CO<sub>2</sub>- und die N<sub>2</sub>O-Emissionen in der Summe um 45 % bis 50 % zu senken, ist die Chemische Industrie ein gutes Stück voran gekommen. Im Jahr 2008 betragen die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen – prognostiziert – rund 48,7 Mill. t, die N<sub>2</sub>O-Emissionen betragen nach

## Die Chemische Industrie

Angaben des VCI rund 9,42 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente. In der Summe belaufen sich die Emissionen dieser beiden Treibhausgase 2008 auf rund 58,1 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente, gleichbedeutend mit einer Minderung von rund 35 % gegenüber dem Basisjahr 1990 (Tabelle 5.4). Annähernd 78 % des Treibhausgas-Minderungsziels sind bereits von der Chemischen Industrie bis 2008 umgesetzt worden.

**Tabelle 5.2**  
**Entwicklung des Produktionsindex, des Energieverbrauchs und des spezifischen Energieverbrauchs**  
1990 bis 2008; ohne rohstoffbedingten Brennstoffverbrauch

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Energieverbrauch in PJ	915,8	752,1	741,7	726,9	746,1	793,3	770,3
Energieverbrauch, 2000=100	123,5	101,4	100,0	98,0	100,6	107,0	103,9
Produktionsindex, 2000=100	83,5	86,0	100,0	110,0	114,5	120,5	117,0
Spezifischer Energieverbrauch, 2000=100	147,9	117,9	100,0	89,1	87,9	88,8	88,8
Minderung in %		20,3	32,4	39,7	40,6	40,0	40,0
<b>Zielerreichungsgrad in % (Energieeffizienz)</b>		<b>57,9</b>	<b>92,5</b>	<b>113,6</b>	<b>116,0</b>	<b>114,2</b>	<b>114,2</b>

Eigene Berechnungen nach Angaben des VCI im Rahmen des Monitoring.

Der VCI weist darauf hin, dass der Anstieg der N<sub>2</sub>O-Emissionen vorwiegend auf turnusgemäße Wartungsarbeiten an den Abluftreinigungsanlagen zurückzuführen ist. Da N<sub>2</sub>O nur von sehr wenigen Produktionsanlagen emittiert wird, hat die Außerbetriebnahme einer Abluftreinigung teilweise eine erhebliche Wirkung auf die N<sub>2</sub>O-Emissionsmenge. Bis zum Ende des Selbstverpflichtungszeitraumes 2012 ist eine redundante Auslegung der N<sub>2</sub>O-Abluftreinigungsanlagen vorgesehen, so dass spätestens bis 2012 mit einer Stabilisierung der N<sub>2</sub>O-Emissionen auf sehr viel niedrigerem Niveau zu rechnen ist.

**Tabelle 5.4**  
**Entwicklung der Treibhausgasemissionen**  
 1990 bis 2008; in Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente; ohne rohstoffbedingte Emissionen

	1990	2001	2005	2006	2007	2008
CO <sub>2</sub> -Emissionen	65,5	48,3	45,8	47,4	50,5	48,7
N <sub>2</sub> O-Emissionen	23,8	8,5	8,0	7,1	9,8	9,4
Insgesamt	89,3	56,8	53,8	54,5	60,3	58,1
Minderung in %		36,4	39,8	39,0	32,5	34,9
Zielerreichungsgrad in % (Emissionsziel)		80,9	88,4	86,7	72,2	77,6

Nach Angaben des VCI im Rahmen des Monitoring.

### 5.6 Ursachenanalyse

Eine wesentliche Ursache der CO<sub>2</sub>-Minderungen ist in der Änderung des Energiemix zu sehen. Die kohlenstoffreichen Energieträger Braun- und Steinkohle wurden zwischen 1990 und 2008 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 CO<sub>2</sub> emittiert. Jedes GJ Energie war demnach mit CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 71,6 kg verbunden. Bis zum Jahr 2008 haben sich Strom und Brenngase (vornehmlich Erdgas) als die dominierenden Energieträger in der Chemischen Industrie durchgesetzt: etwa 86 % des Energieverbrauchs wurden 2008 aus diesen beiden Energieträgern gedeckt. Dies minderte den CO<sub>2</sub>-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 ihre industrieeigenen Kraftwerke. Im Jahr 2007 – Daten für 2008 liegen derzeit noch nicht vor – hat die Branche knapp 195 PJ an Brennstoffen für die Eigenstromerzeugung eingesetzt, davon allein 170 PJ in Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung (StaBuA/FS4/R6.4, verschiedene Jahrgänge).

## Die Chemische Industrie

**Tabelle 5.5**

**Wandel im Energiemix der Chemischen Industrie**

1990 bis 2007; ohne rohstoffbedingten Brennstoffverbrauch; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Energieverbrauch, PJ	915,8	752,1	741,7	726,9	746,1	793,3	770,3
<i>davon aus:</i>							
Steinkohle(erzeugnisse)	9%	8%	4%	1%	1%	1%	1%
Braunkohle(erzeugnisse)	13%	3%	1%	1%	1%	1%	1%
Mineralöl(erzeugnisse)	7%	11%	9%	5%	11%	11%	11%
Brenngase	28%	36%	34%	33%	31%	34%	39%
Netto-Fremdstrom	42%	42%	53%	60%	56%	53%	47%
CO <sub>2</sub> -Emissionen, in Mill. t	65,5	49,7	47,5	45,6	47,4	50,5	48,7
CO <sub>2</sub> -Gehalt, in kg CO <sub>2</sub> /GJ	71,6	66,1	64,1	62,7	63,5	63,6	63,2

Eigene Berechnungen.

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 industrieeigenen Kraftwerken an Bedeutung verloren hat, kohlenstoffarmes Gas hingegen relativ bedeutsamer geworden ist. Die sonstigen Energieträger, unter denen auch erneuerbare Energien zusammengefasst sind, konnten im Zeitraum 2000 bis 2007 ihren Anteil an der Bruttostromerzeugung der Chemischen Industrie mehr als verdoppeln.

**Tabelle 5.6**  
**Energiemix für die Brutto-Stromerzeugung der Chemischen Industrie**  
 1990 bis 2007

	1990	1995	2000	2007
Kohle	39%	23%	20%	8%
Gas	48%	63%	66%	70%
Heizöl	4%	3%	3%	4%
Sonstiges	8%	10%	11%	18%
Insgesamt	100%	100%	100%	100%

Nach Angaben des Statistischen Bundesamts, Fachserie 4, Reihe 6.4. Angaben für 2008 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich.

### 5.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung

Die von der Chemischen Industrie im Berichtszeitraum 2005 bis 2007 getroffenen Emissionsminderungsmaßnahmen lassen sich grob in die Bereiche Energieerzeugung und Energieverwendung einordnen und werden im Fortschrittsbericht des VCI (2009) dargestellt. Für den gesamten Berichtszeitraum summiert sich die Emissionsverringerung auf etwa 82 500 t (Tabelle 5.7). Der Fortschrittsbericht erwähnt darüber hinaus Schulungs- und Fortbildungsmaßnahmen, die in ihrer Wirkung jedoch nicht quantifizierbar sind.

**Tabelle 5.7**  
**Minderungsmaßnahmen der Chemischen Industrie**  
 im Jahr 2008

	CO <sub>2</sub> -Einsparung
Wirkungsgradverbesserung von Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen	5 075 t
Effizienzverbesserung von Kälteerzeugungsanlagen	4 300 t
Effizienzverbesserung bei der Kühlwasserbereitstellung	16 710 t
Verbesserungsmaßnahmen bei der Energienutzung	46 450 t
Sonstige Maßnahmen	10 000 t
Insgesamt	82 535 t

Nach Angaben aus VCI (2009).

## Die Chemische Industrie

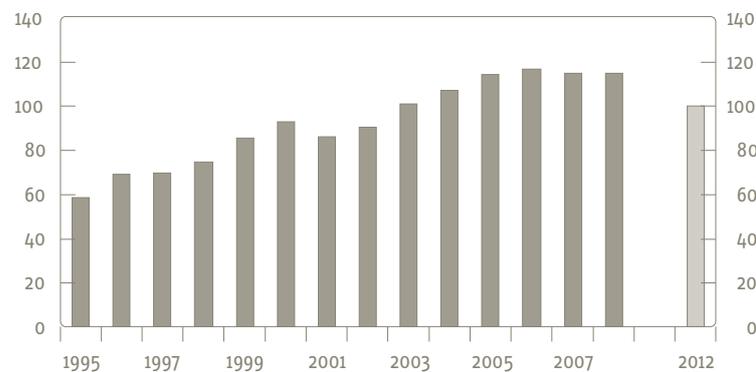
---

Im Bereich der Energieerzeugung führten Wirkungsgradverbesserungen im Betrieb von Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen zu CO<sub>2</sub>-Einsparungen von rund 5 000 t. Weitere etwa 21 000 t CO<sub>2</sub> wurden durch Effizienzverbesserungen bei der Kühlwasserbereitstellung für Stromerzeugungsanlagen bzw. durch Effizienzsteigerungen bei der Kälteerzeugung erreicht. Die Einsparungen im Bereich der Energienutzung belaufen sich nach Angaben des Fortschrittberichts auf mehr als 46 000 t CO<sub>2</sub>.

### 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 5.5).

**Schaubild 5.5**  
**Zielerreichungsgrad für den spezifischen Energieverbrauch**  
1995 bis 2008; in %

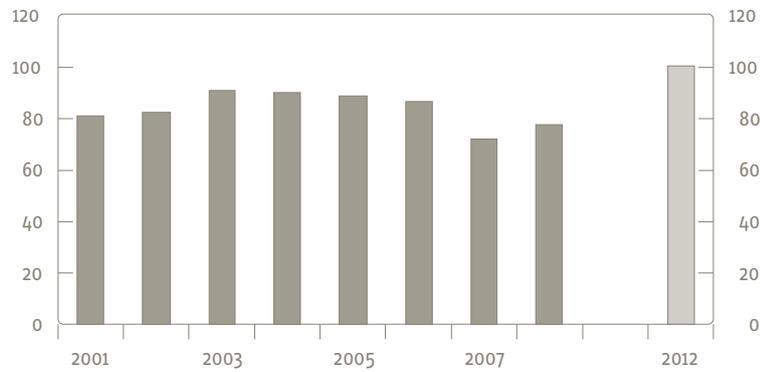


Eigene Berechnungen.

Des Weiteren hat die Branche zugesagt, auch die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen und die N<sub>2</sub>O-Emissionen bis 2012 um insgesamt mindestens 45 % gegenüber 1990 zu senken. Dieses Ziel ist 2008 zu knapp 78 % erreicht worden (Schaubild 5.6). Für die Jahre 2007 und 2008 ist dabei zu beobachten, dass sich die Branche wieder leicht von der Zielerreichung entfernt hat. Dies wird darauf zurückgeführt, dass turnusgemäße Wartungsarbeiten an Abluftreinigungsanlagen von N<sub>2</sub>O-Produktionsanlagen durchgeführt werden mussten und die notwendige vorübergehende Stilllegung der Reinigungsanlagen in der Folge zu höheren N<sub>2</sub>O-

Emissionen führte. Bis 2012 ist geplant, die Abluftreinigungsanlagen in redundanter Bauweise auszulegen, so dass die Aufgaben der temporär außer Betrieb genommenen Anlage von der Ersatzanlage übernommen werden können.

**Schaubild 5.6**  
**Zielerreichungsgrad für die Treibhausgas-Emissionen**  
1995 bis 2008; in %



Eigene Berechnungen.

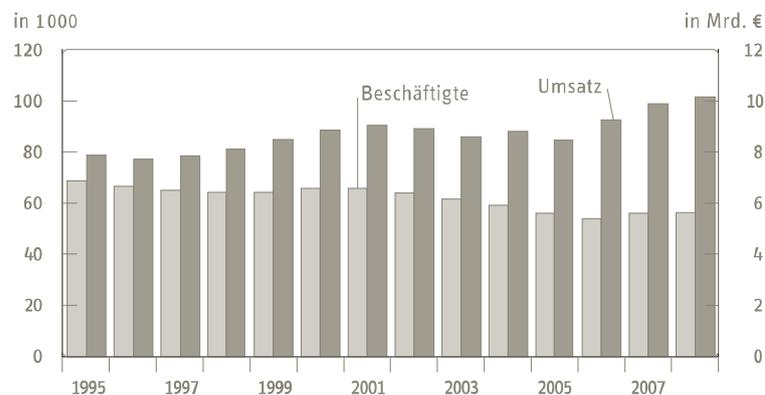
---

## Die Glasindustrie

### 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. Insgesamt wurde zwischen 1995 und 2008 in der Glasindustrie ein durchschnittliches Umsatzwachstum von 2,0 % erzielt.

**Schaubild 6.1**  
**Beschäftigte und Umsatz in der Glasindustrie**  
1995 bis 2008



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

Die Glasindustrie umfasst überwiegend mittelständische Unternehmen. 2008 waren in den 422 Betrieben 56 293 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 Glasin-

dustrie hinsichtlich Umsatz und Beschäftigung zu den eher kleineren Industriezweigen.

### 6.1 Datenbasis

In der Abgrenzung der Systematik der Wirtschaftszweige (WZ 93) findet sich die Glasindustrie an Position 26.1 „Herstellung und Verarbeitung von Glas“. Hierzu zählen neben der eigentlichen Herstellung von Glas – dem sogenannten Hüttenglas – auch Wirtschaftszweige, in denen Glas veredelt und/oder weiterverarbeitet wird.<sup>5</sup> Die Gliederung der WZ 93 erlaubt nur bedingt eine eindeutige Unterscheidung zwischen Glas schmelzenden und weiterverarbeitenden bzw. veredelnden Bereichen. So wird in der amtlichen Statistik zwischen Flachglasschmelzbetrieben (WZ 26.11 „Herstellung von Flachglas“) und weiterverarbeitenden Betrieben (WZ 26.12 „Veredlung und Verarbeitung von Flachglas“) unterschieden, während diese Trennung für die anderen Glas-Segmente – auch aus technischen Gründen – vom Statistischen Bundesamt nicht vorgenommen werden kann.

Der Produktionswert für die Herstellung von Glas und Glaswaren enthält daher Doppelzählungen. Hinzu kommt, dass das Statistische Bundesamt die produzierten Mengen in der Produktionsstatistik (Fachserie 4, Reihe 3.1) nicht durchgängig in Tonnen ausweist und es eine Vielzahl von Geheimhaltungsfällen gibt. Die amtlichen Produktionsdaten sind daher für das Monitoring, das sich an den CO<sub>2</sub>-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 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

---

<sup>5</sup> 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

---

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. Im Vergleich zu den Daten des Statistischen Bundesamtes wurden für die Jahre 2005 und 2006 Erfassungsgrade zwischen knapp 4 % für Flüssiggas und über 120 % für schweres Heizöl erreicht. Die beiden wichtigsten Energieträger Erdgas und Strom wurden zu 80 – 90 % erfasst. Seit dem Berichtsjahr 2007 wird der Einsatz an fossilen Energieträgern und Strom auf Grundlage der Verbandserhebung hochgerechnet. Der hochgerechnete Verbrauch für 2007 wurde in diesem Bericht anhand der mittlerweile vorliegenden amtlichen Daten überprüft und die in den Tabellen und Schaubildern wiedergegebenen Daten für 2007 bei Bedarf 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 CO<sub>2</sub>-Minderung wird auch in diesem Bericht der Fortschrittsbericht des Verbandes der Glasindustrie zugrunde gelegt.

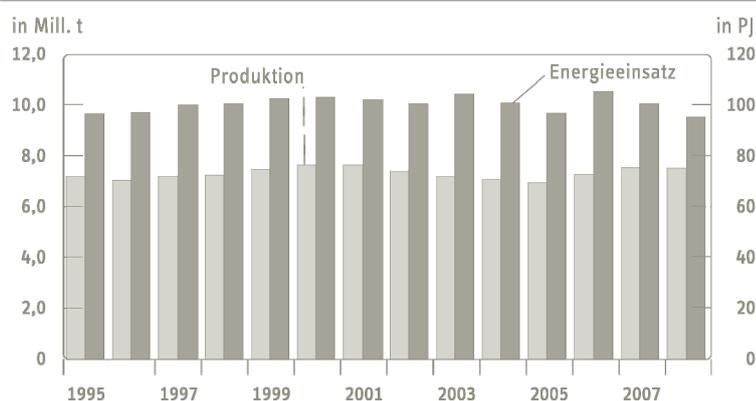
### 6.2 Energieverbrauch und Produktion

Die Produktion von Hüttenglas lag 2008 mit 7,5 Mill. t nahezu unverändert auf dem Niveau des Vorjahres (Schaubild 6.2). Zwischenzeitlich war sie 2005 auf einen Wert gesunken, der mit 6,9 Mill. t noch unter dem von 1996 lag. Der jährliche Energieverbrauch bewegt sich seit 1990 weitgehend stabil um einen Wert von etwa 100 PJ.

Zwischen 1995 und 2000 stieg der Verbrauch deutlich stärker als die Produktion. Während die Produktion um 5,6 % zunahm, wuchs der Energieverbrauch um 6,7 % von fast 97 PJ auf ca. 103 PJ. Bis 2002 sank der Verbrauch wieder in etwa auf das durchschnittliche Niveau von 100 PJ. Im Jahr 2003 zeigt der Energieverbrauch der Glasindustrie einen Anstieg auf fast 105 PJ. Ursache waren weder eine Veränderung der Produktion noch Effizienzverluste beim Energieeinsatz, sondern vielmehr die Neukonzeption der Energieverbrauchsstatistik durch das Statistische Bundesamt. Diese wies 2003 erstmalig einen Verbrauch von 5,6 PJ an Flüssiggas aus, dessen

Höhe nach Angaben des Verbandes nicht nachvollziehbar ist. Im Jahr darauf lag der ausgewiesene Verbrauch von Flüssiggas bei nur noch 0,2 PJ und der Energieverbrauch insgesamt bei knapp 101 PJ (Tabelle 6.4). In den Jahren 2005 bis 2008 weist der Energieverbrauch deutliche Schwankungen auf. Nachdem er 2005 mit 97 PJ fast auf das Niveau von 1995 zurückging, erreichte er 2006 mit 105,7 PJ den höchsten Wert seit 1990. 2008 lag der Energieverbrauch mit rund 95 PJ auf dem niedrigsten Wert seit 1995. Während der Energieverbrauch seit 1990 durchschnittlich um 0,3 % pro Jahr sank, wuchs die Produktion im gleichen Zeitraum mit jahresdurchschnittlich 1,4 %.

**Schaubild 6.2**  
**Produktion und Energieverbrauch in der Glasindustrie**  
 1995 bis 2008



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

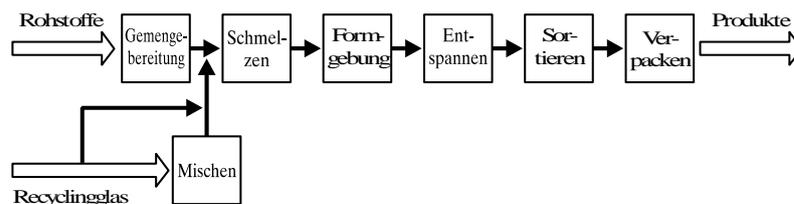
Laut Bundesverband ist die Glasindustrie eine der energieintensivsten Industrien (BV Glas 2009: 1). Der Anteil am Energieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes lag 2007 bei 2,8 %. Zieht man als Anhaltspunkt für die Energieintensität der Branche das Verhältnis von Energieverbrauch und Umsatz heran, so wird die Einschätzung des Verbandes gestützt: Mit 10,1 MJ/€ Umsatz im Jahr 2007 stellt sich die Glasindustrie gegenüber dem Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes von 2,1 MJ/€ als energieintensiv dar. Im Vergleich zu den übrigen am Monitoring beteiligten Industriezweigen nimmt die Glasindustrie mit diesem Wert einen mittleren Rang ein.

## Die Glasindustrie

### 6.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Die Glasindustrie stellt eine Vielzahl unterschiedlicher Produkte her, die sich grob in vier Produktgruppen einteilen lassen: Flachglas, Hohlglas, Gebrauchs- und Spezialgläser sowie Glas- und Mineralfasern. Flachglas wird hauptsächlich im Bausektor und in der Fahrzeugindustrie eingesetzt. Gebrauchs- und Spezialgläser werden zu unterschiedlichen industriellen und technischen Zwecken hergestellt. Bei Hohlglas wird zwischen Behälterglas in Form von Flaschen und anderen Verpackungen aus Glas sowie Kristall- und Wirtschaftsglas unterschieden, dass von privaten Haushalten sowie in konsumnahen Bereichen genutzt wird. Glas- und Mineralfasern werden beispielsweise als Dämmstoffe eingesetzt (BV Glas 2004a: 14 und 2004b: 2).

**Schaubild 6.3**  
**Prinzipieller Ablauf der Glasherstellung**



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

Der Herstellungsprozess für Glasprodukte umfasst mehrere Schritte (Schaubild 6.3). Vor allem der zweite und dritte Schritt – das Schmelzen und die Formgebung – sind mit hohem Energieeinsatz verbunden und damit für das CO<sub>2</sub>-Monitoring von Bedeutung. Ein zusätzlicher, ebenfalls für das Monitoring relevanter Arbeitsschritt besteht gegebenenfalls in der Veredlung von Glas.

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

## Die Glasindustrie

---

nerative Systeme gegenüber kontinuierlich arbeitenden rekuperativen 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 gültige Selbstverpflichtungserklärung der Glasindustrie erweitert. Hiernach erklärte sich der Bundesverband Glasindustrie stellvertretend für die Glasindustrie bereit, die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2012 um bis zu 20 % gegenüber 1990 zu verringern. Außer CO<sub>2</sub> werden in der deutschen Glasindustrie keine weiteren Kioto-Gase freigesetzt.

#### Übersicht 6.1

##### Selbstverpflichtung der Glasindustrie

Ziel 2012	Verringerung der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen um bis zu 20 % auf 857 kg CO <sub>2</sub> /t Hüttenglas.
Basisjahr	1990

---

Angaben des Bundesverbandes Glasindustrie (BV Glas 2008a).

---

Im Basisjahr 1990 produzierte die Glasindustrie nach Angaben des Verbandes 5,9 Mill. t verkaufsfähiges Hüttenglas („Netto-Glas“). Der dazu gehörige Energieverbrauch wurde dem Statistischen Jahrbuch 1991 entnommen (StaBuA 1991: 208, 220, 225). Auf Basis der im Monitoring verwendeten Umrechnungsfaktoren für die verschiedenen Energieträger ergibt sich für 1990 ein Energieeinsatz von knapp 100 PJ, verbunden mit CO<sub>2</sub>-Emissionen von insgesamt 6,3 Mill. t. Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen betragen 1 071 kg CO<sub>2</sub>/t Hüttenglas. Aus der Selbstverpflichtungserklärung leitet sich damit ein Reduktionsziel von 857 kg CO<sub>2</sub>/t für 2012 ab.

### 6.5 Bis 2008 erreichte CO<sub>2</sub>-Minderungen

Die Glasindustrie hat bereits seit 1995 die in ihrer Selbstverpflichtungserklärung für 2012 genannte Zielmarke von 857 kg CO<sub>2</sub>/t Hüttenglas mehrfach unterschritten (Tabelle 6.1 und Schaubild 6.4). 1995 lagen die spezifischen Emissionen mit 834 kg CO<sub>2</sub>/t um mehr als 22 % unter dem Wert des Basisjahres. Bis 2007 konnten allerdings kaum Verbesserungen erzielt werden. Aufgrund der Umstellung der Energiestatistik stiegen die spezifischen Emissionen 2003 auf 896 kg CO<sub>2</sub>/t. Damit verbunden war ein deutlicher Rückgang des Zielerreichungsgrades (RWI 2007: 91). 2007 konnte der spezifische Ausstoß wieder um 8,4 % auf 821 kg CO<sub>2</sub>/t gesenkt werden, der Zielerreichungsgrad betrug damit 117 %. 2008 sanken die spezifischen

Emissionen um 4,7 % auf 783 kg CO<sub>2</sub>/t und blieben damit erneut deutlich unter dem Zielwert für 2012.

**Tabelle 6.1**  
**Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen und Zielerreichungsgrad der Glasindustrie**  
1990 bis 2008; Ziel 2012: Minderung von 20 % auf 857 kg CO<sub>2</sub>/t

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Spez. Emissionen in kg CO <sub>2</sub> /t	1 071	834	836	856	893	821	783
Minderung in %	-	22,2	21,9	20,0	16,6	23,3	26,9
Zielerreichungsgrad in %	-	111	110	100	83	117	135

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

Die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen unterlagen zwischen 1999 und 2007 nur geringfügigen Schwankungen und bewegten sich im Großen und Ganzen auf dem Niveau des Basisjahres 1990 (Tabelle 6.2). Die CO<sub>2</sub>-Emissionen stellen ein perfektes Spiegelbild des Energieverbrauchs dar, wie ein Korrelationskoeffizient von 0,98 für den Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich zeigt. Der Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Produktion ist hingegen nicht ganz so stark ausgeprägt. Ein entsprechender Korrelationskoeffizient von 0,48 zeigt an, dass der Energieverbrauch nicht vollkommen Hand in Hand mit einer wachsenden Produktionsmenge ansteigt.

**Tabelle 6.2**  
**Produktion, Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Glasindustrie**  
1990 bis 2008; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Produktion, Mill. t	5,9	7,2	7,6	6,9	7,3	7,5	7,5
Energieverbrauch, PJ	99,9	96,7	103,2	97,0	105,7	100,4	95,2
Emissionen, Mill. t	6,3	6,0	6,4	5,9	6,5	6,2	5,9

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

## Die Glasindustrie

---

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 2008; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Spezifischer Verbrauch, GJ/t	17,0	13,4	13,5	14,0	14,5	13,3	12,7
Minderung in %	-	21,0	20,4	17,8	14,7	21,6	25,3
Durchschn. Emissionen, kg CO <sub>2</sub> /GJ	63,0	62,1	61,8	61,3	61,6	61,6	61,8
Minderung in %	-	1,5	1,9	2,7	2,3	2,2	1,9

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

Zwischen 1995 und 2002 waren indessen kaum mehr Verbesserungen des spezifischen Energieverbrauchs festzustellen: Nach einem leichten Anstieg gegen Ende der 1990er Jahre erreichte der spezifische Verbrauch erst 2001 mit 13,4 GJ/t wieder das Niveau von 1995. Analog zum Energieverbrauch zeigt der spezifische Verbrauch wegen der Umstellung der Energieverwendungsstatistik 2003 einen deutlichen Sprung (RWI 2007: 91). Von 2003 bis 2007 ging der spezifische Energieverbrauch um 5,8 % auf 13,3 GJ/t zurück; 2008 sank er auf 12,7 GJ/t. Dieser Rückgang von 5,0 % fiel etwas höher aus als bei den spezifischen Emissionen (Tabelle 6.1 und 6.3).

Seit 1990 sind die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 26,9 % gesunken (Tabelle 6.1). Der spezifische Energieverbrauch hat mit 25,3 % fast in gleichem Maße abgenommen (Tabelle 6.3). Insgesamt scheint es seither kaum Veränderungen im Energiemix gegeben zu haben. Die detaillierte Darstellung in Tabelle 6.4 zeigt jedoch deutlich, dass dies nicht der Fall war. Bis 2008 blieben die Auswirkungen per Saldo allerdings gering.

**Tabelle 6.4**  
**Veränderung des Energiemix in der Glasindustrie**  
 1990 bis 2008; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Braunkohlenkoks	2,3	-	-	-	-	-	-
Schweres Heizöl	13,0	10,5	9,7	6,4	8,9	7,4	7,8
Leichtes Heizöl	1,5	1,3	1,0	0,4	0,4	1,1	1,1
Erdgas	36,0	43,8	46,7	45,5	49,7	45,6	42,3
Flüssiggas	-	-	-	0,3	0,5	0,2	0,3
Kokereigas	5,7	0,3	0,3	-	-	-	-
Primärbrennstoffe	58,5	55,9	57,7	52,6	59,5	54,4	51,5
Nettofremdstrom	41,3	40,7	45,5	44,5	46,2	46,1	43,7
Energieverbrauch	99,8	96,6	103,2	97,1	105,7	100,4	95,2

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

Werden Energieträger mit hohem Kohlenstoffgehalt wie Braunkohle durch kohlenstoffarme Brennstoffe wie Erdgas substituiert, verringert sich der spezifische CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Zwischen 1990 und 2008 stieg der Erdgasverbrauch der Glasindustrie um rund 17 % an. 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 Braunkohlenprodukte. Seit 1991 wurden in den alten Bundesländern keine Kohleprodukte mehr für den Produktionsprozess eingesetzt.

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

## Die Glasindustrie

---

Der Nettofremdstrombezug hat bis 2007 um fast 12 % gegenüber 1990 zugenommen. Sein Anteil am Energieverbrauch stieg damit – primärenergetisch bewertet – auf 45,9 %. Zusammen hatten Erdgas und Strom 2008 einen Anteil von rund 90 % am gesamten Energieverbrauch der Branche. Dass in der Glasindustrie überwiegend Erdgas und elektrische Energie eingesetzt werden, liegt daran, dass die Glasmelze 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 wird durch die durchschnittlichen Emissionen pro Energieeinheit charakterisiert. Diese errechnen sich als Quotienten aus den CO<sub>2</sub>-Emissionen und dem Energieverbrauch eines Jahres. Die Bedeutung von Energieträgersubstitutionen für die Minderung der CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>/GJ (Tabelle 6.3). Durch die stärkere Nutzung kohlenstoffarmer Brennstoffe sank der Wert bis 1995 um rund 1,5 % auf 62,1 kg CO<sub>2</sub>/GJ. Mit 61,8 kg CO<sub>2</sub>/GJ im Jahr 2008 haben sich die durchschnittlichen Emissionen seit 1995 kaum verändert. Dies zeigt, dass es seit 1995 nur eine geringe Substitution von kohlenstoffreichen durch kohlenstoffärmere Energieträger wie Erdgas gegeben hat. Insgesamt lag der Beitrag der Veränderung des Energiemix zur Verringerung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Glasindustrie zwischen 1990 und 2008 bei 1,9 %, was bezogen auf das Basisjahr einer Minderung um knapp 20 kg CO<sub>2</sub>/t entspricht.

Einen wesentlich höheren Beitrag zur Reduzierung des spezifischen CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 2008 variiert. Als Resultat ergibt sich der Beitrag der Verbesserung der Energieeffizienz zur erzielten Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen.

In der Glasindustrie sank der spezifische Energieverbrauch seit 1990 um 3,6 GJ/t Hüttenglas von 17,0 auf 12,7 GJ/t im Jahr 2008 (Tabelle 6.3). Multipliziert mit den durchschnittlichen Emissionen des Jahres 1990 von 63 kg CO<sub>2</sub>/GJ resultiert aus der Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs bis 2008 eine Minderung der

spezifischen Emissionen von 270,9 kg CO<sub>2</sub>/t. Gegenüber dem Basisjahr entspricht dies einer Reduktion von mehr als 25,3 %. Bezogen auf die produzierte Menge Hüttenglas im Basisjahr errechnet sich eine CO<sub>2</sub>-Minderung gegenüber 1990 von ca. 2,0 Mill. t, die auf einen effizienteren Energieeinsatz zurückgeht.

Einen bedeutsamen Einfluss auf den spezifischen Energieverbrauch und damit auf die Emissionen hat der Einsatz von Altglas in der Glasschmelze für die Behälterglasproduktion. Während der Altglaseinsatz zwischen 1995 und 2000 von 60,8 auf 66,7 % zunahm, sank der Energieverbrauch in diesem Segment von 10,9 auf 10,3 PJ (Tabelle 6.5). Bis 2006 ging der Altglaseinsatz auf eine Quote von 61,8 % zurück<sup>6</sup>. 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen seit 1990 zum größten Teil durch einen effizienteren Energieeinsatz zu erklären. Der Altglaseinsatz dürfte hierzu insbesondere zwischen 1990 und 1995 einen größeren Beitrag geleistet haben, da sich nach Angaben des BV Glas die Scherbenquote in diesem Zeitraum verdoppelt hat. Die Substitution von Energieträgern hat hingegen nur einen relativ geringen Beitrag geleistet.

<sup>6</sup> 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.

## Die Glasindustrie

---

### 6.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung

Im Fortschrittsbericht der Glasindustrie für 2008 werden beispielhaft Maßnahmen zur Energieeinsparung mit einem Investitionsvolumen von insgesamt 25 Mill. € aufgeführt (BV Glas 2009: 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 2009: 2). Der spezifische Energieverbrauch moderner Behälterglasschmelzwannen liegt derzeit bei etwa 1 000 kWh/t. Er ist damit weniger als 10 % vom theoretischen Prozesswärmebedarf entfernt, der für ein Gemenge mit 70 % Scherben bei 920 kWh/t liegt (BV Glas 2004a: 7).

Schmelzwannen weisen mit zunehmender Nutzungsdauer Alterserscheinungen auf, die mit einem steigenden Energieverbrauch verbunden sind. Daher werden sie in Abständen von 8 bis 16 Jahren einer 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 des Investitionsvolumens werden für die vorgenommenen Wannenhauptreparaturen in der Tabelle 6.6 wiedergegeben.

**Tabelle 6.6**  
**Wannenhauptreparaturen**  
2000 bis 2008

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Anzahl	13	11	12	14	9	11	9	7	9
Anteil an gesamter installierter Schmelzleistung in %	11,0	6,6	9,4	15,2	9,0	14,6	8,8	4,4	5,0
Investitionen in Mill. €	148	98	222	252	143	200	121	105	70

Nach Angaben des Bundesverbandes Glasindustrie e.V.

Insgesamt wurden 2008 in der Glasindustrie 9 Glasschmelzwannen einer Hauptreparatur unterzogen. Die vorliegenden Daten reichen jedoch nicht, um die genaue Höhe der Effizienzverbesserungen zu bestimmen. Die Produktions- und Energiever-

brauchsschwankungen, 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 2009: 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden größtenteils zwischen 1990 und 1995 erzielt, vor allem durch die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs. Nach Informationen des BV Glas ist für die CO<sub>2</sub>-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.

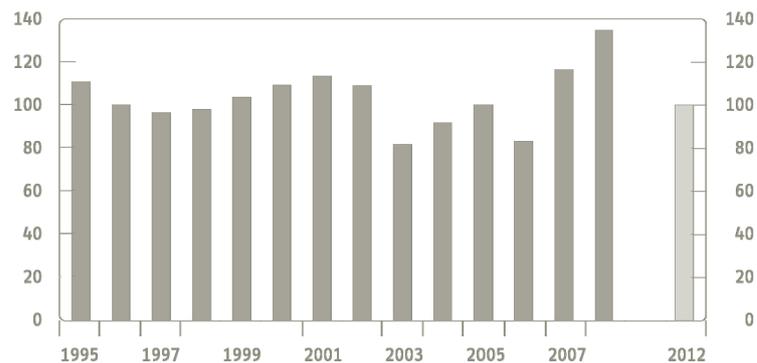
Dies alles hat maßgeblich dazu beigetragen, die Energieeffizienz zu steigern und den Ausstoß von Kohlendioxid zu verringern. Dadurch hat die Glasindustrie das in ihrer Selbstverpflichtungserklärung proklamierte Ziel einer Senkung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 20 % auf maximal 857 kg CO<sub>2</sub>/t bis zum Jahr 2012 bereits frühzeitig und wiederholt erreicht (Schaubild 6.4).

Weitere Verbesserungen dürften allerdings schwer fallen, da die Produktionsprozesse, insbesondere die Nutzung von Abwärme bei den Schmelzprozessen, weitgehend optimiert sind. Derzeit bietet lediglich der Wandel des Energiemix zugunsten kohlenstoffarmer Brennstoffe wie Erdgas angesichts eines Anteils von 75 % am Primärbrennstoffverbrauch noch Spielraum zur Emissionsminderung.

## Die Glasindustrie

---

**Schaubild 6.4**  
**Zielerreichungsgrad in der Glasindustrie für 2012**  
1995 bis 2008; in %



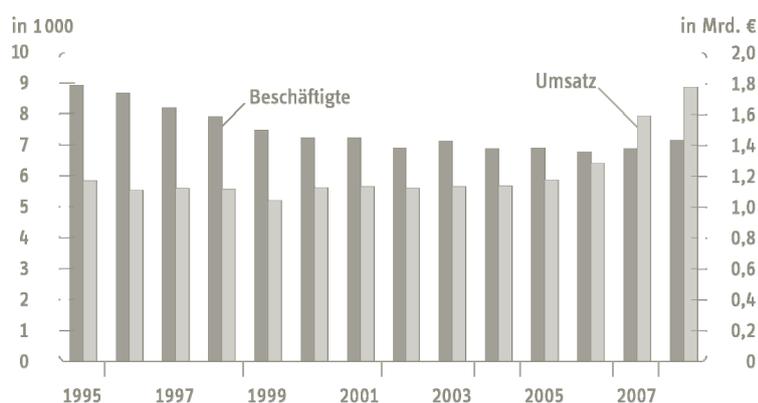
Eigene Berechnungen.

Die zukünftige Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen wird durch das Produktionsniveau und somit durch die wirtschaftliche Entwicklung der Branche, die Verfügbarkeit von Scherben und die Qualitätsanforderungen an die Produkte geprägt sein. So führen steigende Qualitätsanforderungen der Kunden zu einem immer höheren Energieverbrauch bei der Veredelung, was sich in steigendem Stromverbrauch widerspiegelt. Die Scherbenverfügbarkeit ist seit der Einführung des Zwangspfandes am 1. Januar 2003 spürbar zurückgegangen. Weitere Einschränkungen bei der Scherbenverfügbarkeit befürchtet der Verband durch das kartellrechtliche Verbot der Gesellschaft für Glasrecycling und Abfallvermeidung (GGA), die von der Glasindustrie betrieben wurde. Durch die GGA wurden sowohl die Scherbenqualität, die Scherbenverfügbarkeit als auch der logistisch optimale und damit CO<sub>2</sub>-sparende Transport des Rohstoffs Scherben innerhalb des Bundesgebietes gewährleistet. Durch einen geringeren Einsatz von Altglasscherben werden mehr Primärrohstoffe und mehr Energie benötigt, was letztlich sowohl zu absolut als auch zu spezifisch höheren CO<sub>2</sub>-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 2008



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 Feuerfest-Industrie

---

Die deutsche Feuerfestindustrie besteht vornehmlich aus kleinen und mittleren Unternehmen. Für 2008 weist das Statistische Bundesamt 63 Betriebe mit mehr als 20 Beschäftigten aus. Nach Angaben des Verbandes setzte die Feuerfestindustrie 2008 Produkte im Wert von rund 1,78 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. 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 Verbandsangaben um gut 23 % auf rund 6 900 Arbeitnehmer (Schaubild 7.1) Seither liegt die Beschäftigung auf einem Niveau von rund 7 000 Personen.

### 7.1 Datenbasis

Die deutsche Feuerfestindustrie 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 CO<sub>2</sub>-Monitoring jährlich auch bei Nicht-Mitgliedern erfragt.

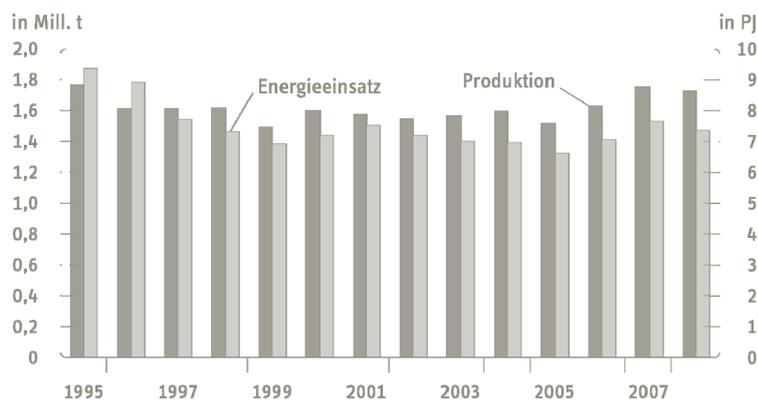
Das Statistische Bundesamt führt die Feuerfestindustrie unter der Kennziffer 26.26 („Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren“) und veröffentlicht ebenfalls regelmäßig Angaben hinsichtlich Produktion, Umsatz und Beschäftigung sowie Energieverbrauch. Die Umstellung und Neuorganisation der Energieverwendungsstatistik hat ab 2003 dazu geführt, dass eine Vielzahl 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.

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

Da seit 2003 vom Statistischen Bundesamt keine vollständigen Daten zum Energieverbrauch der Feuerfestindustrie vorliegen, werden die Verbrauchsangaben des Verbandes auf der Basis der jährlichen Produktionsmenge hochgerechnet. Eine

Gegenüberstellung der Produktionskennziffern der beiden Datenquellen ergibt 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 2008



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 2008 bei rund 1,72 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 lang-

## Die Feuerfest-Industrie

---

samer 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). Der Energiebedarf der Feuerfest-Industrie wird überwiegend durch Erdgas und Strom gedeckt. Deren Anteil am Gesamtenergieverbrauch betrug 2008 rund 64 % bzw. fast 35 % (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 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.

**Tabelle 7.1**  
**Produktion und Energieverbrauch in der Feuerfest-Industrie**

1990 bis 2008; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Produktion, Mill. t	1,98	1,76	1,60	1,52	1,63	1,75	1,72
Energieverbrauch in PJ	12,4	9,3	7,2	6,7	7,1	7,6	7,3
Spez. Verbrauch in GJ/t	6,3	5,3	4,5	4,4	4,3	4,4	4,3

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

### 7.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Grundsätzlich lassen sich vier Arten von feuerfesten Erzeugnissen unterscheiden: geformte und ungeformte Erzeugnisse, 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 2008 in Deutschland bei rund 62 % (StaBuA/FS4/R3.1 2009). Unter *ungeformten feuerfesten Gütern* werden Mischungen feuerfester Rohstoffe mit unterschiedlicher Körnung verstanden, die mit geeigneten Bindemitteln versetzt sind. Sie enthalten oftmals noch spezielle Zusätze um die Formbarkeit zu verbessern und werden mittels 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 sowie anderer Rohstoffe wie z.B. Schamotte oder Sinterbauxit. Dabei werden die Stoffe zerkleinert und gesiebt. Für ungeformte feuerfeste Erzeugnisse endet der Produktionsprozess nach Zugabe der oben erwähnten Bindemittel an dieser Stelle.

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

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

#### 7.4 Die Selbstverpflichtung

In ihrer aktualisierten Selbstverpflichtungserklärung vom Dezember 2000 hat die Feuerfestindustrie sich bereit erklärt, ihre spezifischen CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>/t ergibt sich für 2012 ein Zielwert von 254 kg CO<sub>2</sub>/t. Übersicht 7.1 fasst die Angaben zusammen.

##### Übersicht 7.1

##### Selbstverpflichtung der Feuerfest-Industrie

Ziel 2012	Verringerung der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen um 35 % in Bezug auf das Basisjahr 1990 (entspricht einem Zielwert von 254 kg CO <sub>2</sub> /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 Umweltschutzauflagen, welche die Installation von „Absaug-, Filter-, Reinigungs- und

## Die Feuerfest-Industrie

---

Abgasanlagen“ erfordern (Feuerfest 2005). Solche erzwungenen Investitionen würden nach Angaben des Industrieverbandes finanzielle Mittel binden, die dann nicht mehr für Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-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). Nach Angaben des Verbandes lag die gewichtete Überkapazität bei geformten und ungeformten Erzeugnissen bei seinen Mitgliedern im Jahr 2008 bei rund 15 %, d.h. die vorhandenen Kapazitäten wurden zu 85 % ausgelastet. Bei den für den Brennvorgang relevanten geformten Erzeugnissen gab es eine Überkapazität von rund 10 % (Feuerfest 2009b). Die energieintensiven Anlagen wurden somit 2008 zu gut 90 % ausgelastet. Das weltweit hohe Produktionsniveau in der Eisen- und Stahlindustrie hat 2008 insgesamt nochmals für eine gestiegene Auslastung gesorgt. Der Verband weist allerdings darauf hin, dass die Produktion in den Feuerfestwerken wegen der Absatzkrise seit dem vierten Quartal stark zurückgegangen ist (Feuerfest 2009b).

### 7.5 Bis 2008 erreichte CO<sub>2</sub>-Minderungen

Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Feuerfestindustrie lagen 2008 bei 251 kg CO<sub>2</sub>/t (Tabelle 7.2). Im Zeitablauf kam es mitunter zu größeren Schwankungen im spezifischen Schadstoffausstoß. Im Jahre 1996 wurden beispielsweise 329 kg CO<sub>2</sub>/t emittiert, was im Vergleich zu 1995 einer Steigerung von 4,1 % entspricht (RWI 2005: 108). Zunahmen waren auch in den Jahren 1999 und 2001 zu verzeichnen. Seit 2002 sind die spezifischen Emissionen dagegen deutlich gesunken. 2008 wurde der bislang niedrigste Wert erreicht. Gegenüber 2007 nahmen die spezifischen Emissionen um 2,4 % ab.

**Tabelle 7.2**

#### Entwicklung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Feuerfest-Industrie

1990 bis 2008; gerundete Werte; Minderungsziel spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen: -35 % bis 2012

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Emissionen in kg CO <sub>2</sub> /t	390	316	265	257	256	257	251
Reduktion in %	-	19,0	32,0	34,1	34,5	34,1	35,6
Zielerreichungsgrad in %	-	54,2	91,5	97,3	98,5	97,5	101,9

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

---

Gegenüber 1990 konnten die spezifischen Emissionen bis 2008 um fast 36 % vermindert werden. Das Ziel für 2012, die CO<sub>2</sub>-Minderung um 35 % zu vermindern, wurde damit 2008 erstmals übertroffen (Tabelle 7.2).

Unter Berücksichtigung der vom Statistischen Bundesamt ausgewiesenen Produktionsmenge ergibt sich durch Multiplikation mit den spezifischen Emissionen für 2008 eine Emissionsmenge von 0,432 Mill. t (Tabelle 7.3). 1990 wurde noch nahezu die doppelte Menge emittiert.

**Tabelle 7.3**  
**Entwicklung der absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Feuerfest-Industrie**

1990 bis 2008; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Emissionen in 1 000 t	773	557	425	390	417	450	432
Reduktion in %	-	28	45	50	46	42	44

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

### 7.6 Ursachenanalyse

Spezifische CO<sub>2</sub>-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 verbraucht<sup>7</sup>, 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 lediglich noch 1 % (Tabelle 7.4).

Der hohe Erdgasanteil rührt daher, dass die Feuerfestindustrie 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 2008 auf 64,2 %. Der Anteil von Strom lag 1990 bei 27,1 % und stieg bis 2008 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, ande-

<sup>7</sup> Der in früheren Monitoringberichten ausgewiesene Wert von 13,3 PJ für 1990 wurde aufgrund aktualisierter Daten des Verbandes korrigiert.

## Die Feuerfest-Industrie

rerseits erfordern strenger gefasste Umweltauflagen den Einsatz von Absaug-, Filter- und Reinigungsanlagen (Feuerfest 2000).

**Tabelle 7.4**  
**Energiemix der Feuerfest-Industrie**  
1990 bis 2008; in %; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
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	66	64
Kokereigas	1	1	0	0	-	-	-
Strom	27	32	35	37	35	34	35

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

Die Bedeutung der Substitution von Energieträgern zeigt sich an der Veränderung der CO<sub>2</sub>-Intensität des verwendeten Energiemixes, gemessen als Verhältnis der emittierten CO<sub>2</sub>-Menge in kg zur eingesetzten Energiemenge in GJ. 1990 wurden nach Verbandsangaben noch durchschnittlich 62 kg CO<sub>2</sub>/GJ emittiert. Dieser Wert lag 2008 bei 59 kg CO<sub>2</sub>/GJ. Unter Berücksichtigung der hochgerechneten Gesamtenergiemenge von 1990 in Höhe von 12,4 PJ entspricht diese Reduktion um 3 kg CO<sub>2</sub>/GJ einem Einsparvolumen von rund 37 200 t CO<sub>2</sub> allein aus der Energieträgersubstitution.

Weitaus bedeutender für die Reduzierung der spezifischen Emissionen war indes- sen die Steigerung der Energieeffizienz. Von 1990 bis 2008 konnte der spezifische CO<sub>2</sub>-Ausstoß um fast 36 % gesenkt werden (Tabelle 7.2). Im gleichen Zeitraum sank der spezifische Energieverbrauch von 6,3 GJ je Tonne Feuerfest-Erzeugnisse auf 4,3 GJ/t (Tabelle 7.1), also um gut 32 %. Die Effizienzsteigerung beläuft sich somit auf 2 GJ/t. Durch Multiplikation mit den 1990 emittierten 62 kg CO<sub>2</sub>/GJ ergibt sich daraus eine Minderung der spezifischen Emissionen um ca. 124 kg CO<sub>2</sub>/t, bzw. um fast 32 %.

Sowohl die Energieeffizienz als auch die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Feuerfest-Industrie sind sehr stark vom Auslastungsgrad der installierten Produktionsanlagen abhängig. So sank nach Angaben des Statistischen Bundesamtes die Produk-

tionsmenge 1996 um 8,6 %, mit der Folge, dass die spezifischen CO<sub>2</sub>-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 Verband der Feuerfestindustrie erhebt seit 2002 Angaben zu den Überkapazitäten der Mitgliedsunternehmen. Hiernach wurden die Produktionskapazitäten 2008 zu mehr als 85 % ausgelastet und die Überkapazitäten erreichten ihren bis dahin niedrigsten Wert (Feuerfest 2009b). Gegenüber 2003 entspricht dies einer Steigerung um fast 17 Prozentpunkte. Die höhere Auslastung hat – auch wenn dies hier im Einzelnen nicht quantifiziert werden kann – einen deutlichen Beitrag zur Verbesserung der Energieeffizienz geleistet.

### 7.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung

Die im aktuellen Fortschrittsbericht des Industrieverbandes geschilderten Maßnahmen zur Emissionsreduktion wurden durch eine Befragung seiner Mitgliedsunternehmen erhoben (Feuerfest 2009a). Insgesamt werden sechs Einzelmaßnahmen zur Optimierung der Produktionskette aufgeführt, die Einsparungen im Energieverbrauch hervorgebracht haben (Übersicht 7.2). Allerdings fehlen weitgehend detaillierte Angaben zu den erzielten Einsparserfolgen.

Mehrere Einzelmaßnahmen entfielen auf Investitionen in verbesserte Produktionstechnik und die Optimierung bestehender Anlagen. In einem Fall konnte durch die Installation eines neuen Kompressors der monatliche Verbrauch von Strom um 500 kWh reduziert werden. Lediglich eine Einzelmaßnahme bezog sich auf die bessere Nutzung von Abwärme. Dies deutet darauf hin, dass die Reduzierung des Energieverbrauchs durch Abwärmenutzung bereits ein hohes Niveau erreicht hat.

## Die Feuerfest-Industrie

---

### Übersicht 7.2

#### Maßnahmen zur Energie- und CO<sub>2</sub>-Minderung in der Feuerfest-Industrie

2008

---

##### Art der Maßnahme

Einsatz neuer Ofentechnologie.

Optimierung der Brennvorgänge hinsichtlich der Abstimmung von Wärmenutzphasen und Wärmebedarf in der Trocknerei.

Austausch von drei alten durch einen neuen Kompressor.

Nutzung und Optimierung der Abwärme für die Rohstofftrocknung und die Kammertrocknerei.

Energieoptimierte Kornaufbereitung.

Einsatz energiesparender Kompressoren.

---

Nach Angaben des Verbands der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V. (2009a).

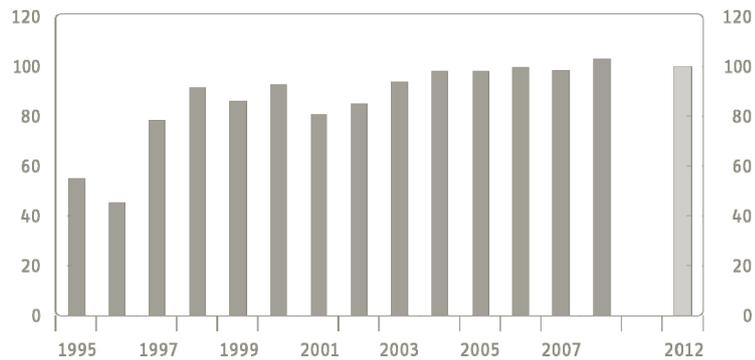
---

### 7.8 Bewertung

Die Feuerfest-Industrie hat ihre spezifischen Emissionen seit 1990 erheblich reduzieren können. Das für 2012 formulierte Ziel, die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 35 % gegenüber 1990 zu mindern, wurde 2008 mit einem Zielerreichungsgrad von 101,9 % erstmals erreicht und sogar übertroffen (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 2008 bereits einen Anteil von 98,6 % am fossilen Brennstoffverbrauch. Ein weiter wachsender Anteil des Stromverbrauchs hätte im Gegenteil sogar ein Ansteigen der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen zur Folge. Weitere Einsparungen beim Energieverbrauch und damit bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen sind daher vermutlich nur durch weitere Verbesserungen der Ofentechnik und Maßnahmen zur Optimierung des Produktionsablaufs zu erreichen.

**Schaubild 7.4**  
**Zielerreichungsgrad der Feuerfestindustrie für 2012**  
1995 bis 2008



Eigene Berechnungen.

Einen substantziellen Einfluss auf die Zielerreichung hat dabei die Kapazitätsauslastung. Die Feuerfest-Industrie hängt in hohem Maße von der wirtschaftlichen Situation der Eisen- und Stahlindustrie ab. Aufgrund des Booms in dieser Abnehmerindustrie konnten die Anlagen seit 2006 deutlich höher ausgelastet werden als in früheren Jahren. Selbst 2008 stieg die Auslastung erneut, obwohl die Stahlwerke in Deutschland ihre Rohstahlerzeugung im vierten Quartal 2008 massiv zurückgefahren haben. Darüber hinaus hat der Einbruch des Welthandels zu einem deutlichen Produktionsrückgang in der stark exportorientierten Feuerfestindustrie geführt. Dieser Rückgang hat die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Branche verringert. Die verringerte Produktion hat 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). Für 2009 ist daher wieder mit einem steigenden spezifischen Energieverbrauch und steigenden spezifischen Emissionen zu rechnen. Wie lange die Auswirkungen der aktuellen Finanz- und Konjunkturkrise anhalten und ob die Zielmarke für 2012 dennoch zu erreichen ist, muss abgewartet werden.

## Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

---

### 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.

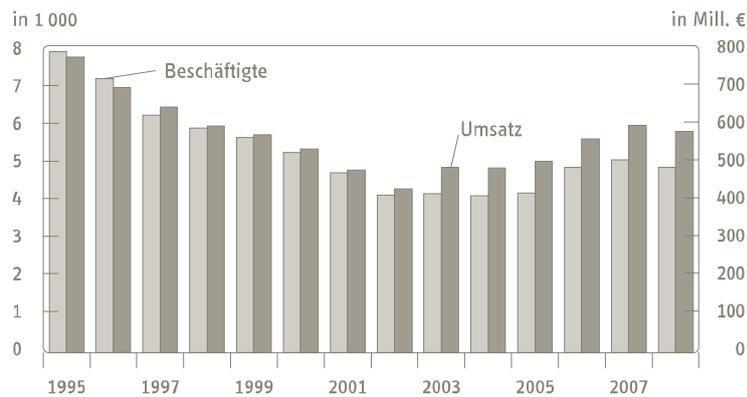
Die Branche gehört zu den eher kleinen Zweigen innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes. Ihr Umsatz betrug 2008 rund 577 Mill. € und sie beschäftigte insgesamt 4 818 Personen (Schaubild 8.1). 2008 betrug der Anteil dieser Industrie am Umsatz des gesamten Verarbeitenden Gewerbes lediglich 0,03 %.

#### 8.1 Datenbasis

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

Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten wird unter der Kennziffer 26.30 („Herstellung von keramischen Wand- und Bodenfliesen und -platten“) geführt. Vom Statistischen Bundesamt werden in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, jährliche Daten zu Umsatz, Beschäftigung, Verbrauch an verschiedenen Energieträgern sowie 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 späteren Berechnung des spezifischen Energieverbrauchs mit Hilfe eines durchschnittlichen Fliesengewichts, gemessen in kg/m<sup>2</sup>, in Tonnen umgerechnet.

**Schaubild 8.1**  
**Umsatz und Beschäftigung der Industrie der keramischen Fliesen und Platten**  
 1995 bis 2008



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

2008 gehörten nach Angaben des Statistischen Bundesamtes 28 Betriebsstätten zu diesem Sektor. Der Unterschied in der Zahl an Betriebsstätten ist einer der wesentlichen Gründe für die Abweichungen zwischen den Hochrechnungen des Verbandes und den Angaben des Statistischen Bundesamtes, wie sie in früheren Monitoringberichten festgestellt wurden (Buttermann, Hillebrand 2002: 76). Die Ursache für die hohe Zahl an Betriebsstätten, die vom Statistischen Bundesamt genannt wird, ist aus Gründen der Geheimhaltung nicht zu eruieren.

### 8.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

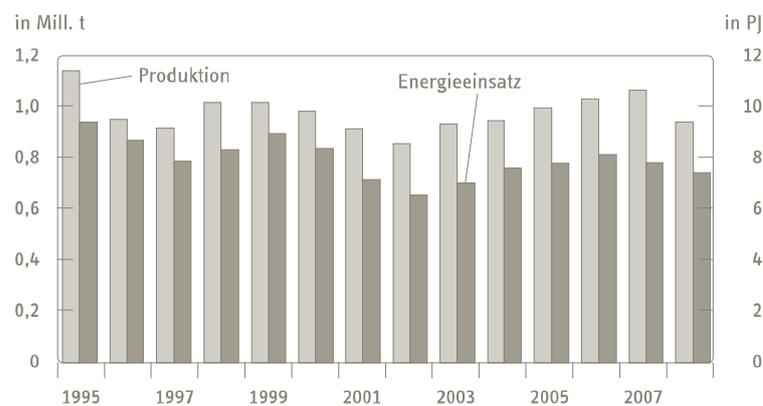
Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten befindet sich seit 1990 tendenziell auf einer Talfahrt (Schaubild 8.2). Wurden im Basisjahr 1990 noch gut 1,24 Mill. t Ware produziert, sank dieser Wert bis 2002 auf 0,86 Mill. t. Nachdem die Produktion bis 2007 wieder um mehr als ein Viertel auf knapp 1,1 Mill. t wuchs, ging sie 2008 erneut um fast 12 % auf ca. 0,9 Mill. t zurück. Alles in allem hat diese Industrie seit 1990 einen Produktionsrückgang von fast 24 % zu verkraften.

Mit dem Schrumpfungsprozess ging ein sinkender Energieverbrauch einher. Der Gesamtverbrauch an Energie verringerte sich von einstmalig 12 PJ im Jahr 1990 auf 6,6 PJ im Jahr 2002. Dies entspricht einer Reduktion von mehr als 45 % (Schaubild 8.2). Bis 2007 stieg der Energieverbrauch wieder auf 7,9 PJ. Mit einem Anstieg um 19,7 % wuchs er jedoch deutlich langsamer als die Produktion. 2008 ging der

## Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

Energieverbrauch dagegen trotz des hohen Produktionsrückgangs nur um 0,4 % auf 7,4 PJ zurück. Gegenüber dem Basisjahr konnte der Energieverbrauch um 38 % gesenkt werden.

**Schaubild 8.2**  
**Produktion und Energieverbrauch der Industrie der keramischen Fliesen und Platten**  
1995 bis 2008



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. 2008 lag der Umsatz bei 577 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. Seit 2005 hat die Zahl der Beschäftigten wieder zugenommen. 2008 betrug sie – trotz eines Rückgangs um 4,3 % – mehr als 4 800 Personen.

Mit einer Energieintensität von fast 7,9 GJ/t im Jahr 2008 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.<sup>8</sup> 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 Formteile, Spaltplatten und sonstige dickere keramische Fliesen und Platten dagegen häufig in Tunnelöfen oder Kammeröfen. Für Steinzeug sind Temperaturen zwischen 1 150° C und 1 300° C erforderlich, für Steingut genügen dagegen Temperaturen zwischen 1 050° C und 1 160° C (Löbke et al. 2001: 197). Als Energieträger für den Brennvorgang kommt inzwischen ausschließlich Erdgas zum Einsatz.

---

<sup>8</sup> 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.

## Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

---

### 8.4 Die Selbstverpflichtung

Der Verband hat im Dezember 2000 seine bis dahin bestehende Selbstverpflichtung neu formuliert und erweitert. Demnach wird eine *Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen je produzierter Tonne Fliesen und Platten* in zwei Etappen angestrebt. Bis 2005 verpflichtete sich die Industrie der keramischen Fliesen und Platten ihren spezifischen CO<sub>2</sub>-Ausstoß gegenüber 1990 um 22-26 % zu reduzieren. Auf Basis der spezifischen Emissionsmenge von 567 kg CO<sub>2</sub>/t im Jahre 1990 ergab sich für 2005 ein Ziel-Korridor von 420 kg bis maximal 442 kg CO<sub>2</sub>/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 CO<sub>2</sub>/t reduziert werden.

#### Übersicht 8.1

##### Selbstverpflichtung der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

Ziel 2012 Verringerung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen möglichst um bis zu 30 % gegenüber 1990 auf maximal 397 kg CO<sub>2</sub>/t.

Basisjahr 1990

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

### 8.5 Bis 2008 erreichte CO<sub>2</sub>-Minderungen

Für die spezifischen Emissionen in der Industrie der keramischen Fliesen und Platten lässt sich bis 2007 eine deutlich sinkende Tendenz erkennen (Tabelle 8.1). Zwischen 1990 und 1995 konnte der Klimagasausstoß auf 481 kg CO<sub>2</sub>/t zurückgeführt werden. Nachdem die spezifischen Emissionen in den Jahren 1996 und 1999 auf 534 bzw. 512 kg CO<sub>2</sub>/t stiegen (RWI 2005: 116), konnten sie bis 2007 auf 430 kg CO<sub>2</sub>/t reduziert werden. 2008 nahm der spezifische CO<sub>2</sub>-Ausstoß erneut zu und lag mit 460 kg CO<sub>2</sub>/t auf dem Niveau von 2006.

**Tabelle 8.1**

##### Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

1990 bis 2008; Ziel bis 2012: -30 %

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Spezifische CO <sub>2</sub> -Emission in kg/t	567	481	494	457	460	430	460
Reduktion in %	-	15,2	12,9	19,5	19,0	24,3	19,0
Zielerreichungsgrad für 2012 in %	-	50,8	43,0	65,1	63,4	81,1	63,2

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

### 8.6 Ursachenanalyse

Eine Reduzierung der spezifischen CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Emissionen pro GJ, die den jeweiligen Energiemix widerspiegeln, seit 1990 nahezu unverändert bei einem Wert von 58,4 kg CO<sub>2</sub>/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 CO<sub>2</sub>-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 2008; gerundeter Anteil der Energieträger am Gesamtverbrauch in %

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Leichtes Heizöl	0,5	0,4	0,1	-	-	-	-
Erdgas	71,0	71,0	71,9	71,8	72,2	71,1	70,8
Strom	28,4	28,6	28,1	28,2	27,8	28,9	29,2

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

Die Energieeffizienz konnte dagegen weiter gesteigert werden. Bis 2007 sank der spezifische Energieverbrauch auf 7,4 GJ/t, stieg 2008 allerdings wieder auf 7,9 GJ/t.

## Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

---

Gegenüber 1990 errechnet sich eine Minderung um knapp 19 %. Verbesserungen der Energieeffizienz wurden in der Vergangenheit vor allem durch den Abbau von Überkapazitäten und die Modernisierung der Produktionsanlagen begünstigt. Geringere Überkapazitäten waren daher eine wesentliche Ursache für die Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen.

**Tabelle 8.3**  
**Spezifischer Energieverbrauch der Industrie der keramischen Fliesen und Platten**  
1990 bis 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Spezifischer Energieverbrauch in GJ/t	9,7	8,2	8,5	7,8	7,9	7,4	7,9
Minderung in %	15,2	5,7	12,7	19,3	18,8	24,2	18,9

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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>/GJ mit dem spezifischen Energieverbrauch im Jahre 2008 multipliziert, ergeben sich für 2008 fiktive spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 461 kg CO<sub>2</sub>/t. Das Resultat stimmt weitgehend mit dem tatsächlichen Wert für die spezifischen Emissionen überein (Tabelle 8.1). Damit ist die Reduktion des spezifischen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bis 2007 in erster Linie auf die Verbesserung der Energieeffizienz zurückzuführen.

### 8.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung

In seinem Fortschrittsbericht für 2008 betont der Fliesenverband, dass regelmäßige Neueinstellungen der Produktion nicht nur aufgrund veränderter Marktanforderungen an die Produkte, sondern auch unter dem Aspekt der Energieeffizienz erfolgen. Hierzu wurden Maßnahmen zur Verbesserung des Energiemanagements, der Optimierung der Produktkontrolle und zum Ausbau der Wärmerückgewinnung sowie der Erneuerung von Ofenanlagen durchgeführt (Fliesenverband 2009: 1).

Beispielhaft werden im Fortschrittsbericht neun Maßnahmen zur Energieeinsparung aufgeführt. Durch zwei dieser Maßnahmen konnte der Verbrauch von Dieselmotorkraftstoff verringert werden. Da Diesel im Rahmen des Monitorings jedoch nicht berücksichtigt wird, bleiben diese Maßnahmen im Folgenden unberücksichtigt. Das Investitionsvolumen für die übrigen sieben Maßnahmen belief sich insgesamt auf

919 Mill. €. Nach Angaben des Fliesenverbandes beziehen sich die Angaben zu den Energieeinsparungen überwiegend auf den Erdgasverbrauch. Die Höhe der Einsparung variiert bei den umgesetzten Maßnahmen zwischen 749 GJ durch die Nutzung von Ofenabwärme für die Raumheizung und fast 39 TJ durch die Umstellung der Masse und Änderung der Zuführungsdosierung. Insgesamt konnten durch diese Maßnahmen rund 55,8 TJ Energie eingespart und 3 158 t CO<sub>2</sub> vermieden werden. Die bedeutendsten Maßnahmen sind in Tabelle 8.4 wiedergegeben.

**Tabelle 8.4**  
**Ausgewählte Maßnahmen der Industrie der keramischen Fliesen und Platten**  
2008

Maßnahme	Investitionen in Tsd. €	Energie- einsparung in GJ	Energie- träger	CO <sub>2</sub> - Minderung in Tonnen
Umstellung Masse, Änderung der Zuführungsdosierung	100	38 983	Erdgas	2 183
Austausch von Pumpensystemen	25	2 713	Strom	174
Erweiterung Trockner und Speicher zur besseren Auslastung Rollenofen	250	4 126	Erdgas	231
Fluorfilter mit Wärmetauscher	330	6 347	Erdgas	355

Nach Angaben des Industrieverbands Keramische Fliesen und Platten e.V. (Fliesenverband 2009)

Die meisten Investitionen entfallen auf Maßnahmen zur Optimierung der Prozessabläufe. Hier sind auch die höchsten Effizienzgewinne zu realisieren. Allerdings werden die Produktionsabläufe stark von der Nachfragesituation geprägt. Ein starker Rückgang der Nachfrage wie in der zweiten Jahreshälfte 2008 kann die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Effizienzverbesserung kompensieren. In der Fliesenindustrie wurde versucht, der Verschlechterung der Energieeffizienz durch die schlechtere Ofenauslastung durch zeitweise Stilllegung von Anlagen entgegenzuwirken (Fliesenverband 2009: 2).

### 8.8 Bewertung

Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten avisiert in ihrer aktuell gültigen Selbstverpflichtungserklärung eine Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-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. Die Auswirkungen der wirtschaftlichen Entwicklung im Jahre 2008 haben die Zielerreichung jedoch wieder auf rund 63 % sinken lassen.

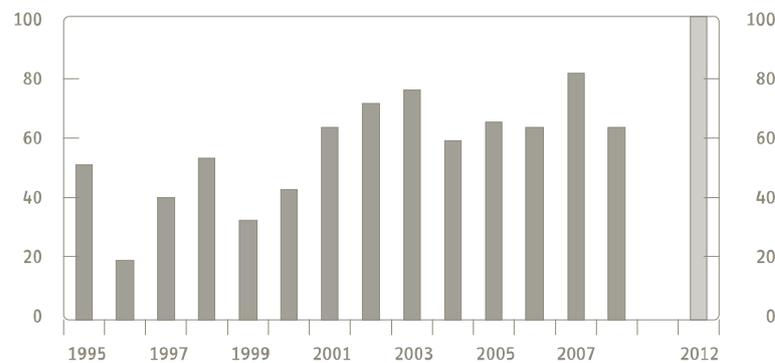
Die zukünftige Entwicklung im Hinblick auf das für 2012 angestrebte Minderungsziel ist mit einer gewissen Unsicherheit behaftet (Schaubild 8.4). Seit einigen Jahren

## Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

---

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

**Schaubild 8.4**  
**Zielerreichungsgrad der Industrie der keramischen Fliesen und Platten für 2012**  
1995 bis 2008; 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). Diese Marktsitua-

tion trägt zur schlechten Auslastung der Produktionskapazitäten bei, die zwangsweise in erhöhte spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen mündet.

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

## Die Ziegelindustrie

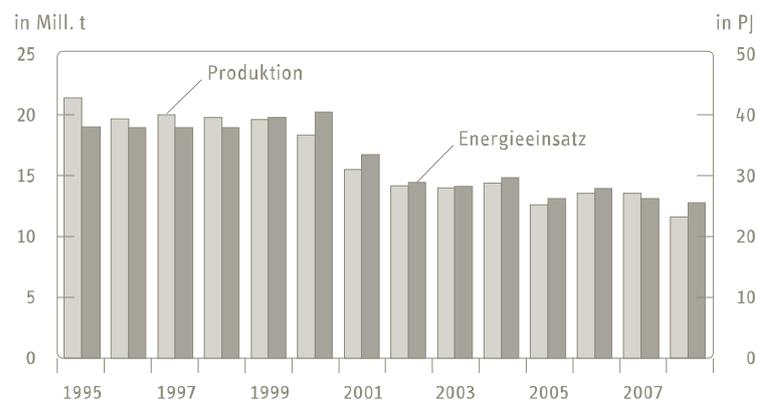
### 9. Die Ziegelindustrie

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 11,5 Mill. t gebrannter Ziegel im Jahr 2008 (Schaubild 9.1). Dies entspricht einem Rückgang von 40,7 %.

Schaubild 9.1

#### Produktion und Energieverbrauch in der Ziegelindustrie

1995 bis 2008



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

#### 9.1 Datenbasis

Die wesentliche Datengrundlage für die im Rahmen des vorliegenden Berichtes erfolgende Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bildete auch für die Ziegelindustrie bis 2002 die Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes. Der Sektor wird dort als Wirtschaftszweig 26.4, „Herstellung von sonstiger Baukeramik“, geführt. Seit 2003 wird die Energieverwendung vom Statistischen Bundesamt neu erhoben

und in einer eigenen Statistik veröffentlicht. Diese ist jedoch für das Monitoring nur eingeschränkt verwendbar, da viele Angaben aus Gründen der Geheimhaltung nicht ausgewiesen werden. Zudem gibt es Abweichungen zur bisherigen Statistik der Reihe 4.1.1 bei Art und Umfang der eingesetzten Energieträger, die bislang nicht geklärt werden konnten. 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 CO<sub>2</sub>-Minderung basieren auf dem Fortschrittsbericht des Bundesverbandes der Ziegelindustrie (Ziegel 2009). 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.

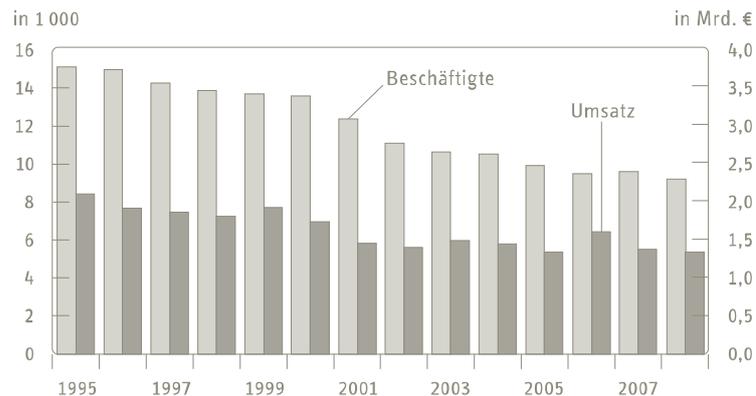
Die amtliche Statistik weist die Herstellung von Mauerziegeln in Kubikmetern und von Dachziegeln in Stückzahlen aus. Der Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie ermittelt daraus anhand von Erfahrungswerten Produktionswerte in Tonnen. Dazu wird ein Durchschnittsgewicht von 1 300 kg/m<sup>3</sup> Mauerziegel 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 40,7 % zwischen 1999 und 2008 ging eine vergleichbare Reduktion des Energieverbrauchs um 35,5 % einher. Laut Statistischem Bundesamt erzielte der Industriezweig 2008 mit 9 140 Beschäftigten in 132 Betrieben einen Umsatz von 1,3 Mrd. € (Schaubild 9.2). Der seit 2000 anhaltende Rückgang der Beschäftigung setzte sich auch 2008 fort. Mit lediglich 0,2 % aller Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe und einem Umsatzanteil von 0,1 % im Jahr 2008 handelt es sich bei der Ziegelindustrie um einen vergleichsweise kleinen Industriebereich. Demgegenüber stellt sie sich mit einem Anteil am Gesamtenergieverbrauch in Höhe von ca. 1,0 % als relativ energieintensiv dar.

## Die Ziegelindustrie

**Schaubild 9.2**  
**Beschäftigte und Umsatz in der Ziegelindustrie**  
1995 bis 2008



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 19,1 MJ/€ im Jahr 2008 zu den energieintensiven Sektoren zu zählen. Lediglich die anderen zur Baustoffbranche zählenden Sektoren wie die Kalk- und Zementindustrie weisen eine deutlich höhere Energieintensität als die Ziegelindustrie auf.

### 9.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Die Ziegelindustrie produziert unter anderem Mauer- und Dachziegel sowie Klinkersteine und Pflasterklinker. Dachziegel hatten nach Angaben des Verbandes 2008 einen Anteil von 19,4 % an der gesamten Produktion, Mauerziegel entsprechend einen Anteil von 80,6 %. 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 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2012 um 28 bis 30 % gegenüber 1990 zu senken. 1990 wurden 152 kg CO<sub>2</sub>/t emittiert. Somit ergibt sich für 2012 ein Reduktionsziel von maximal 109 kg CO<sub>2</sub>/t.

##### Übersicht 9.1

##### Selbstverpflichtungen der Ziegelindustrie

Ziel 2012	Verringerung der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen um 28 bis 30 % gegenüber 1990 auf 109 bzw. 106 kg CO <sub>2</sub> /t.
Basisjahr	1990

---

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie (Ziegel 2000).

---

#### 9.5 Bis 2008 erreichte Minderungen

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

## Die Ziegelindustrie

2007 wieder auf rund 1,9 GJ/t reduziert werden. 2008 ist ein erneuter Anstieg um fast 14 % auf 2,2 GJ/t zu verzeichnen.

**Tabelle 9.1**  
**Spezifischer Energieeinsatz der Ziegelindustrie**  
1990 bis 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Spez. Verbrauch, kJ/kg	2 274	1 776	2 208	2 078	2 060	1 939	2 205
Minderung in %	-	21,9	2,9	8,6	9,4	14,7	3,1

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

Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen haben 1995 mit 108 kg CO<sub>2</sub>/t erstmals die Zielmarke für 2012 unterschritten (Tabelle 9.2). Ähnlich wie der spezifische Energieverbrauch haben sich die spezifischen Emissionen bis 2000 wieder erhöht, lagen aber mit 130 kg CO<sub>2</sub>/t noch gut 14 % unter dem Wert von 1990. Bis 2007 sanken die spezifischen Emissionen auf 116 kg CO<sub>2</sub>/t. 2008 stiegen die sie jedoch wieder um 13,1 % auf 131 kg CO<sub>2</sub>/t. Damit konnte die Minderung des spezifischen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes seit 2000 nicht weiter fortgesetzt werden. Die Ziegelindustrie hat sich daher 2008 weiter von ihrem unteren Minderungsziel für 2012 entfernt und es erst zur Hälfte erreicht.

**Tabelle 9.2**  
**CO<sub>2</sub>-Emissionen und Zielerreichungsgrad der Ziegelindustrie**

1990 bis 2008; Ziel bis 2012: Minderung der spezifischen Emissionen auf 106 bis 109 kg CO<sub>2</sub>/t

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Abs. Emissionen, 1000 t	2 407	2 304	2 370	1 541	1 640	1 558	1 504
Spez. Emissionen, kg CO <sub>2</sub> /t	152	108	130	123	122	116	131
Minderung in %	-	28,9	14,4	19,1	19,9	24,0	14,1
Zielerreichungsgrad in %		103,2	51,4	68,4	71,2	85,8	50,3

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

### 9.6 Ursachenanalyse

Die offenkundigste Ursache für die Abnahme des absoluten Energieverbrauchs um 35,5 % zwischen 1999 und 2008 ist im anhaltenden Produktionsrückgang der Ziegelindustrie zu sehen. Die Produktion sank in diesem Zeitraum um 40,7 %. 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 2007 einen Rückgang des spezifischen Verbrauchs. Für 2008 weist der Verband in seinem Fortschrittsbericht darauf hin, dass Auslastungsprobleme in besonderem Maße zu einem erhöhten spezifischen Energieverbrauch geführt haben (Ziegel 2009: 2). Konkrete Angaben zu den Auslastungsgraden werden jedoch nicht gemacht.

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

**Tabelle 9.3**  
**Mauer- und Dachziegelproduktion der Ziegelindustrie**

1995 bis 2008; in Mill. Tonnen

	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Mauerziegel	18,8	15,3	10,1	10,8	10,9	9,3
Dachziegel	2,5	2,9	2,5	2,6	2,6	2,2
Ziegel insgesamt	21,3	18,2	12,5	13,5	13,5	11,5
Mauerziegel in %	88,4	84,1	80,4	80,5	80,5	80,6

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. Durch deren Einsatz erhöhte sich der spezifische Energieeinsatz

## Die Ziegelindustrie

---

gegenüber den traditionell verwendeten U-Kassetten von 2 400 bis 3 000 kJ/kg auf 2 800 bis 3 500 kJ/kg (Ziegel 2008: 2-3).

Im Vergleich zu 1990 ist der spezifische Energiebedarf bis 2008 nur um knapp 3,1 % gesunken (Tabelle 9.1). Der Wert für die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen lag dagegen 14,1 % unter dem Niveau von 1990 (Tabelle 9.2). Der Grund für diesen Unterschied ist im zunehmenden Verzicht kohlenstoffreicher zugunsten kohlenstoffarmer Energieträger zu sehen. 1990 wurde noch etwa 16 % der Energie aus der Verfeuerung von Braun- und Steinkohle gewonnen. 2008 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 2008 bereits fast 69 %. Der Stromanteil am Energieverbrauch stieg als Folge der verstärkten Aufbereitung der Rohstoffe und dem Einsatz von Abgasreinigungsanlagen zwischen 1990 und 2008 von 21 % auf knapp 25,5 %.

Die Verdrängung kohlenstoffreicher Energieträger spiegelt sich auch im durchschnittlichen Emissionswert je Energieeinheit wider. 1990 betrug dieser noch 66,9 kg CO<sub>2</sub>/GJ. Dieser Wert konnte bis 2008 auf 59,3 kg CO<sub>2</sub>/GJ reduziert werden. Die Minderung beträgt demnach 7,6 kg CO<sub>2</sub>/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 CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erklären.

**Tabelle 9.4**  
**Veränderungen des Energiemix der Ziegelindustrie**  
 1990 bis 2008; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
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	0,0	0,0	0,1
Schweres Heizöl	2,7	1,9	1,2	0,7	0,8	0,8	0,6
Leichtes Heizöl	2,0	2,9	0,9	0,2	0,3	0,2	0,2
Erdgas	17,7	22,9	28,4	18,4	19,5	17,3	17,4
Flüssiggas	-	-	-	-	-	-	0,5
Kokereigas	0,3	0,5	0,2	-	-	-	-
Brennstoffe insgesamt	28,4	28,8	30,7	19,6	20,7	18,7	18,9
Nettofremdstrombezug	7,6	9,0	9,4	6,4	7,0	7,5	6,5
Energiebedarf insgesamt	36,0	37,8	40,1	26,0	27,7	26,1	25,4

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

### 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 2008 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht möglich. Die aufgeführten Maßnahmen führten zu prozessbezogenen Einsparungen, über deren Höhe nur vereinzelt Angaben gemacht wurden. Tabelle 9.5 gibt eine Auswahl der insgesamt 22 aufgeführten Maßnahmen wieder. Intensive Bemühungen zur Ener-

## Die Ziegelindustrie

gieweinsparung richteten sich auf die Möglichkeiten der Optimierung des Wärmeverbundes zwischen Tunnelöfen und Trocknern sowie auf die Modernisierung bestehender Systeme und Aggregate.

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

2008

Maßnahmen aus einzelnen Ziegelwerken	Energieeinsparung
Installation einer Roboterbeladung	50 % der Antriebsenergie
Einbau von Wärmetauschern	ca. 270 000 m <sup>3</sup> Erdgas, entspricht 480 t CO <sub>2</sub>
Ausrüstung eines Siloausräumgeräts (Kalkschütttschichtfilter) mit einem Frequenzumrichter	ca. 2 MW Strom, entspricht 0,4 t CO <sub>2</sub>
Installation einer eigenen Wasserversorgung in einem Schneiderraum	ca. 2 MW Strom, entspricht 0,4 t CO <sub>2</sub>
Nutzung der Energie des Rauchgases aus der Ofenabluft durch Einbau einer Wärmeträgerölanlage zur Abwärmennutzung einer Nachverbrennungsanlage	Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs um 21 %.
Optimierung der Trocknerumwälzung	Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs um 6 %.
Ersatz einer veralteten Anlage durch Modernisierung bzw. kompletten Neubau des Werkes; Energieeinsparung durch kontinuierlich Kühlluft-Abnahme vom Ofen zum Trockner nach Einführung von Sonntagsarbeit; Einführung eines Energiemanagementsystems.	ca. 300 kcal/kg an Wärmeenergie
Reduzierung der Gewichte der Tunnelofenwagen (TOW) durch Umbau der TOW-Aufbauten; Einführung eines Last-Managements zur Vermeidung von Stromspitzen.	Senkung des spezifischen Gasverbrauchs und Verringerung des Stromverbrauchs.
Neubau einer thermischen Nachverbrennung	ca. 80 %; entspricht etwa 1 000 t CO <sub>2</sub>
Austausch eines überdimensionierten Gas-Brenners; Verbesserung des Regelverhaltens des Antriebs eines Trockner-Heißluftventilators; Erweiterung der unteren Direktabsaugung zur Verbesserung der Heißluftabsaugung.	Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs des Tunnelofens um 6,6 %.

Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie (Ziegel 2009).

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 Opti-

mierungsmaßnahmen 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 Energieeinsparungen 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 2009: 1).

Die Umsetzung technischer und organisatorischer Energiesparmaßnahmen wurde von zahlreichen Informations- und Weiterbildungsveranstaltungen begleitet, bei denen die Möglichkeiten zur weiteren Optimierung des Energieverbrauchs im Mittelpunkt standen. Hierzu zählen unter anderem der jährlich stattfindende Würzburger Ziegellehrgang sowie die Lehrgänge der Ziegeltechnik für Meister und Fachleute an der FH Koblenz (Ziegel 2009: 2).

### 9.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die Ziegelindustrie avisiert in ihrer aktuell gültigen Selbstverpflichtungserklärung eine Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2012 zwischen 28 und 30 % auf maximal 109 kg CO<sub>2</sub>/t gegenüber 1990.

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 %. Hier spiegelt sich der deutliche Produktionsrückgang wider, dessen Auswirkungen 2008 alle Maßnahmen zur Reduzierung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen überlagert haben.

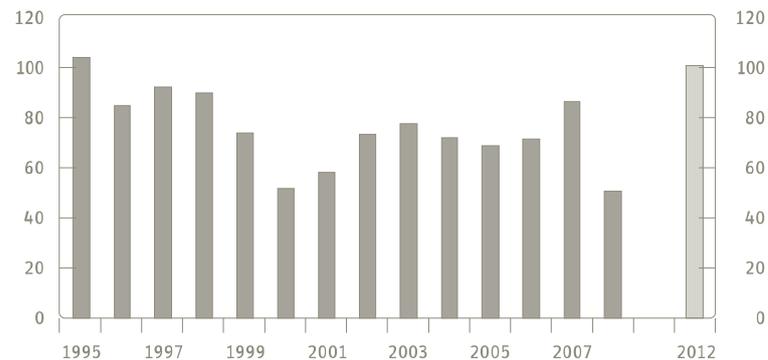
Generell gibt es verschiedene Ursachen, die der Ziegelindustrie Probleme bereiten, das gesteckte Ziel für 2012 zu erreichen: Ganz wesentlich ist die seit Jahren rückläufige Baukonjunktur. Die geringe Fertigstellungszahl beim Wohn- und Gewerberman führt zu einer generell sinkenden Nachfrage nach Mauer- bzw. Dachziegeln und folglich zu einer schlechteren Auslastung der Produktionskapazitäten mit entsprechend steigenden spezifischen Energieverbräuchen und CO<sub>2</sub>-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 wird verstärkt auf Kundenwünsche eingegangen. Die Folge sind geringere Stückzahlen, die mit einem höheren spezifischen Energieverbrauch und höheren spezifischen Emissionen einhergehen.

## Die Ziegelindustrie

---

**Schaubild 9.3**  
**Zielerreichungsgrade der Ziegelindustrie für die Senkung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen**

1995 bis 2008; in %



Eigene Berechnungen.

---

Die Substitution von kohlenstoffreichen Brennstoffen durch Erdgas trug bisher besonders zur Zielerreichung bei. Die Möglichkeit einer weiteren Substitution dürfte jedoch weitgehend ausgeschöpft sein: Erdgas deckte 2008 bereits 92 % 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 Marktberingung 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.

### 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.

#### 10.1 Datenbasis

Die für das CO<sub>2</sub>-Monitoring verwendeten Daten zum Energieverbrauch und zur Produktion basieren auf jährlichen Umfragen des Vereins Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ). Für den für das Monitoring relevanten Zeitraum ab 1995 macht zudem das Statistische Bundesamt in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, Angaben zum Energieverbrauch sowie zu Umsatz und Beschäftigung (StaBuA/FS4/R4.1.1). Zum Energieverbrauch gibt es Daten allerdings nur bis 2002, da die ab 2003 durchgeführte neue Erhebung des Statistischen Bundesamtes über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes die Verbrauchsdaten aus Geheimhaltungsgründen nicht mehr in der erforderlichen Gliederungstiefe bei den Energieträgern ausweist. Die hier benutzte Bezeichnung „Zementindustrie“ steht für den in den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes aufgeführten Wirtschaftszweig Nr. 26.51, Herstellung von Zement.

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

Ein weiterer Grund für Unterschiede lag vermutlich darin, dass das Statistische Bundesamt die Zuordnung von Betrieben zu Sektoren nach deren Haupttätigkeit vornimmt, manche Zementwerke aber zum Beispiel auch Kalk herstellen und dafür andere Energieträger benötigen, die zwar vom Statistischen Bundesamt, nicht aber bei den Erhebungen des VDZ erfasst werden.

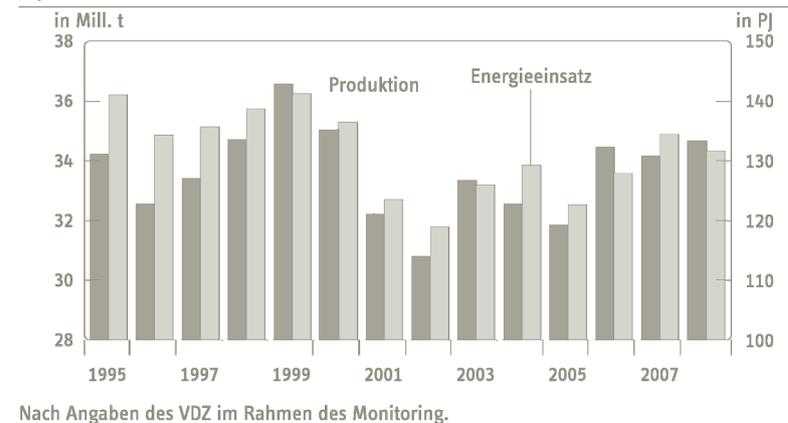
## Die Zementindustrie

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

### 10.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Mit einem Produktionsniveau von rund 33,3 Mill. t Zement aus in Deutschland gebranntem Zementklinker – dem Hauptbestandteil von Zement – gelang es der Zementindustrie 2003, den drastischen Rückgang der Produktion der Jahre zuvor zu stoppen. (Schaubild 10.1). Zwar ging die Produktion bis 2005 erneut auf 31,8 Mill. t zurück, stieg aber bis 2008 wieder auf 34,7 Mill. t an.

**Schaubild 10.1**  
**Produktion und Energieeinsatz der Zementindustrie**  
1995 bis 2008



Zum Teil verursacht durch den Produktionsrückgang reduzierte sich der Energieverbrauch von 1999 bis 2002 kontinuierlich von 141,3 PJ auf 118,9 PJ (Schaubild 10.1); zwischen 2002 und 2004 war sein Zuwachs mit 8,7 % deutlich stärker ausgeprägt als der der Produktion mit 5,7 %. Von 2004 bis 2007 dagegen lag die Zuwachsrate der Produktion mit 1,6 % leicht über der des Energieeinsatzes mit 1,3 %. Im Jahr 2008 stieg die Produktion um 1,5 %, während der Energieeinsatz mit etwa -2,0 % rückläufig war. Die Energieverbrauchswerte beinhalten dabei sowohl den Einsatz

fossiler Brennstoffe und Strom als auch die Sekundärbrennstoffe. Der Anteil der Sekundärbrennstoffe am gesamten Brennstoffeinsatz, der bereits zwischen 1995 und 2004 kontinuierlich von 10,7 % auf 42,1 % erhöht wurde, konnte bis 2008 noch einmal gesteigert werden, auf 54,4 % bzw. 52,1 PJ (Tabelle 10.7). Gemessen am gesamten Energieeinsatz lag der Anteil der Sekundärenergie damit 2008 bei 54,4 %.

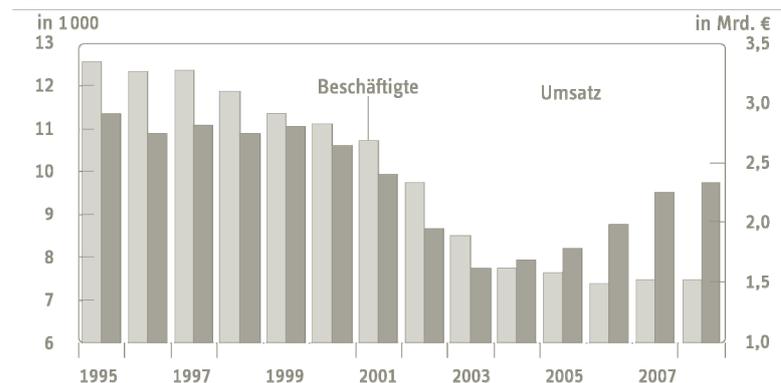
Wenngleich weit hinter der Chemischen Industrie, der Eisenschaffenden Industrie und der Papierindustrie zurückliegend, zählt die Zementindustrie dennoch zu den energieintensiven Sektoren im Verarbeitenden Gewerbe. In kaum einer Branche des Verarbeitenden Gewerbes war die Energieintensität – gemessen durch das Verhältnis von Verbrauch und Umsatz höher. Verglichen mit dem Verarbeitenden Gewerbe insgesamt wies die Zementindustrie 2008 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. €.

Auf den Absatzrückgang reagierte die Zementindustrie sowohl mit der Schließung von Werken als auch mit einer weiteren Reduzierung der Beschäftigten. Insgesamt ist die Zahl der Arbeitskräfte in diesem Sektor in den vergangenen Jahren kontinuierlich gefallen: von rund 12 600 Beschäftigten im Jahr 1995 auf rund 7 400 im Jahr 2008 (Schaubild 10.2).

## Die Zementindustrie

**Schaubild 10.2**  
**Beschäftigte und Umsatz in der Zementindustrie**  
1995 bis 2008



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<sup>9</sup> 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  $\text{CaCO}_3$  (Calciumcarbonat, Calcit). Um aus den Rohmaterialien Zementklinker zu produzieren, werden diese auf die so genannte *Sinter*temperatur von etwa 1 400 bis 1 450 Grad Celsius aufgeheizt (VIK 1998: 40). Dieser Prozess wird als *Sinterung* bezeichnet (Lohmann 1999: 25).

<sup>9</sup> 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).

Bereits während der Aufheizung bis zur Sintertemperatur zersetzt sich das Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) zu Calciumoxid ( $\text{CaO}$ ) und Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ). Diesen chemischen Prozess der thermischen Dissoziation von Calcit nennt man *Entsäuern* des Kalksteins. Bei noch höheren Temperaturen entsteht aus Calciumoxid ( $\text{CaO}$ ) 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 ( $\text{CaCO}_3$ ) wird *rohstoffbedingt* das Treibhausgas Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) freigesetzt. Die rohstoffbedingten spezifischen  $\text{CO}_2$ -Emissionen hängen von der Rohstoffrezeptur ab, verändern sich jedoch nur in geringem Maße. Im Jahr 2008 betrug diese etwa 0,388 t  $\text{CO}_2$ /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.

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.

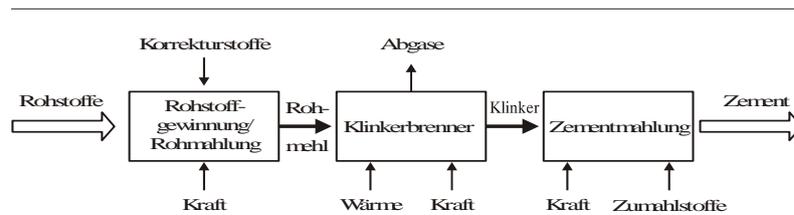
Man unterscheidet verschiedene Mahlverfahren wie das Nassverfahren, das Halbtrockenverfahren und das Trockenverfahren. Das Nassverfahren wird in Deutschland mittlerweile nicht mehr angewandt. Beim Halbtrockenverfahren wird das Rohmehl mit Wasser angefeuchtet (VIK 1998: 39). Heutzutage wird in Deutschland 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).

### **Schaubild 10.3**

Schematische Darstellung der Herstellung von Zement

## Die Zementindustrie

---



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 CO<sub>2</sub>-Ausstoß dieser Branche von erheblicher Bedeutung. Obwohl die Beimischung dieser Materialien einen größeren Stromeinsatz aufgrund eines erhöhten Mahlaufwands erfordert, ist der gesamte Energieaufwand zur Herstellung einer Tonne Zement durch die Verwendung von Hüttensand oder Kalkstein dennoch geringer als bei ausschließlicher Verwendung von Zementklinker: Durch die Beimischung anderer Stoffe muss weniger Zementklinker pro Tonne Zement gebrannt

werden, was notwendigerweise unter hohem Einsatz von Energie geschieht, um die Sintertemperatur von 1 400 bis 1 450 Grad Celsius zu erreichen. Neben den durch den verringerten Energieeinsatz erzielten energiebedingten spezifischen CO<sub>2</sub>-Einsparungen reduzieren sich durch das Hinzufügen dieser Ersatzstoffe für Klinker auch die rohstoffbedingten spezifischen CO<sub>2</sub>-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 2008 gar auf 70,1 %. Derartige Veränderungen des Mix an Zementprodukten stellen eine zunehmend wichtiger werdende Option zur Energieeinsparung und CO<sub>2</sub>-Reduzierung in der Zementindustrie dar.

#### 10.4 Die Selbstverpflichtung

Die deutsche Zementindustrie hat im Jahr 2000 erklärt, die energiebedingten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2012 um 28 % gegenüber dem Basisjahr 1990 senken zu wollen (VDZ 2000: 19). Hierbei werden die CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-neutral angesehen (VDZ 2005: 4).

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 CO<sub>2</sub> und anderen klimarelevanten Spurengasen führen.

## Die Zementindustrie

### Übersicht 10.1

#### Selbstverpflichtung der Zementindustrie

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

Angaben des VDZ (2000: 19).

Unter Einbeziehung der rohstoffbedingten Emissionen würden sich bei Einhaltung der Verpflichtung der Zementindustrie die spezifischen CO<sub>2</sub>-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 2008 erreichte CO<sub>2</sub>-Minderungen

Der energiebedingte spezifische CO<sub>2</sub>-Ausstoß betrug 2008 rund 183 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne Zement nach 195 kg CO<sub>2</sub>/t im Jahr 2007. Er konnte damit weiterhin deutlich vermindert werden und war um rund 48 % niedriger als im Basisjahr 1990 (Tabelle 10.1). Damals lagen die energiebedingten spezifischen Emissionen bei etwa 352 kg CO<sub>2</sub>/t Zement – wohlgermerkt ohne die CO<sub>2</sub>-Beiträge der Sekundärbrennstoffe. Das Ziel, die energiebedingten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2012 um 28 % gegenüber dem Basisjahr 1990 zu reduzieren, war bereits im Jahr 2001 erfüllt, als die Minderung 30,1 % betrug (Tabelle 10.1). 2008 ist dieses Ziel um fast 70 % übertroffen worden.

**Tabelle 10.1**

#### Energiebedingte<sup>1</sup> spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Zementindustrie

1990 bis 2008; Minderungsziel bis 2012: 253 kg CO<sub>2</sub>/t Zement bzw. -28 %

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Emissionen in kg CO <sub>2</sub> /t	352	325	263	200	189	195	183
Minderung in %	-	7,7	25,3	43,2	46,3	44,6	48,0
Zielerreichungsgrad in %	-	27,5	90,4	154,2	165,4	159,3	167,6

Nach Angaben des VDZ (2009). – <sup>1</sup> Ohne Sekundärbrennstoffe.

Die implizite Annahme des Verbandes, dass mit Einhaltung dieser Zielgröße auch die gesamten spezifischen Emissionen inklusive der rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2012 um 16 % sinken würden, bestätigte sich ebenfalls bereits für alle Jahre seit 2001 (Tabelle 10.2).

**Tabelle 10.2**  
**Rohstoff- und energiebedingte<sup>1</sup> spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementindustrie**  
 1990 bis 2008; Minderungsziel bis 2012: 674 kg CO<sub>2</sub>/t Zement bzw. -16 %

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Spezifische Emissionen in kg CO <sub>2</sub> /t	802	776	694	606	573	614	571
Minderung in %	-	3,2	15,6	24,4	28,6	23,4	28,8

Nach Angaben des VDZ (2009). – <sup>1</sup> Ohne Sekundärbrennstoffe.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Einsatz fossiler Brennstoffe und Strom lagen im Basisjahr 1990 bei rund 12 Mill. t (Tabelle 10.3). 2008 betrug diese knapp 6,4 Mill. t, womit die Einsparung gegenüber 1990 bereits rund 5,6 Mill. t betrug und damit noch einmal um etwa 0,3 Mill. t niedriger war als 2007. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen inklusive des rohstoffbedingten Anteils betragen 1990 rund 27,4 Mill. t. Im Jahr 2008 lagen sie mit 19,8 Mill. t um rund 7,6 Mill. t oder 27,7 % niedriger als 1990. Gegenüber 2007 bedeutete dies eine weitere Einsparung um 1,2 Mill. t. Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden deutlich von den rohstoffbedingten Emissionen übertroffen: Diese lagen 1990 bei etwa 15,4 Mill. t, wie sich aus der Differenz von 27,4 und 12 Mill. t ergibt. Die rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen hatten im Basisjahr folglich einen Anteil von etwa 56,2 % an den CO<sub>2</sub>-Emissionen dieses Sektors. 2008 hatten die rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen mit 67,9 % oder 13,4 Mill. t einen bedeutend höheren Anteil an der gesamten Emissionsmenge.

## Die Zementindustrie

**Tabelle 10.3**  
**CO<sub>2</sub>-Emissionen und Produktion der Zementindustrie**  
1990 bis 2008; in Mill. t

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Energiebedingte Emissionen	12,0	11,1	9,2	6,4	6,5	6,7	6,4
Minderung in %	-	7,5	23,3	47,1	45,5	44,6	48,0
Energie- und rohstoffbedingte Emissionen	27,4	26,5	24,3	19,3	19,8	21,0	19,8
Minderung in %	-	3,3	11,3	29,7	27,9	23,5	27,7
Produktion	34,2	34,2	35,0	31,8	34,5	34,1	34,7
Veränderung geg. 1990 in %	-	0,0	2,3	-7,0	0,9	-0,3	1,5

Nach Angaben des VDZ (2009).

### 10.6 Ursachenanalyse

Die wesentlichen Gründe für die Senkung des Energieverbrauchs und damit der CO<sub>2</sub>-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 2008 ca. 12,4 %. Maßgeblichen Beitrag hierzu leistete die Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs, welcher sich im selben Zeitraum um 13,6 % reduzierte.

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 2008 mit 6,5 % während die Produktion im gleichen Zeitraum um etwa 1,5 % anstieg. Der Rückgang des Verbrauchs an elektrischer Energie geht im Wesentlichen einher mit der Verbesserung des spezifischen Stromverbrauchs. Dieser sank um 7,8 % (Tabelle 10.5).

**Tabelle 10.4**  
**Spezifischer und absoluter thermischer Energieverbrauch der Zementindustrie**  
 1990 bis 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Spez. Verbrauch in kJ/kg	3200	3000	2835	2785	2674	2915	2764
Minderung in %	-	6,3	11,4	13,0	16,4	8,9	13,6
Verbrauch in PJ	109,5	102,8	99,3	88,7	92,1	99,5	95,8
Minderung in %	-	6,1	9,3	18,9	15,8	9,0	12,4

Nach Angaben des VDZ (2009).

Der Rückgang des spezifischen thermischen Energieverbrauchs ist im Wesentlichen auf zwei Faktoren zurückzuführen. Dies sind zum einen Effizienzverbesserungen in der Produktion und zum anderen der erhöhte Absatz von Zementen mit zusätzlichen Bestandteilen wie etwa Hüttensand oder Kalkstein, die den Anteil an gebranntem Zementklinker verringern – und damit auch den für das Brennen des Klinkers notwendigen Energieaufwand. Zwischen 1995 und 2004 ist der Anteil der Zementsorten mit mehreren Bestandteilen von 23,2 % auf 41,7 % deutlich gestiegen (Tabelle 10.6). Bis 2008 setzte sich der Anstieg auf etwa 70,1 % 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 13,6 % zwischen 1990 und 2008 kann die in Tabelle 10.1 dargestellte Verringerung der *energiebedingten* spezifischen CO<sub>2</sub>-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 54,5 % oder 52,1 PJ im Jahr 2008.

## Die Zementindustrie

---

**Tabelle 10.5**  
**Spezifischer und absoluter Verbrauch an elektrischer Energie**  
1990 bis 2008

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

Nach Angaben des VDZ (2009).

Um zu einer Abschätzung der durch den vermehrten Einsatz an Sekundärbrennstoffen vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen zu kommen, wird hier vereinfachend davon ausgegangen, dass diese ausschließlich Steinkohle und Braunkohlenstaub mit jeweils einem CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von 0,093 Mill. t CO<sub>2</sub>/PJ<sup>10</sup> ersetzt haben. Mit den gegenüber 1990 zusätzlich eingesetzten 44,0 PJ an Sekundärbrennstoffen wären demnach 2008 etwa 4,1 Mill. t CO<sub>2</sub> eingespart worden.

---

<sup>10</sup> Für Braunkohle verwendet der VDZ (2005: 15) wegen der in der Zementindustrie eingesetzten besseren Brennstoffqualität einen niedrigeren Emissionsfaktor als sonst üblich.

**Tabelle 10.6**  
**Anteile der Zemente mit mehreren Bestandteilen am Inlandsabsatz**  
 1995 bis 2008; in %

Zementsorte (Zusatzstoffe)	1995	2000	2005 <sup>1</sup>	2006	2007	2008
Portlandhüttenzement (6-35 % Hüttensand)	2,6	15,0	14,7	19,3	20,5	22,1
Portlandkalksteinzement <sup>2</sup> (6-20 % Kalkstein)	6,7	6,7	15,5	14,7	15,6	16,6
Hochofenzement (36-80 % Hüttensand)	13,4	14,2	14,4	17,7	19,2	20,5
Portlandpuzzolanzement (6-35 % Trass)	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1
Übrige Zemente	-	0,4	2,5	6,5	8,2	10,8
<b>Insgesamt</b>	<b>23,2</b>	<b>38,2</b>	<b>47,2</b>	<b>58,3</b>	<b>63,6</b>	<b>70,1</b>

Nach Angaben des VDZ (2009). <sup>1</sup> Wegen Änderung des Berichtskreises mit den Vorjahren nicht vergleichbar. <sup>2</sup> Enthält einen geringen Anteil Portlandölschieferzement.

Würde man die eingesparte Menge zu den energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Jahres 2008 in Höhe von knapp 6,4 Mill. t hinzuaddieren, lägen diese bei rund 10,5 Mill. t. Bei einem Output von 34,7 Mill. t Zement im Jahr 2008 hätten die energiebedingten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen in diesem Falle nicht bei 183 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne Zement gelegen, wie in Tabelle 10.1 ausgewiesen, sondern bei rund 330 kg/t. Die Differenz von ca. 147 kg/t entspricht einer Minderung der spezifischen Emissionen gegenüber 1990 von etwa 41,8 %. Das heißt, ca. 87,0 % der Verringerung der energiebedingten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von 48,0 % gingen 2008 auf den Einsatz von Sekundärbrennstoffen zurück. Ohne Erhöhung des Sekundärbrennstoffeinsatzes hätte die Zementindustrie zwischen 1990 und 2008 folglich erst 6,3 % der energiebedingten spezifischen CO<sub>2</sub>-Minderungen realisiert.

Diese Beobachtung legt den Schluss nahe, dass die Senkung der energiebedingten spezifischen CO<sub>2</sub>-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 Effizienzverbesserungen in der Produktion und den erhöhten Absatz von Zementen mit zusätzlichen Bestandteilen. Substitutionen von kohlenstoffreichen zu kohlenstoffarmen fossilen Energieträgern wie Erdgas scheinen indessen kaum eine Rolle gespielt zu haben. Aus Tabelle 10.7 ist zu erkennen, dass der Anteil des kohlenstoffarmen Erdgases am gesamten Einsatz fossiler Regelbrennstoffe seit 1999 immer unter einem Prozent geblieben ist.

## Die Zementindustrie

Der Mehreinsatz an Sekundärenergieträgern in Höhe von 44,0 PJ zwischen 1990 und 2008 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 2008 nur noch rund 13,9 PJ respektive 23,1 PJ (Tabelle 10.7).

**Tabelle 10.7**  
**Brennstoffverbrauch der Zementindustrie**  
1990 bis 2008; in PJ

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Steinkohlen	47,5	43,1	31,4	8,7	11,4	13,9	13,9
Braunkohlen	45,8	33,4	30,1	29,1	27,6	25,1	23,1
Petrolkoks	0,8	10,0	8,4	4,2	4,3	5,6	4,9
Schweres Heizöl	4,2	3,3	1,9	2,2	1,9	2,1	0,9
Leichtes Heizöl	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Erdgas	0,8	1,1	0,7	0,5	0,3	0,1	0,3
Sonstige	2,1	0,6	1,0	0,5	0,3	0,3	0,4
Primärbrennstoffe	101,4	91,8	73,8	45,4	46,0	47,3	43,7
Sekundärbrennstoffe	8,1	11,0	25,5	43,3	46,1	52,2	52,1
Brennstoffverbrauch	109,5	102,8	99,3	88,7	92,1	99,5	95,8

Angaben des VDZ (2009).

Der Energiegehalt aller Primärbrennstoffe verringerte sich zwischen 1990 und 2009 um insgesamt 57,7 PJ, von rund 101,4 PJ auf 43,7 PJ, wobei 44 PJ durch zusätzliche Sekundärbrennstoffe eingespart werden konnten (Tabelle 10.7). Nur etwa 23,7 % der Einsparungen an Primärbrennstoffen ist folglich auf die anderen Ursachen zurückzuführen.

Fazit: Zu der im Jahr 2008 ermittelten Minderungsrate der energiebedingten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von fast 70 % über dem für 2012 avisierten Ziel der Selbstverpflichtung, hat die Ausweitung des Einsatzes an Sekundärbrennstoffen zu ca. 87 % beigetragen. Die Senkung des spezifischen Brennstoffeinsatzes um 13,6 % zwischen 1990 und 2008 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 CO<sub>2</sub>-Minderung und Bewertung

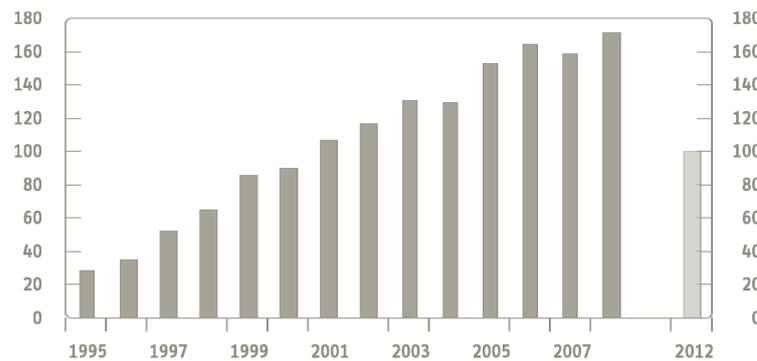
Ein Blick auf Schaubild 10.4, das die Zielerreichungsgrade zur Minderung der energiebedingten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen darstellt, scheint kaum einen Zweifel daran zu lassen, dass die Zementindustrie das bis 2012 gesetzte Ziel erreichen wird. Bereits seit 2001 wird die von der Zementindustrie angepeilte Zielmarke unterschritten – mit steigender Tendenz und einem Zielerreichungsgrad von inzwischen über 170 %.

Dafür gibt es im Wesentlichen zwei Gründe, die unmittelbar mit den beiden wichtigsten vom VDZ zur CO<sub>2</sub>-Minderung angeführten Maßnahmen zusammenhängen: Erstens, die deutliche Ausweitung des Anteils an Sekundärbrennstoffen bis auf 54,4 % im Jahr 2008. „Da die Brennstoffkosten maßgeblich die Herstellkosten der Zementindustrie beeinflussen und somit eine Substitution von Braun- und Steinkohle durch CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 2008 auf 70,1 % an. Technische Bedeutung haben hier 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 2008 von 6,7 % auf 16,6 % gesteigert hat (Tabelle 10.6).

## Die Zementindustrie

**Schaubild 10.4**  
**Zielerreichungsgrade in der Zementindustrie**  
1995 bis 2008; in %



Eigene Berechnungen.

Die erreichten Minderungen der energiebedingten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen sind fast ausschließlich auf die beiden oben genannten Ursachen zurückzuführen, nicht jedoch auf substantielle 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 nicht signifikant geändert, sondern scheint bereits seit Mitte der 1990er Jahre zu stagnieren (Bild 1, VDZ 2008: 9).

Die Erklärung ist nahe liegend: Nach Angaben des VDZ 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 energetisch bedingten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erwarten. Der Spielraum für eine weitere Verringerung scheint begrenzt zu sein. Er setzt eine weitere Verbesserung der Marktakzeptanz für Zementprodukte mit mehreren Hauptbestandteilen und die deutliche Erhöhung der Investitionen in die Energieeffizienz verbessernde Maßnahmen oder gar Neuanlagen voraus. Dabei dürfte sich die Erholung der Bauwirtschaft als hilfreich erweisen. Ob der Emissionshandel substanzielle Innovationseffekte generiert, wird kontrovers diskutiert (siehe Gagelmann und Frondel 2005). Ob er zu einer verbesserten Diffusion von Energieeffizienztechnologien führt, muss sich erst noch erweisen.

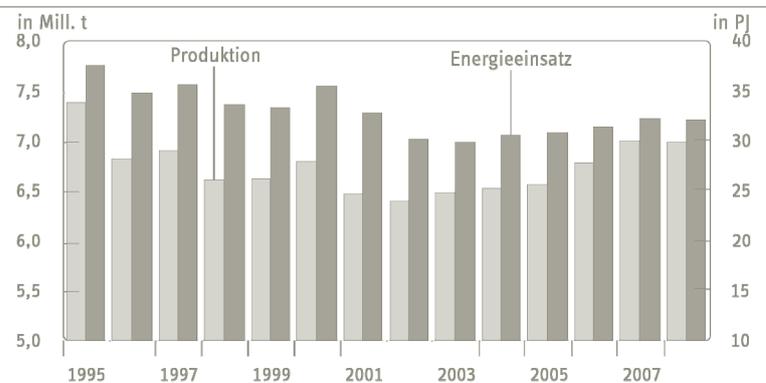
## Die Kalkindustrie

---

### 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 36 % war die Eisen- und Stahlindustrie 2008 nach Angaben des Verbandes der wichtigste Abnehmer von Kalkprodukten. Es folgten der Bausektor mit 29 % und der Umweltsektor mit 21 %. Der 1995 beginnende, starke Rückgang der Bauwirtschaft machte sich auch bei der Kalkindustrie bemerkbar: Zwischen 1995 und 2004 sank die Produktionsmenge um 0,9 Mill. t Kalk oder 11,9 % (Schaubild 11.1). Zwischen 2004 und 2008 stieg sie aufgrund der Erholung der Baunachfrage und der stabilen Stahlkonjunktur wieder um 7,5 %.

**Schaubild 11.1**  
**Produktion und Energieverbrauch der Kalkindustrie**  
1995 bis 2008



Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie.

#### 11.1 Datenbasis

Die Datengrundlage für die im Rahmen des vorliegenden Berichtes erfolgende Berechnung der spezifischen CO<sub>2</sub>-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 2008 etwa 7 Mill. t Kalk her (Schaubild 11.1). Damit ist die Produktionsmenge, die in der zweiten Hälfte der neunziger Jahre deutlich zurückgegangen und von 2001 bis 2005 mit 6,5 Mill. t in etwa konstant geblieben war, auf ein beträchtlich höheres Niveau zurückgekehrt. Der Energieverbrauch sank bis 2003 auf 30,0 PJ, stieg aber bis 2008 wieder leicht auf 32,2 PJ an. Schaubild 11.1 verdeutlicht, dass der Zusammenhang zwischen Produktion und Energieverbrauch, die in der Vergangenheit gleichgerichtete Schwankungen aufwiesen sich in den letzten Jahren gelockert hat. Lag der Korrelationskoeffizient beider Größen für 1995 bis 2004 bei ca. 0,91, betrug er für den Zeitraum 1995 bis 2008 nur noch 0,71. Zwischen 2005 und 2008 stieg die Produktion mit 6,6% deutlich stärker als der Energieverbrauch mit 3,9 %.

Ein Energiekostenanteil von ca. 40 % an den Herstellungskosten pro Tonne Kalk ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Kalkindustrie zu den energieintensiven Industrien zählt (Freiherr von Landsberg 2004: 52). Dies bestätigt sich, wenn man Energieintensität als das Verhältnis von Energieverbrauch und Umsatz definiert. Der entsprechende Wert lag für die Kalkindustrie im Jahr 2008 bei 46 MJ/€. Zum Vergleich: Die innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes ebenfalls zu den energieintensiven Sektoren gehörende Zementindustrie wies im selben Jahr einen Wert von 51,7 MJ/€ auf.

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

### 11.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Das Ausgangsmaterial zur Gewinnung von Kalkprodukten wie Stückkalk, Feinkalk oder Kalkhydrat ist Kalkgestein, das hohe Anteile an Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ , Kalk-

## Die Kalkindustrie

---

stein) 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 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 ( $\text{CaCO}_3$ ) bei Temperaturen von über  $900^\circ\text{C}$  zu Calciumoxid ( $\text{CaO}$ ) und Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ). Diesen chemischen Prozess der thermischen Dissoziation von Calciumcarbonat nennt man *Entsäuern* des Kalksteins. Bei der Entsäuerung des Calciumcarbonats ( $\text{CaCO}_3$ ) wird also *prozessbedingt* das Treibhausgas Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) freigesetzt. Dieser Prozess läuft auch bei der Herstellung von Zement ab.

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

### 11.4 Die Selbstverpflichtung

Die Selbstverpflichtungserklärung der Kalkindustrie vom 15.12.2000 sah vor, die *brennstoffbedingt* anfallenden spezifischen  $\text{CO}_2$ -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  $\text{CO}_2$ . Dies entspricht spezifischen Emissionen von 452 kg  $\text{CO}_2$ /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  $\text{CO}_2$ /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  $\text{CO}_2$  pro Jahr.

Für die Jahre nach 2005 hat die deutsche Kalkindustrie die Selbstverpflichtungserklärung weiterentwickelt und sich bereit erklärt, eine Reduktion der spezifischen  $\text{CO}_2$ -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; IPPC 2001: 84).

### Übersicht 11.1

#### Selbstverpflichtung der Kalkindustrie

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

Basisjahr 1990

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie.

### 11.5 Bis 2008 erreichte CO<sub>2</sub>-Minderungen

Im Jahr 2008 konnten die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 1990 um 14,4 % bzw. auf 387 kg CO<sub>2</sub>/t verringert werden (Tabelle 11.1). Damit wurde das für 2012 in der erweiterten Selbstverpflichtung avisierte Minderungsziel von gleichfalls 15 % zu 95,9 % nahezu erreicht.

**Tabelle 11.1**

#### Brennstoffbedingt anfallende spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kalkindustrie

1990 bis 2008; gerundete Werte. Minderungsziel: -15 % sowohl bis 2005 als auch bis 2012

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Emissionen in kg CO <sub>2</sub> /t	452	398	417	387	385	385	387
Minderung in %	-	11,9	7,7	14,4	14,8	14,8	14,4
Zielerreichungsgrad in %	-	79,3	51,3	95,9	98,8	98,8	95,9

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie im Rahmen des Monitoring.

Die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen konnten zwischen 1990 und 2008 ebenfalls verringert werden, um rund 0,51 Mill. t bzw. um 15,8 % (Tabelle 11.4). Ihre Reduktionsrate lag damit nur leicht über der der spezifischen Emissionen von 14,4 %. Demgegenüber war 2004 noch eine Verringerung der absoluten Emissionen gegenüber 1990 um 0,67 bzw. 21 % festzustellen bei einem Rückgang der spezifischen Emissionen um 13,7 %. Ein Teil dieses Rückgangs wurde somit durch den Produktionsanstieg in den letzten Jahren kompensiert.

### 11.6 Ursachenanalyse

Eine Ursache für Veränderungen der absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen ist in der Produktionsentwicklung zu sehen. Während von 1990 bis 2001 ein deutlicher Rückgang der Produktion zu einem Sinken der Emissionen beitrug, war die Phase bis 2005 durch

## Die Kalkindustrie

---

Stagnation gekennzeichnet. Zwischen 2006 und 2008 erfolgten wieder Produktionsanstiege und damit ein Emissionen steigernder Impuls. Die Verringerung der absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen um etwa 0,51 Mill. t bzw. 15,8 % zwischen 1990 und 2008 insgesamt lässt sich nur zu einem sehr geringen Teil auf den Rückgang der Produktion zurückzuführen. Diese sank im gleichen Zeitraum nur um 1,7 % (Tabelle 11.4): Wäre 2008 ebenso viel produziert worden wie 1990, das heißt nur 0,12 Mill. t mehr als de facto, wären beim spezifischen Emissionswert des Jahres 2008 von 387 kg CO<sub>2</sub>/t nur rund 46 440 t CO<sub>2</sub> mehr ausgestoßen worden, als dies tatsächlich geschehen ist.

Emissionsminderungen wurden vor allem durch die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs erzielt. Dieser konnte in der Kalkindustrie um 15,3 % gegenüber 1990 verringert werden, auf rund 4,595 GJ/t Kalk im Jahr 2008 (Tabelle 11.2). Dadurch sanken die spezifischen Emissionen im selben Zeitraum mit 14,4 % etwa gleich stark (Tabelle 11.1). Auch wenn insgesamt kein großer Einfluss durch Änderungen des Energiemix festzustellen ist, hat dennoch innerhalb dieses Zeitraums ein deutlicher Wandel in der Struktur der eingesetzten Energieträger stattgefunden. Mit dem Wechsel von kohlenstoffreichen Brennstoffen wie Steinkohle, Steinkohlen- und Braunkohlenkoks zu kohlenstoffarmen Energieträgern wie vor allem Erdgas vollzog sich vornehmlich im Zeitraum zwischen 1990 und 1999 eine Substitution hin zu CO<sub>2</sub>-ärmeren Energieträgern (Tabelle 11.3). Die umgekehrte Entwicklung konnte zwischen 1999 und 2008 beobachtet werden: Es wurde verstärkt Braunkohlenstaub und weniger Erdgas eingesetzt. Dies ist nicht zuletzt eine Folge der gegenwärtig hohen Energiepreise.

**Tabelle 11.2**  
**Spezifischer Energieverbrauch der Kalkindustrie**  
1990 bis 2008; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Verbrauch in GJ/t	5,425	5,094	5,255	4,716	4,645	4,606	4,595
Minderung in %	-	6,1	3,1	13,1	14,4	15,1	15,3

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie im Rahmen des Monitoring.

Zwischen 1990 und 1999 halbierte sich der Steinkohleeinsatz, Braunkohlenkoks wurde nahezu gar nicht mehr verbraucht und der Einsatz an Steinkohlenkoks und Braunkohlenstaub wurde deutlich zurückgefahren (Tabelle 11.3). Stattdessen erhöhte sich vor allem der Verbrauch an Erdgas, von 11,3 PJ im Jahr 1990 auf 13,6 PJ im Jahr 1999. Dieser Wandel im Mix an Brennstoffen hatte maßgeblichen Anteil daran, dass die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen im selben Zeitraum deutlich gesenkt werden

konnten. Die spezifischen Emissionen nahmen in diesem Zeitraum laut Tabelle 11.1 um 13,1 % ab, während der spezifische Energieverbrauch nur um 7,0 % gesenkt werden konnte (Tabelle 11.2).

**Tabelle 11.3**  
**Veränderungen des Energiemix der Kalkindustrie**  
 1990 bis 2008; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Steinkohle	3,5	2,7	1,6	1,1	1,4	0,5	3,6
Steinkohlenkoks	10,7	7,7	7,1	4,7	4,2	4,7	2,4
Braunkohlenkoks	0,7	0,03	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Braunkohlenstaub	6,8	6,6	7,9	11,0	12,2	13,5	14,1
Schweres Heizöl	1,5	1,7	1,8	0,9	0,8	1,1	1,0
Leichtes Heizöl	0,4	0,6	0,8	1,3	0,6	0,2	0,2
Erdgas	11,3	15,2	13,3	9,1	8,9	8,9	7,7
Flüssiggas	0,7	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Sonstige Brennstoffe	0,3	0,0	0,3	0,2	0,8	0,8	0,5
Brennstoffverbrauch	36,0	35,0	33,2	28,6	29,1	29,7	29,6
Nettofremdstrombezug	2,6	2,7	2,5	2,4	2,5	2,6	2,6
Energieverbrauch	38,6	37,7	35,7	31,0	31,6	32,3	32,2

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie im Rahmen des Monitoring.

Nach 1999 nahm der Einsatz von Erdgas im Vergleich zum gesamten Brennstoffbedarf überproportional ab (Tabelle 11.3). Vermutlich infolge deutlich gestiegener Erdgaspreise reduzierte sich der Einsatz an Erdgas auf ein Niveau, das weit unter dem von 1990 lag. Ausgeglichen wurde dies augenscheinlich durch den Mehreinsatz an Braunkohlenstaub. Dessen Verbrauch stieg zwischen 1999 und 2008 um 161 %.

Der zwischen 1999 und 2004 wieder zunehmende Anteil an Braunkohlenstaub ist somit die wesentliche Ursache dafür, dass die Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen in diesem Zeitraum mit 0,8 Prozentpunkten weitaus geringer ausfiel als die Minderung des spezifischen Energieverbrauchs mit 6,7 Prozentpunkten (Tabelle 11.2).

## Die Kalkindustrie

---

Diese Entwicklung setzte sich bis 2007, wenn auch deutlich abgeschwächt, fort. Zwar konnte Braunkohlenstaub in diesen Jahren weiterhin an Bedeutung gewinnen, jedoch vor allem zu Lasten von Steinkohle und leichtem Heizöl, während der Anteil des Erdgases mit knapp 28 % in etwa konstant blieb. Im Jahr 2008 jedoch führten die stark angestiegenen Energiepreise zur Substitution von Erdgas und Steinkohlenkoks durch Steinkohlen und Braunkohlenstaub. Dies führte dazu, dass die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen 2007 und 2008 um 0,3 % stiegen, während der spezifische Energieverbrauch in diesem Zeitraum um 0,1 % gesenkt werden konnte (Tabelle 11.3).

**Tabelle 11.4**  
**Produktion und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kalkindustrie**  
1990 bis 2008; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Produktion in Mill. t	7,13	7,41	6,80	6,57	6,80	7,02	7,01
Veränderung in %		3,9	-4,6	-7,9	-4,6	-1,5	-1,7
Emissionen in Mill. t	3,22	2,95	2,84	2,54	2,62	2,70	2,71
Minderung in %	-	8,4	11,8	21,8	18,6	16,1	15,8

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie im Rahmen des Monitoring.

Insgesamt ist somit festzuhalten, dass 2008 nahezu die gesamten im Vergleich zu 1990 erreichten CO<sub>2</sub>-Minderungen weder auf den Produktionsrückgang noch auf den Wandel im Mix an Brennstoffen zurückgehen, sondern auf die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs um insgesamt 15,3 % (Tabelle 11.2). Diese wurde unter anderem durch den Einsatz effizienterer Produktionstechnologien erreicht, wie im folgenden Abschnitt beschrieben wird.

### 11.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung

CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen vor allem im Kalkbrennprozess. Aber auch auf die dem Brennprozess nachfolgenden Lösch- und Mahlprozesse entfallen erhebliche Mengen an Emissionen (IPPC 2001: iv). Dementsprechend bezwecken viele Maßnahmen die Optimierung und Erneuerung von Brennöfen. Die Minderungsmaßnahmen der Kalkindustrie konzentrieren sich zudem auf die Optimierung des gesamten Produktionsprozesses und die effizientere Gestaltung des innerbetrieblichen Transportwesens.

Zur Erfüllung ihrer Selbstverpflichtung sieht die Kalkindustrie die im so genannten „Best-Available-Techniques-Reference“-Dokument niedergelegten Empfehlungen

zur Effizienz und Umweltfreundlichkeit der Produktionsanlagen als wesentliche Stütze an (BV-Kalk 2005). Das Dokument ist das Resultat eines Informationsaustausches zwischen der Europäischen Kommission und den Mitgliedsstaaten bezüglich der „besten verfügbaren Techniken“, die in der IPPC-Richtlinie 96/61/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung niedergelegt sind.

Der Verband der Kalkindustrie hat in seinem Fortschrittsbericht beispielhaft Maßnahmen zur Energieeinsparung einzelner Unternehmen im Jahr 2008 zusammengestellt (BV-Kalk 2009b). So wird ein Unternehmen angeführt, das durch ein Bündel an Maßnahmen wie die Erneuerung und Erweiterung von Blindstromkompensation, der Optimierung sowohl der Aufgabekörnung als auch von Trocknungsanlagen eine Einsparung von mehr als 7 Mill. kWh/Jahr erzielen konnte. Durch eine Reduktion von Materialtransporten können zudem etwa 25 000 Liter Diesel pro Jahr eingespart werden. Ein anderes Unternehmen erzielte Treibstoffeinsparungen, indem ein alter Radlader durch einen effizienteren ersetzt wurde. Durch diese Investition in Höhe von 500 000 Euro werden etwa 12 l Diesel pro Betriebsstunde eingespart. In einer Weißfeinkalkmahlanlage wurde eine Einrichtung installiert, mit der Monoäthylenglykol als Fließmittel hinzu dosiert werden kann. Dies reduziert den Stromverbrauch, der für das Mahlen einer Tonne Kalk anfällt um etwa 3,5 kWh.

Angaben zu Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die in den Fortschrittsberichten dokumentierten Einzelmaßnahmen wurden nicht gemacht. Nur vereinzelt gab es Hinweise zu Auswirkungen auf den Energieverbrauch.

**Tabelle 11.5**  
**Ausgewählte Maßnahmen der Kalkindustrie zur Energieeinsparung**  
2008

Maßnahmen	Inbetriebnahme	Investitionen in Mill. €
Blindstromkompensation		
Optimierung der Aufgabekörnung	2008	-
Optimierung der Trocknungsanlage		
Radlader ersetzt	2008	0,50
Monoäthylenglykol als Fließmittel	2008	-

Angaben aus dem Fortschrittsbericht 2005 bis 2007 des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie (BV-Kalk 2009).

Die Unternehmen der Deutschen Kalkindustrie waren 2004 vor allem mit der Vorbereitung auf den Emissionshandel beschäftigt (BV-Kalk 2006a). Dies führte nach

## Die Kalkindustrie

---

Angaben des Verbandes wie auch schon im Jahr 2003 in vielen Fällen zu einer Rückstellung von Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung. Die Verbesserungen des spezifischen Energieverbrauchs zwischen 2006 und 2008 deuten indes auf eine Aufgabe dieser Investitionszurückhaltung, hin.

### 11.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die Kalkindustrie hat sich in der erweiterten Selbstverpflichtung zum Ziel gesetzt, die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2012 um bis zu 15 % gegenüber 1990 zu senken. 2008 konnten die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 14,4 % bzw. auf 387 kg CO<sub>2</sub>/t verringert (Tabelle 11.1) und damit das avisierte Ziel mit 95,9 % nahezu erreicht werden (Schaubild 11.2). 2003 wurde die Zielmarke bereits einmal Mal übertroffen.

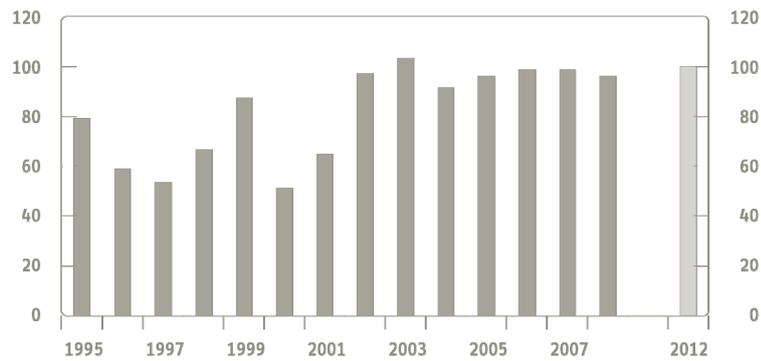
Nahezu die gesamten erreichten CO<sub>2</sub>-Minderungen gingen 2008 weder auf den Produktionsrückgang noch auf den Wandel im Mix an Brennstoffen zurück, sondern konnten durch die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs erreicht werden.

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 CO<sub>2</sub>-ärmeren Energieträgern. Die umgekehrte Entwicklung, d.h. die Veränderung des Energiemix zugunsten kohlenstoffreicher Brennstoffe, konnte jedoch zwischen 1999 und 2008 beobachtet werden: Es wurde verstärkt Braunkohlenstaub und weniger Erdgas eingesetzt. So sank der Einsatz des kohlenstoffarmen Erdgases zwischen 1999 und 2008 um 5,6 PJ auf 7,7 PJ bei einem Rückgang des gesamten Brennstoffeinsatzes um 1,2 PJ. Insgesamt ist die Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen 1999 und 2008 mit 1,5 % deutlich geringer ausgefallen als die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs mit 9,0

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

Aus Sicht der Umwelt ist erfreulich, dass die absoluten jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kalkindustrie zwischen 1990 und 2008 um rund 0,54 Mill. t gesenkt werden konnten (Tabelle 11.4).

**Schaubild 11.2**  
**Zielerreichungsgrade für die Kalkindustrie**  
1995 bis 2008; in %



Eigene Berechnungen.

Auch zukünftig ist aus zwei Gründen ein verringerter CO<sub>2</sub>-Ausstoß als wahrscheinlich einzustufen. Einerseits ist die Kalkindustrie in Folge der Finanz- und Wirtschaftskrise von massiven Produktionsrückgängen betroffen (Kalknachrichten 2009). Andererseits führen strukturelle Veränderungen in der Eisen- und Stahlindustrie zu einem dauerhaft verringerten Kalkeinsatz. Die Erreichung des für 2012 formulierten Minderungsziels für die spezifischen Emissionen erscheint daher auch in den nächsten Jahren möglich.

## Die Eisenschaffende Industrie

---

### 12. Die Eisenschaffende Industrie

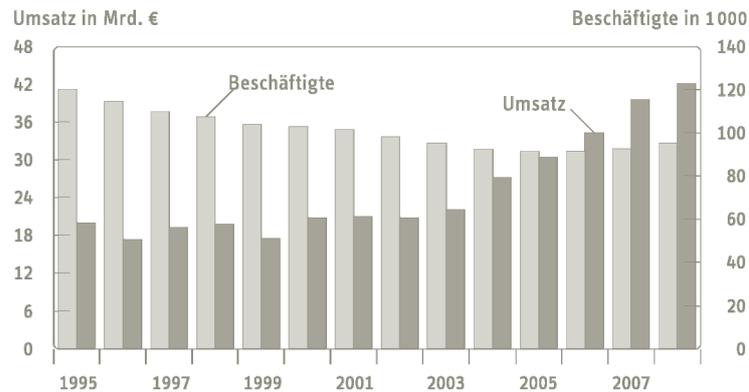
Die Eisenschaffende Industrie, im Folgenden Stahlindustrie genannt, produziert Eisen und Stahl. Die von der Stahlindustrie hergestellten hochwertigen Stahlfertigerzeugnisse sind zentrale Ausgangsstoffe für die Kraftfahrzeugindustrie, den Maschinen- und Anlagenbau und die Bauwirtschaft. Damit ist die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

Die Stahlindustrie – ohne eigene Kokereien, aber einschließlich der örtlich verbundenen Betriebe – beschäftigte Ende 2008 rund 95 000 Personen (Schaubild 12.1). Deutschland ist in Europa der größte Rohstahlproduzent mit rund 45,8 Mill. t Rohstahl im Jahr 2008 und einem Umsatz von gut 42 Mrd. €.

**Schaubild 12.1**

#### Umsatz und Beschäftigte der Betriebe der Stahlindustrie

1995 bis 2008, Beschäftigungsstand jeweils am Jahresende



Angaben nach Stahl-Zentrum (2008, 2009).

#### 12.1 Datenbasis

Die Stahlindustrie wird vertreten durch die Wirtschaftsvereinigung Stahl (WV Stahl). Im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Monitorings stellt die WV Stahl Angaben zur Rohstahlproduktion und zum Energieverbrauch bereit. Darüber hinaus publiziert das Stahl-Zentrum jährlich umfangreiches Datenmaterial über die Branche (Stahlzentrum 2008). Hieraus können Informationen zum Umsatz und zur Beschäftigung entnom-

men werden. Weitere internationale Vergleichszahlen zur Produktion stellt die Worldsteel Association, ehemals *International Iron and Steel Institute*, bereit (ISI 2007).

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

Das Statistische Bundesamt führt die Stahlindustrie in der Wirtschaftszweigsystematik 2003 unter den Positionen 27.10 „Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegerungen“ und 27.22 „Herstellung von Stahlrohren und Rohrstücken aus Stahl“. Der Verbrauch an Brennstoffen und elektrischer Energie wird im Rahmen der Eisen- und Stahlstatistik regelmäßig publiziert (BGS 2009).

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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 % der netto verbrauchten Energie wurde 2008

## Die Eisenschaffende Industrie

aus Steinkohlenkoks und -koksgrus gewonnen, der Anteil des fremdbezogenen Stroms lag bei rund 20 %. Rechnet man zu dem Nettoenergieverbrauch den Verbrauch an Kuppelgasen hinzu, ergibt sich der Bruttoenergieverbrauch von gut 824 PJ im Jahr 2008.

**Tabelle 12.1**  
**Energieverbrauch der Eisenschaffenden Industrie**  
2005 bis 2008, in PJ, gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Steinkohle	56,6	57,9	80,3	96,2	104,4	106,8	103,2
Koks und Koksgrus (trocken)	408,8	351,2	357,6	318,4	337,6	347,1	331,1
Schweres Heizöl	43,4	62,2	36,6	31,3	25,1	26,3	23,8
Erdgas, sonstige Gase	103,0	88,6	93,6	89,0	92,5	102,4	101,5
Kokereigas	66,2	51,1	39,2	36,8	38,3	37,1	36,6
Nettofremdstrombezug	130,5	145,5	165,8	136,2	146,0	146,6	145,3
Nettoenergieverbrauch	823,6	757,0	773,5	707,9	743,8	766,2	741,4
Bruttoenergieverbrauch (inkl. Kuppelgase)	790,2	811,2	852,9	787,2	823,6	850,1	824,1

Nach Angaben des Stahlzentrums im Rahmen des Monitorings.

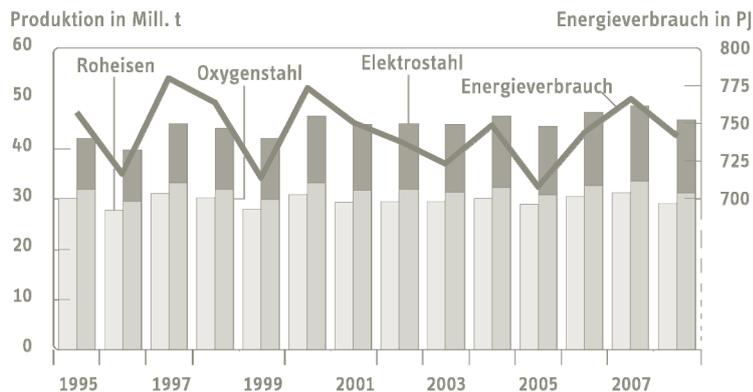
### 12.2 Energieverbrauch und Produktion

Die Stahlindustrie als Lieferant eines der zentralen Ausgangsstoffe des produzierenden Gewerbes hängt erheblich von konjunkturellen Schwankungen ab. Vor diesem Hintergrund sind die Auswirkungen der Wirtschaftskrise auch deutlich in der Rohstahlerzeugung zu erkennen. Noch im dritten Quartal 2008 lag die Produktion von Roheisen und Rohstahl nur geringfügig unter dem Niveau des Vorquartals, die Roheisenproduktion sank gegenüber dem zweiten Quartal 2008 lediglich etwa rund 2 %, der Rückgang bei Rohstahl betrug etwa 4 %. Im vierten Quartal 2008 brach die Erzeugung dann förmlich ein: die Roheisenerzeugung sank gegenüber dem dritten Quartal um 16 %, die Rohstahlerzeugung sogar um 19 %. Im ersten Quartal 2009 wurde dieser Niedergang sogar noch beschleunigt: -28 % bei der Roheisenerzeugung, -24 % bei der Rohstahlerzeugung. Diese bemerkenswert rasante Talfahrt lässt den Unternehmen der Stahlindustrie unzweifelhaft wenig Spielraum für Optimierungs- und Anpassungsmaßnahmen. Entsprechend geht mit der konjunkturellen Entwicklung eine schlechtere Auslastung der vorgehaltenen

Erzeugungsanlagen einher. Die Auslastung der Produktionskapazitäten liegt nach Angaben der WV Stahl mit 60 % auf einem langjährigen Tiefstand (Kerkhoff 2009).

Die Stahlindustrie erzeugte 2008 in ihren Hochofenanlagen noch rund 29,1 Mill. t Roheisen und insgesamt 45,8 Mill. t Rohstahl, davon rund 31,2 Mill. t Oxygenstahl. Elektrostahl hatte 2008 an der gesamten Rohstahlerzeugung einen Anteil von knapp 32 % an der gesamten Rohstahlerzeugung. Aufgrund der guten Lage in den ersten drei Quartalen 2008 beträgt die Minderung in der Erzeugung gegenüber 2007 nur rund 6,6 % bei Roheisen und rund 5,6 % bei Rohstahl. An warmgewalzten Stahlerzeugnissen wurden 2008 noch 39,8 Mill. t produziert, dies sind etwa 5,2 % weniger als 2007.

**Schaubild 12.2**  
**Produktion und Nettoenergieverbrauch in der Stahlindustrie**  
 1995 bis 2008



Angaben nach Stahl-Zentrum (2008, 2009).

Die Stahlindustrie hat 2008 brutto rund 824 PJ an Energie verbraucht. Daraus leitet sich ein spezifischer Energieverbrauch von 17,98 GJ je t Rohstahlerzeugung ab. Zum Vergleich: 1990 lag der Vergleichswert bei 20,56 GJ je t Rohstahl, bis 2008 wurde demnach eine Minderung von knapp 12,6% erzielt. Für das Monitoring relevant ist indessen der Nettoenergieverbrauch, der 2008 bei gut 741 PJ lag (Schaubild 12.2). Gemessen daran wurden netto 16,18 GJ je t Rohstahl an Energie aufgewendet, eine Minderung von rund 13,8 % gegenüber dem Vergleichswert von 18,76 GJ je t aus dem Jahr 1990.

## Die Eisenschaffende Industrie

---

### 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 Feinerze mechanisch. Die Pellets werden anschließend getrocknet und bei Temperaturen oberhalb von 1000°C gebrannt. Pelletieranlagen stehen vorwiegend bei Eisenerzherzeugern; deren Energieverbrauch fällt daher nicht in der Stahlindustrie an. Bei der Sinterung wird das Feinerz mit Koksgrus und weiteren Beigaben auf dem so genannten Sinterband verbacken. Dabei wird der in der oberen Schicht der Sinterrohmmischung enthaltene Koksgrus in einem Zündofen mit Gas gezündet und damit der Sintervorgang eingeleitet. Es wird ein erhitzter Luft- oder Gasstrom durch die Mischung gesaugt, was zu einer Verklumpung – der Sinterung – führt. 2008 wurden in der deutschen Stahlindustrie etwa 30,1 Mill. t Sinter hergestellt (Stahlzentrum 2009: 43).

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 (CO<sub>2</sub>). Das in der Stahlindustrie alles überragende Reduktionsmittel ist Koks. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes (BGS 2009) wurden 2008 mehr als 12 Mill. t Koks und Koksgrus verbraucht. Teilweise wird Koks durch Kohle, Öl, Gas oder aufbereitete Altkunststoffe ersetzt.

Der Hochofen hat die Aufgabe, unter Zuhilfenahme von Reduktionsmitteln aus Eisenerzen flüssiges Roheisen zu erzeugen. Ein Hochofen arbeitet nach dem Gegenstromprinzip: Der Möller (Eisenerze und Koks) sinkt von oben nach unten und das im Unterofen durch Reaktion von Luftsauerstoff mit Kohlenstoff entstehende Reduk-

tionsgas 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 (CO<sub>2</sub>) und 5 % Wasserstoff. Nach einer Reinigung kann es als Brennstoff genutzt werden, beispielsweise im Verbund mit Hüttenkokereien zur Kokerzeugung 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 Zementindustrie und ersetzt dort den Zementklinker. Der verstärkte Einsatz von Hüttsand bei der Zementherstellung stellt grundsätzlich eine aus Ressourcensicht bedeutende Möglichkeit dar, den auf die Tonne Zement bezogenen Energieverbrauch und damit CO<sub>2</sub>-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 (O<sub>2</sub>) des Windes zunächst CO<sub>2</sub>. Durch die in dieser Schmelzzone herrschende hohe Temperatur bildet sich entsprechend dem Boudouard-Gleichgewicht aus Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) 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

## Die Eisenschaffende Industrie

---

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). 2008 wurden etwa 398 Mill. m<sup>3</sup> (i.N.) Konvertergas in der Stahlindustrie erzeugt (BGS 2009), von denen rund 57% dem Selbstverbrauch zugeführt wurde.

Bei der Herstellung von Elektro Stahl 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-Routen oder im Elektrolichtbogenofen erzeugte flüssige Rohstahl wird anschließend der Sekundärmetallurgie zugeführt. Durch Vakuumbehandlung wird der Gehalt an Kohlenstoff und weiterer Fremdstoffe reduziert und die Schmelze homogenisiert. Abschließend wird die Stahlschmelze vergossen. Heutzutage wird der flüssige Stahl in der Regel kontinuierlich im Stranggussverfahren zu Brammen, Vorblöcken oder Knüppeln vergossen. In Deutschland liegt heute der Anteil des im Stranggussverfahren erzeugten Stahls bei rund 96 %.

### 12.4 Die Selbstverpflichtung

Die Stahlindustrie hat im März 1996 eine Selbstverpflichtungserklärung abgegeben, in der sie die Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um 22 % gegenüber 1990 zugesagt (Übersicht 12.1).

1990 wurden bei einer Rohstahlerzeugung von 43,9 Mill. t insgesamt etwa 70 Mill. t CO<sub>2</sub> emittiert (Tabelle 12.2). Dies entspricht einem spezifischen Emissionswert von 1 594 kg CO<sub>2</sub>/t Rohstahl. Die Stahlindustrie verpflichtet sich folglich mit ihrer erweiterten Selbstverpflichtung, die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2012 auf maximal 1 243 kg CO<sub>2</sub>/t zurückzuführen.

### Übersicht 12.1

#### Erweiterte Selbstverpflichtung der Stahlindustrie

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

---

Angaben nach Stahlzentrum (2001).

---

Hinsichtlich der Bezugsgröße hat die WV Stahl (2009) in einer Zusatzerklärung zu ihrem Fortschrittsbericht darauf hingewiesen, dass auf allen Stufen der Wertschöpfungskette, angefangen von der Sinterung bis zur Roheisen-, Rohstahl- und Walzstahlproduktion, CO<sub>2</sub>-Emissionen anfallen und dies bei der korrekten Ermittlung des Wertes der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen berücksichtigt werden sollte. Dazu die Rohstahlerzeugung als Bezugsgröße heranzuziehen, erscheint nicht adäquat. Vielmehr sollten die Masse der Endprodukte, mithin der warmgewalzten Stahlfertigprodukten, nahtlosen Stahlrohren und Schmiedefertigerzeugnissen, als Bezugsgröße gewählt werden.

Dieser Problematik ungeachtet ist der CO<sub>2</sub>-Monitoringauftrag an die im Jahr 2001 abgegebene Selbstverpflichtungserklärung mit der Bezugsbasis Rohstahlerzeugung gebunden. Wird im Folgenden eine alternative Betrachtung der Ergebnisse auf

## Die Eisenschaffende Industrie

Basis der Walzstahlerzeugung gegeben, so geschieht dies allein zum Zwecke der Einordnung der Ergebnisse.

### 12.5 Bis 2008 erreichte CO<sub>2</sub>-Minderungen

Die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stahlindustrie betragen 2008 rund 62,8 Mill. t und sanken damit im Vergleich zu 2007 um etwa 3,7 % (Tabelle 12.2). Grund dafür ist der Rückgang der produzierten Menge an Rohstahl und Roheisen, die um 5,6 % bzw. 6,7 % schrumpfte.

**Tabelle 12.2**  
**Produktion, Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stahlindustrie**  
1990 bis 2008, gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Rohstahl, Mill. t	43,9	42,0	46,4	44,5	47,2	48,6	45,8
davon: Oxygenstahl	33,1	31,9	33,1	30,9	32,6	33,5	31,2
davon: Elektrostahl	8,9	10,1	13,3	13,7	14,7	15,0	14,6
Roheisen, Mill. t	30,1	30,0	30,9	28,9	30,4	31,2	29,1
davon: Stahlroheisen	27,4	28,1	30,2	28,1	29,4	30,0	28,2
Bruttoenergieverbrauch, PJ	902,9	811,2	852,9	787,2	823,6	850,1	824,1
Nettoenergieverbrauch, PJ	823,6	756,9	773,5	707,9	743,8	766,2	741,4
Emissionen, Mill. t	70,0	63,7	65,5	60,2	63,3	65,2	62,8

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

Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen hingegen erhöhten sich im Vergleich zu 2007, auf 1 371 kg CO<sub>2</sub> je t Rohstahl (Tabelle 12.3). Gegenüber 1990 entspricht dies einer Reduktion der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 14 %. Die Stahlindustrie hat damit im Jahr 2008 ihre Minderungszusage für 2012 zu rund 64 % erfüllt.

Ein wesentlicher Grund für die Zunahme der spezifischen Emissionen sind die deutlichen Produktionszuwächse in der Walzstahlerzeugung, die zu einem steigenden Energieverbrauch und somit höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Walzwerken führen. Diese Zuwächse in der Walzstahlerzeugung sind der Tatsache geschuldet, dass seit dem Jahr 2005 wieder ein Importüberschuss an Rohblöcken und Halbzeug verzeichnet wird. Dies war seit 1991 nicht mehr der Fall.

**Tabelle 12.3**  
**Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen je Tonne Rohstahl**  
1990 bis 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Spez. Emissionen, kg CO <sub>2</sub> /t	1 594	1 515	1 412	1 351	1 341	1 343	1 371
Minderung, %	-	5,0	11,4	15,3	15,9	15,8	14,0
Zielerreichung, %	-	22,7	51,8	69,6	72,3	71,8	63,6

Nach Angaben des Stahl-Zentrum im Rahmen des Monitoring.

In der Tat stieg die erzeugte Menge an Stahlfertigerzeugnissen zwischen 1990 und 2008 mit rund 14 % stärker an als die Rohstahlerzeugung, lediglich um gut 4 % zunahm (Tabelle 12.2 und 12.4). Die mit der Verarbeitung der Nettoimportenge an Rohblöcken und Halbzeug verbundene CO<sub>2</sub>-Menge verschlechtert jedoch die spezifische CO<sub>2</sub>-Bilanz, wenn diese auf Basis der Rohstahlerzeugung als Bezugsgröße erstellt wird. Bezieht man die CO<sub>2</sub>-Emissionen hingegen auf den gesamten Bereich ihrer Entstehung, wie warmgewalzte Stahlfertigprodukte, nahtlose Stahlrohre und Schmiedefertigerzeugnisse, kommt auch für den Bereich der Weiterverarbeitung die Effizienzsteigerung zum Tragen. Diese ist durch die Steigerung des Stranggießanteils und der Verringerung des Aufkommens von Kreislaufschrött gekennzeichnet. Damit konnte das Eisenausbringen während der letzten Jahre kontinuierlich von 85 % im Jahr 1990 auf 90 % im Jahr 2008 gesteigert werden.

**Tabelle 12.4**  
**Spezifische Emissionen je Tonne Stahlfertigprodukte**  
1990 bis 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Stahlfertigprodukte, Mill. t	37,0	36,2	40,7	39,9	43,5	44,5	42,3
Spez. Emissionen, kg CO <sub>2</sub> /t	1 891	1 761	1 608	1 508	1 455	1 465	1 486
Minderung, %	-	6,9	15,0	20,2	23,0	22,5	21,4

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

Das bedeutet, dass je Tonne Fertigprodukt weniger Eisen benötigt wird und somit weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen. Folgerichtig verringern sich die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Bezug auf die Stahlfertigprodukte stärker als in Bezug auf die Rohstahlproduktion – nämlich um 21,4 % von 1,891 t CO<sub>2</sub>/t im Jahr 1990 auf

## Die Eisenschaffende Industrie

1,486 t CO<sub>2</sub>/t im Jahr 2008 (Tabelle 12.4). So berechnet wäre man dem Ziel, die spezifischen Emissionen bis zum Jahr 2012 um 22 % zu senken, bereits sehr nahe.

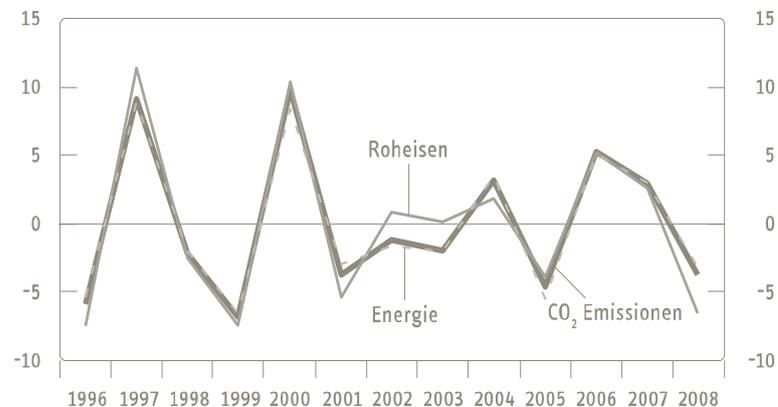
### 12.6 Ursachenanalyse

Die kohlenstoffintensive Roheisenproduktion ist die wesentliche CO<sub>2</sub>-Quelle in der Stahlindustrie. Schaubild 12.3 zeigt – jeweils gemessen zum Vorjahr – die prozentuale Veränderung des Nettoenergieverbrauchs, der CO<sub>2</sub>-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. Die im Vergleich zur Roheisenerzeugung weniger stark ausgeprägte Emissionsreduktion im Jahr 2008 dürfte insbesondere durch die sinkende Auslastung der Hochofenanlagen im vierten Quartal 2008 begründet sein.

#### Schaubild 12.3

#### Veränderung der Roheisenerzeugung, des Nettoenergieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen

1995 bis 2007, in Prozent im Vergleich zum Vorjahr



Eigene Berechnungen.

Mit Blick auf die Rohstahlproduktion sind im langfristigen Vergleich zum Referenzjahr 1990 indessen sinkende CO<sub>2</sub>-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 32 % im Jahr 2008 (Tabelle 12.2), gleichzeitig reduzierte sich der Anteil von Oxygenstahl von 75,3 % auf 68 %. Im Jahr 1990 wurden noch 4,3 % der gesamten Rohstahlerzeugung über das Siemens-Martin-Verfahren erzeugt.

Elektrostahl ist sowohl weniger kohlenstoff- als auch energieintensiv, weil in der Erzeugung kein Kohlenstoff in Form von Koks zur Reduktionsarbeit benötigt wird, sondern Schmelzenergie in Form von Strom verwendet wird. 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 CO<sub>2</sub>-Ausstoß je t Rohstahl verbunden, da insbesondere der sehr kohlenstoffhaltige Koks nicht verwendet wird. Nach Angaben der Branche werden inzwischen auch zunehmend Qualitäts- und Edelstahl auf der Elektrostahl-Route produziert.

Auf der Hochofenroute betreibt die Stahlindustrie verstärkt Anstrengungen, die Kohlenstoffintensität zu mindern. Hierfür stehen der Branche eine Reihe von Möglichkeiten offen, wie effiziente Sinterung oder Änderungen in der Reduktionsmittelzusammensetzung. Ein weiterer kaum zu unterschätzender Effekt zur Einsparung von CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> 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). Beispielsweise sind gut 21 % der inländischen Zementproduktion des Jahres 2007 Portlandhüttenzement, der bis zu 35 % aus Hüttensand besteht (BDZ 2008). Weitere 19 % der Zementproduktion 2007 sind Hochofenzement, der sogar aus bis zu 80 % Hüttensand besteht. Nach Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl verdoppelte sich im Zeitraum 1990 bis 2007 die Menge an Hüttensand, die für die Produktion von Portland- und Hochofenzement verwendet wurde von 3 auf 6,5 Mill. t. Dies mindert in zunehmendem Maße den Bedarf an sehr energieintensiv zu produzie-

## Die Eisenschaffende Industrie

---

rendem Zementklinker, in dessen Folge sowohl der Energieaufwand als auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Zementindustrie deutlich gemindert werden.

### 12.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung

Die im Jahr 2008 von der Stahlindustrie durchgeführten Maßnahmen zur Emissionsverringering werden in einer zusätzlichen Aufstellung zum 8. CO<sub>2</sub>-Monitoring-Fortschrittsbericht der Stahlindustrie (Stahlzentrum 2009) beispielhaft dargestellt.

Bedeutendstes Element der Darstellung ist der Neubau eines Gasometers, welches zwei veraltete Anlagen ersetzt und mit einem Investitionsvolumen von 16 Mill. Euro verbunden war. Der Gasometer speichert das im Produktionsprozess entstehende Konvertergas, welches als Brenngas erneut in der Stahlerzeugung Verwendung findet und somit Erdgas ersetzt.

In einem Betrieb zur Elektrostahlerzeugung wurde an dem Elektrolichtbogenofen eine neue Abgasstrecke zur Energierückgewinnung installiert. Die auf diesem Wege gewonnene Energie mindert den Erdgasverbrauch bei der Dampferzeugung und dient daher der Reossourcen schonenden Dampfversorgung anderer Betriebsteile. Daneben werden die Neubauten von zwei Öfen dargestellt, mit denen der Erwärmungsprozess von Halbzeug deutlich effizienter als bisher möglich ist.

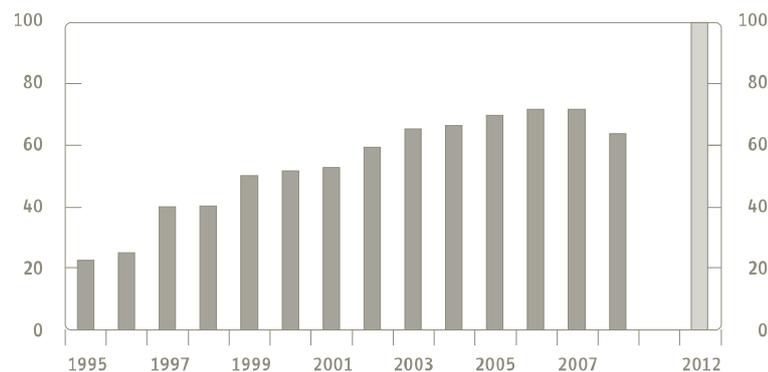
### 12.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die Stahlindustrie hat in ihrer Selbstverpflichtung zur Klimavorsorge bis 2012 eine Reduktion des auf die Rohstahlerzeugung bezogenen rohstoff- und energiebedingten spezifischen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um 22 % gegenüber 1990 zugesagt. Schaubild 12.4 zeigt einen kontinuierlichen Anstieg des Zielerreichungsgrads auf 72 % für 2007. Im Zuge des konjunkturellen Einbruchs im vierten Quartal 2008 sank auch die Rohstahlerzeugung 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen je erzeugter Tonne Rohstahl auf 1 371 kg an bzw. um 2,1 % gegenüber dem Vorjahr. Damit betrug die Minderung der spezifischen Emissionen rund 14 %. Der Zielerreichungsgrad lag somit im Jahr 2008 bei rund 64 %.

Die Wirtschaftsvereinigung Stahl hat jüngst darauf hingewiesen, dass die Rohstahlerzeugung als Bezugsbasis zur Berechnung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen ungeeignet ist, weil 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen schlagen bei der Berechnung der spezifischen Emissionen pro Tonne Rohstahl allerdings erhöhend zu Buche.

Erschwerend und das Bild die Entwicklung des tatsächlichen spezifischen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes zusätzlich verzerrend kommt hinzu, dass in den vergangenen Jahren der Produktionszuwachs an Stahlfertigprodukten sehr viel stärker ausfiel als das Wachstum der Rohstahlerzeugung. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass seit dem Jahr 2005 wieder ein Importüberschuss an Rohblöcken und Halbzeug verzeichnet wird. Dies war seit 1991 nicht mehr der Fall und führte zu deutlichen Produktionszuwächsen in der Walzstahlerzeugung. Insgesamt erhöhte sich die Rohstahlerzeugung zwischen 1990 und 2008 lediglich um 4,3 %, während die Produktion von warmgewalzten Erzeugnissen in diesem Zeitraum um annähernd 34 % zugenommen hat (Stahlzentrum 2008: 17).

**Schaubild 12.4**  
**Zielerreichungsgrad der Stahlindustrie**  
1995 bis 2008, in %



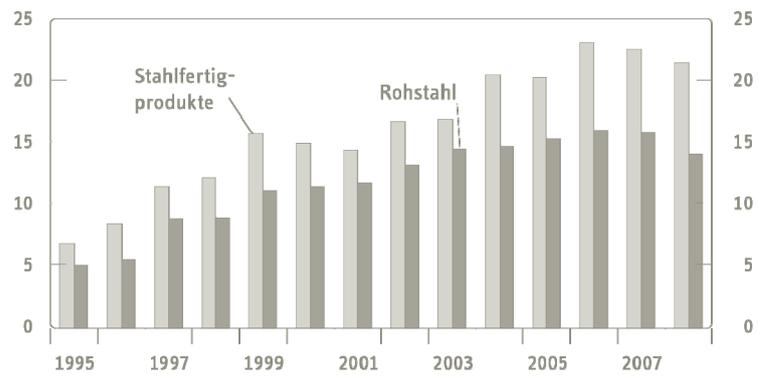
Eigene Berechnungen.

Bezieht man die CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> je t Stahlfertigerzeugnis im Jahr 1990, sinkt dieser Wert bis 2008 um 21,4 % auf 1 486 kg CO<sub>2</sub>/t. So berechnet wäre man dem Ziel, die spezifischen Emissionen bis zum Jahr 2012 um 22 % zu senken, bereits sehr nahe.

## Die Eisenschaffende Industrie

---

**Schaubild 12.5**  
**Spezifische Emissionsminderungen je t Rohstahl und je t Stahlfertigprodukte**  
1995 bis 2008, in %



Eigene Berechnungen

### 13. Die Nichteisen-Metallindustrie

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

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

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

#### 13.1 Datenbasis

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

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

## Die Nichteisen-Metallindustrie

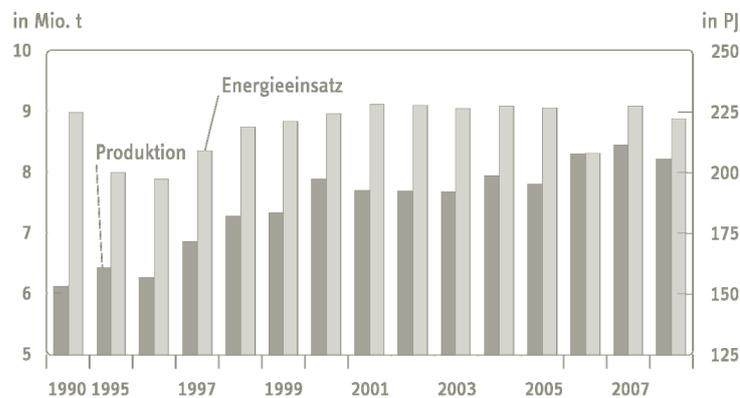
---

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 27.4, sondern in der Gießereiindustrie (27.5) ausgewiesen wird. Die Zusammenfassung des Energieverbrauchs der Bunt- und Leichtmetallgießereien (27.53 und 27.54) mit dem des Wirtschaftszweigs 27.4 kann diese Differenz weitgehend beseitigen (Buttermann, Hillebrand 2002: 123-124).

Fehlende amtliche Daten für das Basisjahr 1990 wurden durch Angaben der in der WVM organisierten Unternehmen ergänzt. Die in der NE-Metallindustrie getroffenen Maßnahmen zur Verringerung des Energiebedarfs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen werden im Fortschrittsbericht des Verbandes beschrieben (WVM 2009).

**Schaubild 13.1**  
**Produktion und Energieverbrauch der NE-Metallindustrie**  
1990 bis 2008



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

### 13.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

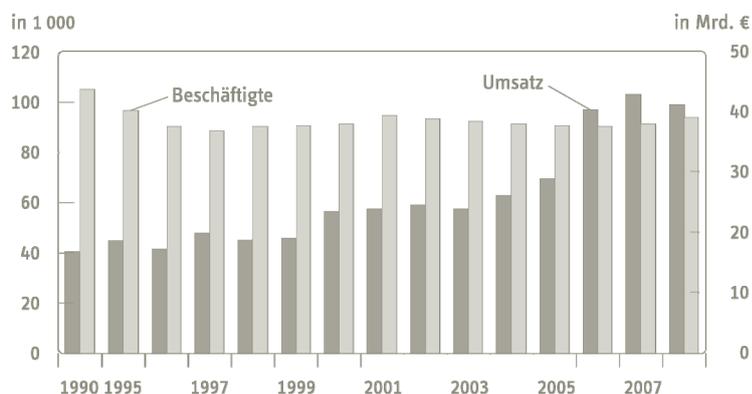
Die produzierte Menge an NE-Metallen wuchs zwischen 1990 und 2008 von 6,1 Mill. t auf 8,2 Mill. t (Schaubild 13.1). Im Durchschnitt entspricht dies einem jährlichen Wachstum von 1,7 %. Der Energieverbrauch lag 1990 bei mehr als 224 PJ,

sank aber bis Mitte der 1990er Jahre um mehr als 12 % auf 197 PJ. Bis 2001 stieg der Verbrauch erneut auf ein Niveau von knapp 228 PJ, das seitdem annähernd gleich blieb. Lediglich 2006 ging der Energieverbrauch um 8,1 % auf rund 208 PJ zurück. Maßgeblich hierfür war die vorübergehende Stilllegung der Aluminiumhütte in Hamburg (WVM 2007: 1). Im Jahr 2008 reduzierte sich der Energieverbrauch infolge des leichten Produktionsrückgangs gegenüber dem Vorjahr um etwa 4 PJ auf knapp 223 PJ.

Bezogen auf den Energieverbrauch im Verarbeitenden Gewerbe erreichte die NE-Metallindustrie 2008 einen Anteil von 6,5 %. Im Vergleich aller am Monitoring beteiligten Industriebereiche lag sie damit auf dem vierten Rang hinter der Eisenschaffenden, der Chemischen sowie der Zellstoff- und Papierindustrie. Die Energieintensität – gemessen als Verhältnis aus Energieverbrauch und Umsatz – betrug im gleichen Jahr 5,4 MJ/€. Dies entspricht im Vergleich zu den anderen energieintensiven Industriezweigen im Monitoring einem mittleren Rang.

Im Jahr 2008 zählte die NE-Metallindustrie mehr als 93 800 Beschäftigte und einen Umsatz von insgesamt knapp 41 Mrd. € (Schaubild 13.2). Dies entsprach etwa 1,6 % der Beschäftigten des Verarbeitenden Gewerbes und 2,5 % des Umsatzes.

**Schaubild 13.2**  
**Beschäftigte und Umsatz der NE-Metallindustrie**  
1990 bis 2008



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. Die Zahl der Beschäftigten nahm im gleichen Zeitraum

## Die Nichteisen-Metallindustrie

---

um jahresdurchschnittlich 0,2 % ab, unterlag aber deutlich größeren Schwankungen als der Umsatz. Von 1995 bis 1997 sank die Beschäftigung um 6,5 % auf rund 88 600. Danach stieg sie bis 2001 wieder auf knapp 94 600 Arbeitnehmer. Dabei war insbesondere 2001 ein Zuwachs von fast 4 % zu verzeichnen. Nachdem die Zahl der Beschäftigten bis 2006 wieder auf fast 90 000 zurückging, wuchs sie bis 2008 erneut auf 93 800 an.

### 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 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.

#### 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).

---

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 CO<sub>2</sub>-Ausstoß wird nicht genannt.

### 13.5 Bis 2008 erreichte CO<sub>2</sub>-Minderungen

Die NE-Metallindustrie hat bei der Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs beachtliche Erfolge aufzuweisen. Bis 2000 gelang es, den spezifischen Energieeinsatz auf 28,4 GJ/t zu verringern (Tabelle 13.1). Bezogen auf das Zieljahr 2005 entspricht dies einem Zielerreichungsgrad von 101,2 %. Dieser niedrige spezifische Verbrauch konnte allerdings nicht beibehalten werden: 2005 lag er bei 29,0 GJ/t. Das Ziel, den spezifischen Energieverbrauch bis 2005 um 22 % gegenüber 1990 zu mindern, wurde im Zieljahr dennoch zu 94 % erreicht (Schaubild 13.3<sup>11</sup>). Bei der Bewertung dieses Ergebnisses ist jedoch zu berücksichtigen, dass aufgrund des Übergangs zum beschleunigten Monitoringverfahren und der damit notwendigen

---

<sup>11</sup> Die hellere zweite Säule für 2005 zeigt den Kontrollwert für die Zielerreichung.

## Die Nichteisen-Metallindustrie

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

**Tabelle 13.1**  
**Spezifischer Energieeinsatz der NE-Metallindustrie**

1990 bis 2008; Ziel: Minderung des spez. Energieeinsatzes bis 2005 um 22 % und bis 2012 um 24 % gegenüber 1990

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Spez. Energieeinsatz, GJ /t	36,6	31,1	28,4	29,0	25,1	26,9	27,0
Minderung in %	-	15,0	22,3	20,6	31,5	26,4	26,2
Zielerreichungsgrad in %							
Ziel 2005	-	68,3	101,2	93,8	-	-	-
Ziel 2012	-	62,6	92,8	86,0	131,1	110,2	108,6

Nach Angaben der WVM (2009).

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).

Auch die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen konnten seit 1990 deutlich verringert werden. Bis 2000 sanken sie auf 1 816 kg CO<sub>2</sub>/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 CO<sub>2</sub>/t zurück. Ursache ist die vorübergehende Stilllegung der Aluminiumhütte in Hamburg. Zwar stiegen die spezifischen Emissionen 2007 erneut, lagen mit 1 701 kg CO<sub>2</sub>/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 CO<sub>2</sub>. Dies entspricht etwa 1 709 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne hergestellter und bearbeiteter Nichteisenmetalle, sodass die Reduktion der spezifischen Emissionen gegenüber dem Basisjahr 28,1 % betrug (Tabelle 13.2).

**Tabelle 13.2**  
**CO<sub>2</sub>-Emissionen der NE-Metallindustrie**  
1990 bis 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Emissionen, Mill. T	14,6	12,9	14,3	14,3	13,1	14,4	14,0
Spez. Emissionen, kg CO <sub>2</sub> /t	2 378	2 005	1 816	1 834	1 583	1 701	1 709
Reduktion in %	-	15,7	23,6	22,9	33,4	28,5	28,1

Nach Angaben der WVM (2009).

### 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 über 54 % und betrug 2008 rund 721 000 t (WVM/Metallstatistik 2001: 1, 2009: 1). Allerdings

## Die Nichteisen-Metallindustrie

lässt sich die Auswirkung dieses Trends auf den spezifischen Energieverbrauch nicht exakt quantifizieren. Detaillierte Informationen zum spezifischen Energieverbrauch für die Produktion aus Primär- bzw. Sekundärrohstoffen liegen nicht vor.

Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen gingen von 1990 bis 2008 um 26,5 % auf 1 709 kg CO<sub>2</sub>/t zurück (Tabelle 13.2). Die spezifischen Emissionen sanken durchweg stärker als der spezifische Energieverbrauch. Dies erklärt sich aus der – wenn auch nur geringen – Energieträgersubstitution. 1990 wurden 10,3 % der Energie aus Erdgas gewonnen (Tabelle 13.3). Dieser Anteil stieg bis 2008 auf 15,8 %. Damit ist der Energieträgerwechsel zum Erdgas nach Angaben des WVM weitgehend abgeschlossen. Gleichzeitig nahm die Bedeutung kohlenstoffreicher Brennstoffe wie Steinkohlenbriketts und Steinkohlenkoks ab. Der Anteil des stark dominierenden Stroms blieb praktisch konstant.

**Tabelle 13.3**  
**Energiemix der NE-Metallindustrie**  
1990 bis 2008; in PJ; gerundet

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Steinkohlen	-	-	-	0,6	0,9	1,0	0,6
Steinkohlenbriketts	3,0	1,3	0,4	-	-	-	-
Steinkohlenkoks	6,1	4,9	3,6	0,2	0,3	0,3	0,3
Braunkohlenstaub	-	-	-	0,0	-	-	0,1
Schweres Heizöl	2,0	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,4
Leichtes Heizöl	4,5	3,7	3,2	2,2	2,0	2,0	2,2
Erdgas	23,1	26,1	33,4	35,2	35,6	36,1	35,1
Flüssiggas	-	-	-	0,4	1,1	1,8	0,5
Kokereigas	1,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Sonst. Regelbrennstoffe	-	-	-	0,1	0,0	0,0	0,0
Primärbrennstoffe	40,0	37,5	42,0	40,0	41,2	42,4	40,2
Nettofremdstrombezug	184,1	162,3	181,7	186,0	166,4	184,4	182,6
Energieverbrauch	224,1	199,8	223,7	226,0	207,6	226,8	222,8

Nach Angaben der WVM (2009).

Dividiert man die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Energieverbrauch, so ergeben sich durchschnittliche Emissionen je Energieeinheit, gemessen in kg CO<sub>2</sub>/GJ. Der moderate Wandel im Energiemix hin zu kohlenstoffarmen Energieträgern spiegelt sich in dieser Größe wieder (Tabelle 13.4). Während 1990 noch 65,1 kg CO<sub>2</sub>/GJ emittiert wurden, reduzierte sich dies bis 2008 auf 63,2 kg CO<sub>2</sub>/GJ. Damit geht nur ein vergleichsweise kleiner Teil der Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf den Wandel im Energiemix zurück.

Der weitaus größere Teil kam durch die Steigerung der Energieeffizienz zustande. Der spezifische Energieeinsatz als Maß für die Energieeffizienz sank seit 1990 um 26,2 % auf 27,0 GJ/t im Jahr 2008 (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**  
**CO<sub>2</sub>-Emissionen je Energieeinheit der NE-Metallindustrie**  
1990 bis 2008; in kg CO<sub>2</sub>/GJ

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Emissionen je Energieeinheit	65,1	64,6	63,9	63,2	63,2	63,3	63,2

Nach Angaben der WVM (2009).

### 13.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung

Die Unternehmen der NE-Metallindustrie haben im Jahr 2008 die Anstrengungen zur Senkung des spezifischen Energieverbrauchs fortgesetzt. Energieeffizienz ist gerade in einem schwierigen konjunkturellen Umfeld Voraussetzung, um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können. Der Einbruch der Metallkonjunktur in der zweiten Jahreshälfte 2008 und wesentlich höhere Strompreise im Vergleich zum europäischen Ausland haben die stromintensiven Standorte wie zum Beispiel Elektrolysen aber trotz höchster Energieeffizienz existenziell gefährdet. So wurde die Zinkelektrolyse in Datteln zum Jahresende 2008 stillgelegt. Zudem entzieht das hohe Niveau der Energiepreise Investitionsmittel für weitere Effizienzsteigerungen (WVM 2009:1).

Dennoch hat die Branche Anstrengungen zur Steigerung der Energieeffizienz unternommen. Die im Fortschrittsbericht geschilderten Maßnahmen konzentrieren sich auf die Bereiche Elektrolyse, Abwärmenutzung sowie allgemeine technische Maßnahmen (Querschnittstechnologien). Der größte Teil des Energieverbrauchs in der NE-Metallindustrie entfällt auf die Elektrolyse. Die WVM weist jedoch darauf

## Die Nichteisen-Metallindustrie

---

hin, dass hier die technischen Potenziale weitgehend ausgeschöpft sind. Im Rahmen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses sind zukünftig nur noch kleine Fortschritte zu erwarten. Auf die Wärmebehandlung entfällt etwa ein Drittel des gesamten Energieverbrauchs. Größere Effizienzpotenziale bestehen hier insbesondere bei der verbesserten Nutzung von Abwärme. Für Querschnittstechnologien, zu denen die Bereiche Druckluft, elektrische Antriebe sowie Heizung, Kühlung und Beleuchtung zählen, werden etwa 10 % der eingesetzten Energie aufgewandt. Auch hier werden von den Unternehmen Einsparungen erzielt (WVM 2009: 1).

Die vier Maßnahmen, die von der WVM in ihrem Fortschrittsbericht stellvertretend für eine Vielzahl von Maßnahmen in der NE-Metallindustrie geschildert werden, sind in Tabelle 13.5 dargestellt. Die Umrechnung der Energieeinsparungen erfolgte mit Hilfe der für das Monitoring vereinbarten Faktoren aus dem Jahr 1990. Strom wurde mit dem Faktor 10,434 GJ/MWh in TJ sowie dem CO<sub>2</sub>-Faktor 0,67 t CO<sub>2</sub>/MWh umgerechnet. Der Umrechnungsfaktor für Erdgas beträgt 0,18 t CO<sub>2</sub>/MWh und setzt sich aus dem Produkt der beiden Faktoren 3,249 GJ/MWh und 0,056 t CO<sub>2</sub>/GJ zusammen.

Unterstellt, die Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz in der NE-Metallindustrie waren jeweils zu Beginn eines Jahres wirksam, führten die vier Maßnahmen, die im Jahr umgesetzt wurden, zu einer jährlichen Energieeinsparung von insgesamt fast 16 TJ, der überwiegende Teil davon durch einen geringeren Erdgasverbrauch. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduzierten sich um etwa 1 770 t pro Jahr.

Insgesamt reduzierte sich der Energieverbrauch der NE-Metallindustrie im Jahr 2008 gegenüber dem Vorjahr um 4 PJ bzw. 1,8 %, was nicht zuletzt auf die kontinuierlichen Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz zurückzuführen ist.

### 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 2008 bereits zu 108,6 % erreicht. (Schaubild 13.3). 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 2008 um 33,7 % auf 8,2 Mill. t stieg (Tabelle 13.6), blieb der Energieverbrauch nahezu unverändert (Tabelle 13.3). Das gesetzte Minderungsziel für 2012 wurde unter anderem deshalb frühzeitig in 2008 erreicht, weil nicht nur der Anteil der besonders energieintensiven Erzeugung von Primärmetallen bis 2008 von fast

55 % auf knapp 47 % sank, sondern auch der Anteil der gesamten Metallerzeugung an der Produktion von NE-Metallen auf 34 % zurückging und der Anteil der weniger energieintensiven Produktion von Halbzeug und Guss entsprechend wuchs. Gleichzeitig nahm die Erzeugung von Sekundärmetallen zwischen 1990 und 2008 um 24 % zu, wodurch die Wirkung des veränderten Produktmix noch verstärkt wurde.

**Tabelle 13.5**  
**Ausgewählte CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen der NE-Metallindustrie**  
 2008

Maßnahme	Zeitraum	Jährliche Reduktion	Jährliche CO <sub>2</sub> -Minderung
Aluminiumguss: Optimierung der Betriebswasserversorgung	2008	0,25 Mill. kWh Strom (=2,6 Tj)	168 t
Kupferbearbeitung: Optimierung der Wärmerückgewinnung	2008	1,2 Mill. kWh Erdgas (=4,2 Tj)	216 t
Kupferbearbeitung / Buntmetallguss: Installation neuer Heizkessel und Optimierung der Abwärmenutzung	2008-2009	2,0 Mill. kWh Erdgas (7,2 Tj)	1 300 t
Buntmetallguss: Einführung von Oxy-Fuel-Brennern	2007-2008	0,5 Mill. kWh Erdgas (1,8 Tj)	90 t

Nach Angaben der WVM (2009).

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. Die NE-Metallindustrie hat 2008 indessen bewiesen, dass die Erfüllung des gesetzten Ziels, selbst bei einem hohen Anteil der Metallerzeugung an der Produktion, möglich ist.

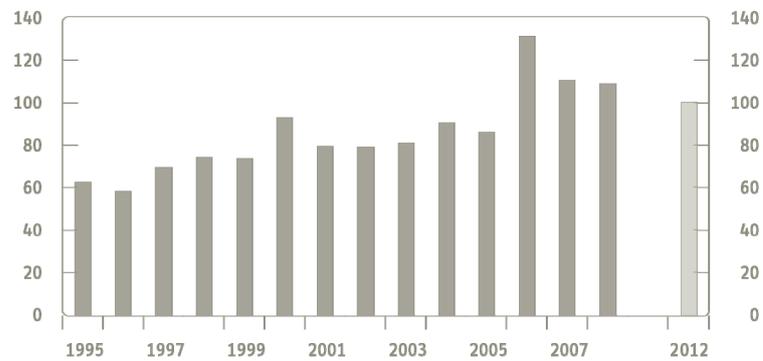
## Die Nichteisen-Metallindustrie

**Tabelle 13.6**  
**Produktmix der NE-Metallindustrie**  
 1990 bis 2008; in 1 000 t

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Metalle	2 662	2 362	2 834	2 736	2 694	2 800	2 829
Halbzeug	2 816	3 312	4 202	4 162	4 625	4 617	4 396
Guss	660	643	842	899	973	1 024	982
Insgesamt	6 138	6 317	7 878	7 797	8 292	8 441	8 207
Primärmetalle	1 393	1 255	1 401	1 311	1 179	1 207	1 295
Sekundärmetalle	1 154	1 108	1 353	1 425	1 516	1 594	1 434

Nach Angaben der WVM (2009).

**Schaubild 13.4**  
**Zielerreichungsgrade der NE-Metallindustrie für Ziel 2012**  
 1995 bis 2008; in %

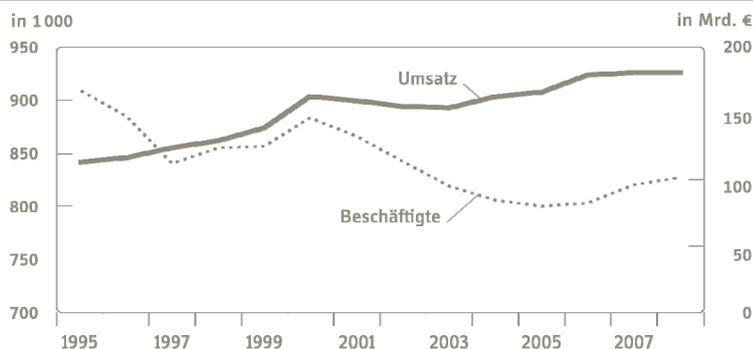


Eigene Berechnungen.

#### 14. Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

Dieser im Folgenden kurz mit Elektroindustrie bezeichnete Industriezweig wies nach Angaben des ZVEI mit 3,7 % ein durchschnittliches Umsatzwachstum zwischen 1995 und 2008 auf, das in etwa dem des gesamten Verarbeitenden Gewerbes entsprach (Schaubild 14.1). Ein wesentlicher Träger dieses Wachstums war die Sparte der Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik, Bauelemente, die zwischen 1995 und 2008 eine durchschnittliche Wachstumsrate von 5,9 % aufwies. Ebenfalls vergleichsweise hohe Wachstumsraten verzeichnete mit 8,6 bzw. 6,5 % die Herstellung von industriellen Prozesssteuerungsanlagen und Elektromotoren. Vor allem die Produktion medizinischer Geräte und orthopädischer Vorrichtungen sowie von Mess- und Kontrollgeräten trug mit durchschnittlichen jährlichen Anstiegen von 12,4 bzw. 10,5 % noch erheblich zum Wachstum dieser Branche bei. Hingegen stagnierte die Entwicklung bei den Haushaltsgeräten. Die Herstellung von DV-Geräten musste sogar Verluste von durchschnittlich 3,1 % pro Jahr hinnehmen.

**Schaubild 14.1**  
**Beschäftigte und Umsatz in der Elektroindustrie**  
 1995 bis 2008



Nach Angaben des ZVEI.

Einen Höhepunkt des Wachstums dieses Sektors markierte das Jahr 2000, in welchem ein Umsatz von rund 163 Mrd. € erzielt wurde (Schaubild 14.1). Danach sank der Umsatz bis 2003 auf ein Niveau von etwa 154 Mrd. € zurück, um bis 2007 auf 182 Mrd. € anzusteigen. Auf diesem Niveau blieb der Umsatz auch 2008. Die wirtschaftliche Situation der Elektroindustrie folgte damit in etwa der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, die nach einem wachstumsstarken Jahr 2000 von einer dreijähr-

## Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

---

rigen Phase der Stagnation gekennzeichnet war. Danach erfolgte erneut ein mehrjähriger Aufschwung, der 2008 zu einem Ende kam.

Das Umsatzwachstum dieser Branche wurde begleitet von einem deutlichen Abbau der Arbeitsplätze (Schaubild 14.1). Insgesamt ist zwischen 1995 und 2008 ein jahresdurchschnittlicher Rückgang von 0,9 % auf 827 000 Beschäftigte zu verzeichnen. Die Zahl der Arbeitskräfte sank damit in der Elektroindustrie im gleichen Maße wie im gesamten Verarbeitenden Gewerbe.

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

### 14.1 Datenbasis

Die wesentliche Datengrundlage, für die im Rahmen des vorliegenden Monitoringberichtes erfolgende Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, bildet im Falle der Elektroindustrie die Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes. Daraus sind die notwendigen detaillierten Informationen über den Energieverbrauch dieses Sektors für die Zeit ab 1995 zu entnehmen. Die hier benutzte Bezeichnung „Elektroindustrie“ umfasst Unternehmen aus mehreren Wirtschaftszweigen, die nach der Systematik der Wirtschaftszweige von 1993 in den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes unter den folgenden Nummern aufgeführt werden: 29.71 Herstellung von elektrischen Haushaltsgeräten, 30.02 H. v. Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen, 31.1 H. v. Elektrizitätsverteilungen -und -schalteinrichtungen, 31.2 H. v. isolierten Elektrokabeln, -leitungen und -drähten, 31.3 H. v. elektrischen Lampen und Leuchten, 31.4 H. v. Akkumulatoren und Batterien, 31.5 H. v. elektrischen Lampen und Leuchten, 31.6 H. v. elektrischen Ausrüstungen, 32 Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik, 33.1 H. v. medizinischen Geräten und orthopädischen Vorrichtungen, 33.2 H. v. Meß-, Kontroll-, Navigations -und ähnlichen Instrumenten und Vorrichtungen, 33.3 H. v. industriellen Prozess- und Steuerungsanlagen.

Teile der Bereiche 33.1 und 33.2 sind der Branche Feinmechanik und Optik zuzurechnen. Deren Energieverbrauch wurde vom Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI), welcher die Elektroindustrie vertritt, herausgerechnet. Für das Basisjahr 1990 wurden die Energiedaten für die Unternehmen Ostdeutschlands dem Statistischen Jahrbuch entnommen, da die Fachserie 4 für dieses Jahr nur Angaben zu den Unternehmen der alten Bundesländer macht.

Die ab 2003 durchgeführte neue Erhebung des Statistischen Bundesamtes über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes weist die Verbrauchsdaten nicht mehr für alle Produktgruppen in der erforderlichen Gliederungstiefe aus: So wurde sowohl bzgl. des Energieverbrauchs bei der Herstellung von Haushaltsgeräten (WZ 29.7) als auch bei der Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten (WZ 30) nicht mehr nach elektrischen und nicht-elektrischen Geräten getrennt. Herangezogen wurde für das Monitoring der insgesamt ausgewiesene Energieverbrauch, da bei beiden Produktgruppen der entsprechende Anteil für die nicht elektrischen Geräte nach Ansicht des ZVEI vernachlässigbar gering ist.

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.

Da Energieverbrauchsdaten des Statistischen Bundesamtes für das aktuelle Berichtsjahr nicht vorlagen, wurde der Energieverbrauch vom ZVEI auf der Basis eines Panels, das einen Stromverbrauch von rund 55 %, einen Gasverbrauch von etwa 50 % und einen Verbrauch von leichtem Heizöl in Höhe von ebenfalls rund 50 % der gesamten Elektroindustrie aufweist, ermittelt. Hierbei wurde der Energieverbrauch der antwortenden Unternehmen auf die Branche hochgerechnet. Die effektiven Werte des Statistischen Bundesamtes von 2007 wurden dann mit den Veränderungsraten aus den hochgerechneten Schätzwerten der Jahre 2007 und 2008 fortgeschrieben.

Der Vergleich der effektiven StaBuA-Daten für 2007 mit den vom ZVEI in gleicher Weise geschätzten Werten für dieses Jahr aus dem letzten Bericht ergab eine Abweichung. Die StaBuA-Daten lagen um 18 % höher. Damit lag der Zielerreichungsgrad für 2007 tatsächlich bei gut 105 % statt bei 127 %, wie im letzten Monitoringbericht ausgewiesen.

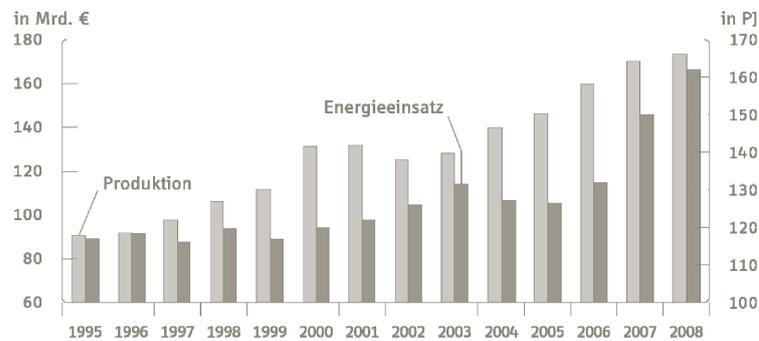
### 14.2 Energieverbrauch und Produktion

Schaubild 14.2 vermittelt einen gewissen Eindruck von der später eingehend zu diskutierenden Entkopplung des Energieverbrauchs von der Entwicklung der Produktion. Zwischen 1995 und 2000 lag der Energieverbrauch zwischen 117 PJ und 120 PJ, während der Produktionswert in dieser Zeit sehr stark stieg, von 90,2 auf 131,2 Mrd. €. Vor allem im 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 %. Sehr auffällig ist allerdings, dass 2002 und 2003

## Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

der Energieverbrauch weiter zunahm, während die Produktion sank bzw. schwächer anstieg. Ab 2004 gelang wieder eine deutliche Entkoppelung des Energieverbrauchs von der Produktionsentwicklung. Der Energieverbrauch sank zwischen 2003 und 2007 insgesamt um 3 % auf 127 PJ, während in diesem Zeitraum die Produktion um gut 32 % anstieg. Dagegen wurde 2008 der Energieverbrauch um 7,7 % erhöht, während die Produktion nur um 2 % gesteigert werden konnte.

**Schaubild 14.2**  
**Produktion und Energieeinsatz in der Elektroindustrie**  
1995 bis 2008



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 Walkman, elektrischen Zahnbürsten, Fernsehern, Waschmaschinen und Geschirrspülern. Die Industrie verwendet daher eine Vielzahl von Fertigungstechnologien, deren Bandbreite von der Einzelfertigung bis zur Massenfertigung, etwa von Haushaltsgeräten, reicht (ZVEI 2005a: 4).

Mit diesem Produktportfolio unterliegt die Elektroindustrie sehr viel komplexeren Zusammenhängen von wirtschaftlichem Wachstum und Energieverbrauch als Branchen, in denen Produktion und Energieverbrauch prozessbedingt unmittelbar korrelieren - d.h. es gibt in der Elektroindustrie im Gegensatz zu anderen Branchen kein über den gesamten Wirtschaftszweig hinweg dominantes Verfahren, dass über einen unmittelbaren prozesstechnischen Zusammenhang wirtschaftliche Entwicklung und Energieeinsatz direkt verknüpft. Dem Einsatz an Energie zu Beleuchtungs-

zwecken, 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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).

## Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

---

### Übersicht 14.1

#### Selbstverpflichtungen der Elektroindustrie

---

Ziel Verringerung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2012 um 40 %.

Basisjahr 1990

---

Nach Angaben des ZVEI (2001).

---

Um den spezifischen Endenergieverbrauch zu verbessern, und damit die spezifischen Emissionen zu reduzieren, wird nach Angaben des ZVEI neben der Modernisierung der Produktionsanlagen, der Gebäudetechnik und der Verwaltungseinrichtungen eine Verbesserung der Kenntnis über den Energieverbrauch angestrebt, um noch unerschlossene Potenziale zur Erhöhung der Energieeffizienz zu nutzen.

Die Zusage zur Minderung der spezifischen, nicht aber der absoluten CO<sub>2</sub>-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 (CO<sub>2</sub>) sind für die Elektroindustrie zwei weitere Klimagase relevant, polyfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>). 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 SF<sub>6</sub> in Schaltanlagen wurde 2005 zusammen mit Herstellern von SF<sub>6</sub> 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 2008 erzielte CO<sub>2</sub>-Minderungen

Das Ziel, die spezifischen CO<sub>2</sub>-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 2007 konnte diese Marke

erneut unterschritten werden (Tabelle 14.1). 2008 blieb die Minderungsrate bezogen auf 1990 mit 39,2 % wieder leicht unter der anvisierten Zielmarke.

**Tabelle 14.1**  
**Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen und Zielerreichungsgrade der Elektroindustrie**  
 1990 bis 2008; Ziel: -40 % bis 2012

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Spez. Emissionen, g CO <sub>2</sub> /€	97,27	82,82	58,22	54,82	52,60	56,26	59,16
Minderung in %	-	14,9	40,1	43,6	45,9	42,2	39,2
Zielerreichungsgrad in %		37,1	100,4	109,1	114,8	105,4	97,9

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

Die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen gingen zwischen 1990 und 1995 deutlich zurück, von 9,3 auf 7,5 Mill. t (Tabelle 14.2). Mit geringen Abweichungen hielten sich die Emissionen bis 1999 auf etwa diesem Niveau, bevor bis 2003 wieder ein deutlicher Anstieg auf 8,4 Mill. t erfolgte (RWI 2007: 187). Auf dieser Höhe verharrten die Emissionen dann bis 2007. Zwischen 2006 und 2008 stiegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen erneut auf 10,2 PJ. Insgesamt gelang es, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen 1990 und 2008 um 10,5 % zu verringern, während die Produktion um 81,5 % zunahm. Als Resultat sind die spezifischen Emissionen in diesem Zeitraum um 39,2 % gefallen (Tabelle 14.1).

### 14.6 Ursachenanalyse

Der wesentliche Grund für den Rückgang der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen ist in der Senkung des spezifischen Energieverbrauchs bzw. in der weitgehenden Entkopplung des Energieverbrauchs von der Produktionsentwicklung zu sehen. Obwohl die Produktion zwischen 1995 und 2000 um über 40 % zunahm, blieb der Energieverbrauch in diesem Zeitraum auf einem relativ konstanten Niveau von rund 117 bis 120 PJ (Tabelle 14.3).

Damit ist während der neunziger Jahre ein kontinuierlicher Anstieg der Energieeffizienz zu konstatieren (Tabelle 14.3). Zwischen 1990 und 1995 sank der spezifische Energieverbrauch um 12,2 %, nicht zuletzt auch infolge der Wiedervereinigung. Von 1995 bis 2000 konnte der spezifische Verbrauch, hier gemessen in MJ pro € Produktionswert, noch deutlicher verringert werden: Die Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs betrug in diesem Zeitraum 30 %.

## Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

**Tabelle 14.2**  
**Produktion und absolute CO<sub>2</sub>-Emissionen der Elektroindustrie**  
1990 bis 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
CO <sub>2</sub> -Emissionen, Mill. t	9,27	7,47	7,64	8,01	8,40	9,54	10,24
Minderung in %	-	19,4	17,6	13,6	9,4	2,9	10,5
Produktion, Mrd. €	95,3	90,2	131,2	146,1	159,7	169,6	173,0
Veränd. geg. 1990, in %	-	-5,4	37,7	53,3	67,6	78,0	81,5

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

Nach einer vorübergehenden Verschlechterung in den Jahren 2002 und 2003 (RWI 2007: 188) sank der spezifische Energieverbrauch bis 2006 weiter auf 0,83 MJ/€ Produktionswert, um dann in den Jahren 2007 und 2008 erneut wieder anzusteigen auf 0,89 MJ/€ bzw. 0,93 MJ/€.

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

**Tabelle 14.3**  
**Energieverbrauch in der Elektroindustrie**  
1990 bis 2008; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Energieverbrauch, PJ	141,2	116,9	119,9	126,3	131,8	150,3	161,5
Minderung in %	-	17,2	15,1	10,6	6,7	6,4	14,4
Spez.Verbrauch, MJ/€	1,48	1,30	0,91	0,86	0,83	0,89	0,93
Minderung in %	-	12,2	38,5	41,9	43,9	39,9	37,2

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

Von 1995 bis 2008 verlief die Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs und des spezifischen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes mit jeweils -28,5 % parallel. In dieser Zeit hat der Anteil des Nettofremdstrombezugs zu Lasten von Erdgas und von leichtem Heizöl kontinuierlich zugenommen, von 77,4 % auf 85,1 % in 2008. Die Substitution zu

Lasten von Heizöl fand vor allem bis 2004 statt, die zu Lasten von Erdgas zwischen 2004 und 2007.

**Tabelle 14.4**  
**Energiemix in der Elektroindustrie**  
 1990 bis 2008; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Steinkohlenbriketts	0,5	0,3	0,0	-	-	-	-
Steinkohlenkoks	0,3	0,3	0,6	-	0,5	0,4	0
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	5,1	3,1	3,8
Erdgas	15,3	17,0	15,6	17,8	16,7	19,8	20,6
Kokereigas	0,6	0,3	0,4	-	-	-	-
Primärbrennstoffe	31,5	26,4	21,4	21,9	22,2	23,4	24,4
Nettofremdstrombezug	110	91	99	104	110	127	137
Energieverbrauch	142	117	120	126	132	150	161

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen verringerten sich über den gesamten Zeitraum in ähnlichem Umfang wie der Energieverbrauch. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Auswirkungen der Substitution von leichtem Heizöl durch Strom in Bezug auf die CO<sub>2</sub>-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 weit über 80 % liegt.

#### 14.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung

Gründe für die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs sieht der Verband in der sog. „Softwareisierung“ sowie der zunehmenden Bedeutung von Serviceleis-

## Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

---

tungen rund um den Kern der Güterproduktion, ebenso auch im Trend zur Miniaturisierung der Produkte.

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

### Übersicht 14.2

#### Ausgewählte Maßnahmen einzelner Unternehmen der Elektroindustrie zur Energieeinsparung

2008

- 
- Einführung bzw. Ausbau einer zentralen Leittechnik zur Lichtsteuerung über Sensoren in den Produktionshallen, zur zeit- und fertigungsabhängigen Steuerung der Druckluftversorgung usw., Modernisierung der Beleuchtung, Ersatz alter Umwälzpumpen durch frequenzgesteuerte Umwälzpumpen
  - Installation neuer Steuerungen zur Regelung von Heiztemperaturen im Kesselhaus, Nutzung der Abwärme an den Kompressoren zur Aufheizung des Brauchwassers in den Verwaltungsgebäuden, Halbierung der Beleuchtung in Fluren und Gängen
  - Modernisierung der Heizungssteuerung, Abwärmenutzung bei Druckluftherzeugung zu Heizzwecken und Nutzung der Umgebungstemperatur in kalter Jahreszeit für Kühlzwecke
  - Reduzierung von Büro- und Produktionsflächen im Rahmen von Restrukturierungen, Wärmeschutzverglasung an Fenstern, Ersatz einer alten Kesselanlage durch zwei neue Erdgaskessel, Optimierung von Schnelllauftoren
  - Bildung von Fahrgemeinschaften bei Dienstreisen zur Nutzung von Einsparpotenzialen
  - Optimierung von Raumbeleuchtung und Druckluftversorgung, Abwärmenutzung und Wärmerückgewinnung aus Prozessen
  - Erneuerung der Wand- und Dachdämmung an einer 600 m<sup>2</sup> großen Produktionshalle, Dämmung des Speichers eines Verwaltungsgebäudes, Optimierung der Beleuchtung einer Fertigungshalle, Erneuerung eines Druckluftherzeugers
  - Modernisierung der Beleuchtungseinrichtungen im Produktions- und Bürobereich, Installation einer neuen Steuerung zur Reduktion des Gasverbrauchs in einer Heizungsanlage
  - Durchführung einer Vielzahl von Wärmedämmmaßnahmen, Flächenkonsolidierung
  - Inbetriebnahme einer thermischen Solaranlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung, Überholung der Gasheizungsanlage, Optimierung der Raumbeleuchtung sowie Erneuerung der Druckluftanlage
  - Wärmerückgewinnung bei Druckluftkompressoren, eine frequenzgesteuerte Zentralabsaugung, verbesserte Steuerung der Klimatisierung in Büroräumen

---

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring (ZVEI 2009: 9ff.)

---

Als Grund für den Anstieg der spezifischen Emissionen in den Jahren 2002 und 2004 hat der ZVEI angeführt, dass speziell Abschwungphasen in dieser Branche durch einen höheren spezifischen Energieverbrauch gekennzeichnet zu sein scheinen, der dann bei steigendem Auslastungsgrad wieder sinkt. Zu Effizienzverbesserungen in konjunkturellen Hochphasen trägt nach Verbandsangaben ebenfalls das Outsourcen von Teilen der Produktion bei: Sind viele Unternehmen in der Elektroindustrie sehr hoch ausgelastet, rechnen die Unternehmen, die Teile, die aus der Fertigung outgesourct werden, energiestatistisch nicht zur Elektroindustrie oder, sind die Unternehmen im Ausland ansässig, so zählt letztlich der Umsatz des out-sourcenden Unternehmens zur Elektroindustrie, nicht aber der Energieaufwand zur Herstellung der Güter. Dies führt der ZVEI als einen Grund für den Effizienzschub zwischen 2003 und 2006 an (ZVEI 2009: 8).

Berücksichtigt werden muss laut ZVEI auch, dass die Elektroindustrie in ihren Bemühungen, die Produkte umweltfreundlich zu gestalten, häufig mehr anstatt weniger Energie zu deren Produktion einsetzt. Zum Beispiel werde bei Elektromotoren mehr Kupfer benötigt, um deren Wirkungsgrad zu erhöhen. Diese Prozesse benötigen mehr Energie und beeinflussen die Energieeffizienz negativ (ZVEI 2001).

Der Zusammenhang zwischen Produktionswachstum und Energieverbrauch erscheint insgesamt aufgrund des fehlenden unmittelbaren prozesstechnischen Zusammenhangs eher als lose. Ein unmittelbarer Grund für den Anstieg des spezifischen Energieverbrauchs 2007 und 2008 erscheint nicht ersichtlich.

Einen Einblick in die Vielfalt, der in dieser Branche im Jahr 2008 im Rahmen von Modernisierungen oder Erneuerungen der Produktionsanlagen, der Gebäudetechnik und Verwaltungseinrichtungen durchgeführten Maßnahmen zur Energieverbrauchs- und CO<sub>2</sub>-Minderung, gewährt die Übersicht 14.2. Die dort beispielhaft aufgeführte Auswahl entstammt dem Fortschrittsbericht des ZVEI (2009: 9ff). 133 der 169 Unternehmen, die sich am ZVEI-Energiepanel beteiligt haben, gaben an, im Jahr 2008 Einsparmaßnahmen bzw. Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz ergriffen zu haben. Eine Vielzahl der Maßnahmen betraf die Optimierung des Energieverbrauchs durch verbesserte Steuerung, die Verbesserung der Gebäudeisolierung, die Modernisierung von Heizungen die Optimierung von Beleuchtungsanlagen und die Reduktion bzw. Konsolidierung von Büro- und Produktionsflächen.

Im Bereich Produktionsprozesse betrafen diverse Maßnahmen Verbesserungen im Bereich der Druckluft- und Kompressortechnik sowie der Abwärmeverwertung und der Wärmerückgewinnungstechnik.

## Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

---

### 14.8 Zusammenfassung und Bewertung

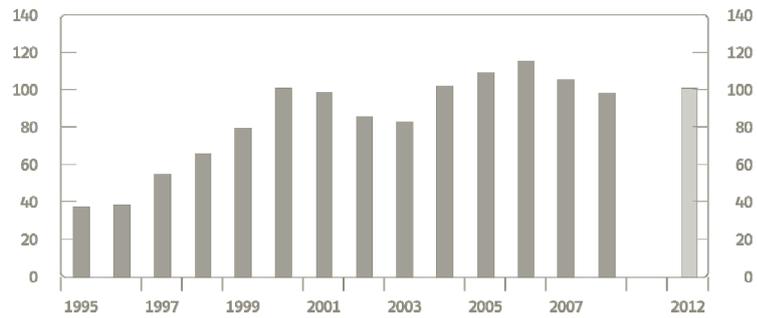
Die in Schaubild 14.3 dargestellten Zielerreichungsgrade zeigen, dass das für 2012 angestrebte Ziel einer 40-prozentigen Senkung von 2004 bis 2007 deutlich übertroffen wurde. 2008 jedoch sank der Zielerreichungsgrad wieder auf knapp 98,0 %.

In den Jahren 2007 und 2008 stiegen Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich an, während das Produktionswachstum erheblich schwächer verlief. Damit kam es in beiden Jahren erneut zu einer Zunahme des spezifischen Energieverbrauchs wie schon in den Jahren 2002 und 2003. Dieser Anstieg hatte in den ersten beiden Jahren nach der Einführung der freiwilligen Selbstverpflichtung der Elektroindustrie zu einem Rückgang des Zielerreichungsgrades geführt. Als Grund wurde vom ZVEI der relativ niedrige Auslastungsgrad in der Abschwungphase angeführt. Angesichts der aktuellen Verschlechterungen wurde auf die konjunkturellen Unwägbarkeiten dieser komplexen Branche hingewiesen.

Auch wenn der Verband für die Zukunft weiterhin Effizienzverbesserungen erwartet, wenn auch deutlich niedrigere als bisher, bezeichnet der ZVEI das für 2012 gesetzte Ziel aufgrund dieser Unwägbarkeiten nach wie vor als anspruchsvoll (ZVEI 2009: 9). Zudem ist nach Aussagen des ZVEI zu berücksichtigen, dass die Unternehmen bereits eine Vielzahl von Maßnahmen durchgeführt haben.

Über Energieeinsparungen durch Effizienzverbesserungen hinaus gibt es in der Elektroindustrie kaum mehr Möglichkeiten zur CO<sub>2</sub>-Reduktion. Von der Substitution kohlenstoffreicher durch kohlenstoffarme Energieträger sind keine erheblichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen mehr zu erwarten. 2004 hatte das kohlenstoffarme Erdgas bereits einen Anteil von knapp 72 % bei den fossilen Brennstoffen erreicht. Darüber hinaus dürfte sich der in den vergangenen Jahren zu beobachtende kontinuierliche Anstieg des Anteils an Strom am gesamten Energieeinsatz dieser Branche eher fortsetzen. Dieser lag 2007 bereits bei 84,3 %. Aufgrund des hohen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktors von Strom dürfte ein weiter steigender Stromanteil eher zu einer Erhöhung der spezifischen Emissionen führen, da dann Strom vor allem Gas ersetzen würde.

**Schaubild 14.3**  
**Zielerreichungsgrad der Elektroindustrie für das Minderungsziel 2012**  
1995 bis 2008; in %



Eigene Berechnungen.

## Der Steinkohlenbergbau

---

### 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. Das sogenannte Überprüfungsgebot sieht dabei vor, diese Auslaufentscheidung 2012 durch den Deutschen Bundestag noch einmal überprüfen zu lassen. 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).

2008 gehörten zur Steinkohlenindustrie noch eine Kokerei und zwei Brikettfabriken sowie sieben Steinkohlenbergwerke – fünf im Ruhrgebiet, eines an der Saar und eines in Ibbenbüren. Am 1. Juli 2008 wurde das Bergwerk Walsum im Ruhrgebiet stillgelegt. Der Sektor beschäftigte Ende 2008 insgesamt noch rund 30 400 Mitarbeiter (GVSt 2009a: 3f). Die bergbaulichen Aktivitäten an Ruhr und Saar werden von der RAG Deutsche Steinkohle AG (vorher Deutsche Steinkohle AG - DSK) und der RAG Anthrazit Ibbenbüren GmbH (vorher DSK Anthrazit Ibbenbüren GmbH) wahrgenommen. Beide Gesellschaften sind zusammen mit der RAG Bildung GmbH und der RAG Immobilien GmbH unter dem Dach der RAG Aktiengesellschaft (RAG) vereint (GVSt 2009a: 8).

#### 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 Rah-

men des vorliegenden Monitoringberichtes erfolgende Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bilden die vom GVSt gelieferten Daten über den Verbrauch der einzelnen Energieträger und die Produktionsmenge in Tonnen verwertbare Förderung (t v. F.), die im Folgenden verkürzend mit Tonnen (t) wiedergegeben werden. Ebenso liefert der Verband Daten über das Methan- (CH<sub>4</sub>-)Aufkommen und die Methanverwertung in aktiven und stillgelegten Bergwerksteilen. Die Mengen werden in CO<sub>2</sub>-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 Kennziffer 10.1, Steinkohlenbergbau und -brikettherstellung, zu finden. Die Verbandsdaten und die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Angaben sind allerdings nicht miteinander vergleichbar, da die vom 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 Koks- und Briketterzeugung der RAG. Die stark abweichenden Angaben zum Energieverbrauch sind in erster Linie auf den Energieeinsatz in den Kraftwerken zurückzuführen.

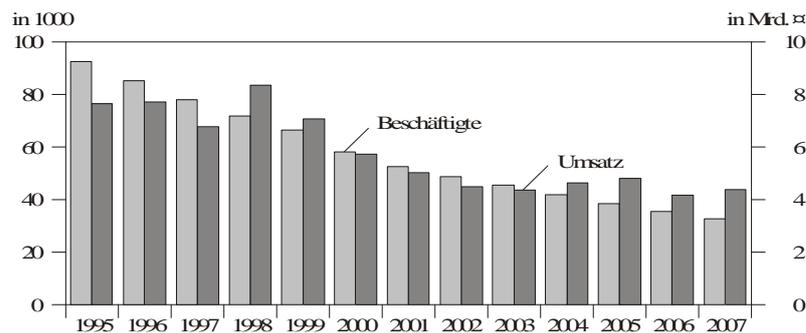
Bei den Angaben zu Umsatz, Beschäftigten, Investitionen und Rationalisierungsmaßnahmen wird ebenfalls auf Informationen des GVSt zurückgegriffen. Der Verband stellt zudem vier Fortschrittsberichte mit Angaben zu den zwischen 1990 und 2008 vollzogenen Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung zur Verfügung (GVSt 2005, 2007, 2008 und 2009a).

### 15.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Im deutschen Steinkohlenbergbau wurden 2008 noch 17,1 Mill. t Steinkohle gefördert. Der Anteil der heimischen Steinkohle an der inländischen Versorgung lag im Jahr 2007 bei 32,4 % (GVSt 2009a: 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.

## Der Steinkohlenbergbau

**Schaubild 15.1**  
**Beschäftigte und Umsatz in der Steinkohlenindustrie**  
1995-2007



Nach Angaben des GVSt.

Der Energieverbrauch ist zwischen 1990 und 1999 um 51,8 % auf 62,8 PJ gesunken (Tabelle 15.3). Die Steinkohlenförderung ging hingegen zwischen 1990 und 1999 nur um 43,8 % von 69,8 auf 39,2 Mill. t zurück (Tabelle 15.2). Demgegenüber entsprach der Rückgang der Produktion zwischen 1999 und 2007 mit 45,6 % in etwa dem des Energieverbrauchs mit 45,2 %. 2008 ging die Förderung drastisch um 19,7 % zurück, während der Energieverbrauch nur um 9 % abnahm. Ursache für diese Entwicklung war ein schweres bergbaubedingtes Erschütterungsereignis im Saarrevier im Februar 2008, das zu einem mehrwöchigen Abbaustopp führte. Auf Basis eines neuen Abbaukonzeptes wurde die Produktion des Bergwerks Saar danach eingeschränkt und die Abbauaktivitäten in unkritische Feldteile verlagert. Da während des Abbaustopps die nötige Grubensicherheit aufrechterhalten werden musste, erhöhte sich der spezifische Energieverbrauch dort erheblich. Darüber hinaus besteht bis zur Schachtverfüllung bei dem zum 1. Juli 2008 im Ruhrrevier stillgelegten Bergwerk noch ein erheblicher Energiebedarf, dem keine Förderung gegenübersteht (GVSt 2009a: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 war der Umsatzrückgang zwischen 2004 und 2007 mit 5,5 % nur schwach ausgeprägt, während hingegen die Fördermenge um 17,1 % zurückging (GVSt 2008: 5). Parallel zum Sinken der Steinkohlenförderung schrumpfte die Zahl der Beschäftigten von rund 130 300 im Jahr 1990 auf etwa 42 000 im Jahr 2004. Entsprechend der kohlepolitischen Verein-

barung setzte sich der Beschäftigungsabbau auf 30 400 Mitarbeiter im Jahr 2008 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 nicht brauchbaren Bestandteilen getrennt wird. Etwa 50 % der Rohkohlenförderung sind verwertbare Kohle (Energiewelten 2005).

Zum Abbau der Kohle werden Walzenschrämlader und Kohlenhobel eingesetzt (GVSt 2002: 4). Der Kohlenhobel, der vor allem in niedrigen Flözen oder bei weicher Kohle zum Einsatz kommt, wird am Flöz entlang gezogen und schneidet die Kohle mit Meißeln aus dem Flöz heraus. Dies geschieht mit einer Geschwindigkeit von 180 bis 220 Metern pro Minute und einer Schnitttiefe von 3 bis 8 cm. Bei härterer Kohle wird der Walzenschrämlader eingesetzt, dessen rotierende Walze einen etwa 80 cm breiten Streifen herausschneidet. Der effiziente Einsatz dieser Maschinen wird durch Sensoren und Mikrochips in der Steuerungs- und Regelungstechnik geregelt. Alle Vorgänge unter Tage werden über Monitore von der Grubenwarte aus überwacht und gesteuert (DSK 2005).

Mit dem zunehmenden Abbau der Kohleflöze erhöht sich die Entfernung zwischen Schacht und Streb, d.h. dem Kohlegewinnungsraum. Für einen Streb von 300 Metern Länge werden etwa 200 große Stahlschilde benötigt, die von Hydraulikstempeln abgestützt, den Hohlraum offen halten. Der Streckenvortrieb bzw. das Herstellen von Hohlräumen zum Aufdecken neuer Flöze erfolgt zu 60 % mittels Bohr- und Sprengtechnik und zu 40 % mit sogenannten Streckenvortriebsmaschinen (GVSt 2005: 9). Der Abbau vollzieht sich auch weiter in die Tiefe. Die Gewinnungstiefe wächst durchschnittlich um 17 Meter pro Jahr. Je größer indessen die Abbautiefe, desto höher sind die herrschenden Temperaturen: Pro 100 Meter steigt die Temperatur um rund drei Grad Celsius (°C). Bei rund 1 000 Meter Abbautiefe herrschen Temperaturen von ca. 40 °C. Das Freilegen der Rohkohle ist daher für die Beschäftigten mit hohen Belastungen verbunden.

Um die Arbeiten in einem Bergwerk zu ermöglichen, saugen am Schacht angebrachte Ventilatoren die verbrauchte Luft ab; Frischluft gelangt über andere Schächte ins Bergwerk. Damit werden nicht nur die Arbeitsbelastungen reduziert und die dafür vorgeschriebenen Klimagrenzwerte eingehalten. Zugleich wird hierdurch der Anteil des beim Abbau von Kohlenflözen freigesetzten Kohlegases in der Abluft

## Der Steinkohlenbergbau

---

verringert und unter der explosionsfähigen Konzentration gehalten. Beim Kohlegas handelt es sich zu 90 bis 95 % um Methangas. Das Gasgemisch aus Kohlegas und atmosphärischer Luft wird als Grubengas bezeichnet. 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. Gemeinsam mit Partnern aus der mittelständischen Industrie wurden unter dem Dach der RAG Aktiengesellschaft 2000/2001 hierzu zwei Methanverwertungsgesellschaften gegründet. In den Bergwerken verbleiben nach Stilllegung noch etwa 10 bis 30 % des ursprünglichen Gasgehalts in den beeinflussten Flözen. Zur Methanergewinnung 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 DSK werden pro Tag 370 000 t Rohkohle, Gestein, Baustoffe und Maschinen über eine mittlere Entfernung von etwa 6 km transportiert (GVSt 2002: 5f). Das in Betrieb befindliche Streckennetz eines Bergwerks liegt derzeit bei ungefähr 90 km. Das Streckennetz der DSK beträgt insgesamt über 1 000 km. Jedes Jahr kommen etwa 80 km an neuen Abbaustrecken hinzu; im Rahmen der Optimierung des Streckennetzes werden allerdings jedes Jahr mehr als 100 km Strecken stillgelegt. Auch für die Frischluftzufuhr zur Einhaltung der Klimagrenzwerte und zum Ausschluss von Schlagwetterexplosionen ist ein hoher Energieeinsatz erforderlich (GVSt 2002: 4).

Schließlich ist auch die Herstellung von Koks aus qualitativ hochwertiger Koks Kohle mit einem erheblichen Energieaufwand verbunden. Koks findet vor allem in den Hochöfen der Stahlhüttenwerke Verwendung. In Kokereien wird Koks Kohle 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 Kokereigases 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 CO<sub>2</sub>-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 <sub>2</sub> -Emissionen bis 2012 um 75 % gegenüber 1990. Verringerung der CH <sub>4</sub> -Emissionen bis 2012 um 70 % gegenüber 1990.
Prognose	Verringerung der absoluten CO <sub>2</sub> -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 CO<sub>2</sub>-Emissionen. Laut Fortschrittsbericht wird eine Minderung der Emissionen bis 2012 um rund 80 % gegenüber 1990 für plausibel erachtet (GVSt 2009a: 9).

## Der Steinkohlenbergbau

---

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 2008 realisierte CO<sub>2</sub>- und Methangasminderungen

Dem Steinkohlenbergbau gelang es, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen 1990 und 2008 um 80,4 % zu senken (Tabelle 15.1). Das für 2012 avisierte Reduktionsziel von 75 % wurde bereits seit 2006 übertroffen. 2008 lag der Zielerreichungsgrad bei 107,2 %.

**Tabelle 15.1**

#### **CO<sub>2</sub>-Emissionen und Zielerreichungsgrade der Steinkohlenindustrie**

1990 bis 2008; Minderungsziel gegenüber 1990: 75 % bis 2012

	1990	1995	1999	2000	2005	2006	2007	2008
CO <sub>2</sub> -Emissionen, Mill. t	9,2	6,7	3,7	3,4	2,4	2,2	2,0	1,8
Minderung in %	-	27,2	59,8	63,0	73,9	76,1	78,3	80,4
Zielerreichungsgrad in %	-	36,3	79,7	84,0	98,6	101,4	104,3	107,2

Nach Angaben des GVSt.

Die in die Atmosphäre abgegebenen CH<sub>4</sub>-Emissionen aus aktiven und stillgelegten Bergwerksteilen konnten von 19,7 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten 1990 auf 3,8 Mill. t im Jahr 2008, d.h. um 80,7 % reduziert werden (Tabelle 15.2). Mit einem Zielerreichungsgrad von 115,3 % wurde das angestrebte Ziel damit deutlich übererfüllt. Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus aktiven Bergwerken sanken in diesem Zeitraum um 79,3 %, die aus stillgelegten Bergwerksteilen um knapp 95 %.

**Tabelle 15.2**  
**In die Atmosphäre abgegebene CH<sub>4</sub>-Emissionen und Zielerreichungsgrade im Steinkohlenbergbau**

1990 bis 2008; in Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, Minderungsziel gegenüber 1990: 70 % bis 2012

	1990	2000	2005	2006	2007	2008
Aus lebenden Bergwerken	17,9	9,6	5,6	4,8	4,0	3,7
Aus stillgelegten Bergwerksteilen	1,8	2,7	0,1	0,1	0,1	0,1
CH <sub>4</sub> -Emissionen insgesamt	19,7	12,3	5,7	4,9	4,1	3,8
Minderung geg. 1990, in %	-	37,6	71,1	75,1	79,2	80,7
Zielerreichungsgrad in %	-	53,7	101,5	107,3	113,1	115,3

Nach Angaben des GVSt.

### 15.6 Ursachenanalyse der CO<sub>2</sub>-Minderung

Der drastische Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist in erster Linie Folge der Stilllegung von Bergwerken und den dazugehörigen Nebenbetrieben, die mit dem Abbau der Steinkohlenförderung einhergingen. Zwischen 1990 und 2008 sank die Zahl der aktiven Bergwerke durch Stilllegung und Zusammenlegungen von 27 auf 7. Damit verbunden war eine Drosselung der Förderung um 75 % auf 17,1 Mill. t (Tabelle 15.3). Im selben Zeitraum konnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen um gut 80 % auf 1,8 Mill. t gesenkt werden und damit etwas stärker als die Produktion (Tabelle 15.1). Neben dem Förderrückgang, der für den größten Teil der CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen verantwortlich war, konnte auch eine Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs dazu beitragen.

Zwischen 1990 und 1999 gelang es, den spezifischen Energieverbrauch um rund 15 % zu senken, von 1,87 auf 1,60 GJ/t (Tabelle 15.3). 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 8 % gesenkt werden. Den kurzzeitigen Anstieg im Jahr 2006 führt der Verband auf technische und geologische Störungen zurück, die auf einigen Bergwerken zu Betriebsunterbrechungen führten (GVSt 2008: 10). Die Verschlechterung des spezifischen Verbrauchs auf 1,83 GJ/t 2008 ist vor allem auf die Folgen des Erschütterungsereignisses auf dem Bergwerk Saar zurückzuführen. So musste trotz Abbaustopp die nötige Grubensicherheit aufrechterhalten werden. Zudem erfolgte dort aufgrund der anschließenden Teilstilllegung seitdem nur eine verminderte Produk-

## Der Steinkohlenbergbau

tion, wobei der Ausfall kurzfristig durch die Förderung anderer Bergwerke kompensiert wurde. Entsprechende unvorhergesehene Maßnahmen bedingen nach Angaben des GVSt einen höheren Energiebedarf. Des Weiteren beruht der gestiegene Energiebedarf auf den bis zur Schachtverfüllung durchzuführenden Arbeiten in dem 2008 stillgelegten Bergwerk im Ruhrrevier (GVSt 2009a: 10).

**Tabelle 15.3**  
**Förderung, spezifischer Energieverbrauch und spez. CO<sub>2</sub>-Emissionen der Steinkohlenindustrie**

1990 bis 2008; gerundete Werte

	1990	1995	1999	2000	2005	2006	2007	2008
Förderung, Mill. t	69,8	53,2	39,2	33,3	24,7	20,7	21,3	17,1
Veränd. geg. 90 in%	-	23,8	43,9	52,4	64,6	70,3	69,5	75,5
Spez. Emissionen, kg/t	132	125	95	102	98	105	95	108
Minderung in %	-	5,2	28,0	22,7	25,8	20,5	28,0	18,2
Spez. Verbrauch, GJ/t	1,87	1,72	1,60	1,75	1,66	1,78	1,61	1,83
Minderung in %	-	8,0	14,4	6,4	11,2	4,8	13,9	2,1
CO <sub>2</sub> -Intensität, Mill. t/PJ	0,071	0,073	0,059	0,058	0,059	0,060	0,058	0,058

Nach Angaben des GVSt.

Einen Eindruck von der Bedeutung der gesteigerten Energieeffizienz im Steinkohlenbergbau zeigt folgende Rechnung: Subtrahiert man den spezifischen Energieverbrauch für 2007 vom entsprechenden Wert von 1990 und multipliziert die Differenz von 0,26 GJ/t beziehungsweise 0,26 PJ/Mill. t mit der Fördermenge von 2007 in Höhe von 21,3 Mill. t, so ergibt sich eine Energieeinsparung durch Effizienzverbesserung in Höhe von 5,5 PJ. Wird dieser Wert mit der für 2007 festgestellten CO<sub>2</sub>-Intensität in Höhe von 0,058 Mill. t CO<sub>2</sub>/PJ bewertet, so ergibt sich eine CO<sub>2</sub>-Minderung durch effizientere Energienutzung von gut 0,3 Mill. t. Eine entsprechende Rechnung für 2008 führt aufgrund der Sonderereignisse in diesem Jahr nicht zu aussagefähigen Ergebnissen für eine Beurteilung der Energieeffizienz.

Einem Rückgang des spezifischen Energieverbrauchs von insgesamt 2,2 % zwischen 1990 und 2008 stand eine Reduktion der spezifischen Emissionen von 18 % gegenüber (Tabelle 15.3). Dabei gelang es allein zwischen 1995 und 1996, die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von 125 kg/t auf 96 kg/t zu reduzieren, ein Rückgang von 23,2 % innerhalb nur eines Jahres. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Strombedarf seit 1996 völlig durch Lieferungen von außen gedeckt wird, während die

eigenen Zechenkraftwerke stillgelegt wurden (GVSt 2002: 7). Der im Rahmen des Monitorings für Fremdstrombezüge festgelegte CO<sub>2</sub>-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 2008; gerundete Werte in PJ

	1990	1995	1999	2000	2005	2006	2007	2008
Steinkohlen	56,1	40,2	0,4	0,2	0,01	0,01	0,03	0,04
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	7,6	7,6	7,8
Gichtgas	0,8	0,9	-	-	-	-	-	-
Grubengas	9,5	10,4	7,9	6,1	4,4	3,5	3,0	0,7
Fossile Energieträger	101,7	67,2	21,7	21,4	12,4	11,2	10,7	8,7
Nettostrombezug	28,6	24,2	41,1	37,0	28,6	25,6	23,7	22,6
Energieeinsatz insg.	130,3	91,4	62,8	58,4	41,0	36,8	34,4	31,3

Nach Angaben des GVSt.

Von 1999 bis 2007 nahm der spezifische Energieverbrauch um etwa 0,5 % zu, während die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen stagnierten. Als Folge der Bergwerksstilllegungen im Ruhrrevier und der auf dem Bergwerk Saar eingeleiteten Maßnahmen stiegen beide Größen zwischen 2007 und 2008 um 13,7 %. Die Veränderungen in der Struktur des Energiemixes hatten somit kaum Folgen für den spezifischen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. In den vergangenen Jahren nahm zwar die Bedeutung des Stromverbrauchs mit einem CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von 0,064 t/GJ weiter zu: So stieg der Anteil des Nettostrombezugs von 1999 bis 2008 von 65,4 % auf 72,2 %. Jedoch erhöhte sich gleichzeitig die Bedeutung des kohlenstoffarmen Kokereigases mit einem

## Der Steinkohlenbergbau

---

Emissionsfaktor von 0,044 t CO<sub>2</sub>/PJ. 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). Bis 2008 stieg der Einsatz wieder um 1 PJ und hat damit einen Anteil von 24,9 %. Weitere substanzielle Änderungen des Energiemixes sind nicht festzustellen. Der Verbrauch an Grubengas, das mit 0,054 t CO<sub>2</sub>/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 im Berichtsjahr auf nur noch 0,7 PJ. Dies implizierte einen Anteilsverlust am gesamten Energieverbrauch gegenüber 1999 um 10,4 % auf 2,2 % im Jahr 2008. 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 ( 2009a: 12).

Der Effekt dieser Änderungen im Energiemix auf die Emissionen wird ebenfalls sichtbar, wenn man die spezifischen Emissionen pro Energieeinheit oder CO<sub>2</sub>-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 2008 keine großen Änderungen mehr auf.

### 15.7 Ursachenanalyse der Minderung der Methanemissionen

Die im aktiven Bergbau auftretenden CH<sub>4</sub>-Gasmengen setzen sich zusammen aus dem Methanaufkommen, das bei der Steinkohleförderung anfällt sowie den Ausgasungen bei der Aufbereitung der Steinkohle. Die klimarelevanten CH<sub>4</sub>-Emissionen, die im Rahmen der Selbstverpflichtung relevant sind, ergeben sich nach Abzug der Gasmengen, die verwertet werden.

Die CH<sub>4</sub>-Gasmengen aus der Steinkohlenförderung und der Aufbereitung der Kohle gingen von 1990 bis 2008 beträchtlich zurück, von 22,5 auf 5,5 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente (Tabelle 15.5). Wesentlicher Auslöser war die Verringerung der Steinkohleförderung in diesem Zeitraum um 69,5 %. 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 Bergwerken NRW schwankt er z.B. zwischen 0 und 22 m<sup>3</sup> 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 methan-

freies Flöz abgebaut wurde (Tabelle 15.3). Zudem wurden nach Angaben des Verbandes Bergwerksteile vom aktiven in den stillgelegten Bereich überführt. 2008 sank die Fördermenge demgegenüber um 19,7 % bei einem Rückgang des Gasaufkommens um nur 6,8 %.

Analog zum Rückgang des Gasaufkommens sank auch die Methanverwertung aus dem aktiven Bergbau zwischen 1990 und 2008, wenn auch mit knapp 70 % um etwa 15 Prozentpunkte weniger. D.h., die Methanverwertung ist in den letzten Jahren deutlich verbessert worden. Wurde im Jahr 1990 laut GVSt etwa 70 % des abgasaugten Gases verwertet, sind es jetzt etwa 85 %. 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 2007 mit 40,6 % höher aus als der des Gasaufkommens. 2008 lag die Veränderung der Gasverwertung mit 5,3 % nur leicht unterhalb der des Gasaufkommens. Insgesamt ergab sich zwischen 1990 und 2008 als Folge des Rückgangs der Steinkohlenförderung und gleichzeitiger Verbesserung der Verwertungssituation eine Reduktion der in die Atmosphäre abgegebenen Emissionen um 79,3 %.

In den stillgelegten Bergwerksteilen im Ruhrrevier und an der Saar haben alle Methanverwertungsgesellschaften gemeinsam im Jahr 2008 4,5 Mill. t CO<sub>2</sub>-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 gewonnen werden und kaum Restemissionen vorkommen. Damit lassen sich die ausgasenden CH<sub>4</sub>-Mengen insgesamt für 2008 mit 4,6 Mill. t beziffern.

**Tabelle 15.5**  
**CH<sub>4</sub>-Gasmengen und Verwertung in aktiven Steinkohlebergwerken**  
1990 bis 2008, in Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente

	1990	2000	2005	2006	2007	2008
CH <sub>4</sub> -Gasmengen aus der Steinkohlenförderung	21,7	13,1	9,2	7,8	5,6	5,3
CH <sub>4</sub> -Ausgasung aus der Aufbereitung	0,8	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2
CH <sub>4</sub> -Gasmengen insgesamt	22,5	13,5	9,5	8,0	5,9	5,5
Methanverwertung	4,6	3,9	3,9	3,2	1,9	1,8

Nach Angaben des GVSt.

## Der Steinkohlenbergbau

---

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 CH<sub>4</sub>-Emissionen aus stillgelegten Bergwerksteilen 2008 um gut 150 % höher gewesen als 1990.

**Tabelle 15.6**

**CH<sub>4</sub>-Gasmengen und Wiederverwertung in stillgelegten Bergwerksteilen**

1990 bis 2008, in Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente

	1990	2000	2005	2006	2007	2008
CH <sub>4</sub> -Gasmengen	1,8	2,7	3,1	3,6	5,1	4,6
Wiederverwertung			3,0	3,5	5,0	4,5

Nach Angaben des GVSt.

---

### 15.8 Ausgewählte Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-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 18 im Jahr 2008 verringert. Dabei stieg die Förderung je Abbaubetriebspunkt auf Basis standardisierter Technik zwischen 1990 und 2008 von rund 1 800 um knapp 40 % auf etwa 3 700 t pro Tag. Die Leistung unter Tage je Mann und Schicht stieg in dieser Zeit von rund 5 auf mehr als 6,3 Tonnen im Jahr 2008. Im Jahr 2007 konnte dieser Wert sogar auf 7,1 t gesteigert werden. Wesentlich 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 2009a: 13).

Die durchschnittliche Abbautiefe lag nach Verbandsangaben im Berichtszeitraum bei rund 1 150 m, was einer Zunahme um fast 200 m in den letzten 10 Jahren, bzw. um mehr als 100 m gegenüber dem Jahr 2000 entspricht. Begleitet wird diese Teufenzunahme von wachsenden Gebirgsdrücken im Umfeld der Abbaustrecken und zunehmendem Klimatisierungsbedarf in den laufenden Abbau- und Vorleistungsbetrieben (GVSt 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 2008

	1990	1995	1999	2000	2005	2006	2007	2008
Leistung je Mann/Schicht in t	5,0	5,6	6,2	6,7	6,7	6,4	7,1	6,3
Förderung je Abbaubetriebspunkt in 1 000 t	1,8	2,3	3,0	3,4	3,9	3,7	3,7	3,7
Bergwerke	27	19	15	12	9	8	8	7
Abbaubetriebspunkte	147	86	50	37	24	21	23	18

Nach Angaben des GVSt (2009a).

Ausgewählte Maßnahmen zur Energieeinsparung, die der Verband in seinem Fortschrittsbericht für die Jahre 2005 bis 2007 zusammengestellt hat, sind in Übersicht 15.2 dargestellt. Hierbei handelt es sich z.B. um Innovationen beim Streckenvortrieb und in den Gewinnungsbetrieben sowie Verbesserungen in der Organisation der Untertagelogistik (GVSt 2008: 14ff). Zudem wurden in früheren Jahren eingeführte Neuerungen (GVSt 2005 und 2007), nachdem sie sich auf dem einzelnen Bergwerk bewährt haben, auch in anderen Betrieben eingeführt (GVSt 2009a: 13). Für 2008 wurden vom Verband keine weiteren Maßnahmen genannt.

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 zum Niedrighalten des Grundwasser-

## Der Steinkohlenbergbau

---

spiegels. Diese Erfordernisse haben letztlich zum Anstieg des spezifischen Energieverbrauchs zwischen 2000 und 2002 beigetragen (GVSt 2009a: 14).

### Übersicht 15.2

#### Ausgewählte Maßnahmen der Steinkohlenindustrie zur Energieeinsparung

2008

##### 1. Streckenvortrieb

- Technische, verfahrenstechnische und organisatorische Maßnahmen zur Sicherung der gleichbleibenden Leistung der Vortriebsgeschwindigkeit bei vermehrter Ausbauarbeit, zunehmender Zahl an Versorgungsleitungen und breiteren Bandanlagen

##### 2. Gewinnungsbetrieb Gleithobel

- Leistungsstärkere Hobelgeneration, Erhöhung der Verfügbarkeit der Betriebsmittel
- Ausführung der versatzseitigen Hobelführung in hochverschleißfestem Guss

##### 3. Gewinnungsbetrieb Walzenlader

- Schneideinheiten am Walzenlader ladetechnisch vorteilhafter konstruiert, höhere Antriebsleistung, erhöhte Standfestigkeit der Bauteile
- Höhere Leistung der Winden, Motorumrichtertechnik, Erhöhung der Zugkraft und der Marschgeschwindigkeit
- Leistungsstarkes Steuerungssystem auf Basis der Industrie-PC-Technik, höherer Automatisierungsgrad, Harmonisierung der Verfahrensabläufe angepasst an das Produktionsumfeld

---

Nach GVSt (2009a: 14).

---

Darüber hinaus gibt es nicht vorhersehbare Faktoren, die für erhebliche Schwankungen beim spezifischen Energieeinsatz sorgen können. Dazu zählen geologische Störungen, die zusammen mit technischen Problemen zu einem Rückgang der Fördermenge je Abbaubetriebspunkt führten und die Leistung unter Tage je Mann und Schicht wie beispielsweise 2006 auf etwas mehr als 6 400 kg reduzierte (Tabelle 15.7). Geologische Veränderungen der ursprünglichen Lagerungsform der Kohle wie Schichtenzerstörungen bzw. Verwerfungen erfordern entsprechende Anpassungen, mit denen ein hoher Material- und Energieeinsatz einhergeht.

### Tabelle 15.8

#### Investitionen in der Steinkohlenindustrie

1995 bis 2008

---

	1995	1999	2000	2005	2006	2007	2008
Investitionen, in Mill. €	284	240	181	154	130	118	122
Investitionsquote	5,3	6,1	5,4	6,2	6,3	5,5	7,1

---

Nach Angaben des GVSt (2009a: 16). 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 (RWI 2007: 203). Zur Sicherung der Fördermöglichkeit und Leistung wurden 2005 insgesamt nur noch 154 Mill. € investiert, ein Rückgang gegenüber dem Vorjahr um 100 Mill. € oder 39 % (Tabelle 15.8). Davon betrafen 9,4 Mill. € Investitionen in Anlagen für den Umweltschutz (GVSt 2009a: 16). Bis 2008 wurden die Investitionen weiter zurückgeführt auf 122 Mill. €. Die Investitionsquote blieb mit durchschnittlich 6 €/t Fördermenge in etwa stabil. Der Anteil der Investitionen für Umweltschutzzwecke schwankte in den Jahren 2005 bis 2007 zwischen knapp 3 und 6 %.

### 15.9 Zusammenfassung und Bewertung

Die deutsche Steinkohlenindustrie hat die für 2012 avisierte Zielmarke, die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 75 % zu mindern, seit 2006 in jedem Jahr übertroffen (Schaubild 15.2). 2008 lag der Zielerreichungsgrad mit einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 1,8 Mill. t und einer Minderung gegenüber 1990 um 80,4 % bei 107,2 %. 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. 2007 lag der spezifische Energieverbrauch in etwa wieder auf dem niedrigen Niveau von 1999. 2008 war der spezifische Energieverbrauch aufgrund der Folgemaßnahmen auf das Erschütterungsereignis im Saarrevier und einer Bergwerksstilllegung im Ruhrrevier deutlich höher als in den Vorjahren (GVSt 2009a: 16).

Bemühungen des Steinkohlenbergbaus, die Energieeffizienz weiter zu steigern, stoßen laut Aussage des Verbandes inzwischen an technisch-physikalische Grenzen (GVSt 2005: 12). Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass weitere Energieeinsparungen teilweise durch gegenläufige Einflussfaktoren wie zunehmende Abbautiefe und damit einhergehend steigenden Temperaturen zunichte gemacht werden (GVSt 2005: 3).

Grundlage des für 2012 ausgesprochenen CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Reduktion von 80 % gegenüber dem Basis-

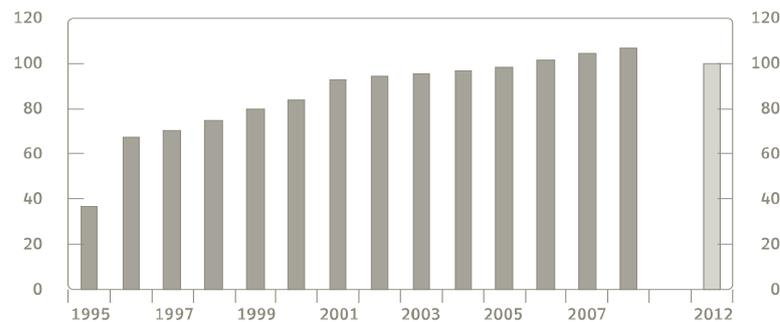
## Der Steinkohlenbergbau

---

jahr 1990 für möglich hielt. Auch dieser Wert konnte 2008 durch den für dieses Jahr unvorhergesehenen Förderrückgang leicht übertroffen werden. Würde entsprechend des Steinkohlefinanzierungsgesetzes, 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 CO<sub>2</sub>-Emissionen - bei Konstanz der aktuellen spezifischen Emissionen - nochmals um rund 600 000 t niedriger liegen als 2008.

### Schaubild 15.2

**Zielerreichungsgrade der Steinkohlenindustrie für das CO<sub>2</sub>-Minderungsziel 2012**  
1995 bis 2008; in %

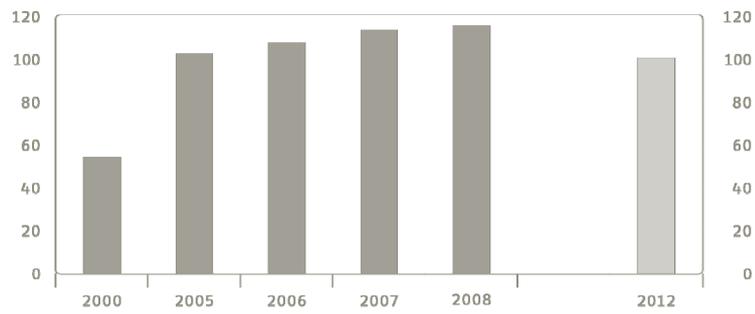


Eigene Berechnungen.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus aktiven und stillgelegten Bergwerksteilen konnten von 19,7 Mill. t in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten 1990 auf 3,8 Mill. t, d.h. um 80,7 % im Jahr 2008 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 sowie 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**

1995 bis 2008; in %



Eigene Berechnungen.

---

## Das Gasfach

---

### 16. Das Gasfach

Gasfach ist die Sammelbezeichnung für eine Vielzahl heterogener deutscher Wirtschaftszweige, zu denen neben Unternehmen der Gas- und Wassergewinnung auch Betriebe gehören, die die Bereitstellung dieser Rohstoffe in einzelnen Verbrauchsbereichen der Wirtschaft gewährleisten. Daher wird das Gasfach zum einen durch den Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), zu dem sich im Herbst 2007 alle entsprechenden Fachverbände – so auch der frühere Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) – zusammengeschlossen haben, repräsentiert. Dessen Mitgliedsunternehmen stellen derzeit etwa 95 % aller Gasversorgungsunternehmen in Deutschland dar. Zum anderen wird die Klimaschutzklärung des deutschen Gasfachs von einer ganzen Reihe weiterer Fachverbände mitgetragen. Dies sind im Einzelnen:

- Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE)
- Bundesindustrieverband Heizungs-, Klima-, Sanitärtechnik e.V. (BHKS)
- Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach e.V. (FIGAWA)
- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfachs e.V. (DVGW)
- 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 CO<sub>2</sub>-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 2006b). Die Erneuerung von Graugussleitungen konnte früher aufgrund fehlender Daten nicht angerechnet werden. Daher wurden im Plausibilitätsbericht der TU Hamburg-

Harburg für die Jahre 2002/ 2003 rückwirkend bis 1990 die Minderungserfolge im Gasleitungsbereich 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 Maßnahmekategorien 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 Hamburg-Harburg, Arbeitsbereich Technische Thermodynamik übernommen (Schmitz 2005).

Aufgrund des zeitnahen Monitorings sind die Werte für das Berichtsjahr zum Teil vorläufig. Im aktuellen Bericht handelt es sich beispielsweise bei der Aufteilung des Gasverbrauchs auf Haushalte und Kleinverbraucher, den Angaben zu Gasturbinenleistungen und zu mit Gas beheizten Wohnungen um Hochrechnungen bzw. Schätzungen. Diese Werte werden im jeweils nachfolgenden Monitoringbericht validiert. Nach Angaben des Plausibilitätsberichts konnten die für 2007 geschätzten Daten im Wesentlichen bestätigt werden. Für die in allen Maßnahmenbereichen in diesem Jahr zusätzlich realisierten CO<sub>2</sub>-Minderungen zeigte sich, dass die Abweichungen zwischen geschätztem und aktuellem Wert, bezogen auf den aktuellen Wert, insgesamt 3 % betragen. Dies ist in erster Linie auf erforderliche Datenkorrekturen bei den Neubauten im Bereich der privaten Haushalte zurückzuführen (Schmitz 2009b).

### 16.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Der Erdgasverbrauch privater Haushalte hat sich zwischen 1970 und 1990 mehr als verzehnfacht. Lag der Verbrauch 1970 nach Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) noch bei rund 11 Mrd. kWh, so hatte er 1990 bereits ein Niveau von 155 Mrd. kWh erreicht. Bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch hatte Erdgas 1970 erst einen Anteil von 4,6 %, 1990 waren es bereits 16,3 % (Tabelle 16.1). Die Zunahme des Marktanteils erfolgte vor allem zu Lasten von Heizöl und Festbrennstoffen. Hand in Hand mit dem absoluten Verbrauch an Erdgas entwickelte sich der Pro-Kopf-Verbrauch. Je Einwohner wurden 1970 rund 188 kWh verbraucht, 1990 waren es bereits knapp 2 460 kWh.

## Das Gasfach

**Tabelle 16.1**  
**Endenergieverbrauch an Naturgasen aller Sektoren in Deutschland**  
1990 bis 2007

	1990	1995	2000	2005	2006	2007*
Verbrauch, in Mrd. kWh	428,1	562,5	612,5	598,5	618,8	574,6
Anteil am Endenergieverbrauch, in %	16,3	21,7	23,9	24,1	24,3	24,1

Nach Angaben der AGEB (2009). - \* Vorläufige Angaben. Angaben für 2008 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich.

Im Jahr 2007 lag der Endenergieverbrauch an den Naturgasen Erdgas und Erdölgas in der Bundesrepublik Deutschland nach Angaben der AGEB bei rund 574,6 Mrd. kWh (Tabelle 16.1). Diese Gase hatten damit einen Anteil am Endenergieverbrauch von 24,1 %. Der Anteil der Naturgase am gesamten Endenergieverbrauch sank verglichen mit 2004, dem Jahr mit dem bisher höchsten Anteil, um 2,2 Prozentpunkte und entsprach damit wieder in etwa dem des Jahres 2000 (RWI 2007: 206).

Die Gasversorgungsunternehmen setzten nach Angaben des Verbandes 2008 rund 930,0 Mrd. kWh Erdgas ab. Sie beschäftigten ca. 35 000 Personen und erzielten in Deutschland einen Umsatz von rund 37 Mrd. €.

### 16.3 Die Selbstverpflichtung

In der ursprünglichen Klimaschutzklärung von 1995/ 1996 hat sich der Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) stellvertretend für das deutsche Gasfach verpflichtet, die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen zur Raumwärmeerzeugung privater Haushalte und Kleinverbraucher bis 2005 auf 0,23 kg CO<sub>2</sub>/kWh Nutzwärme zu senken. 1990 betragen die spezifischen Emissionen dieses Bereiches in den alten Bundesländern 0,31 kg CO<sub>2</sub>/kWh Nutzwärme und 0,56 kg CO<sub>2</sub>/kWh in den neuen. Für den gesamten, an das Erdgasnetz angeschlossenen, Haushalts- und Kleinverbrauchssektor wurde eine CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung zwischen 30 und 40 Mill. t CO<sub>2</sub> erwartet. Bis 2001 konnten tatsächlich rund 34,3 Mill. t CO<sub>2</sub> reduziert werden (Schmitz 2005: 17).

Im Hinblick auf die Verpflichtung der Bundesregierung gegenüber dem Kioto-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 CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Jahr (Übersicht 16.1). Dies soll in den Bereichen der Heizwärme- und Warmwasserberei-

tung 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. Wohnungen<sup>12</sup> zwischen 1990 und 2012.
- Substitution im Neubau: Vergrößerung des Marktanteils von Erdgas in rund 5 Mill. Neubauwohnungen zwischen 1990 bis 2012.
- Nahwärmeversorgung mit Blockheizkraftwerken (BHKW) und Brennstoffzellen: Zwischen 1990 und 2012 sollen in privaten Haushalten etwa 6 Mrd. kWh der jährlich benötigten Kraft- und Wärmemengen aus BHKW bereitgestellt werden.

Im Bereich Heizung, Warmwasserbereitung und Prozesswärme des Kleinverbrauchssektors verpflichtet sich das Gasfach, die CO<sub>2</sub>-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.

---

<sup>12</sup> Der in der Klimaschutzklärung vom November 2001 aufgenommene Wert von 2,5 Mill. Wohnungen war aufgrund eines Übertragungsfehlers falsch (Schmitz 2009a:3).

## Das Gasfach

---

- 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 CO<sub>2</sub>-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 anwachsen, die Zahl der Erdgastankstellen auf 1 000. 1990 war diese Technik noch nicht auf dem Markt. Gegenüber konventionellen Kraftstoffen ergibt sich durch den Einsatz von Erdgas in Fahrzeugen eine spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung von bis zu 25 %.

**Tabelle 16.2**  
**CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktionen im deutschen Gasfach**  
 1990 bis 2008; in Mill. t CO<sub>2</sub>

Ziel: – 45 Mill. t CO <sub>2</sub>	Emissionsreduktionen ohne Warmwasser	Emissionsreduktionen insgesamt
1990	0,0	0,0
1991	4,0	4,7
1992	7,1	8,5
1993	11,6	13,5
1994	14,6	17,1
1995	17,8	21,7
1996	21,9	21,9
1997	28,2	28,2
1998	29,6	29,6
1999	30,7	30,7
2000	33,1	33,2
2001	34,3	34,4
2002	36,1	36,3
2003	37,5	37,8
2004	39,0	39,3
2005	40,2	40,5
2006	41,9	42,2
2007	43,0	43,4
2008	44,2	44,5

Eigene Berechnungen nach Angaben von Schmitz (2009b: 8).

#### 16.4 Bis 2008 erreichte CO<sub>2</sub>-Minderungen

Gemäß der Plausibilitätskontrolle durch die Technische Universität Hamburg-Harburg haben sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Maßnahmen des deutschen Gasfachs im Jahr 2008 auf Basis vorläufiger Daten gegenüber 1990 um 44,5 Mill. t reduziert (Tabelle 16.2). Das bedeutet eine zusätzliche CO<sub>2</sub>-Einsparung von 1,2 Mill. t

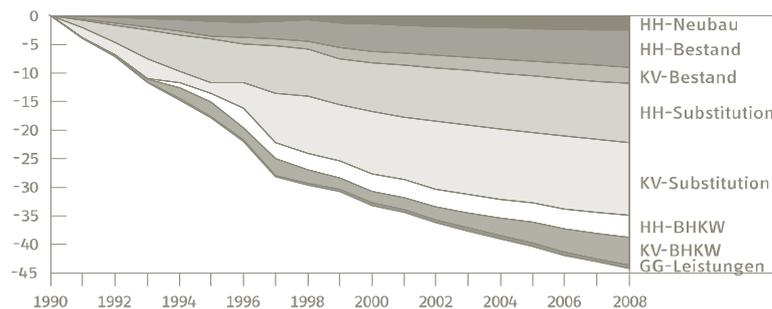
## Das Gasfach

gegenüber dem Jahr 2007, die in etwa auch der des Vorjahres entspricht. Dabei entfallen von den insgesamt 44,5 Mill. t des Jahres 2008 0,34 Mill. t auf die Warmwasseraufbereitung.

CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen bei der Warmwasseraufbereitung waren zwischen 1996 und 2000 praktisch vernachlässigbar. 2008 lagen diese Minderungen, bezogen auf 1999, bei 0,34 Mill. t (Schmitz 2009b). Seit 1996 werden diese nach Absprache zwischen Verband und RWI bei der Bewertung nicht mehr berücksichtigt. Damit lag der Zielerreichungsgrad angesichts der Reduktion im Jahr 2008 von 44,2 Mill. t bei 98 %.

### Schaubild 16.1 Struktur der CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen durch verschiedene Maßnahmen des Gasfachs

1990 bis 2008; in Mill. t



Eigene Berechnungen nach Angaben von Schmitz (2009b: 8).

### 16.5 Ursachenanalyse

Den größten Beitrag zu den bisherigen CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen leistete der Sektor Haushalte (HH), der 2008 laut Plausibilitätskontrolle mit 23,1 Mill. t bzw. einem Anteil von 51,9 % deutlich vor dem Sektor Kleinverbraucher (KV) mit 20,5 Mill. t respektive 46 % lag (Schmitz 2009b). Knapp 77 % der bisherigen Reduktionen erfolgten bei den Haushalten bereits zwischen 1990 und 2000, bei den Kleinverbrauchern waren es rund 73 %. 2008 konnten die CO<sub>2</sub>-Einsparungen gegenüber 2007 bei den Haushalten um 550 000 t und bei den Kleinverbrauchern um 590 000 t erhöht werden. Die Modernisierung der Graugussleitungen machte 2008 ähnlich wie in den Vorjahren 1,3 % der CO<sub>2</sub>-Minderungen des Gasfachs aus. Der Anteil der Warmwasseraufbereitung lag bei 0,8 %. Der Beitrag des Verkehrssektors zu den Klima-

schutzanstrengungen des Gasfachs war hingegen weiterhin verschwindend gering (Schmitz 2009a und b).

Im Bereich Haushalte kam 2008 der Substitution von Kohle-, Öl- und Stromanlagen zur Heizwärme- und Warmwasserbereitung die größte Bedeutung zu mit einem Anteil an den CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen von 23,3 %, gefolgt von der Modernisierung bestehender Gasheizungen (14,5 %), der Förderung von BHKW (8,5 %) sowie dem Einsatz von Erdgas im Neubaubereich (5,5 %) (Schaubild 16.1). Die mit gut 550 000 t insgesamt um etwa 120 000 t niedrigeren zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Minderungen im Vergleich zu 2007 sind dabei in erster Linie auf den drastischen Einbruch im Bereich der Neubauten zurückzuführen.

Zwischen 1991 und 2008 wurden in rund 5,4 Mill. Altbauwohnungen CO<sub>2</sub>-intensive Energieträger durch Erdgas substituiert und damit die für 2012 der Selbstverpflichtung zugrunde liegende Annahme von 5,3 Mill. Wohnungsumstellungen übertroffen. Zudem konnte der Mischnutzungsgrad, d.h. der durchschnittliche Nutzungsgrad der im Bestand befindlichen Gasgeräte vor allem durch den Austausch gegen neue Brennwertgeräte deutlich gesteigert werden. Mit einem Nutzungsgrad von 97 % im Jahr 2008 wurde der erwartete Mischnutzungsgrad von 89 % ebenfalls deutlich übertroffen.

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 noch einmal deutlich auf 125 500 im Jahr 2007 (Tabelle 16.3). Gleichzeitig sank der Anteil gasbeheizter Neubauwohnungen, der bis 2004 auf 75,8 % stetig angestiegen war, bis 2007 auf 67,7 % (Tabelle 16.4). Nach Angaben des Plausibilitätsberichts lag dieser Anteil im Jahr 2008 bei 59 %. Erdgas ist damit immer noch der wichtigste Energieträger für Neubauten, auch wenn Wärmepumpen an Bedeutung gewinnen konnten. Insgesamt gelang es jedoch, zwischen 1990 und 2008 5,1 Mill. Neubauwohnungen mit Gasheizgeräten auszustatten und auch hier die unterstellten 5 Mill. zu übertreffen.

Im Sektor Kleinverbrauch war die wichtigste Maßnahme zur CO<sub>2</sub>-Reduktion die Energieträgersubstitution (28,6 %), gefolgt von der Förderung von BHKW (10,9 %) und der Modernisierung im Bestand (6,5 %). 85 % der durch Substitution der Energieträger erzielten Minderungen fanden in den Jahren 1990 bis 2000 statt. Nach 2004 wurden mit Ausnahme von 2006 mit etwa 40 000 t in keinem Jahr weitere zusätzliche Minderungen festgestellt. Die Modernisierung älterer Gasanlagen verläuft kontinuierlich. Seit 2000 lagen die zusätzlichen jährlichen Einsparungen bei 100 000 t, 2008 waren es 160 000 t. Nach Angaben des Verbandes wurde eine stetige Verbesserung des Mischnutzungsgrades auf 87 % erreicht und auch hier die

## Das Gasfach

---

avisierte Größe von 85 % übertroffen. Für den Bereich Kleinverbrauch insgesamt wurde vom Verband für die möglich gehaltenen Umstellungen ein Erdgasabsatz von 72 Mrd. kWh sowie ein zusätzlich geplanter Absatz von 68 Mrd. kWh für Neubauten unterstellt. Diese Menge dürfte aufgrund des deutlichen Rückgangs beim Gasverbrauch nicht eingehalten werden können.

**Tabelle 16.3**  
**Fertigstellungen gasbeheizter Wohnungen**  
1995 bis 2007

	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Einfamilienhaus	42 258	131 251	110 676	92 765	90 430	67 325
Zweifamilienhaus	26 684	35 448	23 753	19 682	16 766	13 820
Mehrfamilienhaus	236 467	104 691	53 249	46 287	51 219	43 376
Insgesamt	373 419	273 143	187 757	159 025	158 945	125 437

Statistisches Bundesamt, Fachserie 5, Reihe 1 (versch. Jahrgänge). Angaben für 2008 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich.

Zwischen 1990 und 2008 haben die Haushalte durch die Nahwärmeversorgung mit BHKW ihren Ausstoß an CO<sub>2</sub> um 3,8 Mill. t vermindert, wobei etwa 80 % hiervon bereits bis 2000 eingespart wurden. 2008 betrug der Einsparungseffekt im Vergleich zum Vorjahr 133 000 t. Damit haben die Haushalte im Bereich der Nutzung von Blockheizkraftwerken im Jahr 2008 67 % des Zielwertes für 2012 von 6 Mrd. kWh erreicht. Im Sektor Kleinverbrauch lagen die Einsparungen 2008 bei 4,8 Mill. t. Im Gegensatz zu den Haushalten haben die Kleinverbraucher auch in den letzten Jahren den Ausbau der Nahwärmeversorgung aus BHKW deutlich gesteigert. 2008 lag die Zuwachsrate gegenüber dem Vorjahr bei 430 000 t. Damit konnten bereits 96 % der avisierten 14 Mrd. kWh durch BHKW zur Verfügung gestellt werden (Eigene Berechnungen nach Schmitz 2009b).

Mit Hilfe des sukzessiven Ersatzes (Rehabilitation) alter Graugussleitungen durch neue PE-HD Kunststoffrohre mit sehr niedrigen spezifischen Methanleckagen von 49 m<sup>3</sup>/km konnten die Treibhausgasemissionen bis 2008 um 0,585 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente gegenüber 1990 gesenkt werden (Schaubild 16.1). Zum Vergleich: Die spezifischen Methanleckagen der alten Graugussleitungen betragen 1997 in den alten Bundesländern 1 166 m<sup>3</sup>/km bzw. 8 396 m<sup>3</sup>/km in den neuen Bundesländern. 2008 waren von den 13 867 km Erdgasleitungen 12 907 km bzw. 93 % modernisiert. Es wird erwartet, dass die Umstellung vor 2012 abgeschlossen sein wird.

**Tabelle 16.4**  
**Anteile gasbeheizter Neubauwohnungen und Nichtwohngebäude**  
 1995 bis 2007; in %

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

Statistisches Bundesamt, Fachserie 5, Reihe 1 (versch. Jahrgänge). Angaben für 2008 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich.

Für den Bereich Verkehr wurden im Plausibilitätsbericht für 2008 die CO<sub>2</sub>-Minderungen mit 36 000 t angegeben. Die Berechnungen zur Emissionsminderung erfolgten auf der Basis des Bestandes an Fahrzeugen, die ausschließlich mit Erdgas fahren. Die Bestände an erdgasbetriebenen einschließlich der bivalenten Personen- und Nutzkraftfahrzeuge, d.h. der Fahrzeuge, die sowohl mit Benzin als auch mit Erdgas betrieben werden können, stiegen von 26 803 am 1. Januar 2005 auf 63 954 zu Beginn des Jahres 2008 an (KBA 2006 und 2009). Zum 1. Januar 2009 waren es 76 312 Fahrzeuge, das impliziert gegenüber dem Vorjahr eine Zunahme um 12 358. Insgesamt blieben die Bestände deutlich hinter den Erwartungen zurück. Die Erreichung des für 2012 avisierten Ziels von 500 000 Fahrzeugen erscheint kaum mehr machbar, selbst unter Einbeziehung der bivalenten.

### 16.6 Zusammenfassung und Bewertung

Das deutsche Gasfach versucht, die CO<sub>2</sub>-Emissionen mittels einer Vielzahl von Einzelmaßnahmen in unterschiedlichen Endenergieverbrauchssektoren zu reduzieren. Insgesamt wird für 2008 eine Reduzierung der relevanten CO<sub>2</sub>-Emissionen um 44,2 Mill. t gegenüber 1990 nachgewiesen (Schaubild 16.2). Zu den Maßnahmen gehörten in den letzten Jahren der Einsatz von Erdgas im Verkehrssektor sowie der Austausch alter Graugussleitungen in der Erdgasversorgung gegen Kunststoffrohre. Der Beitrag des Verkehrssektors zu den Klimaschutzanstrengungen des Gasfachs liegt derzeit allerdings noch bei nahezu Null und der Ersatz alter Graugussleitungen macht bislang lediglich etwa 1,3 % der CO<sub>2</sub>-Minderungen des Gasfachs aus.

Die weitaus größten CO<sub>2</sub>-Minderungserfolge wurden bei der Heizwärmeerzeugung privater Haushalte sowie der Heiz- und Prozesswärmeproduktion im Sektor Kleinverbraucher erzielt. Vor allem durch die Reduktionen in diesen Bereichen

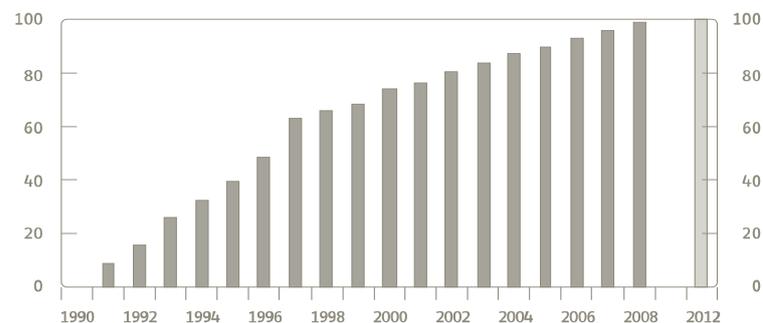
## Das Gasfach

---

konnte das für 2012 ausgegebene Ziel, die Treibhausgasemissionen um 45 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente gegenüber 1990 zu verringern, im Jahr 2008 zu rund 98 % verwirklicht werden.

Der größte Teil der der Verpflichtung zugrunde liegenden Maßnahmen konnte bereits realisiert werden; so hat sich die technische Effizienz des Anlagenbestandes verbessert. Die für 2012 angestrebte Erhöhung des Mischnutzungsgrades ist im Bereich Kleinverbrauch bereits leicht bzw. im Haushaltssektor deutlich übertroffen. Die entsprechende Zahl der Umstellungen auf Gasanlagen in den einzelnen Wohneinheiten konnte ebenfalls realisiert werden. Lediglich die Menge des Erdgasabsatzes im Kleingewerbe blieb wegen des Nachfragerückganges in den letzten Jahren hinter der der Selbstverpflichtung zugrunde liegenden Annahme von 140 Mrd. kWh zurück.

**Schaubild 16.2**  
**Zielerreichungsgrade des Gasfachs**  
1990 bis 2008; in %



Eigene Berechnungen nach Angaben von Schmitz (2009:18).

Für die einzelnen Minderungsmaßnahmen enthält der Plausibilitätsbericht der TU Hamburg-Harburg Nachweise über die Entwicklung der einzelnen Bestimmungsgrößen (Schmitz 2009a und 2009b) wie:

- Absatzzahlen von Gasheizkesseln und Brennwertkesseln,
- Anzahl der mit Erdgas beheizten neuen Gebäude,
- installierte KWK-Leistung von Gasturbinen und Gasmotoren,
- mittels KWK bereitgestellte Heizwärme,

- 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.

Die Entwicklung der durch das Gasfach mittelbar oder unmittelbar beeinflussbaren Größen wird dadurch transparent gemacht. Anstatt einer zusammenfassenden Tabelle am Ende des Plausibilitätsberichts wäre allerdings die zusätzliche Darstellung und Erläuterung der CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen der einzelnen Maßnahmen am Ende der jeweiligen Abschnitte des Berichts wünschenswert gewesen. Dies würde die jeweiligen Beiträge der Einzelmaßnahmen zur Emissionsminderung weitaus deutlicher herausstellen.

Mit der sich abzeichnenden Realisierung des für 2012 angestrebten Ziels der CO<sub>2</sub>-Minderung ist gleichzeitig der größte Teil der zugrunde liegenden Annahmen erfüllt. Die größte Bedeutung für weitere Minderungen misst der Verband neben Maßnahmen im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung dem Einbau von Gas-Brennwertgeräten zu, auch wenn der Anteil von Gasheizungen zugunsten von Wärmepumpen im Neubau deutlich gesunken ist (Schmitz 2009a:20).

## Die Mineralölwirtschaft

---

### 17. Die Mineralölwirtschaft

Die Tätigkeitsfelder der deutschen Mineralölwirtschaft umfassen die Förderung und den Import von Rohöl wie auch dessen Verarbeitung und den Absatz der daraus hergestellten Produkte. Die wichtigsten Mineralölprodukte sind Diesel- und Ottokraftstoffe sowie leichtes Heizöl. Deren Anteile an der gesamten Bruttoreaffinerzeugung betragen 2008 jeweils 29,2 %, 20,1 % und 12,7 % (MWV 2009a).

Aufgrund der geringen inländischen Förderung, die 2008 etwa 3,1 Mill. t Rohöl ausmachte, müssen nach Angaben des Mineralölwirtschaftsverbandes etwa 97 % des Rohölbedarfs importiert werden. Dies entsprach Importen in Höhe von rund 104,4 Mill. t. An der Rolle des Importeurs wird sich auch in Zukunft nichts ändern, da Deutschland über Ölreserven von lediglich etwa 34 Mill. t verfügt. Mit einer Raffineriekapazität von 119 Mill. t lag Deutschland 2007 weltweit an fünfter Stelle (MWV 2008a).

#### 17.1 Datenbasis

Die Basis für den vorliegenden Monitoringbericht bilden der siebte Fortschrittsbericht zur Klimaschutzerklärung der deutschen Mineralölindustrie für die Raffinerien – Fortschreibung 2008 – (MWV 2009b) und der achte Fortschrittsbericht für den Wärmemarkt (MWV 2009c). Der sich auf die Raffinerien beziehende Fortschrittsbericht beruht auf unternehmensinternen Daten und Angaben der Mineralöl verarbeitenden Industrie. Daten zur Bruttoreaffinerzeugung, zum Rohöleinsatz und zum Mineralölverbrauch sind im Jahresbericht Mineralöl-Zahlen 2007 bzw. aktuelleren Veröffentlichungen des Mineralölwirtschaftsverbandes zu finden (MWV 2008a und 2009a).

Dem Fortschrittsbericht für den Wärmemarkt liegen Daten des Schornsteinfegerhandwerks zur Anzahl und Altersklassifikation von Ölheizungsanlagen sowie Daten des Bundesverbandes Solarindustrie e.V. (BSi-Statistik Solarthermie), Daten der Statistischen Landesämter zur Bautätigkeit und eine Anlagenbaubefragung zugrunde. Auf Basis dieser Daten wurde vom Institut für wirtschaftliche Ölheizung (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 CO<sub>2</sub>-Reduktion. Bei der Berechnung wurden für die verschiedenen Baujahresklassen der Ölkessel realistische Durchschnittswerte für deren Nutzungsgrade angenommen: 63,1 % für Kessel bis 1978, 70,6 % bis 1982, 78,9 % bis 1988, 89,3 % ab 1988 und 96,6 % für Brennwertkessel. 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 der Einsparung an CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Ersatz 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 ölbefeuerte Anlagen mit hohem Nutzungsgrad zum Bestand hinzukommen und alte Anlagen mit niedrigem Nutzungsgrad allmählich aus dem Bestand ausscheiden.

Die Grundlage für die Klimaschutzklärung des Mineralölwirtschaftsverbandes für die Raffinerien bildet eine Studie über die Minderungspotenziale bei Treibhausgasemissionen in deutschen Raffinerien, die von der DGMK, der Deutschen Wissenschaftlichen Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V. angefertigt wurde. Die darin aufgeführten Daten umfassen auch die mit Braunkohle betriebenen Raffinerien, welche 1990 in Ostdeutschland noch von erheblicher Bedeutung waren. Der Verband beschränkt dabei die Datenermittlung und Berichterstattung für den Monitoringbericht auf Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), da die in Raffinerien vorkommenden sonstigen Treibhausgase sich als mengenmäßig unbedeutend erweisen (MWV 2004: 1).

Zur Ermittlung der CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren errechnet und auf die Bruttoreffinerieerzeugung (inkl. Eigenverbrauch) bezogen. Für den Nettofremdstrombezug wird allerdings ein von dem für das Monitoring vereinbarten CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor abweichender Wert von 0,55 anstatt 0,67 t CO<sub>2</sub>/MWh angenommen. Das bedeutet bei einem Anteil von gut 10 % Nettofremdstrombezug am gesamten Energiemix knapp 2 % niedrigere absolute und spezifische Emissionen als beim höheren CO<sub>2</sub>-Faktor. Dieser geringe Unterschied ist jedoch unerheblich für die Minderungszusage im Raffineriebereich.

## Die Mineralölwirtschaft

---

### 17.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Im Bereich der Mineralölverarbeitung waren 2008 nach Angaben des Statistischen Bundesamtes rund 18 800 Personen beschäftigt, und es wurde ein Umsatz von 88,8 Mrd. € erzielt. Dabei wurden in den deutschen Raffinerien knapp 107,4 Mill. t Rohöl und 13 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 2008 wieder auf 120,4 Mill. t zu sinken. Der Anteil des im Inland geförderten Rohöls ist in den neunziger Jahren von 4 % auf 2,6 % zurückgegangen und stabilisierte sich danach bei etwa 3 %.

Im Gegensatz zur Raffinerieproduktion nahm der Inlandsabsatz an Mineralölprodukten nach Angaben des MWV in den neunziger Jahren nur um 7,7 % auf 132,3 Mill. t zu und sank bis 2006 um 10,3 % auf 118,7 Mill. t. Nach einem drastischen Einbruch 2007 auf 108,1 Mill. t, lag der Inlandsabsatz im Jahr 2008 wieder auf einem Niveau von 114 Mill. t. Während in früheren Jahren die inländischen Absatzverluste durch einen deutlichen Anstieg bei den Exporten kompensiert werden konnten, gingen 2008 die Exporte deutlich zurück. 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 erneut auf 88,8 Mrd. € bzw. um 13,6 %. Die Zahl der Beschäftigten verringerte sich zwischen 1995 und 2008 um 18,6 % auf ca. 18 800.

**Tabelle 17.1**  
**Entwicklung des Einsatzes an Rohöl und Mineralölprodukten der deutschen Raffinerien**

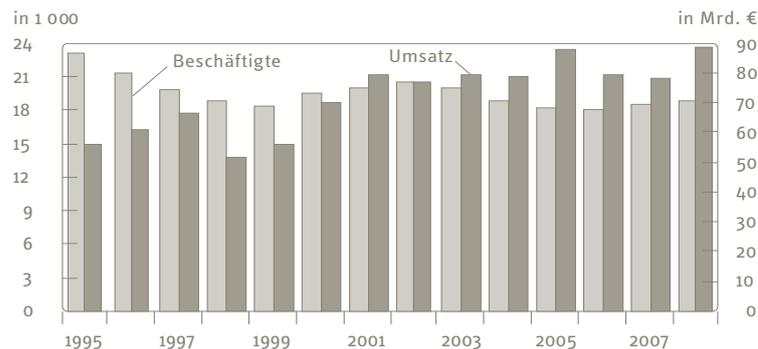
1990 bis 2008, in Mill. t; gerundete Werte

Jahr	Rohölimporte Anteil in %	Rohöl	Mineralölprodukte	Insgesamt
1990	96,0	91,6	15,8	107,3
1991	96,3	92,3	13,1	105,4
1992	96,8	100,8	12,2	113,0
1993	97,0	102,7	14,5	117,2
1994	97,3	107,9	13,0	120,8
1995	97,1	103,1	12,6	115,7
1996	97,3	104,4	12,6	117,0
1997	97,2	101,5	11,2	112,7
1998	97,4	108,4	10,4	118,8
1999	97,4	106,4	10,4	116,8
2000	97,1	106,8	11,2	118,0
2001	96,9	106,5	9,7	116,2
2002	96,7	106,8	9,2	116,0
2003	96,9	109,1	9,0	118,1
2004	97,0	111,7	10,7	122,5
2005	97,0	114,5	11,6	126,2
2006	97,0	111,8	12,8	124,6
2007	96,9	109,2	13,5	122,7
2008	97,2	107,4	13,0	120,4

Nach Angaben des MWV (2008a).

## Die Mineralölwirtschaft

**Schaubild 17.1**  
**Beschäftigte und Umsatz in der Mineralölwirtschaft**  
 1995 bis 2008



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

Der Anteil des leichten Heizöls am Endenergieverbrauch lag 2007 bei 7,9 %. Damit sank der Verbrauch gegenüber 2006 von 36,7 Mill. t SKE auf 23,1 Mill. t SKE (Tabelle 17.2) bzw. um 3,6 Prozentpunkte. Gegenüber 1996, dem Jahr mit dem höchsten Absatz seit 1990, bedeutet dies einen Rückgang um 33 Mill. t SKE, bzw. einen um 8,5 Prozentpunkte geringeren Anteil am Endenergieverbrauch.

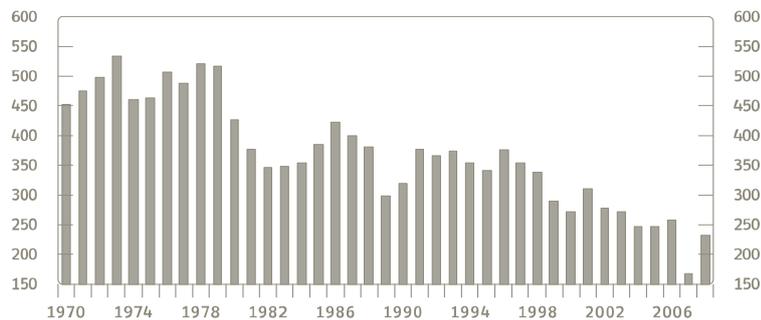
**Tabelle 17.2**  
**Verbrauch an leichtem Heizöl und Anteil am Endenergieverbrauch in Deutschland**  
 1990 bis 2007; in Mill. t SKE und %

	1990	1995	1996	2000	2005	2006	2007*
Leichtes Heizöl, Mill. t SKE	42,8	49,0	54,1	39,2	35,0	36,7	23,1
Anteil, %	13,2	15,4	16,4	12,4	11,1	11,5	7,9

Nach Angaben der AGEB (Stand September 2008). \* Vorläufige Angaben. Angaben für 2008 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 Heizölverbrauch 44,0 Mill. t und stieg bis Ende der siebziger Jahre trotz Ölpreiskrisen deutlich an: 1978 und 1979 waren die Jahre mit dem höchsten Heizölabsatz von jeweils rund 50,5 Mill. t.

**Schaubild 17.2**  
**Pro-Kopf Verbrauch an leichtem Heizöl**  
1970 bis 2008; in Litern je Einwohner



Eigene Berechnungen nach Angaben des MWV und des Statistischen Bundesamtes.  
Einwohnerdaten 2008 vorläufig, Stand 31.08.08.

Der spezifische Heizölverbrauch pro Kopf weist seit Beginn der achtziger Jahre ebenfalls eine fallende Tendenz auf (Schaubild 17.2). In den siebziger Jahren war der Pro-Kopf-Verbrauch an leichtem Heizöl noch mit Ausnahme von 1974 und 1975, den beiden Jahren nach der ersten Ölpreiskrise, nahezu unaufhörlich angestiegen. Lag der Pro-Kopf-Verbrauch Ende der siebziger Jahre in Deutschland noch bei etwa 520 Litern, so sank er in der ersten Hälfte der neunziger Jahre auf ein Niveau von durchschnittlich 360 Liter und erreichte 2008 schließlich einen Wert von 233 Litern nach einem vorübergehenden Rückgang auf 168 Liter im Jahr 2007.

### 17.3 Die Selbstverpflichtung

Die deutsche Mineralölwirtschaft hat zwei Selbstverpflichtungserklärungen abgegeben: Zum einen die Verpflichtung zur Verringerung der Treibhausgasemissionen im Wärmemarkt, die sich ausschließlich auf leichtes Heizöl bezieht und vom Mineralölwirtschaftsverband (MWV), dem Gesamtverband des Deutschen Brennstoff- und Mineralölhandels (gdbm) und dem Außenhandelsverband für Mineralöl und Energie (AFM + E) sowie dem Institut für wirtschaftliche Oelheizung (IWO) getragen wird. Zum anderen die die Raffinerien betreffende Erklärung zur Minderung der Treibhausgasemissionen, die allein durch den MWV ausgesprochen wurde (Übersicht 17.1). Der MWV deckt über 90 % der Unternehmen der mineralölverarbeitenden Industrie ab.

## Die Mineralölwirtschaft

---

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.

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.

### Übersicht 17.1

#### Selbstverpflichtungen der deutschen Mineralölwirtschaft

Ziele	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Steigerung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades der Ölheizungsanlagen im Raumwärmemarkt bis 2012 um 27 bis 30 % gegenüber 1990.</li><li>2. Reduzierung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Raffinerien bis 2012 um 10 % gegenüber 1990.</li></ol>
-------	--

Basisjahr 1990

---

Nach Angaben des MWV (2001a und 2001b).

---

Beim Jahresnutzungsgrad handelt es sich um ein Maß für die technische Effizienz einer Heizungsanlage. Er gibt an, wie viel Nutzenergie im 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 CO<sub>2</sub>-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 eingeflossen, etwa bezüglich des Schwefelgehalts von Kraftstoffen.

#### 17.4 Bis 2008 erreichte Verbesserungen des Jahresnutzungsgrades für Ölheizungen und CO<sub>2</sub>-Minderungen

2008 lag der durchschnittliche Jahresnutzungsgrad von Ölheizungen im Raumwärmemarkt bei 86,7 % (Tabelle 17.3). Gemessen an der für 2012 avisierten Steigerungsrate von 27 bis 30 % lag der Zielerreichungsgrad 2008 damit bezogen auf den unteren Wert der angestrebten Spannbreite bei knapp 100 %. In den letzten Jahren ist dabei ein stetiger Anstieg des Nutzungsgrades um jährlich 0,6 Prozentpunkte festzustellen.

Durch die Verbesserung des jahresdurchschnittlichen Nutzungsgrades ergab sich ein Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 22,2 Mill. t bzw. um 21,2 % gegenüber dem Basisjahr 1990. Der Berechnung dieser nachrichtlich ausgewiesenen Emissionsminderungen lag nach Angaben des Verbandes der Energieverbrauch von 1990 zugrunde.

Ziel der Klimaschutzverpflichtung der Mineralölindustrie für die Raffinerien ist die Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen je Tonne Bruttoreffinerieerzeugung bis 2012 um 10 % gegenüber 1990. Dies bedeutet konkret eine Minderung von 215 kg CO<sub>2</sub>/t auf 194 kg CO<sub>2</sub>/t Bruttoreffinerieerzeugung.

Die Mineralölindustrie hat ihre Verpflichtung seit dem Jahr 2000 mehr als erfüllt: Bezogen auf 1990 waren die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen 2008 um 21,4 % geringer. 2008 konnte ein Zielerreichungsgrad von 214 % erreicht werden (Tabelle 17.4). Damit lag dieser seit 2001 mit Ausnahme des Jahres 2003 immer deutlich über 200 %.

## Die Mineralölwirtschaft

---

**Tabelle 17.3**  
**Fortschritte der Mineralölwirtschaft bei der Selbstverpflichtung für den Wärmemarkt**

1990 bis 2008; Ziel 2012: Verbesserung des Jahresnutzungsgrades um 27 %

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Nutzungsgrad in %	68,3	74,7	80,3	84,8	85,4	86,0	86,7
Verbesserung in %	-	9,4	17,6	24,2	25,0	25,9	26,9
Zielerreichungsgrad in %	-	35	65	89	93	96	100
CO <sub>2</sub> -Emissionen, Mill. t	104,5	95,5	88,9	84,2	83,6	83,0	82,3
Emissionsminderung in %	-	8,6	14,9	19,4	20,0	20,6	21,2

Nach Angaben des MWV (2009c).

Die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen betragen 2008 rund 20 Mill. t. Dies entspricht einer Emissionsminderung von 2,8 Mill. t gegenüber 1990. Seit 2001 haben sich die spezifischen Emissionen trendmäßig kaum noch verändert, wobei die Werte jedoch leichten Schwankungen unterworfen sind. Für 2008 bedeutet das bei einem in diesem Jahr mittleren Niveau der spezifischen Emissionen einen Anstieg der absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 2001 um 400 000 t CO<sub>2</sub> bzw. um 2 % bei einer gleichzeitigen Zunahme der Bruttorefinerierzeugung um 3,4 %.

**Tabelle 17.4**  
**Fortschritte bei der Selbstverpflichtung der deutschen Mineralölwirtschaft für die Raffinerien**

1990 bis 2008; Ziel bis 2012: Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 10 % auf 194 kg CO<sub>2</sub>/t Bruttoreaffinerieerzeugung

Jahr	Emissionen, Mill. t CO <sub>2</sub>	Bruttoreaffinerieerzeugung, Mill. t	Spezifische Emissionen, kg CO <sub>2</sub> /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 %

Nach Angaben des MWV (2009b).

### 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 11 300. Seit 1999 sank der Anteil dieser Wohnungen von 16,4 % über 11,2 % im Jahr 2004 auf 6,1 % im Jahr 2007.

Die Verbesserung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades hat sich in den letzten Jahren deutlich verlangsamt. Während der Anstieg zwischen 1995 bis 2002 jahresdurchschnittlich noch bei knapp 1,5 % lag, sank diese Zuwachsrate in den Jahren danach auf unter 1 %. 2008 nahm der Nutzungsgrad um 0,8 % gegenüber dem Vorjahr zu. Aufgrund des starken Rückgangs der Zahl neu gebauter Wohnungen mit Ölheizung sind diese Verbesserungen im Wesentlichen auf Modernisierun-

## Die Mineralölwirtschaft

---

gen 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 55,2 % in 2008 erfolgte (MWV 2009c: 3). Der deutliche Absatzrückgang an Öl-Heizgeräten insgesamt auf 97 061 bzw. 105 000 in 2007 und 2008 weist nach Ansicht des Verbandes jedoch auch daraufhin, dass sich eine Vielzahl Besitzer veralteter Heizungen bei der Modernisierung zurückhält. Grund ist nach Ansicht des Verbandes ihre Unsicherheit darüber, welches Heizungssystem zukünftig die beste Alternative bietet, angesichts von Energiepreisteigerungen, der Zweifel an der Versorgungssicherheit bei Öl und Gas und den Vorschriften zur Nutzung von erneuerbaren Energien in Wohngebäuden nach dem EEWärmeG (MWV 2008d: 1).

**Tabelle 17.5**  
**Anteil ölbeheizter Wohnungen bei neu fertig gestellten Wohngebäuden**  
1995 bis 2007; in %

	1995	2000	2004	2005	2006	2007
Einfamilienhaus	31,7	18,8	12,1	11,3	7,9	6,8
Zweifamilienhaus	38,5	28,7	18,4	9,4	7,0	5,3
Mehrfamilienhaus	14,8	7,8	5,7	8,5	6,3	5,0
Insgesamt	22,6	16,1	11,2	10,4	7,5	6,1

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 5, Reihe 1 (versch. Jahrgänge).  
Angaben für 2008 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich.

Zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Raffinerien hat nach Angaben der Mineralölwirtschaft neben allgemeinen Effizienzsteigerungen insbesondere die Modernisierung der beiden ostdeutschen Raffinerien in den neunziger Jahren beigetragen. Dabei wurde kohlenstoffreiche Braunkohle durch kohlenstoffärmeres Heizöl und Raffineriegas substituiert. Zwischen 2000 und 2008 fanden demgegenüber nur geringfügige Änderungen im Brennstoffmix statt, wie die Veränderungsdaten von spezifischem Energieverbrauch und spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen zeigen. Beide nahmen von 2000 bis 2008 jeweils um gut 4,6 % bzw. 5,1 % ab.

In der relativ geringen Minderung des spezifischen Energieverbrauchs seit der Jahrhundertwende spiegelt sich nach Angaben des Verbandes wider, dass seit Ende der neunziger Jahre Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz durch Anforderungen an Produktqualitäten immer mehr aufgewogen wurden (MWV 2004: 4). So ist die ausschließliche Herstellung von schwefelarmen Kraftstoffen (ab 2000 mit 50 ppm, seit 2003 mit nur noch 10 ppm) mit einem höheren Energieeinsatz in den Raffinerien verbunden. Auch die Veränderung des Produktmixes

hin zu mehr Diesel und weniger Benzin bewirkt nach Angaben des Verbandes einen erhöhten Energieeinsatz, insbesondere durch den erhöhten Wasserstoffbedarf, dessen Herstellung mit starken CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden ist. Die in 2004 gestartete Beimischung von Biokomponenten hat diese Effekte gemildert.

Für die kommenden Jahre erwartet der Verband eher eine Erhöhung des spezifischen Energieverbrauchs und somit der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgrund von umweltschutzbedingten Investitionen in Nachbehandlungsanlagen sowie der weiteren Verbesserung der Produktqualitäten. Vor allem die Ausweitung des Angebots an schwefelarmem leichtem Heizöl zur Förderung der Öl-Brennwerttechnik im Raumwärmemarkt dürfte einen Anstieg von Energieeinsatz und Emissionen in den Raffinerien zur Folge haben (MWV 2007: 4f).

Andererseits wird das Anfang 2007 in Kraft getretene Biokraftstoffquotengesetz (BioKraftQuG) 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 Prozessanlagen der Raffinerien geschieht, dürfte dies zu einer Senkung der spezifischen Emissionen beitragen. Insgesamt hält der Verband die sehr hohen Zielerreichungsgrade der letzten Jahre für vorübergehend.

### 17.6 Ausgewählte Maßnahmen

Nach Angaben des achten Fortschrittsberichts der Mineralölwirtschaft konzentrierten sich auch im Jahr 2008 die Maßnahmen des IWO zur Umsetzung der Klimaschutzklärung im Wärmemarkt auf den Ausbau und die Verfeinerung derjenigen Aktivitäten, die im fünften Monitoringbericht unter dem Begriff „Modernisierungsoffensive“ gebündelt wurden (MWV 2009c: 2ff):

- Seit 2007 wurden Vereinbarungen mit der Bundesregierung sowie verschiedenen Landesregierungen über Maßnahmen für die forcierte Markteinführung von schwefelarmem Heizöl und Öl-Brennwertgeräten getroffen. Dies wurde möglich, nachdem Heizöl EL schwefelarm aufgrund positiver Erfahrungen in Laboruntersuchungen und Praxis seit Mitte 2005 in Deutschland von den Geräteherstellern als für alle Ölheizkessel und Ölbrenner geeignet eingestuft wurde. Die Vereinbarungen beinhalten u.a. die Zusage des Mineralölhandels, eine flächendeckende Versorgung mit Heizöl EL schwefelarm bis zum 1. Januar 2008 zu realisieren. 2008 stieg die Zahl der Lieferanten auf 1100.
- Erweiterung des Kooperationsvertrages mit dem Zentralverband Sanitär, Heizung, Klima (ZVSHK) zur Förderung des Heizungscheck als Maßnahme zur Steigerung der Energieeffizienz im Ölheizungsbestand.
- Abschluss eines Kooperationsvertrages mit dem Deutschen Energieberater-Netzwerk (DEN e.V.) zur Beratung von Hauseigentümern bei der energeti-

## Die Mineralölwirtschaft

---

schen Gebäudesanierung sowie zur Information der Energieberater über den aktuellen Wissensstand zur Ölheizungstechnik und zu Heizöl.

- Fortführung von 2006 begonnenen Labor- und Feldversuchen zum Einsatz von flüssigen Brennstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen; Fortsetzung der 2007 gestarteten Kommunikationsaktivitäten zum Thema Bio-Heizöl.
- Zusammenarbeit mit der Heizgeräteindustrie bei anwendungstechnischen Fragestellungen.
- Fortführung und Konsolidierung der Kooperationskonzepte für Unternehmen aus Mineralölhandel und Heizungshandwerk zur gezielten Aktivierung des Modernisierungspotenzials alter Ölheizungen in deren Kundenstamm.
- Fortführung eines gestaffelten Prämiensystems für das SHK-Handwerk mit Zuschüssen für die Installation von Öl-Brennwertgeräten, die Kombination mit solarthermischen Anlagen sowie die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung durch Öl-BHK-Anlagen.
- Fortführung der Aktivitäten zur direkten Verbraucheransprache und Information über die Effizienz und Einsparmöglichkeiten mit Öl-Brennwerttechnik insbesondere in Kombination mit Solarthermie.
- Aufbau einer Kooperation mit der Deutschen Energie-Agentur (dena) im Bereich „Energieeffizienz in Gebäuden“ sowie Einstieg in die Zusammenarbeit mit weiteren regionalen Energieinitiativen.
- Start der Aktion „Energiegewinner“: Förderung und Dokumentation von umfassenden energetischen Gebäudesanierungen in ölbeheizten Ein- und Zweifamilienhäusern, um Einsparpotenziale zu demonstrieren und als Musterbeispiele zu kommunizieren.
- Ausbildungsoffensive für Berufsschullehrer in Zusammenarbeit mit Weiterbildungseinrichtungen der Länder in den Bereichen effiziente Brennwerttechnik und sichere Heizöllagerung; neues Didaktikkonzept und Unterrichtsmaterialien für die Berufsschulbildung zum Anlagenmechaniker Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik.
- Presse und Öffentlichkeitsarbeit für Meinungsbildner und Endkunden.

Spezielle Beispiele zur Verringerung des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Umbauten und technologische Änderungen in deutschen Raffinerien waren nach Angaben des Verbandes in den Jahren 2004 bis 2008 (MWV 2004, 2007 und 2009b):

- Optimierung der Wärmenutzung durch apparateseitige Änderung der Wärmetauscherkette z.B. durch Trennung von Kokerdiesel und Rohöl-Wärmetauscher und jeweils Installation vor und nach den Entsalzern.

- Reduktion des Energiebedarfs durch erhöhte Exothermien durch Zubau von Katalysatorvolumen.
- Optimierung von Ofenwirkungsgraden durch Sauerstoffmanagement
- Verbesserung der Abwärmenutzung durch Erwärmung von Verbrennungsluft, Vorwärmung von Stoffströmen und zur Erzeugung von Dampf.

Zur Sicherstellung der Anlageneffizienz haben ebenfalls die regelmäßige Reinigung der Wärmetauscher- und Wärmeerzeugungsanlagen während der turnusmäßigen Raffineriestillstände sowie die Kontrolle der Energieverbrauchswerte und Ermittlung der Abweichungen vom Normalverlauf beigetragen.

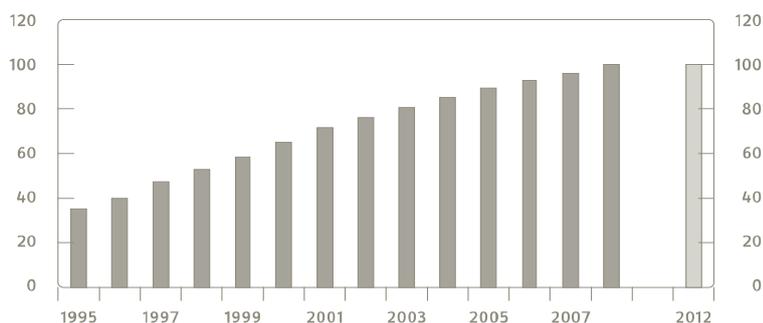
### 17.7 Zusammenfassung und Bewertung

Im Jahr 2001 hat die deutsche Mineralölwirtschaft die Bezugsgröße ihrer Selbstverpflichtungserklärung für den Raumwärmemarkt gewechselt. Während die frühere Verpflichtung auf die Reduzierung des spezifischen Heizölverbrauchs abzielte, wobei die Wohn- und Nutzfläche die Bezugsgröße bildete, wurde in der neuen Erklärung die Steigerung des Jahresnutzungsgrades von Ölheizungen im Raumwärmemarkt gewählt. Der Abhängigkeit der früheren Verpflichtung der Mineralölwirtschaft von der von ihr nicht beeinflussbaren Entwicklung der Wohnungsgrößen und weiterer Maßnahmen zur Energieeinsparung wie Gebäudeisolierung konnte man sich dadurch entledigen. Der Einfluss der ölbefeuerten KWK-Anlagen auf die Erfüllung der Klimaschutzzerklärung kann noch nicht separat ausgewiesen werden, ist aber in diesen Zahlen enthalten.

#### Schaubild 17.3

##### Zielerreichungsgrade im Wärmemarkt für das Mindestziel 2012

1995 bis 2008; Steigerung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades der Ölheizungsanlagen um 27 %; in %



Eigene Berechnungen.

## Die Mineralölwirtschaft

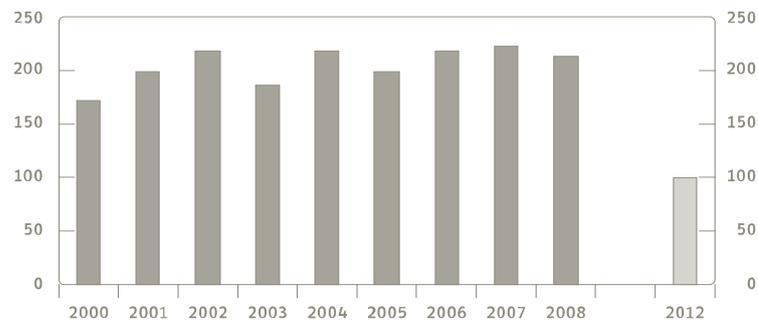
---

2008 wurde ein durchschnittlicher Jahresnutzungsgrad von 86,7 % und damit eine Verbesserung gegenüber 1990 um 26,9 % erzielt. Gemessen an der für 2012 angestrebten Steigerungsrate von 27 bis 30 % auf einen Nutzungsgrad von 86 bis 88 % bedeutet das für 2008 bereits einen Zielerreichungsgrad von knapp 100 % bezogen auf das Mindestziel (Schaubild 17.3).

### Schaubild 17.4

#### Zielerreichungsgrade der Raffinerien für das Minderungsziel 2012

2000 bis 2008; Reduzierung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 12%; in %



Eigene Berechnungen.

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 CO<sub>2</sub> je t Bruttoreffinerieerzeugung auf 194 kg CO<sub>2</sub> zu verringern. Tatsächlich lagen die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Raffinerien im Jahr 2008 nur noch bei 169 kg CO<sub>2</sub> je Tonne Bruttoreffinerieerzeugung. Damit ist die für 2012 avisierte Zielmarke bereits weit übertroffen worden. Der Zielerreichungsgrad liegt seit 2001 deutlich über 200 % (Schaubild 17.4).

Für die Zukunft wird jedoch eine Erhöhung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgrund von Faktoren wie gesetzlichen Anforderungen an die Raffinerieproduktion und die Produktqualitäten erwartet. So ist die ausschließliche Herstellung von schwefelarmen Kraftstoffen seit 2003 mit einem höheren Energieeinsatz in den Raffinerien verbunden. Andere Maßnahmen, etwa die 2007 einsetzende Entschwefelung des leichten Heizöls, sowie weitere Anforderungen an die Spezifikationen der Kraftstoffe im Rahmen des Auto-/Öl-Programms etc. werden die Emissionen künftig

## RWI: Monitoringbericht 2008

---

wieder steigen lassen. Die sehr hohen Zielerreichungsgrade werden nach Ansicht des Verbandes daher eher von vorübergehender Natur sein.

## Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft

---

### 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 CO<sub>2</sub>-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 Eigenenergieerzeugung 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 2007 in Deutschland rund 11 Gigawatt (GW) an industrieller Kraftwerksleistung zur Stromerzeugung installiert. Dies sind rund 9,5 % der gesamten in Deutschland zur Verfügung stehenden Engpassleistung.

#### 18.1 Datenbasis

In den Fortschrittsberichten des VIK finden sich detaillierte Angaben über die gesamte Strom- und Wärmeerzeugung der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe und deren Brennstoffeinsatz (VIK 2008, 2005c, 2005d). Ebenso sind dort die entsprechenden Leistungsdaten über die Strom- und Wärmeerzeugung industrieller Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) enthalten. Ferner publiziert der VIK regelmäßig die „*Statistik der Energiewirtschaft*“, aus der detaillierte Angaben zum gesamten Stromsektor und insbesondere zur industriellen Stromerzeugung entnommen werden können (hier VIK 2005b und 2007a).

Die Basis für die Jahre 2002 bis 2007 bildet die Fachserie 4, Reihe 6.4, des Statistischen Bundesamtes (StaBuA/FS4/R6.4). Daten zur industriellen Eigenerzeugung von Strom und Wärme sowie Angaben zur anteiligen KWK-Erzeugung für das Jahr 2008 sind erst ab September 2009 verfügbar.

Dieser Monitoringbericht beinhaltet daher weiterhin in erster Linie Ausführungen über die Jahre 2005 bis 2007. Für 2008 vorhanden sind vorläufige Schätzungen für die KWK-Strom- und -Wärmeerzeugung sowie den durchschnittlichen Nutzungsgrad der eingesetzten Energieträger (bzw. Wirkungsgrad) bei der Erzeugung. Die

Werte basieren auf bis Ende Juli 2009 verfügbare Informationen des VIK (VIK 2009). Angaben zur industriellen Strom- und Wärmeerzeugung insgesamt sowie zum detaillierten Brennstoffeinsatz stehen für 2008 noch nicht zur Verfügung.

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 2007 rund 53,2 Mrd. Kilowattstunden (kWh) produziert, wobei 1 Mrd. kWh einer Terawattstunde (TWh) entsprechen. Dies sind 9,2 % der gesamten deutschen Bruttostromerzeugung. Nach Abzug des Eigenverbrauchs ergibt sich eine Netto-Erzeugung von gut 49 Mrd. kWh. Rund 52,6 % dieser Menge, d.h. 25,8 Mrd. kWh wurden über KWK-Anlagen erzeugt. Neben Strom wird auch Wärme in den industriellen Kraftwerken produziert. 2007 wurden insgesamt 87,3 Mrd. kWh Wärme erzeugt, davon etwa 79,8 Mrd. kWh bzw. 79,8 Mrd. kWh durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) (StaBuA/FS4/R6.4; Tabelle 18.3)). Im Jahr 2008 konnten nach vorläufigen Schätzungen die Stromerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung auf 26 Mrd. kWh und die KWK-Wärmeerzeugung auf 80 Mrd. kWh gesteigert werden (VIK 2009: 3).

Die industrielle Bruttostromerzeugung ist zwischen 1995 und 2007 deutlich um rund 13 Mrd. kWh bzw. 19,9 % (VIK 2005b: 92, 2007a: 125; StaBuA/FS4/R6.4) gesunken. Der größte Rückgang war bei Kohlekraftwerken zu verzeichnen. Zwischen 1995 und 2007 sank die Stromerzeugung aus Steinkohle um etwa 11,4 Mrd. kWh. Braunkohleverstromung nahm um rund 5,2 Mrd. kWh ab. Demzufolge sanken die Anteile von Stein- und Braunkohle in diesen Jahren um 12,3 Prozentpunkte auf 24,3 % bzw. um 6,6 Prozentpunkte auf 6,1 %. Steinkohle bleibt dennoch der wichtigste Primärenergieträger neben Erdgas, das seinen Anteil um 6,5 % auf 31,7 % steigern konnte. Vor allem aber nahmen die sonstigen Energieträger wie Biomasse, Müll und weitere regenerative Energieträger an Bedeutung zu. Ihr Anteil an der industriellen Bruttostromerzeugung betrug 2007 fast 20 % im Vergleich zu knapp 6 % im Jahr 1995.

## Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft

---

Die auf KWK-Basis erzeugte absolute Strommenge lag 2005 bei 25,6 Mrd. kWh sowie 2006 und 2007 bei 25,8 Mrd. kWh. Für 2008 wird sie auf 26 Mrd. kWh geschätzt. Damit hat sie zwischen 2007 und 2008 um 0,8 %, und im gesamten durch StaBuA-Daten erfassten Zeitraum, d.h. von 2002 bis 2008 um 13 % zugenommen. Ihr Anteil an der gesamten industriellen Stromerzeugung stieg von 53,5 % in 2002 auf über 55 % in 2005 und 2006, ging aber 2007 auf 52,7 % zurück.

### 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 CO<sub>2</sub>-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).

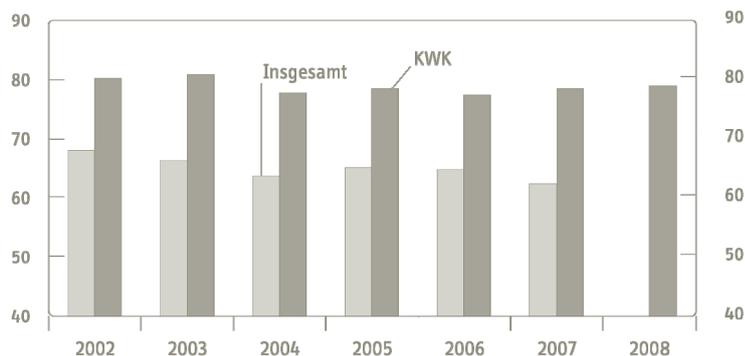
Der Beitrag, den KWK zur Klimavorsorge leisten kann, wird aus Schaubild 18.1 deutlich. Der Nutzungsgrad für KWK-Anlagen wird vom Statistischen Bundesamt für 2004 sowie 2005 bis 2007 mit Werten zwischen 77,5 % und 78,5 % angegeben. Für 2008 wird er vom VIK auf 79 % geschätzt. Der Nutzungsgrad hat sich damit gegenüber den Jahren 2002 (80,4 %) und 2003 (81 %) etwas verschlechtert, was auf einen

ungünstigeren Anlagenmix schließen lässt. Gleichzeitig ist eine verbesserte Plausibilitätsprüfung bei der Datenerfassung durch die Unternehmen in jüngeren Jahren anzunehmen.

Die Werte übertrafen deutlich die berechneten mittleren Nutzungsgrade für den gesamten industriell betriebenen Anlagenbestand. Dabei lag 2007 die Differenz mit 16,1 Prozentpunkten zwar deutlich höher als in den beiden Jahren zuvor mit 13,3 bzw. 12,6 Prozentpunkten. Diese hatte jedoch bereits in den Jahren 2003 und 2004 14,7 bzw. 14,1 Prozentpunkte betragen, sodass sich eine tendenziell weitere Verbesserung nicht erkennen lässt.

### Schaubild 18.1

**Nutzungsgrade der industriell betriebenen Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen 2002 bis 2008, in %**



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 6.4 und des VIK (2009).

In der nachfolgenden Tabelle sind exemplarisch einige Maßnahmen zur Verbesserung der Effizienz für die Strom- und Wärmebereitstellung in Kraft-Wärme-Kopplung aufgeführt, die der VIK bei einer entsprechenden Befragung seiner Mitglieder zu Modernisierungs- und Ausbauprojekten im Rahmen des KWK-Gesetzes ermittelt hat (Tabelle 18.1, VIK 2008: 8). Diese Beispiele beziehen sich weiterhin vor allem auf die Jahre 2005 bis 2007. Nach Angaben des Verbandes führten beispielsweise Optimierungen an einer Gasturbinenanlage sowie Verbraucheroptimierung bei der Grace-Chemie 2005 bis 2007 zu Einsparungen beim Einsatz von Strom, Erdgas und Dampf in Höhe von 35,8 MWh (VIK 2008). Der Papierfabrik Weener gelang es, durch den Bau eines neuen BHKW mit Klärgasnutzung 2006 und 2007 Erdgas in Höhe von 6,3 MWh einzusparen. Bei der Sasol Chemie erreichte man 2007

## Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft

---

durch Nutzung von Abwärme zur Prozesswasservorwärmung in der KWK-Anlage einen um 59,1 MWh geringeren Erdgaseinsatz. Bei den Urbana Energiediensten führte 2007 der Neubau von Erdgas- und Pflanzenöl-BHKWs zu einer Energieeinsparung bei Erdgas und Strom von 57,3 MWh sowie 2005 bis 2007 zu einer CO<sub>2</sub>-Reduktion von 39 304 t. Die Papierfabrik Weig erwartet durch den Neubau einer Gasturbine mit Abhitzeessel mit 14,5 kW<sub>e</sub> und 100 t Dampf/h ab 2007 jährlich einen um 56 000 t geringeren CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Für 2008 wurden vom Verband zwei Maßnahmen angeführt, so der Neubau einer Gasturbine für KWK bei der Mitsubishi HTP Flensburg sowie der Neubau einer BKS KWK-Anlage des Unternehmens Krömer Stärke in Ibbenbüren.

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 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.

**Tabelle 18.1**  
**Ausgewählte Modernisierungsvorhaben der Industrie im Rahmen des KWK-Gesetzes**

Maßnahme	Jahr	Unternehmen/Branche
Neubau Pflanzenöl-BHKW	2005-2007	Urbana Energiedienste
Ersatz Wärmeerzeugung durch Erdgas-BHKW	2005-2007	Urbana Energiedienste
Maßnahmen zu Effizienzsteigerung an den KWK-Anlagen	2005-2007	Chemieparks Leverkusen, Dormagen und Uerdingen
Effizienzsteigerung KWK-Anlage	2005-2007	Grace Chemie
Neubau BHKW mit Klärgasnutzung	2006-2007	Papierfabrik Weener
Neubau Gasturbine 11,4 MW <sub>el</sub>	2006-2007	Weig-Karton Papier
Neubau Gasturbine 7 MW <sub>el</sub>	2005	Industriepark Walsrode
EBS-KWK-Anlage, Modernisierung	2005	Bremer Wollkämmerei
KWK-Contracting Reifenwerk 2 MW <sub>el</sub>	2005	STEAG Fürstenwalde
Modernisierung GuD-Anlage 160 MW <sub>el</sub>	2005	Infraserv, Chemiapark
Neubau KWK-Anlage Braunkohlenkessel mit Dampfturbine 25 MW <sub>el</sub>	2005	Zuckerfabrik Jülich
Neubau BKS-Anlage 2,1 MW <sub>el</sub>	2005	MAN Nutzfahrzeuge Nürnberg
Kraft-Wärme-Kälteerzeugung für AMD	2005	Drewag, AMD
Nachrüstung Dampfturbine hinter Kesselanlage 1,8 MW <sub>el</sub>	2005	Papierfabrik Wolfsheck
Pflanzenöl BHKW	2006	MTU Aero Engines
Nutzung von Abwärme zur Prozesswasservorwärmung in KWK-Anlage	2007	Sasol Chemie
Optimierung Kesselspeisewassererwärmung	2007	Felix Schöller Papier
Neubau Gasturbine für KWK	2008	Mitsubishi HTP Flensburg
Neubau BKS KWK-Anlage	2008	Krömer Stärke Ibbenbüren

Nach Angaben des VIK.

Zwischen 2002 und 2004 blieb das Niveau der Stromerzeugung aus KWK-Anlagen mit etwa 23 Mrd. kWh stabil, während die entsprechende Wärmeerzeugung um 3 % sank. Bis 2008 stieg die Stromerzeugung deutlich auf einen Wert von 26 Mrd. kWh. Die Wärmeerzeugung hingegen erreichte erneut das Niveau von 2002.

## Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft

**Tabelle 18.2**  
**Industrielle Strom- und Wärmeerzeugung aus KWK-Anlagen**  
 1997 bis 2007; in Mrd. kWh

	1997 (VIK)	1999 (ISI)	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Stromerzeugung								
Dampfturbinen	28,5	21,7	13,7	13,8	13,0	13,5	13,8	13,5
Gasturbinen	7,2	0,8	8,9	9,3	9,4	11,6	11,3	11,4
Sonstige	0,5	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	0,8
Insgesamt	36,2	22,7	23,0	23,5	22,8	25,6	25,8	25,7
Wärmeerzeugung								
Dampfturbinen	75,6	40,4	62,3	63,7	62,0	61,7	59,5	59,1
Gasturbinen	6,9	3,1	16,9	17,5	14,5	17,4	17,7	19,7
Sonstige	0,5	0,2	0,7	0,7	1,0	0,8	1,1	1,1
Insgesamt	83,0	43,7	79,9	81,9	77,5	79,9	78,3	79,9

Nach Angaben des VIK (2005c: 10) sowie StaBuA (FS4/R6.4). Angaben für 2008 standen bei Fertigstellung des Berichts noch nicht zur Verfügung.

Insgesamt stieg die industrielle Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen von 2002 bis 2007 um 2,6 %, während die Zunahme der gesamten industriellen Strom- und Wärmeerzeugung mit 3 % nur leicht darüber lag (Tabelle 18.3). Der Anteil der KWK-Anlagen am Wärmemarkt schwankte zwischen 88 und 91,5%. Der Anteil an der Stromerzeugung stieg von 53,4 % 2002 auf über 55 % in 2005 und 2006 und ging bis 2007 auf 52,6 % zurück.

Die Struktur im KWK-Anlagenpark hat sich im Zeitraum 1997 bis 2007 sichtlich verändert. Der Anteil der Dampfturbinen zur Stromerzeugung lag 1997 noch bei 79 %; er sank jedoch bis 2007 zugunsten von Gasturbinen auf 52,5 %. Der Anteil der Gasturbinen konnte sich somit von 20 % auf 44,4% steigern. Die Bedeutung von Verbrennungsmotoren und sonstigen Anlagen hat ebenfalls zugenommen. Ihr Anteil am KWK-Anlagenpark stieg von 1,4 % im Jahr 1997 auf immerhin 3,1 % im Jahr 2007 (Tabelle 18.2).

**Tabelle 18.3**  
**Industrielle Eigenerzeugung von Strom und Wärme insgesamt sowie aus KWK-Anlagen**

1998 bis 2008; in Mrd. kWh

	1998	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Stromerzeugung	52,9	43,0	44,1	44,2	46,0	46,9	49,0	-
dav. : KWK-Strom	29,6	23,0	23,5	22,9	25,6	25,8	25,8	26,0
Wärmeerzeugung	k.A.	89,2	89,7	88,1	90,2	88,8	87,3	-
dav. :KWK-Wärme	87,0	79,9	81,9	77,4	79,9	78,3	79,8	80,0

Nach Angaben des VIK (2007b: 4; 2009: 3) 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 2007 zurück auf 74 %. Der Anteil der Gasturbinen stieg demgegenüber zwischen 1997 und 2007 von gut 8 % auf 24,7 % (Tabelle 18.2). Der Anteil von Wärmeerzeugung durch Verbrennungsmotoren und sonstige Anlagen ist hier vernachlässigbar gering. Grund für den Bedeutungsgewinn der Gasturbinen ist neben dem höheren Wirkungsgrad auch die größere Stromkennzahl einer kombinierten Gas-und-Dampfturbinen-Anlage (GuD). Da die Relation vom Wärmebedarf zum Strombedarf der Prozesse sich zu ungunsten des Wärmebedarfs entwickelt hat, waren und sind Erzeugnistechiken mit größerer Stromkennzahl erforderlich. Bei GuD-Anlagen mit einer Stromkennzahl von ca. eins und einem Gesamtnutzungsgrad von über 80 % erreicht man so 40 % elektrischen Wirkungsgrad. Diese Werte sind nach Angaben des Verbandes mit reinen Dampfturbinen nicht zu erreichen. Eine Gasturbine als Vorschaltanlage wird somit attraktiver. Jedoch sind auch die Nutzungsmöglichkeiten für die Wärmenutzung aus GuD-Anlagen begrenzt, da dem Wärmeangebot eine entsprechende Nachfrage durch nachgelagerte Anwendungsprozesse gegenüberstehen muss.

Der Rückgang der industriellen Strom- und Wärmeerzeugung aus KWK-Anlagen um die Jahrhundertwende stand nach Aussagen des VIK in Zusammenhang mit der Strompreisentwicklung für Industriekunden. Sinkende Bezugskosten für Strom bei gleichzeitig steigenden Preisen für Erdgas führten zu einer spürbaren Zurückhaltung beim Betrieb von Anlagen zur Eigenstromerzeugung. Zwischen 1999 und 2002 sank die gesamte industrielle Netto-Stromerzeugung um rund 14 %. Demgegenüber ging die Stromerzeugung aus KWK überproportional um fast 36 % zurück (VIK 2005b: 96). Der VIK führt als Argument für diese Entwicklung eine unangemes-

## Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft

---

sene Vergütungsabhängigkeit von den Stromnetzbetreibern sowie Widersprüche in der KWK-Gesetzgebung hinsichtlich der Einspeisevergütung an (VIK 2005c: 4). Zudem ist der hohe Prozentsatz von 36 % zum Teil auch auf Änderungen in der statistischen Erfassung zurückzuführen, infolge derer von der Kategorie „Strom aus KWK-Anlagen“ zu „KWK-Stromerzeugung“ umgestellt wurde (StaBuA 2004). Zwischen 2002 und 2007 ist ein Anstieg der gesamten Nettostromerzeugung um insgesamt 13,9 % zu verzeichnen bei einem nahezu gleich hohen Anstieg der Stromerzeugung aus KWK um 12,1 %. Die Schere in den Entwicklungen hat sich damit wieder geschlossen. Der Zuwachs der KWK-Stromerzeugung in 2008 wird vom VIK als rein marktgetrieben gekennzeichnet (VIK 2009: 3).

### 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 CO<sub>2</sub>-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, dass sich die KWK in starkem Wettbewerb mit anderen umweltfreundlichen Formen der Energiebereitstellung befindet. Die Entwicklung zeigt, dass speziell 2005 bei der KWK-Stromerzeugung ein deutlicher Anstieg gegenüber den Vorjahren auf 25,6 Mrd. kWh erfolgt ist, danach bis 2008 nur noch eine geringe Verbesserung auf 26 Mrd. kWh gelang. Bei der KWK-Wärmeerzeugung ist seit 2002 kein Anstieg des Trends mehr festzustellen. Der vorläufige Wert für 2008 entspricht dem des Jahres 2002.

### 19. Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

Deutschland hält innerhalb Europas den größten Kraftwerkspark vor. Insgesamt war im Jahr 2007 eine inländische Kraftwerksleistung von 115 GW installiert. Davon gehörten allein 103 GW der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft (StaBuA/FS4/R6.4).

Unter dem Begriff der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft werden die nicht-industriellen Stromerzeuger, die Netzbetreiber sowie die Endversorgungsunternehmen für Elektrizität zusammengefasst. Im Strommarkt sind gegenwärtig rund 1100 Unternehmen aktiv (BDEW 2009: 4). Diese beschäftigten 2007 rund 122 000 Mitarbeiter bei einem Umsatz aus dem Stromverkauf an Verbraucher ohne Stromsteuer von 56 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 CO<sub>2</sub> verantwortlich (UBA 2009).

#### 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 CO<sub>2</sub>-Emissionsmenge für 1990 bis 2004 gemacht (VDEW 2005 und 2007) und aus beiden Datenreihen einen spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionswert je netto erzeugter Kilowattstunde Strom ermittelt. Dieser Wert wird ausgewiesen, einmal bezogen auf den gesamten Energiemix – einschließlich Kernenergie und regenerative Energien – zum anderen allein für fossile Brennstoffe. Die Fortführung der Datenreihen bis 2008 wurde vom BDEW übernommen (BDEW 2009).

Zur Ermittlung der Nettostromerzeugung für 1990 wurden die CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie ein vom VDEW für dieses Jahr geschätzter spezifischer Emissionswert von 0,67 kg CO<sub>2</sub>/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.

## Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

---

Im Rahmen der Veröffentlichung der Bruttostromerzeugung der Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) publiziert das Statistische Bundesamt monatlich den für die Bruttostromerzeugung erforderlichen Verbrauch an CO<sub>2</sub>-relevanten fossilen Brennstoffen (StaBuA, Ausgewählte Zahlen zur Energiewirtschaft, verschiedene Jahrgänge). Bis 2002 erfolgte dieser Ausweis des Verbrauchs ausschließlich für die Strom-, ohne die Wärmeerzeugung. Mittels der für das Monitoring vereinbarten CO<sub>2</sub>-Faktoren ließ sich hieraus ein Emissionsvolumen für die allgemeine Elektrizitätswirtschaft ermitteln. Bei einer Gegenüberstellung mit den VDEW-Angaben zu den Emissionen im Monitoringbericht 2000 - 2002 (RWI 2005) ergaben sich lediglich geringfügige Abweichungen der StaBuA-Daten nach unten. Dies ist wahrscheinlich auf die Einbeziehung von Kraftwerken zurückzuführen, die dem Bereich der industriellen Eigenerzeugung und nicht der allgemeinen Stromversorgung zuzuordnen sind.

Die für die Berechnung der spezifischen Emissionen je netto erzeugter Kilowattstunde erforderliche Nettostromerzeugung ergibt sich aus der Differenz der Bruttostromerzeugung aus Kraftwerken der EVU (einschließlich Bahn) und des Eigenverbrauchs (StaBuA 2000). Abweichungen gegenüber den Werten des VDEW lagen hier im Jahr 2000 bei rund 5 %.

Im Jahr 2000 wurde die Berichterstattung zur Stromerzeugung sowohl vom VDEW als auch vom Statistischen Bundesamt umgestellt. Die Produktionsmenge der Deutschen Bahn AG wird seitdem nicht mehr getrennt ausgewiesen, sondern der allgemeinen Stromerzeugung zugerechnet. Der Anteil der Bahn an der Bruttoerzeugung der allgemeinen Versorgung ist jedoch vergleichsweise gering und betrug 2002 etwa 1,4 %. Zudem sind einige Industriekraftwerke in den neunziger Jahren umgruppiert worden. Um die Daten für die Nettostromerzeugung und die Emissionen mit denen des Basisjahres vergleichen zu können, wurde wie für die Jahre zuvor auch für 2008 eine entsprechende Bereinigung vorgenommen. Bei den Emissionen konnten die Umbuchungen weitgehend auf Basis messtechnisch ermittelter bzw. im Rahmen der Emissionsberichterstattung für das Europäische Schadstoffemissionsregister EPER berichteter Werte erfolgen. Die Werte der Nettostromerzeugung sind entweder von den entsprechenden Unternehmen berichtet oder auf Basis der Werte von 1999 geschätzt (VDEW 2007). Ein Austausch der endgültigen Daten für 2007 gegen die im Vorjahresbericht noch als vorläufig ausgewiesenen Werte führte zu keiner Änderung des Zielerreichungsgrades.

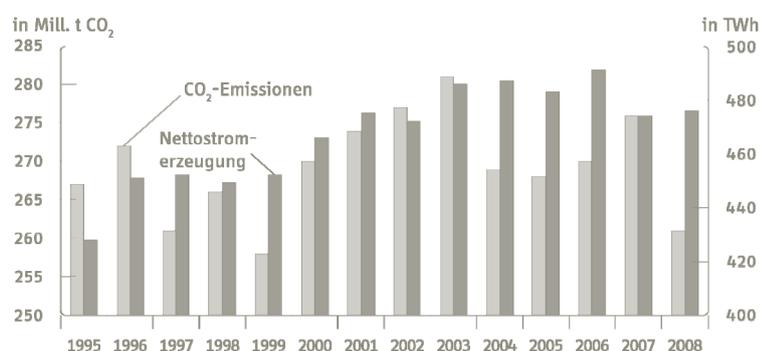
Ausführungen zu ergriffenen CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen der EVU sind dem Fortschrittsbericht des BDEW (2009) entnommen. Ferner veröffentlicht das Statistische Bundesamt in der Fachserie 4, Reihe 6.1, detailliertes Zahlenmaterial hinsichtlich der Investitionstätigkeit der allgemeinen Elektrizitätsversorgung.

### 19.2 Energieverbrauch und Produktion

In den insgesamt mehr als 1 200 betriebenen Kraftwerken der EVU wurden nach vorläufigen Schätzungen in 2008 rund 515 Mrd. kWh Strom brutto und – nach Abzug des Eigenverbrauchs – 481 Mrd. kWh netto erzeugt (StaBuA/FS4/R6.5). 28,8 % der Bruttostromerzeugung wurden aus Kernenergie gewonnen, Braunkohle trug mit einem Anteil von 28,7 %, Steinkohle mit 22,3 % und Erdgas mit 11,9 % dazu bei. Der Beitrag der Erneuerbaren Energien lag zusammengenommen bei 5,1 %.

#### Schaubild 19.1

**CO<sub>2</sub>-Emissionen und Nettostromerzeugung der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft** 1995 bis 2008; ohne umgruppierte Industriekraftwerke und Deutsche Bahn



Nach Angaben des VDEW (2007) und des BDEW (2009).

Etwa 61,8 Mrd. kWh wurden an Nachbarländer abgegeben, während 41,7 Mrd. kWh aus dem Ausland importiert wurden. Während in früheren Jahren der Import-/Exportsaldo nahezu ausgeglichen war, ist seit 2005 ein Stromexportsaldo mit steigender Tendenz zu verzeichnen. 2008 belief sich der Exportüberschuss auf 20,1 Mrd. kWh (StaBuA/FS4/R6.5).

Die den EVU nach statistischer Bereinigung zuzuordnende Nettostromerzeugung ist in den vergangenen Jahren deutlich gestiegen. 1995 wurden netto 428 Mrd. kWh von der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft erzeugt. Dieser Wert stieg bis 2006 auf 491 Mrd. kWh. 2007 ist eine leichte Abnahme um rund 3,5 % auf 474 Mrd. kWh festzuhalten (Schaubild 19.1). 2008 blieb die Nettostromerzeugung mit 476 Mrd. kWh bzw. einem Anstieg von 0,4 % in etwa auf diesem Niveau.

## Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

---

### 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, Lagerfeldt 2004). Die EU-Mitgliedstaaten sind demnach verpflichtet, durch nationale Rechtssetzung eine Trennung von Stromerzeugung und Netzbetrieb zu bewerkstelligen. Zudem wurde die Einrichtung einer Regulierungsbehörde verpflichtend, deren Aufgabe in der Sicherung eines diskriminierungsfreien Zugangs zu den Stromnetzen besteht.

Die Umsetzung der Richtlinie 2003/54/EG in deutsches Recht erfolgte im Juli 2005 durch ein neues Energiewirtschaftsgesetz (EnWG). Der Netzzugang wird seitdem durch dieses Gesetz geregelt, das die „Freiwillige Verbändevereinbarung“ abgelöst hat.

Neben der Liberalisierung der Strommärkte ist die Erhöhung des Anteils der Erneuerbaren Energien Ziel der Europäischen Union. Der Anteil innerhalb der EU-15 sollte um 8 % auf 22 % am Bruttostromverbrauch erhöht werden (EU 2001b:11). Mit der EU-Erweiterung um 10 Staaten wurde das Ziel um einen Prozentpunkt auf insgesamt 21 % abgesenkt.

Die Umsetzung in nationales Recht erfolgte durch das Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) im Jahr 2000. Es verpflichtet Stromnetzbetreiber Anlagen zur regenerativen Energiegewinnung an ihr Netz anzuschließen, deren gesamte Stromerzeugung abzunehmen und zu vergüten. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz schreibt für einen Zeitraum von 20 Jahren eine gestaffelte Vergütung der Erzeugung vor, die über eine bundesweite Umlageregelung auf alle Netzbetreiber verteilt wird. Im Jahr 2008 erfolgte die zweite wesentliche Novellierung. Die Grundstruktur wur-

de 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 zwischen der Bundesregierung und den Elektrizitätsversorgungsunternehmen vereinbarten Reststrommengen für bereits existierende Kernkraftwerke sind Teil des Gesetzes. Insgesamt betrug die verabredete Reststrommenge ab dem 1. Januar 2000 gut 2 500 Mrd. kWh für alle betriebenen Kernkraftwerke. Für das fertig gestellte, aber nicht in Betrieb befindliche Kraftwerk Mühlheim-Kärlich erfolgte eine Sondergutschrift von etwa 107 Mrd. kWh, sodass sich die gesamte verbliebene Strommenge auf über 2 600 Mrd. kWh summiert. Am 14. November 2003 ging im niedersächsischen Stade das erste deutsche Kernkraftwerk vom Netz. Am 11. Mai 2005 folgte die Stilllegung des Kernkraftwerks Obrigheim in Baden-Württemberg.

### 19.4 Die Selbstverpflichtung

Die Unternehmen der deutschen Elektrizitätswirtschaft haben in ihrer aktualisierten Selbstverpflichtungserklärung vom März 1996 eine Minderung der CO<sub>2</sub>-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 <sub>2</sub> -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 CO<sub>2</sub> 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

## Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

---

ungestörter Betrieb der Kernkraftwerke möglich ist und die Nutzungsdauer und Leistung der bestehenden Kernkraftwerke erhöht werden kann.

### Übersicht 19.2

#### Selbstverpflichtung der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft

Ziel bis 2015	Minderung der CO <sub>2</sub> -Emissionen um 25 Mill. t gegenüber 1990 auf 264 Mill. t CO <sub>2</sub> .
Basisjahr	1990

Nach Angaben des VDEW (2005).

---

1990 wurden insgesamt 289 Mill. t CO<sub>2</sub> emittiert. Unter den vom VDEW gemachten Annahmen würde demnach eine CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2015 um insgesamt 25 Mill. t auf 264 Mill. t CO<sub>2</sub> zu reduzieren (Übersicht 19.2).

#### 19.5 Bis 2008 erreichte CO<sub>2</sub>-Minderungen

Die Unternehmen der allgemeinen Elektrizitätsversorgung haben 2008 der Stromerzeugung zuzuordnende CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von etwa 261 Mill. t CO<sub>2</sub> emittiert (Tabelle 19.1). Dies ist im Vergleich zu 2007 ein Rückgang um 15 Mill. t CO<sub>2</sub> bzw. 5,4 % bei einem gleichzeitigen leichten Anstieg der Nettostromerzeugung um 2 Mrd. kWh oder 0,4 %. In Bezug auf 1990 wurden 28 Mill. t CO<sub>2</sub>, d.h. 9,7 % weniger ausgestoßen, wohingegen die Nettostromerzeugung um 45 Mrd. kWh bzw. 10,4 % anstieg.

Die hier ausgewiesenen CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Koeffizient, der die Substitution der Kernkraft durch Steinkohle und Braunkohle zu gleichen Teilen unterstellt, zugrunde gelegt (BDEW 2009: 13). Hiernach hätte sich bei Weiterbetrieb der Kernkraftwerke im Jahr 2005 eine Einsparung von 6,3 Mill. t CO<sub>2</sub> ergeben, die den Kraftwerken bei der Emissionsermittlung als Einsparung angerechnet wurde. In den Jahren 2006 bis 2008 lag die entsprechende Gutsschrift jeweils bei 7,4 Mill. t CO<sub>2</sub>.

**Tabelle 19.1**  
**Nettostromerzeugung und CO<sub>2</sub>-Emissionen der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft**  
 1990 bis 2008; Ziel: Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 25 Mill. t auf 264 Mill. t bis 2015

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Produktion, Mrd. kWh	431	428	466	483	491	474	476
Emissionen, Mill. t	289	267	270	268	270	276	261

Nach Angaben des BDEW 2009.

Für die spezifischen Emissionen ergab sich folgendes Bild: Nach Angaben des BDEW (2009) betragen die CO<sub>2</sub>-Emissionen je erzeugter Nettokilowattstunde 2008 rund 0,57 kg CO<sub>2</sub><sup>13</sup>. Damit lagen sie nach einem vorübergehenden Anstieg im Jahr 2007 auf rund 0,60 kg CO<sub>2</sub> wieder auf dem Niveau der Jahre 2005 und 2006 (Tabelle 19.2). Dieser Wert wurde nur 2004 einmal unterschritten mit 0,56 kg CO<sub>2</sub> (RWI 2008: 249). Im Vergleich zu 1990 bedeutet der Wert von 2008 eine Reduktion der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 0,10 kg/kWh bzw. 14,9 %, wobei diese Verbesserungen vor allem in den neunziger Jahren stattgefunden hat.

Neben dem spezifischen Emissionswert, der sich auf den gesamten Energiemix bezieht, hat der VDEW auch Angaben zu spezifischen Emissionen veröffentlicht, in denen berücksichtigt wird, dass mit Kernenergie und Erneuerbaren Energien kein CO<sub>2</sub>-Ausstoß verbunden ist. Das Emissionsvolumen wird dadurch verursachergerecht zur Nettostromerzeugung aus fossilen Energieträgern in Verhältnis gesetzt. Diese spezifischen Werte liegen bedeutend höher (Tabelle 19.2; RWI 2008: 250). Von 2004 bis 2007 schwankten sie zwischen 0,91 und 0,92 kg CO<sub>2</sub> je fossiler Nettokilowattstunde. 2008 ging der spezifische Emissionswert um 0,03 kg/kWh bzw. 3,3 %

<sup>13</sup> Die spezifischen CO<sub>2</sub>-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

deutlich zurück. Im Vergleich zu 1990 sank der Wert bis 2008 um 0,19 kg CO<sub>2</sub> je fossiler Nettokilowattstunde bzw. um 17,6 %. Die Minderungsrate lag in diesem Zeitraum damit deutlich über der des spezifischen Werts, der Kernkraft und Erneuerbare Energien einschließt (10,4 %). Das ist ein Indiz dafür, dass die Nettostromerzeugung aus Kernkraft und Erneuerbaren Energien schwächer gestiegen ist als die aus fossilen Energieträgern. So zeigen auch deren Wachstumsraten eine Zunahme zwischen 1990 und 2008 von 10,4 % gegenüber 13,1 % bei fossilen Energieträgern.

**Tabelle 19.2**  
**Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen**

1990 bis 2008; in kg CO<sub>2</sub> je kWh gesamte Nettoerzeugung bzw. fossile Nettoerzeugung

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
insgesamt, kg CO <sub>2</sub> / kWh	0,67	0,62	0,58	0,57	0,57	0,60	0,57
Minderung geg.1990 in %	-	7,5	13,4	14,9	14,9	10,4	14,9
Fossil, kg CO <sub>2</sub> / kWh	1,08	1,03	0,98	0,91	0,92	0,92	0,89
Minderung geg. 1990 in %	-	4,6	9,3	15,7	14,8	14,8	17,6

Nach Angaben des BDEW (2009).

### 19.6 Ursachenanalyse

Zur Erfüllung ihrer Minderungszusage stehen den EVU mehrere Wege offen, beispielsweise der vermehrte Einsatz CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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. 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 2007 sanken die Nettostromerzeugung der Kernkraftwerke um 18 % auf 132 Mrd. kWh sowie die vermiedenen Emissionen um gut 17 % auf 136 Mrd. kWh. Die Minderung bei den Emissionen lag somit nur leicht darunter.

Im aktuellen Berichtsjahr 2008 stieg die Nettostromerzeugung der Kernkraftwerke erneut um 6,1 % auf 140 Mrd. kWh; die Menge der vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen erhöhte sich nur um 4,4 % bzw. 6 Mill. t. Insgesamt wurde 2008 die Menge der durch Nettostromerzeugung aus Kernkraft vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 13 Mill. t bzw. 8,4 % niedriger angegeben als 1990, während die entsprechende Stromabgabe aus Kernkraftwerken nur um 0,7 % bzw. 1 Mrd. kWh zurückging.

Der Grund für die auftretenden Diskrepanzen in der Entwicklung von Nettostromerzeugung und Emissionen 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.

**Tabelle 19.3**  
**Inländische Kernkraftwerke: Nettostromerzeugung, Nutzungsdauer und vermiedene CO<sub>2</sub>-Mengen**  
 1990 bis 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Nettostromerzeugung, Mrd. kWh	141	145	161	153	158	132	140
CO <sub>2</sub> -Einsparung, Mill. t	155	156	164	155	161	136	142
Emissionskoeff., kgCO <sub>2</sub> /kWh	1,10	1,08	1,02	1,01	1,02	1,03	1,01

Nach Angaben des BDEW (2009).

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 CO<sub>2</sub>-Emissionskoeffizient allmählich. Vom VDEW wurde für die Jahre 1990 bis 1999 eine kontinuierliche Senkung dieses Emissionskoeffizienten von 1,1 auf 1,04 kg CO<sub>2</sub>/kWh angegeben (RWI 2008: 251). Dies erklärt die weitaus geringere Wachstumsrate der vermiedenen Emissionen im Vergleich zum Anstieg der Nettostromerzeugung in diesen Jahren. Nachdem der Emissionskoeffizient dann bis 2002 stabil blieb, sank er bis 2003 auf 0,98 kg CO<sub>2</sub>/kWh. Bis 2007 stieg der Koeffizient erneut auf 1,03 kg CO<sub>2</sub>/kWh und erreichte in etwa den Wert von 2000 (Tabelle 19.3). 2008 sank er wiederum auf 1,01 kg CO<sub>2</sub>/kWh.

Hätte 2008 noch der Koeffizient von 1990 gegolten, hätte die Menge der vermiedenen Emissionen bei 154 Mill. t gelegen, mithin um 12 Mill. t höher als angegeben.

## Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

---

Die 2008 gegenüber 1990 um 13 Mill. t geringere Menge der durch Kernkraft vermiedenen Emissionen ist damit auf den deutlichen Rückgang des Emissionskoeffizienten, also die Effizienzverbesserung des Stein- und Braunkohlekraftwerksparks, vor allem in den neunziger Jahren zurückzuführen.

Als eine der Ursachen möglicher starker Schwankungen des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes werden Wettereinflüsse angeführt. Beispielsweise muss in besonders heißen Sommern die Leistung der Kernkraftwerke herabgesetzt werden, und Wasserkraftwerke liefern durch niedrigere Pegelstände weniger Strom. Windkraftwerke erzeugen bei windarmer Witterung keine elektrische Energie. Die durch solche Einflüsse entstehenden Versorgungslücken müssen durch fossil betriebene Kraftwerke geschlossen werden. Als Konsequenz steigen die CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch Kernkraft erreichten ihren geringsten Wert seit 1995. Derartige Effekte haben im aktuellen Berichtszeitraum keine gravierende Rolle gespielt.

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 in 2003 auf 18 Mrd. kWh (RWI 2007: 243). Erst 2007 wurde mit 24 Mrd. kWh wieder das Niveau der Stromerzeugung von 2000 erreicht. 2008 gelang eine weitere Steigerung auf 25 Mrd. kWh. Die Menge der CO<sub>2</sub>-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 2008 mit gut 25 Mill. t CO<sub>2</sub> etwa 8 Mill. t über dem Wert von 1990. Grund für den mit 47,1 % deutlich schwächeren Anstieg der vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zum Anstieg der Nettostromerzeugung mit 66,7 % ist auch hier die Effizienzverbesserung der Stein- und Braunkohlekraftwerke, die sich in dem der Berechnung zugrunde liegenden fiktiven CO<sub>2</sub>-Koeffizienten widerspiegelt.

**Tabelle 19.4**  
**Erneuerbare Energien: Stromerzeugung und vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionsmengen**  
 1990 bis 2008; gerundete Werte

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Nettostromerzeugung, Mrd. kWh	15	19	24	21	22	24	25
CO <sub>2</sub> , vermieden, Mill. t	17	21	25	22	23	24	25

Nach Angaben des BDEW (2009).

Bei der Berechnung der Höhe der vermiedenen Emissionen wurden dieselben Emissionskoeffizienten wie bei Kernkraft herangezogen. Auch hier wirken sich Wirkungsgradsteigerungen der Kohlekraftwerke negativ auf die Höhe der vermiedenen Emissionen aus. Der Einfluss des heißen Sommers 2003, der für eine beträchtliche Änderung des Energiemix zu Lasten der CO<sub>2</sub>-freien Energieträger sorgte, wird auch in diesem Bereich deutlich: Mit nur etwa 18 Mill. t fiel die CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch den Einsatz „Regenerativer Energien“ vergleichsweise gering aus (RWI 2007: 242).

Die vom BDEW genannte Vermeidungsmenge veranschaulicht, dass Regenerative Energien durchaus einen Beitrag zur Zielerfüllung der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft leisten können. Hierbei ist allerdings anzumerken, dass ein großer Anteil der unter dem EEG geförderten Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien außerhalb der für die Selbstverpflichtungserklärung gesetzten Bilanzgrenzen der allgemeinen Versorgung erzeugt wird. Dies betrifft vor allem die Stromerzeugung aus privaten Windkraft-, Biogas- und Photovoltaikanlagen. Beim Vergleich der durch beide Technologiearten vermiedenen Emissionen wird hier jedoch schon deutlich, dass Erneuerbare Energien nicht in der Lage sein werden, die Kernkraft mittelfristig zu ersetzen und gleichzeitig zu einer Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Verdrängen von Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern beizutragen.

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 2008 wiedergegeben.

Bei Steinkohlekraftwerken ist 2006 und 2007 gegenüber 2003 und 2004 eine Verschlechterung der Energieeffizienz von 8,4 auf 8,8 PJ/Mrd. kWh festzustellen, 2008 verbesserte sie sich – den vorläufigen Werten nach – wieder leicht auf 8,7 PJ/Mrd. kWh. Bei Erdgas lag die Energieeffizienz 2005 und 2006 bei 6,9 PJ/Mrd. kWh. Bis 2008 stieg sie geringfügig auf 6,6 PJ/Mrd. kWh. Bei den

## Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

---

Braunkohlekraftwerken blieb der pro Milliarden Kilowattstunden benötigte Energieeinsatz von 2003 bis 2006 bei 9,5 PJ/Mrd. kWh. 2007 stieg er leicht auf 9,6 PJ/Mrd. kWh. Im Berichtsjahr 2008 sank sie auf 9,4 PJ/Mrd. kWh. Der deutliche Rückgang bei den spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen, bezogen auf fossile Energieträger im Jahr 2008, hat damit neben Veränderungen im Brennstoffmix auch ihre Ursache in Effizienzverbesserungen von Kraftwerken aller drei Energieträger. Als ein wesentlicher Grund für die 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 2008; Energieeffizienz in PJ/Mrd. kWh; gerundete Werte

	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Steinkohle	8,4	8,4	8,5	8,8	8,8	8,7
Braunkohle	9,5	9,5	9,5	9,5	9,6	9,4
Erdgas	6,7	6,5	6,9	6,9	6,7	6,6

Berechnungen des VDEW bzw. BDEW nach Angaben des Statistischen Bundesamts (BDEW 2009).

Die Auswirkungen des Wandels im Energiemix insgesamt sowie der Veränderungen der Energieeffizienz aller Kraftwerke auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen lassen sich von den Auswirkungen des Anstiegs der Stromerzeugung isolieren (Tabelle 19.6). Multipliziert man die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen für 1990 mit der Stromerzeugung des Jahres 2008, erhält man fiktive Emissionen dieses Jahres mit der Technologie und der Energieträgerstruktur von 1990. Stellt man diese fiktiven Emissionen den tatsächlichen gegenüber, so erhält man einen Eindruck von den durch die Veränderung der Energieeffizienz und des Energiemix erzielten CO<sub>2</sub>-Minderungen. Ohne diese Änderungen wären im Jahr 2008 58 Mill. t CO<sub>2</sub> zusätzlich ausgestoßen worden (Tabelle 19.6).

**Tabelle 19.6**  
**Nettostromerzeugung und CO<sub>2</sub>-Emissionen der EVU**

1990 bis 2008; Ziel: Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 25 Mill. t bis 2015

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Produktion, Mrd. kWh	431	428	466	483	491	474	476
Spezif. CO <sub>2</sub> -Emiss gesamt, kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,67	0,62	0,58	0,57	0,57	0,60	0,57
Fiktive Emissionen, Mill. t	-	287	312	324	329	318	319
Emissionen, Mill. t	289	267	264	268	270	276	261
Differenz	-	20	48	56	59	42	58

Nach Angaben des BDEW (2009).

### 19.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Minderung

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft gehört mit zu den größten Investoren in Deutschland. 2007 haben die EVU 5,5 Mrd. € investiert (Tabelle 19.7). Damit stiegen die Investitionen gegenüber früheren Jahren deutlich an. Die Ausgaben für Leitungsnetze verdoppelten sich sogar. 2,6 Mrd. € wurden für den Erhalt und den Ausbau der Stromnetze verwendet.

Im Fortschrittsbericht des BDEW (2009) werden für die Jahre 2005 bis 2008 beispielhaft Investitionsmaßnahmen der Elektrizitätswirtschaft im Bereich Erneuerbare Energien sowie Effizienzsteigerungen bei Kernkraftwerken und im Anlagenpark fossiler Energieträger genannt. Die Effizienzsteigerungen des Kraftwerksparks bei fossilen Energieträgern umfassen im Wesentlichen Maßnahmen zur Ertüchtigung (Retrofit) bestehender und den Neubau von Kraftwerken, die Verlagerung der Erzeugung auf effizientere Kraftwerke desselben Energieträgertyps sowie Altanlagenstilllegungen (BDEW 2009: 16f).

Der Verband ergänzte den Ausweis von Neuanlagen gegenüber dem Fortschrittsbericht des Jahres zuvor um Beispiele für 2008, so die Inbetriebnahme der Anlagen der Stadtwerke Kempen und Vattenfall. Er gab als Folge der höheren Wirkungsgrade der Neuanlagen der letzten Jahre im Durchschnitt Brennstoffeinsparungen von 25 bis 40 % gegenüber vergleichbaren 25 bis 40 Jahre alten Kraftwerken (BDEW 2009: 16ff) an. Der Beitrag einer Neuanlageninbetriebnahme zur Energieeinsparung ist dabei erst im Folgejahr zu erwarten.

## Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

**Tabelle 19.7**  
**Investitionen der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft**  
2000 bis 2007; in Mill. €

	2000	2002	2004	2005	2006	2007
Stromerzeugung	707	976	753	937	1 098	
Leitungsnetz	1 368	1 361	1 125	1 171	1 401	2 600
Insgesamt	3 052	3 353	2 943	3 278	3 844	5 500

Nach Angaben des Statistischen Bundesamts, Fachserie 4, Reihe 6.1 und des BDEW (2009).  
Angaben für 2008 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich.

Für 2009 bis 2010 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 2009: 16)

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 E.ON an Steinkohlekraftwerken hervor. Im Regelbetrieb können diesen Maßnahmen nach Verbandsangaben bis 2008 jährlich mindestens 3 Mill. t CO<sub>2</sub>-Minderung gutgeschrieben werden (BDEW 2009: 17f).

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 Wärmewirtschaft übernimmt, modernisiert oder durch Neuanlagen ersetzt. Hierdurch vermindern sich die Emissionen der industriellen Kraftwirtschaft, die der allgemeinen Versorgung steigen an, wenn auch auf Grund der Ertüchtigungsmaßnahmen in geringerem Umfang. Die vom Verband beispielhaft für 2005 bis 2008 angegebenen Anlagen produzieren 900 GWh Strom und 2 400 GWh Nutzwärme pro Jahr mit klimarelevanten CO<sub>2</sub>-Emissionen von rund 900 000 t. Die Inbetriebnahme dieser Anlagen erfolgte in den Jahren 2005 und 2006. 2007/2008 nahm nur die KGU der Stadtwerke Aalen den Betrieb auf. 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, aber möglicherweise 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 2009: 18f).

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 h/a, einer zusätzlichen Nettostromerzeugung von rund 1,3 TWh und damit einer zusätzlichen Vermeidung von rund 1,4 Mill. t CO<sub>2</sub> (BDEW 2009: 13f). Für 2008 wurden keine weiteren Maßnahmen ausgewiesen.

Bei den Erneuerbaren Energien fand im Bereich der allgemeinen Versorgung vor allem ein Ausbau der Nutzung fester Biomasse und Sekundärbrennstoffe statt: So wurde für 2005 bis 2007 ein deutlicher Ausbau der Stromerzeugung aus 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. 2008 wurden ebenfalls weitere neue Bioheizkraftwerke in Betrieb genommen. Im Regelbetrieb können nach Angaben des Verbandes durch den Betrieb der hier aufgeführten Kraftwerke über 3 Mill. t Emissionen jährlich vermieden werden (BDEW 2009: 14ff).

Angaben zur Höhe der im Berichtszeitraum insgesamt durch Minderungsmaßnahmen eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden vom Verband nicht gemacht.

### 19.8 Zusammenfassung

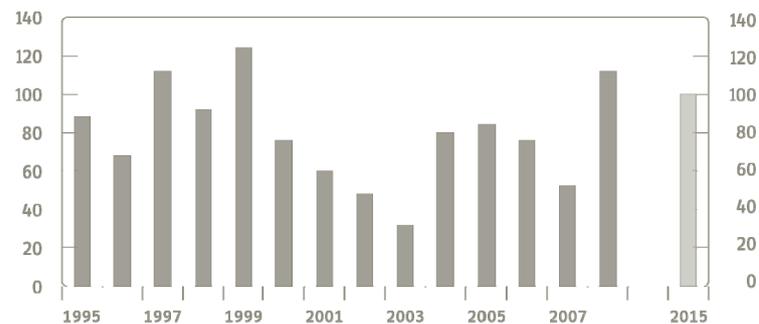
Vorbehaltlich der Wiederinbetriebnahme des Kernkraftwerks Mühlheim-Kärlich hatte die allgemeine Elektrizitätswirtschaft im Rahmen der Klimaschutzklärung der deutschen Wirtschaft bis 2015 eine CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktion von 12 % bzw. rund 35 Mill. t gegenüber 1990 zugesagt. Zwischenzeitlich wurde entschieden, dass dieses Kernkraftwerk nicht wieder ans Netz genommen wird. Die zugesagte CO<sub>2</sub>-Reduktion vermindert sich damit auf insgesamt 25 Mill. t, so dass 2015 maximal 264 Mill. t CO<sub>2</sub> emittiert werden sollen.

Die zugesagte CO<sub>2</sub>-Reduktion konnte bereits 1999 aufgrund der Zunahme des Stroms aus Erneuerbaren Energien und vor allem aus Kernkraft deutlich übertroffen werden (Schaubild 19.2). Bis 2003 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 CO<sub>2</sub>-freier Energieträger stagnierte.

## Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

2007 sank der Zielerreichungsgrad erneut auf 52 %. Während für die Verschlechterung in 2006 hauptsächlich der Anstieg der Stromerzeugung insgesamt verantwortlich war, gab es 2007 zwar einen deutlichen Rückgang der Stromerzeugung insgesamt aber einen drastischen Einbruch bei der Kernenergie, der zum großen Teil auf technisch bedingte Stillstände zurückzuführen war. Diese Entwicklung führte zu höheren Kohleanteilen im Energieträgermix.

**Schaubild 19.2**  
**Zielerreichungsgrade der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft**  
1995 bis 2008; in %



Eigene Berechnungen nach Angaben des VDEW (2007) und des BDEW (2008).

2008 sind die Emissionen gegenüber 2007 um 15 Mill. t zurückgegangen bei einem weiterhin geringen Stromverbrauch, d.h. einem Anstieg der Nettostromerzeugung um nur 0,4 %. Damit konnte für dieses Jahr ein Zielerreichungsgrad von 112 % erreicht werden. Die Stromwirtschaft hat damit im siebten Jahr vor Ablauf der Minderungsverpflichtung ihre Zusage mehr als erfüllt. Dieser Erfolg ist zu einem großen Teil auf den Anstieg der Kernkraft zurückzuführen. Nach Angaben des Verbandes lag deren Beitrag zur gesamten Reduktion bei 8 Mill. t. Weitere 4 Mill. t führt der BDEW auf die durchschnittliche Effizienzsteigerung des fossilen Anlagenparks durch Verbesserung des Wirkungsgrades zurück. Diese Verbesserungen dürften nach Verbandsangaben den Zielerreichungsgrad auch künftig weiterhin positiv beeinflussen. 3 Mill. t ließen sich allein dem Brennstoffwechsel von Kohle auf Erdgas zurechnen (BDEW 2009). Die Anpassung des Energieträgermixes wurde durch die sinkenden Preise auf den Märkten für Rohstoffe und Emissionszertifikate begünstigt. Die Folgen des leichten Anstiegs der Nettostromerzeugung konnten durch die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien aufgefangen werden.

Ein wesentlicher „Erfolgsfaktor“ war die 2008 gegenüber den Vorjahren weiterhin niedrige Stromerzeugung aus Anlagen der allgemeinen Versorgung. Während der Nettostromverbrauch aus dem Netz der allgemeinen Versorgung über den Zeitraum 2004 - 2008 nahezu unverändert blieb, nahmen über den gleichen Zeitraum die Einspeisungen von vornehmlich unter dem EEG geförderten privaten Kleinanlagen um über 30 TWh zu. Die hieraus resultierende Nachfrageabnahme nach Strom aus Anlagen der allgemeinen Versorgung wird durch eine gleichzeitige deutliche Zunahme des Stromexportsaldos etwas abgemildert. Hätte die Stromerzeugung der allgemeinen Versorgung im Berichtsjahr 2008 auf dem gleichen Niveau gelegen wie 2004, dem Jahr mit der „durchschnittlichen“ Nettoproduktion der Jahre 2003 - 2006, wäre - unter sonst gleichen Bedingungen - ein Zielerreichungsgrad von 88 % ähnlich wie 2004 und 2005 realisiert worden.

Der Verband geht in seiner Erklärung zur Klimavorsorge von einem ungestörten Betrieb der Kernkraftwerke aus. Der sukzessive Ausstieg aus der Kernkraft wurde erst nach der Abgabe der Selbstverpflichtung gesetzlich festgelegt. In den CO<sub>2</sub>-Emissionen, die in seinen Fortschrittsberichten ausgewiesen werden, sind daher zusätzlich die durch Kernkraft hypothetisch vermeidbaren Emissionen aus der Stromerzeugung der stillgelegten Kernkraftwerke berücksichtigt.

Bleibt es bei der aktuellen Gesetzeslage, dass bestehende Kernkraftwerke nach und nach abgeschaltet werden und der Bau neuer Kernkraftwerke gegenwärtig keine Option darstellt, wird der Anteil der Kernenergie im Strommix bis zum Ende der Verpflichtungsperiode weiter sinken.

Das Auslaufen dieser CO<sub>2</sub>-freien Stromerzeugungstechnik wird den Bau neuer Kraftwerke erfordern, die auf Basis fossiler Brennstoffe arbeiten. Die neuen Anlagen zeichnen sich zwar durch deutlich höhere Effizienz und damit auch niedrigere spezifische Emissionen als vergleichbare Bestandsanlagen aus, führen aber absolut zu höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zur Kernenergienutzung. Als eine Alternative zur CO<sub>2</sub>-freien Stromerzeugung durch Kernkraft werden Erneuerbare Energien genannt. Hier schreibt das novellierte EEG eine Quote von 30 % am bundesweiten Bruttostromverbrauch bis 2020 vor. Selbst wenn es den EVU gelingen sollte, diesen Anteil zu realisieren, werden Erneuerbare Energien nach Ansicht des BDEW die Lücke, die die stillzulegenden Kernkraftwerke in der Energieversorgung hinterlassen werden, mittelfristig nicht schließen können.

## Anhang

---

### Anhang

#### A. Wirtschaftliche Entwicklung der an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren

Die am Monitoring beteiligten Industriebereiche vereinigten 2008 rund ein Drittel der Produktion des Verarbeitenden Gewerbes auf sich (StaBuA/FS4/R3.1 2008).

**Tabelle A.1**  
**Entwicklung des Produktionsindex**  
1991-2008

	1991-2008	2008
Chemische Industrie	44,1 %	-2,7 %
Eisenschaffende Industrie	10,5 %	-1,8 %
Elektrotechnik- und Elektronikindustrie	91,3 %	6,0 %
Feuerfest-Industrie	14,5 %	1,8 %
Glasindustrie	29,0 %	-1,2 %
Kaliindustrie (Rohsalzverarbeitung in t)	-11,3 %	-5,8 %
Kalkindustrie	-7,9 %	0,1 %
Keramische Fliesen und Platten	-45,6 %	-8,4 %
Mineralölverarbeitung	24,1 %	0,1 %
Nichteisen-Metallindustrie	16,3 %	-0,4 %
Steinkohlenbergbau	-75,2 %	-17,9 %
Textilindustrie	-57,6 %	-5,0 %
Zellstoff- und Papierindustrie	64,7 %	-2,4 %
Zementindustrie	-13,4 %	2,2 %
Ziegelindustrie	-25,2 %	-16,2 %
Zuckerindustrie	-20,2 %	-12,1 %
Insgesamt	44,0 %	1,4 %

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 2.1.

Bezogen auf die gesamtwirtschaftliche Produktion lag ihr Anteil bei rund 10 % (StaBuA/VGR 2008). Während das Bruttoinlandsprodukt (BIP) zwischen 1991 und 2008 um 29,0 % zunahm (Tabelle A.2), verzeichneten die hier betrachteten Sektoren einen Produktionszuwachs von 33,1 % (Tabelle A.1). Damit lag deren Wachstum unterhalb des Verarbeitenden Gewerbes, das in diesem Zeitraum um 44,0 % betrug (Tabelle A.2).

Die Produktionsentwicklung in den einzelnen Industriebereichen verlief sehr unterschiedlich. So sank die Produktion der Textilindustrie zwischen 1991 und 2008 um mehr als 57 %. 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 2008 um fast 46 %, die der Zementindustrie um ca. 13 % und die der Kalkindustrie um 8 %. 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**  
**Produktionsindex des Verarbeitenden Gewerbes und reales Bruttoinlandsprodukt**  
1991-2008

	1991-2008	2008
Produktionsindex Verarbeitendes Gewerbe	33,1 %	1,0 %
Bruttoinlandsprodukt	29,0 %	1,3 %

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 2.1 und Fachserie 18, Reihe 1.4.

Der Berichtszeitraum 2008 ist verglichen mit den Vorjahren in Folge der Finanzkrise durch eine ungünstigere Konjunktorentwicklung geprägt. Die zum Vorjahr leicht gestiegene Inlandsnachfrage konnte den starken Rückgang der Exporte nicht kompensieren, sodass das Wirtschaftswachstum insgesamt von 2,5 % im Jahr 2007 auf 1,3 % im Jahr 2008 zurückfiel (Tabelle A.3).

Der Anstieg der Inlandsnachfrage ging vor allem auf eine ansteigende Bautätigkeit zurück. Von dieser positiven Entwicklung profitierte aber als Bauzulieferer nur die Zementherstellung, deren Zuwachs zum Vorjahr 2,2 % betrug. Die Produktion der Kalkindustrie hingegen veränderte sich mit einem Zuwachs von 0,1 % nur geringfügig, während jene von keramischen Fliesen und Platten sogar um 8,4 % zurückging

## Anhang

---

(Tabelle A.1). In den beiden am Monitoring beteiligten Verbrauchsgütersektoren, der Textil- und der Zuckerindustrie, war die Produktion mit 5 % bzw. 12 % ebenfalls rückläufig.

Produktionszuwächse wurden 2008 nur in fünf Sektoren erzielt, wobei mit 6,0 % das höchste Wachstum bei der Elektronikindustrie erzielt wurde. Vor allem der Rückgang der Exporte machte sich bei den in wesentlichem Umfang auf Auslandsmärkten engagierten Sektoren bemerkbar. So war die Produktion der Chemieindustrie, die ihre Exportquote seit Mitte der 1990er um mehr als 10 Prozentpunkte auf über 50 % verbesserte, mit 2,7 % rückläufig. Auch die Herstellung von Roheisen und Nichteisen-Metallen ging mit 1,8 % bzw. 0,4 % zurück.

Insgesamt wuchs die Produktion der in Tabelle A.1 aufgelisteten Sektoren 2008 trotz Finanzkrise um 1,4 % und damit stärker als das Verarbeitende Gewerbe (+1 %). Auch im Vergleich zur Gesamtwirtschaft, die in diesem Zeitraum 1,3 % zulegen, fiel der Zuwachs überdurchschnittlich aus (Tabelle A.2).

### **Tabelle A.3**

#### **Veränderung des realen Bruttoinlandsprodukts und dessen Verwendung**

2005 bis 2008; Veränderungen der Indizes gegenüber dem Vorjahr

	2005	2006	2007	2008
Inlandsnachfrage	0,0 %	2,1 %	1,1 %	1,7 %
Private Konsumausgaben	0,2 %	1,0 %	-0,4 %	-0,1 %
Anlageinvestitionen	1,1 %	7,7 %	4,3 %	4,4 %
- Ausrüstungen	6,0 %	11,1 %	6,9 %	5,9 %
- Bauinvestitionen	-3,0 %	5,0 %	1,8 %	3,0 %
- Sonstige	4,9 %	8,0 %	8,0 %	6,6 %
Ausfuhr	7,7 %	12,7 %	7,5 %	2,7 %
Einfuhr	6,5 %	11,9 %	5,0 %	4,0 %
Bruttoinlandsprodukt	0,8 %	3,0 %	2,5 %	1,3 %

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 18, Reihe 1.4.

---

### B. Die Entwicklung der Energiepreise

Mit dem sich abschwächenden weltwirtschaftlichen Wachstum reduzierte sich auch der Zuwachs des weltweiten Energieverbrauchs von 2,4 % in 2007 auf 1,4 % in 2008 (BP 2009: 2). Allerdings war dieser Anstieg nicht gleichmäßig auf alle Energieträger verteilt. So wurde beim Erdöl sogar ein Verbrauchsrückgang um 420 000 Barrel (bbl) pro Tag, bzw. 0,6 % insgesamt festgestellt. Der erste Verbrauchsrückgang seit 1993 ging auf die drastische Reduktion in den OECD-Ländern zurück, die täglich etwa 1,5 Mill. bbl weniger nachfragten. Demgegenüber stieg der Verbrauch, allen voran der Öl exportierenden Staaten, um 1,1 Mill. bbl. an.

Ursächlich für den sinkenden Ölverbrauch dürften die hohen Ölpreise gewesen sein, die im Juli bis auf etwa 144 \$/bbl kletterten. Gleichzeitig sorgte der hohe Preis für einen Anstieg des Angebots um 380 000 bbl/Tag bzw. 0,4 %, sodass der Ölpreis gegen Ende des Jahres kräftig abfiel und knapp 40 \$/bbl betrug. Dennoch kostete die Rohölsorte Brent mit rund 97 US \$/bbl im Jahresdurchschnitt fast 34 % mehr als 2007 (Tabelle B.1).

**Tabelle B.1**  
**Nominale Weltmarktpreise für Rohöl und deren Veränderungen gegenüber 2000**  
 1990 bis 2008; in US \$/bbl, Mittelwerte zwischen 2000 und 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	Mittel
Brent	23,73	17,02	28,50	54,52	65,14	72,39	97,26	48,26
Seit 2000	-	-	-	91,3 %	128,6 %	154,0 %	241,3 %	
Dubai	20,45	16,10	26,20	49,35	61,50	68,19	94,34	45,17
Seit 2000	-	-	-	88,4 %	134,7 %	160,3 %	260,1 %	
WTI	24,50	18,42	30,37	56,59	66,02	72,90	100,06	49,99
Seit 2000	-	-	-	86,3 %	117,4 %	137,7 %	229,5 %	

WTI: West Texas Intermediate. – BP (2009), eigene Berechnungen.

Die Einfuhrpreise für Heizöl reagierten unmittelbar auf die Rohölpreisnotierungen. Allerdings wurden die Preisanstiege durch die Verbesserung des Wechselkurses des Euro gegenüber dem Dollar gedämpft. So nahm der Wert des Euro zwischen 2000 und 2008 um etwas mehr als 59 % zu (Tabelle B.2). Dadurch stiegen die in Euro bemessenen Einfuhrpreise für Rohöl langsamer als die in Dollar notierten Weltmarktpreise (Tabelle B.3).

## Anhang

**Tabelle B.2**  
**Wechselkursverhältnis des Euros zum US-Dollar und Inflation in Deutschland**  
1990 bis 2008; in US \$/€

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Dollar/Euro	1,2102	1,3641	0,9236	1,2441	1,2556	1,3705	1,4708
Seit 2000	-	-	-	34,7 %	35,9 %	48,4 %	59,2 %
Inflationsrate	3,7 %	1,4 %	1,4 %	1,5 %	1,6 %	2,3 %	2,6 %
Inflation seit 2000	-	-	-	8,3 %	10,1 %	12,5 %	15,0 %

Deutsche Bundesbank (2009), StaBuA/FS17 (2009), eigene Berechnungen.

Die Weltmarktpreise lagen dagegen je nach Sorte um etwa 230 % bis 260 % höher als 2000 (Tabelle B.1). Auch der Einfuhrpreis für schweres Heizöl nahm im selben Zeitraum nur um etwa 91 % zu, bei leichtem Heizöl betrug der Anstieg rund 146 %.

**Tabelle B.3**  
**Grenzübergangspreise (cif) für Rohöl, Heizöl und Erdgas**  
1990 bis 2008; in €/t SKE, Mittelwerte zwischen 2000 und 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	Mittel
Rohöl	98	65	156	216	261	268	346	200
Seit 2000	-	-	-	38,5 %	67,0 %	71,8 %	121,6 %	
Schweres Heizöl	65	52	144	162	220	220	275	170
Seit 2000	-	-	-	12,3 %	52,5 %	52,5 %	90,5 %	
Leichtes Heizöl	116	79	203	289	323	332	498	261
Seit 2000	-	-	-	42,3 %	59,4 %	63,8 %	145,5 %	
Erdgas	61	57	85	128	172	160	269	135
Seit 2000	-	-	-	51,8 %	103,6 %	89,8 %	216,5 %	

Die cif-Preise beinhalten sämtliche Kosten, einschließlich Fracht- und Versicherungsgebühren.  
- Öl: MWV (2008); Erdgas: BMWi (2008), Werte für 2009: Kohlenstatistik (2009), eigene Berechnungen.

Während die Einfuhrpreise für Roh- und Heizöl auf 346 € bzw. 275 € pro t SKE erhöhten, stieg der Importpreis für Erdgas auf 269 €/t SKE. Eine der Ursachen dafür ist die informelle Ölpreisbindung für Erdgas: In den üblicherweise sehr langfristig

angelegten Erdgasverträgen ist in der Regel vorgesehen, den Erdgaspreis mit einer etwa halbjährlichen Verzögerung an die Entwicklung der Rohölpreise anzupassen. Seit Jahrzehnten bilden die Rohölpreise daher die Basis für die Entwicklung des Erdgaspreises.

Ebenso wie bei Rohöl schwächte das Erstarren des Euro die Steigerung der Importpreise von Erdgas wie auch von Steinkohlen ab. Dennoch stieg der Einfuhrpreis für Kraftwerkskohle kräftig an und lag 2008 etwa 167 % über dem Niveau von 2000 (Tabelle B.4). Diese Zunahme war deutlich geringer als beim Erdgas, dessen Einfuhrpreise sich im selben Zeitraum mehr als verdoppelten. Prononcierter als bei der Kraftwerkskohle war der Anstieg der Einfuhrpreise für Koks und vor allem für Koks. Beim Koks stieg der jahresdurchschnittliche Importpreis von rund 78 € pro Tonne Steinkohleneinheit (SKE) im Jahr 2000 auf 230 €/t im Jahr 2005, schwächte sich danach aber wieder ab, bevor im Jahr 2008 ein Preis von etwa 280 €/t erreicht wurde. Die wesentlichen Gründe für die explodierenden Kokspreise waren die gestiegene Nachfrage aus wachstumsstarken Entwicklungs- und Schwellenländern, insbesondere aus China, die weltweite Angebotsverknappung infolge von Kokereischließungen in Europa sowie begrenzte Frachtkapazitäten (Matthes und Ziesing 2005: 58). Das Zusammenwirken all dieser Faktoren führte zu einer Preisexplosion bei Koks wie zu Beginn der 80er Jahre. Kokssteig nach leichten Preisrückgängen im Jahr 2007 im Jahr 2008 auf 142 €/t SKE an. Ähnlich wie beim Rohöl hat sich der Einfuhrpreis von Kokssteig zwischen 2000 und 2008 fast verdoppelt.

**Tabelle B.4**  
**Grenzübergangspreise (cif) für Kraftwerks- und Kokssteig sowie für Koks**  
 1991 bis 2008; in €/t SKE, Mittelwert zwischen 2000 und 2008

	1991	1995	2000	2005	2006	2007	2008	Mittel
Kraftwerkssteig	49	39	42	65	62	68	112	60
Seit 2000	-	-	-	54,5 %	46,8 %	62,2 %	166,7 %	
Kokssteig	49	42	51	91	104	94	142	80
Seit 2000	-	-	-	78,0 %	103,4 %	83,8 %	178,4 %	
Koks (€/t)	k.A.	-	78	230	167	176	281	159
Seit 2000	-	-	-	195,6 %	114,1 %	125,3 %	260,7 %	

Die cif-Preise beinhalten sämtliche Kosten, einschließlich Fracht- und Versicherungsgebühren. – Kraftwerkssteig: BAFA (2009), Koks: VDKI (2004, 2005, 2006, 2007, 2008, für Kokssteig und Angaben für 2008: Kohlenstatistik (2009) und VDKI (2009), eigene Berechnungen

## Anhang

---

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 Koxsmärkten zur Folge haben. Damit wären entsprechende Preissenkungen verbunden. Die dennoch gestiegenen Energiepreise belegen, dass die Kapazitätsausweitungen nicht mit den Nachfragesteigerungen mitgehalten haben.

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.

**Tabelle B.5**  
**Gerundete Steuersätze auf Mineral- und Heizöl in Deutschland**  
 1990 bis 2008; in €/1000 l

	1990	1995	2000	2001	2002	2003- 2007	2008	Veränd. geg. 1990
Ottokraftstoff verbleit	332	552	614	634	667	721	721	117,2 %
Ottokraftstoff bleifrei	291	501	562	603	603	655	655	125,1 %
Diesel	272	317	378	425	425	470	470	72,8 %
Leichtes Heizöl (Haus- halte)	29	41	61	59	59	61	61	110,3 %

MWV (2009), 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.

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 zu Wettbewerb unter den Energieversorgern.

## Anhang

**Tabelle B.6**  
**Strom-, Erdgas- und Mehrwertsteuern in Deutschland**  
1990 bis 2008

	1990	1995	2000	2001	2002	2003- 2006	2007	2008
Stromsteuer, Cent/kWh	-	-	1,28	1,54	1,79	2,05	2,05	2,05
Stromsteuer, Euro/MWh	-	-	12,80	15,40	17,90	20,50	20,50	20,50
Erdgassteuer, Euro/MWh	1,33	1,84	3,48	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
Mehrwertsteuersatz	14 %	15 %	16 %	16 %	16 %	16 %	19 %	19 %
„Kohlepfennig“	8 %	9 %	-	-	-	-	-	-

MWV (2009), eigene Berechnungen.

Die verschiedenen Endverbrauchergruppen haben von der Liberalisierung in unterschiedlichem Maße profitiert. In den ersten zwei Jahren nach der Liberalisierung, 1999 und 2000, sind vor allem die Strompreise der Sondervertragskunden (Industrie) gesunken, bis 2000 um 36,9 % gegenüber 1990 (RWI 2007). 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 21,4 Cent pro Kilowattstunde (kWh) im Jahr 2008 etwa 44 % höher als im Jahr 2000.

**Tabelle B.7**  
**Nominale Verbraucherpreise für Erdgas und Strom**  
1990 bis 2008; in ct/kWh, Mittelwert zwischen 2000 und 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	Mittel
Erdgas (Haushalte)	4,0	3,5	3,9	5,3	6,3	6,5	7,1	5,4
Seit 2000	-	-	-	35,7 %	60,8 %	65,4 %	82,1 %	
Strom (Haushalte)	12,8	16,4	14,9	18,2	18,9	20,2	21,4	16,4
Seit 2000	-	-	-	22,1 %	26,7 %	35,0 %	43,6 %	
Strom (Industrie) <sup>1</sup>	7,0	6,7	4,4	6,8	7,5	8,7	-	-
Seit 2000	-	-	-	53,7 %	70,8 %	97,7 %	-	

<sup>1</sup>Ohne Mehrwertsteuer. Wie allgemein üblich erfolgen Preisangaben zum unteren Heizwert. – Heizöl: MWV (2008), Erdgas, Strom und Angaben für 2008: BMWi (2009), eigene Berechnungen. Angaben zum Strompreis der Industrie für 2008 lagen bei Fertigstellung des Berichts nicht vor.

Real bzw. inflationsbereinigt betrachtet, sind die Preisanstiege seit 2000 moderater ausgefallen. So betrug der reale Strompreisanstieg bei Haushalten zwischen 2000 und 2008 lediglich rund 23 %, wohingegen die Strompreise nominal um etwa 44 % 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 im Jahr 2008 allerdings nur wenig höher.

**Tabelle B.8**  
**Reale Verbraucherpreise für Erdgas und Strom**

1990 bis 2008; 2000=100; in ct/kWh, Mittelwert zwischen 2000 und 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	Mittel
Erdgas (Haushalte)	3,3	3,7	4,8	5,0	5,8	5,8	6,2	5,0
Seit 2000	-	-	-	25,8 %	46,7 %	47,6 %	59,0 %	
Strom (Haushalte)	16,2	17,4	15,1	16,9	17,3	18,0	18,6	16,5
Seit 2000	-	-	-	13,2 %	15,6 %	20,5 %	23,2 %	
Strom (Industrie) <sup>1</sup>	8,8	7,2	4,8	6,3	6,9	7,8	-	-
Seit 2000	-	-	-	42,5 %	55,8 %	76,5 %	-	

Preisangaben erfolgen zum unteren Heizwert. – Heizöl: MWV (2008), Erdgas und Strom und Angaben für 2008: BMWi (2009), eigene Berechnungen. Angaben zum Strompreis der Industrie für 2008 lagen bei Fertigstellung des Berichts nicht vor.

Im Gegensatz zu den Strompreisen stiegen die Verbraucherpreise für Heizöl zwischen 2000 und 2008 sehr kräftig an: Schweres Heizöl verteuerte sich bis 2008 um rund 141 %, leichtes Heizöl um knapp 89 % (Tabelle B.9). In Preisen von 2000 war leichtes Heizöl im Jahr 2008 um rund 64 % teurer als noch zur Jahrtausendwende (Tabelle B.10).

## Anhang

---

**Tabelle B.9**

**Nominale Verbraucherpreise für Heizöl**

1990 bis 2008, Mittelwert zwischen 2000 und 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	Mittel
Schweres Heizöl (€/t)	120,7	96,9	174,7	231,5	283,9	276,3	420,2	226,2
Seit 2000	-	-	-	32,5 %	62,5 %	58,1 %	140,5 %	
Leichtes Heizöl (ct/l)	25,0	21,9	40,8	53,2	58,9	58,2	77,1	48,7
Seit 2000	-	-	-	30,4 %	44,4 %	42,6 %	89,0 %	

Wie allgemein üblich erfolgen Preisangaben zum unteren Heizwert. – Heizöl: MWV (2008), Erdgas und Strom und Angaben für 2008: BMWi (2009), eigene Berechnungen.

**Tabelle B.10**

**Reale Verbraucherpreise für Heizöl**

1990 bis 2008; 2000=100, Mittelwert zwischen 2000 und 2008

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	Mittel
Schweres Heizöl (€/t)	152,9	103,1	174,7	214,6	259,0	246,5	365,4	209,3
Seit 2000	-	-	-	22,8 %	48,3 %	41,1 %	109,1 %	
Leichtes Heizöl (ct/l)	31,6	23,3	40,8	49,3	53,7	51,9	67,1	45,2
Seit 2000	-	-	-	20,8 %	31,6 %	27,2 %	64,4 %	

Wie allgemein üblich erfolgen Preisangaben zum unteren Heizwert. – Heizöl: MWV (2008), Erdgas und Strom und Angaben für 2008: BMWi (2009), eigene Berechnungen.

### C. Datengrundlagen

Der Berichtszeitraum des vorliegenden Monitoringberichtes ist das Jahr 2008. 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Emissionen werden die Energieäquivalente der Brennstoffe mittels der in Tabelle C.1 aufgeführten CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-neutral behandelt.

Eine spezielle Problematik stellt sich bei der Bilanzierung der CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Minderungen bei der Umwandlung, beispielsweise durch Effizienzsteigerungen oder Wandel im Brennstoffmix, sowohl den Kraftwerksbetreibern als auch den Verbrauchern gutgeschrieben werden, wurde der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von Strom als intertemporal konstant festgelegt. Der Wert beträgt 0,67 t CO<sub>2</sub>/MWh und entspricht dem CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von Strom aus der öffentlichen Stromerzeugung für das Basisjahr 1990.

## Anhang

---

Unter Berücksichtigung des verwendeten Brennwertes für Strom von 10,434 GJ/MWh lässt sich ein CO<sub>2</sub>-Faktor auf Basis der Energieeinheit GJ errechnen. Dividiert man 0,67 t CO<sub>2</sub>/MWh durch den Brennwert 10,434 GJ/MWh, so lautet der resultierende CO<sub>2</sub>-Faktor 0,0642 t CO<sub>2</sub>/GJ.

**Tabelle C.1**  
**CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren im Monitoring**  
in t CO<sub>2</sub>/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 Industrie-sektoren 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<sup>14</sup> 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, für 2007 mithin erst Ende des ersten Quartals 2009. Wegen der zeitnäheren Berichterstattung, die mit dem aktuellen Bericht umgesetzt wird, sind nun auch diejenigen Verbände, deren Angaben zum Energieverbrauch bislang auf den amtlichen Daten beruhten, dazu übergegangen, den Energieverbrauch direkt bei den Mitgliedsunternehmen zu erheben und gegebenenfalls auf die gesamte Branche in Deutschland hochzurechnen. Eine Plausibilitätsprüfung dieser Erhebungsdaten war nur anhand der Angaben zu den bisherigen Monitoringberichten möglich.

---

<sup>14</sup> Monatsberichte für Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden.

## Anhang

---

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<sup>15</sup>. 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 AGEN-Heizwerte in Energieäquivalente umgerechnet.

*Kohleerzeugnisse* des Basisjahrs 1990 werden gemäß der publizierten Heizwerte des Monatshefts 1/1987 in Energieäquivalente umgerechnet (StaBuA 1987). Per Jahresheft 1995 wurden die Heizwerte für Kohleerzeugnisse angepasst (StaBuA/FS4/R4.1.1 1995). *Gasförmige Brennstoffe* werden seitens des Statistischen Bundesamtes standardisiert in Form von Normkubikmetern (Nm<sup>3</sup>) mit einem oberen Heizwert<sup>16</sup> von 35,16912 MJ/Nm<sup>3</sup> behandelt. Seit 1995 werden Gase in der *Fachserie*

---

<sup>15</sup> Hierzu zählt der Jahresbericht für Betriebe, der als jährlich erscheinende Arbeitsunterlage auf Anfrage zur Verfügung gestellt wird.

<sup>16</sup> Heute werden die Begriffe „Brennwert“ für den oberen Heizwert und „Heizwert“ für den unteren Heizwert verwendet.

rie 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/Nm<sup>3</sup> 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/Nm<sup>3</sup> standardisiert und in Normkubikmetern publiziert (BGS 1984).

Die für die einzelnen Sektoren geschilderten CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen entstammen grundsätzlich den jeweiligen Fortschrittsberichten für die Berichtsperiode, denn es ist Aufgabe der beteiligten Industrieverbände, ihre CO<sub>2</sub>-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.

## Anhang

---

### Literaturverzeichnis

- AGEB (2003), Heizwerte der Energieträger und Faktoren für die Umrechnung von spezifischen Mengeneinheiten in Wärmeeinheiten zur Energiebilanz 2001, Stand Juli 2003. Berlin und Bonn: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Internet: <http://www.ag-energiebilanzen.de>. Abrufdatum: 06.07.2005.
- AGEB (2009), Bruttostromerzeugung in Deutschland von 1990 bis 2006 nach Energieträgern. Stand 29. April 2009. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Internet: <http://www.ag-energiebilanzen.de>, Abrufdatum: 20.08.2008.
- Aichinger, H.M., G.W Hoffmann und M. Seeger (1991), Rationelle und umweltverträgliche Energienutzung in der Stahlindustrie der Bundesrepublik Deutschland. *Stahl und Eisen*, Vol. 111 (4): 43-51.
- BAFA (2009), Übersichten, [www.bafa.de/energie](http://www.bafa.de/energie), Berlin, Abrufdatum: 10.07.2009.
- 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.
- BDI (2000), Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge. Bundesverband der Deutschen Industrie e.V., Internet: [http://www.bundesregierung.de/top/dokumente/Artikel/ix\\_23637.htm](http://www.bundesregierung.de/top/dokumente/Artikel/ix_23637.htm), Abrufdatum 25.07.2005.
- BDZ (2008), Inlandsversand der BDZ-Mitglieder nach Zementarten. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, Internet: [http://www.bdzement.de/550.html?tab=Inlandsversand\\_ZArtenProzent](http://www.bdzement.de/550.html?tab=Inlandsversand_ZArtenProzent), Abrufdatum: 25.06.2008.
- BGS (1984), Brennstoff-, Gas- und Stromwirtschaft der Hochofen-, Stahl- und Walzwerke sowie Schmiede-, Preß- und Hammerwerke einschließlich der örtlich verbundenen sonstigen Betriebe (ohne eigene Kokerei): Jahr 1984. Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Düsseldorf: Eisen- und Stahlstatistik.
- BGS (2009), Brennstoff-, Gas- und Stromwirtschaft der Hochofen-, Stahl- und Walzwerke sowie Schmiede-, Preß und Hammerwerke einschließlich der örtlich verbundenen sonstigen Betriebe (ohne eigene Kokereien): Jahr 2008, Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Bonn: Eisen- und Stahlstatistik vom 3. Februar 2009.
- BGW (2001): Klimaschutz des deutschen Gasfachs 1990 – 2012. Berlin: Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft.
- BMU (1994): Klimaschutz in Deutschland. Erster Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland nach dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. Bonn: Bundesministerium für Umwelt.

## RWI: Monitoringbericht 2008

---

- BMWi (2008) Monatliche Entwicklung des Grenzübergangspreises, Internet: [http://www.bmwa.bund.de/Navigation/Energie/energiestatistiken\\_did=53736.html](http://www.bmwa.bund.de/Navigation/Energie/energiestatistiken_did=53736.html), Abrufdatum: 19.05.2008.
- BMWi (2009), Zahlen und Fakten: Energiedaten. Nationale und Internationale Entwicklung. Stand: 26.05.2009. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Internet: <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/energiestatistiken.html>, Abrufdatum: 10.07.2009.
- BP (2009), BP Statistical Review of World Energy 2009, BP, [www.bp.com](http://www.bp.com).
- 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: <http://www.bvglas.de/presse/publikationen/jahresberichte>, Abrufdatum: 04.07.2005.
- BV Glas (2004b), GlasNews, Ausgabe 1. Düsseldorf: Bundesverband Glasindustrie e.V., Internet: <http://www.bvglas.de/presse/publikationen/glasnews>, Abrufdatum: 04.07.2005.
- BV Glas (2008a), Erklärung der Glasindustrie in Deutschland zur Reduzierung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2012. Düsseldorf: Bundesverband Glasindustrie e.V.
- BV Glas (2009), Selbstverpflichtungserklärung der deutschen Glasindustrie. Besondere Maßnahmen im Jahre 2008. Düsseldorf: Bundesverband Glasindustrie e.V.
- BV-Kalk (1998), Kalkforum 6- Kalk und Klimaschutz- Neue Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung. Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie, Internet: [www.kalk.de/publi/d/Klima\\_kl.pdf](http://www.kalk.de/publi/d/Klima_kl.pdf), Abrufdatum: 25.07. 2005.
- BV-Kalk (2005) Fortschrittsbericht des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie, Internet: [www.rwi-essen.de/co2monitoring](http://www.rwi-essen.de/co2monitoring), Abrufdatum: 25.07. 2005.
- BV-Kalk (2006a) Fortschrittsbericht des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie 2004, Köln: Bundesverband der deutschen Kalkindustrie.
- BV-Kalk (2008a), Weiterentwicklung der Selbstverpflichtungserklärung der Kalkindustrie zur Klimavorsorge bis zum Jahre 2012, Internet: [www.rwi-essen.de/co2monitoring](http://www.rwi-essen.de/co2monitoring)
- BV-Kalk (2009), Besondere Anstrengungen der Kalkindustrie im Rahmen der CO<sub>2</sub>-Monitoring Berichterstattung, März 2009.
- Deutsche Bundesbank (2009), Euro-Referenzkurs der EZB. Frankfurt am Main: Deutsche Bundesbank. Internet: <http://www.bundesbank.de>, Abrufdatum: 21.05.2009.

## Anhang

---

- Deutscher Bundestag (2006), Ersten Gesetzes zum Abbau bürokratischer Hemmnisse insbesondere in der mittelständischen Wirtschaft vom 22. August 2006. BGBl. I: 1970. Bonn: Bundesanzeiger Verlag.
- Deutsche Steinzeug (2008), Geschäftsbericht 2007. Bonn: Deutsche Steinzeug Cremer und Breuer AG, Internet: <http://www.deutsche-steinzeug.de>, Abrufdatum: 29.09.2008.
- DSK (2005), Lexikon. Deutsche Steinkohle AG, Internet: <http://www.deutsche-steinkohle.de/lexikon.php?letter=a&id=30&?id=30>, Abrufdatum: 25.07.2005.
- Energiewelten (2005), Steinkohlenbergwerk. Frankfurt am Main: Fachverband für Energie-Marketing und -Anwendung (HEA) e.V. beim VDEW, Internet: <http://www.energiewelten.de/elexikon/lexikon/index3.htm>, Abrufdatum: 25.07.2005.
- EU (2001a), EG Verordnung Nr. 1260/2001 des Rates vom 19. Juni 2001 über die gemeinsame Marktorganisation für Zucker. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L178/1. Brüssel: Europäische Kommission, Internet: <http://www.eur-lex.europa.eu/de/index.html>, Abrufdatum: 12.03.2007.
- EU (2002), Fortführung der ökologischen Steuerreform nach dem 31. März 2002. Staatliche Beihilfe – N44/2001 Deutschland. Brüssel: Europäische Kommission, Internet: [http://europa.eu.int/comm/secretariat\\_general/sgb/state\\_aids/comp-2001/n449\\_01.pdf](http://europa.eu.int/comm/secretariat_general/sgb/state_aids/comp-2001/n449_01.pdf).
- EU (2006), EG Verordnung Nr. 318/2006 des Rates vom 20. Februar 2006 über die gemeinsame Marktorganisation für Zucker. Amtsblatt der Europäischen Union L58/1.Brüssel: Europäische Kommission, Internet: <http://www.eur-lex.europa.eu/de/index.html>, Abrufdatum: 05.05.2008.
- Feuerfest (2000), Energieeinsatz und Klimavorsorge in der Feuerfest-Industrie. Aktualisierte Erklärung für 2000 über die Selbstverpflichtung zur Einsparung von CO<sub>2</sub> 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 (2009b), *Geschäftsbericht 2008 (Auszug)*. Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Fliesenverband (2000), Weiterentwicklung der Selbstverpflichtung zum Klimaschutz. Selb: Industrierverband Keramische Fliesen und Platten e.V.
- Fliesenverband (2009), CO<sub>2</sub>-Monitoring: Fortschrittsbericht 2008. Selb: Industrierverband Keramische Fliesen und Platten e.V.

- Freiherr von Landsberg, D. (2004), Auswirkungen des Emissionshandels auf die deutsche Kalkindustrie. *Zement-Kalk-Gips International* 57 (7).
- 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](http://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 (2009), Fortschrittsbericht 2008: Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung in der Textilindustrie. Eschborn: Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e.V.
- GVSt (2002), Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Industrie zur Klimavorsorge vom 9. November 2000. Erklärung des Gesamtverbandes des deutschen Steinkohlenbergbaus vom 30. Mai 2002. Essen: Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus e.V.
- GVSt (2005), Fortschrittspapier zur Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Industrie zur Klimavorsorge vom 9. November 2000. Erklärung des Gesamtverbandes des deutschen Steinkohlenbergbaus zu den Jahren 2000 bis 2002 vom 11. Februar 2005. Essen: Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus e.V.
- GVSt (2007), 2. Fortschrittspapier zur Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Industrie zur Klimavorsorge vom 9. November 2000. Erklärung des Gesamtverbandes des deutschen Steinkohlenbergbaus zu den Jahren 2003 und 2004 vom 15. Mai 2007. Essen: Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus e.V.
- GVSt (2008), 3. Fortschrittsbericht zur Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Industrie zur Klimavorsorge vom 9. November 2000. Erklärung des Gesamtverbandes des deutschen Steinkohlenbergbaus zu den Jahren 2005 bis 2007 vom 18. April 2008. Essen: Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus e.V.
- GVSt (2009a), 4. 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 2008 vom 5. Mai 2009. Essen: Gesamtverband Steinkohle.

## Anhang

---

- GVSt (2009b), Ergänzung zum 4. Fortschrittsbericht des GVSt zum Klimavorsorge-Monitoring vom 9. Juni 2009. 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.
- Hillebrand, B., H.G. Buttermann und A. Oberheitmann (1997), CO<sub>2</sub>-Monitoring der deutschen Industrie – ökologische und ökonomische Verifikation, Band 1. Untersuchungen des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung, Heft 23/1. Essen: RWI.
- IEA (2004), Renewables Information. Paris: International Energy Agency. Internet: [www.iea.com](http://www.iea.com), Abrufdatum: 21.07.2008.
- ISI (2007), Steel Statistical Yearbook 2007. Brüssel: International Iron and Steel Institute, Internet: <http://www.worldsteel.org>, Abrufdatum: 05.05.2007.
- IGBCE (2003), Chemie und Energie. Multis im Glasgeschäft: Grenzenlos aktiv. Hannover: Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie.
- IPPC (2001), Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries, European Commission, Brüssel.
- Kalknachrichten (2009), Kalknachrichten, Statistik 1/09 vom 22.06.2009, Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V., Köln.
- KBA (2006) Kraftfahrt-Bundesamt, Statistische Mitteilungen – Reihe 2: Kraftfahrzeuge, Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern am 1. Januar 2005, Jahresband 2006. Flensburg: Kraftfahrt-Bundesamt, Internet: <http://www.kbashop.de>, Abrufdatum: 18.08.2008.
- KBA (2009), Fahrzeugzulassungen, Bestand, Emissionen, Kraftstoffe. 1. Januar 2008 <http://www.kbashop.de>; Abruf am 29.04.2009.
- 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. Internet: [http://www.stahlonline.de/wirtschaft\\_und\\_politik/wirtschaft\\_und\\_konjunktur/start.asp](http://www.stahlonline.de/wirtschaft_und_politik/wirtschaft_und_konjunktur/start.asp), Abrufdatum 20. April 2009.
- 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.
- Kohlenstatistik (2008), Übersichten, Essen: Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., Internet: [www.kohlenstatistik.de](http://www.kohlenstatistik.de), Abrufdatum: 21.07.2008.
- Kohlenstatistik (2009), Entwicklung ausgewählter Energiepreise. Essen : Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., Internet: [www.kohlenstatistik.de](http://www.kohlenstatistik.de), Abrufdatum 20.05.2009.

- 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: <http://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: <http://www.k-plus-s.com>, Abrufdatum: 23.03.2009.
- K+S (2009c), *Finanzbericht 2008*. Kassel: K+S Aktiengesellschaft, Internet: <http://www.k-plus-s.com>, Abrufdatum: 23.03.2009.
- Löbke, 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, D. (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](http://www.ub.uni-duisburg.de/diss/diss0011), Abrufdatum: 25.07.2005.
- Matthes, 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.

## Anhang

---

- MWV (2007), Vierter Fortschrittsbericht zur Klimaschutzklärung der deutschen Mineralölindustrie für die Raffinerien. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.
- MWV (2008a), Jahresbericht Mineralölzahlen 2007. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V., Internet: <http://www.mwv.de>, Abrufdatum: 21.07.2008.
- MWV (2008d), Siebter Fortschrittsbericht der deutschen Mineralölwirtschaft zur Klimaschutzklärung für den Wärmemarkt. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.
- MWV (2009a), Amtliche Mineralölzahlen für Deutschland - Dezember 2008. Internet: [http://www.mwv.de/cms/front\\_content.php?idcat=10](http://www.mwv.de/cms/front_content.php?idcat=10), Abrufdatum: 06.05.2009.
- MWV (2009b), Siebter Fortschrittsbericht zur Klimaschutzklärung der deutschen Mineralölindustrie für die Raffinerien. Hamburg.
- MWV (2009c), Achter Fortschrittsbericht der deutschen Mineralölwirtschaft zur Klimaschutzklärung für den Wärmemarkt. Hamburg.
- OECD (2001), CO<sub>2</sub>-Emissions from Fuel Combustion, 1971 – 1999. IEA – International Energy Agency. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- RAG (2003), Geschäftsbericht 2002. Essen: Ruhrkohle AG, Internet: [http://www.rag.de/geschaefte/page\\_de/rag\\_allgemein\\_2002.pdf](http://www.rag.de/geschaefte/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: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- RWI (2008), *Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft. Monitoringbericht 2005-2007*. RWI-Projektberichte. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- 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 Klimaschutzklärung des deutschen Gasfachs 2002/2003. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz (2006b), Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz, Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzklärung des deutschen Gasfachs 2004/ 2005. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz (2009a), Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzklärung des deutschen Gasfachs 2007/ 2008. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz (2009b), Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzklärung des deutschen Gasfachs 2007/ 2008. Bilder mit Zahlen. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- StaBuA (1987), Beschäftigte, Umsatz und Energieversorgung der Unternehmen und Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe. Fachserie 4: Verarbeitendes Gewerbe, Reihe 4.1.1, Monatsheft Januar 1987. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA (1991), Statistisches Jahrbuch für das vereinte Deutschland. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA (1993), Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 1993. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, Internet: [www.destatis.de/](http://www.destatis.de/) , Abrufdatum: 25. Juli 2005.
- 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 (2009), Produzierendes Gewerbe – Vorbericht Eisen und Stahl, Februar 2009, Fachserie 4, Reihe 8.1, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- StaBuA/FS4/R2.1 (verschiedene Jahrgänge), Indizes der Produktion und der Arbeitsproduktivität im Produzierenden Gewerbe. Fachserie 4: Produzierendes Gewerbe, Reihe 2.1. Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- 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), Beschäftigung und Umsatz der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes. Fachserie 4: Produzierendes Gewerbe, Reihe 4.1.1. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

## Anhang

---

- 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/FS5/R1 (verschiedene Jahrgänge), Bautätigkeit. Fachserie 5; Gebäude und Wohnen, Reihe 1. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA (1993), Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 1993. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, Internet: <http://www.destatis.de>, Abrufdatum: 25.07.2005.
- 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/VGR (verschiedene Jahrgänge), Inlandsproduktberechnung. Detaillierte Jahresergebnisse. Fachserie 18: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Reihe 1.4. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Stahlzentrum (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>.
- Stahlzentrum (2008), Statistisches Jahrbuch der Stahlindustrie 2008/2009. Wirtschaftsvereinigung Stahl und Stahlinstitut VDEh (Hrsg.), Düsseldorf: Verlag Stahleisen.
- Stahlzentrum (2009), 8. CO<sub>2</sub>-Monitoring-Fortschrittsbericht der Stahlindustrie in Deutschland – Berichtsjahr 2008. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Stahl und Stahlinstitut VDEh, 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 Klimaschutzklärung 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 (2008), Chemiewirtschaft in Zahlen 2008. Frankfurt: Verband der Chemischen Industrie e.V., Internet: [www.vci.de](http://www.vci.de).
- VCI (2009), Dokumentation energiesparender bzw. emissionsmindernder Maßnahmen der chemischen Industrie 2008. Frankfurt: Verband der Chemischen Industrie e.V. Stand: 7. Mai 2009, Internet: [www.rwi-essen.de/co2monitoring](http://www.rwi-essen.de/co2monitoring).

- VDKI (2004), Jahresbericht 2003. Hamburg: Verein der Kohlenimporteure e.V., Internet: [www.verein-kohlenimporteure.de](http://www.verein-kohlenimporteure.de), Abrufdatum: 02.07.2007.
- VDKI (2005), Jahresbericht 2004, Verein der Kohlenimporteure e.V., Hamburg, Internet: <http://www.verein-kohlenimporteure.de/>.
- VDKI (2006), Jahresbericht 2005. Hamburg: Verein der Kohlenimporteure e.V., Internet, [www.verein-kohlenimporteure.de](http://www.verein-kohlenimporteure.de).
- VDKI (2007), Jahresbericht 2006. Hamburg: Verein der Kohlenimporteure e.V., Internet: [www.verein-kohlenimporteure.de](http://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](http://www.verein-kohlenimporteure.de), Abrufdatum: 21.07.2008.
- VDKI (2009), Preise für Steinkohlen / Wechselkurse, <http://www.verein-kohlenimporteure.de/download/Preise042009dt.pdf?navid=5>, Abrufdatum 11.05.2009, Essen.
- VDN (2007), Selbstverpflichtung zum SF6-Einsatz. Berlin: Verband der Netzbetreiber e.V., Internet: [http://www.vdn-berlin.de/akt\\_sf6\\_2005\\_06\\_20.asp](http://www.vdn-berlin.de/akt_sf6_2005_06_20.asp), Abrufdatum: 05.07.2007.
- VDP (2000), Erklärung der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie zur Reduzierung des spezifischen Kohlendioxidausstoßes aus fossilen Energieträgern (Aktualisierung 2000), Bonn: Verein Deutscher Papierfabriken e.V., Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- VDP (2008), Papier 2008 - Ein Leistungsbericht. Bonn: Verband Deutscher Papierfabriken e.V., März 2008.
- VDP (2009a), Kennzahlen deutscher Zellstoff- und Papierfabriken 2008. Bonn: Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Internet: [http://www.vdp-online.de/zahlen\\_fakten.html](http://www.vdp-online.de/zahlen_fakten.html), Abrufdatum: 23.04.2008.
- VDP (2009b), Monitoring-Bericht der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie zur Reduzierung des spezifischen Kohlendioxidausstoßes aus fossilen Energieträgern. Achter Zwischenbericht (2008) der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie. Bonn: Verband Deutscher Papierfabriken e.V.
- VDP (2009c), Papier 2009 - Ein Leistungsbericht. Bonn: Verband Deutscher Papierfabriken e.V., März 2009.
- 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 CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in der Zuckerindustrie - 5.-7. Verbändebericht für die Jahre 1999/2000 bis 2001/2002. Berlin: Verein der Zuckerindustrie.

## Anhang

---

- VdZ (2008a), „Monitoring zur Minderung des CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in der Zuckerindustrie - 13. Verbändebericht für das Jahr 2008. Berlin: Verein der Zuckerindustrie.
- VDZ (2000), Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie. Fortschrittsbericht des Vereins Deutscher Zementwerke e.V., Düsseldorf.
- VDZ (2005), Verminderung der CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie, Achte aktualisierte Erklärung zur Klimavorsorge, Monitoring-Bericht 2004-2006. Düsseldorf: Verein Deutscher Zementwerke e. V.
- VDZ (2008), Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie. Achte aktualisierte Erklärung zur Klimavorsorge, Monitoring-Bericht 2004-2007. Düsseldorf: Verein Deutscher Zementwerke e.V.
- VDZ (2009), Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie. Achte aktualisierte Erklärung zur Klimavorsorge, Monitoring-Bericht 2004-2007+2008. Düsseldorf: Verein Deutscher Zementwerke e.V.
- VIK (1998), Praxisleitfaden zur Förderung der rationellen Energieverwendung in der Industrie. Verband der industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. (Hrsg.), Essen: Verlag Energieberatung GmbH.
- WV Bergbau (1994), Das Bergbau Handbuch. Wirtschaftsvereinigung Bergbau e.V.(Hrsg.), Essen: Glückauf.
- 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](http://www.wvmetalle.de/welcome.asp?page_id=25), Abrufdatum: 25.07.2005.
- WVM (2005), Geschäftsbericht 2004/2005. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle.

## RWI: Monitoringbericht 2008

---

- 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/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: [http://www.Zuckerwirtschaft.de/3\\_3\\_4.html](http://www.Zuckerwirtschaft.de/3_3_4.html), Abrufdatum: 25.07.2005.
- Ziegel (2000), Erweiterte Selbstverpflichtung der Ziegelindustrie zum Klimaschutz. Bonn: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie 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.
- 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.