



Projektbericht

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft – Monitoringbericht 2009

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

Impressum

Vorstand des RWI

Prof. Dr. Christoph M. Schmidt (Präsident)

Prof. Dr. Thomas K. Bauer (Vizepräsident)

Prof. Dr. Wim Kösters

Verwaltungsrat

Dr. Eberhard Heinke (Vorsitzender);

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

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

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

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

Hermann Rappen; Dr.-Ing. Sandra Scheermesser

Forschungsbeirat

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

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

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

Ehrenmitglieder des RWI

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

RWI Projektbericht

Herausgeber:

Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Hohenzollernstraße 1/3, 45128 Essen, Germany

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

Alle Rechte vorbehalten. Essen 2010

Schriftleitung: Prof. Dr. Christoph M. Schmidt

**Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft –
Monitoringbericht 2009**

Bericht – Oktober 2010

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 2009**

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

Bericht – Oktober 2010

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

Projektbericht

Projektteam:

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

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| Die Klimaschutzzerklärung der deutschen Wirtschaft..... | 9 |
| Überblick über die seit 1990 erzielten Emissionsminderungen | 14 |
| 1. Die Kaliindustrie | 23 |
| 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 2009 erreichte CO ₂ -Minderungen | 28 |
| 1.6 Ursachenanalyse | 29 |
| 1.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung..... | 31 |
| 1.8 Zusammenfassung und Bewertung | 32 |
| 2. Die Zuckerindustrie..... | 35 |
| 2.1 Datenbasis | 36 |
| 2.2 Energieverbrauch und Produktion..... | 38 |
| 2.3 Kurzbeschreibung des Produktionsprozesses | 39 |
| 2.4 Selbstverpflichtung..... | 40 |
| 2.5 Bis 2009 erreichte CO ₂ -Minderungen..... | 42 |
| 2.6 Ursachenanalyse | 43 |
| 2.7 Maßnahmen im Einzelnen | 47 |
| 2.8 Zusammenfassung und Bewertung | 49 |
| 3. Die Textilindustrie..... | 51 |
| 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 2009 erreichte CO ₂ -Minderungen..... | 57 |
| 3.6 Ursachenanalyse | 58 |
| 3.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung | 59 |
| 3.8 Zusammenfassung und Bewertung | 62 |
| 4. Die Zellstoff- und Papierindustrie..... | 64 |
| 4.1 Datenbasis | 65 |
| 4.2 Energieverbrauch und Produktion..... | 66 |
| 4.3 Beschreibung des Produktionsprozesses | 68 |
| 4.4 Die Selbstverpflichtung..... | 70 |
| 4.5 Bis 2009 erreichte CO ₂ -Minderungen | 71 |
| 4.6 Ursachenanalyse | 71 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 4.7 | Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung | 73 |
| 4.8 | Zusammenfassung und Bewertung | 73 |
| 5. | Die Chemische Industrie | 75 |
| 5.1 | Datenbasis | 76 |
| 5.2 | Energieverbrauch und Produktion | 79 |
| 5.3 | Ausgewählte Produktionsprozesse | 80 |
| 5.4 | Die Selbstverpflichtungserklärung | 81 |
| 5.5 | Bis 2009 erreichte Energieverbrauchs- und Treibhausgasminderungen | 82 |
| 5.6 | Ursachenanalyse | 84 |
| 5.7 | Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung | 85 |
| 5.8 | Zusammenfassung und Bewertung | 86 |
| 6. | Die Glasindustrie | 88 |
| 6.1 | Datenbasis | 89 |
| 6.2 | Energieverbrauch und Produktion | 90 |
| 6.3 | Beschreibung des Produktionsprozesses | 92 |
| 6.4 | Die Selbstverpflichtungserklärung | 94 |
| 6.5 | Bis 2009 erreichte CO ₂ -Minderungen | 94 |
| 6.6 | Ursachenanalyse | 95 |
| 6.7 | Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung | 99 |
| 6.8 | Zusammenfassung und Bewertung | 101 |
| 7. | Die Feuerfest-Industrie | 103 |
| 7.1 | Datenbasis | 104 |
| 7.2 | Energieverbrauch und Produktion | 105 |
| 7.3 | Beschreibung des Produktionsprozesses | 106 |
| 7.4 | Die Selbstverpflichtung | 107 |
| 7.5 | Bis 2009 erreichte CO ₂ -Minderungen | 108 |
| 7.6 | Ursachenanalyse | 109 |
| 7.7 | Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung | 112 |
| 7.8 | Bewertung | 112 |
| 8. | Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten | 114 |
| 8.1 | Datenbasis | 114 |
| 8.2 | Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung | 115 |
| 8.3 | Beschreibung des Produktionsprozesses | 117 |
| 8.4 | Die Selbstverpflichtung | 118 |
| 8.5 | Bis 2009 erreichte CO ₂ -Minderungen | 118 |
| 8.6 | Ursachenanalyse | 119 |
| 8.7 | Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung | 121 |

Inhalt

| | | |
|------------|--|------------|
| 8.8 | Bewertung | 122 |
| 9. | Die Ziegelindustrie | 124 |
| 9.1 | Datenbasis | 124 |
| 9.2 | Energieverbrauch, Umsatz und Beschäftigung | 125 |
| 9.3 | Beschreibung des Produktionsprozesses | 126 |
| 9.4 | Die Selbstverpflichtung..... | 127 |
| 9.5 | Bis 2009 erreichte Minderungen | 127 |
| 9.6 | Ursachenanalyse | 128 |
| 9.7 | Ausgewählte Minderungsmaßnahmen..... | 131 |
| 9.8 | Zusammenfassung und Bewertung | 133 |
| 10. | Die Zementindustrie..... | 135 |
| 10.1 | Datenbasis | 135 |
| 10.2 | Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung | 136 |
| 10.3 | Beschreibung des Produktionsprozesses | 138 |
| 10.4 | Die Selbstverpflichtung..... | 141 |
| 10.5 | Bis 2009 erreichte CO ₂ -Minderungen..... | 142 |
| 10.6 | Ursachenanalyse | 143 |
| 10.7 | Bedeutende Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung und Bewertung..... | 148 |
| 11. | Die Kalkindustrie..... | 151 |
| 11.1 | Datenbasis | 152 |
| 11.2 | Energieverbrauch und Produktion | 152 |
| 11.3 | Beschreibung des Produktionsprozesses | 153 |
| 11.4 | Die Selbstverpflichtung..... | 153 |
| 11.5 | Bis 2009 erreichte CO ₂ -Minderungen | 154 |
| 11.6 | Ursachenanalyse | 155 |
| 11.7 | Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung..... | 158 |
| 11.8 | Zusammenfassung und Bewertung | 159 |
| 12. | Die Eisenschaffende Industrie | 161 |
| 12.1 | Datenbasis | 162 |
| 12.2 | Energieverbrauch und Produktion | 163 |
| 12.3 | Beschreibung des Produktionsprozesses | 165 |
| 12.4 | Die Selbstverpflichtung..... | 167 |
| 12.5 | Bis 2009 erreichte CO ₂ -Minderungen | 169 |
| 12.6 | Ursachenanalyse | 171 |
| 12.7 | Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung..... | 173 |
| 12.8 | Zusammenfassung und Bewertung | 173 |
| 13. | Die Nichteisen-Metallindustrie..... | 176 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 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 2009 erreichte CO ₂ -Minderungen | 180 |
| 13.6 | Ursachenanalyse | 183 |
| 13.7 | Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung..... | 185 |
| 13.8 | Zusammenfassung und Bewertung | 186 |
| 14. | Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie | 188 |
| 14.1 | Datenbasis | 189 |
| 14.2 | Energieverbrauch und Produktion | 191 |
| 14.3 | Beschreibung der Produktionsprozesse | 192 |
| 14.4 | Die Selbstverpflichtung..... | 193 |
| 14.5 | Bis 2009 erzielte CO ₂ -Minderungen | 194 |
| 14.6 | Ursachenanalyse | 195 |
| 14.7 | Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung | 198 |
| 14.8 | Zusammenfassung und Bewertung | 199 |
| 15. | Der Steinkohlenbergbau..... | 202 |
| 15.1 | Datenbasis | 202 |
| 15.2 | Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung..... | 203 |
| 15.3 | Kurzbeschreibung des Produktionsprozesses..... | 205 |
| 15.4 | Die Selbstverpflichtung..... | 207 |
| 15.5 | Bis 2009 realisierte CO ₂ - und Methangasminderungen | 208 |
| 15.6 | Ursachenanalyse der CO ₂ -Minderung | 209 |
| 15.7 | Ursachenanalyse der Minderung der Methanemissionen | 212 |
| 15.8 | Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung | 214 |
| 15.9 | Zusammenfassung und Bewertung | 217 |
| 16. | Das Gasfach | 220 |
| 16.1 | Datenbasis | 220 |
| 16.2 | Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung..... | 222 |
| 16.3 | Die Selbstverpflichtung..... | 222 |
| 16.4 | Bis 2009 erreichte CO ₂ -Minderungen | 226 |
| 16.5 | Ursachenanalyse | 226 |
| 16.6 | Zusammenfassung und Bewertung | 230 |
| 17. | Die Mineralölwirtschaft..... | 233 |
| 17.1 | Datenbasis | 233 |
| 17.2 | Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung..... | 235 |

Inhalt

| | | |
|-------------------|---|------------|
| 17.3 | Die Selbstverpflichtung..... | 238 |
| 17.4 | Bis 2009 erreichte Verbesserungen des Jahresnutzungsgrades für Ölheizungen und CO ₂ -Minderungen | 240 |
| 17.5 | Ursachenanalyse | 242 |
| 17.6 | Ausgewählte Maßnahmen..... | 244 |
| 17.7 | Zusammenfassung und Bewertung | 247 |
| 18. | Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft | 250 |
| 18.1 | Datenbasis | 250 |
| 18.2 | Produktion, Umsatz und Beschäftigung..... | 251 |
| 18.3 | Die Selbstverpflichtung..... | 252 |
| 18.4 | Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung bei KWK-Anlagen | 252 |
| 18.5 | Zusammenfassung und Bewertung | 258 |
| 19. | Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft..... | 259 |
| 19.1 | Datenbasis | 259 |
| 19.2 | Energieverbrauch und Produktion..... | 261 |
| 19.3 | Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen..... | 262 |
| 19.4 | Die Selbstverpflichtung..... | 263 |
| 19.5 | Bis 2009 erreichte CO ₂ -Minderungen | 264 |
| 19.6 | Ursachenanalyse | 266 |
| 19.7 | Ausgewählte Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung..... | 271 |
| 19.8 | Zusammenfassung | 274 |
| Anhang 277 | | |
| A. | Wirtschaftliche Entwicklung der an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren | 277 |
| B. | Die Entwicklung der Energiepreise | 280 |
| C. | Datengrundlagen | 288 |
| | Literaturverzeichnis..... | 293 |

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 (CO₂) und Methan (CH₄) das klimapotente Lachgas (N₂O), Schwefelhexafluorid (SF₆), Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) und halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW).

Die deutsche Wirtschaft beteiligt sich aktiv an der Erfüllung dieser Minderungszusage. Im März 1995 wurde zwischen der damaligen Bundesregierung und dem Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) sowie 16 Unternehmensverbänden eine freiwillige Vereinbarung geschlossen, die vorsah, die spezifischen CO₂-Emissionen und den spezifischen Energieverbrauch der deutschen Wirtschaft bis 2005 um bis zu 20 % zu senken. Basisjahr dieser Vereinbarung war 1987.

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

Im Vorfeld der in Den Haag stattfindenden Klimaschutzkonferenz schlossen die Bundesregierung und die deutsche Wirtschaft die „*Erweiterte Vereinbarung zur Klimavorsorge*“. Diese vom 9. November 2000 stammende Vereinbarung wurde außer vom BDI vom Verband der Elektrizitätswirtschaft (VDEW), dem Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW)¹ 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.

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

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

In Ergänzung dazu ist am 25. Juni 2001 eine spezielle Vereinbarung zur Förderung der CO₂-Minderungen durch die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung getroffen worden, mit der von 1998 bis 2005 eine Emissionsminderung von 10 Mill. t, bis 2010 sogar von bis zu 23 Mill. t erreicht werden soll. Durch dieses Maßnahmenbündel, nämlich die Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO₂-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 9.11.2000, sollen bis 2012 mindestens 43 Mill. t CO₂ vermieden werden.

Im Gegenzug bekräftigte die Bundesregierung bei erfolgreicher Umsetzung und gemeinsamer Weiterentwicklung der Vereinbarung ihren Verzicht auf ordnungsrechtliche Maßnahmen, wie die Einführung eines Energieaudits. Davon unberührt bleibt die Umsetzung von EU-Recht. So wurde im Jahr 2004 die EU-Emissionshandelsrichtlinie 2003/87/EG zu nationalem Recht. Die Bundesregierung wird sich dafür einsetzen, dass der an der Vereinbarung teilnehmenden Wirtschaft auch bei der Fortentwicklung der ökologischen Steuerreform im internationalen Vergleich keine Wettbewerbsnachteile entstehen und u.a. auch angesichts der ausstehenden europäischen Harmonisierung der Energiebesteuerung die Nettobelastung der Unternehmen einen tragbaren Selbstbehalt nicht übersteigt. Bei einer EU-weiten Harmonisierung der Energiebesteuerung wird sich die Bundesregierung für wettbewerbskonforme Lösungen einsetzen. Dies gilt im Hinblick auf ein möglichst einheitliches Niveau der Steuersätze, auf einheitliche Steuergegenstände und Bemessungsgrundlagen.

Die Bundesregierung hat die Anstrengungen der Wirtschaft zur Klimavorsorge bereits beim Einstieg in die ökologische Steuerreform in Form eines Spitzenausgleichs anerkannt (BDI 2000). Die deutschen Behörden haben den Spitzenausgleich bei der ökologischen Steuerreform gemäß Ziff. 51.1(a) der Umweltschutzleitlinien bei der Europäischen Kommission angemeldet (EU 2002: 12). Nach diesen Leitlinien können mit EU-Mitgliedstaaten Steuerbefreiungen für Wirtschaftszweige vereinbart werden, die während der Zeit der Freistellung Umweltschutzziele verwirklichen,

Die Klimaschutzzerklärung 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. Die Steuerentlastungen nach § 10 StromStG und § 55 EnergieStG (sog. Spitzenausgleich) werden über den 31.12.2010 hinaus bis zum 31.12.2011 gewährt, wenn die Bundesregierung in Jahr 2010 feststellt, dass die in der Klimaschutzvereinbarung genannten Emissionsminderungsziele bis zum 31.12.2009 in Höhe von 96% erfüllt wurden und zu erwarten ist, dass sie bis zum 31.12.2012 in Höhe von 100% erreicht werden.

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 CO₂-Äquivalenten ausgedrückten Treibhausgasemissionen, sondern häufig in mittelbarer Weise auf die Minderung der *spezifischen* Treibhausgasemissionen oder auf die des *spezifischen* Energieverbrauchs. So haben sich einige Industriebranchen, wie etwa die Allgemeine Stromwirtschaft oder das Gasfach, zu absoluten Emissionsminderungen verpflichtet, während die Mehrheit der Industriesektoren spezifischen Emissionsminderungen zugesagt hat. In der weit überwiegenden Zahl aller beteiligten Industriesektoren sind dabei lediglich CO₂-Emissionen relevant.

Die an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren hatten 2009 einen Anteil von fast vier Fünftel am Energieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes. Fast 75 % der nationalen CO₂-Emissionen von 1990 sind durch die Klimavereinbarung berücksichtigt. Im Basisjahr 1990 wurden 792,3 Mill. t von den beteiligten Wirtschaftszweigen emittiert, während nach Angaben des Umweltbundesamtes deutschlandweit rund 1 032 Mill. t an CO₂ freigesetzt wurden (UBA 2008: 44).

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

Übersicht 1

Klimaschutzerklärungen der deutschen Wirtschaft

Minderungszusagen gegenüber 1990

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

Die Klimaschutzzerklärung der deutschen Wirtschaft

| | | |
|--------------------------------|--|------|
| Nichteisen-Metallindustrie | 24 % des spezifischen Energieverbrauchs pro t NE-Metalle | 2012 |
| Steinkohlenbergbau | 75 % der absoluten CO ₂ -Emissionen 70 % der Methan-Emissionen | 2012 |
| Textilindustrie | 59 % der absoluten CO ₂ -Emissionen | 2012 |
| Zellstoff- und Papierindustrie | 35 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Papier | 2012 |
| Zementindustrie | 28 % der energiebedingten spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Zement | 2012 |
| Ziegelindustrie | 28 bis 30 % der spezifischen CO ₂ -Emissionen pro t Ziegel | 2012 |
| Zuckerindustrie | Verringerung der spezifischen CO ₂ -Emissionen auf 79 bis 85 kg/t Rüben (Minderung von 44,1 % bis 48,0 %) | 2012 |

Nach Angaben der Verbände.

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

Wie von der Europäischen Kommission gefordert und in §55 EnergieStG und §10 StromStG in nationales Recht umgesetzt, soll die Bundesregierung ihre Feststellung bzgl. der Erreichung der in der Klimaschutzvereinbarung genannten Emissionsminderungsziele in den Jahren 2009, 2010 und 2011 auf der Grundlage eines von einem unabhängigen wirtschaftswissenschaftlichen Institut erstellten Berichts treffen. Für den Bericht zur Feststellung der Zielerreichung im Jahr 2010 wurde das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) mit dieser Aufgabe betraut. Mit dem vorliegenden Monitoringbericht wird diese Aufgabe auftragsgemäß für das Berichtsjahr 2009 wahrgenommen. Ein Überblick über die Ergebnisse wird im folgenden Abschnitt dargestellt. Ein ergänzender Bericht zur Verifikation der Vereinbarung zur Minderung der CO₂-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung 2000 folgt.

Überblick über die seit 1990 erzielten Emissionsminderungen

Die an der Vereinbarung zur Klimavorsorge beteiligten Sektoren konnten die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2009 um 207,7 Mill. t bzw. um 26,2 % gegenüber 1990 verringern (Tabelle 1). Dies ist gegenüber dem Vorjahr eine erhebliche weitere Reduktion, die nicht zuletzt auf die Wirtschaftskrise zurückzuführen ist.

Unter den beteiligten Sektoren konnte die Mehrheit der Sektoren im Jahr 2009 ihren CO₂-Ausstoß auf niedrigem Niveau stabilisieren oder weiter absenken. Die Papierindustrie wies zwar höhere Emissionen als im Basisjahr auf, die im gleichen Zeitraum um 63 % gestiegene Produktion zeigt aber auch hier deutlich die gelungene Entkopplung von Produktion und CO₂-Ausstoß. Zu den Sektoren mit den umfangreichsten relativen Emissionssenkungen gegenüber 1990 zählen der Steinkohlenbergbau (-83,9 %), die Kaliindustrie (-83,0 %) und die Textilindustrie (-64,3 %). Die höchsten absoluten CO₂-Einsparungen erzielte mit 45,8 Mill. t das Gasfach, gefolgt von der Allgemeinen Stromwirtschaft mit 43,0 Mill. t.

Die Schaubilder 1 und 2 fassen den Stand der für das Zieljahr 2012 formulierten CO₂-Reduktionsminderungen zusammen. Die individuellen Reduktionszusagen der an der Klimaschutzvereinbarung beteiligten Sektoren dienen dem übergeordneten Ziel, die spezifischen Emissionen gegenüber 1990 um 35 % zu reduzieren. Dieses für 2012 gesetzte Ziel war im Jahr 2009 erfüllt, der aus sämtliche quantitativen Reduktionszielen berechnete mittlere Zielerreichungsgrad lag bei 108,2%. Übersicht 2 stellt die individuellen Zielerreichungsgrade sowie den Durchschnitt tabellarisch dar. Demnach wurde das in der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge vom 9. November 2000 (Klimaschutzvereinbarung) genannte Emissionsminderungsziel bereits zum 31. Dezember 2009 erfüllt. Daher kann davon ausgegangen werden, dass das gesetzte Ziel auch zum 31. Dezember 2012 zu 100 % erreicht wird.

Im Jahr 2009 waren 13 der 20 Ziele praktisch erreicht, einige Zielmarken wurden sogar überschritten. Lediglich 3 Sektoren sind noch deutlich von ihren Zielen für 2012 entfernt. Dies sind neben 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 seit 1990 erzielten Emissionsminderungen

Übersicht 2

Emissions- und Energieminderungsziele der am Monitoring beteiligten Verbände

| Verbände | Zielerreichungsgrad |
|--|---------------------|
| Emissionsminderungsziele | |
| Allgemeine Elektrizitätswirtschaft (absolutes Ziel bis 2015) | 172,0% |
| Chemische Industrie (absolutes Ziel) | 83,6% |
| Eisenschaffende Industrie | 51,4% |
| Elektrotechnik- und Elektroindustrie | 97,0% |
| Feuerfestindustrie | 81,8% |
| Gasfach (absolutes Ziel) | 101,0% |
| Glasindustrie | 107,2% |
| Kaliindustrie (absolutes Ziel) | 104,9% |
| Kaliindustrie | 81,4% |
| Kalkindustrie | 82,7% |
| Keramische Fliesen und Platten | 68,8% |
| Mineralölwirtschaft (Raffinerien) | 209,0% |
| Mineralölwirtschaft (Wärmemarkt) | 102,5% |
| Steinkohlenbergbau (absolutes Ziel) | 111,6% |
| Steinkohlenbergbau (Methan-Emissionen, absolutes Ziel) | 121,8% |
| Textilindustrie (absolutes Ziel) | 109,0% |
| Zellstoff- und Papierindustrie | 103,0% |
| Zementindustrie | 176,4% |
| Ziegelindustrie | 48,2% |
| Zuckerindustrie | 111,8% |
| Energieminderungsziele | |
| NE-Metallindustrie | 145,7% |
| Chemische Industrie | 109,8% |
| Durchschnitt über alle Zielvereinbarungen | 108,2% |

Tabelle 1
CO₂-Emissionen der an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Branchen

1990 bis 2009; gerundete Werte in Mill. t

| | 1990 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 1990- 2009 |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| Allg. Stromwirtschaft | 289,0 | 266,0 | 267,0 | 270,0 | 276,0 | 261,0 | 246,0 | -14,9 % |
| Chemische Industrie ¹ | 89,3 | 56,8 | 53,8 | 54,5 | 60,3 | 59,9 | 55,7 | -37,6 % |
| Eisenschaff. Industrie | 70,0 | 65,5 | 60,2 | 63,3 | 65,2 | 62,8 | 46,2 | -34,0 % |
| Elektroindustrie | 9,3 | 7,7 | 8,0 | 8,3 | 8,1 | 8,2 | 8,1 | -12,8 % |
| Feuerfestindustrie | 0,8 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | -62,5 % |
| Fliesen und Platten | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | -38,6 % |
| Gasfach | 127,7 | 94,6 | 87,2 | 85,5 | 84,3 | 83,5 | 81,9 | -35,9 % |
| Glasindustrie | 6,3 | 6,4 | 5,9 | 6,5 | 6,3 | 6,1 | 5,7 | -9,8 % |
| Kaliindustrie | 4,8 | 1,0 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 0,8 | -83,0 % |
| Kalkindustrie | 3,2 | 2,8 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,3 | -29,8 % |
| Mineralölwirtschaft (Raffinerien) | 22,8 | 20,6 | 21,3 | 20,5 | 20,1 | 20,0 | 18,8 | -17,5 % |
| Mineralölwirtschaft (Wärmemarkt) | 104,5 | 88,9 | 84,2 | 83,6 | 83,0 | 82,6 | 81,8 | -21,7 % |
| NE-Metallindustrie | 14,6 | 14,3 | 14,3 | 13,1 | 14,4 | 14,0 | 9,0 | -38,4 % |
| Papierindustrie | 14,4 | 14,4 | 17,0 | 17,6 | 17,8 | 16,7 | 15,1 | +4,9 % |
| Steinkohlenbergbau | 9,3 | 3,4 | 2,4 | 2,2 | 2,0 | 1,8 | 1,5 | -83,9 % |
| Textilindustrie | 5,8 | 3,6 | 3,0 | 2,7 | 2,6 | 2,3 | 2,1 | -64,3 % |
| Zementindustrie | 12,0 | 9,2 | 6,4 | 6,5 | 6,7 | 6,4 | 5,5 | -45,8 % |
| Ziegelindustrie | 2,4 | 2,4 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,3 | -46,8 % |
| Zuckerindustrie | 4,6 | 2,4 | 2,1 | 1,8 | 2,1 | 2,0 | 2,0 | -56,5 % |
| Insgesamt | 791,5 | 660,9 | 638,9 | 642,4 | 655,3 | 633,5 | 584,5 | -26,2 % |
| Minderung (in %) | | 16,5 | 19,3 | 18,8 | 17,2 | 20,0 | 26,2 | |

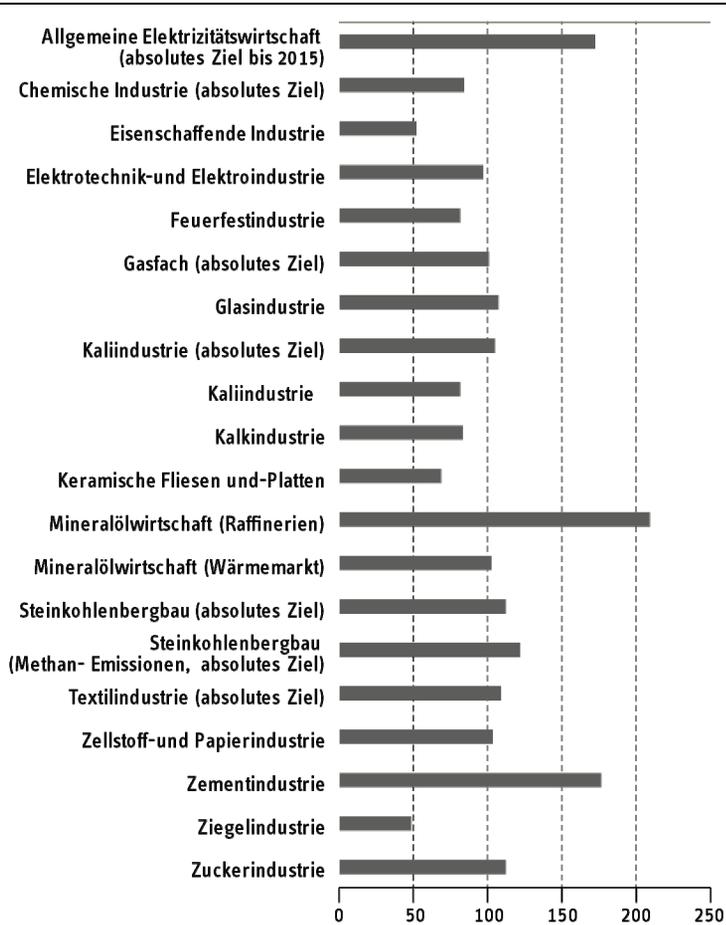
Nach Angaben der beteiligten Verbände. - ¹ Im Gegensatz zur Eisenschaffenden Industrie spiegeln die Werte für die Chemische Industrie alleinig die energetisch bedingten CO₂-Emissionen wider, ohne Berücksichtigung der rohstoffbedingten Emissionen.

Einige Verbände haben mehrere Ziele formuliert. So besitzt die Mineralölwirtschaft zwei Zielvereinbarungen, während sich die Chemieindustrie sowohl eine absolute Treibhausgas-Reduktion als auch eine Senkung des spezifischen Energieverbrauchs anstrebt. Während die Mehrzahl der Sektoren eine Reduktion der Emissionen anstrebt, strebt die Nichteisenmetall-Industrie eine Verringerung des spezifi-

Überblick über die seit 1990 erzielten Emissionsminderungen

schen Energieverbrauchs an. Daher werden Ziele, die sich auf die Emissionen beziehen in Schaubild 1 dargestellt, während Schaubild 2 die Zielerreichungsgrade der Energieeinsparziele abbildet.

Schaubild 1
Zielerreichungsgrade der Minderungszusagen für die spezifischen CO₂-Emissionen
 Stand 2009, in %

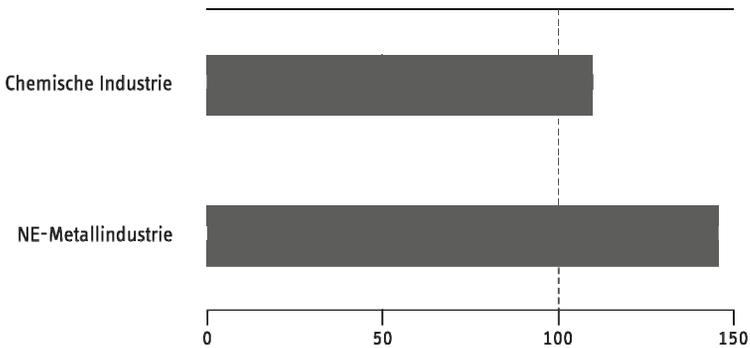


Eigene Berechnungen.

Auch bei der Eisenschaffenden Industrie führen strukturelle Veränderungen, die zum Zeitpunkt der Abgabe der Reduktionsverpflichtung nicht erkennbar waren, zu niedrigen Zielerreichungsgraden. So legte der Anteil von Elektro Stahl von etwa 20 % im Jahr 1990 auf knapp 35 % im Jahr 2009 zu, während gleichzeitig die hergestellte Rohstahlmenge relativ sank. Aus diesem Grund ist die Rohstahlerzeugung als Bezugsbasis bei der Berechnung der spezifischen CO₂-Emissionen ungeeignet, zumal die Rohstahlerzeugung nur einen Teilausschnitt der energieintensiven Produktion darstellt. Tatsächlich bilden beispielsweise warmgewalzte Stahlfertigprodukte das Endresultat der Produktion. Der Energieverbrauch für das Warmwalzen und die somit in den Walzwerken anfallenden CO₂-Emissionen schlagen bei der Berechnung der spezifischen Emissionen pro Tonne Rohstahl erhöhend zu Buche.

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

Stand 2009, in %



Eigene Berechnungen.

Einen Überblick über die Veränderung der spezifischen CO₂-Emissionen der einzelnen Sektoren gibt Tabelle 2. Die spezifischen Emissionen der Zementindustrie betragen beispielsweise im Jahr 2009 noch 50,6 % des Wertes des Jahres 1990.

Ergänzend zum arithmetischen Mittel der Zielerreichungsgrade wurden zwei weitere Berechnungsmethoden angeführt, die jedoch nicht Grundlage für die Verhandlungen zwischen der Bundesregierung und der Europäischen Kommission zum Zielerreichungsgrad von 96% für das Jahr 2009 waren und daher nicht für die

Überblick über die seit 1990 erzielten Emissionsminderungen

Anwendung der §§ 55 EnergieStG und 10 StromStG maßgeblich sind. Dabei werden die spezifischen CO₂-Emissionen aller an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren auf zwei unterschiedlichen Wegen bestimmt, die im Folgenden erläutert werden.

Um die spezifischen Emissionswerte zu ermitteln, wird bei 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.

Tabelle 2
Veränderung der spezifischen CO₂-Emissionen der an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Branchen

1990 bis 2009

| | 1990: 100 | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|
| | 1990 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| Allg. Stromwirtschaft | 100,0 | 86,6 | 85,1 | 85,1 | 89,6 | 85,1 | 85,1 |
| Chemische Industrie ¹ | 100,0 | 59,7 | 54,9 | 54,7 | 55,9 | 54,6 | 48,7 |
| Eisenschaff. Industrie | 100,0 | 88,6 | 84,7 | 84,1 | 84,2 | 86,0 | 88,7 |
| Elektroindustrie | 100,0 | 59,8 | 56,4 | 54,1 | 57,8 | 60,8 | 61,2 |
| Feuerfestindustrie | 100,0 | 68,0 | 66,0 | 65,5 | 65,9 | 64,3 | 71,3 |
| Fliesen und Platten | 100,0 | 87,1 | 80,5 | 81,0 | 75,7 | 81,0 | 79,5 |
| Glasindustrie | 100,0 | 78,1 | 80,0 | 83,4 | 76,7 | 75,5 | 78,5 |
| Kaliindustrie | 100,0 | 31,2 | 33,1 | 33,4 | 33,0 | 34,9 | 43,8 |
| Kalkindustrie | 100,0 | 92,2 | 85,6 | 85,3 | 85,2 | 85,6 | 87,6 |
| Mineralölwirtschaft | 100,0 | 82,8 | 80,0 | 78,1 | 77,7 | 78,6 | 79,1 |
| NE-Metallindustrie | 100,0 | 76,4 | 77,1 | 66,6 | 71,5 | 71,9 | 59,7 |
| Papierindustrie | 100,0 | 70,2 | 69,4 | 68,7 | 67,5 | 65,6 | 63,8 |
| Steinkohlenbergbau | 100,0 | 76,3 | 73,4 | 78,6 | 71,1 | 80,8 | 84,1 |
| Textilindustrie | 100,0 | 93,5 | 92,6 | 84,3 | 89,1 | 73,5 | 83,9 |
| Zementindustrie | 100,0 | 74,7 | 56,8 | 53,7 | 55,4 | 52,0 | 50,6 |
| Ziegelindustrie | 100,0 | 85,6 | 80,9 | 80,1 | 76,0 | 85,9 | 86,8 |
| Zuckerindustrie | 100,0 | 55,4 | 55,2 | 58,2 | 54,5 | 53,2 | 50,2 |

Eigene Berechnungen nach Angaben der am Monitoring beteiligten Branchen.

Als Gewichte dienen die Anteile der einzelnen Sektoren an der Bruttowertschöpfung des Jahres 2000 aller an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Sektoren. Diese Gewichte können aus den Angaben des Statistischen Bundesamtes berechnet werden (StaBuA 2009) und sind zusammen mit den Veränderungen der Produktion der einzelnen Sektoren in Tabelle 3 wiedergegeben. Nach dem in Tabelle 3 angegebenen Index lag die Produktion der an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Sektoren im Jahr 2009 um 20,1 % höher als 1990. Zum Vergleich: Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes stieg der Produktionsindex für das gesamte Produzierende Gewerbe zwischen 1991 und 2009 um etwa 5,3 % (StaBuA 2010a).

Tabelle 3
Produktionsmesszahlen der an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Branchen
 1990 bis 2009

| | Gewicht | 1990: 100 | | | | | | |
|----------------------------------|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1990 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| Allg. Stromwirtschaft | 15,5 % | 100,0 | 108,1 | 112,1 | 113,9 | 110,0 | 110,4 | 102,6 |
| Chemische Industrie ¹ | 22,7 % | 100,0 | 119,8 | 132,1 | 137,1 | 144,3 | 140,1 | 128,0 |
| Eisenschaff. Industrie | 4,3 % | 100,0 | 105,6 | 101,4 | 107,5 | 110,6 | 104,4 | 74,5 |
| Elektroindustrie | 36,5 % | 100,0 | 137,7 | 153,3 | 167,6 | 178,0 | 181,6 | 142,1 |
| Feuerfestindustrie | 0,3 % | 100,0 | 75,6 | 76,6 | 81,0 | 87,1 | 85,6 | 80,8 |
| Fliesen und Platten | 0,1 % | 100,0 | 79,9 | 80,8 | 83,4 | 86,3 | 76,3 | 66,0 |
| Glasindustrie | 2,2 % | 100,0 | 129,7 | 118,2 | 123,9 | 128,2 | 127,8 | 114,9 |
| Kaliindustrie | 0,0 % | 100,0 | 68,8 | 73,3 | 72,9 | 74,5 | 70,2 | 39,1 |
| Kalkindustrie | 0,1 % | 100,0 | 95,4 | 92,2 | 95,3 | 98,4 | 98,3 | 79,5 |
| Mineralölwirtschaft | 3,5 % | 100,0 | 109,4 | 116,6 | 115,2 | 113,6 | 111,5 | 104,6 |
| NE-Metallindustrie | 3,4 % | 100,0 | 128,4 | 127,1 | 135,1 | 137,6 | 133,8 | 103,9 |
| Papierindustrie | 2,4 % | 100,0 | 142,3 | 125,6 | 147,4 | 152,9 | 155,8 | 163,6 |
| Steinkohlenbergbau | 1,7 % | 100,0 | 47,7 | 35,4 | 29,6 | 30,5 | 24,5 | 19,8 |
| Textilindustrie | 3,1 % | 100,0 | 66,0 | 54,9 | 54,5 | 54,9 | 52,7 | 42,6 |
| Zementindustrie | 0,7 % | 100,0 | 102,5 | 93,2 | 100,8 | 99,9 | 101,4 | 90,7 |
| Ziegelindustrie | 0,5 % | 100,0 | 115,0 | 79,2 | 85,1 | 85,2 | 72,7 | 61,4 |
| Zuckerindustrie | 0,5 % | 100,0 | 91,4 | 82,9 | 67,7 | 82,5 | 77,7 | 85,4 |
| Produktionsindex | | 100,0 | 121,2 | 129,1 | 137,0 | 142,4 | 142,2 | 120,1 |

Eigene Berechnungen nach Angaben der am Monitoring beteiligten Branchen.

Überblick über die seit 1990 erzielten Emissionsminderungen

Gleichzeitig sanken die CO₂-Emissionen aller an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Sektoren zwischen 1990 und 2009 von 792,3 auf 584,6 Mill. t, mithin um 26,2 % (Tabelle 1). Die Division der in Tabelle 4 angegebenen Reihe der Messzahlen der CO₂-Emissionen durch die Werte des Produktionsindexes ergibt die Entwicklung der spezifischen Emissionen bezüglich des Jahres 1990. 2009 lagen die spezifischen Emissionen demnach bei 61,4 % des Wertes für das Jahr 1990 (Tabelle 4). Dies entspricht einer Reduktion von 38,6 %. Bei einem spezifischen Reduktionsziel von 35 % für 2012 läge der Zielerreichungsgrad nach dieser Berechnungsmethode bei 110,2 %.

Tabelle 4
Spezifische CO₂-Emissionen der an der Klimavorsorgevereinbarung beteiligten Sektoren
1990 bis 2009

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|-----------------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Produktionsindex | 100,0 | 94,9 | 121,2 | 129,1 | 137,0 | 142,4 | 142,2 | 120,1 |
| CO ₂ -Emissionen | 100,0 | 83,0 | 82,7 | 80,2 | 80,7 | 82,6 | 79,7 | 73,8 |
| Spezifische Emissionen | 100,0 | 87,6 | 68,2 | 62,1 | 59,0 | 58,0 | 56,1 | 61,4 |
| Reduktion (in %) | - | 12,4 | 31,8 | 37,9 | 41,0 | 42,0 | 43,9 | 38,6 |
| Zielerreichungsgrad (in %) | - | 35,4 | 90,8 | 108,2 | 117,3 | 120,1 | 125,8 | 110,2 |

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 CO₂-Emissionen ergibt, dass diese bis zum Jahr 2009 um 36,1 % gegenüber 1990 gesunken sind. Demnach wäre das für 2012 angesetzte Ziel einer Senkung um 35 % im Jahr 2009 erreicht, der Zielerreichungsgrad läge bei 102,2 % (Tabelle 5).

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 die zuletzt dargestellte Berechnungsmethode.

Tabelle 5
Gewogene spezifische CO₂-Emissionen der am Monitoring beteiligten Sektoren
1990 bis 2009

| | 1990 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|----------------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|
| Spezifische Emissionen | 100,0 | 67,1 | 63,8 | 62,3 | 64,7 | 65,3 | 63,9 |
| Reduktion (in %) | - | 32,9 | 36,2 | 37,7 | 35,3 | 34,7 | 36,1 |
| Zielerreichungsgrad (in %) | - | 94,0 | 103,4 | 107,7 | 100,8 | 99,1 | 102,2 |

Eigene Berechnungen nach Angaben der am Monitoring beteiligten Branchen.

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). 2009 fiel der weltweite Kaliabsatz fast 50 % geringer aus, die Rohsalzverarbeitung der deutschen Kaliindustrie sank um 44 % (K+S 2010a: 3). Rund 53 % des Umsatzes wird im europäischen Raum erzielt (K+S 2010b: 63).

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, Ausgabe 2008 (WZ 2008)* unter der Kennziffer 08.91 („Bergbau auf chemische und Düngemittelminerale“) geführt (StaBuA 2008).

Zwischen diesen beiden Datenquellen ergeben sich jedoch erhebliche Differenzen, die vornehmlich auf eine abweichende Klassifikation der Unternehmensteilbereiche zurückzuführen sind. Während das Statistische Bundesamt den energieintensiven Teilbereich der Weiterverarbeitung des Kalirohsalzes der Herstellung von chemischen Grundstoffen und damit der Chemischen Industrie zuordnet, ist diese Produktionsstufe 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.² Als Folge fiel die Produktionsmenge – gemessen in Mill. t Kalirohsalzverarbeitung – zwischen 1990 und 1995 um knapp 34 % von 52,1 auf 34,4 Mill. t (Schaubild 1.1 und Tabelle 1.3). Bis 2007 stieg die verarbeitete Rohsalzmenge um 12,7 % auf 38,8 Mill. t. Im Berichtsjahr 2009 wurden 20,4 Mill. t Rohsalz verarbeitet, 44,3 % weniger als 2008. Damit lag die Menge um fast 61 % unter der Kalirohsalzverarbeitung des Jahres 1990.

Tabelle 1.1
Spezifischer Energieverbrauch der Kaliindustrie
1990 bis 2009

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

Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie.

Zur Gewinnung und Herstellung marktfähiger Kaliprodukte wurden 2009 insgesamt 14,3 PJ Energie aufgewendet (Tabelle 1.1). Mit einem Rückgang von 30,4 % gegenüber dem Vorjahr sank der Energieverbrauch damit im Berichtsjahr deutlich geringer als die Produktion. Nach Auskunft des Verbandes ist jedoch davon auszugehen, dass die Produktion in den nächsten Jahren wieder das Niveau vor der Krise erreichen wird. Somit ist die Entwicklung im Jahr 2009 eher als singuläres Ereignis,

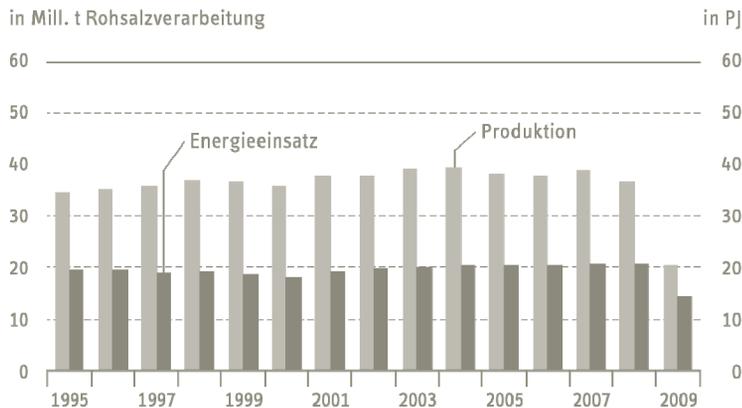
² Vgl. *WV Bergbau (1994: 238)*.

Die Kaliindustrie

denn als fortschreibbarer Trend zu bewerten. Während die Produktion zwischen 1995 und 2008 durchschnittlich um 0,5 % pro Jahr wuchs, verharrte der Energieverbrauch seither auf etwa demselben Niveau von rund 20 PJ (Schaubild 1.1). Offenbar erfordert die Produktionsweise ein bestimmtes Mindestmaß an Energie, das zumindest in Teilen unabhängig von der Produktionsmenge ist.

Die Wirtschaftskrise führte 2009 zu zahlreichen Produktionsstillständen, ineffizienten An- und Abfahrvorgängen sowie verminderten Durchsätzen (K+S 2010a: 2). Hierdurch wurde die Energieeffizienz der Rohsalzgewinnung erheblich verringert. Mit einem Verbrauch von 703 MJ je Produktionstonne war die Kaliindustrie 2009 dennoch deutlich weniger energieintensiv als noch 1990 (Tabelle 1.1).

Schaubild 1.1
Produktion und Energieeinsatz der Kaliindustrie
1995 bis 2009



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

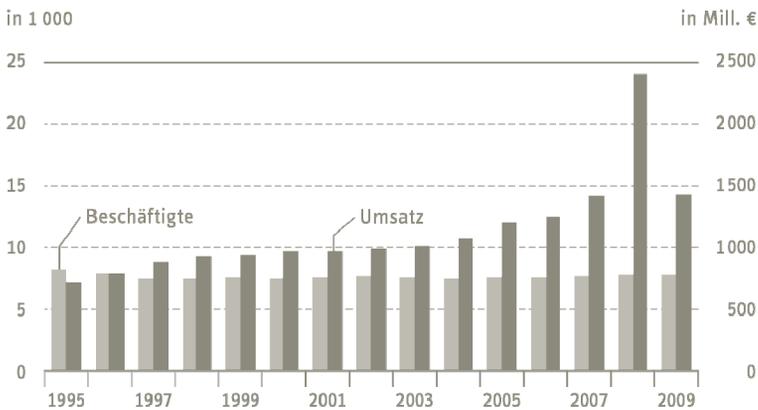
Nach Angaben der K+S AG wurde 2009 mit 7 776 Beschäftigten ein Umsatz von gut 1,4 Mrd. € erwirtschaftet (K+S (2010c: U3)). Dank der gestiegenen Nachfrage konnte der Umsatz von 1995 bis 2008 mehr als verdreifacht werden. 2009 war er trotz der gesunkenen Produktion noch etwa doppelt so hoch. Die Beschäftigung sank dagegen seit 1995 um 4,9 % (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 Rohsalzauf-

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

Schaubild 1.2
Umsatz und Beschäftigung in der Kaliindustrie
 1995 bis 2009



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 zum Schacht und anschließend mittels Gefäßförderung nach über Tage transportiert, um dort der Weiterverarbeitung unterzogen zu werden. Energierelevant sind dabei der Betrieb der Förderanlagen, die 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.

Die Kaliindustrie

Das Flotationsverfahren vermeidet den hohen thermischen Aufwand des Heißlöseverfahrens, erfordert aber vorab eine Feinvermahlung des Rohsalzes. Das gemahlene Rohsalz wird in einer Flotationslauge suspendiert, der ein Flotationsmittel – sogenannte Sammler-Reagenzien – zugesetzt wird. Diese Reagenzien binden sich selektiv an einzelne Kristalle des Kaliumchlorids. Durch Einblasen von Luft bildet diese Verbindung einen Schaum, der an die Oberfläche der Lauge steigt und dort mechanisch abgestreift werden kann. Der Schaum wird anschließend von Rückständen gereinigt und der Trocknung zugeführt. 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. Das Unternehmen K+S AG ist weltweit das einzige, das dieses Verfahren einsetzt. Mittlerweile wird mehr als 60 % der Kaliproduktion mit diesem Trennverfahren aufbereitet (K+S 2009b: 46).

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

1.4 Die Selbstverpflichtung

Die Kaliindustrie hat 1996 eine Selbstverpflichtung zur Minderung der CO₂-Emissionen abgegeben und diese im Jahre 2001 ergänzt (K+S 2005a). Im April 2008 wurde die Erklärung bis 2012 erweitert. Die spezifischen CO₂-Emissionen sollen bis 2012 um 69 % gegenüber 1990 auf 28 kg CO₂ je Tonne verarbeitetes Rohsalz gesenkt und die absoluten CO₂-Emissionen um 79 % auf 1,0 Mill. t verringert werden (K+S 2008a).

Übersicht 1.1

Selbstverpflichtung der Kaliindustrie

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

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

Das Reduktionsziel wird auf die Menge an *verarbeitetem Rohsalz* bezogen und nicht auf die Menge an verkaufsfähigen Kaliprodukten. Der Grund dafür ist: Der Gehalt an wertvollem Reinkali (K₂O) im Rohsalz variiert je nach Abbaurevier (WV Bergbau 1994: 225). Bergwerke mit geringem Kaligehalt müssen entsprechend mehr Rohsalz verarbeiten, um eine vergleichbare Menge des Endprodukts zu gewinnen.

1.5 Bis 2009 erreichte CO₂-Minderungen

Verglichen mit den Emissionen in Höhe von fast 4,8 Mill. t CO₂, die im Jahr 1990 ausgestoßen wurden, konnten vor allem bis 1995 erhebliche Einsparungen erzielt werden (Tabelle 1.2). Seit 2002 liegt der CO₂-Ausstoß wieder über dem Wert von 1995 (RWI 2007: 27). Bis 2008 stiegen die Emissionen auf 1,17 Mill. t. 2009 wurde mit rund 0,8 Mill. t das bislang niedrigste Emissionsniveau erreicht und gleichzeitig das für 2012 gesetzte Ziel einer Minderung auf 1,0 Mill. t CO₂ übertroffen. Die Minderung gegenüber 1990 betrug fast 83 %. Der Zielerreichungsgrad für die absoluten Emissionen erreichte 2009 104,9 %.

Tabelle 1.2

Entwicklung der absoluten CO₂-Emissionen der Kaliindustrie

1990 bis 2009; Minderungsziel bis 2012: -79 % auf 1,0 Mill. t CO₂

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

Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie.

Der spezifische CO₂-Ausstoß ist bis 2008 um rund 65,1 % gesunken. Lag er 1995 noch bei 32,3 kg CO₂/t Rohsalzverarbeitung, waren es 2008 noch 31,9 kg CO₂/t (Tabelle 1.3). Die spezifischen CO₂-Emissionen hatten 2000 mit 28,5 kg CO₂/t das für 2012 gesetzte Ziel einer Minderung um 69 % fast erreicht. Seither sind die spezifi-

Die Kaliindustrie

schen Emissionen allerdings wieder gestiegen (RWI 2009: 28). Der sich seit 1999 abzeichnende Trend steigender spezifischer Emissionen setzte sich im Berichtsjahr 2009 mit 40 kg CO₂/t erneut fort; der Zielerreichungsgrad sank auf 81,4 %.

1.6 Ursachenanalyse

Das Jahr 2009 ist in der Kaliindustrie aus Sicht des Monitorings durch einen deutlichen Rückgang der produzierten Rohsalzmenge (Tabelle 1.3) und des Energieverbrauchs gekennzeichnet (Tabelle 1.1). Auch die CO₂-Emissionen gingen stark zurück (Tabelle 1.2).

Tabelle 1.3

Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen der Kaliindustrie

1990 bis 2009; Ziel bis 2012: -69 % auf 28 kg CO₂/t verarbeitetes Rohsalz

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

Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie.

Im Berichtsjahr hat es stärkere 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 (RWI 2009: 29). 2009 sank der Stromverbrauch zwar erneut um 8 % auf 1,7 PJ, sein Anteil am gesamten Energieverbrauch stieg jedoch auf 11,5 % (Tabelle 1.4). Der Anteil des CO₂-armen und ansonsten den Energiemix der Kaliindustrie dominierenden Erdgases lag 2008 bei 91,2 %. 2009 sank der Verbrauch von Erdgas um 32,5 % auf 12,7 PJ, sein Anteil am gesamte Energieeinsatz ging auf 88,4 % zurück. Da Strom mit einem höheren CO₂-Faktor bewertet wird als Erdgas, führt die Substitution von Erdgas durch Strom für sich betrachtet zu einem steigenden CO₂-Ausstoß. Damit wurden auch 2009 wieder mehr kohlenstoffreichere Energieträger eingesetzt.

Tabelle 1.4
Energiemix der Kaliindustrie
1990 bis 2009; in PJ; gerundete Werte

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

Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie.

Das ganze Ausmaß der Veränderung des Energiemix seit 1990, bei der das CO₂-arme Erdgas zum dominierenden Energieträger wurde, spiegelt sich in der Entwicklung der CO₂-Emissionen je Energieeinheit wider: Insgesamt sanken die Emissionen je GJ seit 1990 von 84,8 t CO₂/GJ auf 57,0 t CO₂/GJ im Jahr 2009 (Tabelle 1.5). Multipliziert man die Verringerung um 27,8 t CO₂/GJ mit dem Energieverbrauch des Jahres 1990 von 56,1 PJ bzw. 56,1 Mill. GJ, ergibt sich rein rechnerisch eine Verringerung der absoluten Emissionen von etwa 1,6 Mill. t bzw. rund einem Drittel. Ein Großteil davon geht auf den vollständigen Verzicht auf Rohbraunkohlenstaub und schweres Heizöl als Energieträger zurück.

Tabelle 1.5
Energieverbrauch, CO₂-Emissionen absolut und je Energieeinheit
1990 bis 2009

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

Nach Angaben des Verbandes der Kali- und Salzindustrie.

Neben Änderungen im Energiemix konnten die Emissionsverringerungen von rund 3,9 Mill. t zwischen 1990 und 2009 im Wesentlichen durch Verbesserungen der Energieeffizienz und einen geringeren Energieverbrauch aufgrund der im Vergleich zu 1990 stark reduzierten Rohsalzverarbeitung erzielt werden. Bewertet man den

Die Kaliindustrie

zwischen 1990 und 2009 erfolgte Rückgang der Produktionsmenge von 31,7 Mill. t mit dem hohen spezifischen CO₂-Emissionswert von 1990 von 91,4 kg je Tonne Produktionsoutput, kommt man zu einer Emissionsreduktion von rund 2,9 Mill. t. Legt man hingegen die spezifischen CO₂-Emissionen von 2009 von 40,0 kg je Tonne zugrunde, mithin einen vergleichsweise niedrigen Wert, erhält man eine Mindestreduktion von etwa 1,2 Mill. t. Demnach liegt die Emissionsverringerung durch Änderung der Produktionsmenge innerhalb der Bandbreite von 1,2 bis 2,9 Mill. t.

Bei der Energieeffizienz schließlich waren deutliche Verbesserungen festzustellen, wenngleich überwiegend in der ersten Hälfte der 1990er Jahre. Insgesamt sank der spezifische Energieverbrauch zwischen 1990 und 2009 um gut ein Drittel, von rund 1 078 MJ/t auf rund 703 MJ/t (Tabelle 1.1). Damit einher ging eine Reduzierung der spezifischen CO₂-Emissionen. Multipliziert man die Effizienzsteigerung von rund 375 MJ/t bzw. 0,375 GJ/t mit 84,8 kg CO₂/GJ, den Emissionen je Energieeinheit von 1990, so ergibt sich eine Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen durch Effizienzsteigerungen in Höhe von 31,8 kg CO₂/t. Tatsächlich wurden 1990 jedoch 91,4 kg CO₂/t freigesetzt. Folglich konnten durch eine effizientere Energienutzung die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2009 um fast 35 % gesenkt werden. Bezogen auf die 1990 verarbeitete Menge in Höhe von 52,1 Mill. t ergibt sich somit ein Einsparvolumen von knapp 1,7 Mill. t CO₂.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass gegenüber 1990 sowohl die Veränderung des Energieträgermix und die Verbesserung der Energieeffizienz wie auch der Rückgang der produzierten Menge den absoluten CO₂-Ausstoß deutlich verringert haben. Seit 2004 hat sich die Energieeffizienz jedoch insgesamt verschlechtert und zu höheren Emissionen geführt (Tabelle 1.1 und RWI 2008: 22).

1.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die deutsche Kaliindustrie hat nach eigenen Angaben durch die Nutzung einer optimierten Kraft-Wärme-Kopplung eine Energieeffizienz von ca. 90 % erreicht. Weitere Verbesserungen der Energieeffizienz sowie der absoluten und spezifischen CO₂-Emissionen sind damit kaum möglich, da der erreichte Wert sehr nahe am technischen Optimum liegt. Stattdessen wird ausdrücklich auf die weitere Planung und Umsetzung von Maßnahmen verwiesen, mit denen erstmalig 2009 die Substitution von Erdgas durch selbsterzeugten Strom aus erneuerbaren Energieträgern umgesetzt wurde (K+S 2010a: 3).

Um die CO₂-Emissionen weiter zu senken, soll zukünftig Erdgas durch erneuerbare Energieträger ersetzt und Prozess-Abwärme verstärkt genutzt werden. Zu diesem Zweck wurde ein Kraftwerk für Ersatzbrennstoffe in Heringen an der Werra errichtet. Der Dampf wird seit Anfang November 2009 vom Kaliwerk Werra, Standort

Wintershall, abgenommen und dort zunächst zur Stromerzeugung eingesetzt. Bei ganzjährigem Betrieb wird mit einer Wärmeversorgung von ca. 950 GWh – entspricht rund 3,4 Tj – gerechnet. Durch den Einsatz eines neuen, effizienteren Dampfturbosatzes wurde die Stromausbeute auf 90 GWh pro Jahr verbessert. Nach der Stromerzeugung wird der Dampf als Prozesswärme im Produktionsbetrieb genutzt. Es wird mit erheblichen Einsparungen beim Einsatz des fossilen Energieträgers Erdgas und entsprechend geringeren CO₂-Emissionen gerechnet.

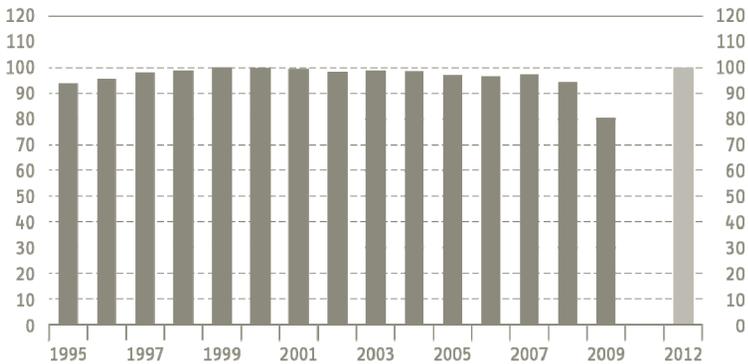
Auf die Ergebnisse des Monitorings hat die Nutzung erneuerbarer Energieträger – ebenso wie die von Sekundärbrennstoffen – indirekt Auswirkungen. Da im Monitoring nur der Einsatz von fossilen Brennstoffen und Nettofremdstrom berücksichtigt wird, verringert die Nutzung anderer Energieträger den betrachteten Gesamtenergieverbrauch aus diesen Energieträgern. 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 Kallindustrie in den 90er Jahren gelungen, die Energieeffizienz ihrer Anlagen erheblich zu steigern (K+S 2009a). Der Ausstoß von CO₂ konnte bis 2009 um fast 83 % gegenüber 1990 verringert werden. Das Minderungsziel für 2012, eine Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen von 69 % gegenüber 1990, wurde 2009 zwar bereits zu 81,4 % erreicht (Schaubild 1.3), allerdings weisen die spezifischen Emissionen seit 2000 eine steigende Tendenz auf.

Die Kaliindustrie

Schaubild 1.3
Zielerreichungsgrad des spezifischen Minderungsziels für 2012
1995 bis 2009; in %

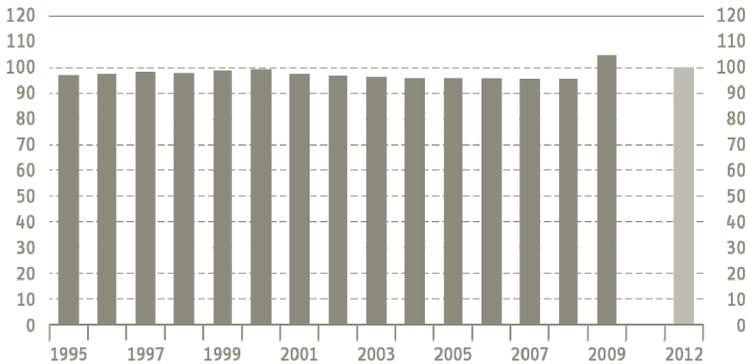


Eigene Berechnungen.

Das Ziel, den absoluten CO₂-Ausstoß um mehr als 78 % gegenüber 1990 zu senken, wurde zwar im Jahr 2000 erreicht, seit 2002 nehmen die Emissionen aber wieder zu. Lediglich der starke Produktionsrückgang sorgte dafür, dass der Zielerreichungsgrad 2009 auf 104,9 % stieg (Schaubild 1,4).

Bis 2007 lag das Wachstum der Nachfrage nach Kalidüngemitteln im Durchschnitt der letzten fünf Jahre bei 5 % pro Jahr (K+S 2008b: 86). Infolge der Finanz- und Wirtschaftskrise ging jedoch die Produktion der Kaliindustrie 2009 deutlich zurück. Dennoch werden die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Kaliindustrie eher günstig beurteilt: Die weiter wachsende Weltbevölkerung, veränderte Ernährungsgewohnheiten in den Schwellenländern sowie die größere Bedeutung nachwachsender Rohstoffe dürfte zukünftig wieder zu einer steigenden Nachfrage nach Düngemitteln führen (K+S 2010a: 3). Im Hinblick auf das spezifische Ziel bis 2012 erscheint eine weitere Reduzierung daher durchaus möglich.

Schaubild 1.4
Zielerreichungsgrad des absoluten Minderungsziels für 2012
1995 bis 2009; in %



Eigene Berechnungen.

Mit zunehmender Produktionsmenge wird allerdings auch die Menge an CO₂-Emissionen ansteigen, zumal der Nachhaltigkeitsbericht der K+S AG für 2008 bereits feststellt, „dass sich nach heutigem Stand der Technik selbst durch weitere Investitionen kaum noch spürbare Emissionsminderungen erreichen lassen“ (K+S 2009b: 11). Darüber hinaus nimmt der Wertstoffgehalt der Rohsalze seit einigen Jahren langsam ab. Der Energieaufwand, der zur Sicherung einer hohen Produktionsleistung erforderlich ist, steigt hierdurch und mit ihm auch die absoluten und die spezifischen CO₂-Emissionen (K+S 2010a: 3). Zukünftig sollen die CO₂-Emissionen daher durch Nutzung von Abwärme verringert werden (K+S 2010a: 3). 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.

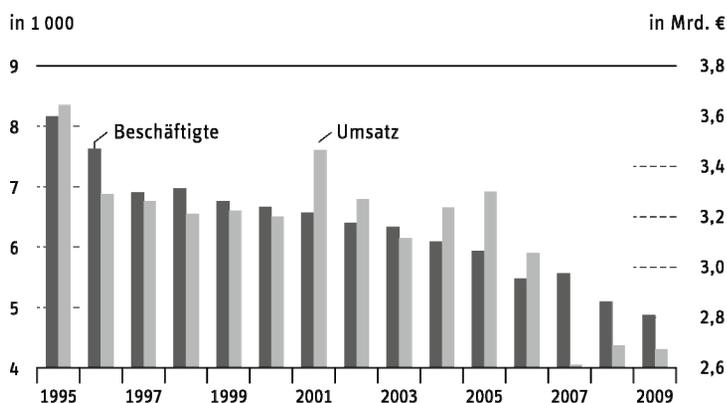
Die Zuckerindustrie

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 2009 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 2009



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

Der Rückgang der Rübenverarbeitung von 3,3 % in den Jahren 1995 bis 2005 liegt im Rahmen einer gleichmäßigen Schwankungsbreite (Schaubild 2.2). Die durch die Zuckermarktreform veranlassten Marktrücknahmen durch die Kommission sowie eine vegetationsbedingt schlechte Ernte mit unterdurchschnittlichen Zuckergehalten lösten 2006 einen starken Rückgang der Rübenverarbeitung auf 20,65 Mill. t aus.

Die entsprechend niedrigere Zuckerproduktion führte dann 2007 zu einem Absinken des Umsatzes auf 2,6 Mrd. €. Bereits im Jahr 2007 erreichte die Verarbeitung mit 25,14 Mill. t wieder ihr langjähriges Niveau.

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

2009 erreichte die Rübenverarbeitung bei konstantem Umsatz wieder 26 Mill. t und damit den langjährigen Durchschnittswert. Der Verband bezeichnet 2009 als das erste Jahr nach der reformbedingten Restrukturierung des Sektors, das nach mehreren atypisch verlaufenen Jahren hinsichtlich Anbaufläche, Ertrag, Rübenmenge und Zuckergehalt wieder einen normalen vor der Reform vergleichbaren Verlauf nahm (VdZ 2010:4).

In 20 Betrieben beschäftigte die Zuckerindustrie 2009 noch 5 306 Mitarbeiter. Die Anzahl der Beschäftigten der Zuckerindustrie ist zwischen 1995 und 2009 bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Gesamtverarbeitungskapazität um 40,3 % zurückgegangen.

2.1 Datenbasis

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

Das Monitoring weicht seit der Berichterstattung für die Jahre 2000 bis 2002 von den Berichten davor in zweifacher Hinsicht ab: Erstens beruhen die Angaben zum Energieverbrauch nicht mehr auf den Energieverbrauchsangaben des Statistischen Bundesamtes, die der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, zu entnehmen waren, sondern auf Verbandsangaben, 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

Die Zuckerindustrie

Vereinfachung der Schreibweise wird im Folgenden für das Basisjahr anstatt 1990/91 kürzer 1990 geschrieben.

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

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

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

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

Im Vergleich zu den VdZ-Angaben liegen die auf Basis der AGEB-Heizwerte ermittelten Werte 2008 beim Energieverbrauch um etwa 6,3 % und bei den CO₂-Emissionen um 5,7 % niedriger. In früheren Jahren betrug die Abweichungen beim Energieverbrauch etwa 3,5 bis 5 % (Tabelle 2.1). Bei den CO₂-Emissionen beliefen sie sich auf 3 bis 5,5. Damit stellen sich die vom VdZ gelieferten Angaben der Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen in der Zuckerindustrie moderat ungünstiger dar, als die auf Basis der Heizwerte der AGEB ermittelten Verbrauchswerte. Das Zurückgreifen auf die speziellen Heizwerte des VdZ

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

2000 bis 2009; gerundete Werte in PJ

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

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

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.

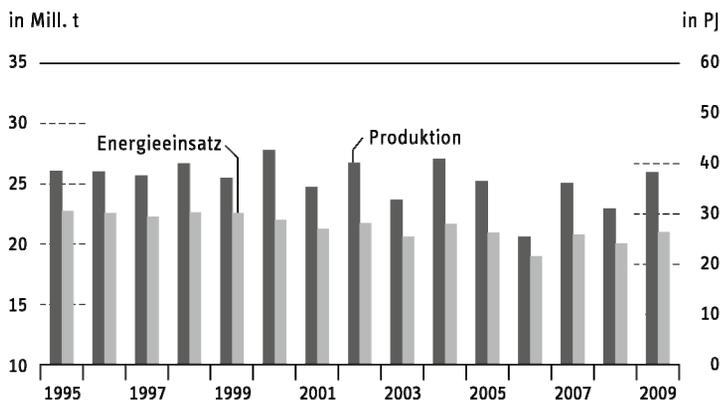
2.2 Energieverbrauch und Produktion

Der gesamte Energieverbrauch einschließlich Nettofremdstrombezug sank zwischen 1990 und 1995 um 43 %, von 53,9 auf 30,7 PJ (Schaubild 2.2). Die Rübenverarbeitung ging unterdessen nur um rund 14,4 % zurück, wobei es sich bei der Verarbeitungsmenge von 30,5 Mill. t Rüben im Jahr 1990 allerdings um einen einmalig hohen Wert handelte; der langjährige Durchschnitt liegt zwischen 25 und 26 Mill. t. 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

Die Zuckerindustrie

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 %. Nach der Restrukturierung stieg die Produktion 2009 um 13 % auf 26 Mill. t, der Energieverbrauch um 9,5 % auf 26,5 PJ.

Schaubild 2.2
Energieverbrauch und Rübenverarbeitung in der Zuckerindustrie
1990 bis 2009



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 CO₂-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 CO₂-Ausstoß im Basisjahr mit 152 anstatt mit 148 kg CO₂/t Rüben bei einer Gesamtemission von 4,5 Mill. t CO₂ im Basisjahr. Hieraus ergab sich für 2005 rechnerisch eine Minderungszusage von 42,9 % bis 46,8 %.

Die Höhe der spezifischen CO₂-Emissionen lag bereits seit 2002 in dem für 2005 angestrebten Zielkorridor. Daher hat sich der Verein der Zuckerindustrie im Jahr 2008 in einer Fortschreibung der Selbstverpflichtungserklärung zu einer weiteren Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen der deutschen Zuckerindustrie verpflichtet. Bei Aufrechterhaltung der Branchenerklärung aus dem Jahr 2000 zu den übrigen Punkten sagt der VdZ bis 2012 eine Reduktion auf 79 bis 85 kg/t Rüben zu.

Die Zuckerindustrie

Hieraus ergibt sich rein rechnerisch eine Minderungszusage von 44,1 % bis 48,0 % (Übersicht 2.1).

Übersicht 2.1

Selbstverpflichtung der Zuckerindustrie

Ziel 2012 Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen auf 79 bis 85 kg/t Rüben bis 2012 mit der Option, vor dem Hintergrund der ab 2010 zu erwartenden erheblichen Rohzuckerimporte aus Drittstaaten, das Produkt Zucker als Bezugsgröße heranzuziehen. Dies impliziert eine Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2012 auf 540 bis 500 kg/t Zucker, ausgehend von einer durchschnittlichen Zuckerausbeute von 15,8 % in den vergangenen fünf Jahren.

Basisjahr 1990/1991

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

Dabei behält sich die Zuckerindustrie vor, bei einem erheblichen Anstieg der Rohzuckerimporte aus Drittstaaten ab 2010, anstatt der Rüben das Produkt Zucker als Bezugsgröße für die Ermittlung der spezifischen CO₂-Emissionen heranzuziehen, da dieser Rohzucker ohne einen herstellbaren Bezug zur Rübe zu Weißzucker raffiniert 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 – neben der damals neu hinzu getretenen Zusage, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 auf 81 bis 87 kg/t Rüben zu senken – unverändert bestehen ließ, sah eine Reduktion von 49,1 kWh pro Dezitonne (dt) im Jahr 1990 auf 29 kWh/dt Rüben im Jahr 2005 vor (VdZ 2000: 1-2). Dieses Ziel konnte bereits seit 2004 realisiert werden. Bezüglich einer Fortschreibung dieses auf den spezifischen Energieverbrauch gerichteten Teil des Ziels wurden vom Verband bis 2012 keine Aussagen getroffen.

Tabelle 2.2

Spezifische CO₂-Emissionen und Zielerreichungsgrade der Zuckerindustrie

1990 bis 2009; Ziel bis 2012: 79-85 kg CO₂/t Rüben

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|--------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Spez. Emissionen, kg/t | 152 | 96,3 | 84,3 | 84,1 | 83,6 | 76,3 |
| Minderung in % | - | 36,8 | 44,7 | 44,7 | 44,7 | 50,0 |
| Zielerreichungsgrad in % | - | 88,5 | 101,2 | 101,2 | 101,2 | 111,8 |

Nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie im Rahmen des Monitoring.

2.5 Bis 2009 erreichte CO₂-Minderungen

Im Jahr 2009 lagen die spezifischen CO₂-Emissionen mit 76,3 kg/t Rüben um 50 % unter dem Niveau von 1990 mit 152 kg/t und zum ersten Mal unterhalb der unteren Grenze des angestrebten Zielkorridors (Tabelle 2.2; RWI 2007: 33) von 79 kg/t. In den letzten 10 Jahren befanden sich die entsprechenden Werte mit Ausnahme der Jahre 2001, 2003 und 2006 innerhalb dieser Bandbreite. Damit konnte das für 2012 gesetzte Ziel, für die spezifischen CO₂-Emissionen einen Wert zwischen 79 bis 85 kg/t zu realisieren, in diesem Zeitraum nahezu durchgehend erreicht werden. 2009 lag der Zielerreichungsgrad, gemessen an der oberen Grenze, bei 111,8 %.

Tabelle 2.3

Rübenverarbeitung und CO₂-Emissionen der Zuckerindustrie

1990 bis 2009

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

Nach Angaben des Vereins der Zuckerindustrie im Rahmen des Monitoring.

Der spezifische Energieverbrauch sank zwischen 2008 und 2009 um 3,1 % von 29,2 kWh/dt auf 28,3 kWh/dt (Tabelle 2.4). Auch hier konnte die Zielvorgabe von 29 kWh/dt deutlich übertroffen werden. Nachdem 2000 der spezifische Verbrauch auf 28,9 gesunken war, stieg er in den folgenden drei Jahren noch einmal deutlich an. Seit 2004 pendelt der spezifische Verbrauch um den Zielwert. (Tabelle 2.4, RWI 2007: 34). Das Resultat der Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs, der spezifischen CO₂-Emissionen sowie des Rückgangs der Rübenverarbeitung seit 1990

Die Zuckerindustrie

war eine Senkung der absoluten CO₂-Emissionen um 57,1 % von 4,6 Mill. t auf knapp 2 Mill. t im Jahr 2009 (Tabelle 2.3). Gegenüber 2008 bedeutet das einen Anstieg um 3,6 % bzw. 70 000 t.

Tabelle 2.4
Entwicklung von Energieverbrauch, Produktion und CO₂-Emissionen pro Energieeinheit in der Zuckerindustrie

1990 bis 2009; gerundete Werte

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

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 im Zeitraum 1990 bis 2009, ist der Rückgang der Rübenverarbeitung, die zwischen 1990 und 1995 deutlich sank, von 30 Mill. t/a auf gut 26 Mill. t/a (Tabelle 2.3). Bei der Verarbeitungsmenge von 30,5 Mio. t Rüben im Jahr 1990 handelt es sich jedoch nur um einen einmalig hohen Wert; der langjährige Durchschnitt liegt zwischen 25 und 26 Mio. t. 1991 betrug diese Menge 26,01 Mill. t.

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

Entscheidend für die Minderung der CO₂-Emissionen war der Rückgang der spezifischen CO₂-Emissionen. Deren Entwicklung wird durch die Veränderung des spezifischen Energieverbrauchs sowie durch den Energiemix, der in der Produktion zum Einsatz kommt, bestimmt. Der spezifische Energieverbrauchs reduzierte sich in der ersten Hälfte der 1990er Jahre um gut 33,6 %, von 49,1 auf 32,6 kWh/dt (Tabel-

le 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 2009 sank der spezifische Energieverbrauch mit 13,2 % deutlich schwächer als in der ersten Hälfte der neunziger Jahre, von 32,6 kWh/t auf 28,3 kWh/t (Tabelle 2.4). Dabei sind seit 2004 nur noch Schwankungen um den Zielwert von 29 kWh/t 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, CO₂-Mengen und Rübenverarbeitung nicht mehr verursachergerecht aufeinander bezogen. Denn der Energieverbrauch eines Jahres bezieht sich faktisch auf die Rübenverarbeitung der Monate September bis Dezember des Vorjahres, wobei bis einschließlich 2008 bei Fortdauer der Rübenkampagne bis in den Januar und Februar in Ausnahmefällen noch Werte entsprechend berücksichtigt wurden.

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

Kommt es zu einer vorübergehenden größeren Produktionsabsenkung, wie z.B. 2006, wird der Energieverbrauch dieses Jahres auf einen zu niedrigen Rübenverarbeitungswert bezogen, der spezifische Energieverbrauch rein rechnerisch also zu hoch ausgewiesen. 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. Der relativ niedrige Energieverbrauch bezogen auf einen hohen Wert für die Rübenverarbeitung beeinflusste im Jahr 2009 den spezifischen Energieverbrauch dieses Jahres dagegen deutlich positiv. Verstärkt wurde die Wirkung dadurch, dass die Verlängerung der

Die Zuckerindustrie

Kampagne die Verlagerung der energieintensiven Abfahrprozesse ohne nennenswerte Rübenverarbeitung in das nächste Jahr bewirkte (VdZ 2010: 5).

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 sank er nur noch leicht mit jeweils 28,9 kWh/dt in den Jahren 2005 und 2006 sowie jeweils 28,7 kWh/dt in 2007 und 2008.

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 waren Niederschläge und Temperaturen der Vegetationsperiode 2009 nahezu optimal (VdZ 2010: 4). Ebenso ist das Saatgut in den Regionen durchweg gut aufgegangen, sodass keine größeren Flächen umgebrochen werden mussten. Insgesamt war damit die Kampagne 2009 von sehr hohen Erträgen und überdurchschnittlichen Zuckergehalten geprägt. Hinzu kam an vielen Standorten die Ausdehnung der Kampagne bis Mitte Januar 2010 (VdZ 2010f: 4). Ursache hierfür war die Reform der Zuckermarktordnung mit den daraus folgenden Restrukturierungsmaßnahmen, Standortstilllegungen und der Verlagerung der Kapazitäten an die verbleibenden Standorte. Die Verlängerung der Rübenkampagne führt zu einer optimierten Auslastung der Standorte und macht damit Effizienzverbesserungen möglich.

Der spezifische CO₂-Ausstoß ging von 1990 bis 1995 um 36,8 % zurück, von 152 auf 96 kg/t (Tabelle 2.2). Die Minderungsrate des spezifischen Energieverbrauchs betrug in diesem Zeitraum 33,6 % (Tabelle 2.4) und war somit lediglich um 3,2 Prozentpunkte geringer als die des CO₂-Ausstoßes. Das deutet darauf hin, dass durch Änderungen des Energiemix kein sehr großer Beitrag zur Reduktion der Emissionen erreicht werden konnte. Zwischen 1995 und 2008 gelang bei einer Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs um 10,4 % eine Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen um 12,5 %. Auch in diesen Jahren traten nur geringe positive Einflüsse durch Veränderungen im Einsatz der Energieträger auf.

Zwischen 2008 und 2009 stand jedoch einer Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs um 3,1% eine Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen um 8,7 % gegenüber.

Änderungen im Energiemix spiegeln sich auch in der Entwicklung der CO₂-Intensität, d.h. der CO₂-Emissionen pro Einheit eingesetzter Energie wider. Deren Wert verringerte sich zwischen 1990 und 1995 von 86,2 auf 82,1 kg/GJ (Tabelle 2.4). Seitdem schwankt die CO₂-Intensität zwischen 79 und 81,5 kg/GJ. Nur 1999 und 2002 sowie im aktuellen Berichtsjahr 2009 kam es zu stärkeren Ausschlägen nach unten. 2006 wich der Wert deutlich nach oben ab (RWI 2007: 37).

Von 1990 bis 1995 spielte der Bedeutungsverlust der kohlenstoffreichen Energieträger Steinkohle und vor allem Braunkohle im Zuge der Wiedervereinigung die ausschlaggebende Rolle für den Rückgang des CO₂-Emissionsfaktors pro Energieeinheit (Tabelle 2.5). In den Jahren danach hingen die Schwankungen der CO₂-Intensität vor allem vom jeweiligen Einsatz der Energieträger Erdgas und schweres Heizöl ab. Diese haben seit Mitte der neunziger Jahre zusammen einen Anteil von etwa 60 bis 65 % am Energieverbrauch. Der Einsatz des einen 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 CO₂-Emissionen pro Einheit eingesetzter Energie mit 77,8 und 76,5 kg/GJ vergleichsweise niedrig. 2009 betrug die CO₂-Intensität sogar nur 75,13 kg/GJ. Die Ursache war in allen Jahren dieselbe: Kohlenstoffreiches schweres Heizöl mit einem CO₂-Emissionsfaktor von 78 kg/GJ wurde durch kohlenstoffarmes Erdgas mit einem CO₂-Faktor von 56 kg/GJ in erheblichem Maße substituiert. So stieg 2009 der Einsatz des Erdgases von 8,6 PJ auf 14,6 PJ an (Tabelle 2.5). Im Gegenzug fiel der Verbrauch an schwerem Heizöl von 2008 auf 2009 von 7,7 PJ auf 4,0 PJ bei gleichzeitig steigendem Verbrauch an fossilen Energieträgern um 2,6 PJ. Der Anteil des Erdgases am Verbrauch fossiler Energieträger lag in diesem Jahr bei gut 51 %. In ähnlicher Weise stieg 1999 und 2002 der Erdgas-einsatz zu Lasten des schweren Heizöls von 5 PJ auf 11,7 PJ bzw. von 6 PJ auf 11,9 PJ. Der Anteil des Erdgases am Energieverbrauch lag in diesen Jahren bei 38 % bzw. 42 %, damit deutlich niedriger als 2009.

2006 betrug die CO₂-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 | 2008 | 2009 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Steinkohlen | 7,3 | 2,6 | 3,0 | 2,4 | 2,7 | 2,9 |
| Steinkohlenkoks | 2,3 | 1,5 | 1,6 | 1,1 | 1,1 | 0,7 |
| Rohbraunkohlen | 11,9 | 2,4 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 2,2 |
| Br.briketts & -koks | 5,9 | 1,7 | 1,8 | 2,7 | 3,1 | 3,4 |
| Braunkohlenstaub | - | 2,4 | 1,9 | 1,5 | 0,6 | 0,5 |
| Schweres Heizöl | 13,8 | 14,2 | 11,3 | 9,5 | 7,7 | 4,0 |
| Leichtes Heizöl | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,3 | 0,1 | 0,1 |
| Erdgas | 10,2 | 5,1 | 6,9 | 7,5 | 8,6 | 14,6 |
| Fossile Energieträger | 51,9 | 30,5 | 29,2 | 27,3 | 25,8 | 28,4 |
| Nettofremdstrom | 2,0 | 0,2 | -0,3 | -1,0 | -1,6 | -1,9 |
| Verbrauch insgesamt | 53,9 | 30,7 | 28,9 | 26,3 | 24,2 | 26,5 |

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

Tabelle 2.6
Investitionen in der Zuckerindustrie
1995 bis 2008

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

Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 4.2.1. – Investitionsquote: Investitionen/Umsatz. Angaben für 2009 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich.

Übersicht 2.2
Ausgewählte CO₂-Minderungsmaßnahmen der Unternehmen in der Zuckerindustrie
2009

| Einzelmaßnahmen in der Zuckerindustrie | Investitionen in 1 000 Euro | CO ₂ - Minderung in 1 000 t |
|---|--------------------------------|--|
| Nutzung von Biogas aus Abwasseranlage im Kesselhaus anstatt Erdgas | 380 | 0,5 |
| Erweiterung der Heizfläche der Verdampfstation | 3 000 | 3,7 |
| Gleichmäßige Fahrweise der Turbine | 800 | 0,5 |
| Umbau der 1. Stufe der Verdampfstation | 1 200 | 0,27 |
| Umsetzung eines Biogasmotors und Einsatz von Energiemanagement zur Brennstoffeinsparung bei Dampferzeugung und höhere Elektroenergiegewinnung | 350 | 0,1 |
| Erweiterung der Verarbeitungskapazität | 5 000 | 2 |
| Verbesserung der Rohsaftanwärmung | 300 | 0,5 |
| Verbesserung der Zuckerhausarbeit | 800 | 1 |
| Verbesserung der Dicksaftqualität | 500 | 1 |

Nach Angaben des VdZ (2010).

Ein Schwerpunkt der Investitionsmaßnahmen lag in der Verbesserung und Überarbeitung energierelevanter Anlagen und Verfahrensdetails. Die Zuckerindustrie nennt in ihrem Fortschrittsbericht Beispiele für 2009 umgesetzte Projekte, durch die Energie eingespart und CO₂-Emissionen reduziert werden konnten. Hierzu zählen Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz durch Verbesserung der Rohsaftanwärmung und der Dicksaftqualität, durch Erhöhung der Heizflächen der Verdampfstation sowie die Nutzung erneuerbarer Energien. Die im Bericht aufgeführten technischen Einzelmaßnahmen belegen Investitionen mit ihren Auswirkungen

Die Zuckerindustrie

gen auf CO₂-Emissionen. Die in der Übersicht 2.2 ausgewiesenen Investitionsbeispiele summieren sich für das Jahr 2009 auf 12,330 Mill. €. Diese führten zu einer Minderung des CO₂-Ausstoßes um rund 9 570 t.

2.8 Zusammenfassung und Bewertung

Der Zuckerindustrie ist es 2009 gelungen, mit spezifischen CO₂-Emissionen von 76,4 kg/t zum ersten Mal einen Wert leicht unterhalb der unteren Grenze des vorgegebenen Zielkorridors zu realisieren (Schaubild 2.3). Zudem blieben die spezifischen CO₂-Emissionen seit 2002, mit Ausnahme der Jahre 2003 und 2006, in der vom VdZ bei der Fortschreibung der Selbstverpflichtung für 2012 avisierten Bandbreite von 79 bis 85 kg/t (Schaubild 2.4).

Zum positiven Ergebnis des Jahres 2009 hat sowohl der sehr hohe Einsatz von Erdgas beigetragen, das deutlich kohlenstoffärmer als Kohle oder schweres Heizöl ist als auch die im Vergleich zu den Vorjahren hohe Energieeffizienz.

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

Eine Vorgabe für den spezifischen Energieverbrauch über das Ziel 2005 hinaus bis 2012 wurde nicht mehr gemacht. Der spezifische Verbrauch pendelt seit 2004 um die Zielvorgabe des Jahres 2005 von 29 kWh/dt. 2009 lag der Wert mit 28,3 kWh/dt deutlich drunter.

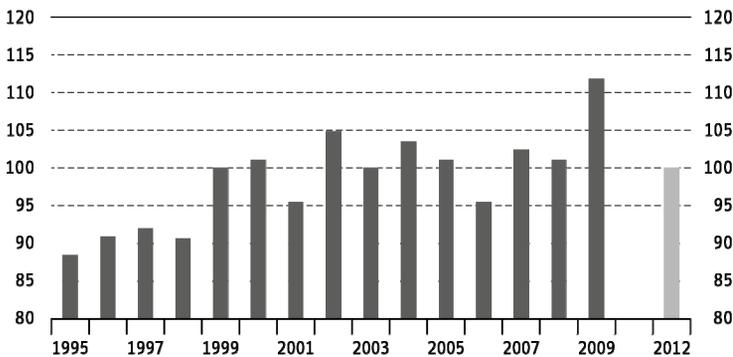
Eine weitere deutliche Senkung des spezifischen Energieverbrauchs ist nach Darstellung des VdZ indessen auch kaum mehr möglich. Der Konzentrationsprozess der Produktion auf wenige und moderne Standorte mit relativ niedrigem spezifischem Energieverbrauch ist nahezu abgeschlossen. Von den weiterhin stattfindenden Anlagenverbesserungen können nur noch geringe Einsparungen erwartet werden. Die Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs stellt sich, so der Verband, aufgrund der physikalischen Gesetzmäßigkeiten als asymptotisch verlaufender Trend dar, der sich allmählich dem gegenwärtigen Stand der Technik annähert (VdZ

2009:5f; VdZ 2010:6). Zwar erwartet der VdZ (2004: 14-15) auch von weiteren Qualitätsverbesserungen der Rüben noch positive Auswirkungen auf den spezifischen

Schaubild 2.3

Zielerreichungsgrade der Zuckerindustrie für das Minderungsziel 2012

1995 bis 2009; Senkung der spezifischen CO₂-Emissionen auf den oberen Wert der Bandbreite von 79 bis 85 kg/t Rüben; in %



Eigene Berechnungen.

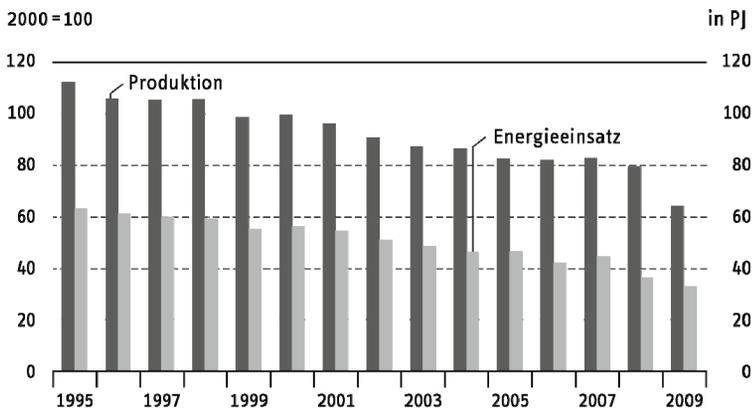
Energieeinsatz; andere Entwicklungen könnten die Energieeffizienz allerdings negativ beeinflussen. Im Rahmen der Konzentration auf eine geringere Zahl von Standorten hat die Zahl derjenigen Werke zugenommen, die Dicksaft einlagern. Die Verarbeitung des Dicksaftes zu einem späteren Zeitpunkt erfordert einen größeren Energieeinsatz, da der Saft erneut angewärmt werden muss. Weitere Verbesserungen der Energieeffizienz könnten nach Ansicht des Verbandes nur dazu beitragen, den emissionserhöhenden Effekt der technisch-wirtschaftlichen Entwicklungen in Richtung einer verstärkten Dicksafteinlagerung und Weiterverarbeitung zu kompensieren (VdZ 2009: 5).

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 2009 auf jahresdurchschnittlich etwa 3,9 % (Schaubild 3.1).

Schaubild 3.1
Produktion und Energieverbrauch der Textilindustrie
1995 bis 2009



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

3.1 Datenbasis

Die wesentliche Datengrundlage für die im Rahmen des vorliegenden Monitoringberichtes erfolgende Berechnung der CO₂-Emissionen bildete bis 2002 im Falle der Textilindustrie die Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes (StaBuA/FS4/R4.1.1). Daraus waren die notwendigen detaillierten Informationen über den Energieverbrauch dieses Sektors für die Zeit ab 1995 zu entnehmen. Ab

2003 wurden für den Energieeinsatz die Ergebnisse der neuen Erhebung des Statistischen Bundesamtes über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes herangezogen. Die Größenordnung des im Allgemeinen mit einer neuen Datenerhebung verbundenen Bruchs der Zeitreihe ist nicht abzuschätzen. Nach Aussage des Statistischen Bundesamtes gelten die aktuellen Ergebnisse jedoch als genauer. Für das Berichtsjahr 2009 lagen noch keine Energieverwendungsdaten vom Statistischen Bundesamt vor. Bis 2008 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, wird der Energieverbrauch seitdem auf Basis von Trendfortschreibungen für den Verbrauch der eingesetzten Energieträger ermittelt.

Die nachträgliche Überprüfung der Angaben zum Energieverbrauch für 2008 anhand der amtlichen Daten ergab, dass die Methode der Trendfortschreibung im vorliegenden Fall recht gute Hochrechnungsergebnisse liefert: Die Schätzung für die fossilen Brennstoffe lag rund 6 % über dem tatsächlichen Verbrauch. Hier wurde der Verbrauch an leichtem Heizöl und Flüssiggas deutlich überschätzt. Der tatsächliche Verbrauch von Erdgas lag rund 5 % niedriger, lediglich der Einsatz von schwerem Heizöl wurde unterschätzt. Der Fremdstromeinsatz fiel tatsächlich etwa 16 % geringer aus. Durch die Übernahme der amtlichen Daten für 2008 fielen sowohl die absoluten CO₂-Emissionen als auch der spezifische Energieverbrauch und die spezifischen Emissionen entsprechend niedriger aus. Die Tabellen und Schaubilder dieses Berichts geben die korrigierten Daten für 2008 wieder.

Die hier benutzte Bezeichnung „Textilindustrie“ steht für den in den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes aufgeführten Wirtschaftszweig Nr. 13, Textilien (StaBuA 2008). Für das Basisjahr 1990 bezieht sich der Energieverbrauch mangels Angaben für die neuen Bundesländer ausschließlich auf die alten Bundesländer. Im Jahr 1990 setzte die westdeutsche Textilindustrie 89,4 PJ Energie ein und emittierte 5,8 Mill. t CO₂ (Buttermann, Hillebrand 2002: 165).

Aufgrund der Vielzahl der Produkte sowie deren Heterogenität kann im Unterschied zu anderen Industriebereichen die Beschreibung der Entwicklung des Outputs der Textilindustrie nicht mit Hilfe von Mengenangaben erfolgen. Deshalb wird hier auf einen Produktionsindex zurückgegriffen, der vom Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie ermittelt wird. Dieser stellt in seinem Fortschrittsbericht auch die Informationen zu den 2009 umgesetzten Maßnahmen zur CO₂-Minderung zur Verfügung (Gesamtverband textil+mode 2010).

Die Textilindustrie

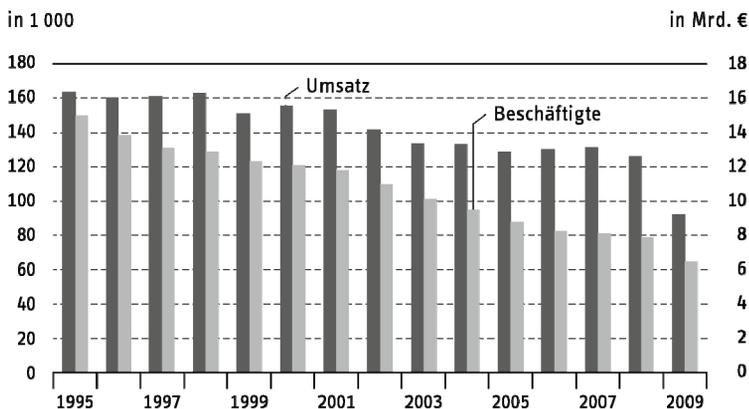
3.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Einhergehend mit dem anhaltenden Produktionsrückgang sank der Energieverbrauch der Textilindustrie: Von 1990 bis 2009 reduzierte sich dieser von 89,4 PJ auf 33,2 PJ, also um 59 %. Allein 2009 ging der Energieverbrauch um 8,2 % zurück. Die offensichtliche hohe Korrelation zwischen Produktion und Energieverbrauch spiegelt sich in einem Korrelationskoeffizienten von fast 98 wider. Es ist somit zu erwarten, dass der Energieverbrauch – und damit auch die CO₂-Emissionen – bei fortschreitendem Produktionsrückgang auch weiterhin fallen werden.

Nicht zuletzt aufgrund des anhaltenden Produktionsrückgangs gehört die Textilindustrie nicht zu den Industriesektoren mit ausgesprochen hohem Energieverbrauch: Der Anteil der Textilindustrie am gesamten Energieeinsatz des Verarbeitenden Gewerbes lag 2008 bei knapp 1,1 %. Zieht man das Verhältnis von Energieeinsatz und Umsatz als Indikator für Energieintensität heran, so ist die Textilindustrie mit 3,6 MJ/€ im Jahr 2009 auch nicht zu den energieintensivsten Sektoren zu zählen. Zum Vergleich: Für die Papierindustrie lautete der entsprechende Wert im selben Jahr 24,0 MJ/€, für die Zementindustrie 40,1 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 2009



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 2009 ging der Umsatz auf 9,3 Mrd. € zurück. 2009 zählte die deutsche Textilindustrie 768 Betriebe mit rund 65 000 Beschäftigten. Seit 1995 hat sich damit die Zahl der Arbeitskräfte um mehr als die Hälfte reduziert. (Schaubild 3.2).

3.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Die Produkte der Textilindustrie lassen sich im Wesentlichen drei Produktbereichen zuordnen: den Bekleidungstextilien, den Heim- und Haustextilien sowie den technischen Textilien. Der Ausdruck „technische Textilien“ stellt einen Sammelbegriff für alle Industrietextilien und Funktionsbekleidungen dar, die nicht zu den allgemeinen Bekleidungstextilien zählen. Der Anteil der technischen Textilien an der deutschen Textilproduktion beträgt nach Schätzungen des Verbandes mittlerweile bereits 50 %.

Der Grundstoff für alle Textilprodukte ist die Faser. Weltweit wurden 1998 etwa 50 Mill. t Fasern für textile Verwendungszwecke gewonnen (Meyer 2001: 85). Bei Textilfasern unterscheidet man zwischen Chemie- und Naturfasern. Unter Naturfasern werden Pflanzenfasern wie Baumwolle, Flachs oder Jute subsumiert sowie Tierfasern, die zur Herstellung von Wolle, Seide oder Kaschmir gebraucht werden. Chemiefasern basieren auf der Rohölfraktion Naphtha. Mittels Polymerisations-, Polykondensations- und Polyadditionsverfahren werden daraus unter Einsatz fossiler Brennstoffe wie Kohle, Erdgas und Erdöl Polymere hergestellt, welche den Ausgangsstoff für die unterschiedlichen Chemiefasern wie etwa Polyester bilden. Im Jahr 2005 machten Chemiefasern 88 % des Rohstoffverbrauchs der deutschen Textilindustrie aus, Baumwolle rund 8 % (Gesamtverband textil+mode 2006: 20).

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

Die Textilindustrie

Naturfasern³ – an der eingesetzten Menge an Fasern nicht erhöhend auf den Energieverbrauch aus.

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

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

Während der Anteil der Energiekosten, der sich 2007 auf 3,0 % des Bruttoproduktionswertes der Textilindustrie belief (BMWi 2010), unbedeutend erscheint, gibt es einige Prozessschritte, vor allem die Textilveredelung, die mit relativ hohem Energieverbrauch durchaus Möglichkeiten zur Kostensenkung bieten (Kruska et al. 2001: 11, 12). Das Verhältnis von Energiekosten zu Umsatz liegt in der Textilveredelung oftmals über 10 % (Meyer et al. 2000: 532). Insbesondere ist das Imprägnieren von stofflichen Flächen zur Verwendung bei technischen Textilien vergleichsweise energieintensiv. Deren Anteil an der Gesamtproduktion wird vermutlich auch in

³ 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).

Zukunft weiter steigen und wird somit der Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs in der Textilindustrie entgegenstehen.

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

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

3.4 Die Selbstverpflichtung

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

Übersicht 3.1

Selbstverpflichtung der Textilindustrie

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

Angaben aus Gesamtverband textil+mode (2008).

Die Textilindustrie

3.5 Bis 2009 erreichte CO₂-Minderungen

Bei den spezifischen CO₂-Emissionen der Textilindustrie zeigt sich seit 1990 ein eindeutig rückläufiger Trend. Insgesamt konnten sie bis 2009 jedoch lediglich um gut 16 % verringert werden (Tabelle 3.1).

Tabelle 3.1
Index der spezifischen CO₂-Emissionen für die Textilindustrie
1990 bis 2009

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|-----------------------------------|-------|------|------|------|------|------|
| Spezifische Emissionen (1990=100) | 100,0 | 94,7 | 93,5 | 92,6 | 75,3 | 83,9 |
| Minderung in % | - | 5,3 | 6,5 | 7,4 | 24,7 | 16,1 |

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 2009 lag die Minderung des spezifischen Verbrauchs bei fast 13 % (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 2009 um fast 63 % auf 33,2 PJ. Die absoluten CO₂-Emissionen verzeichneten bis 2009 einen noch etwas höheren Rückgang. Sie sanken um 64,3 % von 5,80 auf 2,07 Mill. t. In den Jahren 2008 und 2009 wurde damit das Ziel bereits zweimal übertroffen, die Emissionen um 59 % auf 2,4 Mill. t CO₂ zu senken.

Tabelle 3.2
Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen der Textilindustrie
1990 bis 2009; Ziel: Minderung der absoluten Emissionen um 59 % bis 2012

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|-----------------------------------|-------|------|------|------|-------|-------|
| Energieverbrauch in PJ | 89,4 | 63,5 | 56,6 | 46,9 | 36,7 | 33,2 |
| Minderung in % | - | 29,0 | 36,7 | 47,6 | 59,0 | 62,9 |
| Spezifischer Verbrauch (1990=100) | 100,0 | 95,1 | 96,0 | 95,5 | 77,7 | 87,3 |
| Minderung in % | - | 4,9 | 4,4 | 4,5 | 22,3 | 12,7 |
| Emissionen in Mill. t | 5,80 | 4,10 | 3,58 | 2,95 | 2,30 | 2,07 |
| Minderung in % | - | 29,3 | 38,3 | 49,2 | 60,3 | 64,3 |
| Zielerreichungsgrad in % | - | 49,7 | 64,9 | 83,3 | 102,1 | 109,0 |

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 CO₂-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. 2009 wurden sie mit Ausnahme von schwerem Heizöl nicht mehr eingesetzt. Auch der Einsatz von Steinkohlen und Steinkohlenprodukten ist stark zurückgegangen. 2009 wurde Steinkohle lediglich noch in geringem Umfang in KWK-Anlagen zur Verstromung eingesetzt.

Der Einsatz von Erdgas und Elektrizität ist bis 2009 um fast 56 % bzw. 54 % zurückgegangen. Der Fremdstromeinsatz sank allein 2009 um mehr als 11 %. Die Veränderungen im Energiemix haben dazu geführt, dass der Anteil von Nettofremdstrom von 50,5 % im Jahr 1990 auf 62,3 % im Jahr 2009 stieg. Der Anteil von Erdgas stieg von 28 auf 32,8 %. Die Substitutionen der Energieträger trugen dazu bei, dass der Rückgang der absoluten CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 2009 etwas höher ausfiel als der des Energieverbrauches. Denn: Erdgas und Strom weisen mit 55,7 kg CO₂/GJ bzw. 68,8 kg CO₂/GJ geringere CO₂-Emissionsfaktoren auf als Braunkohle, Steinkohlenkoks oder schweres Heizöl, deren Emissionsfaktoren mit 99,7, 108,2 respektive 78,6 kg CO₂/GJ weitaus höher liegen.

Die Textilindustrie

Tabelle 3.3
Veränderungen des Energiemix der Textilindustrie

1990 bis 2009; gerundete Werte in PJ

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Steinkohlen | 0,0 | 2,6 | 1,4 | 0,9 | 0,9 | 0,5 |
| 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 | 0,3 |
| Leichtes Heizöl | 4,8 | 4,6 | 2,7 | 1,6 | 0,9 | 0,8 |
| Erdgas | 25,0 | 18,7 | 16,2 | 13,6 | 11,0 | 10,9 |
| Kokereigas | 1,9 | 0,3 | 0,3 | - | - | - |
| Primärbrennstoffe* | 44,2 | 29,2 | 21,6 | 16,6 | 13,3 | 12,5 |
| Nettofremdstrombezug | 45,2 | 34,3 | 35,1 | 30,2 | 23,4 | 20,7 |
| Energieverbrauch | 89,4 | 63,5 | 56,6 | 46,9 | 36,7 | 33,2 |

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

3.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Ausgangspunkt für viele der im Jahr 2009 laut Fortschrittsbericht der Textilindustrie durchgeführten Maßnahmen zur Energieeinsparung dürften wie bisher Vorschläge des von Kruska et al. (2001) erstellten Leitfadens „Rationelle Energienutzung in der Textilindustrie“ gewesen sein. Dort finden sich zahlreiche Strom- und Dampfeinsparmaßnahmen für die einzelnen Stufen des Produktionsprozesses, nach Kosten sowie nach Einsparpotenzialen unterteilt (Kruska et al. 2001: 128ff). Dieser Leitfaden wurde von der Arbeitsgemeinschaft Textilindustrie⁴ im Rahmen eines von der Landesinitiative Zukunftsenergien Nordrhein-Westfalens geförderten Leitprojekts angefertigt, dessen Ziel die Erstel-

⁴ 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).

lung von *Branchenenergiekonzepten* zur Verbesserung der Energieeffizienz in ausgewählten Industriesektoren ist. Spezielle Informationsveranstaltungen der beteiligten Verbände zu diesem Themenbereich haben in vielen Betrieben zur Reflektion über den eigenen Energieverbrauch geführt und entsprechende Sparmaßnahmen ausgelöst (Gesamtverband textil+mode 2007: 1).

Der Schwerpunkt des Energiebedarfs der Textilindustrie liegt in der Bereitstellung von Niedertemperaturwärme zum Aufheizen von Prozesswasser, für den Einsatz in dampfbeheizten Maschinen sowie für den Betrieb direkt mit Gas beheizter Spannrahmen. Prozesswärme wird in nahezu allen Bereichen der Textilverarbeitung benötigt. Das Hauptaugenmerk der rationellen Energienutzung liegt somit auf der Nutzung der Restwärme, insbesondere der Prozessabwässer sowie der Wärmerückgewinnung am Spannrahmen. Das Waschen bei der Garn- und Flächenveredelung dient unter anderem dem Entfernen von Schmutz und Faserrückständen. Generell kann hier mit der Reduzierung des Wasserverbrauchs auch Energie eingespart werden, da eine nahezu proportionale Beziehung zwischen Wasser- und Energieverbrauch besteht (Kruska et al. 2001: 71). Hochleistungsbreitwaschstraßen haben zusätzliche energierelevante Vorteile, die in der sehr guten Wasserausnutzung sowie einer genauen Temperaturführung bestehen (Kruska et al. 2001: 73). Darüber hinaus existieren Einsparpotenziale bei den elektrischen Antrieben der Maschinen und den Klima- und Lüftungssystemen (VIK 1998: 47).

Bei neuen Spannrahmen ist durch eine gleichmäßigere Verteilung der Luft eine effektivere und damit energiesparende Trocknung möglich. Die Antriebe bestehen 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 2010 ergab für 2009 eine Vielzahl von Maßnahmen mit unterschiedlich starken Auswirkungen auf den Energieverbrauch und damit die CO₂-Emissionen. Das Spektrum erstreckte sich von der Optimierung von Produktionsanlagen über Wärmerückgewinnung bis hin zu kleineren, schnell umsetzbaren und kostengünstigen Maßnahmen (Gesamtverband textil+mode 2010).

Die Textilindustrie

Im Rahmen der Umfrage haben 31 Unternehmen gegenüber dem Gesamtverband Angaben zu insgesamt 78 Einsparungsmaßnahmen gemacht, für 60 Maßnahmen erfolgte die Angabe der Investitionen. Die Höhe der ausgewiesenen Investitionen belief sich auf insgesamt rund 7,9 Mill. €. Der Umfang der Einsparungen war nicht immer nachvollziehbar, da teilweise nur relative Einsparungen ausgewiesen wurden. Eine Auswahl von Maßnahmen, die 2009 umgesetzt wurden, und für die der Verband detaillierte Angaben bereitgestellt hat, gibt Übersicht 3.2 wieder. Insgesamt wurden mit diesen Maßnahmen jährliche CO₂-Einsparungen von 1 484 Tonnen erreicht.

Übersicht 3.2

Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Reduktion aus Betrieben der Textilindustrie

2009; gerundete Werte

| Maßnahmen | Energieeinsparungen pro Jahr | CO ₂ -Einsparung pro Jahr ¹ |
|--|------------------------------|---|
| Badfärbeanlage: Abwärmenutzung der heißen Abwässer aus den Färbeapparaten. Die zurückgewonnene Wärme wird zur Vorwärmung von Frischwasser und Färbekesselzusatzwasser sowie zur Heizungsunterstützung verwendet. | Gas: 5 500 MWh | 1 001 t |
| Wasserenthärtungsanlage | Erdgas: 1 101 MWh | 200 t |
| Strickerei: Optimierung der Klimaanlage Strickerei nach Produktionsbedarf | Strom: 423 MWh | 283 t |

Gesamtverband textil+mode (2010). – 1) Die Einsparungen wurden mit Hilfe der im Monitoring verwendeten CO₂-Faktoren berechnet.

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

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

Tabelle 3.4
Investitionen der Textilindustrie
1995 bis 2008

| | 1995 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Investitionen, in Mill. € | 672 | 628 | 568 | 400 | 391 | 417 | 392 | 434 | 721 | 364 |
| Investitionsquote, in % (Investitionen/Umsatz) | 4,1 | 4,0 | 3,7 | 2,8 | 2,9 | 3,1 | 3,0 | 3,3 | 5,5 | 2,9 |
| Investitionsintensität (Investitionen in € je Beschäftigtem) | 4 461 | 5 167 | 4 788 | 3 628 | 3 842 | 4 383 | 4 440 | 5 247 | 8 862 | 4 601 |

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 2009 etwa in dieser Größenordnung. Lediglich 2007 wurden erstmals wieder Investitionen in größerem Umfang getätigt. Mit dem Rückgang der Investitionen sank die Investitionsquote. Seit 2002 lag sie bei etwa 3 % im Vergleich zu gut 4 % bis zu Beginn dieses Jahrhunderts.

3.8 Zusammenfassung und Bewertung

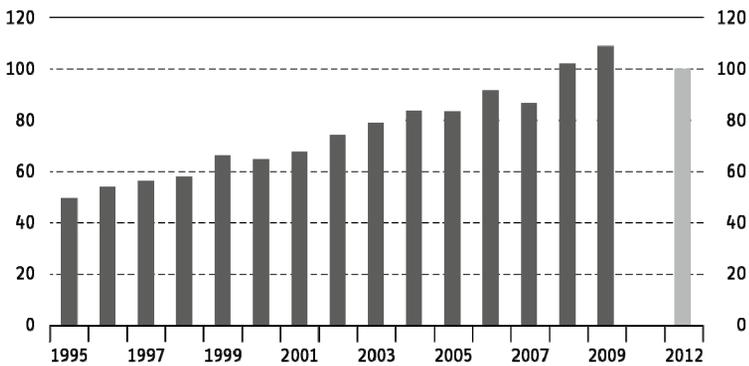
Das 2008 neu formulierte Ziel einer absoluten Minderung um 3,4 Mill. t CO₂ bzw. 59 % gegenüber 1990 wurde bereits im selben Jahr übertroffen (Schaubild 3.4). Der Zielerreichungsgrad lag 2009 sogar bei 109 %. Treibende Kraft ist hier jedoch der anhaltende Rückgang der Produktion von Textilerzeugnissen, 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 2009 einen Anteil am Energieverbrauch von fast 33 %, der Anteil von Erdgas und Strom betrug zusammen bereits rund 95 %. Zur Substitution kohlenstoffreicher Brennstoffe durch Erdgas verbleiben allein Steinkohle, Heizöl und Flüssiggas, deren Anteile 2009 zusammen aber weniger als 5,0 % betragen. Der vollständige Ersatz dieser fossilen Brennstoffe durch Erdgas würde nach unseren Berechnungen bei unverändertem Energieverbrauch zu Einsparungen von lediglich rund 60 000 t CO₂ 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 2009; in %



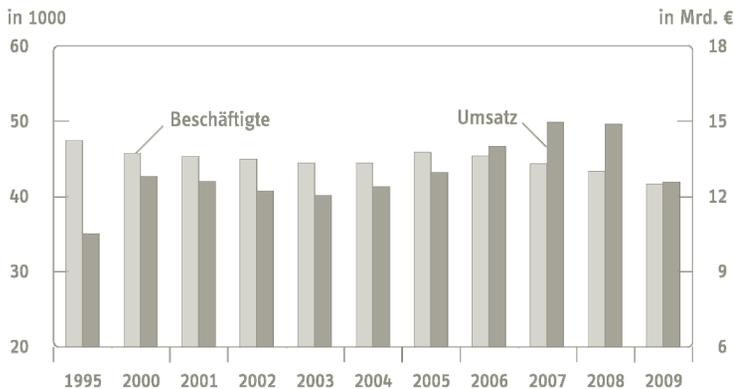
Eigene Berechnungen.

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 CO₂-Emissionen gegenüber 1990 in Wirklichkeit bedeutend größer war, denn der Verbrauch und die Emissionen der Textilunternehmen der neuen Bundesländer sind nicht in den Werten für das Basisjahr 1990 enthalten.

4. Die Zellstoff- und Papierindustrie

Die deutsche Zellstoff- und Papierindustrie produziert neben einer Reihe unterschiedlicher Papiersorten auch einen Teil der für die Papierherstellung benötigten Ausgangsstoffe Zell- und Holzstoff und bereitet zudem Altpapier als Rohstoff in der Papierproduktion auf. Im Jahr 2009 setzte die Branche annähernd 12,6 Mrd. € um und beschäftigte fast 42 000 Personen (Schaubild 4.1). Auch die Papierindustrie war von den Auswirkungen der Wirtschaftskrise betroffen: im Vergleich zum Vorjahr sank der Umsatz um 16 %, die Beschäftigung sank dagegen nur um 4 %.

Schaubild 4.1
Umsatz und Beschäftigte in der Zellstoff- und Papierindustrie
 1995 bis 2009



Nach Angaben des VDP (2010).

Die deutsche Papierindustrie steht in einem regen internationalen Wettbewerb: Rund 43 % des Absatzes deutscher Papierfabriken gehen in den Export (VDP 2010: 41). Gemessen an der Papierproduktion ist die deutsche Papierindustrie der europaweit größte Erzeuger und war 2008 nach den USA, China und Japan der weltweit viertgrößte Papiererzeuger.

Rund 72 % der in der Papierproduktion eingesetzten Faserstoffe wird aus dem Einsatz von Altpapier gewonnen (VDP 2010: 55), welches vorwiegend aus inländischen Aufkommen stammt. Die darüber hinaus für die Papierherstellung benötigten Faserstoffe werden zum großen Teil importiert. Nach Angaben des VDP betragen 2009 die Nettoimporte an Zellstoff 2,3 Mill. t, rund 54 % des Zellstoffverbrauchs; an

Die Zellstoff- und Papierindustrie

Holzstoff wurden 2009 etwa 133 500 t netto importiert, dies entspricht rund 11 % des Holzstoffeinsatzes in der Papierindustrie (VDP 2010: 55-57).

4.1 Datenbasis

Unter der verwendeten Bezeichnung „Zellstoff- und Papierindustrie“ werden die Industrieunternehmen der Papierproduktion einschließlich der Erzeugung von Zell-, Holz- und anderer Faserstoffe zusammengefasst. Das Statistische Bundesamt führt die Papierindustrie in der Wirtschaftszweigklassifikation WZ2008 unter der Position 17.1: „Herstellung von Holz- und Zellstoff, Papier, Karton und Pappe“. Die Herstellung von Waren aus Papier ist indessen nicht Gegenstand des Monitorings.

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

Für das Basisjahr 1990 sind in der amtlichen Statistik lediglich Energiedaten für die alten Bundesländer verfügbar. Um zu gesamtdeutschen Angaben für 1990 zu gelangen, errechnete der VDP den Energieeinsatz der Papierfabriken der ehemaligen DDR aus Daten des ehemaligen VEB-Kombinats „Papier“ (VDP 2009b: 1).

Seit 2003 wird für die Energieverbrauchsdaten auf eine Verbandserhebung zurückgegriffen, die der VDP unter seinen Mitgliedsfirmen durchführt. 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 2009 den Energieverbrauch von etwa 87 % der gesamten deutschen Papierproduktion wider. Da die Papierindustrie ein spezifisches Emissionsminderungsziel je erzeugter Einheit Papier formuliert hat, erfolgt die Begutachtung der Zielerfüllung unter Rückgriff auf die Werte der Verbandsstichprobe. Um indessen Vergleichbarkeit mit den industrieweiten Angaben zu Umsatz und Beschäftigung zu wahren, werden die für die

Zielüberprüfung nicht relevanten deskriptiven Statistiken zu Energieverbrauch und CO₂-Emissionen 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 CO₂-Emissionen der Branche. Die sich daraus errechnende Zielerfüllung des Emissionsminderungsziels kann daher als deren untere Grenze verstanden werden.

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

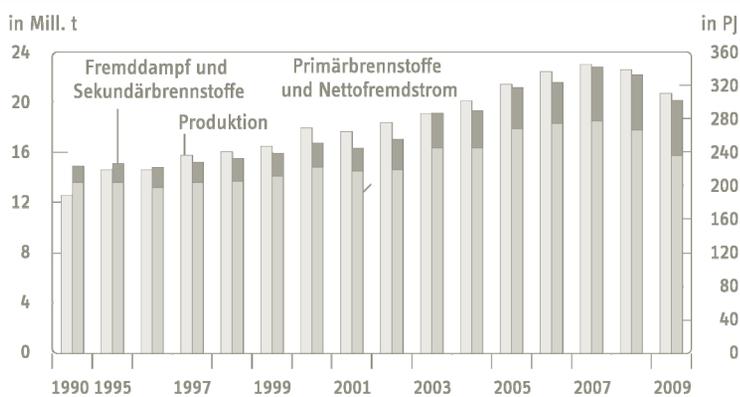
4.2 Energieverbrauch und Produktion

Der auf die deutsche Papierindustrie hochgerechnete Energieverbrauch betrug 2009 insgesamt etwa 302 PJ. Darin enthalten sind 19 PJ Fremddampf und gut 46 PJ aus Sekundärbrennstoffen. Unter Abzug dieser beiden Energieträger ergibt sich für das Monitoring ein emissionsrelevanter Verbrauch an Primärenergieträgern und Nettofremdstrombezug von hochgerechnet etwa 236 PJ im Jahr 2009. Im Vergleich zum Vorjahr sank der gesamte Energieverbrauch – einschließlich Dampf und Sekundärbrennstoffen – um rund 7 %. Im Vergleich zu 1990 ist ein Anstieg des gesamten Energieverbrauchs um knapp 35 % zu beobachten (Schaubild 4.2). Die Produk-

Die Zellstoff- und Papierindustrie

tion stieg zwischen 1990 und 2009 mit 64 % deutlich stärker, gegenüber 2008 ist jedoch ein Rückgang von 8,5 % zu verzeichnen.

Schaubild 4.2
Produktion und Energieeinsatz in der Papierindustrie
1990 bis 2009



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 1990 wurden etwa 7,2 PJ Fremddampf und 13,8 PJ Sekundärbrennstoffe verbraucht; in Summe rund 9 % des gesamten Energieverbrauchs. Bis 2009 wuchs die Menge an fremdbezogenem Dampf auf 19,4 PJ; die Menge an verbrauchten Sekundärbrennstoffen stieg auf 46,4 PJ. Somit hat sich der Einsatz von Sekundärbrennstoffen und Fremddampf zwischen 1990 und 2009 mehr als verdreifacht, während der Energieverbrauch der Papierindustrie insgesamt um nur um 35 % gestiegen ist. In der Folge entfallen im Jahr 2009 fast 22 % des gesamten Energieverbrauchs der Papierindustrie auf Fremddampf und Sekundärbrennstoffe.

Tabelle 4.1
Energieträgermix in der Papierindustrie
 1990 bis 2009, in PJ

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Steinkohle (-erzeugnisse) | 26,2 | 28,9 | 20,6 | 15,6 | 21,1 | 21,1 | 18,5 | 17,1 |
| Braunkohle (-erzeugnisse) | 18,2 | 6,1 | 4,5 | 3,5 | 3,8 | 3,7 | 3,7 | 3,7 |
| Mineralöl (-erzeugnisse) | 26,7 | 16,8 | 4,6 | 3,5 | 4,1 | 3,7 | 2,7 | 2,4 |
| Erdgas | 51,1 | 69,8 | 79,6 | 104,8 | 102,3 | 110,3 | 103,7 | 94,8 |
| sonstige Brenngase | 0,3 | - | - | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,6 |
| Fremdstrom | 80,6 | 81,9 | 112,7 | 140,0 | 142,1 | 138,8 | 133,0 | 117,4 |
| emissionsrelevanter Energieverbrauch | 203,0 | 203,4 | 222,1 | 267,4 | 273,6 | 277,8 | 261,7 | 236,0 |
| + Fremddampf | 7,2 | 6,2 | 8,1 | 14,4 | 16,0 | 14,3 | 16,9 | 19,4 |
| + Sekundärbrenn- stoffe | 13,8 | 17,6 | 21,0 | 36,0 | 34,2 | 50,1 | 47,2 | 46,4 |
| gesamter Energieverbrauch | 223,9 | 227,2 | 251,2 | 317,9 | 323,8 | 342,3 | 325,8 | 301,7 |

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

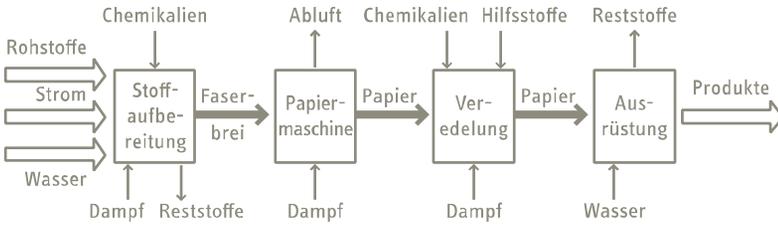
4.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

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 20,9 Mill. t Papiererzeugnisse wurden 2009 mehr als 14,8 Mill. t Altpapier eingesetzt; dies ergibt eine Altpapiereinsatzquote von rund 71 % (VDP 2010:55). Daneben wurden noch etwa 4,3 Mill. t Zellstoff, 1,3 Mill. t Holzstoff und 0,03 Mill. t sonstige Faserstoffe für die Papierproduktion aufgewendet.

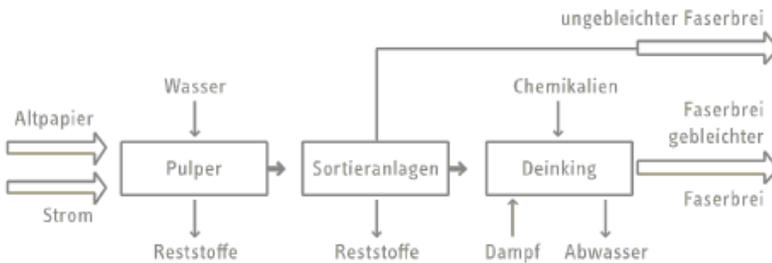
Die Zellstoff- und Papierindustrie

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 Zer-

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

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

4.4 Die Selbstverpflichtung

Der VDP hat in seiner Verpflichtung vom 21.12.2000 erklärt, dass er auf seine Mitgliedsfirmen einwirken wird mit dem Ziel, die spezifischen CO₂-Emissionen der Zellstoff- und Papierfabriken aus dem Einsatz fossiler Brennstoffe und Fremdstrom bis 2012 gegenüber 1990 um 35 % zu verringern (Übersicht 4.1). 1990 wurden nach den Angaben des VDP in Deutschland knapp 12,8 Mill. t Papiererzeugnisse produziert. Hierbei wurden rund 14,4 Mill. t CO₂ emittiert (Buttermann, Hillebrand 2002: 147). Für 1990 errechnet sich daraus ein spezifischer CO₂-Ausstoß von ca. 1130 kg/t. Ziel der Selbstverpflichtung ist demnach, bis 2012 eine Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen auf rund 734 kg/t zu erreichen.

Die Zellstoff- und Papierindustrie

Übersicht 4.1

Selbstverpflichtung der Papierindustrie

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

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

4.5 Bis 2009 erreichte CO₂-Minderungen

Die CO₂-Emissionen der Zellstoff- und Papierindustrie beliefen sich 2009 hochgerechnet auf etwa 15 Mill. t und lagen damit nur gut 4 % über dem Wert von 1990 (Tabelle 4.2). Zeitgleich nahm die Produktion um rund 64 % zu, von 12,8 Mill. t Papier im Jahr 1990 auf 20,9 Mill. t im Jahr 2009. Infolgedessen nahmen die spezifischen CO₂-Emissionen je t Papierproduktion zwischen 1990 und 2009 um 36 % auf etwa 721 kg CO₂/t Papier ab. Die Papierindustrie hat somit ihr spezifisches Emissionsziel bereits im Jahr 2009 erreicht.

Tabelle 4.2

CO₂-Emissionen der Papierindustrie

1990 bis 2009; Minderungsziel bis 2012: 734 kg CO₂/t bzw. -35 % im Vergleich zu 1990

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|-------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Produktion | 12,8 | 14,8 | 18,2 | 21,7 | 22,7 | 23,3 | 22,8 | 20,9 |
| CO ₂ Mill. t | 14,4 | 13,8 | 14,4 | 17,0 | 17,6 | 17,8 | 16,7 | 15,1 |
| spez. CO ₂ in kg/t | 1130 | 928 | 793 | 784 | 776 | 763 | 732 | 721 |
| Minderung | | 17,9% | 29,8% | 30,6% | 31,3% | 32,5% | 35,2% | 36,1% |
| Zielerreichung | | 51,1% | 85,1% | 87,5% | 89,4% | 93% | 101% | 103% |

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 2009 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. Zellstoffablaugung oder Holzrinde) am gesamten Energieverbrauch von unter 10 % im Jahr 1990 auf 22 % im Jahr 2009 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 71 % der Papierproduktion wird 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 84 % im Jahr 2009 abgenommen hat. Demgegenüber hat der Anteil der inländischen Zellstoffproduktion am Verbrauch nur um sieben Prozentpunkte zugelegt.

Tabelle 4.3
Entwicklung der Rohstoff- und Energieintensität
 1990 bis 2009

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>Altpapiereinsatzquote:</i> | | | | | | | | |
| Verbrauch an Altpapier in % der Papierproduktion | 49% | 58% | 60% | 66% | 67% | 68% | 68% | 71% |
| <i>Holzstoff:</i> | | | | | | | | |
| Anteil der inländischen Produktion am inländischen Verbrauch | 95% | 90% | 86% | 88% | 86% | 89% | 85% | 84% |
| <i>Zellstoff:</i> | | | | | | | | |
| Anteil der inländischen Produktion am inländischen Verbrauch | 27% | 19% | 20% | 28% | 29% | 30% | 32% | 34% |
| <i>Energieintensität, bezogen auf emissionsrelevanten Energieverbrauch (in GJ/t)</i> | | | | | | | | |
| | 15,9 | 13,7 | 12,2 | 12,3 | 12,1 | 11,9 | 11,5 | 11,3 |
| <i>Energieintensität, bezogen auf gesamten Energieverbrauch (in GJ/t)</i> | | | | | | | | |
| | 17,5 | 15,3 | 13,8 | 14,7 | 14,3 | 14,7 | 14,3 | 14,4 |

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 2009 um 29 % auf 11,3 GJ/t. Bezieht man den Bezug an Fremddampf und den Verbrauch an Sekundärenergieträgern in die Betrachtung mit ein, so wurde 2009 rund 18 % weniger Energie je t Papiererzeugung verbraucht.

Die Zellstoff- und Papierindustrie

4.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die Emissionsminderungsmaßnahmen der Papierindustrie des Jahres 2009 sind in einem umfangreichen Zusatzdokument zum 9. Zwischenbericht der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie aufgeführt (VDP 2010b). Beide Dokumente stehen als Download auf den Seiten des RWI zur Verfügung. Die Projektdokumentation nennt ein Investitionsvolumen von insgesamt 174 Mill €. Damit entfielen knapp 24 % aller Bruttoanlageinvestitionen der Papierindustrie des Jahres 2009 auf energieeinsparende Projekte (Tabelle 4.4).

Tabelle 4.4
Investitionen in den Betrieben der Papierindustrie
1990 bis 2008

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|--------------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
| Investitionen in Mill. € | 1 023 | 573 | 1 040 | 655 | 720 | 820 | 485 | 743 |
| Investitionsquote in % | k.A. | 5,4 | 8,1 | 5,1 | 5,1 | 5,5 | 3,3 | 6,0 |
| Investitionsintensität | 12,4 | 12,1 | 22,7 | 14,3 | 15,8 | 18,5 | 11,2 | 17,8 |

Nach Angaben aus VDP (2010:67). Investitionsquote: Investitionen/Umsatz,
Investitionsintensität: Investitionen in 1000€ pro Beschäftigten.

Die Projektdokumentation nennt als Wirkung der durchgeführten Klimaschutzprojekte eine jährliche Einsparung von etwa 160 GWh Strom und etwa 423 GWh Brennstoffe bzw. Wärme. Diese Energieeinsparung dürfte indessen die tatsächliche Einsparung noch unterschätzen, da nicht zu allen Investitionsprojekten auch entsprechende Minderungsmengen berichtet wurden. Insbesondere fehlen diese Angaben für die beiden größten Einzelposten der Liste – die Fertigstellung einer Kesselanlage bei der Steinbeis Papier Glückstadt GmbH (Investitionsvolumen: 98 Mill. €) und der Inbetriebnahme einer neuen Entnahmekondensationsturbine mit KWK-Kopplung im Werk Albruck der Myllykoski-Gruppe (Investitionsvolumen: 20 Mill. €).

4.8 Zusammenfassung und Bewertung

In ihrer Selbstverpflichtung aus dem Jahr 2000 hat die Zellstoff- und Papierindustrie eine Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um 35 % gegenüber 1990 zugesagt. Ausgehend von 1 130 kg CO₂ je Tonne Papierproduktion entspricht dies einer Zielgröße von 734 kg CO₂/t.

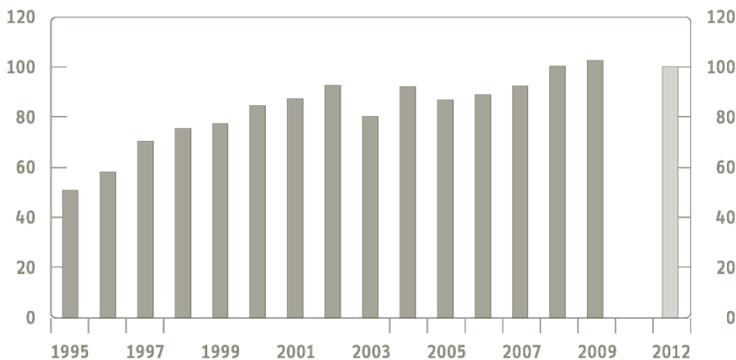
Durch die Neuordnung der amtlichen Energiestatistik im Jahr 2003 wurde eine Umstellung der Datenbasis auf eine Verbandserhebung zum Energieverbrauch der Branche notwendig. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass in der dafür befragten Stichprobe vergleichsweise große Unternehmen leicht überreprä-

sentiert, kleine Unternehmen hingegen unterfrequentiert sind. Nach Angaben des VDP ist die Unternehmensgröße ein Indiz für den verwendeten Energieträgermix: kleine Unternehmen verwenden vorwiegend kohlenstoffarmes Erdgas, während CO₂-intensive Kohle(erzeugnisse) eher in größeren Unternehmen zur Nutzenergieerzeugung Verwendung findet. In der Folge dürften die tatsächlichen CO₂-Emissionen niedriger ausfallen als die hier hochgerechneten Werte, was wiederum niedrigere spezifische CO₂-Emissionen als die hier verwendeten impliziert.

Dessen ungeachtet hat die Papierindustrie ihr Reduktionsziel bereits erreicht. Dies ist umso bemerkenswerter, da die Wirtschaftskrise in anderen Wirtschaftssektoren zu einer schlechteren Anlagenauslastung und in der Folge zu schlechteren spezifischen Emissionswerten geführt hat. Die Papierindustrie konnte ihren spezifischen Emissionswert im Jahr 2009 gegenüber dem Vorjahr sogar noch verbessern: Im Jahr 2009 wurden rund 721 kg CO₂/t emittiert, dies entspricht einer Reduktion gegenüber 2008 um 11 kg/t, im Vergleich zum Referenzjahr wurden die spezifischen Emissionen um 36,1 % gesenkt (Schaubild 4.5). Angesichts einer Zielerfüllung von 103 % im Jahr 2009 ist zu erwarten, dass die Papierindustrie ihre Klimaschutzzusage auch im Jahr 2012 erfüllt.

Schaubild 4.5 Zielerreichungsgrade der Papierindustrie

1995 bis 2009; in %



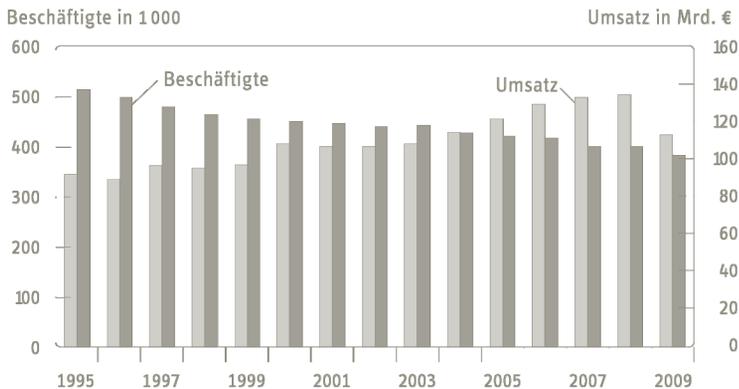
Eigene Berechnungen.

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. Auch die Chemische Industrie war von den konjunkturellen Verwerfungen des Jahres 2009 stark betroffen. Der Umsatz sank im Vergleich zu 2008 um fast 16 % auf ca. 114 Mrd. € (Schaubild 5.1), wobei die energieintensive Basischemie besonders ausgeprägte Umsatzeinbrüche zu verkräften hatte. Mit rund 65 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 8 % (VCI 2009).

Schaubild 5.1
Umsatz und Beschäftigte der Chemischen Industrie
1995 bis 2009; 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 2009 ca. 383 000 Personen (in Abgrenzung der fachlichen Betriebsteile). Im Vergleich zu 2008 sank die Beschäftigtenzahl der Chemischen Industrie um etwa 17 000 Personen (StaBuA/FS4/R4.1.1).

5.1 Datenbasis

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

Übersicht 5.1

Branchenabgrenzung der Chemischen Industrie

WZ2003 und WZ2008 im Vergleich

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

Produktionswerte/-indizes

Die Branche weist ein großes Spektrum an Produkten auf. Aus diesem Grund ist in den früheren Berichtsjahren die Produktionsentwicklung mit Hilfe eines Indexwertes angegeben worden. Dieser wurde regelmäßig vom Statistischen Bundesamt für die WZ-Nr. 24 in der Fachserie 4, Reihe 2.1 veröffentlicht. Mit der Umstellung auf WZ2008 und der damit verbundenen Neuabgrenzung der Branche in die Nummern 20 und 21 wird nunmehr vom Statistischen Bundesamt für jeden der beiden Subsek-

Die Chemische Industrie

toren ein eigener Produktionsindex veröffentlicht, der nicht unmittelbar mit dem bisherigen Index für die WZ-Nr.24 vergleichbar ist.

Um im Rahmen des Monitorings Konsistenz in der Zeitreihe der spezifischen Energieverbräuche zu gewährleisten, wurde für das Berichtsjahr 2009 ein Produktionsindex errechnet, der die Branchenabgrenzung der chemischen Industrie nach Maßgabe der abgelösten WZ2003 nachzeichnet. Analog zu dem amtlichen Produktionsindex des Statistischen Bundesamtes wurde dafür die „Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten“ (BWS-F) der einzelnen chemischen Subsektoren herangezogen. So betrug die BWS-F der chemischen Industrie nach Abgrenzung der WZ2003 Nr.24 im Jahr 2000 etwa 39,1 Mrd. Euro, von denen rund 8,8 Mrd. Euro auf die Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen entfiel (StabuA 2010). Eine entsprechende Aufteilung lässt sich auch für die Jahre 2007 bis 2009 vornehmen (Tabelle 5.1). Bezieht man die Summe der BWS-F der Einzelsektoren jeweils auf das Referenzjahr 2000, ergibt sich der für das Monitoring geschaffene Produktionsindex (Zeile 3, Tabelle 5.1). Zu Vergleichszwecken ist der vom Statistischen Bundesamt bis 2007 veröffentlichte Produktionsindex in der letzten Zeile von Tabelle 5.1 abgetragen. Erkennbar ist, dass der amtliche Index für 2007 bis 2009 geringfügig unter den errechneten Werten liegt. Eine mögliche Abweichung könnte in Rundungsdifferenzen bei den einzelnen Rechenschritten liegen.

Tabelle 5.1
Bruttowertschöpfung und Produktionsindex der Chemischen Industrie
 Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten in 1000 Euro

| | 2000 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---|------------|------------|------------|------------|
| Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten | 30 285 013 | 47 467 840 | 46 408 683 | 41 803 144 |
| Davon Erzeugung von pharmazeutischen Erzeugnissen | 8 802 352 | 15 588 860 | 15 973 279 | 15 668 395 |
| Produktionsindex | 100 | 121,4 | 118,7 | 106,9 |
| Produktionsindex nach StaBuA | 100 | 120,5 | 117,0 | - |

Nach Angaben des Statistischen Bundesamts, Fachserie 4, Reihe 2.1, Ausgaben Dezember 2008 und Dezember 2009, sowie der jährlichen Kostenstrukturerhebung im Verarbeitenden Gewerbe.

Daten zum Energieverbrauch

Als wesentliche Datengrundlage für die Ermittlung des Energieverbrauchs und die Berechnung der CO₂-Emissionen dient seit dem Berichtsjahr 2003 die Energieverwendungserhebung für das Produzierende Gewerbe des Statistischen Bundesamtes. Da diese amtlichen Daten mitunter erst 18 Monate nach Abschluss des entsprechenden Kalenderjahres verfügbar werden, ist die Nutzung der amtlichen Energieverwendungserhebung für das CO₂-Monitoring angesichts des verkürzten Zeitrahmens für die Berichterstellung nicht mehr möglich. Der Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) hat daher ein Extrapolationsverfahren für den Energieverbrauch entwickelt, welches auf einer Befragung von für den Energieverbrauch der Branche repräsentativen Mitgliedsunternehmen des VCI aufbaut, mit dem Ziel, zeitnah belastbare Angaben über den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen des vergangenen Kalenderjahres machen zu können. Die Verbandsbefragung orientiert sich an dem Vorgehen der amtlichen Energieverwendungserhebung und unterscheidet explizit zwischen energetisch genutzten und rohstoffbedingt eingesetzten Mengen an Energieträgern. Eine solche Unterscheidung ist aufgrund der Selbstverpflichtung der Branche notwendig. Die vom VCI befragten Mitgliedsunternehmen repräsentieren aktuell rund 2/3 des branchenweiten Strom- und Erdgasverbrauchs – die beiden für die Chemische Industrie wichtigsten Energieträger – und bilden daher eine gute Grundlage für die anschließende Extrapolation.

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

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

Die Chemische Industrie

Emissionen an Lachgas

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

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

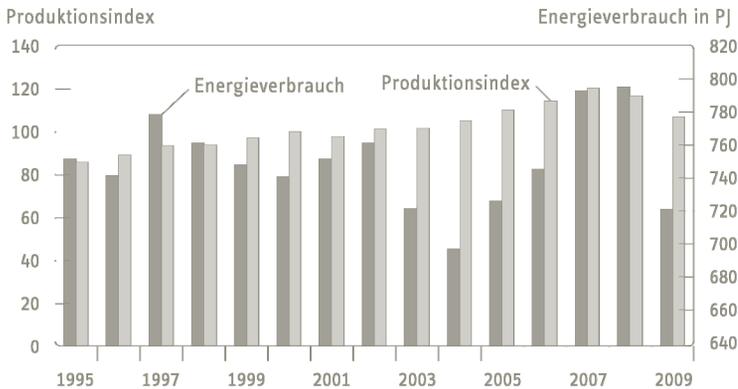
5.2 Energieverbrauch und Produktion

Die Chemische Industrie gehört zu den größten Energieverbrauchern im produzierenden Gewerbe. Bis 2004 nahm der Energieverbrauch im Zeitablauf ab und stieg angesichts einer stark steigenden Chemieproduktion danach wieder an, auf rund 795 PJ im Jahr 2008 (Schaubild 5.2). Im Jahr 2009 sanken aufgrund der Wirtschaftskrise sowohl die Produktion – der Produktionsindex lag 2009 etwa 10 Prozentpunkte unter seinem Vorjahreswert – als auch der Energieverbrauch. Dieser lag im Jahr 2009 bei noch – prognostiziert – 722 PJ (ohne den rohstoffbedingten Bedarf an fossilen Brennstoffen).

Schaubild 5.2

Produktionsindex (2000 = 100) und Energieverbrauch der Chemischen Industrie

1995 bis 2009, Energieverbrauch ohne rohstoffbedingte Anteile



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

5.3 Ausgewählte Produktionsprozesse

Eine Besonderheit der Chemischen Industrie im Rahmen des Monitoring ist 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 CO₂ und schließt zudem eine Minderung der Emissionen von klimapotentem Lachgas (N₂O) mit ein. Der rohstoffbedingte Verbrauch an Energieträgern wird daher bereits bei der VCI-Verbandserhebung aus dem gesamten Energieverbrauch herausgerechnet. Die derzeit verfügbaren amtlichen Daten zeigen für die Jahre 1995 bis 2007, dass besonders die Energieträger Steinkohle, schweres Heizöl und Erdgas als Rohstoff in den Produktionsprozessen der Chemischen Industrie noch von Bedeutung sind (Tabelle 5.2). Hauptrohstoff ist und bleibt Rohbenzin (Naphtha) als Erdölraffinationsprodukt.

Insbesondere zur Herstellung von chemischen Grundstoffen werden fossile Energieträger als Rohstoff verwendet. Beispielsweise dient schweres Heizöl als Ausgangsstoff für die Produktion von Synthesegas zur Herstellung von Methanol, welches wiederum einer der zentralen chemischen Ausgangsstoffe ist. Auch Erdgas wird in Synthesegas umgewandelt und findet in der Produktion von Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Ammoniak oder Methanol Verwendung.

Die Chemische Industrie

Tabelle 5.2
Energetischer und nichtenergetischer Verbrauch an Energieträgern

1995 bis 2008, gerundete Werte in PJ

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

Quelle: Statistisches Bundesamt - Erhebung der Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie nach Angaben des VCI im Rahmen des Monitoring. Amtliche Energieverwendungsdaten für 2009 waren bei Fertigstellung des vorliegenden Berichts noch nicht verfügbar.

5.4 Die Selbstverpflichtungserklärung

Der Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) hat im März 1996 eine Klimaschutzklärung für die Chemische Industrie abgegeben. Diese bezieht sich explizit auf die Reduzierung des *energiebedingten* Bedarfs fossiler Brennstoffe und der daraus folgenden CO₂-Emissionen und grenzt den rohstoffbedingten Bedarf aus. Im Januar 2001 wurde eine weiterentwickelte Selbstverpflichtungserklärung für die Chemische Industrie abgegeben. Mit ihr verschärft die Chemische Industrie nicht nur ihre Ziele gegenüber ihrer Erklärung von 1996, sondern bezieht neben Kohlendioxid (CO₂) weitere Klimagase in die Verpflichtung ein.

Neben Kohlendioxid spielt nur noch Lachgas (N₂O) eine wesentliche Rolle für die Klimaschutzklärung der Chemischen Industrie. N₂O-Emissionen haben eine um den Faktor 310 höhere Treibhausgasrelevanz als CO₂, d. h. jede Tonne N₂O-Emission ist genauso treibhauswirksam wie 310 Tonnen CO₂. Als wesentliche N₂O-Quelle nennt der VCI die Herstellung von Adipin- und Salpetersäure. Die Emissionen an fluorierten Gasen (Halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe und Perfluorcarbone sowie Schwefelhexafluorid) sind nach Aussagen des VCI (2001) bereits in den Produktionsprozessen soweit minimiert worden, dass diese nicht mehr von Relevanz sind.

Konkret verpflichtet sich die Chemische Industrie in ihrer weiterentwickelten Selbstverpflichtungserklärung, ihre energiebedingten CO₂-Emissionen und die N₂O-Emissionen bis 2012 um 45 % bis 50 % gegenüber 1990 zu senken (Übersicht 5.2). Zu den im Rahmen des Monitoring festgestellten emittierten 65,5 Mill. T CO₂ im Jahr

1990 werden daher die in CO₂-Äquivalenten ausgedrückten Lachgas-Emissionen von etwa 23,8 Mill. t hinzugerechnet (UBA 2008). Daraus ergibt sich für das Basisjahr 1990 insgesamt eine Ausgangsgröße von 89,3 Mill. t CO₂-Äquivalenten. Vor dem Hintergrund der weiterentwickelten Selbstverpflichtungserklärung resultiert daraus für die Chemische Industrie ein Zielkorridor von 45 bis 49 Mill. t CO₂-Äquivalenten für das Jahr 2012 (VCI 2001). Darüber hinaus verpflichtet sich die Chemische Industrie zur weiteren Verbesserung der Energieeffizienz: Der spezifische Energieverbrauch soll zwischen 1990 und 2012 um 35 % bis 40 % reduziert werden.

Übersicht 5.2

Die Selbstverpflichtungserklärungen der Chemischen Industrie

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

Nach Angaben des VCI (2001).

5.5 Bis 2009 erreichte Energieverbrauchs- und Treibhausgasminderungen

Der energiebedingte Verbrauch an fossilen Brennstoffen beläuft sich 2009 geschätzt auf rund 722 PJ. Dies entspricht einer Minderung von rund 21 % im Vergleich zum Basisjahr 1990. Im selben Zeitraum stieg der Produktionsindex um etwa 28 %, so dass der spezifische Energieverbrauch je Einheit Produktionsindex sank. Insgesamt ist eine Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs zwischen 1990 und 2009 von etwa 38,4% zu beobachten. Dies entspricht einem Erfüllungsgrad von rund 110 % für das Energieeffizienzziels der Branche (Tabelle 5.3).

Mit Blick auf die Zusage, die energiebedingten CO₂- und die N₂O-Emissionen in der Summe um 45 % bis 50 % zu senken, ist die Chemische Industrie ein deutliches Stück voran gekommen. Im Jahr 2008 betragen die energiebedingten CO₂-Emissionen rund 50,5 Mill. t. Im Jahr 2009 sank dieser Wert – sicherlich auch konjunkturell bedingt – auf noch 45,9 Mill. t CO₂. Die N₂O-Emissionen betragen nach Angaben des VCI 2009 rund 9,77 Mill. t CO₂-Äquivalente. In der Summe belaufen sich die Emissionen dieser beiden Treibhausgase 2009 auf rund 55,7 Mill. t CO₂-Äquivalente, gleichbedeutend mit einer Minderung von rund 38 % gegenüber dem Basisjahr 1990 (Tabelle 5.4). Damit sind annähernd 84 % des Treibhausgas-Minderungsziels von der Chemischen Industrie bis 2009 umgesetzt worden.

Die Chemische Industrie

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

1990 bis 2009; ohne rohstoffbedingten Brennstoffverbrauch

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Energieverbrauch in PJ | 915,8 | 752,1 | 741,7 | 726,9 | 746,1 | 793,3 | 795,7 | 721,9 |
| Energieverbrauch, 2000=100 | 123,5 | 101,4 | 100,0 | 98,0 | 100,6 | 107,0 | 107,3 | 97,3 |
| Produktionsindex, 2000=100 | 83,5 | 86,0 | 100,0 | 110,0 | 114,5 | 120,5 | 117,0 | 106,9 |
| Spezifischer Energieverbrauch, 2000=100 | 147,9 | 117,9 | 100,0 | 89,1 | 87,9 | 88,8 | 91,7 | 91,0 |
| Minderung in % | | 20,3 | 32,4 | 39,7 | 40,6 | 40,0 | 38,0 | 38,4 |
| Zielerreichungsgrad in % (Energieeffizienz) | | 57,9 | 92,5 | 113,6 | 116,0 | 114,2 | 108,6 | 109,8 |

Eigene Berechnungen nach Angaben des VCI im Rahmen des Monitoring.

Der VCI weist darauf hin, dass das nach wie vor relativ hohe Niveau der N₂O-Emissionen vorwiegend auf Stillstände an Abluftreinigungsanlagen, die noch nicht redundant ausgelegt sind, zurückzuführen ist. Da N₂O nur von sehr wenigen Produktionsanlagen emittiert wird, hat die Außerbetriebnahme einer Abluftreinigung teilweise eine erhebliche Wirkung auf die N₂O-Emissionsmenge. Bis zum Ende des Selbstverpflichtungszeitraumes 2012 ist eine redundante Auslegung der N₂O-Abluftreinigungsanlagen vorgesehen, so dass spätestens bis 2012 mit einer Stabilisierung der N₂O-Emissionen auf sehr viel niedrigerem Niveau zu rechnen ist.

Tabelle 5.4
Entwicklung der Treibhausgasemissionen

1990 bis 2009; in Mill. t CO₂-Äquivalente; ohne rohstoffbedingte Emissionen

| | 1990 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| CO ₂ -Emissionen | 65,5 | 48,3 | 45,8 | 47,4 | 50,5 | 50,5 | 45,9 |
| N ₂ O-Emissionen | 23,8 | 8,5 | 8,0 | 7,1 | 9,8 | 9,4 | 9,8 |
| Insgesamt | 89,3 | 56,8 | 53,8 | 54,5 | 60,3 | 59,9 | 55,7 |
| Minderung in % | - | 36,4 | 39,8 | 39,0 | 32,5 | 32,9 | 37,6 |
| Zielerreichungsgrad in % (Emissionsziel) | - | 80,9 | 88,4 | 86,7 | 72,2 | 77,6 | 83,6 |

Nach Angaben des VCI im Rahmen des Monitoring.

5.6 Ursachenanalyse

Eine wesentliche Ursache der CO₂-Minderungen ist in der Änderung des Energiemix zu sehen. Die kohlenstoffreichen Energieträger Braun- und Steinkohle wurden zwischen 1990 und 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 CO₂ emittiert. Jedes GJ Energie war demnach mit CO₂-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 CO₂-Gehalt je GJ auf 63,2 kg.

Die Chemische Industrie ist innerhalb des Produzierenden Gewerbes nach wie vor der größte Eigenstromerzeuger: mehr als ein Drittel der gesamten Brutto-Eigenstromerzeugung im Produzierenden Gewerbe entfällt auf eigene Kraftwerke der Chemieunternehmen. Im Jahr 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).

Tabelle 5.5
Wandel im Energiemix der Chemischen Industrie

1990 bis 2009; ohne rohstoffbedingten Brennstoffverbrauch; gerundete Werte

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Energieverbrauch, PJ | 915,8 | 752,1 | 741,7 | 726,9 | 746,1 | 793,3 | 795,7 | 721,9 |
| <i>davon aus:</i> | | | | | | | | |
| Steinkohle(erzeugnisse) | 9% | 8% | 4% | 1% | 1% | 1% | 2% | 3% |
| Braunkohle(erzeugnisse) | 13% | 3% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% |
| Mineralöl(erzeugnisse) | 7% | 11% | 9% | 5% | 11% | 11% | 10% | 11% |
| Brenngase | 28% | 36% | 34% | 33% | 31% | 34% | 37% | 37% |
| Netto-Fremdstrom | 42% | 42% | 53% | 60% | 56% | 53% | 51% | 48% |
| CO ₂ -Emissionen, in Mill. T | 65,5 | 49,7 | 47,5 | 45,6 | 47,4 | 50,5 | 50,5 | 45,9 |
| CO ₂ -Gehalt, in kg CO ₂ /GJ | 71,6 | 66,1 | 64,1 | 62,7 | 63,5 | 63,6 | 63,4 | 63,6 |

Eigene Berechnungen.

Die Chemische Industrie

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 2008 ihren Anteil an der Bruttostromerzeugung der Chemischen Industrie von 8% auf 12% steigern.

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

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

Nach Angaben des Statistischen Bundesamts, Fachserie 4, Reihe 6.4. Ab 2008 neue Abgrenzung der Wirtschaftszweige (Chemische Industrie ohne Pharmachemie). Angaben für 2009 waren bei Fertigstellung des vorliegenden Berichts noch nicht verfügbar.

5.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die von der Chemischen Industrie im Berichtsjahr 2009 getroffenen Emissionsminderungsmaßnahmen werden im Fortschrittsbericht des VCI (2010) dargestellt und lassen sich grob in die Bereiche Energieerzeugung, Energieverwendung und Erzeugung von Salpeter- und Adipinsäure einordnen (Tabelle 5.7). Darüber hinaus erwähnt der Fortschrittsbericht Schulungs- und Fortbildungsmaßnahmen, die in ihrer Wirkung jedoch nicht quantifizierbar sind. Die CO₂-Minderungen in den Bereichen Energieerzeugung und -verwendung summieren sich auf etwa 51 600 t.

Bei der Erzeugung von Salpeter- und Adipinsäure nennt der Fortschrittsbericht Emissionseinsparungen durch Inbetriebnahme neuer bzw. redundanter Abluftreinigungsanlagen in Höhe von insgesamt 9 330 t N₂O. Da N₂O eine erheblich höhere Treibhauswirksamkeit als CO₂ hat, beziffern sich die Emissionseinsparungen in der Salpeter- und Adipinsäureproduktion umgerechnet in CO₂-Äquivalente auf etwa 2,9 Mill. t.

Tabelle 5.7
Minderungsmaßnahmen der Chemischen Industrie
 im Jahr 2009

| | CO ₂ -Einsparung |
|--|-----------------------------|
| Verbesserte Energieerzeugung und Energiebereitstellung an Chemiestandorten | 51 600 t |
| Verbesserte Energienutzung in Verfahren, Anlagen und Gebäuden | |
| Emissionseinsparungen in der Adipin- und Salpetersäureerzeugung (in CO ₂ -Äquivalenten) | 2,9 Mill. t |

Nach Angaben aus VCI (2010).

Auffällig ist diese hohe Minderungsleistung, wenn man sie zusammen mit den verbleibenden 9,77 Mill. t N₂O-Emissionen des Jahres 2009 betrachtet (ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten, Tabelle 5.4). Bliebe die berichtete Minderung unberücksichtigt, hätten sich die Emissionen in der Salpeter- und Adipinsäureproduktion auf rund 12,7 Mill. t CO₂-Äquivalente belaufen. Auf Nachfrage teilte der VCI mit, dass der konstante N₂O-Emissionswert trotz erheblicher Einsparbemühungen die Folge des Ausfalls einzelner, noch nicht redundant ausgelegter Anlagen gewesen ist. Bis 2012 wird im Rahmen der Klimaschutzselbstverpflichtung eine redundante Auslegung angestrebt.

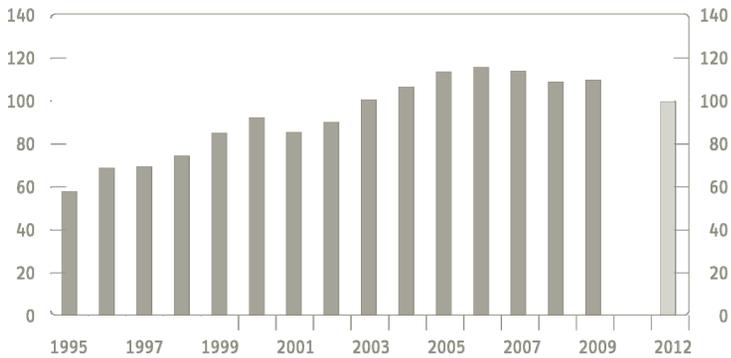
5.8 Zusammenfassung und Bewertung

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

Des Weiteren hat die Branche zugesagt, auch die energiebedingten CO₂-Emissionen und die N₂O-Emissionen bis 2012 um insgesamt mindestens 45 % gegenüber 1990 zu senken. Dieses Ziel ist 2009 zu knapp 84 % erfüllt worden (Schaubild 5.4). Zu beobachten ist dabei eine deutliche Minderung der CO₂-Emissionen, hingegen verharren die Emissionen am ungleich klimapotenteren Lachgas (N₂O) seit Jahren auf annähernd gleichem Niveau. Nach Angaben des VCI ist bis 2012 geplant, die N₂O-Abluftreinigungsanlagen redundant auszulegen, so dass spätestens zum Ende des Verpflichtungszeitraums mit einer Stabilisierung der N₂O-Emissionen auf sehr viel niedrigerem Niveau zu rechnen ist.

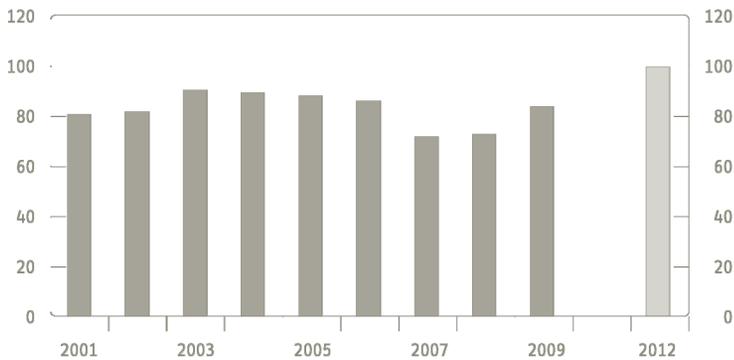
Die Chemische Industrie

Schaubild 5.3
Zielerreichungsgrad für den spezifischen Energieverbrauch
1995 bis 2009; in %



Eigene Berechnungen.

Schaubild 5.4
Zielerreichungsgrad für die Treibhausgas-Emissionen
1995 bis 2009; in %

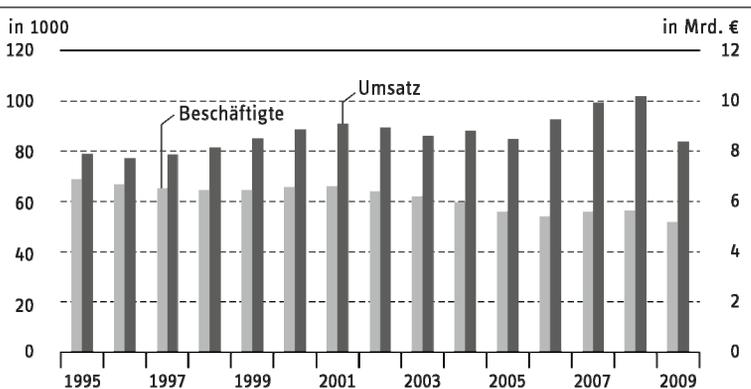


Eigene Berechnungen.

6. Die Glasindustrie

Die Erzeugnisse der Glasindustrie finden in vielen Bereichen Verwendung. Zu den wichtigsten Abnehmern zählen neben der Ernährungs- und Getränkeindustrie die Kraftfahrzeugindustrie sowie die Bauwirtschaft. Entgegen der seit 1995 rückläufigen Entwicklung in der Bauwirtschaft stiegen Produktion und Umsatz der Glasindustrie bis 2001 beständig an (Schaubild 6.1 und 6.2). In den folgenden Jahren ging der Umsatz im Inland allerdings deutlich zurück. Dies konnte auch durch das Auslandsgeschäft nicht kompensiert werden. Der Gesamtumsatz der Branche sank von 2001 bis 2005 um 6,6 % auf 8,5 Mrd. €. In den Jahren 2006 und 2007 konnte auch die Glasindustrie vom positiven wirtschaftlichen Umfeld profitieren. Selbst 2008 konnte der Umsatz trotz der einsetzenden Finanz- und Wirtschaftskrise noch um 2,7 % auf 10,2 Mrd. € gesteigert werden. 2009 führte diese jedoch zu einem Umsatzrückgang von fast 18 % auf 8,4 Mrd. €. Die Umsatzentwicklung in der Glasindustrie zwischen 1995 und 2009 sank durch die Krise auf ein durchschnittliches Wachstum von 0,5 % pro Jahr. Schaubild 6.1 lässt jedoch nach wie vor langfristig einen positiven Trend für den Umsatz erkennen.

Schaubild 6.1
Beschäftigte und Umsatz in der Glasindustrie
 1995 bis 2009



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

Die Glasindustrie umfasst überwiegend mittelständische Unternehmen. 2009 waren in den 398 Betrieben 51 704 Arbeitnehmer beschäftigt (Schaubild 6.2). Auf das gesamte Verarbeitende Gewerbe bezogen liegt der Anteil der Beschäftigten der

Die Glasindustrie

Glasindustrie bei 0,9 % und der des Umsatzes bei 0,6 %. Damit zählt die Glasindustrie hinsichtlich Umsatz und Beschäftigung zu den eher kleineren Industriezweigen.

6.1 Datenbasis

In der Abgrenzung der Systematik der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008) findet sich die Glasindustrie an Position 23.1 „Herstellung von Glas und Glaswaren“. Hierzu zählen neben der eigentlichen Herstellung von Glas – dem sogenannten Hüttenglas – auch Wirtschaftszweige, in denen Glas veredelt und/oder weiterverarbeitet wird.⁵ Die Gliederung der WZ 2008 erlaubt nur bedingt eine eindeutige Unterscheidung zwischen Glas schmelzenden und weiterverarbeitenden bzw. veredelnden Bereichen. So wird in der amtlichen Statistik zwischen Flachglas-schmelzbetrieben (WZ 23.11 „Herstellung von Flachglas“) und weiterverarbeitenden Betrieben (WZ 23.12 „Veredlung und Bearbeitung von Flachglas“) unterschieden, während diese Trennung für die anderen Glas-Segmente – auch aus technischen Gründen – vom Statistischen Bundesamt nicht vorgenommen werden kann.

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

Die Daten zum Einsatz an Strom und fossilen Energieträgern beruhen bis 2002 auf Angaben des Statistischen Bundesamtes und wurden der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, entnommen. Seit 2003 wird die Energieverwendung nicht mehr in der Fachserie 4, sondern als eigenständige Statistik veröffentlicht. Im Zuge dieser Änderung wurde die Statistik einer methodischen und konzeptionellen Überarbeitung unterzogen. Dies hat bei einigen Energieträgern zu erheblichen Abweichungen 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

⁵ 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.

Vielzahl von Geheimhaltungsfällen nicht errechnet werden. Insgesamt sind die Ergebnisse des Monitorings ab 2003 mit Ergebnissen aus früheren Jahren nur eingeschränkt vergleichbar.

Die amtlichen Energieverwendungsdaten sind erst mit einer Verzögerung von mehr als 12 Monaten verfügbar. Um ein zeitnahes Monitoring zu gewährleisten ist der BV Glas dazu übergegangen, den Energieverbrauch bei seinen Mitgliedern zu erheben. Diese Erhebung wurde 2007 erstmals für die Jahre 2005 bis 2007 durchgeführt. Seither wird der Einsatz an fossilen Energieträgern und Strom für das jeweilige Berichtsjahr auf Grundlage der Verbandserhebung hochgerechnet. Für das letzte Jahr, für das amtliche Daten zum Energieverbrauch verfügbar sind, werden hierzu die entsprechenden Erfassungsgrade für die Energieträger berechnet. Im Vergleich zu den Daten des Statistischen Bundesamtes ergaben sich für 2008 Erfassungsgrade zwischen rund 15 % für Flüssiggas und etwa 102 % für schweres Heizöl. Die beiden wichtigsten Energieträger Erdgas und Strom wurden zu 80 – 90 % erfasst. Mit diesen Angaben wurde der vom Verband erhobene Energieverbrauch des Jahres 2009 hochgerechnet. Der hochgerechnete Verbrauch für 2008 wurde in diesem Bericht anhand der mittlerweile vorliegenden amtlichen Daten überprüft und die in den Tabellen und Schaubildern wiedergegebenen Daten für 2008 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 CO₂-Minderung wird auch in diesem Bericht der Fortschrittsbericht des Verbandes der Glasindustrie zugrunde gelegt.

6.2 Energieverbrauch und Produktion

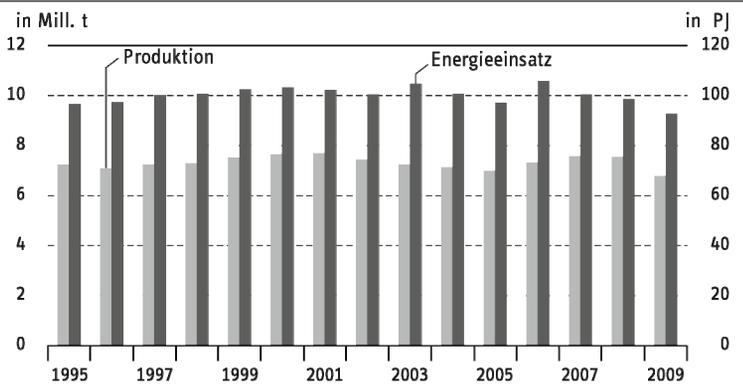
Die Produktion von Hüttenglas lag 2009 mit 6,8 Mill. t rund 10 % unter dem Wert des Vorjahres und damit auf dem niedrigsten Niveau seit 1995 (Schaubild 6.2). Der jährliche Energieverbrauch bewegt sich seit 1990 weitgehend stabil um einen Wert von etwa 100 PJ.

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

Die Glasindustrie

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 2009 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. 2009 lag der Energieverbrauch mit rund 93 PJ auf dem niedrigsten Wert seit 1995. Während der Energieverbrauch seit 1990 durchschnittlich um 0,4 % pro Jahr sank, wuchs die Produktion im gleichen Zeitraum mit jahresdurchschnittlich 0,7 %.

Schaubild 6.2
Produktion und Energieverbrauch in der Glasindustrie
1995 bis 2009



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

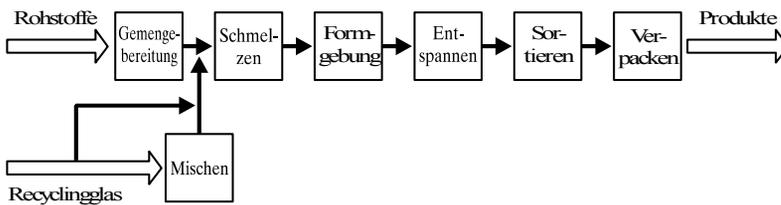
Laut Bundesverband ist die Glasindustrie eine der energieintensivsten Industrien (BV Glas 2010: 1). Der Anteil am Energieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes lag 2008 bei 2,8 %. Zieht man als Anhaltspunkt für die Energieintensität der Branche das Verhältnis von Energieverbrauch und Umsatz heran, so wird die Einschätzung des Verbandes gestützt: Mit 9,7 MJ/€ Umsatz im Jahr 2008 stellt sich die Glasindustrie gegenüber dem Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes von 2,0 MJ/€ als

energieintensiv dar. Im Vergleich zu den übrigen am Monitoring beteiligten Industriezweigen nimmt die Glasindustrie mit diesem Wert einen mittleren Rang ein.

6.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

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

Schaubild 6.3
Prinzipieller Ablauf der Glasherstellung



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

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

Entsprechend der zu produzierenden Glassorte bzw. des herzustellenden Glasproduktes werden die Rohstoffe Glassand, Soda, Kalk, Dolomit und Scherben sowie weitere Rohmaterialien zu einer homogenen Menge – dem sogenannten Glassatz – gemischt und anschließend dem Schmelzprozess zugeführt. Die Schmelze erfolgt in Glasschmelzwannen bei Temperaturen bis 1680 °C (VIK 1998: 57). Kontinuierlich arbeitende Glaswannen werden zur Herstellung großer Mengen an Flach- oder Hohlglas verwendet. Auf diese Weise wird der überwiegende Teil der Produktionsmenge erzeugt. Kleinere Glasmengen werden dagegen in sogenannten Tageswan-

Die Glasindustrie

nen oder Hafenöfen 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 rekuperative 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 CO₂-Emissionen bis 2012 um bis zu 20 % gegenüber 1990 zu verringern. Außer CO₂ werden in der deutschen Glasindustrie keine weiteren Kioto-Gase freigesetzt.

Übersicht 6.1

Selbstverpflichtung der Glasindustrie

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

Angaben des Bundesverbandes Glasindustrie (BV Glas 2008).

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

6.5 Bis 2009 erreichte CO₂-Minderungen

Die Glasindustrie hat bereits seit 1995 die in ihrer Selbstverpflichtungserklärung für 2012 genannte Zielmarke überschritten und zum Teil deutlich geringere spezifische Emissionen als die zugesagten 857 kg CO₂/t Hüttenglas erreicht (Tabelle 6.1 und Schaubild 6.4). 1995 lagen die spezifischen Emissionen mit 834 kg CO₂/t um mehr als 22 % unter dem Wert des Basisjahres. Bis 2002 konnten allerdings kaum Verbesserungen erzielt werden. Aufgrund der Umstellung der Energiestatistik stiegen die spezifischen Emissionen 2003 auf 896 kg CO₂/t. Damit verbunden war ein deutlicher Rückgang des Zielerreichungsgrades (RWI 2007: 91). Bis 2008 konnte

Die Glasindustrie

der spezifische Ausstoß dann auf 809 kg CO₂/t gesenkt werden, der Zielerreichungsgrad betrug damit 123 %. 2009 stiegen die spezifischen Emissionen um 4,1 % auf 841 kg CO₂/t, blieben damit aber immer noch unter dem Zielwert für 2012.

Tabelle 6.1
Spezifische CO₂-Emissionen und Zielerreichungsgrad der Glasindustrie

1990 bis 2009; Ziel 2012: Minderung von 20 % auf 857 kg CO₂/t

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|---|-------|------|------|------|------|------|
| Spez. Emissionen in kg CO ₂ /t | 1 071 | 834 | 836 | 856 | 809 | 841 |
| Minderung in % | - | 22,2 | 21,9 | 20,0 | 24,5 | 21,4 |
| Zielerreichungsgrad in % | - | 111 | 110 | 100 | 123 | 107 |

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

Die absoluten CO₂-Emissionen unterlagen zwischen 1999 und 2008 nur geringfügigen Schwankungen und bewegten sich im Großen und Ganzen auf dem Niveau des Basisjahres 1990 (Tabelle 6.2). Die CO₂-Emissionen stellen ein perfektes Spiegelbild des Energieverbrauchs dar, wie ein Korrelationskoeffizient von 0,99 für den Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und CO₂-Emissionen deutlich zeigt. Der Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Produktion ist hingegen nicht ganz so stark ausgeprägt. Ein entsprechender Korrelationskoeffizient von 0,62 zeigt an, dass der Energieverbrauch nicht vollkommen Hand in Hand mit einer wachsenden Produktionsmenge ansteigt.

Tabelle 6.2
Produktion, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen der Glasindustrie

1990 bis 2009; gerundete Werte

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|----------------------|------|------|-------|------|------|------|
| Produktion, Mill. t | 5,9 | 7,2 | 7,6 | 6,9 | 7,5 | 6,8 |
| Energieverbrauch, PJ | 99,9 | 96,7 | 103,2 | 97,0 | 98,6 | 92,6 |
| Emissionen, Mill. t | 6,3 | 6,0 | 6,4 | 5,9 | 6,1 | 5,7 |

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

6.6 Ursachenanalyse

Beinahe dasselbe Bild wie bei den spezifischen Emissionen zeigt sich beim spezifischen Energieverbrauch. Auch hier sind die wesentlichen Einsparungen zwischen 1990 und 1995 erzielt worden (Tabelle 6.3). Die Vermutung liegt nahe, dass diese Einsparungen aufgrund der Schließungen ineffizienter Betriebe mit veralteter Tech-

nik 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 2009; gerundete Werte

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Spezifischer Verbrauch, GJ/t | 17,0 | 13,4 | 13,5 | 14,0 | 13,1 | 13,7 |
| Minderung in % | - | 21,0 | 20,4 | 17,8 | 22,8 | 19,3 |
| Durchschn. Emissionen, kg CO ₂ /GJ | 63,0 | 62,1 | 61,8 | 61,3 | 61,6 | 61,3 |
| Minderung in % | - | 1,5 | 1,9 | 2,7 | 2,2 | 2,6 |

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

Zwischen 1995 und 2002 waren indessen kaum mehr Verbesserungen des spezifischen Energieverbrauchs festzustellen: Nach einem leichten Anstieg gegen Ende der 1990er Jahre erreichte der spezifische Verbrauch erst 2001 mit 13,4 GJ/t wieder das Niveau von 1995. Analog zum Energieverbrauch zeigt der spezifische Verbrauch wegen der Umstellung der Energieverwendungsstatistik 2003 einen deutlichen Sprung (RWI 2007: 91). Von 2003 bis 2008 ging der spezifische Energieverbrauch um 5,6 % auf 13,1 GJ/t zurück; 2009 stieg er auf 13,7 GJ/t. Diese Zunahme von 4,5 % fiel etwas höher aus als bei den spezifischen Emissionen (Tabelle 6.1 und 6.3).

Seit 1990 sind die spezifischen CO₂-Emissionen um 21,4 % gesunken (Tabelle 6.1). Der spezifische Energieverbrauch hat mit 19,3 % 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 2009 blieben die Auswirkungen per Saldo allerdings gering.

Werden Energieträger mit hohem Kohlenstoffgehalt wie Braunkohle durch kohlenstoffarme Brennstoffe wie Erdgas substituiert, verringert sich der spezifische CO₂-Ausstoß. Zwischen 1990 und 2009 nahm der Erdgasverbrauch der Glasindustrie um rund 22 % zu. Vor allem bis 1995 ist der Anteil kohlenstoffreicher Energieträger aufgrund der Betriebsschließungen in Ostdeutschland erheblich zurückgegangen.

Die Glasindustrie

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.

Tabelle 6.4
Veränderung des Energiemix in der Glasindustrie
1990 bis 2009; gerundete Werte in PJ

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|-------------------|------|------|-------|------|------|------|
| Braunkohlenkoks | 2,3 | - | - | - | - | - |
| Schweres Heizöl | 13,0 | 10,5 | 9,7 | 6,4 | 7,5 | 6,3 |
| Leichtes Heizöl | 1,5 | 1,3 | 1,0 | 0,4 | 1,2 | 0,9 |
| Erdgas | 36,0 | 43,8 | 46,7 | 45,5 | 45,2 | 44,0 |
| Flüssiggas | - | - | - | 0,3 | 0,1 | 0,1 |
| Kokereigas | 5,7 | 0,3 | 0,3 | - | - | - |
| Primärbrennstoffe | 58,5 | 55,9 | 57,7 | 52,6 | 54,0 | 51,3 |
| Nettofremdstrom | 41,3 | 40,7 | 45,5 | 44,5 | 44,6 | 41,3 |
| Energieverbrauch | 99,8 | 96,6 | 103,2 | 97,1 | 98,6 | 92,6 |

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

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.

Der Nettofremdstrombezug hat bis 2008 um 8 % gegenüber 1990 zugenommen. 2009 ging er mehr als 7 % zurück und lag nur knapp über dem Wert von 1990. Sein Anteil am Energieverbrauch stieg seit 1990 – primärenergetisch bewertet – auf 44,6 %. Zusammen hatten Erdgas und Strom 2009 einen Anteil von rund 92 % 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 CO₂-Emissionen und dem Energieverbrauch eines Jahres. Die Bedeutung von Energieträgersubstitutionen für die Minderung der CO₂-Emissionen zeigt sich an der Veränderung der durchschnittlichen Emissionen je Energieeinheit. Der Vorteil dieser Betrachtungsweise liegt darin, dass der Quotient von Schwankungen in der Produktion unbeeinflusst bleibt.

Im Jahr 1990 betragen die durchschnittlichen Emissionen 63,0 kg CO₂/GJ (Tabelle 6.3). Durch die stärkere Nutzung kohlenstoffarmer Brennstoffe sank der Wert bis 1995 um rund 1,5 % auf 62,1 kg CO₂/GJ. Mit 61,3 kg CO₂/GJ im Jahr 2009 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 CO₂-Emissionen der Glasindustrie zwischen 1990 und 2009 bei 2,6 %, was bezogen auf das Basisjahr einer Minderung um etwa 27 kg CO₂/t entspricht.

Einen wesentlich höheren Beitrag zur Reduzierung des spezifischen CO₂-Ausstoßes haben die Verbesserungen der Energieeffizienz geleistet, wie die folgende Betrachtung zeigt. Die spezifischen Emissionen werden zu diesem Zweck als Produkt aus spezifischem Energieverbrauch und durchschnittlichem CO₂-Ausstoß je Energieeinheit dargestellt. Bei der Berechnung werden die durchschnittlichen Emissionen je GJ auf dem Niveau des Basisjahres konstant gehalten und lediglich der spezifische Energieverbrauch entsprechend der tatsächlichen Entwicklung zwischen 1990 und 2009 variiert. Als Resultat ergibt sich der Beitrag der Verbesserung der Energieeffizienz zur erzielten Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen.

In der Glasindustrie sank der spezifische Energieverbrauch seit 1990 um 3,3 GJ/t Hüttenglas von 17,0 auf 13,7 GJ/t im Jahr 2009 (Tabelle 6.3). Multipliziert mit den durchschnittlichen Emissionen des Jahres 1990 von 63 kg CO₂/GJ resultiert aus der Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs bis 2009 eine Minderung der spezifischen Emissionen von 207,9 kg CO₂/t. Gegenüber dem Basisjahr entspricht dies einer Reduktion von mehr als 19,4 %. Bezogen auf die produzierte Menge Hüttenglas im Basisjahr errechnet sich eine CO₂-Minderung gegenüber 1990 von ca. 1,2 Mill. t, die auf einen effizienteren Energieeinsatz zurückgeht.

Die Glasindustrie

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 % zurück⁶. Allerdings wird der Zusammenhang zwischen beiden Größen durch den gleichzeitigen Rückgang der Behälterglasproduktion überlagert. Wird jedoch zugrunde gelegt, dass sich mit einem Altglaseinsatz von 10 % eine Energieeinsparung von 2 – 3 % realisieren lässt, ergibt sich für 2006 in der Behälterglasproduktion eine Einsparung im Bereich von 12,4 und 18,6 %.

Tabelle 6.5
Altglaseinsatz und Energieverbrauch bei der Herstellung von Behälterglas
1990 bis 2006; gerundete Werte

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

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

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

6.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Im Fortschrittsbericht der Glasindustrie für 2009 werden beispielhaft Maßnahmen zur Energieeinsparung mit einem Investitionsvolumen von insgesamt mehr als 76 Mill. € aufgeführt (BV Glas 2010: 3-11). Der Schwerpunkt der Maßnahmen liegt in

⁶ 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.

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 2010: 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 12 Jahren einer sogenannten Wannenhauptreparatur unterzogen. Während der zwei- bis dreimonatigen Erneuerung der Wanne ruht die Produktion. Die in der sich anschließenden Anlaufphase erzeugte Schmelze ist allerdings unbrauchbar. Da die Ausführung der Wannenhauptreparatur immer nach dem aktuellsten Stand der Technik erfolgt, hat sich die Energieeffizienz nach Abschluss der Anlaufphase regelmäßig verbessert. Detaillierte Angaben über die Höhe des Investitionsvolumens werden für die vorgenommenen Wannenhauptreparaturen in der Tabelle 6.6 wiedergegeben.

Tabelle 6.6
Wannenhauptreparaturen
2000 bis 2009

| | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2008 | 2009 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Anzahl | 13 | 11 | 12 | 14 | 9 | 11 | 9 | 8 |
| Anteil an gesamter installierter Schmelzleistung in % | 11,0 | 6,6 | 9,4 | 15,2 | 9,0 | 14,6 | 5,0 | 8,4 |
| Investitionen in Mill. € | 148 | 98 | 222 | 252 | 143 | 200 | 70 | 113 |

Nach Angaben des Bundesverbandes Glasindustrie e.V.

Insgesamt wurden 2009 in der Glasindustrie 8 Glasschmelzwannen einer Hauptreparatur unterzogen. Die vorliegenden Daten reichen jedoch nicht, um die genaue Höhe der Effizienzverbesserungen zu bestimmen. Die Produktions- und Energieverbrauchsschwankungen, die solche Reparaturen verursachen, können nur mit Hilfe unterjähriger Daten untersucht werden.

Durch Maßnahmen zur Abwärmenutzung werden mittlerweile über 90 % der Abwärme für den Glasschmelzprozess zurückgewonnen (BV Glas 2010: 2). Der Rest wird in den Unternehmen i.d.R. zur Strom- und Dampfproduktion sowie zur Heiß-

Die Glasindustrie

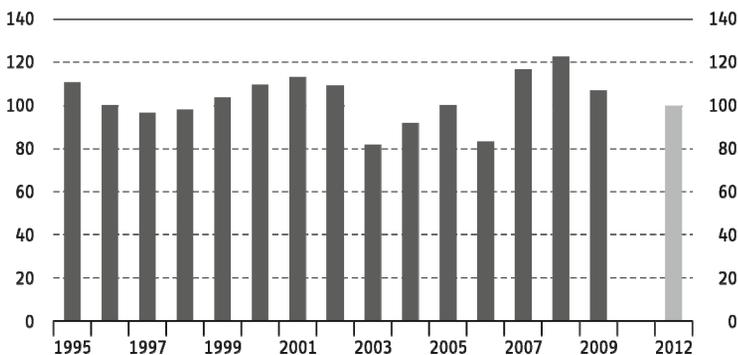
und Warmwasserbereitung eingesetzt. Weitergehende Einsparpotenziale können nach Angaben des BV Glas allenfalls in der Peripherie des Schmelzprozesses sowie bei nachgelagerten Prozessen erschlossen werden. So wurden besondere Maßnahmen zur Energieeinsparung durch die Verbesserung der Druckluftversorgung im Bereich der Hohlglaserzeugung eingeleitet. Auf die hierzu genutzten Druckluftkompressoren entfallen etwa 15 bis 30 % der verbrauchten elektrischen Energie (VIK 1998: 60).

6.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die bislang erzielten Erfolge bei der Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen wurden größtenteils zwischen 1990 und 1995 erzielt, vor allem durch die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs. Nach Informationen des BV Glas ist für die CO₂-Minderung bis 1995 neben der Energieträgersubstitution, der Verbesserung bei der Brenntechnologie der Schmelzwannen und der Steigerung des Glasscherbenanteils vor allem der Ersatz veralteter durch neue Hüttenanlagen in den alten und neuen Bundesländern nach der Wiedervereinigung verantwortlich. Darüber hinaus wurden moderne Anlagen mit höherer Wannenschmelzfläche hinzu gebaut sowie die Wannenschmelzfläche im Rahmen von Hauptreparaturen erhöht.

Schaubild 6.4 Zielerreichungsgrad in der Glasindustrie für 2012

1995 bis 2009; in %



Eigene Berechnungen.

Dies alles hat maßgeblich dazu beigetragen, die Energieeffizienz zu steigern und den Ausstoß von Kohlendioxid zu verringern. Dadurch hat die Glasindustrie das in ihrer Selbstverpflichtungserklärung proklamierte Ziel einer Senkung der spezifischen CO₂-Emissionen um 20 % auf maximal 857 kg CO₂/t bis zum Jahr 2012 bereits frühzeitig und wiederholt erreicht (Schaubild 6.4).

Weitere Verbesserungen dürften allerdings schwer fallen, da die Produktionsprozesse, insbesondere die Nutzung von Abwärme bei den Schmelzprozessen, weitgehend optimiert sind. Auch der Wandel des Energiemix zugunsten kohlenstoffarmer Brennstoffe wie Erdgas bietet angesichts eines Anteils von 86 % am Primärbrennstoffverbrauch nur noch einen begrenzten Spielraum für Emissionsminderungen.

Die zukünftige Entwicklung der CO₂-Emissionen wird vor allem durch das Produktionsniveau und somit durch die wirtschaftliche Entwicklung der Branche, die Verfügbarkeit von Scherben und die Qualitätsanforderungen an die Produkte geprägt sein. So führen steigende Qualitätsanforderungen der Kunden zu einem immer höheren Energieverbrauch bei der Veredelung, was sich in steigendem Stromverbrauch widerspiegelt. Die Scherbenverfügbarkeit ist seit der Einführung des Zwangspfandes am 1. Januar 2003 spürbar zurückgegangen. Durch einen geringeren Einsatz von Altglasscherben werden mehr Primärrohstoffe und mehr Energie benötigt, was letztlich sowohl zu absolut als auch zu spezifisch höheren CO₂-Emissionen führen dürfte (BV Glas 2004a: 9).

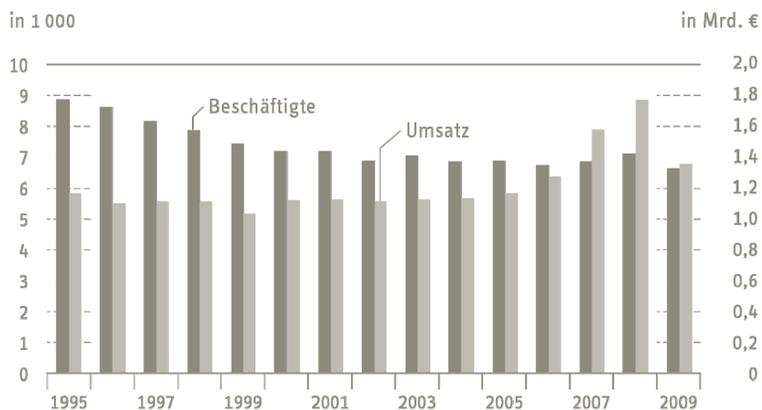
Die Feuerfest-Industrie

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 2009



Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes und des Verbandes der Deutschen Feuerfest-Industrie im Rahmen des Monitoring.

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

Die deutsche Feuerfestindustrie besteht vornehmlich aus kleinen und mittleren Unternehmen. Für 2009 weist das Statistische Bundesamt 65 Betriebe mit mehr als

20 Beschäftigten aus. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes setzte die Feuerfestindustrie 2009 Produkte im Wert von rund 1,36 Mrd. € um. Etwa 60 % der Erlöse wurden durch Verkäufe ins Ausland erwirtschaftet. Zwischen 1995 und 2005 lag der Umsatz der Branche in einer Größenordnung von 1,0 bis 1,2 Mrd. €. Seit 2006 konnten deutliche Zuwächse erzielt werden, sodass der Umsatz 2008 um mehr als 52 % über dem Wert von 1995 lag. Allerdings spiegeln sich in diesem Zuwachs nach Informationen des Verbandes vor allem die stark gestiegenen Energie- und Rohstoffkosten und weniger Veränderungen der produzierten Menge wieder. Wie in vielen anderen Branchen, hat die Wirtschafts- und Finanzkrise 2009 auch in der Feuerfest-Industrie die Umsatzentwicklung geprägt: Dieser sank um fast 23 % auf knapp 1,3 Mrd. €.

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

7.1 Datenbasis

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

Das Statistische Bundesamt führt die Feuerfestindustrie seit 2009 mit dem Inkrafttreten der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008) unter der Kennziffer 23.2 („Herstellung von feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren“). Es veröffentlicht ebenfalls regelmäßig Angaben hinsichtlich Produktion, Umsatz und Beschäftigung sowie Energieverbrauch. Die Umstellung und Neuorganisation der Energieverwendungsstatistik hat ab 2003 dazu geführt, dass eine Vielzahl an Informationen zum Verbrauch einzelner Energieträger in der Feuerfest-Industrie aus Geheimhaltungsgründen nicht mehr verfügbar ist. Eine Gegenüberstellung der Verbandsangaben zum Energieverbrauch mit den Angaben des Statistischen Bundesamtes ist daher seit 2003 nicht mehr möglich.

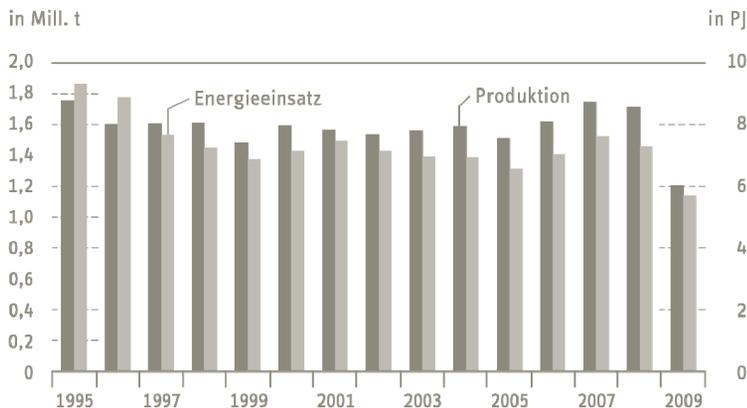
Nach eigenen Angaben repräsentiert die Verbandserhebung rund 65 % der in Deutschland produzierten Menge des Sektors. Aus diesem Grunde lagen die vom Verband erhobenen Werte für den Energieverbrauch bislang regelmäßig unter

Die Feuerfest-Industrie

denen des Statistischen Bundesamtes. Im Jahr 2002 betragen 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 2009



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 2009 bei rund 1,21 Mill. Tonnen (Schaubild 7.2). Von 1995 bis 2005 hat die Produktion um rund 14 % abgenommen. Als Ursache werden veränderte Verfahrenstechniken in den Abnehmerindustrien genannt, die einen geringeren Einsatz an feuerfesten Stoffen erfordern. Ferner ist

ein Teil des Rückgangs einer Verbesserung der Produkteigenschaften feuerfester Erzeugnisse geschuldet (Routschka 2001: 13). Durch den Boom in der Eisen- und Stahlindustrie stieg die Produktion bis 2007 jährlich um 7,5 % auf fast 1,8 Mill. Tonnen und erreichte damit wieder das Niveau von 1995. Dieses Wachstum führte zwar auch zu einem höheren Energieverbrauch, dieser wuchs jedoch weitaus langsamer als die Produktion. 2008 lag der Energieverbrauch bei rund 7,3 PJ und damit um fast 22 % unter dem Wert von 1995 mit 9,3 PJ (Tabelle 7.1). Im Zuge der Wirtschaftskrise sank die Produktion 2009 um fast 30 % auf rund 1,2 Mill. Tonnen. Da sich die Öfen der Feuerfest-Industrie nicht stufenlos der zu brennenden Menge anpassen lassen, ging der Energieverbrauch mit rund 22 % weniger stark zurück.

Der Energiebedarf der Feuerfest-Industrie wird überwiegend durch Erdgas und Strom gedeckt. Deren Anteil am Gesamtenergieverbrauch betrug 2009 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. Die deutlich schlechtere Auslastung der Produktionskapazitäten in Folge der wirtschaftlichen Entwicklung hat 2009 dazu geführt, dass der spezifische Energieverbrauch auf 4,7 GJ/t stieg.

Tabelle 7.1
Produktion und Energieverbrauch in der Feuerfest-Industrie

1990 bis 2009; gerundete Werte

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

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

Die Feuerfest-Industrie

steinförmig oder nach speziellen Anforderungen geformte Produkte. Der Anteil dieser gebrannten Erzeugnisse an der Gesamtproduktion lag 2009 in Deutschland bei rund 60 % (StaBuA/FS4/R3.1 2010). Unter *ungeformten feuerfesten Erzeugnissen* werden Mischungen feuerfester Rohstoffe mit unterschiedlicher Körnung verstanden, die mit geeigneten Bindemitteln versetzt sind. Sie enthalten oftmals noch spezielle Zusätze um die Formbarkeit zu verbessern und werden mittels Verschallung 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 CO₂-Emissionen bis 2012 um 35 % zu senken. Andere Treibhausgase sind nach Verbandsangaben für den Wirtschaftszweig nicht relevant. Auf Basis der vom Industrieverband gemeldeten spezifischen Emissionen für 1990 in Höhe von 390 kg CO₂/t ergibt sich für 2012 ein Zielwert von 254 kg CO₂/t. Übersicht 7.1 fasst die Angaben zusammen.

Übersicht 7.1

Selbstverpflichtung der Feuerfest-Industrie

Ziel 2012 Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen um 35 % in Bezug auf das Basisjahr 1990 (entspricht einem Zielwert von 254 kg CO₂/t).

Basisjahr 1990

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

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

Ferner verpflichtet sich der Verband zur Einhaltung der Reduktionsziele vorbehaltlich einer „günstigen Kapazitätsauslastung“ (Feuerfest 2000, 2005, 2010a). Nach Angaben des Verbandes lag die gewichtete Überkapazität bei geformten und ungeformten Erzeugnissen bei seinen Mitgliedern im Jahr 2009 bei rund 36 %, d.h. die vorhandenen Kapazitäten wurden nur zu 64 % ausgelastet. Bei den für den Brennvorgang relevanten geformten Erzeugnissen gab es eine Überkapazität von rund 28 % (Feuerfest 2010b). Die energieintensiven Anlagen wurden somit zu weniger als 80 % ausgelastet. In Europa wurde die Erzeugung von Rohstahl 2009 um gut 30 % zurückgefahren. Produktionskürzungen auf den internationalen Märkten führten zu einem deutlichen Rückgang der Exporte von Feuerfest-Erzeugnissen (Feuerfest 2010a).

7.5 Bis 2009 erreichte CO₂-Minderungen

Die spezifischen CO₂-Emissionen der Feuerfestindustrie lagen 2009 bei 278 kg CO₂/t (Tabelle 7.2). Im Zeitablauf kam es mitunter zu größeren Schwankungen im spezifischen Schadstoffausstoß. Im Jahre 1996 wurden beispielsweise 329 kg CO₂/t emittiert, was im Vergleich zu 1995 einer Steigerung von 4,1 % entspricht (RWI 2005: 108). Zunahmen waren auch in den Jahren 1999 und 2001 zu verzeichnen. Seit 2002 sind die spezifischen Emissionen dagegen deutlich gesunken. 2008 wurde der bislang niedrigste Wert erreicht. Ähnlich hohe Werte wie 2009 wurden zuletzt in den Jahren 2001 und 2002 mit 281 bzw. 275 kg CO₂/t erreicht.

Die Feuerfest-Industrie

Tabelle 7.2

Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen in der Feuerfest-Industrie

1990 bis 2009; gerundete Werte; Minderungsziel spezifische CO₂-Emissionen: -35 % bis 2012

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

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

Gegenüber 1990 konnten die spezifischen Emissionen bis 2009 um fast 29 % vermindert werden. Das Ziel für 2012, die CO₂-Minderung um 35 % zu vermindern, wurde damit 2009 verfehlt, nachdem es 2008 erstmals übertroffen wurde (Tabelle 7.2).

Unter Berücksichtigung der vom Statistischen Bundesamt ausgewiesenen Produktionsmenge ergibt sich durch Multiplikation mit den spezifischen Emissionen für 2009 eine Emissionsmenge von 0,337 Mill. t (Tabelle 7.3). 1990 wurde noch mehr als die doppelte Menge emittiert.

Tabelle 7.3

Entwicklung der absoluten CO₂-Emissionen in der Feuerfest-Industrie

1990 bis 2009; gerundete Werte

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

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

7.6 Ursachenanalyse

Spezifische CO₂-Emissionen können generell durch zwei Maßnahmen reduziert werden: Durch eine effizientere Energienutzung und durch Substitution kohlenstoffreicher Energieträger. Im Basisjahr 1990 wurden industrieweit rund 12,4 PJ an Energie verbraucht⁷, 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.

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

len. 1990 trug die Ölverfeuerung 6 % zur Energiegewinnung bei, seit 2000 lediglich noch 1 % (Tabelle 7.4).

Der hohe Erdgasanteil rührt daher, dass die Feuerfest-Industrie nach eigenen Angaben bereits in den 1980er Jahren ihre Brennöfen verstärkt auf diesen kohlenstoffarmen Energieträger umgestellt hat (Feuerfest 2000). 1990 hatte Erdgas bereits einen Anteil von 61,0 % am Energieverbrauch. Dieser stieg bis 2009 auf 63,9 %. Der Anteil von Strom lag 1990 bei 27,1 % und stieg bis 2009 auf 34,7 %. Somit wurden Kohle und Heizöl durch Erdgas, aber vor allem durch einen vermehrten Stromverbrauch ersetzt. Der erhöhte Stromanteil ist laut Verbandsangaben einerseits einer verstärkten Notwendigkeit zur Nachbearbeitung der Erzeugnisse geschuldet, andererseits erfordern strenger gefasste Umweltauflagen den Einsatz elektrisch betriebener Absaug-, Filter- und Reinigungsanlagen (Feuerfest 2000).

Tabelle 7.4
Energiemix der Feuerfest-Industrie
1990 bis 2009; in %, gerundete Werte

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

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

Die Bedeutung der Substitution von Energieträgern zeigt sich an der Veränderung der CO₂-Intensität des verwendeten Energiemixes, gemessen als Verhältnis der emittierten CO₂-Menge in kg zur eingesetzten Energiemenge in GJ. 1990 wurden nach Verbandsangaben noch durchschnittlich 62 kg CO₂/GJ emittiert. Dieser Wert lag 2009 bei 59,1 kg CO₂/GJ. Unter Berücksichtigung der hochgerechneten Gesamtenergiemenge von 1990 in Höhe von 12,4 PJ entspricht diese Reduktion um 2,9 kg CO₂/GJ einem Einsparvolumen von fast 36 000 t CO₂ allein aus der Energieträgersubstitution.

Die Feuerfest-Industrie

Weitaus bedeutender für die Reduzierung der spezifischen Emissionen war indes- sen die Steigerung der Energieeffizienz. Von 1990 bis 2009 konnte der spezifische CO₂-Ausstoß um fast 29 % gesenkt werden (Tabelle 7.2). Im gleichen Zeitraum sank der spezifische Energieverbrauch von 6,3 GJ je Tonne Feuerfest-Erzeugnisse auf 4,7 GJ/t, also um gut 25 % (Tabelle 7.1). Die Effizienzsteigerung beläuft sich somit auf 1,6 GJ/t. Durch Multiplikation mit den 1990 emittierten 62 kg CO₂/GJ ergibt sich daraus eine Minderung der spezifischen Emissionen um ca. 99 kg CO₂/t, bzw. um rund 25 %.

Sowohl die Energieeffizienz als auch die spezifischen CO₂-Emissionen der Feuer- fest-Industrie sind sehr stark vom Auslastungsgrad der installierten Produktionsan- lagen abhängig. So sank nach Angaben des Statistischen Bundesamtes die Produk- tionsmenge 1996 um 8,6 %, mit der Folge, dass die spezifischen CO₂-Emissionen 1996 um 4,1 % über dem Wert des Vorjahres lagen. Dasselbe trifft für die Jahre 1999 und 2001 zu, als die Industrie deutliche Produktionsrückgänge verzeichnete (RWI 2005: 108-109). Der Rückgang der Produktion feuerfester Erzeugnisse von fast 30 % ließ die spezifischen Emissionen 2009 um fast 11 % steigen.

Der Verband der Feuerfestindustrie erhebt seit 2002 Angaben zu den Überkapazi- täten der Mitgliedsunternehmen. Hiernach wurden die Produktionskapazitäten 2009 nur zu rund 64 % ausgelastet, die Überkapazitäten stiegen mit etwa 36 % auf den seit 2003 höchsten Wert (Feuerfest 2010b). Gegenüber 2008 entspricht dies einer Steigerung um rund 21 Prozentpunkte. Die geringere Auslastung hat – auch wenn dies hier im Einzelnen nicht quantifiziert werden kann – einen deutlichen Beitrag zur Verschlechterung der Energieeffizienz geleistet.

Übersicht 7.2

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

2009

Art der Maßnahme

| | |
|--|---|
| Erneuerung der Ausmauerung und der Brennanlage eines Tunnelofens. | Einsparung von jährlich rd. 4 Mill. kWh Erdgas (= 26 %) |
| Austausch eines Tunnelrockners mit fort- schrittlicher Brenntechnik. | Senkung des spezifischen Gasverbrauchs um 38,2 % |
| Verwendung effizienterer Leuchtmittel und Einbau von Bewegungsmeldern. | k.A. |
| Energieeinsparung durch Verbesserung des Druckluftnetzes. | k.A. |
| Einbau von Isolierglasfenstern für einen verbesserten Wärmeschutz. | k.A. |

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

7.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die im aktuellen Fortschrittsbericht des Industrieverbandes geschilderten Maßnahmen zur Emissionsreduktion wurden durch eine Befragung seiner Mitgliedsunternehmen erhoben (Feuerfest 2010a). Insgesamt werden fünf Einzelmaßnahmen zur Optimierung der Produktionskette aufgeführt, die Einsparungen im Energieverbrauch hervorgebracht haben (Übersicht 7.2). Allerdings fehlen weitgehend detaillierte Angaben zu den erzielten Einsparserfolgen.

Drei Einzelmaßnahmen entfielen auf Investitionen in verbesserte Produktionstechnik und die Optimierung bestehender Anlagen. In einem Fall konnte durch die Erneuerung der Ausmauerung und der Brennanlage eines Tunnelofens der jährliche Verbrauch von Gas um 4 Mill. kWh reduziert werden.

7.8 Bewertung

Die Feuerfest-Industrie hat ihre spezifischen Emissionen seit 1990 erheblich reduzieren können. Nachdem das für 2012 formulierte Ziel, die spezifischen CO₂-Emissionen um 35 % gegenüber 1990 zu mindern, 2008 mit einem Zielerreichungsgrad von 101,9 % erstmals erreicht und sogar übertroffen wurde, ging der Zielerreichungsgrad 2009 auf rund 82 % zurück (Schaubild 7.3).

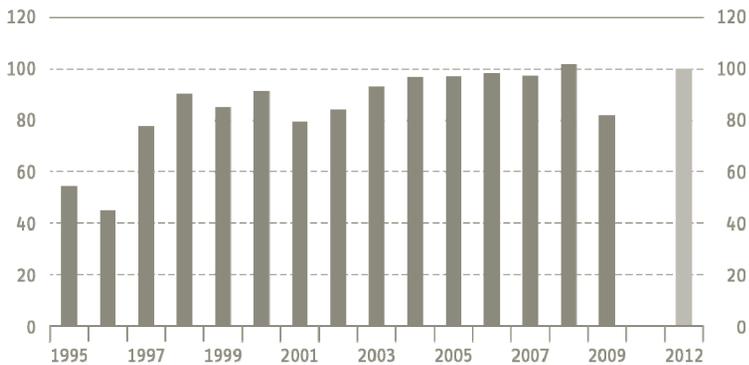
Für eine weitere Steigerung des Zielerreichungsgrades durch Substitution kohlenstoffreicher Energieträger gibt es in der Feuerfest-Industrie kaum noch Spielraum. Das kohlenstoffarme Erdgas hatte 2009 bereits einen Anteil von 98 % am fossilen Brennstoffverbrauch. Ein weiter wachsender Anteil des Stromverbrauchs hätte im Gegenteil sogar ein Ansteigen der spezifischen CO₂-Emissionen zur Folge. Weitere Einsparungen beim Energieverbrauch und damit bei den CO₂-Emissionen sind daher vermutlich nur durch weitere Verbesserungen der Ofentechnik und Maßnahmen zur Optimierung des Produktionsablaufs zu erreichen.

Einen substanziellen Einfluss auf die Zielerreichung hat dabei die Kapazitätsauslastung. Die Feuerfest-Industrie hängt in hohem Maße von der wirtschaftlichen Situation der Eisen- und Stahlindustrie ab. Hier hat es 2009 einen erheblichen Rückgang der Rohstahl-Erzeugung gegeben (-30 %) (Feuerfest 2010a). Darüber hinaus hat der Einbruch des Welthandels zu einem deutlichen Produktionsrückgang in der stark exportorientierten Feuerfestindustrie geführt. Um die sinkende Nachfrage nach feuerfesten Erzeugnissen aufzufangen, wurden einige Anlagen stillgelegt. Der Rückgang der Produktion hat die absoluten CO₂-Emissionen der Branche verringert.

Die Feuerfest-Industrie

Die verringerte Produktion hat trotz Kapazitätsabbau jedoch dazu geführt, dass die kontinuierlich arbeitenden Brennaggregate nicht mehr optimal betrieben werden konnten. Um die verbliebene Produktion sicher zu stellen, mussten die Tunnelöfen mit sogenanntem Blindbesatz gefahren werden (Feuerfest 2009a).

Schaubild 7.4
Zielerreichungsgrad der Feuerfestindustrie für 2012
1995 bis 2009



Eigene Berechnungen.

Sowohl der spezifische Energieverbrauch als auch die spezifischen Emissionen sind daher 2009 wieder gestiegen. Wie lange die Auswirkungen der aktuellen Finanz- und Konjunkturkrise anhalten und ob die Zielmarke für 2012 dennoch zu erreichen ist, muss abgewartet werden.

8. Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

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

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

Die Branche gehört zu den eher kleinen Zweigen innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes. Ihr Umsatz betrug 2009 rund 542 Mill. € und sie beschäftigte insgesamt 4 644 Personen (Schaubild 8.1). 2009 betrug der Anteil dieser Industrie am Umsatz des gesamten Verarbeitenden Gewerbes lediglich 0,04 %.

8.1 Datenbasis

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

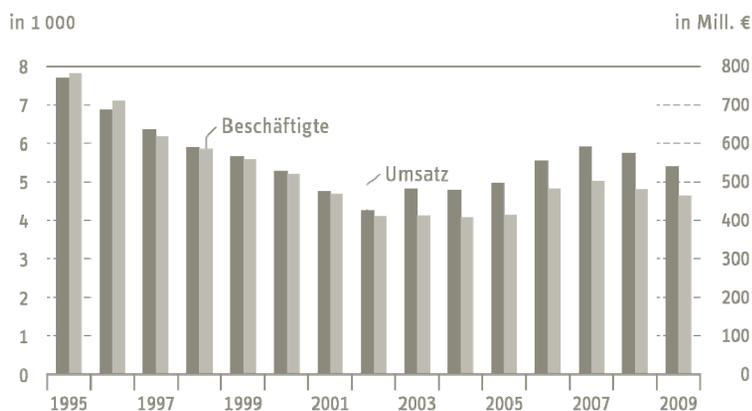
Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten wird in der Systematik der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008) unter der Kennziffer 23.31 („Herstellung von keramischen Wand- und Bodenfliesen und -platten“) geführt. Vom Statistischen Bundesamt werden in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, jährliche Daten zu Umsatz, Beschäftigung, Verbrauch an verschiedenen Energieträgern sowie zum Strombezug veröffentlicht. Informationen zur Produktionsmenge finden sich in der Reihe 3.1 derselben Fachserie. Darin wird die in diesem Sektor erzeugte Produktionsmenge in Flächeneinheiten veröffentlicht. Diese wird vom Verband zum Zwecke der

Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

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

Schaubild 8.1

Umsatz und Beschäftigung der Industrie der keramischen Fliesen und Platten 1995 bis 2009



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

2009 gehörten nach Angaben des Statistischen Bundesamtes 27 Betriebsstätten mit 20 und mehr Beschäftigten zu diesem Sektor. Der Unterschied in der Zahl an Betriebsstätten ist einer der wesentlichen Gründe für die Abweichungen zwischen den Hochrechnungen des Verbandes und den Angaben des Statistischen Bundesamtes, wie sie in früheren Monitoringberichten festgestellt wurden (Buttermann, Hillebrand 2002: 76). Die Ursache für die hohe Zahl an Betriebsstätten, die vom Statistischen Bundesamt genannt wird, ist aus Gründen der Geheimhaltung nicht zu eruieren.

8.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

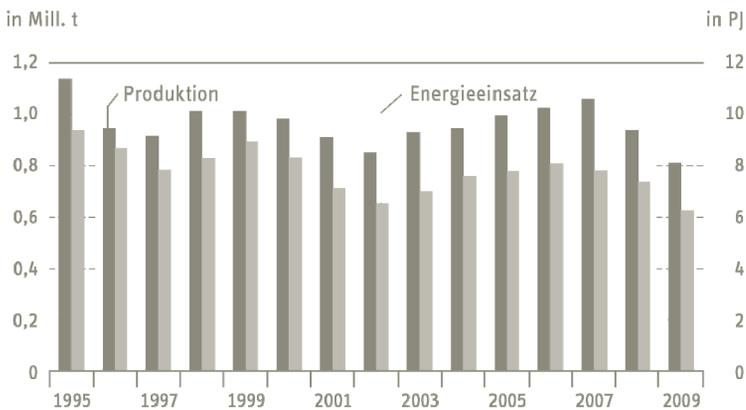
Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten befindet sich seit 1990 tendenziell auf einer Talfahrt (Schaubild 8.2). Wurden im Basisjahr 1990 noch gut 1,24 Mill. t Ware produziert, sank dieser Wert bis 2002 auf 0,86 Mill. t. Nachdem die Produktion bis 2007 wieder um mehr als ein Viertel auf knapp 1,1 Mill. t wuchs, ging sie bis 2009 erneut um mehr als 23 % auf 0,82 Mill. t zurück. Alles in allem hat diese Industrie seit 1990 einen Produktionsrückgang von über einem Drittel zu verkraften.

Mit dem Schrumpfungsprozess ging ein sinkender Energieverbrauch einher. Der Gesamtverbrauch an Energie verringerte sich von einstmals 12 PJ im Jahr 1990 auf 6,6 PJ im Jahr 2002. Dies entspricht einer Reduktion von mehr als 45 % (Schaubild 8.2). Bis 2007 stieg der Energieverbrauch wieder auf 7,9 PJ. Mit einem Anstieg um 19,7 % wuchs er jedoch deutlich langsamer als die Produktion. 2009 ging der Energieverbrauch um 15,2 % auf 6,3 PJ zurück und sank damit noch stärker als die Produktion. Gegenüber dem Basisjahr konnte der Energieverbrauch um fast 48 % gesenkt werden.

Schaubild 8.2

Produktion und Energieverbrauch der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

1995 bis 2009



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. 2009 lag der Umsatz bei 542 Mill. €. Begleitet wurde die wirtschaftliche Entwicklung der Branche von Betriebserschließungen 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. 2009 betrug sie – trotz eines Rückgangs um 3,6 % – mehr als 4 600 Personen.

Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

Mit einer Energieintensität von fast 7,7 GJ/t im Jahr 2009 gehört die Industrie der keramischen Fliesen und Platten zu den energieintensiven Sektoren. Die Energieintensität liegt noch über dem Wert für die Feuerfest-Industrie (4,7 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.⁸ 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).

⁸ 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.

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.

8.4 Die Selbstverpflichtung

Der Verband hat im Dezember 2000 seine bis dahin bestehende Selbstverpflichtung neu formuliert und erweitert. Demnach wird eine *Reduktion der CO₂-Emissionen je produzierter Tonne Fliesen und Platten* in zwei Etappen angestrebt. Bis 2005 verpflichtete sich die Industrie der keramischen Fliesen und Platten ihren spezifischen CO₂-Ausstoß gegenüber 1990 um 22-26 % zu reduzieren. Auf Basis der spezifischen Emissionsmenge von 567 kg CO₂/t im Jahre 1990 ergab sich für 2005 ein Ziel-Korridor von 420 kg bis maximal 442 kg CO₂/t. Der untere Zielwert wurde bis 2005 zu 89 % erreicht. Zudem sollen bis 2012 die spezifischen Emissionen möglichst bis zu 30 % gegenüber 1990, auf nicht mehr als 397 kg CO₂/t reduziert werden.

Übersicht 8.1

Selbstverpflichtung der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

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

| | |
|-----------|------|
| Basisjahr | 1990 |
|-----------|------|

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

8.5 Bis 2009 erreichte CO₂-Minderungen

Für die spezifischen Emissionen in der Industrie der keramischen Fliesen und Platten lässt sich bis 2007 eine deutlich sinkende Tendenz erkennen (RWI 2009: 117). Zwischen 1990 und 1995 konnte der Klimagasausstoß auf 481 kg CO₂/t zurückgeführt werden (Tabelle 8.1). Nachdem die spezifischen Emissionen in den Jahren 1996 und 1999 auf 534 bzw. 512 kg CO₂/t stiegen (RWI 2005: 116), konnten sie bis 2007 auf 430 kg CO₂/t reduziert werden. Bis 2009 nahm der spezifische CO₂-Ausstoß wieder zu, lag mit 451 kg CO₂/t aber 2,1 % unter dem Wert von 2008.

Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

Tabelle 8.1

Spezifische CO₂-Emissionen der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

1990 bis 2009; Ziel bis 2012: -30 %

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

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

8.6 Ursachenanalyse

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

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

Anpassungen der Produktpalette zur Verringerung von CO₂-Emissionen scheiden ebenfalls aus. Hier hält die Tendenz am Markt hin zu Feinsteinzeug, größeren Formaten sowie dickeren Fliesen im gewerblichen Bereich an, der sich die deutschen Hersteller nicht entziehen können und deshalb ihre Produktion entsprechend angepasst haben (Fliesenverband 2009: 1). Da Steinzeug bei höheren Temperaturen gebrannt wird als Steingut, ist diese Entwicklung mit einem steigenden Energiebedarf verbunden.

Tabelle 8.2

Energiemix der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

1990 bis 2009; gerundeter Anteil der Energieträger am Gesamtverbrauch in %

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

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 bis 2009 allerdings wieder auf 7,7 GJ/t (Tabelle 8.3). Gegenüber 1990 errechnet sich eine Minderung um fast 21 %. Verbesserungen der Energieeffizienz wurden in der Vergangenheit vor allem durch Kapazitätsanpassungen und die Modernisierung der Produktionsanlagen begünstigt. Geringere Kapazitäten waren daher eine wesentliche Ursache für die Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen.

Tabelle 8.3

Spezifischer Energieverbrauch der Industrie der keramischen Fliesen und Platten

1990 bis 2009

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Spezifischer Energieverbrauch in GJ/t | 9,7 | 8,2 | 8,5 | 7,8 | 7,9 | 7,7 |
| Minderung in % | | 15,2 | 5,7 | 12,7 | 19,3 | 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 CO₂-Emissionen lassen sich als Produkt aus dem spezifischen Energieverbrauch und den durchschnittlichen Emissionen je GJ darstellen. Werden nun die durchschnittlichen Emissionen pro Energieeinheit aus dem Jahre 1990 in Höhe von 58,4 kg CO₂/GJ mit dem spezifischen Energieverbrauch im Jahre 2009 multipliziert, ergeben sich für 2009 fiktive spezifische CO₂-Emissionen in Höhe von knapp 450 kg CO₂/t. Das Resultat stimmt weitgehend mit dem tatsächlichen Wert für die spezifischen Emissionen überein (Tabelle 8.1). Damit ist die Reduktion des spezifischen CO₂-Ausstoßes bis 2007 in erster Linie auf die Verbesserung der Energieeffizienz zurückzuführen.

Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

8.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die Unternehmen der Branche waren 2009 bestrebt, die Effizienzverluste, die sich aus dem Rückgang der Produktion in Folge der Wirtschaftskrise ergeben haben, durch energetische Maßnahmen möglichst gering zu halten. Allerdings war der Spielraum für entsprechende Investitionen gering. In seinem Fortschrittsbericht für 2009 verweist der Fliesenverband zudem darauf, dass der Trend zu energetisch aufwendigerem Feinsteinzeug weiter verstärkt hat. Um die Energieeffizienz zu steigern, wurden Maßnahmen zur Verbesserung des Energiemanagements, der Optimierung der Produktkontrolle und zum Ausbau der Wärmerückgewinnung sowie der Erneuerung von Ofenanlagen durchgeführt (Fliesenverband 2010: 1).

Beispielhaft werden im Fortschrittsbericht 11 Maßnahmen zur Energieeinsparung aufgeführt. Die höchsten Investitionen entfielen 2009 den Ersatz eines Ofens sowie auf Maßnahmen zur Abwärmenutzung. Das Investitionsvolumen für neun dieser Maßnahmen belief sich auf insgesamt rund 5,4 Mill. €, für die beiden anderen wurden keine Angaben gemacht. Für vier der ausgewiesenen Maßnahmen wurde nur eine relative Einsparung zum bislang eingesetzten Energieträger gemacht. Da 2009 nur Erdgas und Strom eingesetzt wurden, kann aufgrund der Art der Maßnahmen vermutet werden, dass es sich in diesen Fällen um Verringerungen des Erdgasverbrauchs gehandelt hat. In Tabelle 8.4 ist eine Auswahl von sieben Maßnahmen wiedergegeben.

Tabelle 8.4
Ausgewählte Maßnahmen der Industrie der keramischen Fliesen und Platten
2009

| Maßnahme | Investitionen in Tsd. € | Energie- einsparung | Energieträ- ger | CO ₂ - Minderung in Tonnen/a |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|---|
| Wärmeverbundöfen mit Sprühturm | 170 | 1 MW (= 3,2 GJ) | Erdgas | 0,2 |
| Neue Kompressionssteuerung | 13 | 200 MW (= 2 087 GJ) | Strom | 134,0 |
| Neudimensionierung Entstaubung | 32 | 500 MW (= 5 217 GJ) | Strom | 335,0 |
| Ständige Leckagenkontrolle | k.A. | 60 MW (= 626 GJ) | Strom | 40,2 |
| Neue Luftdruckkomponenten | 6 | 200 MW (= 2 087 GJ) | Strom | 134,0 |
| Ersatz eines Ofens | 5 000 | 3 800 MW (= 12 345 GJ) | Erdgas | 691,3 |
| Austausch eines Brenners | 60 | 3 454 MW (= 11 221 GJ) | Erdgas | 628,4 |

Nach Angaben des Industrieverbands Keramische Fliesen und Platten e.V. (Fliesenverband 2010)

Die Höhe der Einsparungen variiert bei den umgesetzten Maßnahmen zwischen 691,3 GJ durch den Ersatz eines Ofens und 3,2 GJ durch einen Wärmeverbund mit Sprühturm. Insgesamt konnten 2009 durch diese sieben Maßnahmen rund 33,6 Tj Energie eingespart und gut 1 963 t CO₂ vermieden werden.

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

8.8 Bewertung

Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten avisiert in ihrer aktuell gültigen Selbstverpflichtungserklärung eine Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 „möglichst in der Nähe von 30 %“ (Fliesenverband 2000) gegenüber 1990. Mit den bis 2007 realisierten Minderungserfolgen konnte bereits ein Zielerreichungsgrad von 81 % erzielt werden (Schaubild 8.4). Die Auswirkungen der wirtschaftlichen Entwicklung im Jahre 2009 haben die Zielerreichung zwar wieder auf rund 69 % sinken lassen, dennoch lag dieser Wert um rund 6 Prozentpunkte besser als 2008.

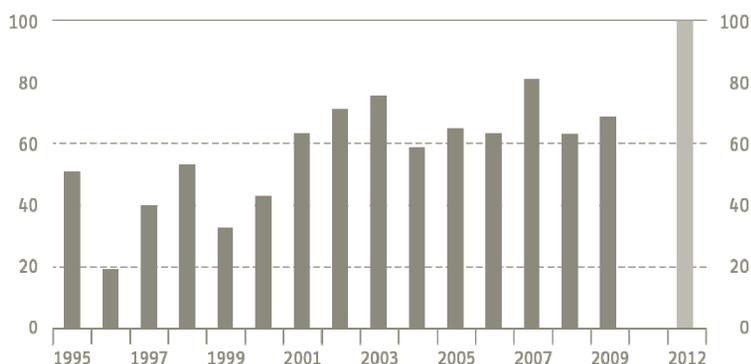
Die zukünftige Entwicklung im Hinblick auf das für 2012 angestrebte Minderungsziel ist mit gewissen Unsicherheiten behaftet. Seit einigen Jahren gibt es eine steigende Nachfrage nach Steinzeug und hier insbesondere nach gewerblich genutzten Bodenfliesen. An diese Produkte werden erhöhte Anforderungen hinsichtlich der Haltbarkeit gestellt, deren Erfüllung derzeit durch eine höhere Fliesenstärke erreicht wird. Dickere und somit schwerere Bodenfliesen verursachen jedoch einen höheren Brennaufwand und führen somit zu einem höheren spezifischen Energieverbrauch.

Die Industrie der keramischen Fliesen und Platten

Schaubild 8.4

Zielerreichungsgrad der Industrie der keramischen Fliesen und Platten für 2012

1995 bis 2009; in %



Eigene Berechnungen.

Die Brennofenausstattung ist laut Verband auf dem aktuellen Stand der Technik. Nennenswerte Effizienzsteigerungspotenziale sind demnach durch Modernisierungsmaßnahmen derzeit nicht zu erwarten. Auch das zusätzliche Einsparpotenzial durch ein verbessertes Qualitätsmanagement sowie durch Optimierung der Produktionsabläufe dürfte bereits sehr begrenzt sein, da zu vermuten ist, dass es angesichts der in den letzten Jahren gestiegenen Energiepreise von dem unter hohem Wettbewerbsdruck stehenden Wirtschaftszweig längst realisiert worden ist.

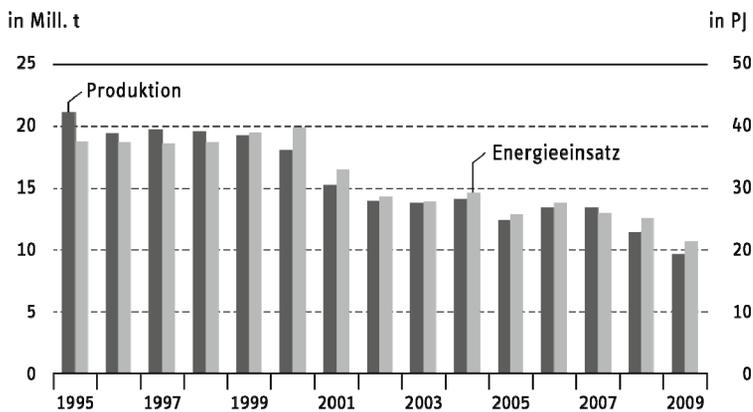
Von großer Bedeutung für die Industrie der Fliesen und Platten im Hinblick auf das Erreichen der Minderungsziele ist die Entwicklung der Baukonjunktur. Die geringe Zahl fertig gestellter Wohn- und Gewerberaums bedingt seit Jahren eine sinkende Nachfrage nach Boden- und Wandbekleidungen. Darüber hinaus entwickelt sich auch die Nachfrage, die sich aus dem Bedarf an Renovierungsarbeiten ergibt, nur sehr schleppend. (Deutsche Steinzeug 2008: 6-10, 20 und 2010: 2). Diese Marktsituation trägt zur schlechten Auslastung der Produktionskapazitäten bei, die zwangsweise in erhöhte spezifische CO₂-Emissionen mündet.

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

9. Die Ziegelindustrie

Als Lieferant von gebrannten Dach- und Mauerziegeln gehört die mittelständisch geprägte Ziegelindustrie zur Baustoffindustrie. Demzufolge ist dieser Industriezweig stark von der konjunkturellen Lage in der Bauwirtschaft abhängig. Hier wie dort zeigte sich in den letzten Jahren ein rückläufiger Trend, 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 9,7 Mill. t gebrannter Ziegel im Jahr 2009 (Schaubild 9.1). Dies entspricht einem Rückgang von 50 %.

Schaubild 9.1
Produktion und Energieverbrauch in der Ziegelindustrie
 1995 bis 2009



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

9.1 Datenbasis

Die wesentliche Datengrundlage für die im Rahmen des vorliegenden Berichtes erfolgende Berechnung der CO₂-Emissionen bildete auch für die Ziegelindustrie bis 2002 die Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes. Der Sektor wird in der Systematik der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008, unter der Position 23.32 „Herstellung von Ziegeln und sonstiger Baukeramik“ geführt (StaBuA 2008).

Die Ziegelindustrie

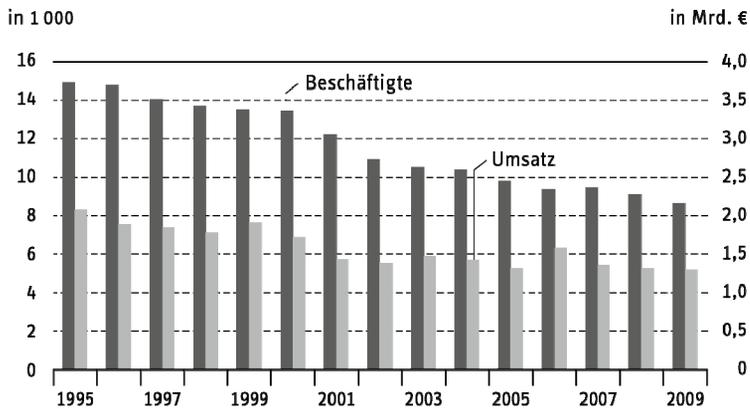
Seit 2003 wird die Energieverwendung vom Statistischen Bundesamt neu erhoben und in einer eigenen Statistik veröffentlicht. Diese ist jedoch für das Monitoring nur eingeschränkt verwendbar, da viele Angaben aus Gründen der Geheimhaltung nicht ausgewiesen werden. Zudem gibt es Abweichungen zur bisherigen Statistik der Reihe 4.1.1 bei Art und Umfang der eingesetzten Energieträger, die bislang nicht geklärt werden konnten. Für die Jahre 2003 und 2004 wurden die amtlichen Daten zum Energieverbrauch um Angaben des Bundesverbandes der Ziegelindustrie ergänzt. Seit 2005 beruhen die im Monitoring verwendeten Daten auf den Ergebnissen einer Erhebung des Bundesverbandes bei allen Mitgliedern und Nichtmitgliedern in Deutschland. Die Rücklaufquote für die Erhebung lag nach Angaben des Verbandes bei 95 %. Fehlende oder unvollständige Angaben wurden durch den Verband hochgerechnet. Informationen zu den durchgeführten Maßnahmen zur CO₂-Minderung basieren auf dem Fortschrittsbericht des Bundesverbandes der Ziegelindustrie (Ziegel 2010). Die Zahl der Betriebe, der Beschäftigten und die Höhe des Umsatzes wird wegen der Umstellung des Berichtskreises auf Betriebe mit 50 und mehr Beschäftigten seit 2007 ebenfalls nicht mehr der Fachserie 4, Reihe 4.1.1 entnommen, sondern dem Jahresbericht für Betriebe des Statistischen Bundesamtes (StaBuA/JB).

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

9.2 Energieverbrauch, Umsatz und Beschäftigung

Der Energieeinsatz blieb über mehrere Jahre zunächst weitgehend stabil. Zwischen 1995 und 2000 bewegte er sich auf einem Niveau von etwa 38 bis 40 PJ (Schaubild 9.1). Erst mit dem Produktionsrückgang von 50 % zwischen 1999 und 2009 ging eine vergleichbare Reduktion des Energieverbrauchs um 40,3 % einher. Laut Statistischem Bundesamt erzielte der Industriezweig 2009 mit 8 734 Beschäftigten in 132 Betrieben einen Umsatz von rund 1,3 Mrd. € (Schaubild 9.2). Der seit 2000 anhaltende Rückgang der Beschäftigung setzte sich auch 2009 fort. Mit lediglich 0,2 % aller Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe und einem Umsatzanteil von 0,1 % im Jahr 2009 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.

Schaubild 9.2
Beschäftigte und Umsatz in der Ziegelindustrie
 1995 bis 2009



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 16,5 MJ/€ im Jahr 2009 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. Bezogen auf das Gewicht der gebrannten Ware, hatten Dachziegel nach Angaben des Verbandes 2009 einen Anteil von 19,6 % an der gesamten Produktion, Mauerziegel entsprechend einen Anteil von 80,4 %. Die Ausgangsmaterialien für diese Produkte sind Lehm und Ton, die oberflächennah und häufig in direkt neben dem Ziegelwerk befindlichen Lagerstätten abgebaut werden. Beim Abbau der Tone und Lehme kommen überwiegend Bagger und Radlader zum Einsatz. Durch die werksnahe Lage der Lagerstätten ist bei fast keinem deutschen Ziegelwerk ein Transport über längere Strecken notwendig. In einigen Ziegelwerken werden Transportbänder genutzt. Dies erspart jeglichen Transportverkehr (Baupraxis 2005).

Die Ziegelindustrie

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

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

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

9.4 Die Selbstverpflichtung

Die Ziegelindustrie hat sich im Dezember 2000 bereit erklärt, ihre spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um 28 bis 30 % gegenüber 1990 zu senken. 1990 wurden 152 kg CO₂/t emittiert. Somit ergibt sich für 2012 ein Reduktionsziel von maximal 109 kg CO₂/t.

Übersicht 9.1

Selbstverpflichtungen der Ziegelindustrie

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

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie (Ziegel 2000).

9.5 Bis 2009 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 2007 wieder auf rund 1,9 GJ/t reduziert werden (RWI 2009: 127). 2008 und 2009 ist ein erneuter Anstieg zu verzeichnen, gegenüber 2007 um fast 14 % auf 2,2 GJ/t.

Tabelle 9.1
Spezifischer Energieeinsatz der Ziegelindustrie
 1990 bis 2009

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

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

Die spezifischen CO₂-Emissionen haben 1995 mit 108 kg CO₂/t erstmals die Zielmarke für 2012 unterschritten (Tabelle 9.2). Ähnlich wie der spezifische Energieverbrauch haben sich die spezifischen Emissionen bis 2000 wieder erhöht, lagen aber mit 130 kg CO₂/t noch gut 14 % unter dem Wert von 1990. Bis 2007 sanken die spezifischen Emissionen auf 116 kg CO₂/t (RWI 2009: 127). Bis 2009 stiegen sie jedoch wieder um 14 % auf 132 kg CO₂/t. Damit konnte die Minderung des spezifischen CO₂-Ausstoßes seit 2000 nicht weiter fortgesetzt werden. Die Ziegelindustrie hat sich daher 2009 weiter von ihrem unteren Minderungsziel für 2012 entfernt und es nur knapp zur Hälfte erreicht.

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

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

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 40,3 % zwischen 1999 und 2009 ist im anhaltenden Produktionsrückgang der Ziegelindustrie zu sehen. Die Produktion sank in diesem Zeitraum um 50 %. Bei einem unabhängig vom Auslastungsgrad nahezu konstanten Energiebedarf für Trockner-

Die Ziegelindustrie

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. Seit 2008 weist der Verband in seinen Fortschrittsberichten darauf hin, dass Auslastungsprobleme in besonderem Maße zu einem erhöhten spezifischen Energieverbrauch geführt haben (Ziegel 2009: 2 und 2010: 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 2009; in Mill. Tonnen

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

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

Ferner ist bis 2005 eine Verschiebung der Nachfrage von Mauerziegeln zu Dachziegeln zu erkennen (Tabelle 9.3). Die Produktion von Dachziegeln ist sowohl mit einer längeren Brandzeit, als auch mit einer höheren Brenntemperatur verbunden und infolgedessen energieintensiver. Zudem werden oberflächenveredelte Dachziegel, die einen Marktanteil von 80 % haben, heute zumeist in sogenannten H-Kassetten gebrannt. Hierbei muss erheblich mehr Masse an Trägermaterial aufgeheizt werden als bei den traditionell verwendeten U-Kassetten. Durch den Einsatz

von H-Kassetten erhöhte sich der spezifische Energieeinsatz von 2 400 bis 3 000 kJ/kg auf 2 800 bis 3 500 kJ/kg (Ziegel 2008: 2-3).

Im Vergleich zu 1990 ist der spezifische Energiebedarf bis 2009 nur um knapp 2,8 % gesunken (Tabelle 9.1). Der Wert für die spezifischen CO₂-Emissionen lag dagegen 13,5 % 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. 2009 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 2009 bereits 68 %. Der Stromanteil am Energieverbrauch stieg als Folge der verstärkten Aufbereitung der Rohstoffe und dem Einsatz von Abgasreinigungsanlagen zwischen 1990 und 2009 von 21 % auf 25,2 %.

Die Verdrängung kohlenstoffreicher Energieträger spiegelt sich auch im durchschnittlichen Emissionswert je Energieeinheit wider. 1990 betrug dieser noch 66,9 kg CO₂/GJ. Dieser Wert konnte bis 2009 auf 59,5 kg CO₂/GJ reduziert werden. Die Minderung beträgt demnach 7,4 kg CO₂/GJ. Die sich daraus ergebene prozentuale Minderung beträgt etwa 11 % und scheint entsprechend gut den Unterschied in der Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs und der Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen zu erklären.

Die Ziegelindustrie

Tabelle 9.4
Veränderungen des Energiemix der Ziegelindustrie

1990 bis 2009; gerundete Werte in PJ

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

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 2009 effizienter zu gestalten. Dazu zählen sowohl technische als auch organisatorische Maßnahmen.

Anhand der im Fortschrittsbericht gemachten Angaben ist indessen eine Ermittlung der Gesamteinsparung an Energie und CO₂-Emissionen nicht möglich. Die aufgeführten Maßnahmen führten zu prozessbezogenen Einsparungen, über deren konkrete Höhe zum Teil keine Angaben gemacht wurden. Tabelle 9.5 gibt eine Auswahl der insgesamt 13 aufgeführten Maßnahmen wieder. Intensive Bemühungen zur Energieeinsparung richteten sich auf die Möglichkeiten der Optimierung des Wärmeverbundes zwischen Tunnelöfen und Trocknern sowie auf die Modernisierung bestehender Systeme und Aggregate.

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

2009

| Maßnahmen aus einzelnen Ziegelwerken | Energieeinsparung |
|---|--|
| Bau von zwei Umwälzanlagen: Aus dem Ofen wird die Luft bei Temperaturen von 400 °C bzw. 500 °C entnommen und in Schubrichtung wieder eingeblasen. Hierdurch wird der komplette Ziegelbesatz gleichmäßig aufgeheizt. | Senkung des Energieverbrauchs am Ofen um ca. 50 kcal/kg; Ersparnis von ca. 380 000 kWh/Monat. |
| Installation von Umwälzgebläsen, sog. turbo blocks, im Garbrandbereich des Ofens; Vergleichmäßigung der Ofenatmosphäre. Positiver Nebeneffekt: Senkung des Primärenergiebedarfs am Ofen (gasgefeuert). | Senkung des spezifischen Energieverbrauchs des Ofens um 3,1 % gegenüber dem Vergleichszeitraum 2008. |
| Auswechslung der Schüttkörper | Senkung des durchschnittlichen Gasverbrauchs pro Woche um 2 978 m ³ . |
| Installation eines neuen Wärmeverbundes: Energieversorgung des Kammertrockners mit Abwärme von zwei Tunnelöfen. | Einsparung von rund 3 800 kWh/a Gas. |
| Durch Abkühlung des Rauchgases aus den Öfen von 200-240 °C auf 110 °C werden 1 200 kW Wärme zurückgewonnen. 700 kW werden zur Rauchgasreinigung benötigt, von den bisher verworfenen 500 kW können derzeit etwa 200 – 250 kW durch Einspeisung in einen 20 000 Liter Wärmespeicher (90 °C) genutzt werden. | Einsparung Erdgas: ca. 1 100 MWh/a |
| Druckluft: Druckniveau von 7,2 auf 6,6 bar gesenkt; Einbau von Absperrventilen an den Produktionsmaschinen: insgesamt wurden 12 Magnetventile installiert, um Teilbereiche von der Warte aus zu regeln. | Einsparung: ca. 41 MWh/a |
| Beleuchtungsoptimierung: Einschaltpunkte verändert, Automatische Ein-/Ausschaltung über SPS und Tageslichtsensoren. | Einsparung ca. 13 MWh/a Strom. |
| Kammertrockner: 66 Lüftermotoren mit Frequenzumrichter ausgerüstet, dadurch reduzierte Leistungsaufnahme. | Einsparung ca. 200 MWh/a |
| Trockner: Um den Durchlauftrockner optimal auszulasten wurden die Arbeitszeiten der Mitarbeiter im Jahre 2007 flexibilisiert (teilw. Samstagsarbeit). Um die gesamte Abwärme des Ofens nutzen zu können, sind weitere Warmlufteinblasungen auf dem Trockner verlegt worden. Durch diese Maßnahmen konnte die Zusatzheizung außer Betrieb genommen werden. | Gespart: je nach Steinsorten ca. 12 000 Liter Heizöl/Jahr. |

Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie (Ziegel 2010).

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

Die Ziegelindustrie

Bedingungen und damit des Wärmeübergangs in Trocknern und Öfen sowie Optimierungsmaßnahmen bei der Wärmerückgewinnung und der Steuerungstechnik. Zu den organisatorischen Maßnahmen gehörte beispielsweise die Einführung der 7-Tage-Woche. Sie ermöglicht einen Dauerbetrieb mit kontinuierlicher Abnahme der Ofenkühlluft. Zudem wurde die Rauchgastemperatur abgesenkt. Weitere 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 2010: 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, die Lehrgänge der Ziegeltechnik für Meister und Fachleute an der FH Koblenz sowie Seminare des Instituts für Ziegelforschung (IZF) in Essen (Ziegel 2010: 2).

9.8 Zusammenfassung und Bewertung

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

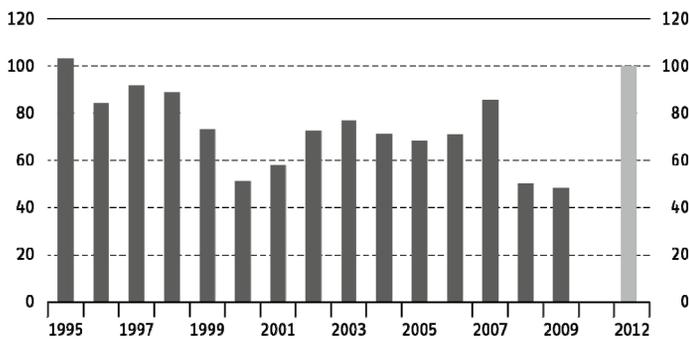
Nachdem die Zielmarke bereits 1995 erstmals erreicht werden konnte, ging der Zielerreichungsgrad bis 2000 jedoch wieder zurück (Schaubild 9.3). Nach einer erneuten Steigerung auf fast 86 % bis 2007 sank der Zielerreichungsgrad 2008 wieder auf 48,2 %. Hier spiegelt sich der deutliche Produktionsrückgang wider, dessen Auswirkungen 2009 alle Maßnahmen zur Reduzierung der spezifischen CO₂-Emissionen überlagert haben. Die schlechtere Auslastung konnte selbst durch Abschaltung von Öfen nur unzureichend kompensiert werden. Das erneute Anfahren der Öfen führte zu einem steigenden spezifischen Energieverbrauch (Ziegel 2010: 2).

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 Gewerberaum führt zu einer generell sinkenden Nachfrage nach Mauer- bzw. Dachziegeln und folglich zu einer schlechteren Auslastung der Produktionskapazitäten mit entsprechend steigenden spezifischen Energieverbräuchen und CO₂-Emissionen. Ein weiterer Grund sind die geänderten Marktanforderungen in Form gesteigerter Ansprüche an die Qualität der Produkte, vor allem bezüglich Aussehen und Witter-

rungsbeständigkeit. Dies erfordert höhere Brenntemperaturen und eine verstärkte Aufbereitung. Gerade im Bereich der Sichtziegel, also Dachziegel und Backsteine, die für die Fassade verwendet werden, wird verstärkt auf Kundenwünsche eingegangen. Die Folge sind geringere Stückzahlen, die mit einem höheren spezifischen Energieverbrauch und höheren spezifischen Emissionen einhergehen.

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

1995 bis 2009; 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 2009 bereits rund 91 % des Brennstoffverbrauchs ab. Dieser Anteil wird – wenn überhaupt – nur noch geringfügig steigen, da diejenigen Anlagen, die noch kein Erdgas verwenden, entweder kein Gasnetz zur Verfügung haben oder aus produktspezifischen Gründen andere Brennstoffe einsetzen.

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

10. Die Zementindustrie

Die wirtschaftliche Situation der deutschen Zementindustrie wurde in den vergangenen Jahren im Wesentlichen vom starken Rückgang der Bauwirtschaft bestimmt. Dieser begann bereits 1995 und setzte sich bis 2005 fort. Erst 2006 brachte eine allmähliche Erholung. Von dieser Nachfrageschwäche war die Zementindustrie nach Angaben des Verbandes in besonderem Maße betroffen. 2006 und 2007 stieg die Zementproduktion sowohl aufgrund der inländischen Nachfrageverbesserung als auch einer steigenden Exportnachfrage wieder auf gut 34,1 Mill. t an (VDZ 2008). Dieser Trend setzte sich auch im Jahr 2008 mit einem Anstieg der Produktion auf etwa 34,7 Mill. t fort. Im Jahr 2009 fiel die Produktion in erheblichem Umfang ab und betrug zuletzt etwa 31 Mill. t.

10.1 Datenbasis

Die für das CO₂-Monitoring verwendeten Daten zum Energieverbrauch und zur Produktion basieren auf jährlichen Umfragen des Vereins Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ). Für den für das Monitoring relevanten Zeitraum ab 1995 macht zudem das Statistische Bundesamt in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, Angaben zum Energieverbrauch sowie zu Umsatz und Beschäftigung (StaBuA/FS4/R4.1.1). Daten zum Energieverbrauch gibt es allerdings nur bis 2002, da die ab 2003 durchgeführte neue Erhebung des Statistischen Bundesamtes über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes die Verbrauchsdaten aus Geheimhaltungsgründen nicht mehr in der erforderlichen Gliederungstiefe bei den Energieträgern ausweist. Die hier benutzte Bezeichnung „Zementindustrie“ steht für den in den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes aufgeführten Wirtschaftszweig Nr. 23.51, Herstellung von Zement.

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

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

andere Energieträger benötigen, die zwar vom Statistischen Bundesamt, nicht aber bei den Erhebungen des VDZ erfasst werden.

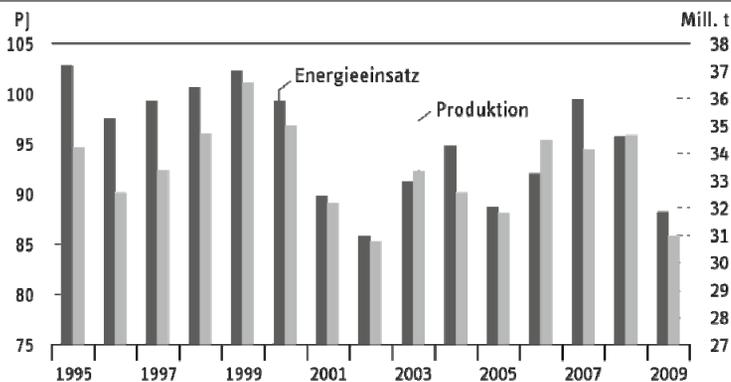
Zu der Branche zählten Ende 2009 insgesamt 22 Unternehmen mit zusammen 19 Mahlwerken und 36 Werken mit Klinkererzeugung. Damit hat sich seit Ende 2003 die Zahl der Mahlwerke um eins, die der Werke zur Klinkererzeugung um sechs reduziert (VDZ 2005:6, VDZ 2010:4). An der aktuellen Umfrage des VDZ haben sich alle 36 Werke mit Klinkererzeugung sowie 15 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 2010:4).

10.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Mit einem Produktionsniveau von rund 33,3 Mill. t Zement aus in Deutschland gebranntem Zementklinker – dem Hauptbestandteil von Zement – gelang es der Zementindustrie 2003, den drastischen Rückgang der Produktion der Jahre zuvor zu stoppen (Schaubild 10.1), so dass 2008 ein Produktionsniveau von 34,7 Mill. t erreicht wurde. Die Zementherstellung fiel bedingt durch die Wirtschaftskrise im Jahr 2009 um etwa 3,7 Mill. t bzw. 10,6 % auf zuletzt knapp 31,0 Mill. t.

Schaubild 10.1
Produktion und Energieeinsatz der Zementindustrie

1995 bis 2009



VDZ (2010).

Zum Teil verursacht durch den Produktionsrückgang reduzierte sich der Energieverbrauch von 1999 bis 2002 kontinuierlich von 102,3 PJ auf 85,8 PJ (Schaubild 10.1); zwischen 2002 und 2004 war sein Zuwachs mit 10,6 % deutlich stärker ausgeprägt

Die Zementindustrie

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 1,5 %. Im Jahr 2008 stieg die Produktion um 1,5 %, während der Energieeinsatz mit etwa -2,0 % rückläufig war. Im Jahr 2009 waren in Folge der Finanzkrise sowohl Produktion (-10,6 %) als auch der Energieeinsatz stark rückläufig (-7,9 %).

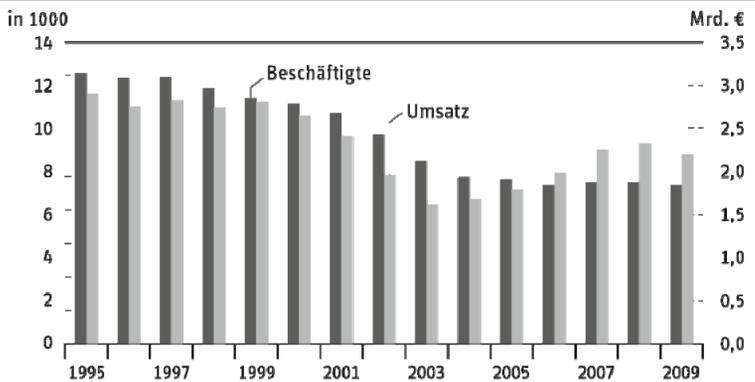
Die Energieverbrauchswerte beinhalten dabei sowohl den Einsatz fossiler Brennstoffe und Strom als auch die Sekundärbrennstoffe. Der Anteil der Sekundärbrennstoffe am gesamten Brennstoffeinsatz, der bereits zwischen 1995 und 2000 kontinuierlich von 10,7 % auf 25,7 % erhöht wurde, konnte bis 2009 noch einmal gesteigert werden, auf 58,4 % bzw. 51,5 PJ (Tabelle 10.7).

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 2009 einen etwa dreißigmal so hohen Wert auf.

Der Umsatz der Zementindustrie ist von 1999 bis 2002 sehr viel deutlicher zurückgegangen als die Produktion, was auf einen gleichzeitig erfolgenden Preisverfall zurückzuführen ist (VDZ 2005: 6): Während sich die Produktionsmenge lediglich um rund 16 % reduzierte, nahm der Umsatz um mehr als 30 % ab (Schaubild 10.2). 2003 setzte sich trotz des Produktionsanstiegs der Rückgang des Umsatzes als Folge eines weiteren drastischen Preiseinbruchs noch einmal auf rund 1,6 Mrd. € fort (StaBuA/FS4/R4.1.1 2004: 47). Die danach einsetzende Preisberuhigung sowie die weiter steigende Nachfrage führten dann bis 2008 zu einem Umsatzanstieg auf etwa 2,3 Mrd. €. Im Jahr 2009 sank der Umsatz krisenbedingt um 5,4 % von 2,3 auf 2,2 Mrd. € ab.

Auf den Absatzzrückgang reagierte die Zementindustrie sowohl mit der Schließung von Werken als auch mit einer weiteren Reduzierung der Beschäftigten. Insgesamt ist die Zahl der Arbeitskräfte in diesem Sektor in den vergangenen Jahren kontinuierlich gefallen: von rund 12 600 Beschäftigten im Jahr 1995 auf rund 7 400 im Jahr 2009 (Schaubild 10.2).

Schaubild 10.2
Beschäftigte und Umsatz in der Zementindustrie
 1995 bis 2009



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 %. Portlandzement⁹ wird beispielsweise ausschließlich aus Zementklinker und einem Sulfatträger hergestellt. Zementklinker wird bevorzugt aus kalk- und tonmineralhaltigen Materialien gebrannt, die vor allem Kalkstein enthalten, den für die Zementherstellung wesentlichen Rohstoff mit der chemischen Verbindungsformel CaCO_3 (Calciumcarbonat, Calcit). Um aus den Rohmaterialien Zementklinker zu produzieren, werden diese auf die so genannte *Sintertemperatur*

⁹ Der Name Portlandzement geht auf den Engländer Joseph Aspdin zurück, der 1824 eine Mischung aus Kalk und Ton brannte. Die Farbe seines dadurch hergestellten Bindemittels entsprach der des damals oft verwendeten, von der englischen Halbinsel Portland an der Kanalküste stammenden Kalksteins. Aspdin nannte deshalb sein Produkt „Portlandcement“ (Holcim 2004: 4).

Die Zementindustrie

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

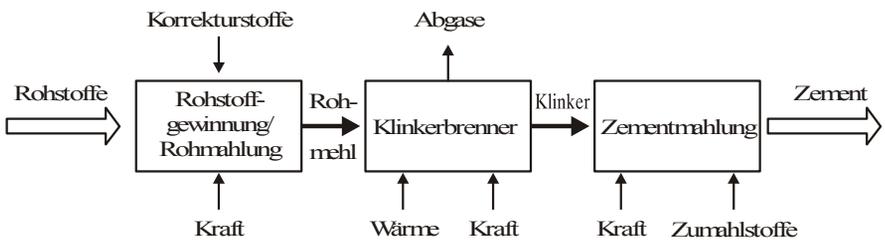
Bereits während der Aufheizung bis zur Sintertemperatur zersetzt sich das Calciumcarbonat (CaCO_3) zu Calciumoxid (CaO) und Kohlendioxid (CO_2). Diesen chemischen Prozess der thermischen Dissoziation von Calcit nennt man *Entsäuern* des Kalksteins. Bei noch höheren Temperaturen entsteht aus Calciumoxid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

Bei der Entsäuerung des Calciumcarbonats (CaCO_3) wird *rohstoffbedingt* das Treibhausgas Kohlendioxid (CO_2) freigesetzt. Die rohstoffbedingten spezifischen CO_2 -Emissionen hängen von der Rohstoffrezeptur ab, verändern sich jedoch nur in geringem Maße. Im Jahr 2009 betrug diese etwa 0,398 t CO_2 /t. Andere Treibhausgase treten bei der Zementherstellung nicht oder nur in extrem geringen Mengen auf (VDZ 2000: 24).

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

Schaubild 10.3

Schematische Darstellung der Herstellung von Zement



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

des Brennvorgangs stattfindenden chemischen Reaktionen zur Klinkerbildung günstig beeinflusst.

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

Nach dem Brennen des Zementklinkers bei Temperaturen von bis zu 1 500° C, bei dem im Wesentlichen Brennstoffenergie eingesetzt wird, wird dieser in so genannten Klinkerkühlern auf Temperaturen von 80 bis 150° C abgekühlt. Die dabei verbleibende Abwärme ist wirtschaftlich nicht mehr verwertbar (VDZ 2005: 10). Die Klinkerkühler haben die Aufgabe, Wärme zurück zu gewinnen, indem die Kühlerabluft mit einem Temperaturniveau von etwa 250 bis 400° C beispielsweise zur Trocknung von Rohmaterialien verwendet wird (VDZ 2005: 10).

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

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

Die Beimischung von Hüttensand und Kalkstein ist für den Energieaufwand und den CO₂-Ausstoß dieser Branche von erheblicher Bedeutung. Obwohl die Beimischung dieser Materialien einen größeren Stromeinsatz aufgrund eines erhöhten Mahlaufwands erfordert, ist der gesamte Energieaufwand zur Herstellung einer Tonne Zement durch die Verwendung von Hüttensand oder Kalkstein dennoch

Die Zementindustrie

geringer als bei ausschließlicher Verwendung von Zementklinker: Durch die Beimischung anderer Stoffe muss weniger Zementklinker pro Tonne Zement gebrannt werden, was notwendigerweise unter hohem Einsatz von Energie geschieht, um die Sintertemperatur von 1 400 bis 1 450 Grad Celsius zu erreichen. Neben den durch den verringerten Energieeinsatz erzielten energiebedingten spezifischen CO₂-Einsparungen reduzieren sich durch das Hinzufügen dieser Ersatzstoffe für Klinker auch die rohstoffbedingten spezifischen CO₂-Emissionen, welche beim Prozess der Entsäuerung anfallen.

Seit geraumer Zeit nimmt die Bedeutung der Zementprodukte mit mehreren Bestandteilen zu: Von 1999 bis 2004 ist deren Anteil von 34 % auf 41,7 % deutlich gestiegen, bis 2009 gar auf 66 %. Derartige Veränderungen des Mix an Zementprodukten stellen eine zunehmend wichtiger werdende Option zur Energieeinsparung und CO₂-Reduzierung in der Zementindustrie dar.

10.4 Die Selbstverpflichtung

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

Übersicht 10.1

Selbstverpflichtung der Zementindustrie

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

Angaben des VDZ (2000: 19).

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

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

10.5 Bis 2009 erreichte CO₂-Minderungen

Der energiebedingte spezifische CO₂-Ausstoß betrug 2009 rund 178 kg CO₂ pro Tonne Zement nach 183 kg CO₂/t im Jahr 2008. Er konnte damit weiterhin deutlich vermindert werden und war um rund 49 % niedriger als im Basisjahr 1990 (Tabelle 10.1). Damals lagen die energiebedingten spezifischen Emissionen bei etwa 352 kg CO₂/t Zement – wohlgermerkt ohne die CO₂-Beiträge der Sekundärbrennstoffe. Das Ziel, die energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um 28 % gegenüber dem Basisjahr 1990 zu reduzieren, war bereits im Jahr 2001 erfüllt, als die Minderung 30,1 % betrug. 2009 ist dieses Ziel um mehr als 76 % übertroffen worden (Tabelle 10.1).

Tabelle 10.1
Energiebedingte spezifische CO₂-Emissionen in der Zementindustrie
1990 bis 2009; Minderungsziel bis 2012: 253 kg CO₂ /t Zement bzw. -28 %

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|-------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Emissionen in kg CO ₂ /t | 352 | 325 | 263 | 200 | 189 | 195 | 183 | 178 |
| Minderung in % | - | 7,7 | 25,3 | 43,2 | 46,3 | 44,6 | 48,0 | 49,4 |
| Zielerreichungsgrad in % | - | 27,5 | 90,4 | 154,2 | 165,4 | 159,3 | 167,6 | 176,4 |

Nach Angaben des VDZ (2010). – Ohne Sekundärbrennstoffe.

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

Die CO₂-Emissionen durch den Einsatz fossiler Brennstoffe und Strom lagen im Basisjahr 1990 bei rund 12 Mill. t (Tabelle 10.3). 2009 betrug diese knapp 5,5 Mill. t, womit die Einsparung gegenüber 1990 bereits rund 6,5 Mill. t betrug und damit noch einmal um etwa 0,8 Mill. t niedriger waren als 2008. Die CO₂-Emissionen inklusive des rohstoffbedingten Anteils betrug 1990 rund 27,4 Mill. t. Im Jahr 2009 lagen sie mit 17,8 Mill. t um rund 9,6 Mill. t oder 35,0 % niedriger als 1990. Gegenüber 2008 bedeutete dies eine weitere Einsparung um 2,0 Mill. t.

Die Zementindustrie

Tabelle 10.2
Rohstoff- und energiebedingte spezifische CO₂-Emissionen der Zementindustrie
 1990 bis 2009; Minderungsziel bis 2012: 674 kg CO₂/t Zement bzw. -16 %

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Spezifische Emissionen in kg CO ₂ /t | 802 | 776 | 694 | 606 | 573 | 614 | 571 | 575 |
| Minderung in % | - | 3,2 | 15,6 | 24,4 | 28,6 | 23,4 | 28,8 | 28,3 |

Nach Angaben des VDZ (2010). – ¹ Ohne Sekundärbrennstoffe.

Die energiebedingten CO₂-Emissionen wurden deutlich von den rohstoffbedingten Emissionen übertroffen: Diese lagen 1990 bei etwa 15,4 Mill. t, wie sich aus der Differenz von 27,4 und 12 Mill. t ergibt. Die rohstoffbedingten CO₂-Emissionen hatten im Basisjahr folglich einen Anteil von etwa 56,2 % an den CO₂-Emissionen dieses Sektors. 2009 hatten die rohstoffbedingten CO₂-Emissionen mit 69,1 % oder 12,3 Mill. t einen bedeutend höheren Anteil an der gesamten Emissionsmenge.

Tabelle 10.3
CO₂-Emissionen und Produktion der Zementindustrie
 1990 bis 2009; in Mill. t

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Energiebedingte Emissionen | 12,0 | 11,1 | 9,2 | 6,4 | 6,5 | 6,7 | 6,4 | 5,5 |
| Minderung in % | - | 7,5 | 23,3 | 47,1 | 45,5 | 44,6 | 48,0 | 54,2 |
| Energie- und rohstoffbedingte Emissionen | 27,4 | 26,5 | 24,3 | 19,3 | 19,8 | 21,0 | 19,8 | 17,8 |
| Minderung in % | - | 3,3 | 11,3 | 29,7 | 27,9 | 23,5 | 27,7 | 35,0 |
| Produktion | 34,2 | 34,2 | 35,0 | 31,8 | 34,5 | 34,1 | 34,7 | 31,0 |
| Veränderung geg. 1990 in % | - | 0,0 | 2,3 | -7,0 | 0,9 | -0,3 | 1,5 | -9,4 |

Nach Angaben des VDZ (2010).

10.6 Ursachenanalyse

Die wesentlichen Gründe für die Senkung des Energieverbrauchs und damit der CO₂-Emissionen der Zementindustrie sind in der Substitution von Zementklinker durch Zusatzstoffe wie Hüttensand und Kalkstein sowie im zunehmenden Einsatz

von Sekundärbrennstoffen zu sehen. Im Folgenden wird der Einfluss jedes einzelnen dieser Faktoren untersucht.

Um die Auswirkungen der Produktionsveränderungen auf den Brennstoffverbrauch zu identifizieren, berücksichtigt die Tabelle 10.4 den erhöhten Einsatz der Sekundärbrennstoffe und gibt die Entwicklung des gesamten Brennstoffbedarfs inklusive des Verbrauchs an Sekundärbrennstoffen wider. Die Minderung des Brennstoffverbrauchs betrug zwischen 1990 und 2009 ca. 19,5 %. Maßgeblichen Beitrag hierzu leistete die Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs, welcher sich im selben Zeitraum um 11,0 % reduzierte.

Tabelle 10.4
Spezifischer und absoluter thermischer Energieverbrauch der Zementindustrie
1990 bis 2009

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Spez. Verbrauch in kJ/kg Zement | 3200 | 3000 | 2835 | 2785 | 2674 | 2915 | 2764 | 2848 |
| Minderung in % | - | 6,3 | 11,4 | 13,0 | 16,4 | 8,9 | 13,6 | 11,0 |
| Verbrauch in PJ | 109,5 | 102,8 | 99,3 | 88,7 | 92,1 | 99,5 | 95,8 | 88,2 |
| Minderung in % | - | 6,1 | 9,3 | 18,9 | 15,8 | 9,0 | 12,4 | 19,5 |

Nach Angaben des VDZ (2010).

Die deutliche Verringerung des spezifischen thermischen Energieverbrauchs lässt sich aus technischen Gründen auf keinen Fall mit der Substitution von thermischer durch elektrische Energie erklären. Die folgenden Zahlen belegen dies: Der elektrische Energieverbrauch sank laut Tabelle 10.5 zwischen 1990 und 2009 mit 14,2 % während die Produktion im gleichen Zeitraum mit etwa 9,3 % deutlich weniger stark abfiel. Der Rückgang des Verbrauchs an elektrischer Energie geht im Wesentlichen einher mit der Verbesserung des spezifischen Stromverbrauchs. Dieser sank um 5,2 % (Tabelle 10.5).

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 2000 ist der Anteil der

Die Zementindustrie

Zementsorten mit mehreren Bestandteilen von 23,2 % auf 38,2 % deutlich gestiegen (Tabelle 10.6). Bis 2009 setzte sich der Anstieg auf etwa 66,0 % fort. Wie hoch die damit verbundenen Energieeinsparungen konkret gewesen sind, lässt sich jedoch aus Mangel an den dafür benötigten Energieinformationen nicht bestimmen.

Tabelle 10.5
Spezifischer und absoluter Verbrauch an elektrischer Energie
 1990 bis 2009

| Jahr | Absoluter Verbrauch in TWh | Veränderung gegenüber 1990 in % | Spezifischer Verbrauch in kWh/t | Veränderung gegenüber 1990 in % |
|------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1990 | 3,67 | - | 107,4 | - |
| 1995 | 3,64 | -0,8 | 106,5 | -0,8 |
| 1996 | 3,50 | -4,6 | 107,4 | -0,0 |
| 1997 | 3,47 | -5,4 | 103,9 | -3,3 |
| 1998 | 3,63 | -1,1 | 104,7 | -2,5 |
| 1999 | 3,73 | +1,0 | 102,0 | -5,1 |
| 2000 | 3,55 | -3,3 | 101,5 | -5,5 |
| 2001 | 3,21 | -12,5 | 99,8 | -7,1 |
| 2002 | 3,17 | -13,6 | 103,0 | -4,1 |
| 2003 | 3,32 | -9,5 | 99,5 | -7,4 |
| 2004 | 3,32 | -10,6 | 102,1 | -4,9 |
| 2005 | 3,24 | -11,7 | 101,9 | -5,1 |
| 2006 | 3,42 | -6,8 | 99,4 | -7,4 |
| 2007 | 3,40 | -7,4 | 99,7 | -7,2 |
| 2008 | 3,43 | -6,5 | 99,0 | -7,8 |
| 2009 | 3,15 | -14,2 | 101,8 | -5,2 |

Nach Angaben des VDZ (2010).

Die Senkung des spezifischen thermischen Energieverbrauchs um 13,6 % zwischen 1990 und 2009 kann die in Tabelle 10.1 dargestellte Verringerung der *energiebedingten* spezifischen CO₂-Emissionen um 48 % nur sehr unvollständig erklären. Ein wesentlicher Grund ist der zunehmende Einsatz an Sekundärbrennstoffen, da diese in der Selbstverpflichtung der Zementindustrie als klimaneutral angesehen werden. Seit 1990 konnte der Anteil der Sekundärbrennstoffe kontinuierlich erhöht werden, von 7,4 % oder 8,1 PJ im Basisjahr 1990 über 42,1 % oder 40 PJ im Jahr 2004 auf 54,5 % oder 51,5 PJ im Jahr 2009.

Tabelle 10.6
Anteile der Zemente mit mehreren Bestandteilen am Inlandsabsatz
 1995 bis 2009; in %

| Zementsorte (Zusatzstoffe) | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| Portlandhüttenzement (6-35 % Hüttensand) | 2,6 | 15,0 | 14,7 | 19,3 | 20,5 | 22,1 | 12,9 |
| Portlandkalksteinzement ² (6-20 % Kalkstein) | 6,7 | 6,7 | 15,5 | 14,7 | 15,6 | 16,6 | 23,7 |
| Hochofenzement (36-80 % Hüttensand) | 13,4 | 14,2 | 14,4 | 17,7 | 19,2 | 20,5 | 17,9 |
| Portlandpuzzolanzement (6-35 % Trass) | 0,5 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Übrige Zemente | - | 0,4 | 2,5 | 6,5 | 8,2 | 10,8 | 11,4 |
| Insgesamt | 23,2 | 38,2 | 47,2 | 58,3 | 63,6 | 70,1 | 66,0 |

Um zu einer Abschätzung der durch den vermehrten Einsatz an Sekundärbrennstoffen vermiedenen CO₂-Emissionen zu kommen, wird hier vereinfachend davon ausgegangen, dass diese ausschließlich Steinkohle und Braunkohlenstaub mit jeweils einem CO₂-Emissionsfaktor von 0,093 Mill. t CO₂/PJ¹⁰ ersetzt haben. Mit den gegenüber 1990 zusätzlich eingesetzten 43,4 PJ an Sekundärbrennstoffen wären demnach 2009 etwa 4,0 Mill. t CO₂ eingespart worden.

Würde man die eingesparte Menge zu den energiebedingten CO₂-Emissionen des Jahres 2009 in Höhe von knapp 5,5 Mill. t hinzuaddieren, lägen diese bei rund 9,5 Mill. t. Bei einem Output von 31,0 Mill. t Zement im Jahr 2009 hätten die energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen in diesem Falle nicht bei 178 kg CO₂ pro Tonne Zement gelegen, wie in Tabelle 10.1 ausgewiesen, sondern bei rund 290 kg/t, mithin eine Differenz von ca. 112 kg/t. Das heißt, von den gesamten spezifischen Emissionseinsparungen in Höhe von 174 kg CO₂/t Zement gegenüber 1990 entfallen 112 kg CO₂/t oder 64,4 % auf die Verwendung von Sekundärbrennstoffen. Ohne Erhöhung des Sekundärbrennstoffeinsatzes hätte die Zementindustrie zwischen 1990 und 2009 folglich erst eine Reduktion auf 290 kg CO₂/t Zement realisiert. Dies entspräche einem Rückgang der energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen um 17,6 %.

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

Die Zementindustrie

Diese Beobachtung legt den Schluss nahe, dass die Senkung der energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen nahezu restlos durch zwei Faktoren erklärt werden kann: Durch die Reduktion des spezifischen Brennstoffverbrauchs und zu einem weitaus größeren Teil durch den erhöhten Sekundärbrennstoffeinsatz. Die Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs geht wiederum zurück auf 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 2000 immer unter einem Prozent geblieben ist.

Tabelle 10.7
Brennstoffverbrauch der Zementindustrie
1990 bis 2009; in PJ

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Steinkohlen | 47,5 | 43,1 | 31,4 | 8,7 | 11,4 | 13,9 | 13,9 | 10,2 |
| Braunkohlen | 45,8 | 33,4 | 30,1 | 29,1 | 27,6 | 25,1 | 23,1 | 20,0 |
| Petrolkoks | 0,8 | 10,0 | 8,4 | 4,2 | 4,3 | 5,6 | 4,9 | 4,4 |
| Schweres Heizöl | 4,2 | 3,3 | 1,9 | 2,2 | 1,9 | 2,1 | 0,9 | 1,1 |
| Leichtes Heizöl | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Erdgas | 0,8 | 1,1 | 0,7 | 0,5 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,1 |
| Sonstige | 2,1 | 0,6 | 1,0 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| Primärbrennstoffe | 101,4 | 91,8 | 73,8 | 45,4 | 46,0 | 47,3 | 43,7 | 36,7 |
| Sekundärbrennstoffe | 8,1 | 11,0 | 25,5 | 43,3 | 46,1 | 52,2 | 52,1 | 51,5 |
| Brennstoffverbrauch | 109,5 | 102,8 | 99,3 | 88,7 | 92,1 | 99,5 | 95,8 | 88,2 |

Angaben des VDZ (2010).

Der Mehreinsatz an Sekundärenergieträgern in Höhe von 43,4 PJ zwischen 1990 und 2009 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 2009 nur noch rund 10,2 PJ respektive 20,0 PJ (Tabelle 10.7).

Der Energiegehalt aller Primärbrennstoffe verringerte sich zwischen 1990 und 2009 um insgesamt 64,7 PJ, von rund 101,4 PJ auf 36,7 PJ, wobei 43,4 PJ durch zusätzliche Sekundärbrennstoffe eingespart werden konnten (Tabelle 10.7). Nur etwa 13,0 % der Einsparungen an Primärbrennstoffen ist folglich auf die anderen Ursachen zurückzuführen.

Fazit: Zu der im Jahr 2009 ermittelten Minderungsrate der energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen von mehr als 76 % über dem für 2012 avisierten Ziel der Selbstverpflichtung von 28 % gegenüber 1990 lagen, hat die Ausweitung des Einsatzes an Sekundärbrennstoffen zu ca. 64 % beigetragen. Die Senkung des spezifischen Brennstoffeinsatzes um 11 % zwischen 1990 und 2009 tat das Übrige. Diese Reduktion scheint wiederum fast ausschließlich auf den Ersatz von Zementklinker durch Zusatzstoffe wie Hüttensand zurückzugehen, durch deren Verwendung weniger Energie pro Tonne Output erforderlich ist. Die Substitution thermischer Energie durch elektrische Energie scheint hingegen keine nennenswerte Rolle zu spielen.

10.7 Bedeutende Maßnahmen zur CO₂-Minderung und Bewertung

Ein Blick auf Schaubild 10.4, das die Zielerreichungsgrade zur Minderung der energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen darstellt, scheint kaum einen Zweifel daran zu lassen, dass die Zementindustrie das bis 2012 gesetzte Ziel erreichen wird. Bereits seit 2001 wird die von der Zementindustrie angepeilte Zielmarke unterschritten – mit steigender Tendenz und einem Zielerreichungsgrad von inzwischen über 176 %.

Dafür gibt es im Wesentlichen zwei Gründe, die unmittelbar mit den beiden wichtigsten vom VDZ zur CO₂-Minderung angeführten Maßnahmen zusammenhängen: Erstens, die deutliche Ausweitung des Anteils an Sekundärbrennstoffen bis auf 58,4 % im Jahr 2009. „Da die Brennstoffkosten maßgeblich die Herstellkosten der Zementindustrie beeinflussen und somit eine Substitution von Braun- und Steinkohle durch CO₂-ärmere Energieträger wie Erdgas aus Kostengründen nicht möglich ist, gehen die Bestrebungen der Zementindustrie aus Wettbewerbsgründen auch weiterhin dahin, fossile Brennstoffe verstärkt durch Abfallstoffe zu ersetzen“ (VDZ 2008: 15). Das Motiv der Senkung der Energiekosten durch den Einsatz von Abfallstoffen wird demnach auch in Zukunft eine weitere Steigerung des Anteils der Sekundärbrennstoffe erwarten lassen.

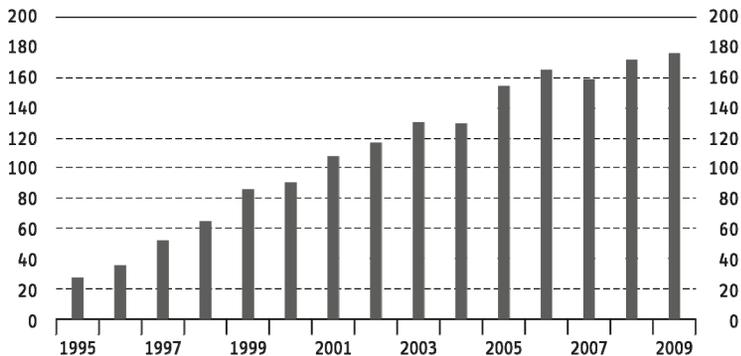
Zweitens: Die Branche wird in Zeiten des Emissionshandelsregimes bemüht sein, weiterhin „verstärkt Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen neben Klinker in den Markt zu bringen“ (VDZ 2007: 18), da damit sowohl die Energiekosten als auch die energie- und rohstoffbedingten CO₂-Emissionen reduziert werden können – die letzte Implikation zahlt sich im Emissionshandel zusätzlich aus. Aktuelle Zahlen

Die Zementindustrie

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 2009 auf 66,0 % 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 2009 von 6,7 % auf 23,7 % gesteigert hat (Tabelle 10.6).

Schaubild 10.4
Zielerreichungsgrade in der Zementindustrie

1995 bis 2009; in %



Eigene Berechnungen.

Die erreichten Minderungen der energiebedingten spezifischen CO₂-Emissionen sind fast ausschließlich auf die beiden oben genannten Ursachen zurückzuführen, nicht jedoch auf substanzielle Verbesserungen der Energieeffizienz im Produktionsprozess – zumindest nicht seit 1995. Dafür spricht das folgende Indiz: Der auf die Zementklinkerproduktion bezogene Energieverbrauch hat sich gegenüber den Vorjahren 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).

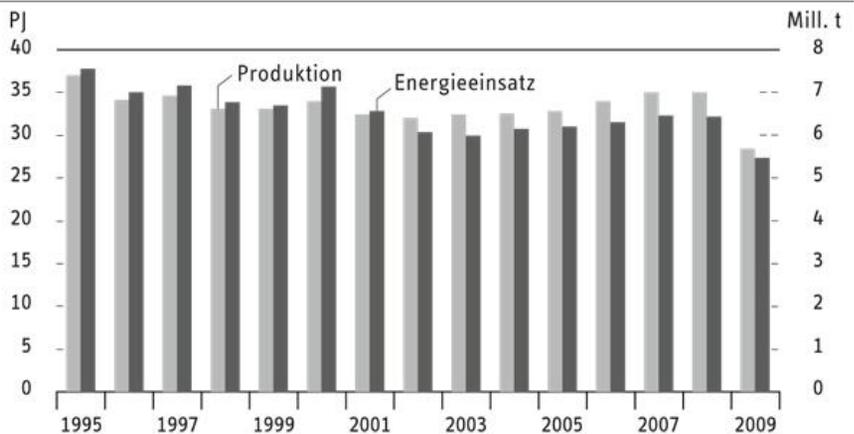
Fazit: Auch für die Zukunft ist keine Umkehr des Trends der Senkung der energetisch bedingten spezifischen CO₂-Emissionen zu erwarten. Der Spielraum für eine weitere Verringerung scheint begrenzt zu sein. Er setzt eine weitere Verbesserung der Marktakzeptanz für Zementprodukte mit mehreren Hauptbestandteilen und die deutliche Erhöhung der Investitionen in die Energieeffizienz verbessernde Maßnahmen oder gar Neuanlagen voraus. Dabei dürfte sich die Erholung der Bauwirtschaft als hilfreich erweisen. Ob der Emissionshandel substanzielle Innovationseffekte generiert, wird kontrovers diskutiert (siehe Gagelmann und Frondel 2005). Ob er zu einer verbesserten Diffusion von Energieeffizienztechnologien führt, muss sich erst noch erweisen.

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 2009 nach Angaben des Verbandes der wichtigste Abnehmer von Kalkprodukten. Es folgten der Bausektor mit 29 % und der Umweltsektor mit 11 %. 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 %. Infolge der Wirtschaftskrise im Jahr 2009 fiel die Produktion an Kalk mit 5,7 Mill. t etwa 24 % geringer gegenüber dem Vorjahr aus.

Schaubild 11.1
Produktion und Energieverbrauch der Kalkindustrie
1995 bis 2009



BV-Kalk (2010).

11.1 Datenbasis

Die Datengrundlage für die im Rahmen des vorliegenden Berichtes erfolgende Berechnung der spezifischen CO₂-Emissionen wird in Form von Produktions- und Energieverbrauchswerten ausschließlich vom Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie (BV-Kalk) bereitgestellt. Die Informationen zum Energieverbrauch der Kalkindustrie wurden in den früheren Monitoringberichten bis zum Bericht 2000-2002 mit denjenigen Werten verglichen, die in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes für den für das Monitoring relevanten Zeitraum ab 1995 genannt sind. Darin wird die Kalkindustrie nach der *Klassifikation der Wirtschaftszweige* von 1993 unter der Kennziffer 26.52, „Herstellung von Kalk“, geführt. Diese Gegenüberstellung erfolgt seitdem nicht mehr, da die neue Erhebung des Statistischen Bundesamtes über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes die Verbrauchsdaten für die Kalkindustrie seit 2003 nicht mehr getrennt ausweist.

11.2 Energieverbrauch und Produktion

Die Kalkindustrie stellte 2009 etwa 5,7 Mill. t Kalk her (Schaubild 11.1). Damit ist die Produktionsmenge gegenüber 2008 etwa 1,3 Mill. t geringer ausgefallen. Infolge der geringeren Produktion war der Energieverbrauch ebenfalls rückläufig. Betrag dieser im Jahr 2008 etwa 32,2 PJ, so fiel er im Jahr 2009 auf etwa 27,3 PJ ab.

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 0,71 und stieg für den Zeitraum 1995 bis 2009 auf 0,80 an.

Ein Energiekostenanteil von ca. 40 % an den Herstellungskosten pro Tonne Kalk ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Kalkindustrie zu den energieintensiven Industrien zählt (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 2009 bei 32 MJ/€. Zum Vergleich: Die innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes ebenfalls zu den energieintensiven Sektoren gehörende Zementindustrie wies im selben Jahr einen Wert von 40,1 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 %.

Die Kalkindustrie

11.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

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

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

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

11.4 Die Selbstverpflichtung

Die Selbstverpflichtungserklärung der Kalkindustrie vom 15.12.2000 sah vor, die *brennstoffbedingt* anfallenden spezifischen CO_2 -Emissionen bis 2005 um bis zu 15 % gegenüber 1990 zu senken (Übersicht 11.1). 1990 emittierte die Kalkindustrie bei einer Produktionsmenge von 7,1 Mill. t brennstoffbedingt etwa 3,2 Mill. t CO_2 . Dies entspricht spezifischen Emissionen von 452 kg CO_2 /t Branntkalk. (Im Folgenden wird abkürzend von Kalk anstatt von Branntkalk gesprochen.) Mit der Reduktionsverpflichtung um bis zu 15 % wurde folglich ein Zielwert von fast 384 kg CO_2 /t Kalk angestrebt. Bei einem Verharren der Produktionsmenge auf dem 1990er Niveau von 7,1 Mill. t, impliziert das bei der avisierten Minderung der spezifischen Emissionen eine Senkung der absoluten Emissionen von bis zu 482 800 t CO_2 pro Jahr.

Für die Jahre nach 2005 hat die deutsche Kalkindustrie die Selbstverpflichtungserklärung weiterentwickelt und sich bereit erklärt, eine Reduktion der spezifischen CO_2 -Emissionen um 15 % auch für 2012 gegenüber 1990 anzustreben (BV-Kalk 2008a). Damit ist der Zielwert gleichgeblieben. Zur Begründung wurde angeführt,

dass der technische Wirkungsgrad von 85 % durch den Einsatz optimaler Brennaggregate in den Ofenaggregaten der Kalkindustrie technisch kaum noch zu verbessern sei. Die Minderungsmöglichkeiten seien zudem noch dadurch eng begrenzt, da rund zwei Drittel der Emissionen aus den chemischen Umwandlungsprozessen von Kalkstein zu Kalk, dem sogenannten Prozess der chemischen Entsäuerung, stammen, der nicht zu beeinflussen sei (BV-Kalk 2008a; IPPC 2001: 84).

Übersicht 11.1

Selbstverpflichtung der Kalkindustrie

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

Basisjahr 1990

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie.

11.5 Bis 2009 erreichte CO₂-Minderungen

Im Jahr 2009 konnten die spezifischen CO₂-Emissionen gegenüber 1990 um 12,4 % bzw. auf 396 kg CO₂/t verringert werden (Tabelle 11.1). Damit wurde das für 2012 in der erweiterten Selbstverpflichtung avisierte Minderungsziel von 15 % zu knapp 83 % erreicht, während er im Vorjahr noch 96 % betrug. Die erhebliche Reduktion im Zielerreichungsgrad ist auf eine schlechte Anlagenauslastung während der Wirtschaftskrise zurückzuführen. Dem Rückgang in der gesamten Produktionsmenge steht eine gleichbleibende Anzahl an nachgefragten Sorten gegenüber, die sich hinsichtlich ihrer Qualität unterscheiden. Dementsprechend können die Öfen der Kalkindustrie nicht abgeschaltet werden, sobald die insgesamt nachgefragte Produktmenge hergestellt wurde. Sie laufen daher mit verminderter Leistung, was wärmespezifisch nicht optimal ist. Dies geht mit einer entsprechenden Erhöhung der spezifischen CO₂-Emissionen einher.

Ein stichhaltiges Indiz hierfür ist der Rückgang der Produktion um mehr als 24 % gegenüber dem Vorjahr, während der Energieverbrauch insgesamt um etwa 21 % rückläufig war.

Tabelle 11.1

Brennstoffbedingt anfallende spezifische CO₂-Emissionen der Kalkindustrie

1990 bis 2009; gerundete Werte. Minderungsziel: -15 % sowohl bis 2005 als auch bis 2012

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2007 | 2008 | 2009 |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Emissionen in kg CO ₂ /t | 452 | 398 | 417 | 387 | 385 | 387 | 396 |
| Minderung in % | - | 11,9 | 7,7 | 14,4 | 14,8 | 14,4 | 12,4 |
| Zielerreichungsgrad in % | - | 79,3 | 51,3 | 95,9 | 98,8 | 96,0 | 82,7 |

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie.

Die Kalkindustrie

Die absoluten CO₂-Emissionen konnten zwischen 1990 und 2009 ebenfalls verringert werden, um rund 0,96 Mill. t bzw. um 29,8 % (Tabelle 11.4). Ihre Reduktionsrate übertraf somit die der spezifischen Emissionen von 12,4 %. Demgegenüber war 2008 noch eine Verringerung der absoluten Emissionen gegenüber 1990 um 0,51 Mill. t bzw. 15,8 % festzustellen bei einem Rückgang der spezifischen Emissionen um 14,4 %.

11.6 Ursachenanalyse

Eine Ursache für Veränderungen der absoluten CO₂-Emissionen ist in der Produktionsentwicklung zu sehen. Während von 1990 bis 2001 ein deutlicher Rückgang der Produktion zu einem Sinken der Emissionen beitrug, war die Phase bis 2005 durch Stagnation gekennzeichnet. Zwischen 2006 und 2008 erfolgten wieder Produktionsanstiege und damit ein Emissionen steigernder Impuls. In Folge der Wirtschaftskrise sank die Produktion im Jahr 2009 um knapp 1,3 Mill. t auf 5,7 Mill. t ab und lag somit etwa 1,5 Mill. t unterhalb des Niveaus von 1990.

Dies erklärt die deutliche Verringerung der absoluten CO₂-Emissionen um rund 0,94 Mill. t gegenüber dem Jahr 1990. Die im Vergleich zum Vorjahr um 2 Prozentpunkte schlechtere relative Emissionsminderung (Tabelle 11.1) geht hingegen auf die nicht ausgelasteten Öfen der Kalkindustrie zurück. Daher besteht Grund zur Annahme, dass mit beginnender gesamtwirtschaftlicher Erholung eine Rückkehr zu den Zielerreichungsgraden der Vorjahre erfolgt.

Wäre 2009 ebenso viel produziert worden wie im Jahr 1990, das heißt etwa 1,5 Mill. t mehr, wären bei dem spezifischen Emissionswert des Jahres 2009 von 396 kg CO₂/t rund 594 000 t CO₂ mehr ausgestoßen worden, als dies tatsächlich geschehen ist.

Tabelle 11.2
Spezifischer Energieverbrauch der Kalkindustrie

1990 bis 2009; gerundete Werte

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2007 | 2008 | 2009 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Verbrauch in GJ/t | 5,425 | 5,094 | 5,255 | 4,716 | 4,606 | 4,595 | 4,828 |
| Minderung in % | - | 6,1 | 3,1 | 13,1 | 15,1 | 15,3 | 11,0 |

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie im Rahmen des Monitoring.

Emissionsminderungen wurden vor allem durch die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs erzielt. Dieser konnte in der Kalkindustrie um 11,0 % gegenüber 1990 verringert werden, auf rund 4,828 GJ/t Kalk im Jahr 2009 (Tabelle 11.2). Dadurch sanken die spezifischen Emissionen im selben Zeitraum mit 12,4 % etwa stärker (Tabelle 11.1).

Im Zeitraum zwischen 1990 und 2009 hat ein deutlicher Wandel in der Struktur der eingesetzten Energieträger stattgefunden. Mit dem Wechsel von kohlenstoffreichen Brennstoffen wie Steinkohle, Steinkohlen- und Braunkohlenkoks zu kohlenstoffarmen Energieträgern wie vor allem Erdgas vollzog sich vornehmlich im Zeitraum zwischen 1990 und 1999 eine Substitution hin zu CO₂-ärmeren Energieträgern (Tabelle 11.3). Die umgekehrte Entwicklung konnte zwischen 1999 und 2009 beobachtet werden: Es wurde verstärkt Braunkohlenstaub und weniger Erdgas eingesetzt. Dies war nicht zuletzt eine Folge der hohen Energiepreise.

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. Stattdessen erhöhte sich vor allem der Verbrauch an Erdgas, von 11,3 PJ im Jahr 1990 auf 13,6 PJ im Jahr 1999. Dieser Wandel im Mix an Brennstoffen hatte einen maßgeblichen Anteil daran, dass die spezifischen CO₂-Emissionen im selben Zeitraum deutlich gesenkt werden konnten. Die spezifischen Emissionen nahmen in diesem Zeitraum um 13,1 % ab, während der spezifische Energieverbrauch nur um 7,0 % gesenkt werden konnte.

Nach 1999 nahm der Einsatz von Erdgas im Vergleich zum gesamten Brennstoffbedarf überproportional ab. 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 2009 um 46 %.

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

Diese Entwicklung setzte sich bis 2007, wenn auch deutlich abgeschwächt, fort. Zwar konnte Braunkohlenstaub in diesen Jahren weiterhin an Bedeutung gewinnen, jedoch vor allem zu Lasten von Steinkohle und leichtem Heizöl, während der Anteil des Erdgases mit knapp 28 % in etwa konstant blieb. 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 CO₂-Emissionen zwischen 2007 und 2008 um 0,5 % stiegen, während der spezifische Energieverbrauch in diesem Zeitraum um 0,2 % gesenkt werden konnte (Tabelle 11.1 und 11.2).

Die Kalkindustrie

Tabelle 11.3
Veränderungen des Energiemix der Kalkindustrie

1990 bis 2009; gerundete Werte in PJ

| | 1990 | 2000 | 2005 | 2007 | 2008 | 2009 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Steinkohle | 3,5 | 1,6 | 1,1 | 0,5 | 3,6 | 2,7 |
| Steinkohlenkoks | 10,7 | 7,1 | 4,7 | 4,7 | 2,4 | 2,0 |
| Braunkohlenkoks | 0,7 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Braunkohlenstaub | 6,8 | 7,9 | 11,0 | 13,5 | 14,1 | 11,5 |
| Schweres Heizöl | 1,5 | 1,8 | 0,9 | 1,1 | 1,0 | 0,4 |
| Leichtes Heizöl | 0,4 | 0,8 | 1,3 | 0,2 | 0,2 | 0,0 |
| Erdgas | 11,3 | 13,3 | 9,1 | 8,9 | 7,7 | 8,5 |
| Flüssiggas | 0,7 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Sonstige Brennstoffe | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,8 | 0,5 | 0,1 |
| Brennstoffverbrauch | 36,0 | 33,2 | 28,6 | 29,7 | 29,6 | 25,3 |
| Nettofremdstrombezug | 2,6 | 2,5 | 2,4 | 2,6 | 2,6 | 2,0 |
| Energieverbrauch | 38,6 | 35,7 | 31,0 | 32,3 | 32,2 | 25,3 |

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie im Rahmen des Monitoring.

Der Brennstoffverbrauch des Jahres 2009 fiel nicht nur deutlich geringer, sondern insgesamt auch CO₂-ärmer gegenüber dem Vorjahr auf. Insgesamt ging zwischen 2008 und 2009 der Verbrauch an Braun- und Steinkohle um insgesamt 3,9 PJ zurück, während der Erdgasverbrauch um 0,8 PJ zunahm. Der Verbrauch an schwerem Heizöl nahm um etwa 60 % ab.

Tabelle 11.4
Produktion und CO₂-Emissionen der Kalkindustrie

1990 bis 2009; gerundete Werte

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2007 | 2008 | 2009 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Produktion in Mill. t | 7,13 | 7,41 | 6,80 | 6,57 | 7,02 | 7,01 | 5,67 |
| Veränderung in % | | 3,9 | -4,6 | -7,9 | -1,5 | -1,7 | -20,5 |
| Emissionen in Mill. t | 3,22 | 2,95 | 2,84 | 2,54 | 2,70 | 2,71 | 2,26 |
| Minderung in % | - | 8,4 | 11,8 | 21,8 | 16,1 | 15,8 | 29,8 |

Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie im Rahmen des Monitoring.

Insgesamt ist somit festzuhalten, dass die im Vergleich zwischen 1990 und 2009 erreichten CO₂-Minderungen sowohl auf den starken Produktionsrückgang als auch auf die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs zurückgeführt werden können.

11.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

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

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

Der Verband der Kalkindustrie hat in seinem Fortschrittsbericht beispielhaft Maßnahmen zur Energieeinsparung einzelner Unternehmen im Jahr 2009 zusammengestellt (BV-Kalk 2010).

So wird ein Unternehmen angeführt, das durch ein Bündel an Maßnahmen wie einen Nachbrecherumbau, die Errichtung einer Reifenwaschanlage ohne bewegliche Aggregate oder die Optimierung der Druckluftherzeugung jährliche Einsparungen von insgesamt etwa 46 000 Liter Diesel und 450 000 kWh Strom erzielen konnte. Die Investitionen betragen mehr als 210 000 Euro. Ein anderes Unternehmen erzielte eine jährliche Brennstoffeinsparung von 15% indem ein neuer GGR-Ofen für 7 Mill. Euro angeschafft wurde. Ein weiteres Unternehmen nutzte für die Kalktrocknung eigene, hocheffiziente Blockheizkraftwerke mit einem Wirkungsgrad von mehr als 80 %. Diese wurden mit Pflanzenöl betrieben. Durch die so erzeugte Wärme können etwa 1,5 Mill. Liter Heizöl eingespart werden.

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

Die Kalkindustrie

Tabelle 11.5
Ausgewählte Maßnahmen der Kalkindustrie zur Energieeinsparung
2009

| Maßnahmen | Inbetriebnahme | Investitionen in Mill. € |
|--|----------------|--------------------------|
| Neubau eines GGR-Ofens | 2009 | 7,0 |
| Optimierung der Isolation von Kalköfen | 2009 | 2,0 |
| Nachbrecherumbau | 2009 | 0,2 |
| Austausch eines Baggers | 2009 | 0,1 |

Angaben aus dem Fortschrittsbericht des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie (BV-Kalk 2010).

Die Unternehmen der Deutschen Kalkindustrie waren im Jahr 2009 von der Wirtschaftskrise stark betroffen. Die Produktion ging um mehr als 20 % zurück. Dennoch wurden weiterhin Investitionen zur Verringerung des Energieverbrauchs unternommen.

11.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die Kalkindustrie hat sich in der erweiterten Selbstverpflichtung zum Ziel gesetzt, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um bis zu 15 % gegenüber 1990 zu senken. 2009 konnten die spezifischen CO₂-Emissionen um 12,4 % bzw. auf 396 kg CO₂/t verringert (Tabelle 11.1) und damit das avisierte Ziel zu 82,7 % erreicht werden (Schaubild 11.2).

Die im Vergleich zwischen 1990 und 2009 erreichten CO₂-Minderungen gingen sowohl auf den starken Produktionsrückgang als auch auf die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs zurück.

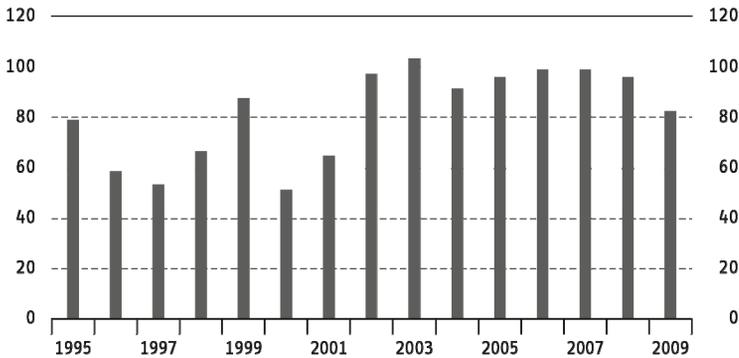
Zwar vollzog sich mit dem Wechsel von kohlenstoffreichen Brennstoffen wie Steinkohle, Steinkohlen- und Braunkohlenkoks zu kohlenstoffarmen Energieträgern wie vor allem Erdgas vornehmlich im Zeitraum zwischen 1990 und 1999 auch eine Substitution hin zu CO₂-ärmeren Energieträgern. Die umgekehrte Entwicklung, d.h. die Veränderung des Energiemix zugunsten kohlenstoffreicher Brennstoffe, konnte jedoch zwischen 1999 und 2009 beobachtet werden: Es wurde verstärkt Braunkohlenstaub und weniger Erdgas eingesetzt. Im Jahr 2009 hingegen wurden 3,9 PJ weniger Braun- und Steinkohle und 0,8 PJ mehr Gas eingesetzt, so dass sich die CO₂-Intensität des Brennstoffeinsatzes insgesamt senkte.

Mit Beginn der gesamtwirtschaftlichen Erholung und entsprechend besserer Auslastung der Brennöfen der Kalkindustrie kann mit einer Rückkehr zu den Zielerreichungsgraden der Vorjahre gerechnet werden. Weitere Steigerungen der Energieeffizienz erscheinen hingegen kaum noch möglich, da die sich in Betrieb befindenden

Kalkschächtföfen bereits sehr hohe Wirkungsgrade von teilweise über 85 % aufweisen. Einer Verringerung des Wärmebedarfs durch neue Schächtföfen wären somit enge Grenzen gesetzt (BV-Kalk 1998: 2; BV-Kalk 2008a).

Schaubild 11.2 Zielerreichungsgrade für die Kalkindustrie

1995 bis 2009; in %



Eigene Berechnungen.

Aus Sicht der Umwelt ist erfreulich, dass die absoluten jährlichen CO₂-Emissionen der Kalkindustrie zwischen 1990 und 2009 um rund 1,5 Mill. t gesenkt werden konnten (Tabelle 11.4).

Auch in der näheren Zukunft ist ein verringerter CO₂-Ausstoß als wahrscheinlich einzustufen. So 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.

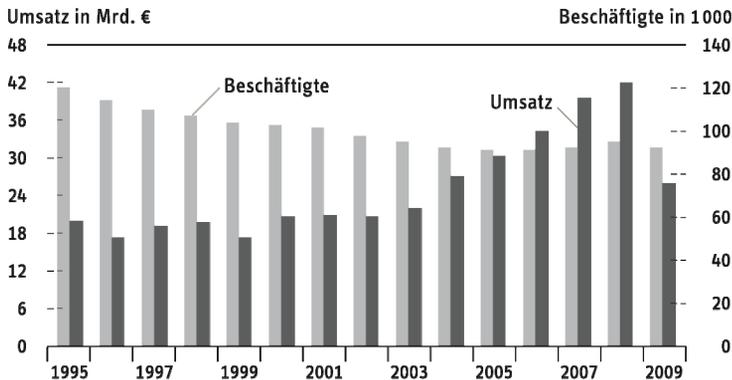
Die Eisenschaffende Industrie

12. Die Eisenschaffende Industrie

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

Die Stahlindustrie war 2009 in besonderem Maße von den Auswirkungen der Wirtschafts- und Finanzkrise betroffen. Während im Jahr 2008 noch ein Umsatz von 42 Mrd. € erzielt wurde, brach der Umsatz im Jahr 2009 um mehr als 38% auf knapp 26 Mrd. € ein (Schaubild 12.1). Mit 32,7 Mill. t war die Rohstahlproduktion so niedrig wie zuletzt 1963. Hingegen konnte die Beschäftigung 2009 – ohne eigene Kokereien, aber einschließlich der örtlich verbundenen Betriebe – mit rund 92 000 Personen annähernd auf dem Vorjahresniveau gehalten werden. Diese erfreuliche Beschäftigungssicherung wurde nicht zuletzt durch die Nutzung der Regelungen zur Kurzarbeit erreicht: während des Höhepunkts der Wirtschaftskrise im April 2009 waren – nach Zahlen des Stahl-Zentrums – rund 45.000 Mitarbeiter der Stahlindustrie in Kurzarbeit. In diesem Monat lag die Rohstahlproduktion mit knapp 1,9 Mill. t bei weniger als der Hälfte der sonst üblichen Produktionsmenge (StaBuA/FS4/R8.1).

Schaubild 12.1
Umsatz und Beschäftigte der Betriebe der Stahlindustrie
1995 bis 2009, Beschäftigungsstand jeweils am Jahresende



Nach Angaben des Stahl-Zentrums (2009, 2010).

12.1 Datenbasis

Die Stahlindustrie wird vertreten durch die Wirtschaftsvereinigung Stahl (WV Stahl). Im Rahmen des CO₂-Monitorings stellt die WV Stahl Angaben zur Rohstahlproduktion und zum Energieverbrauch bereit. Darüber hinaus publiziert das Stahl-Zentrum jährlich umfangreiches Datenmaterial über die Branche (Stahlzentrum 2008). Hieraus können Informationen zum Umsatz und zur Beschäftigung entnommen werden. Weitere internationale Vergleichszahlen zur Produktion stellt die Worldsteel Association (ehemals *International Iron and Steel Institute*) bereit (IISI 2010).

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

In der Wirtschaftszweigklassifikation WZ2008 führt das Statistische Bundesamt die Stahlindustrie unter den Positionen 24.1 „Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen“ (in WZ2003 geführt unter Position 27.10) und Position 24.2 „Herstellung von Stahlrohren, Rohrform-, Rohrverschluss- und Rohrverbindungsstücken aus Stahl“ (ehemals Position 27.22). Der Verbrauch an Brennstoffen und elektrischer Energie wird im Rahmen der Eisen- und Stahlstatistik regelmäßig publiziert (BGS 2010).

Die Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl und des Statistischen Bundesamts zum emissionsrelevanten Energieverbrauch zeigen sich weitgehend deckungsgleich. Geringfügige Abweichungen ergeben sich durch unterschiedliche Annahmen bezüglich der Heizwerte, dem Feuchtigkeitsgehalt der Kohle und Bereinigungen in der Statistik. Wie zuvor bilden daher die Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl die Berechnungsgrundlage für den vorliegenden Monitoringbericht über die Stahlindustrie.

Bei der Stahlindustrie muss zwischen Netto- und Bruttoenergieverbrauch unterschieden werden. Der Bruttowert berücksichtigt über den Nettowert hinaus auch den Energieverbrauch, welcher sich durch die Berücksichtigung der im Produktionsprozess entstehenden Hochofen- und Konvertergase ergibt. Diese Kuppelgase werden von der Stahlindustrie energetisch genutzt, das heißt als Brennstoff zur Eigenstromerzeugung oder im Produktionsprozess eingesetzt. Indessen ist der Kohlenstoffgehalt der Kuppelgase bereits mit den verwendeten Primärenergieträgern berücksichtigt. Um Doppelzählungen bei den CO₂-Emissionen zu vermeiden, wird daher der Verbrauch an Hochofen- und Konvertergas im Monitoring nicht

Die Eisenschaffende Industrie

berücksichtigt. Der Einsatz an Kokereigas muss hingegen einbezogen werden, da die Hüttenkokereien außerhalb der im Monitoring berücksichtigten Systemgrenze liegen. Mit anderen Worten: Für die spezifischen CO₂-Emissionen, die für die Zielerreichung der Stahlindustrie relevanten Kenngröße, bilden die im Nettoenergieverbrauch berücksichtigten Energieträger die Basis.

Der Nettoenergieverbrauch und der Energiemix der Stahlindustrie sind in Tabelle 12.1 dargestellt. Die Energieträger Strom und Koks nehmen eine herausragende Rolle im Energiemix ein. Etwa 46 % der netto verbrauchten Energie wurde 2009 aus Steinkohlenkoks und -koksgrus gewonnen, der Anteil des fremdbezogenen Stroms lag bei rund 22 %. Rechnet man zu dem Nettoenergieverbrauch den Verbrauch an Kuppelgasen hinzu, ergibt sich der Bruttoenergieverbrauch von gut 610 PJ im Jahr 2009.

Tabelle 12.1
Energieverbrauch der Eisenschaffenden Industrie

1990 bis 2009, in PJ, gerundete Werte

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Steinkohle | 56,6 | 57,9 | 80,3 | 96,2 | 104,4 | 106,8 | 103,2 | 64,5 |
| Koks und Koksgrus (trocken) | 408,8 | 351,2 | 357,6 | 318,4 | 337,6 | 347,1 | 331,1 | 250,9 |
| Schweres Heizöl | 43,4 | 62,2 | 36,6 | 31,3 | 25,1 | 26,3 | 23,8 | 11,7 |
| Erdgas, sonstige Gase | 103,0 | 88,6 | 93,6 | 89,0 | 92,5 | 102,4 | 101,5 | 70,9 |
| Kokereigas | 66,2 | 51,1 | 39,2 | 36,8 | 38,3 | 37,1 | 36,6 | 29,6 |
| Nettofremdstrombezug | 130,5 | 145,5 | 165,8 | 136,2 | 146,0 | 146,6 | 145,3 | 119,7 |
| Nettoenergieverbrauch | 823,6 | 757,0 | 773,5 | 707,9 | 743,8 | 766,2 | 741,4 | 547,3 |
| Bruttoenergieverbrauch (inkl. Kuppelgase) | 790,2 | 811,2 | 852,9 | 787,2 | 823,6 | 850,1 | 824,1 | 609,6 |

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

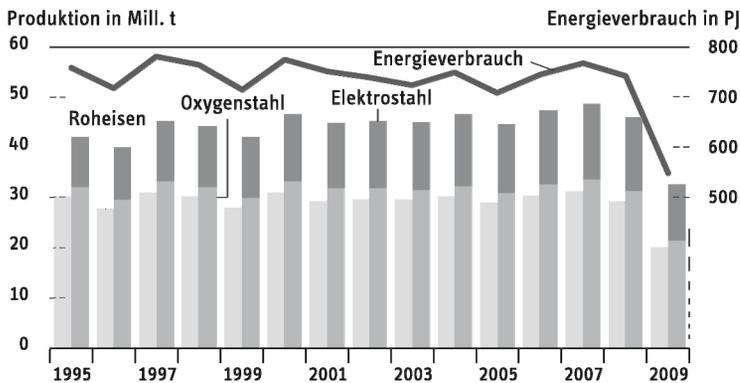
12.2 Energieverbrauch und Produktion

Die Stahlindustrie als Lieferant eines der zentralen Ausgangsstoffe des produzierenden Gewerbes hängt erheblich von konjunkturellen Schwankungen ab. Vor diesem Hintergrund sind die Auswirkungen der Wirtschaftskrise auch deutlich in der Rohstahlerzeugung zu erkennen. Zwischen Oktober 2008 und April 2009 sank die monatliche Rohstahlproduktion um fast 52 % (StaBuA 2010). Diese bemerkenswert rasante Talfahrt lässt den Unternehmen der Stahlindustrie unzweifelhaft wenig Spielraum für die Optimierung und Anpassung des laufenden Produktionsprozesses.

ses. Entsprechend geht mit der konjunkturellen Entwicklung eine schlechtere Auslastung der vorgehaltenen Erzeugungsanlagen einher. Die Auslastung der Produktionskapazitäten lag nach Angaben der WV Stahl mit jahresdurchschnittlich 60 % auf einem langjährigen Tiefstand (Kerckhoff 2009).

Die Stahlindustrie erzeugte 2009 in ihren Hochofenanlagen rund 19,6 Mill. t Roheisen und insgesamt 32,7 Mill. t Rohstahl, davon rund 21,3 Mill. t Oxygenstahl. Elektrostahl hatte 2009 einen Anteil von knapp 35 % an der gesamten Rohstahlerzeugung. An warmgewalzten Stahlerzeugnissen wurden 2009 noch 29,0 Mill. t produziert, diese sind etwa 10,8 Mill t weniger als 2008.

Schaubild 12.2
Produktion und Nettoenergieverbrauch in der Stahlindustrie
 1995 bis 2009



Nach Angaben des Stahl-Zentrums (2009, 2010).

Die Stahlindustrie hat 2009 brutto rund 610 PJ an Energie verbraucht. Daraus leitet sich ein spezifischer Energieverbrauch von 18,66 GJ je t Rohstahlerzeugung ab. Zum Vergleich: 1990 lag der Vergleichswert bei 20,56 GJ je t Rohstahl, bis 2009 wurde demnach eine Minderung von gut 9,2% erzielt. Für das Monitoring relevant ist indessen der Nettoenergieverbrauch, der 2009 bei gut 547 PJ lag (Schaubild 12.2). Gemessen daran wurden netto 16,75 GJ je t Rohstahl an Energie aufgewendet, eine Minderung von rund 10,7 % 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 Feinsterze mechanisch. Die Pellets werden anschließend getrocknet und bei Temperaturen oberhalb von 1000°C gebrannt. Pelletieranlagen stehen vorwiegend bei Eisenerzzeugern; 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 Sinterroh Mischung 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. 2009 wurden in der deutschen Stahlindustrie etwa 23,2 Mill. t Sinter hergestellt (Stahlzentrum 2010: 48).

Die aufbereiteten Primärrohstoffe – der Möller – werden dem Hochofen über ein Band oder einen Aufzug (Skip) zugeführt. Zentral für den Hochofenprozess sind die Reduktionsmittel. Diese enthalten Kohlenstoff (C) und werden benötigt, um durch Reaktion mit Windsauerstoff CO-Gas zu bilden und damit den im Eisenoxid vorhandenen Sauerstoff (O) zu binden und das Eisen (Fe) zu isolieren. Dabei entsteht unter anderem Kohlendioxid (CO₂). Das in der Stahlindustrie alles überragende Reduktionsmittel ist Koks. Nach Angaben des Stahl-Zentrums (Stahl-Zentrum 2010) wurden 2009 rund 8,6 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 (Taubе 1998: 64). Das Gichtgas (Hochofengas) wird am oberen Ende des Hochofens abgeführt und gereinigt. Es besteht etwa zu 49 % aus Stickstoff und zu je 23 % aus Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO₂) und 5 % Wasserstoff. Nach einer Reinigung kann es als Brennstoff genutzt werden, beispielsweise im Verbund mit Hüttenkokereien zur Kokserzeugung und/oder im Verbund mit einem Kraftwerk zur Stromerzeugung. Der Kohlenstoffgehalt der Kupelgase 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 CO₂-Emissionen zu senken.

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

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

Das entstehende Kohlenmonoxid steigt im Hochofen auf und erreicht somit die Reduktion der Erze. Die aufsteigenden Gase erwärmen die Beschickung. Im Eisen lösen sich geringe Mengen Kohlenstoff, wodurch die Schmelztemperatur des Eisens

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 Sauerstoffflanze 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). 2009 wurden etwa 284 Mill. m³ (i.N.) Konvertergas in der Stahlindustrie erzeugt (BGS 2010), von denen rund 57% dem Selbstverbrauch zugeführt wurde.

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

Der über die Hochofen-Konverter-Route oder im Elektrolichtbogenofen erzeugte flüssige Rohstahl wird anschließend der Sekundärmetallurgie zugeführt. Durch Vakuumbehandlung wird der Gehalt an Kohlenstoff und weiterer Fremdstoffe reduziert und die Schmelze homogenisiert. Abschließend wird die Stahlschmelze vergossen. Heutzutage wird der flüssige Stahl in der Regel kontinuierlich im Stranggussverfahren zu Brammen, Vorblöcken oder Knüppeln vergossen. In Deutschland liegt heute der Anteil des im Stranggussverfahren erzeugten Stahls bei rund 97 %.

12.4 Die Selbstverpflichtung

Die Stahlindustrie hat im März 1996 eine Selbstverpflichtungserklärung abgegeben, in der sie die Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 um mindestens 16 % im Vergleich zu 1990 zusagte. Dabei wurden die spezifischen Emissionen mit Bezug zur Walzstahlfertigung errechnet. Im Mai 2001 wurde mit Blick auf das

Zieljahr 2012 eine erweiterte Selbstverpflichtungserklärung zur Klimavorsorge abgegeben, in der eine „um 5 bis 6 Prozentpunkte gegenüber dem ursprünglichen Zieljahr 2005 erhöhte spezifische CO₂-Minderung“ zugesagt wurde (Stahl-Zentrum 2001).

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

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

Übersicht 12.1

Erweiterte Selbstverpflichtung der Stahlindustrie

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

Angaben nach Stahlzentrum (2001).

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

Die Eisenschaffende Industrie

12.5 Bis 2009 erreichte CO₂-Minderungen

Die absoluten CO₂-Emissionen der Stahlindustrie betragen 2009 rund 46,2 Mill. t und sanken damit im Vergleich zu 2008 um rund 26,4 % (Tabelle 12.2). Grund dafür ist in erster Linie der konjunkturbedingte Rückgang der produzierten Menge an Rohstahl und Roheisen, die um 28,6 % bzw. 30,9 % schrumpfte.

Tabelle 12.2
Produktion, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen der Stahlindustrie
1990 bis 2009, gerundete Werte

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rohstahl, Mill. t | 43,9 | 42,0 | 46,4 | 44,5 | 47,2 | 48,6 | 45,8 | 32,7 |
| davon: Oxygenstahl | 33,1 | 31,9 | 33,1 | 30,9 | 32,6 | 33,5 | 31,2 | 21,3 |
| davon: Elektrostahl | 8,9 | 10,1 | 13,3 | 13,7 | 14,7 | 15,0 | 14,6 | 11,4 |
| Roheisen, Mill. t | 30,1 | 30,0 | 30,9 | 28,9 | 30,4 | 31,2 | 29,1 | 20,1 |
| davon: Stahlroheisen | 27,4 | 28,1 | 30,2 | 28,1 | 29,4 | 30,0 | 28,3 | 19,76 |
| Bruttoenergie- verbrauch, PJ | 902,9 | 811,2 | 852,9 | 787,2 | 823,6 | 850,1 | 824,1 | 609,6 |
| Nettoenergie- verbrauch, PJ | 823,6 | 756,9 | 773,5 | 707,9 | 743,8 | 766,2 | 741,4 | 547,3 |
| Emissionen, Mill. t | 70,0 | 63,7 | 65,5 | 60,2 | 63,3 | 65,2 | 62,8 | 46,2 |

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

Die spezifischen CO₂-Emissionen hingegen erhöhten sich in 2009 im Vergleich zu 2008 von 1 371 kg CO₂ je t Rohrstahl auf 1 414 kg CO₂ je t Rohstahl (Tabelle 12.3). Gegenüber 1990 entspricht dies einer Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen um 11,3 %. Die Stahlindustrie hat damit im Jahr 2009 ihre Minderungszusage für 2012 zu rund 51 % erfüllt.

Ein Grund für die steigenden spezifischen Emissionen ist die dramatische Produktionseinbuße in sehr kurzer Zeit. Allein in der Zeit zwischen Oktober 2008 und April 2009 fiel die Roheisenproduktion in den Hochöfen um 59 %; die Rohstahlproduktion sank um 52%. Ein in dieser Form bislang noch nicht vorgekommener Produktionseinbruch zieht deutliche Minderauslastungen der Produktionskapazitäten nach sich, die in der Folge nicht mehr energetisch optimal gefahren werden können. Ein weiterer Grund für die Zunahme der spezifischen Emissionen liegt im Bilanzraum und der Bezugsgröße Rohstahlerzeugung; den deutlichen Produktionszuwächsen in

der Walzstahlerzeugung steht keine adäquate Bezugsgröße in der Rohstahlfertigung gegenüber. In der Tat stieg die erzeugte Menge an Stahlfertigerzeugnissen zwischen 1990 und 2008 mit rund 14 % stärker an als die Rohstahlerzeugung, die lediglich um gut 4 % zunahm (Tabelle 12.2 und 12.4). Begründet wird dies durch die Effizienzverbesserung in der Walzstahlerzeugung und -weiterverarbeitung und gestiegene Importe von Rohblöcken und Halbzeug.

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

Tabelle 12.3
Spezifische CO₂-Emissionen je Tonne Rohstahl
1990 bis 2009

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Spez. Emissionen, kg CO ₂ /t | 1 594 | 1 515 | 1 412 | 1 351 | 1 341 | 1 343 | 1 371 | 1 414 |
| Minderung, % | - | 5,0 | 11,4 | 15,3 | 15,9 | 15,8 | 14,0 | 11,3 |
| Zielerreichung, % | - | 22,7 | 51,8 | 69,6 | 72,3 | 71,8 | 63,6 | 51,4 |

Nach Angaben des Stahl-Zentrum im Rahmen des Monitoring.

Bezogen auf den gesamten Bereich der CO₂-Entstehung, wie warmgewalzte Stahlfertigprodukte, nahtlose Stahlrohre und Schmiedefertigerzeugnisse, wird auch die Effizienzsteigerung für den Bereich der Weiterverarbeitung durch z. B. die Steigerung des Stranggießanteils, die Verringerung des Aufkommens von Kreislaufschrutt und entsprechende Prozessverbesserungen berücksichtigt. Damit konnte die Eisenausbringung von 85 % im Jahr 1990 auf rund 90 % im Jahr 2009 gesteigert werden. Das bedeutet, dass je Tonne Fertigprodukt weniger Eisen benötigt wird und somit weniger CO₂-Emissionen entstehen. Folgerichtig verringern sich die spezifischen CO₂-Emissionen in Bezug auf die Stahlfertigprodukte stärker als in Bezug auf die Rohstahlproduktion – nämlich um 20 % von 1 891 t CO₂/t im Jahr 1990 auf 1 512 t CO₂/t im Jahr 2009 (Tabelle 12.4). So berechnet wäre man dem Ziel, die spezifischen Emissionen bis zum Jahr 2012 um 22 % zu senken, bereits sehr nahe.

Die Eisenschaffende Industrie

Tabelle 12.4
Spezifische Emissionen je Tonne Stahlfertigprodukte
1990 bis 2009

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Stahlfertigprodukte, Mill. t | 37,0 | 36,2 | 40,7 | 39,9 | 43,5 | 44,5 | 42,3 | 30,6 |
| Spez. Emissionen, kg CO ₂ /t | 1 891 | 1 761 | 1 608 | 1 508 | 1 455 | 1 465 | 1 486 | 1 512 |
| Minderung, % | - | 6,9 | 15,0 | 20,2 | 23,0 | 22,5 | 21,4 | 20,0 |

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

12.6 Ursachenanalyse

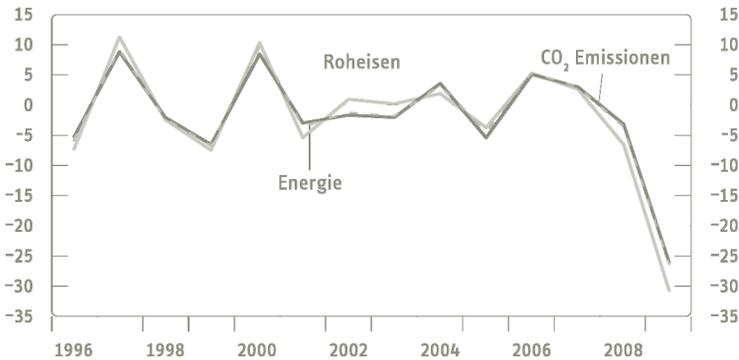
Die kohlenstoffintensive Roheisenproduktion ist die wesentliche CO₂-Quelle in der Stahlindustrie. Schaubild 12.3 zeigt – jeweils gemessen zum Vorjahr – die prozentuale Veränderung des Nettoenergieverbrauchs, der CO₂-Emissionen und der Roheisenproduktion. Die beiden entsprechenden Kurven liegen zumeist ununterscheidbar übereinander, d.h. die Entwicklung dieser Größen verlief seit 1996 nahezu Hand in Hand. Deutlich erkennbar ist der Einbruch der Roheisenproduktion im Jahr 2009, um fast 31 % gegenüber dem Vorjahr. Die im Vergleich etwas weniger stark ausgeprägte Emissionsreduktion um 27 % dürfte insbesondere auf die sinkende Auslastung und die daraufhin nicht mehr optimale Fahrweise der Hochofenanlagen zurückzuführen sein.

Mit Blick auf die Rohstahlproduktion sind im langfristigen Vergleich zum Referenzjahr 1990 indessen sinkende CO₂-Emissionen bei steigender Rohstahlproduktion zu beobachten. Ursächlich für diese Entwicklung ist auch die zunehmende Bedeutung des Elektrostahls an der Gesamterzeugung. Damit verbunden ist ein abnehmender Produktionsanteil der Rohstahlproduktion über die kohlenstoffreiche Hochofenroute. Der Anteil von Elektrostahl an der gesamten Rohstahlerzeugung stieg von 20,1 % im Jahr 1990 auf inzwischen fast 35 % im Jahr 2009 (Tabelle 12.2), gleichzeitig reduzierte sich der Anteil von Oxygenstahl von 75,3 % auf 65 %. Im Jahr 1990 wurden noch 4,3 % der Rohstahlerzeugung über das Siemens-Martin-Verfahren erzeugt.

Schaubild 12.3

Veränderung der Roheisenerzeugung, des Nettoenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen

1996 bis 2009, in Prozent im Vergleich zum Vorjahr



Eigene Berechnungen.

Elektrostahl ist sowohl weniger kohlenstoff- als auch energieintensiv, weil in der Erzeugung kein Kohlenstoff in Form von Koks zur Reduktionsarbeit 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 CO₂-Ausstoß je t Rohstahl verbunden, da insbesondere der sehr kohlenstoffhaltige Koks nicht verwendet wird. Nach Angaben der Branche werden inzwischen auch zunehmend Qualitäts- und Edelmetall 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 CO₂-Emissionen ist die Möglichkeit, die im Produktionsprozess anfallenden Kuppelgase wie Hochofen- und Konvertergas zu nutzen und auf diesem Wege den Verbrauch z.B. an Erd- und Koksofengas zu reduzieren. Mehr als Dreiviertel der bei der Roheisenerzeugung verwendeten Energie aus Brenngasen – beispielsweise für die Erzeugung von Heißwind zur Hochofenbefuerung oder zur Eigenstromerzeugung – wird aus Kuppelgasen gespeist. Da im Monitoring der Kohlenstoffanteil dieser Gase bereits mit den im Produktionsprozess eingesetzten Primärenergieträ-

Die Eisenschaffende Industrie

gern wie Koks und Steinkohle berücksichtigt worden ist, wird der Energiegehalt dieser Gase genutzt, ohne dass zusätzlich CO₂ emittiert wird.

Darüber hinaus liefert der stoffwirtschaftliche Verbund mit anderen Industriezweigen einen Beitrag zur Ressourcenschonung. Beispielsweise findet die aufbereitete Hochofenschlacke in Form von Hüttensand in der Zementindustrie als Beimischung in bedeutendem Maße Verwendung (siehe Kapitel 10.3 dieses Berichts). Dies mindert in zunehmendem Maße den Bedarf an sehr energieintensiv zu produzierendem Zementklinker, in dessen Folge sowohl der Energieaufwand als auch die CO₂-Emissionen in der Zementindustrie deutlich gemindert werden. Beispielsweise sind gut 13 % des inländischen Zementversands des Jahres 2009 Portlandhüttenzement, der bis zu 35 % aus Hüttensand besteht (BDZ 2010). Weitere 18 % des Zementversands 2009 sind Hochofenzement, der sogar aus bis zu 80 % Hüttensand besteht. Nach Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl verdoppelte sich im Zeitraum 1990 bis 2008 die Menge an Hüttensand, die für die Produktion von Portland- und Hochofenzement verwendet wurde von 3,1 auf 6,4 Mill. t. Aufgrund des schwierigen konjunkturellen Umfelds sank die Erzeugung an Hüttensand im Jahr 2009 auf rund 4,5 Mill. t.

12.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

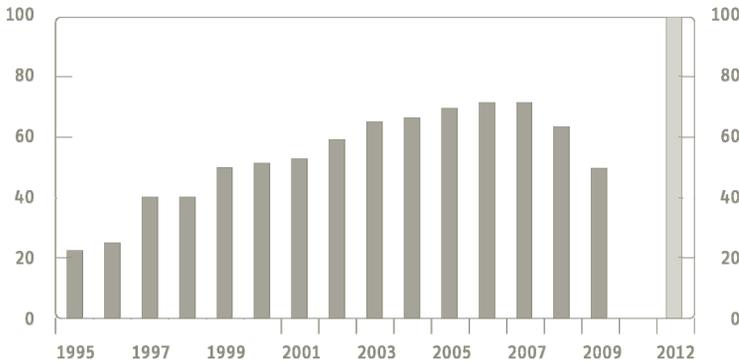
Das Jahr 2009 war geprägt von einem Einbruch der Rohstahlproduktion, die im Vergleich zum Vorjahr um fast 30 % sank, und in dem 6 der insgesamt 15 Hochöfen zeitweise stillgesetzt waren. Die von der Stahlindustrie in diesem schwierigen wirtschaftlichen Umfeld durchgeführten Maßnahmen zur Emissionsverringering werden im 9. CO₂-Monitoring-Fortschrittsbericht der Stahlindustrie (Stahl-Zentrum 2010) dargestellt. Dazu gehört u.a. der Neubau eines Herdkammerschmiedeofens, der wahlweise mit Kokerei- oder Konvertergas, also mit Kuppelgasen der Stahlindustrie betrieben werden kann. Zudem wurde eine Mischanlage für Erdgas errichtet, in der der Energiegehalt des Gases derzeit um rund 8 % abgesenkt werden kann. In Konsequenz reduziert sich durch die Heizwertabsenkung die Menge an verbrauchtem Erdgas. Ferner enthält die Aufstellung der Minderungsmaßnahmen Beispiele bei der energetischen Prozessautomatisierung und Austausch technisch überholter Elektromotoren.

12.8 Zusammenfassung und Bewertung

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

im vierten Quartal 2008 sank auch die Rohstahlerzeugung im Jahr 2009 dramatisch und führte zu einer deutlich schlechteren Auslastung der vorgehaltenen Produktionskapazitäten mit entsprechender Auswirkung auf die Effizienz der Produktionsanlagen. In der Folge stiegen die spezifischen CO₂-Emissionen je erzeugter Tonne Rohstahl im Jahr 2009 auf 1 414 kg an. Damit betrug die Minderung der spezifischen Emissionen gegenüber 1990 rund 11,3 %. Der Zielerreichungsgrad lag im Jahr 2009 bei noch rund 51 %.

Schaubild 12.4
Zielerreichungsgrad der Stahlindustrie
1995 bis 2009, in %



Eigene Berechnungen.

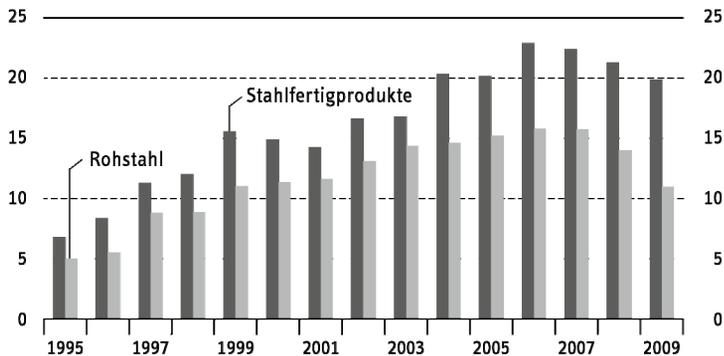
Die Wirtschaftsvereinigung Stahl hat darauf hingewiesen, dass die Rohstahlerzeugung als Bezugsbasis zur Berechnung der spezifischen CO₂-Emissionen ungeeignet ist, weil die Rohstahlerzeugung nur einen Teilausschnitt der energieintensiven Produktion darstellt. Tatsächlich bilden beispielsweise warmgewalzte Stahlfertigprodukte das Endresultat der Produktion. Dem Energieverbrauch für das Warmwalzen eines Importüberschusses an Rohblöcken und Halbzeug steht keine adäquate Bezugsgröße in der inländischen Rohstahlerzeugung gegenüber. Erschwerend und das Bild die Entwicklung des tatsächlichen spezifischen CO₂-Ausstoßes zusätzlich verzerrend kommt hinzu, dass die Rohstahlproduktion im Zuge der Wirtschaftskrise weitaus stärker eingebrochen ist als die Walzstahlfertigung. Mit einer Erzeugung von 32,7 Mill. t Rohstahl im Jahr 2009 wurden im Vergleich zu 1990 rund 25 % weniger Rohstahl erzeugt. Die Fertigung von Walzstahl sank im selben Zeitraum um 17 %. Die in den Walzwerken für die Verarbeitung des Importüberschusses an Rohblöcken und Halbzeug anfallenden CO₂-Emissionen werden insbesondere im

Die Eisenschaffende Industrie

Jahr 2009 in Relation zu einer förmlich einbrechenden Bezugsgröße gesetzt, und schlagen daher bei der Berechnung der spezifischen Emissionen pro Tonne Rohstahl stark erhöhend zu Buche.

Bezieht man die CO₂-Emissionen in einer Alternativbetrachtung auf die Menge an erzeugten Stahlfertigprodukten, mithin auf die Summe an warmgewalzten Stahlfertigprodukten, nahtlosen Stahlrohren und Schmiedefertigerzeugnissen, so ergibt sich der in Schaubild 12.5 dargestellte Minderungspfad für die spezifischen Emissionen. Ausgehend von 1 891 kg CO₂ je t Stahlfertigerzeugnis im Jahr 1990, sinkt dieser Wert bis 2009 auf 1 512 kg CO₂/t. Dies entspricht einer Minderung um 20 % (Schaubild 12.5). Wengleich auch bei dieser alternativen Betrachtung die Auswirkungen der konjunkturellen Krise des Jahres 2009 sichtbar sind, so verdeutlicht Schaubild 12.5 nichtsdestoweniger, dass man dem Ziel, die spezifischen Emissionen bis zum Jahr 2012 um 22 % zu senken, bereits sehr nahe wäre, wenn man als Bezugsgröße die Erzeugungsmenge an Stahlfertigprodukten wählen würde.

Schaubild 12.5
Spezifische Emissionsminderungen je t Rohstahl und je t Stahlfertigprodukt
1995 bis 2009, 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 24.4, „Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen“, geführt. Die Angaben zur produzierten Menge wurden von der Wirtschaftsvereinigung Metalle (WVM) auf der Grundlage der Fachserie 4, Reihe 3.1, des Statistischen Bundesamtes zusammengestellt.

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

Die Nichteisen-Metallindustrie

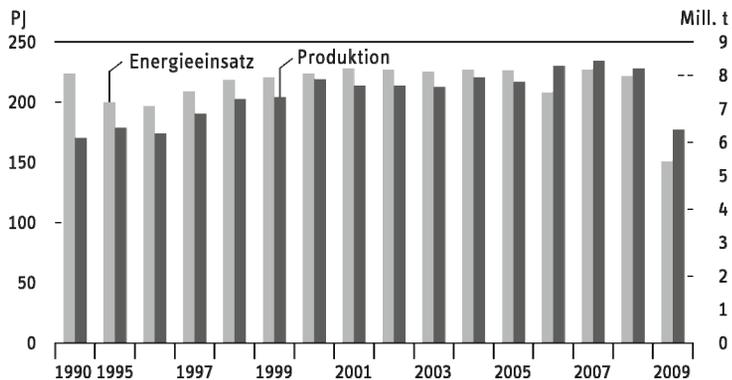
lern zu validieren und gegebenenfalls zu ergänzen. Seit 2005 führt die WVM eine vollständige Eigenerhebung durch, um dem beschleunigten Monitoringverfahren Rechnung zu tragen.

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 24.4, sondern in der Gießereiindustrie (24.5) ausgewiesen wird. Die Zusammenfassung des Energieverbrauchs der Bunt- und Leichtmetallgießereien (24.53 und 24.54) mit dem des Wirtschaftszweigs 24.4 kann diese Differenz weitgehend beseitigen (Buttermann, Hillebrand 2002: 123-124).

Fehlende amtliche Daten für das Basisjahr 1990 wurden durch Angaben der in der WVM organisierten Unternehmen ergänzt. Die in der NE-Metallindustrie getroffenen Maßnahmen zur Verringerung des Energiebedarfs und der CO₂-Emissionen werden im Fortschrittsbericht des Verbandes beschrieben (WVM 2010).

Schaubild 13.1
Produktion und Energieverbrauch der NE-Metallindustrie

1995 bis 2009



WVM (2010).

13.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

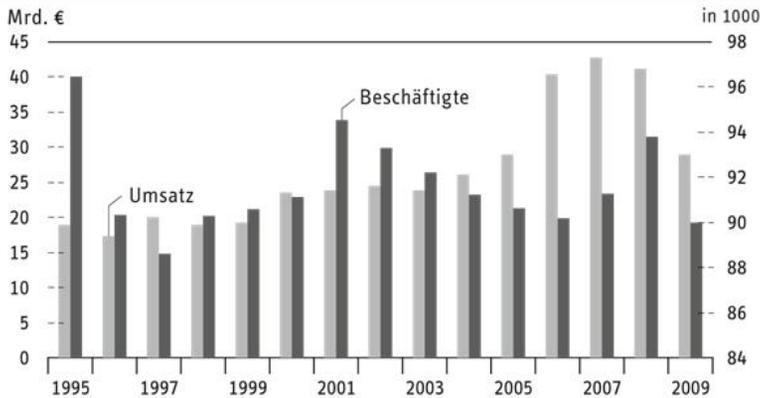
Die produzierte Menge an NE-Metallen wuchs zwischen 1995 und 2008 von 6,1 Mill. t auf 8,2 Mill. t, fiel in Folge der Wirtschaftskrise im Jahr 2009 aber um knapp 1,8 Mill. t auf 6,4 Mill. t ab (Schaubild 13.1). Somit betrug das durchschnittliche Produktionswachstum zwischen 1990 und 2009 etwa 0,25 %. Der Energieverbrauch lag 1990 bei mehr als 224 PJ, sank aber bis 1995 auf knapp 200 PJ. Bis 2005

stieg der Verbrauch erneut auf ein Niveau von knapp 226 PJ. Im Jahr 2008 reduzierte sich der Energieverbrauch infolge des leichten Produktionsrückgangs gegenüber dem Vorjahr um etwa 4 PJ auf knapp 223 PJ. Infolge des krisenbedingten Produktionsrückgangs von etwa 1,5 Mill. t gegenüber dem Jahr 2008, sank der Energieverbrauch erheblich und betrug im Jahr 2009 knapp 151 PJ, bzw. 32% weniger gegenüber dem Vorjahr. Dieser starke Rückgang resultiert ganz überwiegend aus der geringeren Produktion von Primäraluminium und der Stilllegung der Zinkelektrolyse in Datteln Ende 2008.

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 4,7 MJ/€. Dies entspricht im Vergleich zu den anderen energieintensiven Industriezweigen im Monitoring einem mittleren Rang.

Schaubild 13.2
Beschäftigte und Umsatz der NE-Metallindustrie

1995 bis 2009



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

Der Umsatz der NE-Metallindustrie stieg zwischen 1995 und 2008 um durchschnittlich 6,4 % pro Jahr auf etwa 41 Mrd. €. In 2009 fiel der Umsatz gegenüber dem Vorjahr jedoch aufgrund krisenbedingt gesunkener Metallpreise und rückläufiger Produktionsmengen um knapp 12 Mrd. € bzw. 29 % auf 29 Mrd. € ab. Die Zahl der Beschäftigten nahm ebenfalls ab und lag im Durchschnitt bei etwa 90 000

Die Nichteisen-Metallindustrie

Beschäftigten, wovon knapp 59 000 in der Erzeugung und ersten Bearbeitung und etwa 31 000 im Guss arbeiteten.

13.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

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

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

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

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

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

13.4 Die Selbstverpflichtungserklärung

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

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

Übersicht 13.1 Selbstverpflichtung der NE-Metallindustrie

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

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

13.5 Bis 2009 erreichte CO₂-Minderungen

Die NE-Metallindustrie hat bei der Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs beachtliche Erfolge aufzuweisen. Bis 2000 gelang es, den spezifischen Energieeinsatz auf 28,4 GJ/t zu verringern (Tabelle 13.1). Bezogen auf das Zieljahr 2005 entspricht dies einem Zielerreichungsgrad von 101,2 %. Dieser niedrige spezifische Verbrauch konnte allerdings nicht beibehalten werden: 2005 lag er bei 29,0 GJ/t. Das Ziel, den spezifischen Energieverbrauch bis 2005 um 22 % gegenüber 1990 zu mindern, wurde im Zieljahr dennoch zu 94 % erreicht; im Vergleich zum Zieljahr 2012 mit einer Minderung um 24 % entsprach dies einem Zielerreichungsgrad von 86 % (Schaubild 13.2 und Tabelle 13.1). Bei der Bewertung dieses Ergebnisses ist jedoch zu berücksichtigen, dass aufgrund des Übergangs zum beschleunigten Monitoringverfahren und der damit notwendigen Eigenerhebung der Energieverwendungsdaten das Endjahr der ersten Selbstverpflichtung mit einem Methodenwechsel in der Datenerfassung zusammenfällt. Dies könnte den Zielerreichungsgrad beeinflusst haben.

Die Nichteisen-Metallindustrie

Zu einem besonders starken Rückgang des spezifischen Verbrauchs kam es 2006: Der Wert sank um mehr als 13 % auf 25,1 GJ/t. Der Grund für die Verringerung des spezifischen Energieeinsatzes war ein hohes Produktionswachstum bei gleichzeitig sinkendem Energieeinsatz. Nach Informationen der WVM sank 2006 durch die vorübergehende Stilllegung der Aluminiumelektrolyse in Hamburg der Stromverbrauch in der NE-Metallindustrie um rund 1,8 TWh bzw. fast 19 PJ. Der Rückgang der Produktion von Hüttenaluminium war dagegen mit rund 121 000 t vergleichsweise gering. Zudem gab es gleichzeitig ein hohes Wachstum bei der Gewinnung von Sekundärmetallen sowie der Produktion von Halbzeug und Metallguss. Insgesamt wuchs die Produktion in der NE-Metallindustrie 2006 um mehr als 6 % (Tabelle 13.6). Da die Herstellung von Halbzeug und Guss sowie die Gewinnung von Sekundärmetallen weit weniger energieintensiv ist als die Produktion von Hüttenaluminium, wurde 2006 rund 18 PJ bzw. rund 8 % weniger Energie eingesetzt als 2005 (Tabelle 13.3). Obwohl die Produktion in der besagten Aluminiumhütte im Laufe des Jahres 2007 wieder hochgefahren wurde und der spezifische Verbrauch daraufhin wieder stieg, lag der Zielerreichungsgrad immer noch bei rund 110 %. Der hohe Zielerreichungsgrad wurde auch durch die endgültige Stilllegung der Aluminiumhütte in Stade Ende 2006 beeinflusst. Mit etwa 55 000 t Primäraluminium lag der Produktionsausfall unterhalb der Produktionszunahme der Aluminiumhütte in Hamburg. Insgesamt stieg der Stromverbrauch im Jahr 2007 gegenüber 2006, weil auch die Erzeugung anderer Metalle und die Metallbearbeitung leicht wuchsen.

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

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

Obwohl die im Vergleich zur Erzeugung weniger energieintensive Erstbearbeitung des Metalls gegenüber dem Vorjahr ebenfalls rückläufig war, konnte sie ihren Anteil an der Produktionsmenge des Sektors NE-Metalle relativ ausweiten und somit auch zur Senkung des spezifischen Energieeinsatzes beitragen. Diese starke

Senkung stellt jedoch nur einen vorübergehenden Effekt dar. Mit dem Anziehen der Konjunktur in der zweiten Jahreshälfte 2009 wurden die Erzeugung von Primäraluminium sowie die gesamte NE-Metallerzeugung und -bearbeitung einschließlich Gussproduktion wieder ausgeweitet. Dies wird im Jahr 2010 mit einem entsprechend höherem absoluten und vor allem wegen der höheren Primärmetallerzeugung auch spezifischen Energieverbrauch verbunden sein.

Tabelle 13.1

Spezifischer Energieeinsatz der NE-Metallindustrie

1990 bis 2009; Ziel: Minderung des spez. Energieeinsatzes bis 2005 um 22 % und bis 2012 um 24 % gegenüber 1990

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|------------------------------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| Spez. Energieeinsatz, GJ / t | 36,6 | 31,1 | 28,4 | 29,0 | 25,1 | 26,9 | 27,0 | 23,8 |
| Minderung in % | - | 15,0 | 22,3 | 20,6 | 31,5 | 26,4 | 26,2 | 35,0 |
| Zielerreichungsgrad in % | | | | | | | | |
| Ziel 2005 | - | 68,3 | 101,2 | 93,8 | - | - | - | - |
| Ziel 2012 | - | 62,6 | 92,8 | 86,0 | 131,1 | 110,2 | 108,6 | 145,7 |

Nach Angaben der WVM (2010).

Auch die spezifischen CO₂-Emissionen konnten seit 1990 deutlich verringert werden. Bis 2000 sanken sie auf 1 816 kg CO₂/t, was einer Reduktion von fast 24 % gegenüber 1990 entspricht. Nachdem die spezifischen Emissionen bis 2005 wieder etwas gestiegen waren, gingen sie 2006 gegenüber 1990 um mehr als 33 % auf 1 583 kg CO₂/t zurück. Ursache ist die vorübergehende Stilllegung der Aluminiumhütte in Hamburg. Zwar stiegen die spezifischen Emissionen 2007 erneut, lagen mit 1 701 kg CO₂/t aber 28,5 % unter dem Wert von 1990. Demgegenüber blieb die Gesamtemissionsmenge 2005 und 2007 etwa auf dem Niveau des Basisjahres. Im Jahr 2008 reduzierten sich die Gesamtemissionen gegenüber dem Vorjahr um etwa 400 000 Tonnen und betragen etwa 14 Millionen Tonnen CO₂. Dies entspricht etwa 1 709 kg CO₂ pro Tonne hergestellter und bearbeiteter Nichteisenmetalle, sodass die Reduktion der spezifischen Emissionen gegenüber dem Basisjahr 28,1 % betrug (Tabelle 13.2).

Vergleichbar zum Rückgang des spezifischen Energieverbrauchs sanken die CO₂-Emissionen im Jahr 2009 gegenüber dem Vorjahr um fast 300 kg CO₂ pro t auf 1 420 kg CO₂/t. Dies entspricht einem Rückgang von mehr als 40 % gegenüber dem Jahr 1990. Auch hier ist mit der Rückkehr zur Normalauslastung vor der Finanz- und Wirtschaftskrise mit einem Anstieg der absoluten und spezifischen CO₂-Emissionen zu rechnen.

Die Nichteisen-Metallindustrie

Tabelle 13.2
CO₂-Emissionen der NE-Metallindustrie

1990 bis 2009

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Emissionen, Mill. T | 14,6 | 12,9 | 14,3 | 14,3 | 13,1 | 14,4 | 14,0 | 9,0 |
| Spez. Emissionen, kg CO ₂ /t | 2 378 | 2 005 | 1 816 | 1 834 | 1 583 | 1 701 | 1 709 | 1 420 |
| Reduktion in % | - | 15,7 | 23,6 | 22,9 | 33,4 | 28,5 | 28,1 | 40,3 |

Nach Angaben der WVM (2010).

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 beispielsweise der Anteil von Sekundäraluminium an der gesamten Aluminiumproduktion zwischen 1990 und 2008 von fast 43 % auf 54 % und betrug 2009 krisenbedingt sogar 66 % (WVM/Metallstatistik 2001, WMV 2010). Allerdings lässt sich die Auswirkung dieses Trends auf den spezifischen Energieverbrauch nicht exakt quantifizieren. Detaillierte Informationen zum spezifischen Energieverbrauch für die Produktion aus Primär- bzw. Sekundärrohstoffen liegen nicht vor.

Die spezifischen CO₂-Emissionen gingen von 1990 bis 2009 um 40,3 % auf 1420 kg CO₂/t zurück (Tabelle 13.2) und sanken durchweg stärker als der spezifische Energieverbrauch. Dies erklärt sich aus der – wenn auch nur geringen – Energieträgersubstitution. 1990 wurden 10,3 % der Energie aus Erdgas gewonnen (Tabelle 13.3). Dieser Anteil stieg bis 2009 auf 20,3 %. Damit ist der Energieträgerwechsel zum Erdgas nach Angaben des WVM weitgehend abgeschlossen. Gleichzeitig nahm die Bedeutung kohlenstoffreicher Brennstoffe wie Steinkohlenbriketts und Steinkohlenkoks ab, während Strom nachwievor den Energiemix in der NE-Metallindustrie dominiert. Kohlenstoffreiche Energieträger wie zum Beispiel Steinkohlen- oder Petrolkoks werden in der NE-Metallindustrie heute überwiegend stofflich verwendet oder im Produktionsprozess als Reduktionsmittel (vor allem zum Metallrecycling) eingesetzt. Aufgrund der Selbstverpflichtung, den spezifischen Energieverbrauch zu senken, sind jedoch nicht-energetische Verwendungsarten nicht Gegenstand des Monitorings.

Dividiert man die CO₂-Emissionen durch den Energieverbrauch, so ergeben sich durchschnittliche Emissionen je Energieeinheit, gemessen in kg CO₂/GJ. Der moderate Wandel im Energiemix hin zu kohlenstoffarmen Energieträgern spiegelt sich in dieser Größe wider (Tabelle 13.4). Während 1990 noch 65,1 kg CO₂/GJ emittiert wurden, reduzierte sich dies bis 2009 auf 59,6 kg CO₂/GJ. Damit geht nur ein vergleichsweise kleiner Teil der Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen auf den Wandel im Energiemix zurück.

Tabelle 13.3
Energiemix der NE-Metallindustrie
 1990 bis 2009; in PJ; gerundet

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Steinkohlen | - | - | - | 0,6 | 0,9 | 1,0 | 0,6 | 0,5 |
| Steinkohlenbriketts | 3,0 | 1,3 | 0,4 | - | - | - | - | - |
| Steinkohlenkoks | 6,1 | 4,9 | 3,6 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| Braunkohlenstaub | - | - | - | 0,0 | - | - | 0,1 | - |
| Schweres Heizöl | 2,0 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,4 | 1,4 |
| Leichtes Heizöl | 4,5 | 3,7 | 3,2 | 2,2 | 2,0 | 2,0 | 2,2 | 1,3 |
| Erdgas | 23,1 | 26,1 | 33,4 | 35,2 | 35,6 | 36,1 | 35,1 | 30,6 |
| Flüssiggas | - | - | - | 0,4 | 1,1 | 1,8 | 0,5 | 0,1 |
| Kokereigas | 1,3 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| Sonst. Regelbrennstoffe | - | - | - | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Primärbrennstoffe | 40,0 | 37,5 | 42,0 | 40,0 | 41,2 | 42,4 | 40,2 | 34,9 |
| Nettofremdstrombezug | 184,1 | 162,3 | 181,7 | 186,0 | 166,4 | 184,4 | 182,6 | 116,2 |
| Energieverbrauch | 224,1 | 199,8 | 223,7 | 226,0 | 207,6 | 226,8 | 222,8 | 151,1 |

Nach Angaben der WVM (2010).

Der weitaus größere Teil kam durch die Steigerung der Energieeffizienz sowie des steigenden Anteils der Erstverarbeitung gegenüber der Metallerzeugung zustande. Der spezifische Energieeinsatz als Maß hierfür sank seit 1990 um 35,0 % auf 23,8 GJ/t im Jahr 2009 (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.

Die Nichteisen-Metallindustrie

Tabelle 13.4
CO₂-Emissionen je Energieeinheit der NE-Metallindustrie
1990 bis 2009

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| kg CO ₂ /GJ | 65,1 | 64,6 | 63,9 | 63,2 | 63,2 | 63,3 | 63,2 | 59,6 |

Nach Angaben der WVM (2010).

13.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die Unternehmen der NE-Metallindustrie haben im Jahr 2009 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 als im europäischen Ausland haben die stromintensiven Standorte wie zum Beispiel Elektrolysen trotz höchster Energieeffizienz existenziell gefährdet. Grundsätzlich entzieht das im internationalen Vergleich sehr hohe Niveau der Energiepreise Investitionsmittel zur weiteren Steigerung der Energieeffizienz (WVM 2010).

Die Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz konzentrierten sich 2009 wiederum auf kontinuierliche Verbesserungsprozesse, Abwärmenutzung sowie Querschnittstechnologien. Der höchste Energieverbrauch entfällt auf die Elektrolyse. Hier sind die technischen Potenziale weitgehend ausgereizt und im Rahmen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses in den kommenden Jahren nur noch kleine Fortschritte zu erzielen. Bei der Wärmebehandlung, die etwa ein Drittel des gesamten Energieverbrauchs ausmacht, bestehen noch etwas größere Effizienzpotenziale. Schwerpunkte waren die verbesserte Nutzung von Abwärme. Auf Querschnittstechnologien entfallen branchenweit weniger als 10 % des gesamten Energieverbrauchs. Gleichwohl realisieren die Unternehmen vielerorts in Bereichen elektrische Antriebe, Heizung und Kühlung, Druckluft, sowie Beleuchtung spezifische Verbesserungen.

Von einer Vielzahl von Maßnahmen der NE-Metallindustrie zur Senkung des CO₂-Ausstoßes werden im Folgenden 5 näher betrachtet (Tabelle 13.5). Die Umrechnung der Energieeinsparungen erfolgte dabei mit Hilfe der für das Monitoring vereinbarten Faktoren aus dem Jahr 1990. Strom wurde mit dem Faktor 10,434 GJ/MWh in TJ sowie dem CO₂-Faktor 0,67 t CO₂/MWh umgerechnet. Der Umrechnungsfaktor für Erdgas beträgt 0,18 t CO₂/MWh und setzt sich aus dem Produkt der beiden Faktoren 3,249 GJ/MWh und 0,056 t CO₂/GJ zusammen.

Tabelle 13.5
Ausgewählte CO₂-Minderungsmaßnahmen der NE-Metallindustrie
 2009

| Maßnahme | Zeitraum | Jährliche Reduktion | Jährliche CO ₂ -Minderung |
|--|-----------|---|--------------------------------------|
| Nutzung von Ofenabluft für Heizzwecke | 2009 | 3,0 Mill. kWh Erdgas | 546 t |
| Umstellung eines Schachtschmelzofens von Strom- auf Gasbetrieb | 2008-2010 | - | 5 640 t |
| Austausch von Energiesparspulen | 2007-2010 | 3,2 Mill. kWh Strom | 2 144 t |
| Optimierung von Schmelztiegeln und Trocknungsvorgängen | 2006-2009 | 0,6 Mill kWh Strom + 0,15 Mill kWh Erdgas | 430 t |
| Minderung von Wärmeverlusten bei Brennern | 2008-2009 | 6,0 Mill kWh Erdgas | 1 080 t |

Nach Angaben der WVM (2010).

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 69,3 TJ, der überwiegende Teil davon durch einen geringeren Erdgasverbrauch. Die CO₂-Emissionen reduzierten sich um etwa 9 840 t pro Jahr.

13.8 Zusammenfassung und Bewertung

Die NE-Metallindustrie hat ihr für 2012 formuliertes Ziel, den spezifischen Energieverbrauch um 24 % gegenüber 1990 zu reduzieren, im Jahr 2009 bereits zu 145,7 % erreicht (Schaubild 13.2). Neben der konsequenten Realisierung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz ist der Erfolg sowohl auf das verstärkte Recycling als auch auf marktbedingte Veränderungen im Produktmix der NE-Metallindustrie zurückzuführen.

Der Einfluss des Recyclings und des Produktmix auf den spezifischen Energieverbrauch wird im Zeitablauf deutlich: Während das Produktionsvolumen zwischen 1990 und 2008 um 33,7 % auf 8,2 Mill. t stieg (Tabelle 13.6), blieb der Energieverbrauch nahezu unverändert (Tabelle 13.3). Im Krisenjahr 2009 überstieg der Rückgang des Energieverbrauchs den Rückgang der Produktion, so dass für jede Produkteinheit nochmals weniger Energie aufgewendet werden musste. Das gesetzte Minderungsziel für 2012 wurde unter anderem deshalb frühzeitig in 2009 erreicht, weil der Anteil der besonders energieintensiven Erzeugung von Primärmetallen bis 2008 von fast 55 % im Jahr 1990 auf knapp 44 % sank, im Krisenjahr 2009 sogar auf nur noch 39 %. Im Gegenzug erhöhte sich die weniger energieintensive Erzeu-

Die Nichteisen-Metallindustrie

gung von Sekundärmetallen von 1990 bis 2008 um 24 % (2009 immerhin noch etwa 12 % im Vergleich zu 1990). Zudem erhöhte sich der Anteil der Produktion von Halbzeug am Produktmix der NE-Metallindustrie im gleichen Zeitraum von knapp 46 % auf etwa 56 % (Tabelle 13.6).

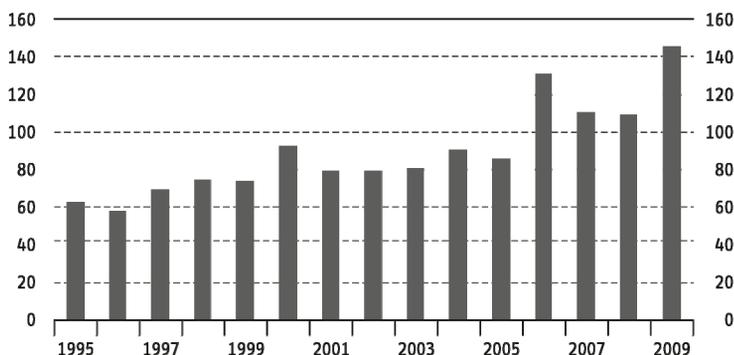
Tabelle 13.6
Produktmix der NE-Metallindustrie
1990 bis 2009; in 1 000 t

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Metalle | 2 662 | 2 362 | 2 834 | 2 736 | 2 694 | 2 800 | 2 829 | 2 143 |
| Halbzeug | 2 816 | 3 312 | 4 202 | 4 162 | 4 625 | 4 617 | 4 396 | 3 545 |
| Guss | 660 | 643 | 842 | 899 | 973 | 1 024 | 982 | 690 |
| Insgesamt | 6 138 | 6 317 | 7 878 | 7 797 | 8 292 | 8 441 | 8 207 | 6 378 |
| Primärmetalle | 1 393 | 1 255 | 1 401 | 1 311 | 1 179 | 1 207 | 1 295 | 821 |
| Sekundärmetalle | 1 154 | 1 108 | 1 353 | 1 425 | 1 516 | 1 594 | 1 434 | 1 291 |

Nach Angaben der WVM (2010).

Abgesehen von Sonderfaktoren in einzelnen Jahren sind offenbar auch für die Erfüllung der Minderungszusage bis 2012 neben dem Produktmix – also den Anteilen der Metalle, des Halbzeugs und von Guss – die Höhe der Erzeugung von Sekundärmetallen die entscheidenden Parameter. Die Höhe der einzelnen Produktionssegmente wird letztlich aber sowohl durch die wirtschaftliche Situation in den Abnehmerindustrien als auch durch die Rohstoffmärkte beeinflusst.

Schaubild 13.3
Zielerreichungsgrade der NE-Metallindustrie für Ziel 2012
1995 bis 2009; in %

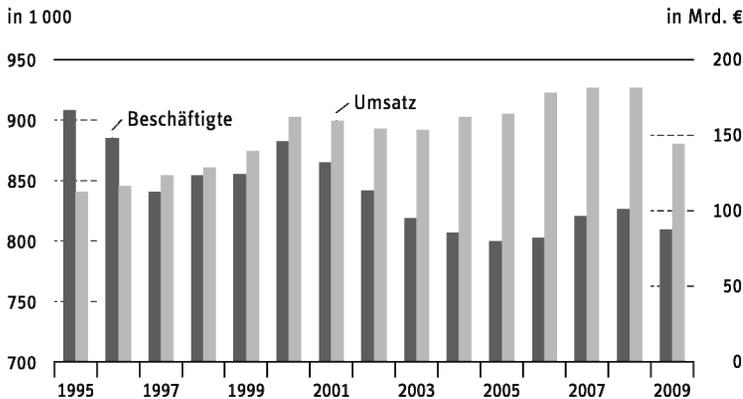


Eigene Berechnungen.

14. Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

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

Schaubild 14.1
Beschäftigte und Umsatz in der Elektroindustrie
 1995 bis 2009



Nach Angaben des ZVEI.

Dieser im Folgenden kurz mit Elektroindustrie bezeichnete Industriezweig wies nach Angaben des ZVEI zwischen 1995 und 2009 mit knapp 2 % ein durchschnittliches Umsatzwachstum auf, das in etwa dem des gesamten Verarbeitenden Gewerbes entsprach (Schaubild 14.1). Einen Höhepunkt des Wachstums dieses Sektors markierte das Jahr 2000, in welchem ein Umsatz von rund 163 Mrd. € erzielt wurde. Danach sank der Umsatz bis 2003 auf ein Niveau von etwa 154 Mrd. € zurück, um bis 2007 auf 182 Mrd. € anzusteigen. Auf diesem Niveau verharrte der Umsatz auch 2008. 2009 führte die Wirtschaftskrise auch hier zu einem tiefen Einbruch um 20,3 %. Die wirtschaftliche Situation der Elektroindustrie folgte damit in etwa der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, die nach einem wachstumsstarken Jahr 2000

Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

von einer dreijährigen 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 2009 ein jahresdurchschnittlicher Rückgang von 0,8 % auf 810 000 Beschäftigte zu verzeichnen. Die Zahl der Arbeitskräfte sank damit in der Elektroindustrie etwas schwächer als im gesamten Verarbeitenden Gewerbe.

Die Elektroindustrie zählt mit einem Anteil von knapp 11 % am Umsatz des Verarbeitenden Gewerbes neben dem Fahrzeug- und Maschinenbau zu den bedeutendsten Wirtschaftszweigen. Der entsprechende Anteil am Energieverbrauch beträgt hingegen nur gut 3 %. Die Elektroindustrie kann somit als energieextensive Branche bezeichnet werden.

14.1 Datenbasis

Die wesentliche Datengrundlage, für die im Rahmen des vorliegenden Monitoringberichtes erfolgende Berechnung der CO₂-Emissionen, bildet im Falle der Elektroindustrie die Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes. Daraus sind die notwendigen detaillierten Informationen über den Energieverbrauch dieses Sektors für die Zeit ab 1995 zu entnehmen. Die hier benutzte Bezeichnung „Elektroindustrie“ umfasst Unternehmen aus mehreren Wirtschaftszweigen, die 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 -schalteneinrichtungen, 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.

Die WZ 2008, die den Daten ab 2009 zugrundeliegt, führt zu erheblichen Änderungen der Klassifikation. Die Auswirkungen auf das Gesamtergebnis der Branche und damit auf die Vergleichsmöglichkeiten gegenüber den Vorjahren sind noch nicht abzuschätzen. Sie werden im kommenden Bericht zu kommentieren sein, wenn das Statistische Bundesamt die Energieverbrauchsdaten für 2009 veröffentlicht hat.

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 einer Befragung ermittelt. Die 242 Unternehmen, die geantwortet haben, repräsentieren einen Stromverbrauch von rund 18,3 %, einen Gasverbrauch von etwa 82,4 % und einen Verbrauch von leichtem Heizöl in Höhe von rund 24,5 % der gesamten Elektroindustrie. Hierbei wurde der Energieverbrauch der antwortenden Unternehmen auf die Branche hochgerechnet. Die effektiven Werte des Statistischen Bundesamtes von 2008 wurden dann mit den Veränderungsdaten aus den hochgerechneten Schätzwerten der Jahre 2007 und 2008 fortgeschrieben. Im folgenden Jahr wird der Schätzwert für 2009 gegen den vom Bundesamt ermittelten ausgetauscht.

Der Vergleich der vom Statistischen Bundesamt ermittelten Daten für 2008 mit den vom ZVEI für dieses Jahr geschätzten Werten aus dem letzten Monitoringbericht ergab eine deutliche Abweichung. Die Daten des Statistischen Bundesamtes lagen um gut 20 % niedriger. Auch die Strukturen der Energieträger stimmten nicht überein. Der effektive Einbruch bei Erdgaseinsatz war um 65 % stärker als geschätzt. Dafür wurde vermehrt leichtes Heizöl und auch Steinkohlenkoks eingesetzt,

Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

der bei der Schätzung nicht aufgeführt war. Der Zielerreichungsgrad für 2008 lag tatsächlich bei 128,4 % statt bei 97,9 %, wie im letzten Monitoringbericht ausgewiesen.

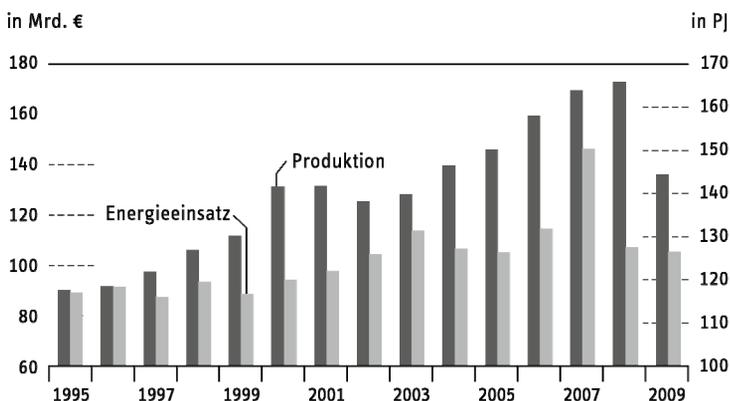
Im Jahr davor lag der Wert des Bundesamtes für 2007 um 18 % über dem geschätzten. Wie bei der Schätzung für 2008 wurde der Einsatz von Erdgas viel zu hoch angegeben, demgegenüber der von leichtem Heizöl zu niedrig ausgewiesen. Steinkohlenkoks tauchte als Energieträger auch hier nicht auf.

Machen die Daten des Statistischen Bundesamtes auch für 2009 erneut eine derartig große Revision erforderlich, sollte mit dem ZVEI überlegt werden, den Energieverbrauch für das aktuelle Jahr anders zu bestimmen.

14.2 Energieverbrauch und Produktion

Schaubild 14.2 vermittelt einen Eindruck von der später zu diskutierenden Entkopplung des Energieverbrauchs von der Entwicklung der Produktion. Zwischen 1995 und 2000 blieb der Energieverbrauch in etwa konstant mit Schwankungen zwischen 117 PJ und 120 PJ, während der Produktionswert in dieser Zeit sehr stark stieg, von 90,2 auf 131,2 Mrd. €. Vor allem im Boomjahr 2000, in dem die Produktion im Vergleich zum Vorjahr um etwa 17,4 % zunahm, gab es nur einen sehr moderaten Anstieg des Energieverbrauchs um 2,7 %. Auffällig ist allerdings, dass 2002 und 2003 der Energieverbrauch weiter zunahm, während die Produktion sank bzw.

Schaubild 14.2
Produktion und Energieeinsatz in der Elektroindustrie
1995 bis 2009



Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

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. 2008 setzte sich der Rückgang des Energieverbrauchs von 15,2 % fort, während die Produktion nur um 2 % gesteigert werden konnte. Demgegenüber sank der Energieverbrauch 2009 trotz des Produktionseinbruchs von 21,3 % nur um 0,7 %.

14.3 Beschreibung der Produktionsprozesse

Das Spektrum der von der Elektroindustrie hergestellten Produkte ist breit gefährdet. Es reicht von Investitionsgütern wie Elektromotoren, elektronischen Bauteilen und elektromedizinischen Diagnosegeräten bis zu Konsumgütern wie Walkman, elektrischen Zahnbürsten, Fernsehern, Waschmaschinen und Geschirrspülern. Die Industrie verwendet daher eine Vielzahl von Fertigungstechnologien, deren Bandbreite von der Einzelfertigung bis zur Massenfertigung, etwa von Haushaltsgeräten, reicht (ZVEI 2005a: 4).

Mit diesem Produktportfolio unterliegt die Elektroindustrie sehr viel komplexeren Zusammenhängen von wirtschaftlichem Wachstum und Energieverbrauch als Branchen, in denen Produktion und Energieverbrauch prozessbedingt unmittelbar korrelieren - d.h. es gibt in der Elektroindustrie im Gegensatz zu anderen Branchen kein über den gesamten Wirtschaftszweig hinweg dominantes Verfahren, das über einen unmittelbaren prozesstechnischen Zusammenhang wirtschaftliche Entwicklung und Energieeinsatz direkt verknüpft. Dem Einsatz an Energie zu Beleuchtungszwecken, für Verwaltungstätigkeiten und zur Raumwärmeerzeugung in Verwaltungs- und Produktionsräumen kommt in dieser Branche eine in Relation zu energieintensiven Branchen vergleichsweise höhere Bedeutung zu, während in den meisten anderen Sektoren Energie vor allem zu Produktionszwecken eingesetzt wird. Die Herstellungsverfahren sind oftmals eher personal- denn energieintensiv. Der Materialeinsatz zeichnet sich wegen der unterschiedlichsten Anforderungen an die Funktion der produzierten Bauteile durch eine große Vielfalt aus: Neben Metallen, insbesondere Stahl und Edelmetallen, werden auch Glas und Kunststoffe verwendet.

Die Elektroindustrie trägt als Hersteller von Produkten für den Endverbrauch wie auch als Vorleistungslieferant für andere Sektoren mit ihren System-, Prozess- und Produktinnovationen wesentlich zur Minderung des Energiebedarfs und der CO₂-Emissionen bei den Abnehmern aus Industrie, Stromerzeugung, Haushalten und Verkehr bei. Ziel der Branche ist, sowohl die Haupt- als auch die Nebenprozesse eigener und anderer Produktions- und Verwaltungsbereiche bzgl. der Energiekosten und des Energieverbrauchs zu optimieren und Energie- und CO₂-Einsparungen über den gesamten Lebenszyklus ihrer Produkte zu erzielen. Nach Angaben des

Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

ZVEI könne allein in den Bereichen elektrische Antriebe, Beleuchtung und Kühl-/Gefriergeräte der Stromverbrauch durch den Einsatz elektrotechnischer Produkte um rund 60 Milliarden Kilowattstunden pro Jahr gesenkt werden. Hinzu kommen weitere Energie-Einsparpotenziale durch intelligente Prozessautomatisierung. Dadurch können pro Jahr ca. 10 Milliarden Kilowattstunden Strom sowie Primärenergie (wie Kohle, Öl und Gas) entsprechend 40 Milliarden Kilowattstunden eingespart werden. Dies kann jedoch in der Elektroindustrie bei der Produktion mitunter zu einem Mehreinsatz an Energie führen (ZVEI 2005a: 4).

14.4 Die Selbstverpflichtung

Der Beitritt der Elektroindustrie zur „Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge“ vom 9. 11. 2000 wurde vom ZVEI am 27. Juni 2001 beschlossen. Damit geht der Verband erstmals eine freiwillige, die gesamte Branche umfassende Selbstverpflichtung zum Klimaschutz ein. Diese besteht darin, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2005 um 35 % und bis 2012 um 40 % gegenüber 1990 zu verringern (Übersicht 14.1). Der erste Teil dieser Verpflichtung konnte realisiert werden. 2005 konnte mit einer Reduktion von 43,6 % ein Zielerreichungsgrad von 125 % erreicht werden (RWI 2008: 191).

Übersicht 14.1

Selbstverpflichtungen der Elektroindustrie

Ziel Verringerung der spezifischen CO₂-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 CO₂-Emissionen begründet der ZVEI damit, dass Wachstum nicht durch Rationierung des Faktors Energie gebremst werden dürfe, vor allem, da die Elektroindustrie durch Optimierung der von ihr hergestellten Produkte und Systeme erhebliche Vorleistungen zur Energiebedarfsreduktion der gesamten Volkswirtschaft erbringe. Diese Vorleistungen können mit einem Material- und Energiemehreinsatz verbunden sein.

Neben Kohlendioxid (CO₂) sind für die Elektroindustrie zwei weitere Klimagase relevant, polyfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF₆). Zur Reduzierung dieser Emissionen verweist der ZVEI auf europäische und internationale Initiativen, die unter maßgeblicher Beteiligung der in Deutschland produzierenden Unternehmen erarbeitet werden. Zum Beispiel hat sich die Halbleiterindustrie 1999 in Fiuggy, Italien, verpflichtet, die von ihr verursachten absoluten PFC-Emissionen bis 2010 weltweit um 10 % gegenüber 1995 zu reduzieren. In Europa wird diese Verpflichtung durch ein Monitoring verifiziert. Zur Begrenzung der Freisetzung von SF₆ in Schaltanlagen wurde 2005 zusammen mit Herstellern von SF₆ und Anwendern von Schaltanlagen eine Selbstverpflichtung gegenüber dem Bundesumweltministerium abgegeben (VDN 2007). Zudem erklärt die Elektroindustrie, ihre Bemühungen zum Abschluss freiwilliger Selbstverpflichtungen hinsichtlich der Verbesserung der Energieeffizienz ihrer Erzeugnisse auf europäischer und nationaler Ebene fortzusetzen (ZVEI 2001: 3f).

14.5 Bis 2009 erzielte CO₂-Minderungen

Das Ziel, die spezifischen CO₂-Emissionen bis 2012 um 40 % gegenüber 1990 zu senken, konnte bereits 2000 zum ersten Mal erreicht werden, wurde aber 2001 bis 2003 wieder knapp verfehlt (Schaubild 14.3). 2004 bis 2008 konnte diese Marke erneut unterschritten werden (Tabelle 14.1), 2008 sogar mit einem Zielerreichungsgrad von 128,4 %. 2009 blieb die Minderungsrate bezogen auf 1990 mit 38,8 % wieder leicht unter der anvisierten Zielmarke.

Tabelle 14.1
Spezifische CO₂-Emissionen und Zielerreichungsgrade der Elektroindustrie
 1990 bis 2009; Ziel: -40 % bis 2012

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Spez. Emissionen, g CO ₂ /€ | 97,27 | 82,82 | 58,22 | 54,82 | 47,32 | 59,52 |
| Minderung in % | - | 14,9 | 40,1 | 43,6 | 51,4 | 38,8 |
| Zielerreichungsgrad in % | | 37,1 | 100,4 | 109,1 | 128,4 | 97,0 |

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

Die absoluten CO₂-Emissionen gingen zwischen 1990 und 1995 deutlich zurück, von 9,3 auf 7,5 Mill. t (Tabelle 14.2). Mit geringen Abweichungen hielten sie sich bis 1999 auf etwa diesem Niveau, bevor bis 2003 wieder ein Anstieg auf 8,4 Mill. t erfolgte (RWI 2007: 187). Auf dieser Höhe verharrten die Emissionen dann bis 2006. 2007 stieg der CO₂-Ausstoß auf 9,54 Mill. t und damit über den Wert von 1990 hinaus. 2009 sank er dann deutlich auf 8,11 Mill. t. Insgesamt gelang es, die CO₂-

Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

Emissionen zwischen 1990 und 2009 um 12,5 % zu verringern, während die Produktion um 42,9 % zunahm. Als Resultat sind die spezifischen Emissionen in diesem Zeitraum um 38,8 % gefallen (Tabelle 14.1).

14.6 Ursachenanalyse

Der wesentliche Grund für den Rückgang der spezifischen CO₂-Emissionen ist in der Senkung des spezifischen Energieverbrauchs bzw. in der weitgehenden Entkopplung des Energieverbrauchs von der Produktionsentwicklung zu sehen. (Tabellen 14.2 und 14.3).

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

Tabelle 14.2
Produktion und absolute CO₂-Emissionen der Elektroindustrie
1990 bis 2009

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|--------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| CO ₂ -Emissionen, Mill. t | 9,27 | 7,47 | 7,64 | 8,01 | 8,19 | 8,11 |
| Minderung in % | - | 19,4 | 17,6 | 13,6 | 11,7 | 12,5 |
| Produktion, Mrd. € | 95,3 | 90,2 | 131,2 | 146,1 | 173,0 | 136,2 |
| Veränd. geg. 1990, in % | - | -5,4 | 37,7 | 53,3 | 81,5 | 42,9 |

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

Nach einer vorübergehenden Verschlechterung in den Jahren 2001 bis 2003 (RWI 2007: 188) fiel der spezifische Energieverbrauch bis 2008 auf den bisher niedrigsten Wert von 0,74 MJ/€ Produktionswert, um dann 2009 wieder auf 0,93 MJ/€ zu steigen.

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

Tabelle 14.3
Energieverbrauch in der Elektroindustrie
 1990 bis 2009; gerundete Werte

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Energieverbrauch, PJ | 141,2 | 116,9 | 119,9 | 126,3 | 127,4 | 126,56 |
| Minderung in % | - | 17,2 | 15,1 | 10,6 | 9,8 | 10,4 |
| Spez.Verbrauch, MJ/€ | 1,48 | 1,30 | 0,91 | 0,86 | 0,74 | 0,93 |
| Minderung in % | - | 12,2 | 38,5 | 41,9 | 50,0 | 37,2 |

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

Von 1995 bis 2009 verlief die Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs und des spezifischen CO₂-Ausstoßes mit einem Rückgang von jeweils gut 28 % parallel. Dabei nahm der Anteil des Nettofremdstrombezugs zwischen 1995 und 2000 zu Lasten von Erdgas und leichtem Heizöl kontinuierlich von 77,4 % auf gut 82 % zu; danach blieb er mit leichten Schwankungen in etwa auf diesem Niveau. Vor allem in Abschwungphasen ist ein relativ geringer Stromanteil festzustellen, so 2003 mit 78,4 %; in Boomphasen ein höherer Wert wie z.B. 2007 mit 84,7 %. Parallel zum Einbruch ging 2009 auch der Anteil des Nettofremdstrombezugs auf 81,1 % zurück, ebenso der von Erdgas. Demgegenüber stieg die Bedeutung des leichten Heizöls. Der Grund für den geringeren Stromeinsatz sieht der ZVEI prozessbedingt durch den Produktionsrückgang ausgelöst. Während Heizöl 2009 unabhängig vom Produktionsniveau weiter zur Deckung des Wärmebedarfs benötigt wurde.

Diese seit 1995 in etwa parallel verlaufende Entwicklung von CO₂-Emissionen und Energieverbrauch ist darauf zurückzuführen, dass die Auswirkungen der Substitution von leichtem Heizöl durch Strom in Bezug auf die CO₂-Emissionen durch den Ersatz des Erdgases durch Strom neutralisiert wurden. Denn während leichtes Heizöl mit 0,074 t/GJ einen höheren Emissionsfaktor als Strom aufweist, ist der Emissionsfaktor von Erdgas mit 0,056 t/GJ niedriger als der des Stroms, dessen Emissionsfaktor im Rahmen des Monitoring auf 0,064 t/GJ festgesetzt ist. In der Zwischenzeit spielen Substitutionseffekte kaum noch eine Rolle, da der Anteil des Nettostrombezugs am gesamten Energieverbrauch bei deutlich über 80 % liegt.

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

Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

Tabelle 14.4
Energiemix in der Elektroindustrie
1990 bis 2009; gerundete Werte in PJ

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Steinkohlenbriketts | 0,5 | 0,3 | 0,0 | - | - | - |
| Steinkohlenkoks | 0,3 | 0,3 | 0,6 | - | 1,1 | 0,5 |
| Rohbraunkohlen | 4,2 | 0,0 | - | - | | |
| Braunkohlenbriketts | 0,0 | 0,1 | 0,1 | - | | |
| Schweres Heizöl | 1,9 | 0,3 | 0,1 | - | | |
| Leichtes Heizöl | 8,6 | 8,1 | 4,6 | 4,1 | 7,7 | 8,6 |
| Erdgas | 15,3 | 17,0 | 15,6 | 17,8 | 13,5 | 14,5 |
| Kokereigas | 0,6 | 0,3 | 0,4 | - | | |
| Primärbrennstoffe | 31,5 | 26,4 | 21,4 | 21,9 | 22,3 | 23,5 |
| Nettofremdstrombezug | 110 | 91 | 99 | 104 | 105 | 103 |
| Energieverbrauch | 142 | 117 | 120 | 126 | 127 | 127 |

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring.

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

Berücksichtigt werden muss laut ZVEI auch, dass die Elektroindustrie in ihren Bemühungen, die Produkte umweltfreundlich zu gestalten, häufig mehr anstatt weniger Energie 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.

Als Grund für den Anstieg des spezifischen Energieverbrauchs in den Jahren 2002 bis 2004 hatte der ZVEI angeführt, dass speziell Abschwungphasen in dieser Branche durch einen höheren spezifischen Energieverbrauch gekennzeichnet zu sein scheinen, der dann bei steigendem Auslastungsgrad wieder sinkt. Zu Effizienzver-

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

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

Für eine endgültige Bewertung des Jahresergebnisses bleibt jedoch abzuwarten, wie hoch der Schätzwert des ZVEI für den Energieverbrauch des Jahres 2009 durch die Daten des Statistischen Bundesamtes revidiert werden wird. Hier ist dann jedoch ebenfalls der Einfluss Klassifikationsänderung durch die WZ 2008 zu beachten, der einen Vergleich mit den Vorjahren schwierig macht.

14.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Einen Einblick in die Vielfalt der Maßnahmen zur Energieverbrauchs- und CO₂-Minderung, die 2009 in dieser Branche im Rahmen von Modernisierungen oder Erneuerungen der Produktionsanlagen, der Gebäudetechnik und Verwaltungseinrichtungen durchgeführt wurden, gewährt die Übersicht 14.2. Sie ermöglicht jedoch keine Aussage zu den insgesamt in diesem Jahr durchgeführten Maßnahmen. Die dort beispielhaft aufgeführte Auswahl entstammt dem Fortschrittsbericht des ZVEI (2010: 10f). 173 der 242 Unternehmen, die sich am ZVEI-Energiepanel beteiligt haben, gaben an, im Jahr 2009 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 Wärmeschutzverglasung, die Modernisierung von Heizungen, die Umstellung der Beleuchtungsanlagen auf energiesparende Systeme und die Umstrukturierung der Fahrzeugflotte.

Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

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

Übersicht 14.2

Ausgewählte Maßnahmen einzelner Unternehmen der Elektroindustrie zur Energieeinsparung

2009

- Austausch von 25 % der gesamten Fahrzeugflotte gegen kleinere Fahrzeuge sowie Umstellung der Raumbeleuchtung
 - Erneuerung von Beleuchtungseinheiten und Heizsystemen, teilweise mit kompletten Gebäudesanierungen sowie Überholung von Versorgungsleitungen
 - Austausch einer älteren Dampfheizanlage gegen eine moderne Brennwertanlage auf Warmwasserbasis.
 - Einführung von Wärmeschutzverglasung sowie von Fahrgemeinschaften bei Dienstreisen
 - Einsatz eines frequenzgesteuerten Kompressors
 - Verbesserung der Druckluftversorgung, energetische Nutzung der Abwärme und Optimierung der Beleuchtung
 - Nutzung von Erdwärme, Wärmerückgewinnung und Einsatz einer KWK-Anlage
 - Verwendung von Abwärme einer neuen Produktionsanlage zum Beheizen der Produktionsbereiche, Isolierung von wärmeabstrahlenden Produktionsanlagen und Ausstattung der Büros mit Bewegungsmeldern
 - Umstellung von Ölbeheizung auf Fernwärme
-

Nach Angaben des ZVEI im Rahmen des Monitoring (ZVEI 2010: 10f.)

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, vor allem aber 2008 deutlich übertroffen wurde. 2009 sank der Zielerreichungsgrad jedoch wieder auf 97 %.

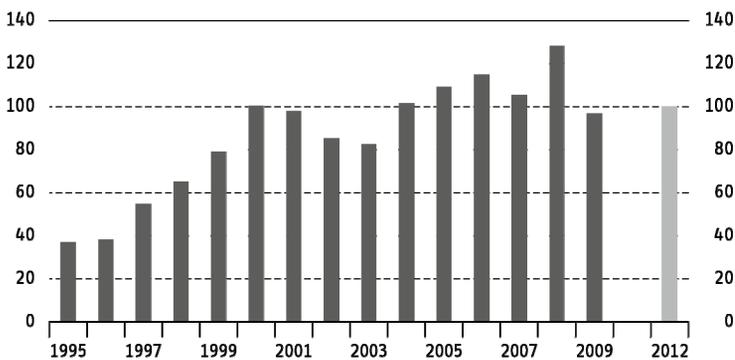
Als wesentliche Determinante gilt der spezifische Energieverbrauch. Dessen Entwicklung wird neben Einflüssen aus Softwaresierung, der zunehmenden Bedeutung von Dienstleistungen für die Kernproduktion, und speziellen Energieeinsparmaßnahmen vor allem auch durch konjunkturelle Schwankungen bestimmt: In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

So sanken 2008, dem Jahr mit dem bisher höchsten Produktionswert, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen um 15,2 bzw. 14,2 %, während die Produktion noch einmal um 2 % zunahm gegenüber einem auch 2007 schon vergleichsweise hohen Wert. Der spezifische Verbrauch verbesserte sich um 16 % auf den bisher niedrigsten Wert von 74,4 MJ/€.

Schaubild 14.3

Zielerreichungsgrad der Elektroindustrie für das Minderungsziel 2012

1995 bis 2009; in %



Eigene Berechnungen.

In der aktuellen Wirtschaftskrise 2009 hingegen sank der Energieverbrauch um 0,7 % und die CO₂-Emissionen um etwa 1 %, während die Produktion um 21,3 % zurückging. Damit kam es zu einem erneuten Anstieg des spezifischen Energieverbrauchs auf 0,93 MJ/€, d.h. ungefähr auf das Niveau des Jahres 2000.

Das könnte bedeuten, dass der spezifische Energieverbrauch seit Anfang des letzten Jahrzehnts fast nur noch durch die konjunkturelle Situation bestimmt wird. Für eine endgültige Bewertung bleibt jedoch abzuwarten, wie weit die Schätzung des ZVEI für den Energieverbrauch des Jahres 2009 durch die Daten des Statistischen Bundesamtes revidiert werden wird und wie der Einfluss der Klassifikationsänderungen der WZ 2008 auf die Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen früherer Jahre einzuschätzen ist.

In den nächsten Jahren wird sich zeigen, wie sich die 2008 und 2009 eingeführten Energiesparmaßnahmen im Rahmen der wirtschaftlichen Erholung auswirken. Für die Zukunft erwartet der Verband nur noch geringe Effizienzverbesserungen, da die Unternehmen bereits eine Vielzahl von Maßnahmen durchgeführt haben (ZVEI

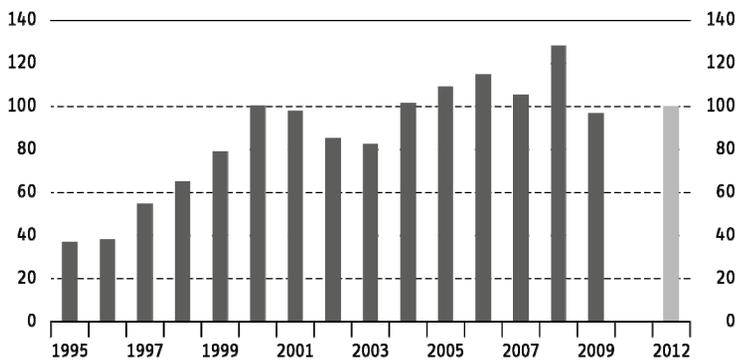
Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

2009: 9). Der ZVEI bezeichnet das für 2012 gesetzte Ziel nach wie vor als anspruchsvoll. Eine Stabilisierung der CO₂-Effizienz von 40 % bis 2012 ist seiner Ansicht nach angesichts der konjunkturellen Unwägbarkeiten weltweit schwer vorzusagen.

Über Energieeinsparungen durch Effizienzverbesserungen hinaus gibt es in der Elektroindustrie kaum mehr Möglichkeiten zur CO₂-Reduktion. Von der Substitution kohlenstoffreicher durch kohlenstoffarme Energieträger sind keine erheblichen CO₂-Einsparungen mehr zu erwarten. 2004 hatte das kohlenstoffarme Erdgas bereits einen Anteil von knapp 72 % bei den fossilen Brennstoffen erreicht. Darüber hinaus dürfte sich der in den vergangenen Jahren zu beobachtende kontinuierliche Anstieg des Anteils an Strom am gesamten Energieeinsatz dieser Branche auf über 80 % bestehen bleiben. Aufgrund des hohen CO₂-Emissionsfaktors von Strom dürfte ein weiter steigender Stromanteil eher zu einer Erhöhung der spezifischen Emissionen führen, da dann Strom vor allem Gas ersetzen würde.

Schaubild 14.3
Zielerreichungsgrad der Elektroindustrie für das Minderungsziel 2012

1995 bis 2009; in %



Eigene Berechnungen.

15. Der Steinkohlenbergbau

Der deutsche Steinkohlenbergbau befindet sich seit Beginn der sechziger Jahre in einem, während der beiden Ölkrisen zeitweilig unterbrochenen, Anpassungs- und Schrumpfungsprozess. Die wesentliche Ursache ist 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).

2009 gehörten zur Steinkohlenindustrie noch eine Kokerei und sechs Steinkohlenbergwerke – vier im Ruhrgebiet, eines an der Saar und eines in Ibbenbüren. Am 1. Juli 2008 wurde das Bergwerk Walsum und zur Jahreswende 2008/2009 das Bergwerk Lippe im Ruhrgebiet stillgelegt. Der Sektor beschäftigte Ende 2009 insgesamt noch rund 27 300 Mitarbeiter (GVSt 2010: 4). Die Steinkohlenförderung in Deutschland wird von der RAG Aktiengesellschaft (RAG) und ihrer Beteiligungsgesellschaft RAG Anthrazit Ibbenbüren GmbH wahrgenommen. Diese Unternehmen bilden mit den weiteren Beteiligungsgesellschaften RAG Bildung, RAG Mining Solution, RAG Montan Immobilien, RAG Konzernrevision und der RAG Ruhranalytik den RAG Konzern (GVSt 2010: 4).

15.1 Datenbasis

Der Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus, heute der Gesamtverband Steinkohle (GVSt), hat am 30. Mai 2002 den Beitritt der deutschen Steinkohlenindustrie zur „Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge“ vom 9. November 2000 erklärt (GVSt 2002). Die wesentliche Grundlage für die im Rah-

Der Steinkohlenbergbau

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

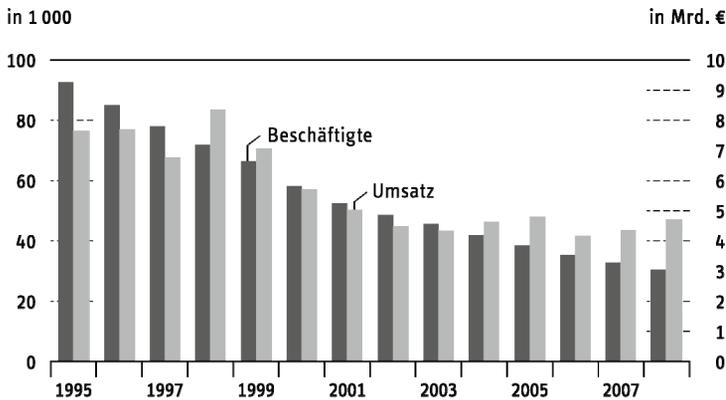
Werte zum Energieverbrauch dieses Sektors sind darüber hinaus in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, des Statistischen Bundesamtes unter der Kennziffer 10.1, Steinkohlenbergbau und -brikettherstellung, zu finden. Die Verbandsdaten und die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Angaben sind allerdings 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 Kokserzeugung der RAG. Die stark abweichenden Angaben zum Energieverbrauch sind in erster Linie auf den Energieeinsatz in den Kraftwerken zurückzuführen.

Bei den Angaben zu Umsatz, Beschäftigten, Investitionen und Rationalisierungsmaßnahmen wird ebenfalls auf Informationen des GVSt zurückgegriffen. Der Verband stellt zudem fünf Fortschrittsberichte mit Angaben zu den zwischen 1990 und 2009 vollzogenen Maßnahmen zur CO₂-Minderung zur Verfügung (GVSt 2005, 2007, 2008, 2009a, 2009b und 2010).

15.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Im deutschen Steinkohlenbergbau wurden 2009 noch 14,2 Mill. t Steinkohle gefördert. Der Anteil der heimischen Steinkohle an der inländischen Versorgung lag im Jahr 2009 bei 28 % (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.

Schaubild 15.1
Beschäftigte und Umsatz in der Steinkohlenindustrie
 1995-2008



Nach Angaben des GVSt im Rahmen des Monitoring.

Der Energieverbrauch ist zwischen 1990 und 1999 um 51,8 % auf 62,8 PJ gesunken (Tabelle 15.4). Die Steinkohlenförderung ging hingegen zwischen 1990 und 1999 nur um 43,8 % von 69,8 auf 39,2 Mill. t zurück (Tabelle 15.3). Demgegenüber entsprach der Rückgang der Produktion zwischen 1999 und 2009 mit 64,8 % in etwa dem des Energieverbrauchs mit 58,9 %.

Nach den schweren bergbaubedingten Erschütterungen im Saarrevier Anfang 2008 wurden dort auf Basis eines neuen stark eingeschränkten Abbaukonzeptes die Abbauaktivitäten in unkritische Feldteile verlagert (GVSt 2010: 6). Mehrere Bereiche mussten stillgelegt werden. Das Konzept erlaubt nur noch einen Restabbau im Saarrevier bis 2012 mit einer Förderkapazität von 1 bis 1,5 Mill. t pro Jahr. Da die nötige Grubensicherheit aufrechterhalten werden musste, erhöhte sich der spezifische Energieverbrauch dort erheblich. Auch bei den 2008 im Ruhrrevier stillgelegten Bergwerken besteht bis zur Schachtverfüllung weiterhin ein erheblicher Energiebedarf, dem keine Förderung gegenübersteht (GVSt 2010: 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 ist zwischen 2004 und 2008 mit 1,5 % ein leichter Anstieg zu verzeichnen, während hingegen die Fördermenge um 33,5 % zurückging (GVSt 2010: 6).

Der Steinkohlenbergbau

Parallel zum Sinken der Steinkohlenförderung schrumpfte die Zahl der Beschäftigten von rund 130 300 im Jahr 1990 auf etwa 42 000 im Jahr 2004. Entsprechend der kohlepolitischen Vereinbarung setzte sich der Beschäftigungsabbau auf 27 300 Mitarbeiter im Jahr 2009 fort.

15.3 Kurzbeschreibung des Produktionsprozesses

In Deutschland wird Steinkohle unter Tage in bis zu 1 500 Meter Tiefe gewonnen. Die Rohkohle wird in Brechanlagen zerkleinert, um auf Förderbändern transportiert werden zu können. Die zerkleinerte Rohkohle wird über den Schacht zu Tage gefördert (GVSt 2002: 5f und 2008: 5). Über Tage gelangt die Rohkohle über Förderbänder in die Aufbereitungsanlage, wo sie von anderen Bestandteilen getrennt wird. Etwa 50 % der Rohkohlenförderung sind verwertbare Kohle (Energiewelten 2005).

Zum Abbau der Kohle werden Walzenschrämlader und Kohlenhobel eingesetzt (GVSt 2002: 4). Der Kohlenhobel, der vor allem in 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 verringert und unter der explosionsfähigen Konzentration gehalten. Beim Grubengas handelt es sich zu 90 bis 95 % um Methangas. Der Anteil an Methan ist abhängig von der Kohleart. Die Freisetzung von Methan wird zudem bestimmt von den Abbaubedingungen, dem atmosphärischen Druck und der Fördermenge. Die Verhinderung eines explosionsfähigen Gasgemisches wird, falls erforderlich, ergänzend zu den Wetterströmen mit Hilfe von Absaugvorrichtungen im Vorfeld der Kohlegewinnung sichergestellt (RAG 2003; GVSt 2008: 6f). Mit Einführung des EEG im Jahr 2000 ist die energetische Verwertung des Grubengases wirtschaftlich geworden. Seitdem werden Absaugung und entsprechende Verwertung forciert.

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

Die Produktionsprozesse des Steinkohlenbergbaus erfordern große Mengen an Energie. Auf engem Raum werden ständig große Mengen an Schüttgütern abgebaut, zerkleinert und transportiert, schwere, sperrige Materialien bewegt sowie das Personal befördert. In den Bergwerken der DSK werden pro Tag 100 000 t Rohkohle, Gestein, Baustoffe und Maschinen über eine mittlere Entfernung von etwa 6 km transportiert (GVSt 2002: 5f). Das in Betrieb befindliche Streckennetz eines Bergwerks liegt derzeit bei ungefähr 90 km. Das Streckennetz der DSK beträgt insgesamt über 600 km. Jedes Jahr kommen etwa 35 km an neuen Abbaustrecken und etwa 13 km allgemeines Grubengebäude hinzu; im Rahmen der Optimierung des Streckennetzes werden allerdings jedes Jahr mehr als 50 km Strecken stillgelegt. Auch für die Frischluftzufuhr zur Einhaltung der Klimagrenzwerte und zum Ausschluss von Schlagwetterexplosionen ist ein hoher Energieeinsatz erforderlich (GVSt 2002: 4).

Schließlich ist auch die Herstellung von Koks aus qualitativ hochwertiger Kokskohle mit einem erheblichen Energieaufwand verbunden. Koks findet vor allem in den Hochöfen der Stahlhüttenwerke Verwendung. In Kokereien wird Kokskohle unter

Der Steinkohlenbergbau

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 Kokereigasen benötigt eine Kokerei für die Beheizung ihrer Koksöfen (GVSt 2005: 8); 60 % werden in das Fernnetz eingespeist.

15.4 Die Selbstverpflichtung

Der Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus trat am 30. Mai 2002 stellvertretend für die deutsche Steinkohlenindustrie der Klimavorsorgevereinbarung zwischen Bundesregierung und deutscher Industrie bei. Die deutsche Steinkohlenindustrie hat sich dazu verpflichtet, die CO₂-Emissionen in Deutschland bis 2005 um 70 % und bis 2012 um 75 % gegenüber 1990 zu verringern (Übersicht 15.1). Das erste Ziel, die Emissionen um 70 % zu reduzieren, wurde bereits 2001 erreicht. Der Zielerreichungsgrad lag 2005 bei 105,6 %.

Übersicht 15.1

Selbstverpflichtung des deutschen Steinkohlenbergbaus

| | |
|-----------|--|
| Ziele | Verringerung der absoluten CO ₂ -Emissionen bis 2012 um 75 % gegenüber 1990. Verringerung der CH ₄ -Emissionen bis 2012 um 70 % gegenüber 1990. |
| Prognose | Verringerung der absoluten CO ₂ -Emissionen bis 2012 um 80 % gegenüber 1990. |
| Basisjahr | 1990 |

Angaben des GVSt (2002: 2 und 2005: 21).

Der Steinkohlenbergbau bindet seine Zusage in der Selbstverpflichtung an die Umsetzung der vereinbarten Kohlepolitik. Der Verband geht zudem davon aus, dass die Bundesregierung auf zusätzliche ordnungsrechtliche und fiskalische Regelungen verzichtet und der Industrie insbesondere bei einer eventuellen Fortentwicklung der ökologischen Steuerreform keine Wettbewerbsnachteile entstehen (GVSt 2002: 4).

Bei der Formulierung der Selbstverpflichtung wurde von einem Fördervolumen von 20 bis 22 Mill. t im Jahr 2012 ausgegangen. Da die Anschlussregelung vom Juli 2003 eine Absenkung der Steinkohlenförderung bis auf 16 Mill. t im Jahr 2012 festlegt und die kohlepolitische Verständigung von 2007 mit Inkrafttreten des Steinkohlefinanzierungsgesetzes nur noch 12 Mill. t vorsieht, verringert sich damit auch die Höhe der zu erwartenden CO₂-Emissionen. Laut Fortschrittsbericht wird eine Minderung der Emissionen bis 2012 um rund 80 % gegenüber 1990 für plausibel erachtet (GVSt 2009a: 9).

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

15.5 Bis 2009 realisierte CO₂- und Methangasminderungen

Dem Steinkohlenbergbau gelang es, die CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 2009 um 83,7 % zu senken (Tabelle 15.1). Das für 2012 avisierte Reduktionsziel von 75 % wurde bereits seit 2006 übertroffen (Schaubild 15.2). 2009 lag der Zielerreichungsgrad bei 111,6 %.

Tabelle 15.1
CO₂-Emissionen und Zielerreichungsgrade der Steinkohlenindustrie

1990 bis 2009; Minderungsziel gegenüber 1990: 75 % bis 2012

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

Nach Angaben des GVSt.

Die in die Atmosphäre abgegebenen CH₄-Emissionen aus aktiven und stillgelegten Bergwerksteilen konnten von 19,7 Mill. t CO₂-Äquivalenten 1990 auf 2,9 Mill. t im Jahr 2009, d.h. um 85,3 % reduziert werden (Tabelle 15.2). Mit einem Zielerreichungsgrad von 121,8 % wurde das angestrebte Ziel damit deutlich übererfüllt. Die CH₄-Emissionen aus aktiven Bergwerken sanken in diesem Zeitraum um 84,4 %, die aus stillgelegten Bergwerksteilen um knapp 95 %.

Der Steinkohlenbergbau

Tabelle 15.2

In die Atmosphäre abgegebene CH₄-Emissionen und Zielerreichungsgrade im Steinkohlenbergbau

1990 bis 2009; in Mill. t CO₂-Äquivalenten, Minderungsziel gegenüber 1990: 70 % bis 2012

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

Nach Angaben des GVSt.

15.6 Ursachenanalyse der CO₂-Minderung

Der drastische Rückgang der CO₂-Emissionen ist in erster Linie Folge der Stilllegung von Bergwerken und den dazugehörigen Nebenbetrieben, die mit dem Abbau der Steinkohlenförderung einhergingen. Zwischen 1990 und 2009 sank die Zahl der aktiven Bergwerke durch Stilllegung und Zusammenlegungen von 27 auf 6. Damit verbunden war eine Drosselung der Förderung um 80,2 % auf 13,8 Mill. t (Tabelle 15.3). Im selben Zeitraum konnten die CO₂-Emissionen um 83,7 % auf 1,5 Mill. t gesenkt werden und damit etwas stärker als die Produktion (Tabelle 15.1). Neben dem Förderrückgang, der für den größten Teil der CO₂-Emissionsminderungen verantwortlich war, konnte auch eine Verbesserung des spezifischen Energieverbrauchs dazu beitragen.

Zwischen 1990 und 1999 gelang es, den spezifischen Energieverbrauch um rund 15 % zu senken, von 1,87 auf 1,60 GJ/t (Tabelle 15.3). 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. Dort erfolgte aufgrund der anschließenden Teilstilllegung mit gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Grubensicherheit seitdem nur eine verminderte Produktion.

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

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

1990 bis 2009; gerundete Werte

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

Nach Angaben des GVSt.

Der spezifische Energieverbrauch 2009 entsprach mit 1,87 GJ/t dem des Jahres 1990. Demgegenüber stand eine Reduktion der spezifischen Emissionen von 16 % (Tabelle 15.3). Dabei gelang es allein zwischen 1995 und 1996, die spezifischen CO₂-Emissionen von 125 kg/t auf 96 kg/t zu reduzieren, ein Rückgang von 23,2 % innerhalb nur eines Jahres. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der 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 CO₂-Emissionsfaktor ist niedriger als der der Steinkohle, welcher in den eigenen Kraftwerken zur Stromerzeugung eingesetzt wurde. Der Strombezug erhöhte sich zwischen 1995 und 1996 deutlich, von 24,2 auf 50,6 PJ (Tabelle 15.4). Gleichzeitig führte dies zu einem starken Rückgang des Einsatzes an Steinkohlen als Brennstoff. Dieser sank von 40,2 PJ im Jahr 1995 auf 1 PJ im Jahr 1996. Insgesamt ist der Einsatz des kohlenstoffreichen Energieträgers Steinkohle von 56,1 PJ im Jahr 1990 auf nahezu Null seit der Jahrhundertwende reduziert worden.

Der Steinkohlenbergbau

Tabelle 15.4
Der Energiemix der Steinkohlenindustrie

1990 bis 2009; gerundete Werte in PJ

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

Nach Angaben des GVSt.

Von 1999 bis 2009 nahm der spezifische Energieverbrauch nur leicht um 0,5 % zu, die spezifischen CO₂-Emissionen stagnierten. Als Folge der Bergwerksstilllegungen im Ruhrrevier und der auf dem Bergwerk Saar eingeleiteten Maßnahmen stiegen beide Größen zwischen 2007 und 2009 um etwa 16,1 % bzw. 16,8 %.

Die Veränderungen in der Struktur des Energiemixes hatten somit kaum Folgen für den spezifischen CO₂-Ausstoß. In den vergangenen Jahren nahm zwar die Bedeutung des Stromverbrauchs mit einem CO₂-Emissionsfaktor von 0,064 t/GJ weiter zu: So stieg der Anteil des Nettostrombezugs von 1999 bis 2009 von 65,4 % auf 74,4 %. Jedoch erhöhte sich gleichzeitig die Bedeutung des kohlenstoffarmen Kokereigases mit einem Emissionsfaktor von 0,044 t CO₂/PJ auf 22,1 %. Der Anteil des Kokereigases sank zwar zunächst von 20,2 % in 1999 (12,8 PJ) bzw. 24,8 % in 2000 auf 15,3% in 2001 (6,8 PJ). Diese Einsatzminderung um 6 PJ ist vor allem auf den Rückgang der Koksproduktion zurückzuführen, bei der Kokereigas als Nebenprodukt entsteht (Kohlenstatistik 2008). 2009 lag der Einsatz bei 5,7 PJ, der Anteil aufgrund des insgesamt geringeren Energieverbrauchs bei 22,1 %. Weitere substanzuelle Änderungen des Energiemixes sind nicht festzustellen.

Der Verbrauch an Grubengas, das mit 0,054 t CO₂/PJ einen leicht höheren Emissionsfaktor als Kokereigas aufzuweisen hat, lag zwischen 2000 und 2004 bei durchschnittlich jährlich 6 PJ. Bis 2007 halbierte sich der Einsatz und verringerte sich 2009 auf nur noch 0,7 PJ. Dies implizierte einen Anteilsverlust am gesamten Energieverbrauch gegenüber 1999 um 10,4 % auf 2,7 % im Jahr 2009. 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 CO₂-Intensität berechnet, d.h. den Quotienten aus Gesamtemissionsmenge und Gesamtenergieverbrauch bildet. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 15.3 aufgeführt und zeigen, dass Veränderungen im Energiemix nur zwischen 1990 und 1999 positive Auswirkungen auf die Emissionen ergaben. Danach wiesen diese Werte bis 2009 keine großen Änderungen mehr auf.

15.7 Ursachenanalyse der Minderung der Methanemissionen

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

Die CH₄-Gasmengen aus der Steinkohlenförderung und der Aufbereitung der Kohle gingen von 1990 bis 2009 beträchtlich zurück, von 22,5 auf 4 Mill. t CO₂-Äquivalente (Tabelle 15.5). Wesentlicher Auslöser war die Verringerung der Steinkohleförderung in diesem Zeitraum um 80,2 %. 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 NRWs schwankt er z.B. zwischen 0 und 22 m³ Gas je Tonne Kohle. So ist der Rückgang des Gasaufkommens um 26,3 % bei einem gleichzeitigen Anstieg der Fördermenge um 2,9 % im Jahr 2007 darauf zurückzuführen, dass ein fast methanfreies Flöz abgebaut wurde (Tabelle 15.3). Zudem wurden nach Angaben des Verbandes Bergwerksteile vom aktiven in den stillgelegten Bereich überführt. In ähnlicher Weise sank 2009 die Fördermenge um 19,3 % bei einem Rückgang des Gasaufkommens um 27,3 %, wohingegen 2008 der Rückgang der Fördermenge um 19,7 % von einem Rückgang des Gasaufkommens um nur 6,8 % begleitet wurde.

Der Steinkohlenbergbau

Analog zum Rückgang des Gasaufkommens sank auch die Methanverwertung aus dem aktiven Bergbau zwischen 1990 und 2009, wenn auch mit knapp 74 % um etwa 6 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 90 %. Ein vorher nicht absehbarer Teil des Methanaufkommens geht jedoch mit den Wetterströmen, die zur Verdünnung der Methankonzentration erforderlich sind, in die Atmosphäre und steht für Absaugung und Verwertung nicht zur Verfügung. So fiel der Rückgang der Methanverwertung im aktuellen Berichtsjahr mit 33,3 % deutlich höher aus als der des Gasaufkommens mit 27,3. 2008 lag die Veränderung der Gasverwertung mit 5,3 % nur leicht unterhalb der des Gasaufkommens. Insgesamt ergab sich zwischen 1990 und 2009 als Folge des Rückgangs der Steinkohlenförderung und gleichzeitiger Verbesserung der Verwertungssituation eine Reduktion der in die Atmosphäre abgegebenen Emissionen um 85 %.

In den stillgelegten Bergwerksteilen im Ruhrrevier und an der Saar haben alle Methanverwertungsgesellschaften gemeinsam im Jahr 2009 4,1 Mill. t CO₂-Äquivalente abgesaugt und verwertet (Tabelle 15.6). Da in den letzten Jahren flächendeckend Abbaugenehmigungen für Grubengas vergeben wurden, geht der Verband inzwischen davon aus, dass 98 % des vorhandenen Grubengases gewonnen werden und kaum Restemissionen vorkommen. Damit lassen sich die ausgasenden CH₄-Mengen insgesamt für 2009 mit 4,2 Mill. t beziffern.

Tabelle 15.5
CH₄-Gasmengen und Verwertung in aktiven Steinkohlebergwerken
1990 bis 2009, in Mill. t CO₂-Äquivalente

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

Nach Angaben des GVSt.

Bezogen auf die für 1990 ausgewiesenen Ausgasungen aus stillgelegten Bergwerken von 1,8 Mill. t implizieren die aktuellen Restemissionen von 100 000 t eine Reduktion um knapp 95 %. Bei der Interpretation dieser Entwicklung ist zu beachten, dass in den letzten Jahren Bergwerksteile vom aktiven in den stillgelegten Bereich überführt worden sind und die Zahl der diffusen zu nutzenden Quellen viel

zahlreicher geworden ist. So wären ohne Verwertung die klimarelevanten CH₄-Emissionen aus stillgelegten Bergwerksteilen 2009 um gut 150 % höher gewesen als 1990 (GVSt 2010: 15).

Tabelle 15.6

CH₄-Gasmengen und Wiederverwertung in stillgelegten Bergwerksteilen

1990 bis 2009, in Mill. t CO₂-Äquivalente

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

Nach Angaben des GVSt.

15.8 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Rationalisierungen und Maßnahmen zur Produktivitätssteigerung führten seit Beginn der neunziger Jahre zu einer Konzentration der Förderung auf immer weniger Abbaubetriebe (Tabelle 15.7). Deren Anzahl hat sich von 147 im Jahr 1990 auf 17 im Jahr 2009 verringert, wobei der Rückgang der letzten Jahre auch auf die Stilllegung der Zechen zurückzuführen ist. Dabei stieg die Förderung je Abbaubetriebspunkt auf Basis standardisierter Technik zwischen 1990 und 2009 von rund 1 800 um knapp 90 % auf etwa 3 400 t pro Tag. Die Leistung unter Tage je Mann und Schicht, die bis 2007 von 5 t auf 7,1 t gesteigert werden konnte (RWI 2008: 206), sank 2009 auf 5,6 Tonnen. Wesentliche Auslöser der Produktivitätsverbesserungen waren nach Angaben des Verbandes aufgrund der hohen Energieintensität und daraus resultierender hoher Energiekosten verstärkte Bemühungen zur Steigerung der Energieeffizienz (GVSt 2005: 12). Hierzu zählt nach Angaben des Verbandes auch die Verlängerung der Strebe um 30 % von 260 m im Jahr 1990 auf heute 340 m (GVSt 2010: 16).

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

Der Steinkohlenbergbau

Frischluff- 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 2009

| | 1990 | 1995 | 1999 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| Leistung je Mann/Schicht in t | 5,0 | 5,6 | 6,2 | 6,7 | 6,7 | 6,3 | 5,6 |
| Förderung je Abbaubetriebspunkt in 1 000 t | 1,8 | 2,3 | 3,0 | 3,4 | 3,9 | 3,7 | 3,4 |
| Bergwerke | 27 | 19 | 15 | 12 | 9 | 7 | 6 |
| Abbaubetriebspunkte | 147 | 86 | 50 | 37 | 24 | 18 | 17 |

Nach Angaben des GVSt (2010).

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

Den Bemühungen der Industrie, eine Verbesserung des spezifischen Energieeinsatzes zu erreichen, stehen gegenläufige Einflüsse gegenüber (GVSt 2005: 13). Die zunehmende Gewinnungstiefe und die damit ansteigenden Temperaturen erfordern zudem ergänzende Maßnahmen zur Klimatisierung, damit die Arbeitsbedingungen verbessert werden. Diese Maßnahmen führen zu einem erhöhten Energieeinsatz. Darüber hinaus benötigen auch stillgelegte Bergwerke eine gewisse Menge an Energie, etwa zum Abpumpen von Wasser zum Niedrighalten des Grundwasser-

spiegels. Diese Erfordernisse haben letztlich zum Anstieg des spezifischen Energieverbrauchs zwischen 2007 und 2009 beigetragen (GVSt 2010: 17).

Übersicht 15.2

Ausgewählte Maßnahmen der Steinkohlenindustrie zur Energieeinsparung

- Die eingeführte neue Bohrwagengeneration führt alle üblichen Ankerbohr- und Setzarbeiten sowie das Bohren von Sprenglöchern teilautomatisiert durch. Wesentliche Neuerungen sind die integrierten Sensoren zur Erfassung der Bewegungen der teleskopierbaren Bohrrarme im Raum.
- Die leistungsstärkere Hobelgeneration erhöht die Verfügbarkeit der Betriebsmittel. Die Ausführung der versatzseitigen Hobelführung erfolgt mit hochverschleißfestem Guss.
- Die Schneideinheiten am Walzenlader wurden ladetechnisch vorteilhafter konstruiert, um eine höhere Antriebsleistung und eine erhöhte Standfestigkeit der Bauteile zu erhalten.
- Die Winden wurden leistungsstärker konstruiert, um Zugkraft und Marschgeschwindigkeit zu erhöhen.
- Mit Hilfe einer neuen Tragarmautomatiksteuerung wird der Liegendmitschnitt zur Bergevermeidung reduziert.

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 z.B. im Berichtsjahr 2009 auf etwa 5 600 kg reduzierte (Tabelle 15.7). Geologische Veränderungen der ursprünglichen Lagerungsform der Kohle wie Schichtenzerreißen bzw. Verwerfungen erfordern entsprechende Anpassungen, mit denen ein hoher Material- und Energieeinsatz einhergeht.

Tabelle 15.8

Investitionen in der Steinkohlenindustrie

1995 bis 2009

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

Nach Angaben des GVSt (2010: 18). Investitionsquote: Investitionen in €/t Fördermenge.

Rationalisierungsanstrengungen und Produktivitätssteigerung sowie die Erhaltung der Betriebsbereitschaft spiegeln sich in den Investitionen wider, ebenso Auflagen und Bestimmungen aus den Bereichen Arbeitssicherheit, Umwelt- und speziell Klimaschutz. Die Investitionsquote, d.h. die Investitionen pro Tonne geförderter

Der Steinkohlenbergbau

Steinkohle, wurde Ende der neunziger Jahre noch einmal deutlich erhöht und stieg bis 2004 auf knapp 10 € pro Tonne bei einem Investitionsvolumen von 254 Mill. € (RWI 2007: 203). Zur Sicherung der Fördermöglichkeit und Leistung wurden 2005 insgesamt noch 154 Mill. € investiert bei einer Investitionsquote von 6,2 % (Tabelle 15.8). Davon betrafen 9,4 Mill. € Investitionen in Anlagen für den Umweltschutz (GVSt 2009a: 16). 2009 wurden die Investitionen zurückgeführt auf 109 Mill. €. Dies bedeutet noch eine Investitionsquote von etwa 8 €/t Fördermenge. Der Anteil der Investitionen für Umweltschutzzwecke lag 2009 bei rund 1 % gegenüber drei bis sechs % in früheren Jahren.

15.9 Zusammenfassung und Bewertung

Die deutsche Steinkohlenindustrie hat die für 2012 avisierte Zielmarke, die CO₂-Emissionen um 75 % zu mindern, seit 2006 in jedem Jahr übertroffen (Schaubild 15.2). 2008 lag der Zielerreichungsgrad mit einem CO₂-Ausstoß von 1,5 Mill. t und einer Minderung gegenüber 1990 um 83,7 % bei 111,6 %. 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. 2008 und 2009 war der spezifische Energieverbrauch aufgrund der Folgemaßnahmen auf das Erschütterungsereignis im Saarrevier und einer Bergwerksstilllegung im Ruhrrevier deutlich höher als in den Vorjahren. 2009 entsprach er wieder dem Niveau von 1990.

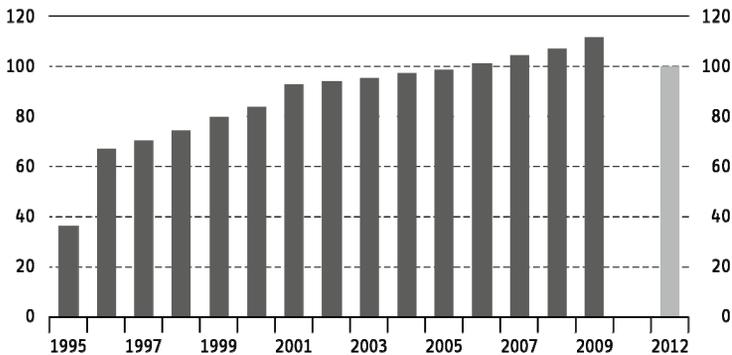
Bemühungen des Steinkohlenbergbaus, die Energieeffizienz weiter zu steigern, stoßen laut Aussage des Verbandes inzwischen an technisch-physikalische Grenzen (GVSt 2010: 19). Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass weitere Energieeinsparungen teilweise durch gegenläufige Einflussfaktoren wie zunehmende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

Grundlage des für 2012 ausgesprochenen CO₂-Minderungsziels von 75 % gegenüber 1990 war ein Fördervolumen von 20 bis 22 Mill. t im Jahr 2012. Im Rahmen der kohlepolitischen Anschlussregelung vom Juli 2003 wurde dagegen eine Steinkohlenförderung von nur noch 16 Mill. t für das Jahr 2012 vereinbart. Diese Vereinbarung hat der Verband in seinem zweiten Fortschrittsbericht von 2005 berücksichtigt, indem er nunmehr bis 2012 eine CO₂-Reduktion von 80 % gegenüber dem Basisjahr 1990 für möglich hielt. Auch dieser Wert konnte nach 2008 auch 2009 wieder übertroffen werden. Würde gemäß dem Steinkohlefinanzierungsgesetz und der Rahmenvereinbarung Sozialverträgliche Beendigung des subventionierten Steinkohlenbergbaus in Deutschland, in dem die kohlepolitische Verständigung vom 7. Februar 2007 umgesetzt wurde, 2012 eine Fördermenge von 12 Mill. t realisiert

anstatt der im Juli 2003 vereinbarten 16 Mill. t, dürften die CO₂-Emissionen – bei Konstanz der aktuellen spezifischen Emissionen - nochmals um rund 200 000 t niedriger liegen als 2009.

Schaubild 15.2

Zielerreichungsgrade der Steinkohlenindustrie für das CO₂-Minderungsziel 2012
1995 bis 2009; in %



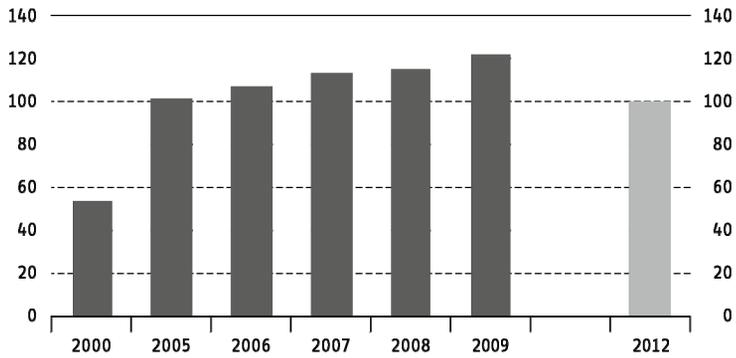
Eigene Berechnungen.

Die CH₄-Emissionen aus aktiven und stillgelegten Bergwerksteilen konnten von 19,7 Mill. t in CO₂-Äquivalenten 1990 auf 2,9 Mill. t, d.h. um 85,3 % im Jahr 2008 gesenkt werden. Das anvisierte 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.

Der Steinkohlenbergbau

Schaubild 15.3
Zielerreichungsgrade der Steinkohlenindustrie für das Methan-Minderungsziel
2012

2000 bis 2009; in %



Eigene Berechnungen.

16. Das Gasfach

Gasfach ist die Sammelbezeichnung für eine Vielzahl heterogener deutscher Wirtschaftszweige, zu denen neben Unternehmen der Gas- und Wassergewinnung auch Betriebe gehören, die die Bereitstellung dieser Rohstoffe in einzelnen Verbrauchsbereichen der Wirtschaft gewährleisten. Daher wird das Gasfach zum einen durch den Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), zu dem sich im Herbst 2007 alle entsprechenden Fachverbände – so auch der frühere Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) – zusammengeschlossen haben, repräsentiert. Dessen Mitgliedsunternehmen stellen derzeit etwa 95 % aller Gasversorgungsunternehmen in Deutschland dar. Zum anderen wird die Klimaschutzerklärung des deutschen Gasfachs von einer ganzen Reihe weiterer Fachverbände mitgetragen. Dies sind im Einzelnen:

- Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE)
- Bundesindustrieverband Heizungs-, Klima-, Sanitärtechnik e.V. (BHKS)
- Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach e.V. (FIGAWA)
- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfachs e.V. (DVGW)
- Industrierverband Haus-, Heiz- und Küchentechnik e.V. (HKI)
- Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK).

16.1 Datenbasis

Die Datenbasis für den Nachweis der Klimaschutzerfolge des deutschen Gasfachs bilden Angaben des Statistischen Bundesamtes zu den Wohnflächen von Ein- und Zweifamilienhäusern, des Kraftfahrtbundesamtes zu Emissions-Typprüfwerten von Pkw und Nutzfahrzeugen, der E.on Ruhrgas sowie des BDEW bzw. in früheren Jahren des BGW zur Anzahl von Gasturbinen und -motoren in Blockheizkraftwerken (BHKW) sowie zum Jahresabsatz von Brennwertgeräten. Darüber hinaus liefert z.B. der BDEW als Repräsentant der Stromwirtschaft (früher VDEW) Daten zur CO₂-Intensität der öffentlichen Stromerzeugung.

Die 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-

Das Gasfach

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 (TU) Hamburg-Harburg, Arbeitsbereich Technische Thermodynamik übernommen (Schmitz 2005).

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

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

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

16.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Der Erdgasverbrauch privater Haushalte hat sich zwischen 1970 und 1990 mehr als verzehnfacht. Lag der Verbrauch 1970 nach Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) noch bei rund 11 Mrd. kWh, so hatte er 1990 bereits ein Niveau von 155 Mrd. kWh erreicht. Bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch hatte Erdgas 1970 erst einen Anteil von 4,6 %, 1990 waren es bereits 17,4 % (Tabelle 16.1). Die Zunahme des Marktanteils erfolgte vor allem zu Lasten von Heizöl und Festbrennstoffen.

Tabelle 16.1
Endenergieverbrauch an Naturgasen aller Sektoren in Deutschland
 1990 bis 2007

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Verbrauch, in Mrd. kWh | 458,1 | 578,0 | 612,7 | 586,0 | 605,5 | 586,6 | 578,5 |
| Anteil am Endenergieverbrauch, in % | 17,4 | 22,3 | 23,9 | 23,8 | 23,4 | 23,9 | 22,8 |

Nach Angaben der AGEB (2010). – * Vorläufige Angaben, Stand 28.10.2009. Angaben für 2009 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich.

Im Jahr 2008 lag der Endenergieverbrauch an den Naturgasen Erdgas und Erdölgas in der Bundesrepublik Deutschland nach Angaben der AGEB bei rund 578,5 Mrd. kWh (Tabelle 16.1). Diese Gase hatten damit einen Anteil am Endenergieverbrauch von 22,8 %. Der Anteil der Naturgase am gesamten Endenergieverbrauch sank verglichen mit 2002, dem Jahr mit dem bisher höchsten Anteil, um 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 CO₂-Emissionen zur Raumwärmeerzeugung privater Haushalte und Kleinverbraucher bis 2005 auf 0,23 kg CO₂/kWh Nutzwärme zu senken. 1990 betrug die spezifischen Emissionen dieses Bereiches in den alten Bundesländern 0,31 kg CO₂/kWh Nutzwärme und 0,56 kg CO₂/kWh in den neuen. Für den gesamten, an das Erdgasnetz angeschlossenen, Haushalts- und Kleinverbrauchssektor wurde eine CO₂-Emissionsminderung zwischen 30 und

Das Gasfach

40 Mill. t CO₂ erwartet. Bis 2001 konnten tatsächlich rund 34,3 Mill. t CO₂ reduziert werden (Schmitz 2005: 17).

Im Hinblick auf die Verpflichtung der Bundesregierung gegenüber dem 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 CO₂-Äquivalente pro Jahr (Übersicht 16.1). Dies soll in den Bereichen der Heizwärme- und Warmwasserbereitung privater Haushalte, der Heiz- und Prozesswärme sowie der Warmwasserbereitung im Kleinverbrauch erzielt werden (BGW 2001: 1 ff.). Dazu beitragen sollen auch der verstärkte Einsatz von Erdgas im Verkehrssektor und der sukzessive Ersatz alter Graugussleitungen in der Erdgasversorgung beispielsweise durch neue Kunststoffrohre.

Übersicht 16.1

Selbstverpflichtung des Gasfachs

| | |
|-----------|---|
| Ziele | Minderung klimarelevanter Gase um rund 45 Mill. t Kohlendioxid-Äquivalente pro Jahr bis 2012. |
| Basisjahr | 1990 |

Nach Angaben des BGW (2001).

Nach der Klimaschutzklärung des deutschen Gasfachs vom November 2001 sind im Bereich Heizung und Warmwasserbereitung privater Haushalte folgende Maßnahmen Gegenstand der Minderungsanstrengungen bis 2012 (BGW 2001: 2 ff.):

- Modernisierung im Bestand der Erdgasheizungen: Verbesserung des Jahresnutzungsgrades der Heizung und Warmwasserbereitung von 72 % im Jahr 1990 auf mindestens 89 % im Jahr 2012 in den rund 9 Mill. mit Erdgas versorgten Wohnungen.
- Substitution im Altbaubestand: Forcierung des Austausches bestehender Kohle-, Öl- und Stromheizungen durch Gasheizungs- und Warmwasserbereitungsanlagen in 5,3 Mill. Wohnungen¹¹ zwischen 1990 und 2012.
- Substitution im Neubau: Vergrößerung des Marktanteils von Erdgas in rund 5 Mill. Neubauwohnungen zwischen 1990 bis 2012.

¹¹ Der in der Klimaschutzklärung vom November 2001 aufgenommene Wert von 2,5 Mill. Wohnungen war aufgrund eines Übertragungsfehlers falsch (Schmitz 2009a:3).

- Nahwärmeversorgung mit Blockheizkraftwerken (BHKW) und Brennstoffzellen: Zwischen 1990 und 2012 sollen in privaten Haushalten etwa 6 Mrd. kWh der jährlich benötigten Kraft- und Wärmemengen aus BHKW bereitgestellt werden.

Im Bereich Heizung, Warmwasserbereitung und Prozesswärme des Kleinverbrauchssektors verpflichtet sich das Gasfach, die CO₂-Emissionen bis 2012 durch folgende Maßnahmen zu mindern:

- Modernisierung von Erdgasgeräten im Bestand: Bis 2012 soll der Jahresnutzungsgrad von Erdgasgeräten mit einem Gesamtverbrauch von etwa 72 Mrd. kWh von 72 % auf mindestens 85 % erhöht werden.
- Die Substitution von mit Kohle und Heizöl befeuerten Heizungs-, Warmwasserbereitungsanlagen und Anlagen zur Erzeugung von Prozesswärme durch solche, die mit Erdgas betrieben werden, soll in einem Umfang von 68 Mrd. kWh Erdgas stattfinden.
- Nahwärmeversorgung mit Blockheizkraftwerken (BHKW) und Brennstoffzellen: 2012 sollen im Kleinverbrauch ca. 14 Mrd. kWh Nahwärme aus BHKW bereitgestellt werden.

Neben den Maßnahmen im Haushalts- und Kleinverbrauchssektor sollen CO₂-Emissionen durch die Modernisierung von 13 867 km Graugussleitungen zum Transport und zur Verteilung von Erdgas reduziert werden, in dem die Zahl der Leckagen dieser Leitungen vermindert wird. Zusätzlich soll die Nutzung von Erdgasfahrzeugen im Straßenverkehr forciert werden: Bis 2012 soll die Zahl der Erdgasfahrzeuge auf 500 000 anwachsen, die Zahl der Erdgastankstellen auf 1 000. 1990 war diese Technik noch nicht auf dem Markt. Gegenüber konventionellen Kraftstoffen ergibt sich durch den Einsatz von Erdgas in Fahrzeugen eine spezifische CO₂-Emissionsminderung von bis zu 25 %.

Das Gasfach

Tabelle 16.2
CO₂-Emissionsreduktionen im deutschen Gasfach
1990 bis 2008; in Mill. t CO₂

| Ziel: - 45 Mill. t CO ₂ | 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 | 33,3 | 33,4 |
| 2001 | 34,6 | 34,7 |
| 2002 | 36,6 | 36,7 |
| 2003 | 37,9 | 38,2 |
| 2004 | 39,4 | 39,6 |
| 2005 | 40,5 | 40,8 |
| 2006 | 42,1 | 42,4 |
| 2007 | 43,2 | 43,6 |
| 2008 | 44,4 | 44,7 |
| 2009 | 45,5 | 45,8 |

Eigene Berechnungen nach Angaben von Schmitz (2010b: 10).

16.4 Bis 2009 erreichte CO₂-Minderungen

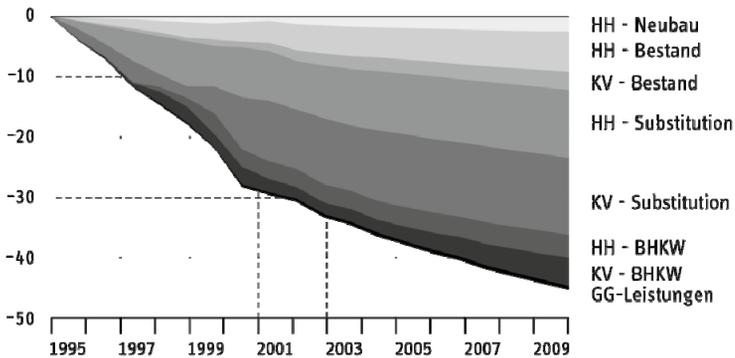
Gemäß der Plausibilitätskontrolle durch die Technische Universität Hamburg-Harburg haben sich die CO₂-Emissionen durch die Maßnahmen des deutschen Gasfachs im Jahr 2009 auf Basis vorläufiger Daten gegenüber 1990 um 45,8 Mill. t reduziert (Tabelle 16.2). Das bedeutet eine zusätzliche CO₂-Einsparung von gut 1,1 Mill. t gegenüber dem Jahr 2008, die in etwa auch der der beiden Jahre davor entspricht. Dabei entfallen von den insgesamt 45,8 Mill. t des Jahres 2009 0,37 Mill. t auf die Warmwasseraufbereitung.

Die CO₂-Emissionsminderungen bei der Warmwasseraufbereitung waren zwischen 1996 und 2000 praktisch vernachlässigbar gering. 2009 lagen diese Minderungen, bezogen auf 1999, bei 0,37 Mill. t (Schmitz 2010b). 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 2009 von 45,5 Mill. t ohne Berücksichtigung der Warmwasseraufbereitung bei 101 %.

Schaubild 16.1

CO₂-Emissionsminderungen durch verschiedene Maßnahmen des Gasfachs

1990 bis 2009; in Mill. t



Eigene Berechnungen nach Angaben von Schmitz (2010b: 10).

16.5 Ursachenanalyse

Den größten Beitrag zu den bisherigen CO₂-Emissionsminderungen leistete der Sektor Haushalte (HH), der 2009 laut Plausibilitätskontrolle mit 24,3 Mill. t bzw. einem Anteil von 53 % deutlich vor dem Sektor Kleinverbraucher (KV) mit 20,5 Mill. t respektive 44,8 % lag (Schmitz 2009b). 74 % der bisherigen Reduktionen erfolgten bei den Haushalten bereits zwischen 1990 und 2000, bei den Kleinverbrauchern waren es knapp 73 %. 2009 konnten die CO₂-Einsparungen gegen-

Das Gasfach

über 2008 bei den Haushalten um 531 000 t und bei den Kleinverbrauchern um 564 000 t erhöht werden. Die Modernisierung der Graugussleitungen machte 2009 ähnlich wie in den Vorjahren 1,3 % der CO₂-Minderungen des Gasfachs aus. Der Anteil der Warmwasserbereitung lag bei 0,8 %. Der Beitrag des Verkehrssektors zu den Klimaschutzanstrengungen des Gasfachs war mit 0,1 % hingegen weiterhin verschwindend gering (Schmitz 2010a und b).

Im Bereich Haushalte kam 2009 der Substitution von Kohle-, Öl- und Stromanlagen zur Heizwärme- und Warmwasserbereitung die größte Bedeutung zu mit einem Anteil an den CO₂-Emissionsminderungen von 24,6 %, gefolgt von der Modernisierung bestehender Gasheizungen (14,6 %), der Förderung von BHKW (8,4 %) sowie dem Einsatz von Erdgas im Neubaubereich (5,3 %) (Schaubild 16.1). Mit gut 531 000 t entsprach die Minderung bei den Haushalten in diesem Jahr in etwa der von 2008. Die deutlich niedrigeren zusätzlichen CO₂-Minderungen im Vergleich zu denen früherer Jahre sind vor allem auf den deutlichen Rückgang zusätzlicher CO₂-Minderungen im Bereich der Neubauten sowie bei den Blockheizkraftwerken zurückzuführen.

Zwischen 1991 und 2009 wurden in rund 5,6 Mill. Altbauwohnungen CO₂-intensive Energieträger durch Erdgas substituiert und damit die für 2012 der Selbstverpflichtung zugrunde liegende Annahme von 5,3 Mill. Wohnungsumstellungen 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 mittleren Jahresnutzungsgrad im Bestand von 87,6 % im Jahr 2009 wurde der erwartete Mischnutzungsgrad von 89 % noch nicht ganz erreicht.

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). 2008 fiel die Zahl der Fertigstellungen auf 99 700. Gleichzeitig sank der Anteil gasbeheizter Neubauwohnungen, der bis 2004 auf 75,8 % stetig angestiegen war, bis 2008 auf 65,5 % (Tabelle 16.4). Nach Angaben des Plausibilitätsberichts lag dieser Anteil im Jahr 2009 bei 50,9 % (Schmitz 2010b: 4). Erdgas ist damit immer noch der wichtigste Energieträger für Neubauten, auch wenn Wärmepumpen an Bedeutung gewinnen konnten. Insgesamt gelang es, zwischen 1990 und 2009 5,2 Mill. Neubauwohnungen mit Gasheizgeräten auszustatten und auch hier die unterstellten 5 Mill. zu übertreffen.

Im Sektor Kleinverbrauch war die wichtigste Maßnahme zur CO₂-Reduktion die Energieträgersubstitution (27,9 %), gefolgt von der Förderung von BHKW (10,2 %) und der Modernisierung im Bestand (6,7 %). 85,2 % der durch Substitution der Energieträger erzielten Minderungen fanden in den Jahren 1990 bis 2000 statt. Nach 2004 wurden mit Ausnahme von 2006 mit etwa 440 000 t kaum zusätzliche Minderungen festgestellt. Die Modernisierung älterer Gasanlagen verläuft kontinuierlicher. Von 2000 bis 2007 lagen die zusätzlichen jährlichen Einsparungen bei gut 100 000 t, 2008 und 2009 stiegen sie jeweils auf rund 160 000 t an. Nach Angaben des Verbandes wurde eine stetige Verbesserung des Mischnutzungsgrades bis 2009 auf knapp 89 % erreicht und auch hier die avisierte Größe von 85 % übertroffen. Für den Bereich Kleinverbrauch insgesamt wurde vom Verband für die bis 2012 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 2008

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

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

Zwischen 1990 und 2009 haben die Haushalte durch die Nahwärmeversorgung mit BHKW ihren Ausstoß an CO₂ um 3,85 Mill. t vermindert, wobei etwa 78,5 % hiervon bereits bis 2000 eingespart wurden. 2008 und 2009 betrug die zusätzlichen Einsparungseffekte gegenüber den Vorjahren jeweils 73 000 t bzw. 72 000 t und waren damit deutlich niedriger als in den Jahren zuvor mit über 100 000 t. Insgesamt haben die Haushalte im Bereich der Nutzung von Blockheizkraftwerken im Jahr 2009 knapp 88 % des Zielwertes für 2012 von 6 Mrd. kWh erreicht. Im Sektor Kleinverbrauch lagen die Einsparungen 2009 bei 4,7 Mill. t. Im Gegensatz zu den Haushalten haben die Kleinverbraucher auch in den letzten Jahren den Ausbau der Nahwärmeversorgung aus BHKW deutlich gesteigert. 2009 lag die Zuwachsrate gegenüber dem Vorjahr bei 377 000 t. Damit war mit der Bereitstellung von 17 Mrd. kWh durch BHKW das avisierte Ziel von 14 Mrd. kWh deutlich übererfüllt.

Das Gasfach

(Schmitz 2010b: 5). Die Aussage zu den BHKW steht insofern unter gewissem Vorbehalt, da seit 2007 keine gesicherten Daten zu den Gasturbinenleistungen mehr vorliegen und sie nur fortgeschrieben wurden (Schmitz 2010a: 22).

Mit Hilfe des sukzessiven Ersatzes (Rehabilitation) alter Graugussleitungen durch neue PE-HD Kunststoffrohre mit sehr niedrigen spezifischen Methanleckagen von 49 m³/km konnten die Treibhausgasemissionen bis 2009 um 0,589 Mill. t CO₂-Äquivalente gegenüber 1990 gesenkt werden (Schaubild 16.1). Zum Vergleich: Die spezifischen Methanleckagen der alten Graugussleitungen betragen 1997 in den alten Bundesländern 1 166 m³/km bzw. 8 396 m³/km in den neuen Bundesländern. 2009 waren von den 13 867 km Erdgasleitungen 13 157 km bzw. knapp 95 % modernisiert. Das waren 250 km mehr als im Jahr zuvor. Es wird erwartet, dass die Umstellung vor 2012 abgeschlossen sein wird.

Tabelle 16.4
Anteile gasbeheizter Neubauwohnungen und Nichtwohngebäude

1995 bis 2008; in %

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

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

Für den Bereich Verkehr wurden im Plausibilitätsbericht für 2008 die CO₂-Minderungen mit 36 000 t und für 2009 mit 44 000 t angegeben. Die Berechnungen zur Emissionsminderung erfolgten auf Basis der kumulierten Neuzulassungen an erdgasbetriebenen Fahrzeugen, des unterschiedlichen Kraftstoffverbrauchs von Diesel-, Otto- und Erdgasmotoren sowie der unterschiedlichen Emissionskoeffizienten. Einbezogen wurden ebenfalls bivalente Personen- und Nutzkraftfahrzeuge, d.h. die Fahrzeuge, die sowohl mit Benzin als auch mit Erdgas betrieben werden können. Die Zahl der neu zugelassenen Fahrzeuge stieg von etwa 27 000 zu Beginn 2005 auf knapp 91 000 zu Beginn des Jahres 2010 an. Davon waren etwa 78 % PKW, der Rest NKW und Omnibusse (Schmitz 2010b: 7). Insgesamt blieben die Bestände deutlich hinter den Erwartungen zurück. Die Erreichung des für 2012 avisierten Ziels von 500 000 Fahrzeugen erscheint selbst unter Einbeziehung der bivalenten nicht mehr machbar.

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

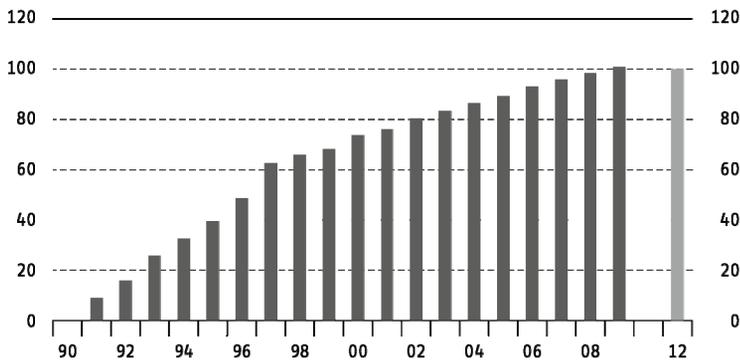
16.6 Zusammenfassung und Bewertung

Das deutsche Gasfach versucht, die CO₂-Emissionen mittels einer Vielzahl von Einzelmaßnahmen in unterschiedlichen Endenergieverbrauchssektoren zu reduzieren. Insgesamt wird für 2009 eine Reduzierung der relevanten CO₂-Emissionen um 45,5 Mill. t gegenüber 1990 nachgewiesen (Schaubild 16.2). Zu den betrachteten Maßnahmen kamen in den letzten Jahren der Einsatz von Erdgas im Verkehrssektor sowie der Austausch alter Graugussleitungen in der Erdgasversorgung gegen Kunststoffrohre hinzu. Der Beitrag des Verkehrssektors zu den Klimaschutzanstrengungen des Gasfachs liegt derzeit allerdings noch bei einem Anteil von 0,1 % und ist vernachlässigbar gering. Der Ersatz alter Graugussleitungen macht bislang lediglich etwa 1,3 % der CO₂-Minderungen des Gasfachs aus.

Die weitaus größten CO₂-Minderungserfolge wurden bei der Heizwärmeerzeugung privater Haushalte sowie der Heiz- und Prozesswärmeproduktion im Sektor Kleinverbraucher erzielt. Bezogen auf die zusätzlichen CO₂-Minderungen in den Jahren 2008 und 2009 spielten in erster Linie die Modernisierung des Heizungsbestandes der privaten Haushalte und der Ausbau der BHKW, hier vor allem bei den Kleinverbrauchern eine Rolle. Insgesamt konnte das für 2012 ausgegebene Ziel, die Treibhausgasemissionen um 45 Mill. t CO₂-Äquivalente gegenüber 1990 zu verringern, im Jahr 2009 mit 101 % leicht übertroffen werden.

Das Gasfach

Schaubild 16.2
Zielerreichungsgrade des Gasfachs
1990 bis 2009; in %



Eigene Berechnungen nach Angaben von Schmitz (2010b: 10).

Der größte Teil der der Verpflichtung zugrunde liegenden Maßnahmen konnte bereits realisiert werden; so hat sich die technische Effizienz des Anlagenbestandes deutlich verbessert. Die für 2012 angestrebte Erhöhung des Mischnutzungsgrades ist im Bereich Kleinverbrauch bereits deutlich übertroffen und im Haushaltssektor nahezu erreicht. 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.

Für die einzelnen Minderungsmaßnahmen enthält der Plausibilitätsbericht der TU Hamburg-Harburg Nachweise über die Entwicklung der einzelnen Bestimmungsgrößen (Schmitz 2010a und 2009b) wie:

- Absatzzahlen von Gasheizkesseln und Brennwertkesseln,
- Anzahl der mit Erdgas beheizten neuen Gebäude,
- durch KWK bereitgestellte Heizwärme von Gasturbinen und Gasmotoren,
- spezifische Methanemissionen der Erdgasleitungen in den alten und neuen Bundesländern und die kumulierte Länge der sanierten Erdgasleitungen in Deutschland sowie
- Neuzulassungen und Bestand von Erdgasfahrzeugen.

Der Einfluss der den Gasverbrauch mittelbar oder unmittelbar beeinflussenden Größen wird dadurch deutlich gemacht. Es wäre aber wünschenswert, die kausalen Zusammenhänge für jeden Einzelbereich des Gasfachs auch quantitativ nachvollziehbarer darzustellen.

Mit der Realisierung des für 2012 angestrebten Ziels der CO₂-Minderung ist gleichzeitig der größte Teil der zugrunde liegenden Annahmen erfüllt. Die größte Bedeutung für weitere Minderungen misst der Verband den Maßnahmen im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung sowie dem Einbau von Gas-Brennwertgeräten zu (Schmitz 2010a:22).

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 Brutoraffinerieerzeugung betragen 2009 jeweils 29,8 %, 21,1 % und 13,0 % (MWV 2010a).

Aufgrund der geringen inländischen Förderung müssen nach Angaben des Mineralölwirtschaftsverbandes etwa 97 % des Rohölbedarfs importiert werden. Dies entsprach 2009 Importen in Höhe von rund 98,1 Mill. t. An der Rolle des Importeurs wird sich auch in Zukunft nichts ändern, da Deutschland über Ölreserven von lediglich gut 30 Mill. t verfügt. Mit einer Raffineriekapazität von 117,6 Mill. t lag Deutschland 2009 weltweit an siebter Stelle (MWV 2010a).

17.1 Datenbasis

Die Basis für den vorliegenden Monitoringbericht bilden der achte Fortschrittsbericht zur Klimaschutzklärung der deutschen Mineralölindustrie für die Raffinerien – Fortschreibung 2009 - (MWV 2010b) und der neunte Fortschrittsbericht für den Wärmemarkt (MWV 2010c). Der sich auf die Raffinerien beziehende Fortschrittsbericht beruht auf unternehmensinternen Daten und Angaben der Mineralöl verarbeitenden Industrie. Daten zur Brutoraffinerieerzeugung, zum Rohöleinsatz und zum Mineralölverbrauch sind im Jahresbericht Mineralöl-Zahlen 2009 zu finden (MWV 2010a).

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 CO₂-Reduktion.

Bei der Berechnung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades wurden für die verschiedenen Baujahresklassen der Ölkessel realistische Durchschnittswerte für deren Nutzungsgrade angenommen: 63,1 % für Kessel bis 1978, 70,6 % bis 1982, 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 des Ersatzes alter Heizöl- und Kohleheizkessel durch neue Heizölkessel wurde ein bestimmter Bestand an Kohleheizkesseln mit einem Jahresnutzungsgrad von 44,3 % unterstellt.

Die Ermittlung der Höhe des für das Jahr 2012 zu erreichenden Ziels der Selbstverpflichtung basiert auf einer Prognose der Struktur des Heizungsanlagenbestandes. Hierbei wurden Annahmen darüber getroffen, in welchem Umfang moderne ölbeheizte Anlagen mit hohem Nutzungsgrad zum Bestand hinzukommen und alte Anlagen mit niedrigem Nutzungsgrad allmählich aus dem Bestand ausscheiden.

Da die Minderung der CO₂-Emissionen selbst im Wärmemarkt nicht Ziel der Selbstverpflichtung ist, werden diese nur nachrichtlich ausgewiesen. Bei der Ermittlung der Emissionen des Jahres 1990 wird der entsprechende Verbrauch an leichtem Heizöl zugrundegelegt. Hinzukommen die Emissionen aus den für dieses Jahr angenommenen 640 000 Kohleheizungen, die in den Jahren danach entsprechend der Prognose des Heizungsanlagenbestandes durch Ölkessel ersetzt wurden.

Die Grundlage für die Klimaschutzklärung des Mineralölwirtschaftsverbandes für die Raffinerien bildet eine Studie über die Minderungspotenziale bei Treibhausgasemissionen in deutschen Raffinerien, die von der 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 (CO₂), da die in Raffinerien vorkommenden sonstigen Treibhausgase sich als mengenmäßig unbedeutend erweisen (MWV 2004: 1).

Zur Ermittlung der CO₂-Emissionen im Raffineriebereich werden jährliche Einzelerhebungen unter den Raffinerien durchgeführt, um insbesondere deren Nettofremdstrombezug und die Dichte des als Brennstoff eingesetzten Raffineriegases abzufragen. Diese kann von Raffinerie zu Raffinerie erheblich schwanken. Da der MWV die Menge an eingesetztem Raffineriegas nur in Tonnen erhebt, wird die Dichte benötigt, um diese Mengenangaben in Kubikmeter umzurechnen. Auf dieser Basis können dann die mit dem Raffineriegaseinsatz verbundenen CO₂-Emissionen berechnet werden. Der Verbrauch der Raffinerien an Energieträgern wie Petrolkoks, schwerem und leichtem Heizöl, Flüssiggas und Raffineriegas wird aus den dem MWV gemeldeten Daten ermittelt. Aus dem Gesamtbrennstoffeinsatz, welcher sich aus dem Verbrauch dieser Energieträger und dem Nettofremdstrombezug zusammensetzt, werden die Emissionen mit den für das Monitoring vereinbarten CO₂-

Die Mineralölwirtschaft

Emissionsfaktoren errechnet und auf die Bruttorefinerierzeugung (inkl. Eigenverbrauch) bezogen. Für den Nettofremdstrombezug wird allerdings ein von dem für das Monitoring vereinbarten CO₂-Emissionsfaktor abweichender Wert von 0,55 anstatt 0,67 t CO₂/MWh angenommen. Das bedeutet bei einem Anteil von gut 10 % Nettofremdstrombezug am gesamten Energiemix knapp 2 % niedrigere absolute und spezifische Emissionen als beim höheren CO₂-Faktor. Dieser geringe Unterschied ist jedoch unerheblich für die Minderungsusage im Raffineriebereich.

17.2 Energieverbrauch, Produktion, Umsatz und Beschäftigung

Im Bereich der Mineralölverarbeitung waren 2009 nach Angaben des Statistischen Bundesamtes rund 19 200 Personen beschäftigt, und es wurde ein Umsatz von 60,4 Mrd. € erzielt. Dabei wurden in den deutschen Raffinerien knapp 100,9 Mill. t Rohöl und 12,3 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 2009 wieder auf 113,2 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 stieg der Inlandsabsatz an Mineralölprodukten nach Angaben des MWV von 1990 bis 1998 nur um 7,7 % auf 132,3 Mill. t und sank bis 2006 um 10,3 % auf 118,7 Mill. t. Nach einem drastischen Einbruch 2007 auf 108,1 Mill. t, lag der Inlandsabsatz im Jahr 2008 wieder auf einem Niveau von 114 Mill. t, fiel jedoch 2009 bereits erneut im Rahmen der Wirtschaftskrise auf 109,6 Mill. t zurück. Während bis 2007 die inländischen Absatzverluste durch einen Anstieg bei den Exporten kompensiert werden konnten, sanken 2008 und 2009 auch diese mit 9,3 % und 12,3% drastisch.

Insgesamt war in dieser Branche zwischen 1995 und 2001 ein jahresdurchschnittlicher Umsatzanstieg von gut 6 % auf 79,5 Mrd. € zu verzeichnen. Bis 2007 blieb der Umsatz in etwa auf diesem Niveau mit Ausnahme eines vorübergehenden Anstiegs auf 88 Mrd. € im Jahr 2005 (Schaubild 17.1). 2008 stieg der Umsatz aufgrund des Preisanstiegs und des erhöhten Absatzes erneut um 13,6 % auf 88,8 Mrd. €. 2009 sank er jedoch wieder – parallel zum Absatz – auf 60,3 Mrd. €. Die Zahl der Beschäftigten verringerte sich zwischen 1995 und 2009 um 17,2 % auf ca. 19 200.

Tabelle 17.1
Entwicklung des Einsatzes an Rohöl und Mineralölprodukten der deutschen Raffinerien

1990 bis 2009, 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 |
| 2009 | 97,3 | 100,9 | 12,3 | 113,2 |

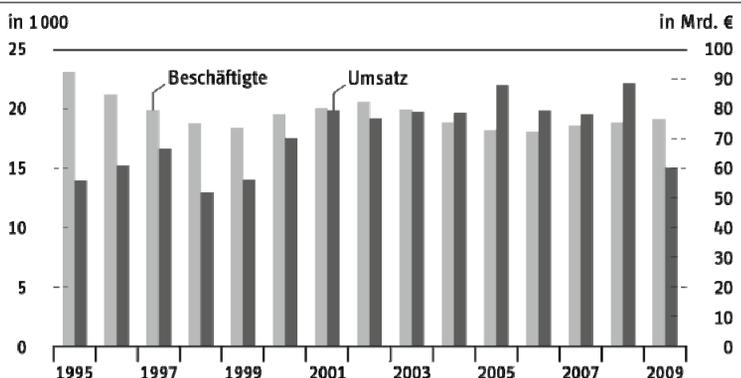
Nach Angaben des MWV (2010a).

Die Mineralölwirtschaft

Schaubild 17.1

Beschäftigte und Umsatz in der Mineralölwirtschaft

1995 bis 2009



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

Der Anteil des leichten Heizöls am Endenergieverbrauch lag 2008 bei 10,6 %. Damit stieg der Verbrauch nach dem tiefen Einbruch 2007 auf 23,1 Mill. t SKE wieder an auf 32,9 Mill. t SKE (Tabelle 17.2). Gegenüber 1996, dem Jahr mit dem höchsten Absatz seit 1990, bedeutet dies immer noch einen Rückgang um 21,2 Mill. t SKE, bzw. einen um 5,8 Prozentpunkte geringeren Anteil am Endenergieverbrauch.

Tabelle 17.2

Verbrauch an leichtem Heizöl und Anteil am Endenergieverbrauch in Deutschland

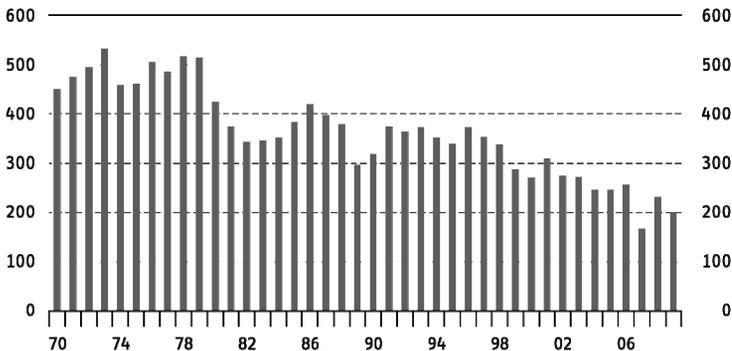
1990 bis 2008; in Mill. t SKE und %

| | 1990 | 1995 | 1996 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008* |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Leichtes Heizöl, Mill. t SKE | 42,8 | 49,0 | 54,1 | 39,2 | 35,0 | 36,7 | 23,1 | 32,9 |
| Anteil, % | 13,2 | 15,4 | 16,4 | 12,4 | 11,1 | 11,6 | 7,7 | 10,6 |

Nach Angaben der AGEB (Stand September 2009). * Vorläufige Angaben. Angaben für 2009 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich.

Der Verbrauch an leichtem Heizöl ist in Deutschland bereits seit 1980 rückläufig (MWV 2007: 51). Mit 31,8 Mill. t sank er im Jahr 1990 wieder deutlich unter den Wert von 1970. Damals betrug der Heizölabsatz 44,0 Mill. t und stieg bis Ende der siebziger Jahre trotz Ölpreiskrisen deutlich an: 1978 und 1979 waren die Jahre mit dem höchsten Heizölabsatz von jeweils rund 50,5 Mill. t.

Schaubild 17.2
Pro-Kopf-Absatz an leichtem Heizöl
 1970 bis 2009; in Liter je Einwohner



Eigene Berechnungen nach Angaben des MWV und des Statistischen Bundesamtes. Einwohnerdaten 2009 vorläufig, Stand 31.12.09.

Der spezifische Heizölverbrauch pro Kopf weist seit Beginn der achtziger Jahre ebenfalls eine fallende Tendenz auf (Schaubild 17.2). 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 2009 schließlich einen Wert von 201 Litern nach einem vorübergehenden Rückgang auf 168 Liter im Jahr 2007 und erneutem Anstieg auf 233 im Jahr 2008.

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 Ölheizung (IWO) getragen wird; zum anderen die die Raffinerien betreffende Erklärung zur Minderung der Treibhausgasemissionen, die allein durch den MWV ausgesprochen wurde (Übersicht 17.1). Der MWV deckt über 90 % der Unternehmen der mineralölverarbeitenden Industrie ab.

Ziel der Selbstverpflichtung der im September 2001 abgegebenen zweiten Klimashutzklärung 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

Die Mineralölwirtschaft

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">1. Steigerung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades der Ölheizungsanlagen im Raumwärmemarkt bis 2012 um 27 bis 30 % gegenüber 1990.2. Reduzierung der spezifischen CO₂-Emissionen der Raffinerien bis 2012 um 10 % gegenüber 1990. |
|-------|--|

Basisjahr 1990

Nach Angaben des MWV (2001a und 2001b).

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 Treib-

hausgasemissionen im gleichen Zeitraum konstant gehalten werden können, während der Raffinerieeinsatz um 13 % zunimmt. Da es sich bei den Treibhausgasen nach Angaben des Verbandes fast ausschließlich um CO₂-Emissionen handelt, beschränkt er Datenermittlung und Berichterstattung auf diese (MWV 2004: 1).

In diese Zielsetzungen sind sowohl künftige Energiesparmaßnahmen der Raffinerien als auch die Auswirkungen der konkreten gesetzlichen Vorhaben bis 2012 bezüglich Produktqualitäten und Umweltschutz - z.B. bezüglich des Schwefelgehalts von Kraftstoffen - eingeflossen.

17.4 Bis 2009 erreichte Verbesserungen des Jahresnutzungsgrades für Ölheizungen und CO₂-Minderungen

2009 lag der durchschnittliche Jahresnutzungsgrad von Ölheizungen im Raumwärmemarkt bei 87,2 % (Tabelle 17.3). Gemessen an der für 2012 avisierten Steigerungsrate von 27 bis 30 % lag der Zielerreichungsgrad 2009 damit bezogen auf den unteren Wert der angestrebten Spannbreite bei 102 %. In den letzten Jahren ist dabei ein stetiger Anstieg des Nutzungsgrades um durchschnittlich jährlich 0,6 Prozentpunkte festzustellen.

Tabelle 17.3
Fortschritte der Mineralölwirtschaft bei der Selbstverpflichtung für den Wärmemarkt

1990 bis 2009; Ziel 2012: Verbesserung des Jahresnutzungsgrades um 27 %

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009* |
|--------------------------------------|-------|------|------|------|------|-------|
| Nutzungsgrad in % | 68,3 | 74,7 | 80,3 | 84,8 | 86,4 | 87,2 |
| Verbesserung in % | - | 9,4 | 17,6 | 24,2 | 26,5 | 27,7 |
| Zielerreichungsgrad in % | - | 35 | 65 | 89 | 98 | 102 |
| CO ₂ -Emissionen, Mill. t | 104,5 | 95,5 | 88,9 | 84,2 | 82,6 | 81,8 |
| Emissionsminderung in % | - | 8,6 | 14,9 | 19,4 | 21,0 | 21,7 |

Nach Angaben des MWV (2010c). *: vorläufig.

Durch die Verbesserung des jahresdurchschnittlichen Nutzungsgrades ergab sich für 2009 ein Rückgang der hier nur nachrichtlich ausgewiesenen CO₂-Emissionen von 22,7 Mill. t bzw. um 21,7 % gegenüber dem Basisjahr 1990. Die absolute Reduktion der CO₂-Emissionen geht aufgrund weiterer Effizienzmaßnahmen (z. B. Dämmung) deutlich darüber hinaus.

Die Mineralölwirtschaft

Ziel der Klimaschutzverpflichtung der Mineralölindustrie für die Raffinerien ist die Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen je Tonne Bruttoreffinerieerzeugung bis 2012 um 10 % gegenüber 1990. Dies bedeutet konkret eine Minderung von 215 kg CO₂/t auf 194 kg CO₂/t. Ausgesprochen wurde die Selbstverpflichtung vor dem Hintergrund eines erwarteten Anstiegs des Raffinerieeinsatzes zwischen 1990 und 2012 um 13 % bei Konstanz der absoluten Emissionen.

Die Mineralölindustrie hat ihre Verpflichtung seit dem Jahr 2000 deutlich übererfüllt: Bezogen auf 1990 waren die spezifischen CO₂-Emissionen 2009 um 20,9 % geringer. In diesem Jahr konnte ein Zielerreichungsgrad von 209 % erreicht werden (Tabelle 17.4). Damit lag dieser seit 2001 mit Ausnahme des Jahres 2003 immer bei 200 % bzw. noch darüber.

Tabelle 17.4
Fortschritte bei der Selbstverpflichtung der deutschen Mineralölwirtschaft für die Raffinerien

1990 bis 2009; Ziel bis 2012: Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen um 10 % auf 194 kg CO₂/t Bruttoreffinerieerzeugung

| Jahr | Emissionen, Mill. t CO ₂ | Bruttoreffinerie- erzeugung, Mill. t | Spezifische Emissionen, kg CO ₂ /t | Zielerreichungsgrad |
|------|--|--|---|---------------------|
| 1990 | 22,8 | 106,0 | 215 | - |
| 2000 | 20,6 | 116,0 | 178 | 172 % |
| 2001 | 19,6 | 114,3 | 172 | 200 % |
| 2002 | 19,2 | 114,1 | 168 | 219 % |
| 2003 | 20,3 | 116,2 | 175 | 186 % |
| 2004 | 20,2 | 120,3 | 168 | 219 % |
| 2005 | 21,3 | 123,6 | 172 | 200 % |
| 2006 | 20,5 | 122,1 | 168 | 219 % |
| 2007 | 20,1 | 120,4 | 167 | 223 % |
| 2008 | 20,0 | 118,2 | 169 | 214 % |
| 2009 | 18,8 | 110,9 | 170 | 209 % |

Nach Angaben des MWV (2010b).

Seit 2001 haben sich die spezifischen Emissionen trendmäßig kaum noch verändert, wobei die Werte jedoch leichten Schwankungen unterworfen waren. Für 2009 bedeutet das bei einem in diesem Jahr eher mittleren Niveau der spezifischen Emissionen einen Rückgang der absoluten CO₂-Emissionen gegenüber 2001 um 800 000 t CO₂ bzw. um 4,1 %, bei gleichzeitigem Rückgang der Brutto-raffinerieerzeugung um 3 %.

Die absoluten CO₂-Emissionen betragen 2009 rund 18,8 Mill. t. Dies entspricht einer Emissionsminderung von 4 Mill. t bzw. 17,5 % gegenüber 1990. Der Raffinerie-einsatz nahm dabei in diesen Jahren um 5,5 % zu. Eine Bewertung dieser Zahlen muss berücksichtigen, dass das Jahr 2009 infolge der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung ein besonders absatzschwaches Jahr war.

17.5 Ursachenanalyse

Für den Bedarf an Heizöl spielt die Entwicklung des Marktanteils des Heizöls bei den Gebäudefertigstellungen eine wichtige Rolle. Bei einer rückläufigen Zahl an Neubauten ging gleichzeitig der Anteil an ölbeheizten Wohngebäuden und den darin befindlichen Wohnungen zurück (Tabelle 17.5). Die Zahl der neu gebauten ölbeheizten Wohnungen sank zwischen 1995 und 2007 von knapp 112 000 über 27 800 in 2004 auf etwa 4 700 im Jahr 2009. Seit 1999 sank der Anteil dieser Wohnungen an den neu erstellten Wohnungen insgesamt von 16,4 % über 11,2 % in 2004 auf 3,4 % im Berichtsjahr.

Die Verbesserung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades hat sich in den letzten Jahren – auch aufgrund des inzwischen erreichten Niveaus – deutlich verlangsamt. Während der Anstieg zwischen 1995 bis 2001 jahresdurchschnittlich noch bei knapp 1,5 % lag, sank diese Zuwachsrate von 2002 bis 2005 auf etwa 1 %. Bis 2008 fiel die Veränderung gegenüber dem Vorjahr auf 0,5 %. 2009 lag sie erneut bei knapp 1 %.

Aufgrund des starken Rückgangs der Zahl neu gebauter Wohnungen mit Ölheizung sind diese Verbesserungen im Wesentlichen auf Modernisierungen im Altbestand zurückzuführen. Dazu beigetragen hat auch, dass in den letzten Jahren eine deutliche Ausweitung des Anteils der Öl-Brennwertkessel gegenüber den Öl-Niedertemperaturkesseln von 14,5 % in 2005 auf 62,1 % in 2009 erfolgte (MWV 2010c: 1). Gleichzeitig stieg der Absatz an Öl-Heizgeräten insgesamt nach dem deutlichen Rückgang zwischen 2005 und 2007 von 185 000 auf 101 000 Geräte 2008 wieder auf 105 000 und 2009 auf 116 000 Geräte an. In den letzten Jahren hatten sich nach Ansicht des Verbandes eine Vielzahl Besitzer veralteter Heizungen bei der Modernisierung zurückgehalten. Den Grund sieht er in ihrer Unsicherheit darüber, welches Heizungssystem zukünftig die beste Alternative bietet, angesichts

Die Mineralölwirtschaft

von Energiepreissteigerungen, 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). Der leichte Anstieg der Absatzzahlen deutet dennoch nicht auf ein Nachlassen dieser Zurückhaltung der Verbraucher hin.

Tabelle 17.5
Anteil ölbeheizter Wohnungen bei neu fertig gestellten Wohngebäuden
1995 bis 2009; in %

| | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|-------------------|------|------|------|------|------|
| Einfamilienhaus | 31,7 | 18,8 | 11,3 | 5,5 | 3,9 |
| Zweifamilienhaus | 38,5 | 28,7 | 18,5 | 9,9 | 7,3 |
| Mehrfamilienhaus* | 14,8 | 7,8 | 5,1 | 2,5 | 1,7 |
| Insgesamt | 22,6 | 16,1 | 10,4 | 4,9 | 3,4 |

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 5, Reihe 1 (versch. Jahrgänge). Angaben für 2009 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich. - * einschließlich Wohnheime.

Zur Minderung der CO₂-Emissionen von Raffinerien hat nach Angaben der Mineralölwirtschaft neben allgemeinen Steigerungen der Energieeffizienz insbesondere die Modernisierung der beiden ostdeutschen Raffinerien in den neunziger Jahren beigetragen. Dabei wurde kohlenstoffreiche Braunkohle durch kohlenstoffärmeres Heizöl und Raffineriegas substituiert. Insgesamt sanken die spezifischen CO₂-Emissionen von 1990 bis 2000 um 17,2 %. Zwischen 2000 und 2009 demgegenüber verbesserte sich die Energieeffizienz kaum. So sank der spezifische Energieverbrauch nur um gut 4,2 %. Darüber hinaus fanden nur geringfügige Änderungen im Brennstoffmix statt. Die spezifischen CO₂-Emissionen sanken in diesem Zeitraum mit 4,5 % etwa in gleichem Maße.

In der relativ geringen Minderung des spezifischen Energieverbrauchs seit der Jahrhundertwende spiegelt sich nach Angaben des Verbands wider, dass seit Ende der neunziger Jahre die Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz durch Anforderungen an Produktqualitäten immer mehr aufgewogen wurden (MWV 2004: 4). So ist die ausschließliche Herstellung von schwefelarmen Kraftstoffen (ab 2000 mit 50 ppm, seit 2003 mit nur noch 10 ppm) mit einem höheren Energieeinsatz in den Raffinerien verbunden. Auch die Veränderung des Produktmixes hin zu mehr Diesel und weniger Benzin bewirkt nach Angaben des Verbandes einen erhöhten Energieeinsatz, insbesondere durch den erhöhten Wasserstoffbedarf, dessen Herstellung mit starken CO₂-Emissionen verbunden ist. Die in 2004 gestartete Beimischung von Biokomponenten hat diese Effekte gemildert.

Ebenso dürfte die derzeit stattfindende Ausweitung des Angebots an schwefelarmen leichtem Heizöl zur Förderung der Öl-Brennwerttechnik im Raumwärmemarkt einen Anstieg von Energieeinsatz und Emissionen in den Raffinerien zur Folge haben (MWV 2007: 4f). Dieser Trend setzt sich nach Angaben des Verbandes auch weiterhin durch Veränderungen im Bereich der Treibstoffe für seegehende Schiffe fort, wo ebenfalls entsprechende Entschwefelung durchgeführt und die schweren Heizöle durch Diesel ersetzt werden sollen.

Andererseits wird das Anfang 2007 in Kraft getretene Biokraftstoffquotengesetz (BioKraftQuG) nach Aussagen des Verbandes zu einer zunehmenden Beimischung von Biokomponenten zu den Mineralölprodukten führen. Solange dies in Form des sogenannten Blending passiert und nicht durch Direktverarbeitung in den Prozessanlagen der Raffinerien geschieht, dürfte dies zu einer Senkung des spezifischen Energieverbrauchs und damit der spezifischen Emissionen beitragen.

Insgesamt ist die Entwicklung in den letzten Jahren mit nahezu konstant bleibenden spezifischen Emissionen deutlich positiver verlaufen als ursprünglich erwartet wurde. Bei der Abgabe der Selbstverpflichtung ging die Branche davon aus, dass es in dieser Dekade aufgrund der umweltschutzbedingten Anforderungen zu einem Anstieg der spezifischen Emissionen kommen würde. Durch vielfältige Maßnahmen in den Anlagen, die die Energieeffizienz steigerten, konnte dies aber vermieden werden.

17.6 Ausgewählte Maßnahmen

Nach Angaben des neunten Berichts der Mineralölwirtschaft konzentrierten sich auch im Jahr 2009 die Maßnahmen des IWO zur Umsetzung der Klimaschutzzerklärung im Wärmemarkt auf den Ausbau und die Verfeinerung derjenigen Aktivitäten, die im fünften Monitoringbericht unter dem Begriff „Modernisierungsoffensive“ gebündelt wurden (MWV 2009c: 2ff und MWV 2010c: 2ff):

- Seit 2007 wurden Vereinbarungen mit der Bundesregierung sowie verschiedenen Landesregierungen über Maßnahmen für die forcierte Markteinführung von schwefelarmem Heizöl als Voraussetzung für die Einführung von Öl-Brennwertgeräten getroffen. Dies wurde möglich, nachdem 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. 2009 stieg die Zahl der Lieferanten auf 1 200. Der Anteil des schwefelarmen leichten Heizöls am gesamten leichten Heizöl lag 2009 nach Angaben des Verbandes im Jahresdurchschnitt bei 28 % und erreichte zum Jahresende 40 %.

Die Mineralölwirtschaft

- in Rheinland-Pfalz aktive Umsetzung der Initiatives des Landes zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung mit gemeinsamer Öffentlichkeitsarbeit und einem Förderprogramm des regionalen Mineralölhandels und des IWO.
- Erweiterung des Kooperationsvertrages mit dem Zentralverband Sanitär, Heizung, Klima (ZVSHK) zur Förderung des Heizungschecks als Maßnahme zur Steigerung der Energieeffizienz im Ölheizungsbestand.
- Abschluss eines Kooperationsvertrages mit dem Zentralinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks zur Durchführung einer Initialberatung bei Besitzern alter Ölheizungen und Förderung des Heizungschecks als Maßnahme zur Steigerung der Energieeffizienz im Ölheizungsbestand.
- Fortführung der Zusammenarbeit mit dem Deutschen Energieberaternetzwerk (DEN e.V.) zur Beratung von Hauseigentümern bei der energetischen Gebäudesanierung sowie zur Information der Energieberater über den aktuellen Wissensstand zur Ölheizungstechnik und zu Heizöl.
- Start der Technologie-Initiative der deutschen Mineralölwirtschaft, in Kooperation mit führenden Heizgeräteherstellern neue hocheffiziente Anwendungstechniken für flüssige Brennstoffe zu entwickeln. Zu den aktuellen Projekten zählen dabei die Entwicklung einer Öl-Wärmepumpe sowie einer stromerzeugenden Heizung auf Basis der Öl-Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung.
- 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.
- Überarbeitung des regionalen Marketingprogramms zu einem Prämiensystem für das SHK-Handwerk 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 sowie die zusätzliche Einbindung eines wasserführenden Kaminofens in das Heizsystem.
- Aufbau einer Kooperation mit der Deutschen Energie-Agentur (dena) im Bereich „Energieeffizienz in Gebäuden“ sowie Einstieg in die Zusammenarbeit mit weiteren regionalen Energieinitiativen.

- Relaunch und Fortführung der „Aktion Energie-Gewinner“: Förderung und Dokumentation von umfassenden energetischen Gebäudesanierungen in öl-beheizten Ein- und Zweifamilienhäusern, um Einsparpotenziale zu demonstrieren und als Musterbeispiele zu kommunizieren.
- Sicherung der 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.

Als unterstützende Maßnahmen zur Umsetzung der Klimaschutzklärung im Wärmemarkt werden generell Beratungsoffensiven bei Akteuren der Anbieterseite und Verbrauchern über Möglichkeiten moderner Heizungstechnologien gesehen. Im Mittelpunkt dieser Informationsoffensiven stand neben der Konsolidierung und Weiterentwicklung der Partnerschaft und Zusammenarbeit zwischen Heizungshandwerk und Mineralölhandel und dem weiteren Ausbau der regionalen Schulungsangebote die Durchführung von Vortragsveranstaltungen und Teilnahme an Messen sowie Betreuung eines bundesweiten Netzwerks von ca. 180 regionalen Marketinggemeinschaften. Hinzu kommt der Ausbau der kontinuierlichen Pressearbeit zu Fragen des Energie sparenden Heizens bei medien- sowie zielgruppenrelevanten Fach- und Publikumszeitschriften. Der neunte Fortschrittsbericht der Mineralölwirtschaft führt hier detaillierte Zahlenangaben auf (MWV 2010: 4ff).

Spezielle Beispiele zur Verringerung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen durch Umbauten und technologische Änderungen in deutschen Raffinerien hat der Verband für die Jahre 2004 bis 2008 angegeben (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. Insgesamt haben

Die Mineralölwirtschaft

nach Angaben des Verbandes vor allem viele kleine Einzelmaßnahmen und weniger Großprojekte zur Verbesserung der Energieeffizienz und damit zur Senkung der Emissionen geführt.

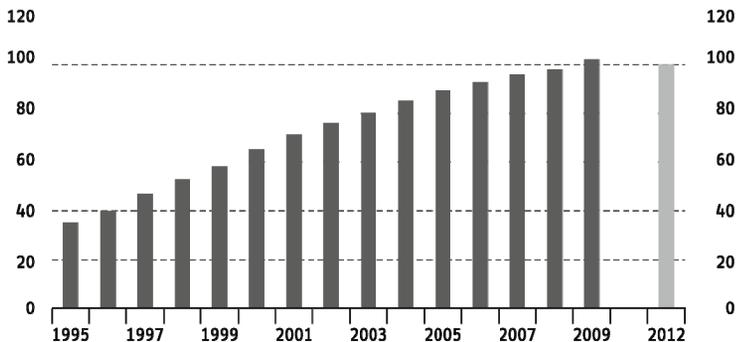
17.7 Zusammenfassung und Bewertung

Im Jahr 2001 hat die deutsche Mineralölwirtschaft die Bezugsgröße ihrer Selbstverpflichtungserklärung für den Raumwärmemarkt gewechselt. Während die frühere Verpflichtung auf die Reduzierung des spezifischen Heizölverbrauchs abzielte, wobei die Wohn- und Nutzfläche die Bezugsgröße bildete, wurde in der neuen Erklärung die Steigerung des Jahresnutzungsgrades von Ölheizungen im Raumwärmemarkt gewählt. Der Abhängigkeit der früheren Verpflichtung der Mineralölwirtschaft von der von ihr nicht beeinflussbaren Entwicklung der Wohnungsgrößen und weiterer Maßnahmen zur Energieeinsparung wie Gebäudeisolierung konnte man sich dadurch entledigen. Eine Abschätzung des Einflusses der ölbefeuerten KWK-Anlagen auf die Erfüllung der Klimaschutzklärung erwies sich aufgrund fehlender Daten als nicht möglich.

Schaubild 17.3

Zielerreichungsgrade im Wärmemarkt für das Mindestziel 2012

1995 bis 2009; Steigerung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades der Ölheizungsanlagen um 27 %; in %



Eigene Berechnungen.

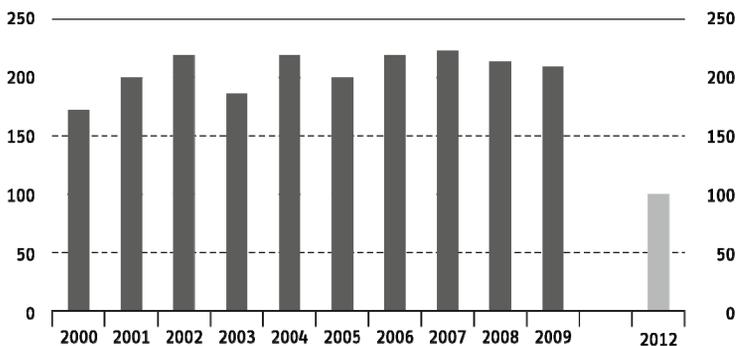
2009 wurde ein durchschnittlicher Jahresnutzungsgrad von 87,2 % und damit eine Verbesserung gegenüber 1990 um 27,7 % erzielt. Gemessen an der für 2012 angestrebten Steigerungsrate von 27 bis 30 % auf einen Nutzungsgrad von 86 bis 88 % bedeutet das für 2009 bereits einen Zielerreichungsgrad von 102 % bezogen auf das Mindestziel (Schaubild 17.3).

Allein durch die Verbesserung des Jahresdurchschnittlichen Nutzungsgrades ergab sich für 2009 ein Rückgang der CO₂-Emissionen von 22,7 Mill. t bzw. um 21,7 % gegenüber dem Basisjahr 1990. Die absolute Reduktion der CO₂-Emissionen geht aufgrund weiterer Effizienzmaßnahmen (z. B. Dämmung) deutlich darüber hinaus.

Schaubild 17.4

Zielerreichungsgrade der Raffinerien für das Minderungsziel 2012

2000 bis 2009; Reduzierung der spezifischen CO₂-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 CO₂ je t Bruttorefinerierzeugung auf 194 kg CO₂ zu verringern. Diese Verpflichtung wurde abgegeben auf Basis der im Rahmen der DGMK erarbeiteten Zusammenstellung zu den CO₂-Minderungspotentialen von Treibhausgasen in deutschen Raffinerien, in die Annahmen zu den erwarteten Energieeinsparmaßnahmen sowie zu den Auswirkungen der bis 2012 erwarteten konkreten gesetzlichen Vorhaben bezüglich Umweltschutz und Produktqualitäten eingeflossen sind.

Tatsächlich lagen die spezifischen CO₂-Emissionen der Raffinerien im Jahr 2009 nur noch bei 170 kg CO₂ je Tonne Bruttorefinerierzeugung. Die für 2012 avisierte Zielmarke war im Jahr 2009 mit 209 % bereits weit übertroffen. Der Zielerreichungsgrad liegt seit 2001 mit wenigen Ausnahmen deutlich über 200 % (Schaubild 17.4). Die absoluten CO₂-Emissionen betragen 2009 rund 18,8 Mill. t. Dies entspricht einer Emissionsminderung von 4 Mill. t bzw. 17,5 % gegenüber 1990. Damit zeigt sich, dass die Raffinerien den durch Umweltschutz und geänderte Produktqua-

Die Mineralölwirtschaft

litäten erforderlichen höheren Energiebedarf durch Verbesserungen der Energieeffizienz an anderer Stelle kompensieren konnten und damit den ursprünglich für diese Dekade erwarteten Anstieg der spezifischen Emissionen vermeiden konnten.

Beispielhaft für die zukünftig erwartete weitere Erhöhung des Energiebedarfs aufgrund von gesetzlichen Anforderungen an die Raffinerieproduktion und die Produktqualitäten führte der Verband umweltschutzbedingte Investitionen in Nachbehandlungsanlagen, die 2007 einsetzende Entschwefelung des leichten Heizöls sowie weitere Anforderungen an die Spezifikationen der Kraftstoffe an (MWV 2007: 4f). Wie sich das zukünftig auf den spezifischen Energieverbrauch insgesamt und damit auf die spezifischen CO₂-Emissionen auswirkt, bleibt abzuwarten.

18. Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft

Die industrielle Kraftwerkswirtschaft wird vertreten durch den VIK, den Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. Dieser arbeitet sektorenübergreifend und nimmt daher unter den am CO₂-Monitoring beteiligten Industrieverbänden eine Sonderstellung ein. Eine wesentliche Aufgabe sieht der VIK in der Beratung und Vertretung seiner ca. 350 Mitglieder in Fragen der effizienten 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 2008 in Deutschland rund 11,3 Gigawatt (GW) an industrieller Kraftwerksleistung zur Stromerzeugung installiert. Dies sind rund 9,6 % 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 2008 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 2009 sind erst ab Mitte September 2010 verfügbar.

Dieser Monitoringbericht beinhaltet daher nur Ausführungen für die Jahre bis 2008. Anders als im Monitoringbericht 2008 nimmt der VIK für 2009 keine vorläufigen Schätzungen für die KWK-Strom- und -Wärmeerzeugung sowie den durchschnittlichen Nutzungsgrad der eingesetzten Energieträger (bzw. Wirkungsgrad) bei

Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft

der Erzeugung vor. Ein Vergleich der Schätzungen mit den veröffentlichten Ergebnissen des Statistischen Bundesamtes für 2008 wies bereits deutliche Abweichungen auf. Eine Schätzung für 2009 dürfte nicht zuletzt aufgrund des tiefen Wirtschaftseinbruchs kaum Aussagekraft besitzen.

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 2008 rund 49,4 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 45,5 Mrd. kWh. Rund 56,4 % dieser Menge, d.h. 25,7 Mrd. kWh wurden über KWK-Anlagen erzeugt. Neben Strom wird auch Wärme in den industriellen Kraftwerken produziert. 2008 wurden insgesamt 89,4 Mrd. kWh Wärme erzeugt, davon etwa 79,5 Mrd. kWh durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) (StaBuA/FS4/R6.4; Tabelle 18.3)). Die industrielle Bruttostromerzeugung ist zwischen 1995 und 2008 deutlich um rund 17 Mrd. kWh bzw. 25,6 % gesunken (VIK 2005b: 92, 2007a: 125; StaBuA/FS4/R6.4). Der größte Rückgang war bei Kohlekraftwerken zu verzeichnen. Zwischen 1995 und 2008 sank die Stromerzeugung aus Steinkohle um etwa 14,6 Mrd. kWh. Die Braunkohleverstromung nahm um rund 5,6 Mrd. kWh ab. Demzufolge sanken die Anteile von Stein- und Braunkohle in diesen Jahren um 17 Prozentpunkte auf 19,6 % bzw. um 6,9 Prozentpunkte auf 5,8 %. Steinkohle bleibt dennoch der wichtigste Primärenergieträger neben Erdgas, das seinen Anteil um 10,7 Prozentpunkte auf 35,9 % steigern konnte. Vor allem aber nahmen die sonstigen Energieträger wie u.a. Biomasse, Müll und weitere regenerative Energieträger an Bedeutung zu. Ihr Anteil an der industriellen Bruttostromerzeugung betrug 2007 fast 20 % im Vergleich zu knapp 6 % im Jahr 1995.

Die auf KWK-Basis erzeugte absolute Strommenge stieg zwischen 2002 und 2005 um 2,6 Mrd. kWh bzw. um 11,8 % auf 25,6 Mrd. kWh. Danach blieb sie bis 2008 mit Schwankungen zwischen 25,6 Mrd. kWh und 25,8 Mrd. kWh in etwa konstant. Für 2008 wird sie mit 25,7 Mrd. kWh angegeben. Im gesamten durch StaBuA-Daten

erfassten Zeitraum, d.h. von 2002 bis 2008 hat sie damit nur um 11,7 % zugenommen. Ihr Anteil an der gesamten industriellen Stromerzeugung stieg von 53,5 % in 2002 auf über 55 % in 2005 und 2006. Nach einem Rückgang auf 53,1 % im Jahr 2007 lag der Anteil 2008 bei 56,6 %.

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 Klimaschutzzerklärung der deutschen Industrie vornehmlich in einer Katalysatorfunktion für den rationellen und ressourcenschonenden Energieeinsatz seiner Verbandsmitglieder. Als wesentliche Aufgabe betrachtet er es hierbei, innovative technologische Ansätze in Hinblick auf ihre Anwendungsfähigkeit in unterschiedlichen Branchen zu analysieren und Hinweise für die Praxis zu geben (VIK 2005c:2).

18.4 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung bei KWK-Anlagen

Nach Angaben des VIK war es in den vergangenen Jahren vorrangiges Ziel des Verbandes, die Mitgliedsunternehmen anzuhalten, die KWK-Anlagen trotz des engen Förderspielraums durch das KWK-Gesetz beizubehalten und zu modernisieren (VIK 2005c: 3f). Es gelang seiner Aussage nach, die Anzahl der Stilllegungen deutlich zu reduzieren. In Einzelfällen konnten neue klimaschutzförderliche KWK-Projekte realisiert werden (VIK 2005c: 5). Begleitend dazu wurde im Rahmen der Verbandsarbeit intensiv auf den Gesetzgeber eingewirkt, die Rahmenbedingungen für die industriellen KWK-Aktivitäten zu verbessern. Dies ist jedoch nach Aussage des VIK erst mit der Novellierung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes im Jahr 2008 gelungen.

Darüber hinaus ist der VIK auf den verschiedensten Ebenen für den Ausbau von KWK-Anlagen unterstützend tätig. So hat der Verband etwa durch einen speziellen KWK-Arbeitskreis einen Know-how-Transfer rund um diese Technik organisiert, um technische, ökonomische und rechtliche Fragestellungen zu erörtern (VIK 2005c:7).

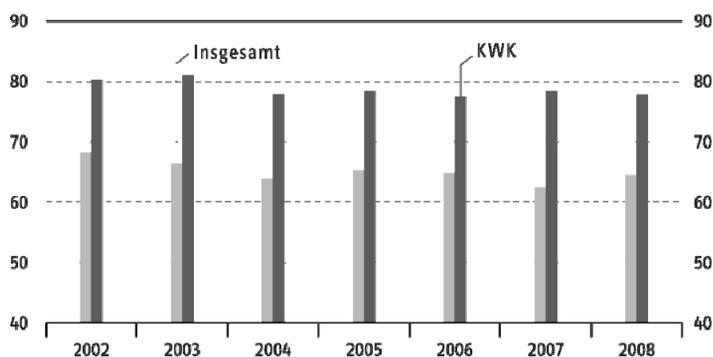
Der Beitrag, den KWK zur Klimavorsorge leisten kann, wird aus Schaubild 18.1 deutlich. Der Nutzungsgrad für KWK-Anlagen wird vom Statistischen Bundesamt für 2004 bis 2008 mit Werten zwischen 77,5 % und 78,5 % angegeben. 2008 lag er bei 77,8 %. Der Nutzungsgrad hat sich damit gegenüber den Jahren 2002 (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.

Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft

Die Werte übertrafen deutlich die berechneten mittleren Nutzungsgrade für den gesamten industriell betriebenen Anlagenbestand. 2008 lag die Differenz bei 13,4 Prozentpunkten nach 16,1 Prozentpunkten im Jahr 2007. Dies entsprach damit in etwa den Unterschieden in den beiden Jahren zuvor mit 13,3 bzw. 12,6 Prozentpunkten, war jedoch niedriger als 2003 und 2004 mit 14,7 bzw. 14,1 Prozentpunkte betragen. Eine trendmäßige Verbesserung lässt sich in den letzten Jahren damit nicht erkennen .

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 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 Energieein-

sparung bei Erdgas und Strom von 57,3 MWh sowie 2005 bis 2007 zu einer CO₂-Reduktion von 39 304 t. Die Papierfabrik Weig erwartet durch den Neubau einer Gasturbine mit Abhitzeessel mit 14,5 kW_{el} und 100 t Dampf/h ab 2007 jährlich einen um 56 000 t geringeren CO₂-Ausstoß. 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.

Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft

Tabelle 18.1
Ausgewählte Modernisierungsvorhaben der Industrie im Rahmen des KWK-Gesetzes

| Maßnahme | Jahr | Unternehmen/Branche |
|--|-----------|--|
| Neubau Pflanzenöl-BHKW | 2005-2007 | Urbana Energiedienste |
| Ersatz Wärmeerzeugung durch Erdgas-BHKW | 2005-2007 | Urbana Energiedienste |
| Maßnahmen zu Effizienzsteigerung an den KWK-Anlagen | 2005-2007 | Chemieparks Leverkusen, Dormagen und Uerdingen |
| Effizienzsteigerung KWK-Anlage | 2005-2007 | Grace Chemie |
| Neubau BHKW mit Klärgasnutzung | 2006-2007 | Papierfabrik Weener |
| Neubau Gasturbine 11,4 MW _{el} | 2006-2007 | Weig-Karton Papier |
| Neubau Gasturbine 7 MW _{el} | 2005 | Industriepark Walsrode |
| EBS-KWK-Anlage, Modernisierung | 2005 | Bremer Wollkämmerei |
| KWK-Contracting Reifenwerk 2 MW _{el} | 2005 | STEAG Fürstenwalde |
| Modernisierung GuD-Anlage 160 MW _{el} | 2005 | Infraserv, Chemiepark |
| Neubau KWK-Anlage Braunkohlenkessel mit Dampfturbine 25 MW _{el} | 2005 | Zuckerfabrik Jülich |
| Neubau BKS-Anlage 2,1 MW _{el} | 2005 | MAN Nutzfahrzeuge Nürnberg |
| Kraft-Wärme-Kälteerzeugung für AMD | 2005 | Drewag, AMD |
| Nachrüstung Dampfturbine hinter Kesselanlage 1,8 MW _{el} | 2005 | Papierfabrik Wolfsheck |
| Pflanzenöl BHKW | 2006 | MTU Aero Engines |
| Nutzung von Abwärme zur Prozesswasservorwärmung in KWK-Anlage | 2007 | Sasol Chemie |
| Optimierung Kesselspeisewassererwärmung | 2007 | Felix Schöller Papier |
| Neubau Gasturbine für KWK | 2008 | Mitsubishi HTP Flensburg |
| Neubau BKS KWK-Anlage | 2008 | Krömer Stärke Ibbenbüren |

Nach Angaben des VIK.

Zwischen 2002 und 2005 stieg die Stromerzeugung aus KWK-Anlagen um etwa 2,6 Mrd. kWh an auf 25,6 Mrd. kWh, blieb danach in etwa konstant. Die Wärmeerzeugung hingegen veränderte sich während dieses gesamten Zeitraums nur wenig. Mit Ausnahme des einmaligen Anstiegs auf 81,9 Mrd. kWh im Jahr 2003 schwankte die Erzeugung zwischen 77,4 und 79,9 Mrd. kWh.

Insgesamt stieg die industrielle Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen von 2002 bis 2008 um 2,3 %, während die Zunahme der gesamten industriellen Strom- und Wärmeerzeugung mit 2,1 % nur leicht darunter lag (Tabelle 18.3). Der Anteil der KWK-Anlagen am Wärmemarkt schwankte zwischen 88 und 91,5%. Der Anteil dieser Anlagen an der Stromerzeugung stieg von 53,4 % 2002 auf gut 56 % in 2005 und 55,4 % in 2006, ging bis 2007 auf 53 % zurück. 2008 lag der Anteil erneut bei 56,4 %.

Tabelle 18.2
Industrielle Strom- und Wärmeerzeugung aus KWK-Anlagen
 2002 bis 2008; in Mrd. kWh

| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Stromerzeugung | | | | | | | |
| Dampfturbinen | 13,7 | 13,8 | 13,0 | 13,5 | 13,8 | 13,5 | 12,6 |
| Gasturbinen | 8,9 | 9,3 | 9,4 | 11,6 | 11,3 | 11,4 | 12,4 |
| Sonstige | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,7 |
| Insgesamt | 23,0 | 23,5 | 22,8 | 25,6 | 25,8 | 25,7 | 25,7 |
| Wärmeerzeugung | | | | | | | |
| Dampfturbinen | 62,3 | 63,7 | 62,0 | 61,7 | 59,5 | 59,1 | 58,9 |
| Gasturbinen | 16,9 | 17,5 | 14,5 | 17,4 | 17,7 | 19,7 | 18,8 |
| Sonstige | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 1,9 |
| Insgesamt | 79,9 | 81,9 | 77,5 | 79,9 | 78,3 | 79,9 | 79,5 |

Nach Angaben des StaBuA (FS4/R6.4) und des RWI (2010). Angaben für 2009 standen bei Fertigstellung des Berichts noch nicht zur Verfügung.

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 2008 zugunsten von Gasturbinen auf 49 %. Der Anteil der Gasturbinen konnte sich somit kontinuierlich von 20 % auf 48,2% steigern. Die Bedeutung von Verbrennungsmotoren und sonstigen Anlagen hat ebenfalls zugenommen. Ihr Anteil am KWK-Anlagenpark stieg von 1,4 % im Jahr 1997 auf 3,1 % im Jahr 2007 (Tabelle 18.2) und 2,7 % in 2008.

Industrielle Kraft-Wärme-Wirtschaft

Tabelle 18.3
Industrielle Eigenerzeugung von Strom und Wärme insgesamt sowie aus KWK-Anlagen

1998 bis 2008; in Mrd. kWh

| | 1998 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|------------------|------|------|------|------|------|
| Stromerzeugung | 52,9 | 46,0 | 46,5 | 48,6 | 45,5 |
| dav. : KWK-Strom | 25,0 | 25,6 | 25,8 | 25,8 | 25,7 |
| Wärmeerzeugung | k.A. | 90,2 | 88,8 | 87,3 | 89,4 |
| dav. :KWK-Wärme | 87,0 | 79,9 | 78,3 | 79,8 | 79,5 |

Nach Angaben des RWI (2010) 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 2008 zurück auf gut 74 %. Der Anteil der Gasturbinen stieg demgegenüber zwischen 1997 und 2007 von gut 8 % auf 24,7 % und 23,6 % in 2008 (Tabelle 18.2). Der Rückgang im Jahr 2008 erfolgte aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Wärmeerzeugung durch Verbrennungsmotoren und sonstige Anlagen. Die ihren Anteil 2008 mit 2,4 % gegenüber dem Vorjahr nahezu verdoppeln konnten.

Grund für den Bedeutungsgewinn der Gasturbinen ist neben dem höheren Wirkungsgrad auch die größere Stromkennzahl einer kombinierten Gas- und Dampfturbinen-Anlage (GuD). Da die Relation vom Wärmebedarf zum Strombedarf der Prozesse sich zu Ungunsten des Wärmebedarfs entwickelt hat, waren und sind Erzeugungstechniken mit größerer Stromkennzahl erforderlich. Bei GuD-Anlagen mit einer Stromkennzahl von ca. eins und einem Gesamtnutzungsgrad von über 80 % erreicht man so 40 % elektrischen Wirkungsgrad. Diese Werte sind nach Angaben des Verbandes mit reinen Dampfturbinen nicht zu erreichen. Eine Gasturbine als Vorschaltanlage wird somit attraktiver. Jedoch sind auch die Nutzungsmöglichkeiten für die Wärmenutzung aus GuD-Anlagen begrenzt, da dem Wärmeangebot eine entsprechende Nachfrage durch nachgelagerte Anwendungsprozesse gegenüberstehen muss.

Der Rückgang der industriellen Strom- und Wärmeerzeugung aus KWK-Anlagen um die Jahrhundertwende stand nach Aussagen des VIK in Zusammenhang mit der Strompreisentwicklung für Industriekunden. Sinkende Bezugskosten für Strom bei gleichzeitig steigenden Preisen für Erdgas führten zu einer spürbaren Zurückhaltung beim Betrieb von Anlagen zur Eigenstromerzeugung. Zwischen 1999 und 2002

sank die gesamte industrielle Netto-Stromerzeugung um rund 14 %. Demgegenüber ging die Stromerzeugung aus KWK überproportional um fast 36 % zurück (VIK 2005b: 96). Der VIK führt als Argument für diese Entwicklung eine unangemessene Vergütungsabhängigkeit von den Stromnetzbetreibern sowie Widersprüche in der KWK-Gesetzgebung hinsichtlich der Einspeisevergütung an (VIK 2005c: 4). Zudem ist der hohe Prozentsatz von 36 % zum Teil auch auf Änderungen in der statistischen Erfassung zurückzuführen, infolge derer von der Kategorie „Strom aus KWK-Anlagen“ zu „KWK-Stromerzeugung“ umgestellt wurde (StaBuA FS4/R6.4).

18.5 Zusammenfassung und Bewertung

Aufgrund seiner Sonderstellung als Querschnittsverband hat der VIK keine quantitative Selbstverpflichtung im Rahmen der Klimaschutzvorsorge der deutschen Industrie abgegeben. Dies dient vor dem Hintergrund des Problems erheblicher Doppelzählungen einer widerspruchsfreien Bilanzierung der CO₂-Emissionsminderungen im Industriebereich.

Der VIK hat in den letzten Jahren besondere Anstrengungen unternommen, um die Rahmenbedingungen für klimaförderliche KWK-Anlagen zu verbessern. Der Ausbau der in der Industrie installierten KWK-Kapazität ist dabei nach Angaben des Verbandes zunächst nicht zufriedenstellend gelungen (VIK 2005c: 4). Mit dazu beigetragen hat sicherlich in den letzten Jahren, dass sich die KWK in starkem Wettbewerb mit anderen umweltfreundlichen Formen der Energiebereitstellung befindet. Die Entwicklung zeigt, dass speziell zwischen 2002 und 2005 bei der KWK-Stromerzeugung ein deutlicher Anstieg gegenüber den Vorjahren um gut 2,5 Mrd. kWh auf 25,6 Mrd. kWh erfolgt ist, danach bis 2008 eine Konstanz auf diesem Niveau festzustellen ist. Bei der KWK-Wärmeerzeugung ist seit 2002 keine Zunahme mehr festzustellen. Der Wert für 2008 liegt 0,4 Mrd. kWh unter dem des Jahres 2002. Für eine Bewertung bleibt anzumerken, dass eine genaue Beurteilung der Entwicklung der Kraft-Wärme-Kopplung nach den Ergebnissen des KWK-Berichts nicht für den Sektor Industrie getrennt sondern nur für den KWK-Bereich insgesamt möglich ist (RWI 2010). Zurückzuführen ist dies auf die Art und Weise der Datenerfassung. So wird z.B. die Erzeugung in Industrieparks (Contracting) generell der allgemeinen Versorgung zugerechnet.

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

19. Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

Deutschland hält innerhalb Europas den größten Kraftwerkspark vor. Insgesamt war im Jahr 2008 eine inländische Kraftwerksleistung von 118 GW installiert. Davon gehörten allein 106 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 waren 2008 rund 1 100 Unternehmen aktiv (BDEW 2010: 5). Diese beschäftigten 2008 rund 121 000 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 CO₂ 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 CO₂-Emissionsmenge für 1990 bis 2004 gemacht (VDEW 2005 und 2007) und aus beiden Datenreihen einen spezifischen CO₂-Emissionswert je netto erzeugter Kilowattstunde Strom ermittelt. Dieser Wert wird ausgewiesen, einmal bezogen auf den gesamten Energiemix – einschließlich Kernenergie und regenerative Energien – zum anderen allein für fossile Brennstoffe. Die Fortführung der Datenreihen bis 2009 wurde vom BDEW übernommen (BDEW 2010).

Zur Ermittlung der Nettostromerzeugung für 1990 wurden die CO₂-Emissionen sowie ein vom VDEW für dieses Jahr geschätzter spezifischer Emissionswert von 0,67 kg CO₂/Nettokilowattstunde herangezogen. Durch eine Division der absoluten Emissionsmenge durch den spezifischen Wert ergibt sich eine Nettostromerzeugung von rund 431 Mrd. kWh. Beide Datenreihen stellen die Grundlage des Monitoringberichtes dar.

Im Rahmen der Veröffentlichung der Bruttostromerzeugung der Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) publiziert das Statistische Bundesamt monatlich den für die Bruttostromerzeugung erforderlichen Verbrauch an CO₂-relevanten fossilen Brennstoffen (StaBuA, Ausgewählte Zahlen zur Energiewirtschaft, verschiedene Jahrgänge). Bis 2002 erfolgte dieser Ausweis des Verbrauchs ausschließlich für die Strom-, ohne die Wärmeerzeugung. Mittels der für das Monitoring vereinbarten CO₂-Faktoren ließ sich hieraus ein Emissionsvolumen für die allgemeine Elektrizitätswirtschaft ermitteln. Bei einer Gegenüberstellung mit den VDEW-Angaben zu den Emissionen im Monitoringbericht 2000 - 2002 (RWI 2005) ergaben sich lediglich geringfügige Abweichungen der StaBuA-Daten nach unten. Dies ist wahrscheinlich auf die Einbeziehung von Kraftwerken zurückzuführen, die dem Bereich der industriellen Eigenerzeugung und nicht der allgemeinen Stromversorgung zuzuordnen sind.

Die für die Berechnung der spezifischen Emissionen je netto erzeugter Kilowattstunde erforderliche Nettostromerzeugung ergibt sich aus der Differenz der Bruttostromerzeugung aus Kraftwerken der EVU (einschließlich Bahn) und des Eigenverbrauchs (StaBuA FS4/R.6.4). Abweichungen gegenüber den Werten des VDEW lagen hier im Jahr 2000 bei rund 5 %.

Im Jahr 2000 wurde die Berichterstattung zur Stromerzeugung sowohl vom VDEW als auch vom Statistischen Bundesamt umgestellt. Die Produktionsmenge der Deutschen Bahn AG wird seitdem nicht mehr getrennt ausgewiesen, sondern der allgemeinen Stromerzeugung zugerechnet. Der Anteil der Bahn an der Bruttoerzeugung der allgemeinen Versorgung ist jedoch vergleichsweise gering und betrug 2002 etwa 1,4 %. Zudem sind einige Industriekraftwerke in den neunziger Jahren umgruppiert worden. Um die Daten für die Nettostromerzeugung und die Emissionen mit denen des Basisjahres vergleichen zu können, wurde 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 2008 gegen die im Vorjahresbericht noch als vorläufig ausgewiesenen Werte führte zu keiner Änderung des Zielerreichungsgrades.

Die im Rahmen des Monitoring sehr zeitnah für das jeweilige Berichtsjahr zu erhebenden Erzeugungsdaten sind für 2009 mit noch größerer Unsicherheit behaftet als in den früheren Jahren. Die Auswirkungen von Wirtschaftskrise und EEG Novelisierung auf Stromerzeugung und -verbrauch sind derzeit nach Angaben des Ver-

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

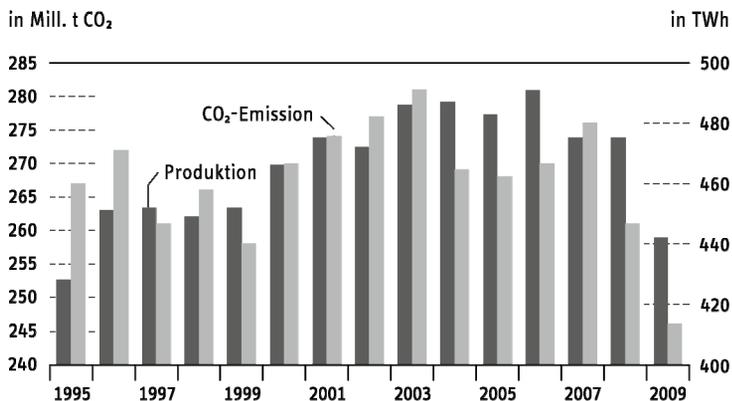
bandes noch vergleichsweise schwierig zu erfassen. In diesem Zusammenhang wird insbesondere die Aufteilung der von den Netzbetreibern ermittelten Gesamtstromerzeugung auf EVU, private Einspeiser und industrielle Eigenerzeugung genannt, da Angaben hierzu erst im 3. Quartal des Folgejahres in endgültiger Form vorliegen. Nach Angaben des Verbandes ist davon auszugehen, dass die Erzeugungszahlen der EVU bei der endgültigen Berechnung tendenziell noch nach unten korrigiert werden. Die im Folgenden vorgelegten Daten werden damit als konservativ eingestuft. Die endgültigen Daten für 2009 werden in den Monitoringbericht des Jahres 2010 einfließen.

Ausführungen zu ergriffenen CO₂-Minderungsmaßnahmen der EVU sind dem Fortschrittsbericht des BDEW (2010) entnommen. Ferner veröffentlicht das Statistische Bundesamt in der Fachserie 4, Reihe 6.1, detailliertes Zahlenmaterial hinsichtlich der Investitionstätigkeit der allgemeinen Elektrizitätsversorgung.

19.2 Energieverbrauch und Produktion

Die Nettostromversorgung aus Kraftwerken der Stromversorger einschließlich der Einspeisung privater Erzeuger lag - vorläufigen Schätzungen nach - 2009 bei etwa 520 Mrd. kWh (BDEW 2010:6;). Rund 24,5 % der Stromerzeugung wurden aus Kernenergie gewonnen, Braunkohle trug mit einem Anteil von 25 %, Steinkohle mit 18 % und Erdgas mit 15 % dazu bei. Der Beitrag der Erneuerbaren Energien lag zusammengenommen bei etwa 17 %.

Schaubild 19.1
CO₂-Emissionen und Nettostromerzeugung der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft
1995 bis 2009; ohne umgruppierte Industriekraftwerke und Deutsche Bahn



Nach Angaben des BDEW (2010).

Während in früheren Jahren der Import-/Exportsaldo nahezu ausgeglichen war, ist seit 2005 ein Stromexportsaldo mit bis 2008 steigender Tendenz zu verzeichnen. In diesem Jahr belief sich der Exportüberschuss auf mehr als 22 Mrd. kWh (StaBuA/FS4/R6.5). 2009 ging die Nettoausfuhr auf 14 Mrd. kWh zurück

Die den EVU nach statistischer Bereinigung zuzuordnende Nettostromerzeugung ist in den vergangenen Jahren zunächst deutlich gestiegen. 1995 wurden netto 428 Mrd. kWh von der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft erzeugt. Dieser Wert stieg bis 2006 auf 491 Mrd. kWh. 2007 ist eine leichte Abnahme um rund 3,5 % auf 474 Mrd. kWh festzuhalten (Schaubild 19.1). 2008 blieb die Nettostromerzeugung mit 475 Mrd. kWh in etwa auf diesem Niveau. 2009 sank sie nach ersten Erhebungen erheblich auf 442 Mrd. kWh, wobei der Verband davon ausgeht, dass der endgültige Wert noch niedriger liegen wird.

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 Rechtsetzung eine Trennung von Stromerzeugung und Netzbetrieb zu bewerkstelligen. Zudem wurde die Einrichtung einer Regulierungsbehörde verpflichtend, deren Aufgabe in der Sicherung eines diskriminierungsfreien Zugangs zu den Stromnetzen besteht.

Die Umsetzung der Richtlinie 2003/54/EG in deutsches Recht erfolgte im Juli 2005 durch ein neues Energiewirtschaftsgesetz (EnWG). Der Netzzugang wird seitdem durch dieses Gesetz geregelt, das die „Freiwillige Verbändevereinbarung“ abgelöst hat.

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

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 wurde weiterhin beibehalten. Die Novelle schreibt vor, den Anteil Erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis 2020 auf mindestens 30 % auszubauen und danach kontinuierlich weiter zu erhöhen. Die wichtigsten Änderungen zur Erreichung dieses Ziels betreffen eine attraktivere Gestaltung des Repowering, die Verbesserung der Bedingungen für die Offshore-Windkraft und eine Verbesserung der Netzintegration von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien sowie einer neuen Regelung des Einspeisemanagements.

Neben dem Ausbau der Erneuerbaren Energien wurde im April 2002 mit der Neufassung des „Gesetzes über die friedliche Verwendung der Kernenergie und dem Schutz gegen ihre Gefahren“ (AtG) der geordnete Ausstieg aus der Kernenergienutzung rechtlich festgeschrieben. Die 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 CO₂-Emissionen bis 2015 um bundesweit 12 % im Vergleich zu 1990 zugesagt (Übersicht 19.1). Bestandteil der Erklärung sind jedoch einschränkende Annahmen hinsichtlich der erwarteten Energiepolitik Deutschlands.

Übersicht 19.1

Vorbehaltliche Minderungszusage der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft

Ziel bis 2015 Minderung der CO₂-Emissionen um 12 % gegenüber 1990, vorbehaltlich der angenommenen Rahmenbedingungen.

Basisjahr 1990

Nach Angaben des VDEW (2005).

Ausdrücklich wird in der Minderungszusage ein Reduktionsvolumen in Höhe von 10 Mill. t CO₂ an die Wiederinbetriebnahme des Kernkraftwerks Mühlheim-Kärlich geknüpft. Ferner geht der VDEW in seiner Erklärung zur Klimavorsorge davon aus, dass die Stromerzeuger in der Wahl des Energiemix frei entscheiden können, ein ungestörter Betrieb der Kernkraftwerke möglich ist und die Nutzungsdauer und Leistung der bestehenden Kernkraftwerke erhöht werden kann.

Übersicht 19.2

Selbstverpflichtung der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft

Ziel bis 2015 Minderung der CO₂-Emissionen um 25 Mill. t gegenüber 1990 auf 264 Mill. t CO₂.

Basisjahr 1990

Nach Angaben des VDEW (2005).

1990 wurden insgesamt 289 Mill. t CO₂ emittiert. Unter den vom VDEW gemachten Annahmen würde demnach eine CO₂-Minderung von rund 35 Mill. t angestrebt. Mit Beendigung des Rechtsstreits um das Kraftwerk Mühlheim-Kärlich im Jahr 2001 und dem beantragten Rückbau der Anlage vermindert sich diese Reduktionszusage nun um 10 Mill. t. Demnach verpflichten sich die Unternehmen der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft – trotz Stromverbrauchszuwachs, jedoch vorbehaltlich weiterer Einschränkungen nach 2002, die den Betrieb der Kernkraftwerke berühren – ihre CO₂-Emissionen bis 2015 um insgesamt 25 Mill. t auf 264 Mill. t CO₂ zu reduzieren (Übersicht 19.2).

19.5 Bis 2009 erreichte CO₂-Minderungen

Die Unternehmen der allgemeinen Elektrizitätsversorgung haben 2009 der Stromerzeugung zuzuordnende CO₂-Emissionen in Höhe von etwa 246 Mill. t CO₂ emittiert (Tabelle 19.1). Dies ist im Vergleich zu 2008 ein Rückgang um 15 Mill. t CO₂ bzw. 5,7 % bei einem gleichzeitigen deutlichen Rückgang der Nettostromerzeugung um 33 Mrd. kWh oder 6,9 %. In Bezug auf 1990 wurden 43 Mill. t CO₂, d.h. 14,9 % weniger ausgestoßen, wohingegen die Nettostromerzeugung um 11 Mrd. kWh bzw. 2,6 % anstieg.

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

Die hier ausgewiesenen CO₂-Emissionen der allgemeinen Versorgung sind um die Auswirkungen des seit 2003 einsetzenden Kernenergieausstiegs bereinigt worden (siehe hierzu auch Abschnitt 19.6). Konkret betrifft dies laut Verband die Stilllegungen des Kernkraftwerks Stade am 14. November 2003 und des Kernkraftwerks Obrigheim am 11. Mai 2005. Der BDEW geht davon aus, dass im Jahresdurchschnitt der nachfolgenden Jahre bei einem Weiterbetrieb in Stade netto 4,6 Mrd. kWh und in Obrigheim 2,7 Mrd. kWh erzeugt worden wären. Der politisch gewollte Rückgang der Kernkraft wird vom Verband im Rahmen der Selbstverpflichtungserklärung, die unter der Annahme eines ungestörten Betriebes der Kernkraftwerke abgegeben wurde, dadurch berücksichtigt, dass der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft eine entsprechende Menge an CO₂-Emissionen, die durch diese Produktion vermieden worden wären, angerechnet wird. Für die Bewertung der zusätzlichen Emissionen im Grundlastbereich durch den Wegfall der Kernenergie wurde hier der fiktive CO₂-Koeffizient, der die Substitution der Kernkraft durch Steinkohle und Braunkohle zu gleichen Teilen unterstellt, zugrunde gelegt (BDEW 2010: 14). Hiernach hätte sich bei Weiterbetrieb der Kernkraftwerke im Jahr 2005 eine Einsparung von 6,3 Mill. t CO₂ ergeben, die den Kraftwerken bei der Emissionsermittlung als Einsparung angerechnet wurde. In den Jahren 2006 bis 2009 lag die entsprechende Gutschrift jeweils bei 7,4 Mill. t CO₂.

Tabelle 19.1

Nettostromerzeugung und CO₂-Emissionen der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft

1990 bis 2009; Ziel: Reduktion der CO₂-Emissionen um 25 Mill. t auf 264 Mill. t bis 2015

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Produktion, Mrd. kWh | 431 | 428 | 466 | 483 | 475 | 442 |
| Emissionen, Mill. t | 289 | 267 | 270 | 268 | 261 | 246 |

Nach Angaben des BDEW 2010.

Für die spezifischen Emissionen¹² ergab sich folgendes Bild: Nach Angaben des BDEW (2010) betragen die CO₂-Emissionen je erzeugter Nettokilowattstunde 2009 rund 0,57 kg CO₂. Seit 1999 schwanken die Werte zwischen 0,56 und 0,59, wobei der Wert von 0,56 kg CO₂ nur 2004 und 2008 erreicht wurde (RWI 2008: 249). Im Jahr 2007 stiegen die spezifischen Emissionen einmalig auf rund 0,60 kg CO₂ (RWI 2008: 249 und Tabelle 19.2). Im Vergleich zu 1990 bedeutet der Wert von 2009 eine Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen um 0,10 kg/kWh bzw. 14,9 %.

¹² Die spezifischen CO₂-Emissionen wurden nach Angaben des Verbandes vor der durch die Datenumstellung 2000 erforderlichen Bereinigung der Werte um die Bahn- und Industriekraftwerke sowie vor Berücksichtigung der stillgelegten Kernkraftwerke ermittelt.

Neben dem spezifischen Emissionswert, der sich auf den gesamten Energiemix bezieht, hat der VDEW auch Angaben zu spezifischen Emissionen veröffentlicht, in denen berücksichtigt wird, dass mit Kernenergie und Erneuerbaren Energien kein CO₂-Ausstoß verbunden ist. Das Emissionsvolumen wird dadurch verursachergerecht zur 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 CO₂ je fossiler Nettokilowattstunde. 2008 ging der spezifische Emissionswert um 0,03 kg/kWh auf 0,89 kg CO₂ deutlich zurück. 2009 verharrte er auf diesem Niveau. Zwischen 1990 und 2009 sank der Wert um 0,19 kg CO₂ 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 mit 14,9 %. Das ist ein Indiz dafür, dass die Nettostromerzeugung aus Kernkraft und Erneuerbaren Energien zusammen sich schwächer entwickelt hat als die aus fossilen Energieträgern. Zwischen 1990 und 2009 sank denn auch deren Erzeugung um 3,2 %, gegenüber einem Anstieg von 5,8 % bei fossilen Energieträgern. Der Rückgang der Nettostromerzeugung aus Kernenergie um 9,9 % konnte durch den Zuwachs der erneuerbaren Energien um 60 % nicht kompensiert werden.

Tabelle 19.2

Spezifische CO₂-Emissionen

1990 bis 2009; in kg CO₂ je kWh gesamte Nettoerzeugung bzw. fossile Nettoerzeugung

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| insgesamt, kg CO ₂ / kWh | 0,67 | 0,62 | 0,58 | 0,57 | 0,56 | 0,57 |
| Minderung geg.1990 in % | - | 7,5 | 13,4 | 14,9 | 16,4 | 14,9 |
| Fossil, kg CO ₂ / kWh | 1,08 | 1,03 | 0,98 | 0,91 | 0,89 | 0,89 |
| Minderung geg. 1990 in % | - | 4,6 | 9,3 | 15,7 | 17,6 | 17,6 |

Nach Angaben des BDEW (2010).

19.6 Ursachenanalyse

Zur Erfüllung ihrer Minderungszusage stehen den EVU mehrere Wege offen, beispielsweise der vermehrte Einsatz CO₂-freier Techniken zur Stromerzeugung. Hier sind in erster Linie die betriebenen Kernkraftwerke zu nennen. In weitaus geringerer Größenordnung stehen auch regenerative Energietechnologien zur Verfügung. Eine weitere Möglichkeit ergibt sich durch eine effizientere Ausnutzung des fossilen Energiemix, z.B. durch Steigerung des elektrischen Wirkungsgrades, durch Kraft-Wärme-Kopplung sowie durch Substitution von kohlenstoffreichen Energieträgern.

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

Tabelle 19.3 gibt die jährliche Nettostromerzeugung der deutschen Kernkraftwerke sowie die dadurch vermiedenen CO₂-Emissionen wieder. Bei der Ermittlung dieser Emissionen wird unterstellt, dass Kernkraft gleichermaßen Strom aus Braun- wie aus Steinkohlekraftwerken substituiert. Die vermiedenen Emissionen nahmen zwischen 1990 und 2000 um 9 Mill. t bzw. 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 2008 sanken die Nettostromerzeugung der Kernkraftwerke um 13 % auf 140 Mrd. kWh und die vermiedenen Emissionen um 12,8 % auf 143 Mrd. kWh. Die Minderung bei den Emissionen lag somit nur leicht darunter.

Tabelle 19.3
Inländische Kernkraftwerke: Nettostromerzeugung, Nutzungsdauer und vermiedene CO₂-Mengen (ohne Kernkraftanteile der Deutschen Bahn)

1990 bis 2009

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Nettostromerzeugung, Mrd. kWh | 141 | 145 | 161 | 153 | 140 | 127 |
| CO ₂ -Einsparung, Mill. t | 155 | 156 | 164 | 155 | 143 | 129 |
| Emissionskoeff., kgCO ₂ /kWh | 1,10 | 1,08 | 1,02 | 1,01 | 1,01 | 1,01 |

Nach Angaben des BDEW (2010).

Im aktuellen Berichtsjahr 2009 sank die Nettostromerzeugung der Kernkraftwerke um 9,3 % auf 127 Mrd. kWh; die Menge der vermiedenen CO₂-Emissionen fiel nahezu proportional dazu; sie sank um 9,8 % bzw. 14 Mill. t. Insgesamt wurde 2009 die Menge der durch Nettostromerzeugung aus Kernkraft vermiedenen CO₂-Emissionen um 26 Mill. t bzw. 16,8 % niedriger angegeben als 1990, während die entsprechende Stromabgabe aus Kernkraftwerken nur um 9,9 % bzw. 14 Mrd. kWh zurückging.

Der Grund für die auftretenden Diskrepanzen in der Entwicklung von Nettostromerzeugung und Emissionen vor allem in den neunziger Jahren liegt darin, dass die Höhe der durch Kernkraftstrom vermiedenen Emissionen nicht allein durch das Niveau der Nettostromerzeugung bestimmt wird, sondern auch durch die spezifischen Emissionen, die bei der Erzeugung des durch Kernkraftwerke verdrängten Stroms in den jeweiligen Kohlekraftwerken aufgetreten wären.

Da die Effizienz des Kohlekraftwerksparks sich mit der Zeit durch Ertüchtigungen, Stilllegungen und die Inbetriebnahme von Neuanlagen verbessert, verringert sich der für Kernkraftstrom anzusetzende fiktive CO₂-Emissionskoeffizient allmählich. Vom VDEW wurde für die Jahre 1990 bis 2000 eine kontinuierliche Senkung dieses

Emissionskoeffizienten von 1,1 auf 1,02 kg CO₂/kWh angegeben. Dies erklärt die weitaus geringere Wachstumsrate der vermiedenen Emissionen im Vergleich zum Anstieg der Nettostromerzeugung in diesen Jahren. Nach dem Rückgang des Emissionskoeffizienten bis 2003 auf 0,98 kg CO₂/kWh stieg der Koeffizient bis 2007 erneut auf 1,03 kg CO₂/kWh (Tabelle 19.3). 2008 und 2009 sank er wiederum auf 1,01 kg CO₂/kWh. Damit war in diesen Jahren in etwa der Wert von 2000 wieder erreicht.

Hätte 2009 noch der Koeffizient von 1990 gegolten, hätte die Menge der vermiedenen Emissionen bei 140 Mill. t gelegen, mithin um 11 Mill. t höher als angegeben. Der mit 26 Mill. t erheblich geringere effektive Anstieg der durch Kernkraft vermiedenen Emissionen im Vergleich zum Anstieg der Nettostromerzeugung ist damit auf den deutlichen Rückgang des Emissionskoeffizienten, also die Effizienzverbesserung des Stein- und Braunkohlekraftwerksparks, in den neunziger Jahren zurückzuführen.

Als eine der Ursachen möglicher starker Schwankungen des CO₂-Ausstoßes werden Einflüsse des Wetters auf die Höhe der Stromerzeugung angeführt. Beispielsweise muss in besonders heißen Sommern die Leistung der Kernkraftwerke herabgesetzt werden, und Wasserkraftwerke liefern durch niedrigere Pegelstände weniger Strom. Windkraftwerke erzeugen bei windarmer Witterung keine elektrische Energie. Die durch solche Einflüsse entstehenden Versorgungslücken müssen durch fossil betriebene Kraftwerke geschlossen werden. Als Konsequenz steigen die CO₂-Emissionen an. Besonders bemerkbar machte sich der heiße Sommer des Jahres 2003 bei der Kernkraft. Wegen eines Mangels an Kühlwasser mussten die Kernkraftwerke zum Teil in ihrer Leistung heruntergefahren werden. Dadurch sank der Anteil des Stroms aus Kernenergie von 34,1 % auf 32,3 %, die CO₂-Einsparungen durch Kernkraft erreichten ihren geringsten Wert seit 1995. Derartige Effekte haben im aktuellen Berichtszeitraum keine gravierende Rolle gespielt.

2009 war der Rückgang der Nettostromerzeugung aus Kernenergie ausgeprägter als der der Stromerzeugung insgesamt. In diesem Jahr ist der Stromverbrauch vor allem aufgrund der gesunkenen industrieller Aktivitäten deutlich zurückgegangen. Im Bereich des Grundlaststroms fand dabei eine Verschiebung von der Kernenergie hin zur Braunkohle statt. Gründe für diese Verschiebung sind zum einen, dass der Emissionshandelspreis gesunken und Braunkohle damit wettbewerbsfähiger geworden ist. Zum andern dürften auch strategische Überlegungen bzgl. der Laufzeitkontingente der Kernkraftwerke eine Rolle gespielt haben.

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

Die Stromerzeugung der EVU mittels regenerativer Energietechnologien stieg zwischen 1990 und 2000 von 15 auf 24 Mrd. kWh (Tabelle 19.4). Von 2001 bis 2006 schwankte sie zwischen 21 und 22 Mrd. kWh. Nur 2003 kam es vorübergehend zu einem drastischen Rückgang auf 18 Mrd. kWh (RWI 2007: 243). 2008 gelang eine weitere Steigerung auf knapp 25 Mrd. kWh. 2007 und im Berichtsjahr 2009 wurde mit 24 Mrd. kWh wieder das Niveau der Stromerzeugung von 2000 erreicht. Die Menge der CO₂-Emissionen, die durch diese Art der Stromerzeugung vermieden werden konnte, nahm zwischen 1990 und 2000 um 8 Mill. t auf 25 Mill. t im Jahr 2000 zu. Der Beitrag der regenerativen Energietechnologien an der gesamten Emissionsminderung der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft lag damit 2000 bei 38 %. Die Menge der vermiedenen Emissionen lag 2009 mit gut 25 Mill. t CO₂ etwa 8 Mill. t über dem Wert von 1990. Grund für den mit 47,1 % deutlich schwächeren Anstieg der vermiedenen CO₂-Emissionen im Vergleich zum Anstieg der Nettostromerzeugung mit 60 % ist auch hier die Effizienzverbesserung der Stein- und Braunkohlekraftwerke, die sich in dem der Berechnung zugrunde liegenden fiktiven CO₂-Koeffizienten widerspiegelt. Bei der Berechnung der Höhe der vermiedenen Emissionen wurden dieselben Emissionskoeffizienten wie bei Kernkraft herangezogen. Auch hier führen Wirkungsgradsteigerungen der Kohlekraftwerke zu einer Minderung der vermiedenen Emissionen.

Tabelle 19.4
Erneuerbare Energien: Stromerzeugung und vermiedene CO₂-Emissionsmengen
1990 bis 2009; gerundete Werte

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Nettostromerzeugung, Mrd. kWh | 15 | 19 | 24 | 21 | 25 | 24 |
| CO ₂ , vermieden, Mill. t | 17 | 21 | 25 | 22 | 25 | 25 |

Nach Angaben des BDEW (2010).

Der Einfluss des heißen Sommers 2003, der für eine beträchtliche Änderung des Energiemix zu Lasten der CO₂-freien Energieträger sorgte, wird auch in diesem Bereich deutlich: Mit nur etwa 18 Mill. t fiel die CO₂-Vermeidung durch den Einsatz „Regenerativer Energien“ vergleichsweise gering aus (RWI 2007: 242).

Die vom BDEW genannte Vermeidungsmenge veranschaulicht, dass Regenerative Energien einen deutlichen Beitrag zur Zielerfüllung der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft leisten können. Hierbei ist zudem anzumerken, dass ein großer Anteil der unter dem EEG geförderten Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien außerhalb der für die Selbstverpflichtungserklärung gesetzten Bilanzgrenzen der allgemeinen Versorgung erzeugt wird. Dies betrifft vor allem die Stromerzeugung aus privaten

Windkraft-, Biogas- und Photovoltaikanlagen. Bei Kraftwerken der öffentlichen Versorgung spielen vor allem Biomasse, Abfälle und Wasser eine Rolle.

Die Verbesserung der Energieeffizienz in den Kohle- und Gaskraftwerken der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft verdeutlicht Tabelle 19.5. Der entsprechende Brennstoffeinsatz wird hier in Petajoule pro Mrd. Kilowattstunde (PJ/Mrd. kWh) für den Zeitraum 2003 bis 2009 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 wieder leicht auf 8,7 PJ/Mrd. kWh, um dann 2009 – den vorläufigen Werten nach – erneut auf 8,8 PJ/Mrd. kWh zu sinken. Bei Erdgas lag die Energieeffizienz 2005 und 2006 bei 6,9 PJ/Mrd. kWh. Bis 2009 sank sie auf 6,6 PJ/Mrd. kWh. Bei den 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. 2008 sank er auf 9,4 PJ/Mrd. kWh, um dann 2009 wieder auf das langjährige Niveau von 9,5 PJ/Mrd. kWh zurückzukehren. Insgesamt bedeutet das von 2003 bis 2009 bei Steinkohlekraftwerken eine Verschlechterung und bei Braunkohle- und Gaskraftwerken eine Konstanz der Energieeffizienz.

Tabelle 19.5

Umwandlung fossiler Energieträger

2003 bis 2009; Energieeffizienz in PJ/Mrd. kWh; gerundete Werte

| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Steinkohle | 8,4 | 8,4 | 8,5 | 8,8 | 8,8 | 8,7 | 8,8 |
| Braunkohle | 9,5 | 9,5 | 9,5 | 9,5 | 9,6 | 9,4 | 9,5 |
| Erdgas | 6,7 | 6,5 | 6,9 | 6,9 | 6,7 | 6,7 | 6,6 |

Berechnungen des VDEW bzw. BDEW nach Angaben des Statistischen Bundesamts (BDEW 2010).

Der deutliche Rückgang bei den spezifischen CO₂-Emissionen von 0,92 PJ/Mrd. kWh im Jahr 2007 auf 0,89 PJ/Mrd. kWh in 2008, bezogen auf fossile Energieträger, hat neben Veränderungen im Brennstoffmix auch eine Ursache in leichten Effizienzverbesserungen der Stein- und Braunkohlekraftwerken. Als wesentlichen Grund für diese Verbesserung im Jahr 2008 wurde vom Verband angeführt, dass ältere fossile Kraftwerke aufgrund des wieder verstärkten Einsatzes der Kernkraftwerke weniger und regelmäßiger gelaufen sind. Ebenso gelang es, Windspitzen besser abzufedern.

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

2009 war dagegen erneut eine leichte Effizienzverschlechterung bei den Kohlekraftwerken und aufgrund des starken Kernkraftrückgangs ein verstärkter Einsatz der Braunkohlekraftwerke festzustellen bei einem sehr niedrigen Stromerzeugungsniveau. Dies erklärt die Konstanz der spezifischen CO₂-Emissionen gegenüber 2008.

Die Auswirkungen des Wandels im Energiemix insgesamt sowie der Veränderungen der Energieeffizienz aller Kraftwerke auf die CO₂-Emissionen lassen sich von den Auswirkungen des Anstiegs der Stromerzeugung isolieren (Tabelle 19.6). Multipliziert man die spezifischen CO₂-Emissionen für 1990 mit der Stromerzeugung des Jahres 2009, erhält man fiktive Emissionen dieses Jahres mit der Technologie und der Energieträgerstruktur von 1990. Stellt man diese fiktiven Emissionen den tatsächlichen gegenüber, so erhält man einen Eindruck von den durch die Veränderung der Energieeffizienz und des Energiemix erzielten CO₂-Minderungen. Ohne diese Änderungen wären im Jahr 2009 50 Mill. t CO₂ zusätzlich ausgestoßen worden (Tabelle 19.6).

Tabelle 19.6
Nettostromerzeugung und CO₂-Emissionen der EVU

1990 bis 2009; Ziel: Reduktion der CO₂-Emissionen um 25 Mill. t bis 2015

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | 2009 |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Produktion, Mrd. kWh | 431 | 428 | 466 | 483 | 475 | 442 |
| Spezif. CO ₂ -Emiss gesamt, kg CO ₂ /kWh | 0,67 | 0,62 | 0,58 | 0,57 | 0,56 | 0,57 |
| Fiktive Emissionen, Mill. t | - | 287 | 312 | 324 | 318 | 296 |
| Emissionen, Mill. t | 289 | 267 | 264 | 268 | 261 | 246 |
| Differenz | - | 20 | 48 | 56 | 57 | 50 |

Nach Angaben des BDEW (2010).

19.7 Ausgewählte Maßnahmen zur CO₂-Minderung

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft gehört mit zu den größten Investoren in Deutschland. 2008 haben die EVU 8,2 Mrd. € investiert (Tabelle 19.7). Das ist eine weitere deutliche Steigerung nach 5,5 Mrd. € im Jahr 2007 und nahezu eine Verdoppelung gegenüber den Jahren davor. Die Ausgaben für den Erhalt und den Ausbau der Stromnetze lagen 2008 bei etwa 4 Mrd. € nach 2,6 Mrd. € im Jahr 2007. Auch hier ist nahezu eine Verdoppelung gegenüber 2007 bzw. sogar Verdreifachung verglichen mit den Jahren davor festzustellen.

Im Fortschrittsbericht des BDEW (2010) werden für die Jahre 2005 bis 2009 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 der wichtigsten Neuanlageninbetriebnahmen gegenüber dem Fortschrittsbericht des Jahres 2008 um Beispiele für 2009; so führte er die Inbetriebnahme der Anlagen der Stadtwerke Würzburg und Vattenfall auf. Mit den Neuanlagen ging in vier Fällen eine Stilllegung einher. Darüber hinaus wurde in einem Fall eine Umrüstung vorgenommen. In einer weiteren Anlage wurden zwei Vorschaltturbinen ergänzt. Die höheren Wirkungsgrade von Neuanlagen ermöglichen nach Ansicht des BDEW im Durchschnitt Brennstoffeinsparungen von 25 bis 40 % gegenüber vergleichbaren 25 bis 40 Jahre alten Kraftwerken (BDEW 2010: 18ff) an. Der Beitrag einer Neuanlageninbetriebnahme zur Energieeinsparung ist jedoch zum großen Teil erst im Folgejahr zu erwarten.

Tabelle 19.7
Investitionen der allgemeinen Elektrizitätswirtschaft

2000 bis 2008; in Mill. €

| | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008* |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| Stromerzeugung | 707 | 937 | 1 098 | | |
| Leitungsnetz | 1 368 | 1 171 | 1 401 | 2 600 | Ca. 4 000 |
| Insgesamt | 3 052 | 3 278 | 3 844 | 5 500 | 8 200 |

Nach Angaben des Statistischen Bundesamts, Fachserie 4, Reihe 6.1 und für 2008 des BDEW (2010). Angaben für 2009 waren bei Fertigstellung des Berichts nicht erhältlich. * Schätzung.

Für 2010 bis 2011 ist nach Angaben des Verbandes die Inbetriebnahme einer Reihe weiterer im Bau befindlicher Kraftwerksgroßprojekte geplant. Darüber hinaus existiert eine Vielzahl im Bau oder Genehmigungsverfahren befindlicher Großprojekte nach 2010 (BDEW 2010: 18)

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. Angegeben wurden ebenfalls die Turbinenertüchtigungen an den Braunkohle-Standorten Jänschwalde und Boxberg von Vat-

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

tenfall Europe, die Inbetriebnahme von Vorschaltgasturbinen mit verbundener Abwärmenutzung zur Effizienzsteigerung zweier Braunkohle befeuerter Blöcke am RWE-Standort Weisweiler sowie die Modernisierung des Mark-E-Standortes Werdohl. Im Regelbetrieb können diesen Maßnahmen nach Verbandsangaben jährlich mindestens 3 Mill. t CO₂-Minderung gutgeschrieben werden (BDEW 2010: 21).

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 CO₂-Emissionen von rund 900 000 t. Die Inbetriebnahme der meisten Anlagen erfolgte in den Jahren 2005 und 2006. 2007/2008 nahm nur die KGU der Stadtwerke Aalen den Betrieb auf, 2008 die Anlage der MVV Energiedienstleistungen Ludwigshafen. 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 2010: 20f).

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 einer zusätzlichen Vermeidung von rund 1,4 Mill. t CO₂ (BDEW 2010: 14f). Für 2008 sowie das Berichtsjahr 2009 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 wohingegen der Ausbau von Windkraft und Biogasnutzung eher im Bereich der privaten Einspeisung anzusiedeln ist. Seit 2005 wurde ein deutlicher Ausbau der Stromerzeugung aus der Verbrennung von Hausmüll und Ersatzbrennstoffen in Müllheizkraftwerken und als Zufueerung in Kohlekraftwerken vorgenommen. Ebenso wurde eine Vielzahl von Biomasse-(Heiz-)Kraftwerken auf Basis fester Brennstof-

fe (Holz) in Betrieb genommen. 2009 nahmen drei neue Müllheizkraftwerke mit einer Leistungsaufnahme von jeweils gut 30 MW den Betrieb auf. Ebenso kam ein weiteres neues Bioheizkraftwerk mit einer Leistungsaufnahme von 20 MW durch die Stadtwerke Leipzig hinzu. Im Regelbetrieb können nach Angaben des Verbandes durch den Betrieb der hier aufgeführten Kraftwerke über 3 Mill. t Emissionen jährlich vermieden werden (BDEW 2010: 16ff). Insgesamt wurde durch diese Entwicklungen 2009 im Bereich der EVUs der Rückgang aus der Stromerzeugung der Wasserkraft durch den Ausbau der Nutzung biogener Brennstoffe und Abfälle größtenteils aufgewogen (BDEW 2010: 15).

Gemessen an der gesamten Zubauentwicklung haben sich die EVUs nur in geringem Umfang bei Onshore Windprojekten engagiert. 2005 bis 2008 kam es zu Neubauprojekten im Onshore Bereich mit einer Leistungsaufnahme von ca. 50 MW. 2009 kam in diesem Bereich ein weiteres Neubauprojekt mit 77 MW sowie ein Offshore Wind Projekt mit 60 MW hinzu. Zusätzlich fand im Bereich der sonstigen erneuerbaren Energien (Biogas, Geothermie, Solar) von 2005 bis 2009 ein Leistungsaufbau durch neue Anlagen von ca. 120 MW statt. Davon wurden 40 MW im Jahr 2009 aufgenommen.

Angaben zur Höhe der im Berichtszeitraum insgesamt durch Minderungsmaßnahmen eingesparten CO₂-Emissionen wurden vom Verband nicht gemacht.

19.8 Zusammenfassung

Vorbehaltlich der Wiederinbetriebnahme des Kernkraftwerks Mühlheim-Kärlich hatte die allgemeine Elektrizitätswirtschaft im Rahmen der Klimaschutzzerklärung der deutschen Wirtschaft bis 2015 eine CO₂-Emissionsreduktion von 12 % bzw. rund 35 Mill. t gegenüber 1990 zugesagt. Da zwischenzeitlich entschieden wurde, dass dieses Kernkraftwerk nicht wieder ans Netz genommen wird, verminderte sich die zugesagte CO₂-Reduktion auf insgesamt 25 Mill. t. Damit sollen 2015 maximal 264 Mill. t CO₂ emittiert werden.

Die zugesagte CO₂-Reduktion konnte bereits 1999 aufgrund der Zunahme der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien und vor allem aus Kernkraft deutlich übertroffen werden (Schaubild 19.2). Bis 2003 sank der Zielerreichungsgrad jedoch wieder auf 32 %. Der Anteil von Strom aus Kernenergie und Erneuerbaren Energien ging in dieser Zeit auf 36 % zurück, u.a. aufgrund des heißen Sommers von 2003 bei gleichzeitigem starkem Anstieg der Stromerzeugung insgesamt. Bis 2005 wurde erneut eine sprunghafte Verbesserung des Zielerreichungsgrades auf 88 % vor allem als Ergebnis des Rückgangs der Stromerzeugung insgesamt erreicht, während der Anteil CO₂-freier Energieträger stagnierte.

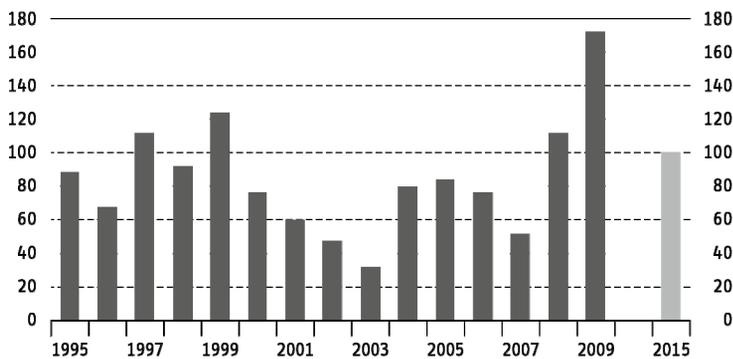
Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft

2006 sank der Zielerreichungsgrad auf 76 %, 2007 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 2009; in %



Eigene Berechnungen nach Angaben des VDEW (2007) und des BDEW (2010).

2008 sind die Emissionen gegenüber 2007 um 15 Mill. t zurückgegangen bei einem Anstieg der Nettostromerzeugung um nur 0,4 %. Damit konnte für dieses Jahr ein Zielerreichungsgrad von 112 % erreicht werden. Etwa 8 Mill. t sind nach Angaben des Verbandes auf den Anstieg der Stromerzeugung aus Kernkraft zurückzuführen. Weitere 4 Mill. t führt der BDEW auf die durchschnittliche Effizienzsteigerung des fossilen Anlagenparks durch Verbesserung des Wirkungsgrades zurück. 3 Mill. t auf den Brennstoffwechsel von Kohle auf Erdgas (BDEW 2009). Die Anpassung des Energieträgermix wurde durch die sinkenden Preise auf den Märkten für Rohstoffe und Emissionszertifikate begünstigt.

Hauptursache für den Rückgang der Emissionen in 2009 um 5,9 % war in erster Linie der inländische Nachfragerückgang. Auch die Nettoausfuhr ging deutlich zurück. Die Nettoerzeugung sank aufgrund des überproportionalen Rückgangs der Produktion aus Kernkraftwerken und der entsprechenden Verlagerung hin zu Braunkohlekraftwerken mit 7 % etwas stärker als die Emissionen. Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien verringerte sich zwar nur um 2 %, konnte aber aufgrund ihres geringen Anteils diesen Effekt nicht ausgleichen.

Die Stromwirtschaft hat damit im siebten und achten Jahr vor Ablauf der Minderungsverpflichtung ihre Zusage mehr als erfüllt.

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 CO₂-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 CO₂-freien Stromerzeugungstechnik entsprechend der Ausstiegsregelung von 2002 wird den Bau neuer Kraftwerke erfordern, die mittelfristig den Anteil der Kernenergie von heute noch knapp 25 % ersetzen. Eine Alternative zur Kernkraft stellen erneuerbare Energien dar. Hier schreibt das novellierte EEG eine Quote von 30 % am bundesweiten Bruttostromverbrauch bis 2020 vor. Der aktuelle Anteil liegt bei gut 17 %. Eine Substitution der Kernkraft durch erneuerbare Energien und damit durch eine CO₂-freie Stromproduktion würde – unter sonst gleichen Bedingungen – einen Ausbau bei diesen Energieträgern auf über 40 % zu Beginn des dritten Jahrzehnts implizieren. Die andere Alternative ist der Bau von Kraftwerken, die auf Basis fossiler Brennstoffe arbeiten. Diese neuen Anlagen zeichnen sich zwar durch deutlich höhere Effizienz und damit auch niedrigere spezifische Emissionen als vergleichbare Bestandsanlagen aus, führen aber absolut zu höheren CO₂-Emissionen im Vergleich zur Kernenergienutzung.

Anhang

A. Wirtschaftliche Entwicklung der an der Klimavereinbarung beteiligten Sektoren

Die am Monitoring beteiligten Industriebereiche vereinigten 2009 rund ein Drittel der Produktion des Verarbeitenden Gewerbes auf sich (StaBuA/FS4/R3.1 2010). Während das Bruttoinlandsprodukt (BIP) zwischen 1991 und 2009 um insgesamt 24,7 % zunahm, verzeichnete das Produzierende Gewerbe einen Produktionsrückgang in Höhe von 9,2 %. Von denen am Monitoring teilnehmenden Sektoren des produzierenden Gewerbes wiesen 10 ein negatives Wachstum zwischen 1991 und 2009 aus. Hierzu trugen insbesondere die teils zweistelligen negativen Wachstumsraten des Jahres 2009 bei (Tabelle A.1).

Tabelle A.1
Entwicklung des Produktionsindex
1991-2009

| | 1991-2005 | 1991-2009 | 2009 |
|--|-----------|-----------|-------|
| Chemische Industrie | 32,3 | 17,9 | -13,9 |
| Eisenschaffende Industrie | 12,8 | -19,0 | -28,5 |
| Elektrotechnik- und Elektronikindustrie | 55,1 | 100,5 | -22,2 |
| Feuerfest-Industrie | -0,1 | -26,2 | -30,5 |
| Glasindustrie | 7,5 | 1,9 | -9,2 |
| Kaliindustrie (Rohsalzverarbeitung in t) | -4,7 | -50,6 | -44,3 |
| Kalkindustrie | -12,5 | -17,0 | -16,0 |
| Keramische Fliesen und Platten | -42,8 | -53,1 | -13,7 |
| Mineralölverarbeitung | 17,5 | 9,1 | -8,5 |
| Nichteisen-Metallindustrie | 9,3 | -5,5 | -21,5 |
| Steinkohlenbergbau | -62,0 | -79,5 | -18,4 |
| Textilindustrie | -39,1 | -54,6 | -19,1 |
| Zellstoff- und Papierindustrie | 39,4 | 36,1 | -11,4 |
| Zementindustrie | -24,5 | -19,3 | -6,6 |
| Ziegelindustrie | -8,5 | -42,6 | -23,4 |
| Zuckerindustrie | 42,9 | 5,7 | 32,1 |

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 2.1.

Die Produktionsentwicklung in den einzelnen Industriebereichen verlief sehr unterschiedlich. So sank die Produktion der Textilindustrie zwischen 1991 und 2009 um knapp 55 %. 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 allein 2009 um fast 14 %, die der Zementindustrie um ca. 7 % und die der Kalkindustrie um 16 %. Nur die Zuckerindustrie wies mit ca. 32 % ein positives Wachstum zum Vorjahr unter allen am Monitoring beteiligten Sektoren aus (Tabelle A.1).

Tabelle A.2

Produktion des Verarbeitenden Gewerbes und reales Bruttoinlandsprodukt

1991-2009

| | 1991-2005 | 1991-2009 | 2009 |
|---|-----------|-----------|--------|
| Produktionsindex Verarbeitendes Gewerbe | 14,1 % | 7,4 % | -9,2 % |
| Bruttoinlandsprodukt | 22,8 % | 24,7 % | -5,5 % |

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 2.1 und Fachserie 18, Reihe 1.4.

Der Berichtszeitraum 2009 ist verglichen mit den Vorjahren in Folge der Finanzkrise durch eine ungünstigere Konjunktorentwicklung geprägt. Neben der zum Vorjahr deutlich rückläufigen Exporte (-17,0 %) trug auch die um 1,9 % rückläufige Inlandsnachfrage zu einem negativen Wirtschaftswachstum von -5,5 % bei (Tabelle A.3).

Der Rückgang der Inlandsnachfrage ging vor allem auf die um mehr als 20 % gegenüber dem Vorjahr gefallen Ausrüstungsinvestitionen zurück. Die Bauinvestitionen blieben auf Vorjahresniveau (-0,3 %). Dennoch besitzt die Wirtschaftskrise erhebliche Auswirkungen auf die Bauzulieferer wie etwa die Zementherstellung, die im Vergleich zum Vorjahr einen Produktionsrückgang von 6,6 % aufwies. Die Produktion der Kalkindustrie war sogar um 16 % rückläufig, während jene von keramischen Fliesen und Platten sogar um fast 14 % zurückging (Tabelle A.1). Von den beiden am Monitoring beteiligten Verbrauchsgütersektoren war die Produktion der Textilindustrie um rund 19 % rückläufig, während die Zuckerindustrie die einzige am Monitoring beteiligte Branche war, die gegenüber dem Vorjahr ein positives Wachstum (32 %) vorweisen konnte.

Insbesondere die Wirtschaftskrise ist ursächlich für die Produktionsrückgänge der stark auf Auslandsmärkten engagierten Sektoren im Jahr 2009. So war die Produktion der Chemieindustrie, die ihre Exportquote seit Mitte der 1990er um auf über 50 % steigern konnte, mit 13,9 % rückläufig. Auch die Herstellung von Roheisen und Nichteisen-Metallen ging mit 28,5 % bzw. 21,5 % zurück.

Anhang

Tabelle A.3
Veränderung des realen Bruttoinlandsprodukts und dessen Verwendung
2005 bis 2009; Veränderungen der Indizes gegenüber dem Vorjahr

| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Inlandsnachfrage | 0,0 % | 2,1 % | 1,1 % | 1,7 % | -1,9 % |
| Private Konsumausgaben | 0,2 % | 1,0 % | -0,4 % | -0,1 % | 0,0 % |
| Anlageinvestitionen | 1,1 % | 7,7 % | 4,3 % | 4,4 % | -9,4 % |
| - Ausrüstungen | 6,0 % | 11,1 % | 6,9 % | 5,9 % | -21,6 % |
| - Bauinvestitionen | -3,0 % | 5,0 % | 1,8 % | 3,0 % | -0,3 % |
| - Sonstige | 4,9 % | 8,0 % | 8,0 % | 6,6 % | -2,2 % |
| Ausfuhr | 7,7 % | 12,7 % | 7,5 % | 2,7 % | -17,0 % |
| Einfuhr | 6,5 % | 11,9 % | 5,0 % | 4,0 % | -15,4 % |
| Bruttoinlandsprodukt | 0,8 % | 3,0 % | 2,5 % | 1,3 % | -5,5 % |

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 4, Reihe 2.1 und 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 einem 1,4 %igen Zuwachs in 2008 auf einen Rückgang in Höhe von 1,1 % in 2009, dem höchsten Rückgang seit 1980 (BP 2009 und 2010). Allerdings war dieser Rückgang nicht gleichmäßig auf alle Energieträger verteilt. So wurde beim Erdöl sogar ein Verbrauchsrückgang um 1,2 Mill. Barrel (bbl) pro Tag, bzw. 1,7 % insgesamt. Der erste Verbrauchsrückgang seit 1980 ging auf die drastische Reduktion in den OECD-Ländern zurück, die täglich etwa 2 Mill. bbl weniger nachfragten. Demgegenüber stieg der Verbrauch, allen voran der Öl exportierenden Staaten um 860 000 bbl. an.

Ursächlich für den sinkenden Ölverbrauch dürften neben der wirtschaftlichen Krise auch die im Jahresverlauf gestiegenen Ölpreise gewesen sein, die zu Jahresanfang etwa 40\$/bbl betragen und im weiteren Verlauf auf 78\$/bbl anstiegen. Der Ölpreisanstieg geht dabei sicherlich auch auf den Rückgang der globalen Produktion in einem Umfang von etwa 2 Mill. bbl pro Tag zurück. Im Gegensatz zum Vorjahr, lagen die Jahresdurchschnittlichen Preise der bekanntesten Ölsorten dennoch knapp ein Drittel unter denen des Vorjahres (Tabelle B.1).

Tabelle B.1
Nominale Weltmarktpreise für Rohöl und deren Veränderungen gegenüber 2000
1990 bis 2009; in US \$/bbl

| | 1990 | 2000 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Mittel |
|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Brent | 23,73 | 28,50 | 38,27 | 54,52 | 65,14 | 72,39 | 97,26 | 61,67 | 46,90 |
| Seit 2000 | - | - | 34,3% | 91,3% | 128,6% | 154,0% | 241,3% | 116,4% | |
| Dubai | 20,45 | 26,20 | 33,64 | 49,35 | 61,50 | 68,19 | 94,34 | 61,39 | 46,79 |
| Seit 2000 | - | - | 28,4% | 88,4% | 134,7% | 160,3% | 260,1% | 134,3% | |
| WTI | 24,50 | 30,37 | 41,49 | 56,59 | 66,02 | 72,90 | 100,06 | 61,92 | 51,18 |
| Seit 2000 | - | - | 36,6% | 86,3% | 117,4% | 137,7% | 229,5% | 103,9% | |

WTI: West Texas Intermediate. – BP (2010), eigene Berechnungen.

Die Einfuhrpreise für Heizöl reagierten unmittelbar auf die Rohölpreisnotierungen. Die unterjährigen Preisanstiege verschärfen sich im Gegensatz zu den Vorjahren durch die Verschlechterung des Wechselkurses des Euro gegenüber dem Dollar. So nahm der Wert des Euro zwischen 2000 und 2008 um etwas mehr als 59 % zu (Tabelle B.2), fiel aber zwischen 2008 und 2009 um knapp 6%. Dadurch stiegen die in Euro bemessenen Einfuhrpreise für Rohöl schneller 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 2009; in US \$/€

| | 1990 | 2000 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Dollar/Euro | 1,2102 | 0,9236 | 1,2439 | 1,2441 | 1,2556 | 1,3705 | 1,4708 | 1,3948 |
| Seit 2000 | - | - | 34,7 % | 34,7 % | 35,9 % | 48,4 % | 59,2 % | 51,0 % |
| Inflationsrate | | 1,4 % | 1,7 % | 1,5 % | 1,6 % | 2,3 % | 2,6 % | 0,4 % |
| Inflation seit 2000 | - | - | 6,2 % | 8,3 % | 10,1 % | 12,5 % | 15,0 % | 15,0 % |

Deutsche Bundesbank (2010), StaBuA/FS17 (2010), eigene Berechnungen.

Die Weltmarktpreise lagen dagegen je nach Sorte um etwa 104 % bis knapp 135 % höher als 2000 (Tabelle B.1). Auch der Einfuhrpreis für schweres Heizöl nahm im selben Zeitraum um etwa 60 % zu, bei leichtem Heizöl betrug der Anstieg rund 116 %.

Während die Einfuhrpreise für Roh- und Heizöl 223 € bzw. 231 € pro t SKE betragen, lagen der Importpreis für Erdgas auf 169 €/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 verstärkte die Abschwächung des Euro die Steigerung der Importpreise von Erdgas wie auch von Steinkohlen. In der Folge stieg der Einfuhrpreis für Kraftwerkskohle an und lag 2009 etwa 169 % über dem Niveau von 2000 (Tabelle B.4). Diese Zunahme war höher als beim Erdgas, dessen Einfuhrpreise sich im selben Zeitraum verdoppelten. Prononcierter als bei der Kraftwerkskohle war der Anstieg der Einfuhrpreise für Koks. Beim Koks stieg der jahresdurchschnittliche Importpreis von rund 78 € pro Tonne Steinkohleneinheit (SKE) im Jahr 2000 auf 197 €/t im Jahr 2009. Die wesentlichen Gründe für die seit dem Jahr 2000 stark angestiegenen Kokspreise waren die gestiegene Nachfrage aus wachstumsstarken Entwicklungs- und Schwellenländern, insbesondere aus China, die weltweite Angebotsverknappung infolge von Kokereischließungen in Europa sowie begrenzte Frachtkapazitäten (Matthes und Ziesing 2005: 58). Das Zusammenwirken all dieser Faktoren führte zu einer Preisexplosion bei Koks wie zu Beginn der 80er Jahre.

Tabelle B.3
Grenzübergangspreise (cif) für Rohöl, Heizöl und Erdgas

1990 bis 2009; in €/t SKE

| | 1990 | 2000 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Mittel |
|-----------------|------|------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|
| Rohöl | 98 | 156 | 153 | 216 | 261 | 268 | 346 | 223 | 202 |
| Seit 2000 | - | - | -2,2 % | 38,5 % | 67,0 % | 71,8 % | 121,6 % | 42,8% | |
| Schweres Heizöl | 65 | 144 | 123 | 162 | 220 | 220 | 298 | 231 | 178 |
| Seit 2000 | - | - | 14,6 % | 12,3 % | 52,5 % | 52,5 % | 106,5 % | 60,4% | |
| Leichtes Heizöl | 116 | 203 | 202 | 289 | 323 | 332 | 498 | 438 | 255 |
| Seit 2000 | - | - | -0,4 % | 42,3 % | 59,4 % | 63,8 % | 145,5 % | 115,9% | |
| Erdgas | 61 | 85 | 96 | 128 | 172 | 160 | 269 | 169 | 97 |
| Seit 2000 | - | - | 13,9 % | 51,8 % | 103,6 % | 89,8 % | 216,5 % | 99,9 % | |

Die cif-Preise beinhalten sämtliche Kosten, einschließlich Fracht- und Versicherungsgebühren. BMWi (2010).

Im Zuge der Preissteigerungen der letzten Jahre begannen viele Exportländer, ihre Förderkapazitäten an Koks kohlen zu erweitern. China baute seine Kokereikapazitäten massiv aus. Das traditionelle Muster, dass Preissteigerungen zu einer Ausweitung des Angebots führen, würde nach Auffassung der Internationalen Energie Agentur (IEA 2004) Angebotsüberschüsse auf den Kohle- und Koksmärkten zur Folge haben. Damit wären entsprechende Preissenkungen verbunden. Die dennoch gestiegenen Energiepreise belegen, dass die Kapazitätsausweitungen nicht mit den Nachfragesteigerungen mitgehalten haben. Der im Falle von Koks zwischen den Jahren 2008 und 2009 rückläufige Preis entkräftet diese Aussage nicht, da dessen Ursache im krisenbedingten Rückgang der Hochofenstahlproduktion zu suchen ist. Erneute Preissteigerungen sind mit Beginn der wirtschaftlichen Erholung zu erwarten.

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 Europäi-

Anhang

schen 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.

Tabelle B.4
Grenzübergangpreise (cif) für Kraftwerks- und Kokskohle sowie für Koks
 1991 bis 2009; in €/t SKE

| | 1991 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Mittel |
|-----------------|------|------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Kraftwerkskohle | 49 | 42 | 65 | 62 | 68 | 112 | 113 | 62 |
| Seit 2000 | - | - | 54,5 % | 46,8 % | 62,2 % | 166,7 % | 168,5 % | |
| Kokskohle | 49 | 51 | 91 | 104 | 94 | 142 | 151 | 87 |
| Seit 2000 | - | - | 78,0 % | 103,4 % | 83,8 % | 178,4 % | 195,3 % | |
| Koks (€/t) | k.A. | 78 | 230 | 167 | 176 | 281 | 197 | 162 |
| Seit 2000 | - | - | 195,6 % | 114,1 % | 125,3 % | 260,7 % | 152,9 % | |

Die cif-Preise beinhalten sämtliche Kosten, einschließlich Fracht- und Versicherungsgebühren.
 – Kraftwerkskohle: BAFA (2010).

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 2009; in €/1000 l

| | 1990 | 1995 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003- 2009 | Veränd. geg. 1990 |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|---------------|-------------------------|
| Ottokraftstoff verbleit | 332 | 552 | 583 | 614 | 634 | 667 | 721 | 117,2 % |
| Ottokraftstoff bleifrei | 291 | 501 | 532 | 562 | 603 | 603 | 655 | 125,1 % |
| Diesel | 272 | 317 | 345 | 378 | 425 | 425 | 470 | 72,8 % |
| Leichtes Heizöl (Haushalte) | 29 | 41 | 57 | 61 | 59 | 59 | 61 | 110,3 % |

MWV (2010), 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.

Anhang

Tabelle B.6
Strom-, Erdgas- und Mehrwertsteuern in Deutschland
1990 bis 2009

| | 1990 | 1995 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003-2006 | 2007-2009 |
|------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|
| Stromsteuer, Cent/kWh | - | - | 1,02 | 1,28 | 1,54 | 1,79 | 2,05 | 2,05 |
| Stromsteuer, Euro/MWh | - | - | 10,20 | 12,80 | 15,40 | 17,90 | 20,50 | 20,50 |
| Erdgassteuer, Euro/MWh | 1,33 | 1,84 | 3,48 | 3,48 | 5,50 | 5,50 | 5,50 | 5,50 |
| Mehrwertsteuersatz | 14 % | 15 % | 16 % | 16 % | 16 % | 16 % | 16 % | 19 % |
| „Kohlepfennig“ | 8 % | 9 % | - | - | - | - | - | - |

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.

Die verschiedenen Endverbrauchergruppen haben von der Liberalisierung in unterschiedlichem Maße profitiert. In den ersten zwei Jahren nach der Liberalisierung, 1999 und 2000, sind vor allem die Strompreise der Sondervertragskunden (Industrie) gesunken, bis 2000 um 36,9 % gegenüber 1990 (Monitoringbericht 2003-2004). Tarifikunden, insbesondere private Haushalte, konnten in weit geringerem Umfang von der Liberalisierung profitieren. Der Durchschnittspreis sank für Tarifikunden lediglich im Jahr 2000 und stieg danach kontinuierlich an. Der Haushaltsstrompreis lag mit 22,4 Cent pro Kilowattstunde (kWh) im Jahr 2009 etwa 50 % höher als im Jahr 2000.

Tabelle B.7
Nominale Verbraucherpreise für Erdgas und Strom
 1990 bis 2009; in ct/kWh

| | 1990 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Mittel |
|--------------------------------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Erdgas (Haushalte) | 4,0 | 3,9 | 5,3 | 6,3 | 6,5 | 7,1 | 7,0 | 5,5 |
| Seit 2000 | - | - | 35,7 % | 60,8 % | 65,4 % | 82,1 % | 77,3 % | |
| Strom (Haushalte) | 12,8 | 14,9 | 18,2 | 18,9 | 20,2 | 21,4 | 22,4 | 18,2 |
| Seit 2000 | - | - | 22,1 % | 26,7 % | 35,0 % | 43,6 % | 50,4 % | |
| Strom (Industrie) ¹ | 7,0 | 4,4 | 6,8 | 7,5 | 8,7 | 8,8 | - | - |
| Seit 2000 | - | - | 53,7 % | 70,8 % | 97,7 % | 100% | - | |

Ohne Mehrwertsteuer. Wie allgemein üblich erfolgen Preisangaben zum unteren Heizwert. MWV (2010), BMWi (2010).

Real bzw. inflationsbereinigt betrachtet sind die Preisanstiege seit 2000 moderater ausgefallen. So betrug der reale Strompreisanstieg bei Haushalten zwischen 2000 und 2009 lediglich rund 29 %, wohingegen die Strompreise nominal um etwa 50 % 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 2009 etwa 3 Cent höher.

Tabelle B.8
Reale Verbraucherpreise für Erdgas und Strom
 1990 bis 2009; 2000=100; in ct/kWh

| | 1990 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Mittel |
|--------------------------------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Erdgas (Haushalte) | 3,3 | 4,8 | 5,0 | 5,8 | 5,8 | 6,2 | 6,1 | 5,1 |
| Seit 2000 | - | - | 25,8 % | 46,7 % | 47,6 % | 59,0 % | 27,1 % | |
| Strom (Haushalte) | 16,2 | 15,1 | 16,9 | 17,3 | 18,0 | 18,6 | 19,4 | 16,8 |
| Seit 2000 | - | - | 13,2 % | 15,6 % | 20,5 % | 23,2 % | 28,5 % | |
| Strom (Industrie) ¹ | 8,8 | 4,8 | 6,3 | 6,9 | 7,8 | 7,7 | - | - |
| Seit 2000 | - | - | 42,5 % | 55,8 % | 76,5 % | 60,4 % | - | |

Preisangaben erfolgen zum unteren Heizwert. MWV (2010), BMWi (2010).

Im Gegensatz zu den Strompreisen stiegen die Verbraucherpreise für Heizöl zwischen 2000 und 2009 sehr kräftig an: Schweres Heizöl verteuerte sich bis 2009 um rund 67 %, leichtes Heizöl um knapp 49 % (Tabelle B.9). In Preisen von 2000 war leichtes Heizöl im Jahr 2009 um rund 13 % teurer als noch zur Jahrtausendwende (Tabelle B.10).

Anhang

Tabelle B.9
Nominale Verbraucherpreise für Heizöl
1990 bis 2009

| | 1990 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Mittel |
|------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|
| Schweres Heizöl (€/t) | 120,7 | 174,7 | 231,5 | 283,9 | 276,3 | 384,0 | 291,1 | 229,03 |
| Seit 2000 | - | - | 32,5 % | 62,5 % | 58,1 % | 140,5 % | 66,6 % | |
| Leichtes Heizöl (ct/l) | 25,0 | 40,8 | 53,2 | 58,9 | 58,2 | 77,1 | 53 | 49,1 |
| Seit 2000 | - | - | 30,4 % | 44,4 % | 42,6 % | 89,0 % | 49,07 % | |

Preisangaben erfolgen zum Unteren Heizwert. MWV (2010), BMWi (2010).

Tabelle B.10
Reale Verbraucherpreise für Heizöl
1990 bis 2009; 2000=100

| | 1990 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Mittel |
|------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Schweres Heizöl (€/t) | 152,9 | 174,7 | 214,6 | 259,0 | 246,5 | 333,9 | 252,2 | 210,4 |
| Seit 2000 | - | - | 22,8 % | 48,3 % | 41,1 % | 109,1 % | 44,2 % | |
| Leichtes Heizöl (ct/l) | 31,6 | 40,8 | 49,3 | 53,7 | 51,9 | 66,5 | 45,92 | 45,3 |
| Seit 2000 | - | - | 20,8 % | 31,6 % | 27,2 % | 64,4 % | 12,5 % | |

Preisangaben erfolgen zum Unteren Heizwert. MWV (2010), BMWi (2010).

C. Datengrundlagen

Der Berichtszeitraum des vorliegenden Monitoringberichtes ist das Jahr 2009. Soweit entsprechendes Datenmaterial vorhanden ist, werden jedoch Zeitreihen ab 1995 betrachtet, dem Beginn der freiwilligen Selbstverpflichtung zur Klimaschutzvorsorge. Weiter zurück reichende Zeitreihen sind in den meisten Fällen nicht vorhanden. Für das Basisjahr, das bei allen Minderungszusagen nunmehr ausschließlich das Jahr 1990 ist, wurden die üblicherweise nur für Westdeutschland zur Verfügung stehenden Daten des Statistischen Bundesamtes im Einzelfall auf unterschiedlichste Arten um die ostdeutschen Werte ergänzt. Dies ist im jeweiligen Abschnitt für die einzelnen Sektoren beschrieben.

An erster Stelle der Berechnung des CO₂-Ausstoßes der jeweiligen Sektoren steht die Ermittlung des Verbrauchs an fossilen Brennstoffen sowie von nicht selbst erzeugtem Strom. Strom aus Eigenerzeugung wird durch den Verbrauch an Primärenergieträgern berücksichtigt. Abgegebener Strom wird mit dem Fremdstrombezug verrechnet. Diese Größen werden mittels vereinbarter Heizwerte in Energieäquivalente, gemessen in Joule, umgerechnet und können somit addiert werden. Die so ermittelten Werte stellen die in den Einzelsektoren aufgeführten Energieverbräuche dar.

Zur Berechnung der CO₂-Emissionen werden die Energieäquivalente der Brennstoffe mittels der in Tabelle C.1 aufgeführten CO₂-Faktoren umgerechnet. Die so errechneten gesamten Emissionsmengen bilden die Grundlage für die Berichterstattung. Zu beachten ist dabei: Sekundärbrennstoffe, beispielsweise nicht mehr zur Papierproduktion verwendbares Altpapier oder alte Reifen, die in einigen Sektoren wie der Zement- und der Papierindustrie vermehrt eingesetzt werden, werden von diesen Sektoren bei der Berechnung der Emissionen als CO₂-neutral behandelt.

Eine spezielle Problematik stellt sich bei der Bilanzierung der CO₂-Emissionen durch den Verbrauch von Strom (Hillebrand et al., 1997: 23), da die Emissionen bei der Erzeugung und nicht beim Verbrauch anfallen. Entsprechend des Verursacherprinzips werden die Emissionen jedoch dem Verbraucher angelastet. Um zu vermeiden, dass CO₂-Minderungen bei der Umwandlung, beispielsweise durch Effizienzsteigerungen oder Wandel im Brennstoffmix, sowohl den Kraftwerksbetreibern als auch den Verbrauchern gutgeschrieben werden, wurde der CO₂-Emissionsfaktor von Strom als intertemporal konstant festgelegt. Der Wert beträgt 0,67 t CO₂/MWh und entspricht dem CO₂-Emissionsfaktor von Strom aus der öffentlichen Stromerzeugung für das Basisjahr 1990.

Anhang

Unter Berücksichtigung des verwendeten Brennwertes für Strom von 10,434 GJ/MWh lässt sich ein CO₂-Faktor auf Basis der Energieeinheit GJ errechnen. Dividiert man 0,67 t CO₂/MWh durch den Brennwert 10,434 GJ/MWh, so lautet der resultierende CO₂-Faktor 0,0642 t CO₂/GJ.

Tabelle C.1
CO₂-Emissionsfaktoren im Monitoring
in t CO₂/GJ

| | | | |
|---------------------|-------|----------------------|-------|
| Braunkohlenbriketts | 0,098 | Heizöl, schwer | 0,078 |
| Braunkohlenkoks | 0,106 | Kokereigas | 0,044 |
| Braunkohlenstaub | 0,098 | Petrolkoks | 0,101 |
| Erdgas | 0,056 | Raffineriegas | 0,060 |
| Erdölgas | 0,059 | Rohbraunkohlen | 0,112 |
| Flüssiggas | 0,065 | Sonstige Brennstoffe | 0,093 |
| Gichtgas | 0,105 | Steinkohlen | 0,093 |
| Grubengas | 0,054 | Steinkohlenbriketts | 0,093 |
| Hartbraunkohlen | 0,097 | Steinkohlenkoks | 0,105 |
| Heizöl, leicht | 0,074 | Strom | 0,064 |

Nach Angaben des BMU (1994).

Das Statistische Bundesamt teilt seit 1995 das Produzierende Gewerbe anhand der *Klassifikation der Wirtschaftszweige* (StaBuA 1993) in Untergruppen ein. Bei nicht wenigen an der Klimaschutzvereinbarung beteiligten Industriesektoren stimmen indessen die Branchenabgrenzungen des Statistischen Bundesamtes und die der jeweiligen Verbände nicht vollständig überein. Als Datenquelle der für das Monitoring unabdingbaren Brennstoff- und Stromverbrauchsmengen wurde daher entweder auf die vom Statistischen Bundesamt jährlich publizierten sektoralen Energieverbrauchsdaten zurückgegriffen oder auf Erhebungsergebnisse, die ein Teil der Branchenverbände durch entsprechende jährliche Erhebungen unter ihren Mitgliedsunternehmen ermittelt hat.

Aufgrund der Umstellung des Klassifikationssystems durch das Statistische Bundesamt und der damit verbundenen Abgrenzungsproblematik liegen für einige Sektoren keine amtlichen Daten für 1990 vor. In solchen Fällen muss auf eine Plausibilitätsprüfung für das Jahr 1990 verzichtet werden.

Bis 2002 hat das Statistische Bundesamt den Verbrauch von ausgewählten Brennstoffen sowie von Strom in der Fachserie 4, Reihe 4.1.1 veröffentlicht. Die entsprechenden Daten wurden im Rahmen der monatlichen Produktionserhebung¹³ erhoben. Ab dem Berichtsjahr 2003 wurde die Datenerhebung auf eine eigenständige Jahresherhebung 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.

¹³ Monatsberichte für Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden.

Neben dem Energieverbrauch des Produzierenden Gewerbes werden in der *Fachserie 4, Reihe 4.1.1* Angaben zur Beschäftigung, zur Anzahl der Betriebe sowie zum Umsatz gemacht. Die *Fachserie 4, Reihe 3.1*, enthält die jährlichen Produktionszahlen und den Wert der zum Absatz bestimmten Produkte. Im Gegensatz zum Umsatz ist im Wert der zum Absatz bestimmten Produktion auch der Eigenverbrauch des Sektors enthalten. Werte hinsichtlich der Investitionstätigkeit können der *Fachserie 4, Reihe 4.2.1*, entnommen werden.

Infolge des Inkrafttretens des Artikels 10 des Ersten Gesetzes zum Abbau bürokratischer Hemmnisse insbesondere in der mittelständischen Wirtschaft vom 22. August 2006 (Deutscher Bundestag 2006) hat sich der Berichtskreis für den Monatsbericht im Verarbeitenden Gewerbe geändert, der die Grundlage für die Veröffentlichungen in der *Fachserie 4, Reihe 4.1.1* bildet. Wurden zuvor alle Betriebe von Unternehmen mit mindestens 20 tätigen Personen erfasst, sind ab Januar 2007 nur noch Betriebe mit mindestens 50 Beschäftigten berücksichtigt (StaBuA/FS4/R4.1.1 2008: 5). Durch diese Umstellung hat es in den Zeitreihen für die Zahl der Betriebe, der Beschäftigten und des Umsatzes einen mehr oder minder deutlichen Bruch gegeben. Diese Brüche konnten auch durch andere Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes, die weiterhin auf den Berichtskreis „20+“ basieren, nicht behoben werden¹⁴. Ab 2007 sind die entsprechenden Angaben daher mit früheren nur eingeschränkt vergleichbar.

Zur Umrechnung des Brennstoffverbrauchs in Energieeinheiten werden die Heizwerte des Statistischen Bundesamtes, *Fachserie 4, Reihe 4.1.1*, herangezogen. Heizwerte für Primärenergieträger, die nicht vom Statistischen Bundesamt berücksichtigt wurden, sind durch die Angaben der *Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen* (AGEB 2003) ergänzt worden. Direkt von den Industrieverbänden gemeldete Brennstoffverbräuche werden ausschließlich anhand der AGEB-Heizwerte in Energieäquivalente umgerechnet.

Kohleerzeugnisse des Basisjahrs 1990 werden gemäß der publizierten Heizwerte des Monatshefts 1/1987 in Energieäquivalente umgerechnet (StaBuA 1987). Per Jahreshaft 1995 wurden die Heizwerte für Kohleerzeugnisse angepasst (StaBuA/FS4/R4.1.1 1995). *Gasförmige Brennstoffe* werden seitens des Statistischen Bundesamtes standardisiert in Form von Normkubikmetern (Nm³) mit einem oberen Heizwert¹⁵ von 35,16912 MJ/Nm³ behandelt. Seit 1995 werden Gase in

¹⁴ Hierzu zählt der Jahresbericht für Betriebe, der als jährlich erscheinende Arbeitsunterlage auf Anfrage zur Verfügung gestellt wird.

¹⁵ Heute werden die Begriffe „Brennwert“ für den oberen Heizwert und „Heizwert“ für den unteren Heizwert verwendet.

der Fachserie 4, Reihe 4.1.1, in Kilowattstunden ausgewiesen. Auch diese Angaben erfolgen zum oberen Heizwert. Im Rahmen des Monitoring werden alle gasförmigen Brennstoffe außer Flüssiggas mit einem unteren Heizwert von 31,736 MJ/Nm³ bzw. 3,249 MJ/kWh bewertet.

Die allgemeine Elektrizitätswirtschaft wird vom Statistischen Bundesamt gesondert behandelt. Monatlich werden für diesen Sektor die „*Ausgewählten Zahlen zur Energiewirtschaft*“ in der Fachserie 4, Reihe 6.5 publiziert. Hieraus können Angaben zum Brennstoffverbrauch, der Brutto- und Nettostromerzeugung sowie zu Umsatz und Beschäftigung für die gewerblichen Elektrizitätserzeuger entnommen werden. Bis 1999 wurde die Stromerzeugung der Bahn gesondert aufgeführt. Seit 2000 ist dies nicht mehr der Fall. Die *industrielle Stromerzeugung* wird seitens des Statistischen Bundesamtes in der Fachserie 4, Reihe 6.4, nationale Stromerzeugungsmengen, der Stromaußenhandel sowie der Stromverbrauch werden von der *Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen* auf Jahresbasis publiziert. Ausgewählte Leistungsdaten der Energiewirtschaft werden der *Statistik der Energiewirtschaft* des Verbandes der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. entnommen.

Der Brennstoffverbrauch der *Eisenschaffenden Industrie* kann der Eisen- und Stahlstatistik des Statistischen Bundesamtes entnommen werden. Die für diesen Wirtschaftszweig bedeutsamen Gase – Hochofengas, Kokereigas, Erdgas und Konvertergas – werden ebenso wie Erdgas auf den oberen Heizwert 35,16912 MJ/Nm³ standardisiert und in Normkubikmetern publiziert (BGS 1984).

Die für die einzelnen Sektoren geschilderten CO₂-Minderungsmaßnahmen entstammen grundsätzlich den jeweiligen Fortschrittsberichten für die Berichtsperiode, denn es ist Aufgabe der beteiligten Industrieverbände, ihre CO₂-Reduktionserfolge für die jeweilige Berichtsperiode regelmäßig zu dokumentieren. Die einzelnen Berichte werden dem RWI Essen zur Verfügung gestellt und können im Internet unter der Adresse <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring> eingesehen werden.

Literaturverzeichnis

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 (2010), 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: 29.05.2010.
- AGEB (2010), Endenergieverbrauch nach Energieträgern, Internet: <http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=1>, Abruf: 29.07.2010.
- 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.
- ARGE (2010), Arbeitsmarkt in Zahlen – Kurzarbeit (KUG) nach dem SGB III, Statistik der Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg, Internet: <http://statistik.arbeitsagentur.de>, Abrufdatum: 31.03.2010.
- BAFA (2010), Übersichten, www.bafa.de/energie, Berlin.
- 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, Abrufdatum 25.07.2005.
- BDZ (2010), Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie, Zehnte aktualisierte Erklärung zur Klimavorsorge, Verein Deutscher Zementwerke e.V., Düsseldorf. Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- BGS (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 (2010), Brennstoff-, Gas- und Stromwirtschaft der Hochofen-, Stahl- und Walzwerke sowie Schmiede-, Preß und Hammerwerke einschließlich der örtlich verbundenen sonstigen Betriebe (ohne eigene Kokereien): Jahr 2009, Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Bonn: Eisen- und Stahlstatistik vom 2. Februar 2010.
- 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.
- BMWi (2010), Zahlen und Fakten: Energiedaten. Nationale und Internationale Entwicklung. Stand: 05.2010. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Internet: <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/energie-statistiken.html>.
- BP (2009), BP Statistical Review of World Energy 2009, BP, www.bp.com.
- BP (2010), BP Statistical Review of World Energy 2010, BP, 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 CO₂-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, Abrufdatum: 25.07. 2005.
- BV-Kalk (2005) Fortschrittsbericht des Bundesverbandes der Deutschen Kalkindustrie, Internet: www.rwi-essen.de/co2monitoring, Abrufdatum: 25.07. 2005.
- BV-Kalk (2008a), Weiterentwicklung der Selbstverpflichtungserklärung der Kalkindustrie zur Klimavorsorge bis zum Jahre 2012, Internet: www.rwi-essen.de/co2monitoring
- BV-Kalk (2010), Besondere Anstrengungen der Kalkindustrie im Rahmen der CO₂-Monitoring Berichterstattung, März 2010.
- Deutsche Bundesbank (2010), Euro-Referenzkurs der EZB. Frankfurt am Main: Deutsche Bundesbank. Internet: <http://www.bundesbank.de>.
- Deutscher Bundestag (2006), Ersten Gesetzes zum Abbau bürokratischer Hemmnisse insbesondere in der mittelständischen Wirtschaft vom 22. August 2006. BGBl. I: 1970. Bonn: Bundesanzeiger Verlag.

Literaturverzeichnis

- Deutsche Steinzeug (2008), Geschäftsbericht 2007. Bonn: Deutsche Steinzeug Cremer und Breuer AG, Internet: <http://www.deutsche-steinzeug.de>, Abrufdatum: 29.09.2008.
- Deutsche Steinzeug (2010), Geschäftsbericht 2009. Bonn: Deutsche Steinzeug Cremer und Breuer AG, Internet: <http://www.deutsche-steinzeug.de>, Abrufdatum: 05.07.2010.
- DSK (2005), Lexikon. Deutsche Steinkohle AG, Internet: <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.
- EU (2006), EG Verordnung Nr. 318/2006 des Rates vom 20. Februar 2006 über die gemeinsame Marktorganisation für Zucker. Amtsblatt der Europäischen Union L58/1.Brüssel: Europäische Kommission, Internet: <http://www.eur-lex.europa.eu/de/index.html>, Abrufdatum: 05.05.2008.
- Feuerfest (2000), Energieeinsatz und Klimavorsorge in der Feuerfest-Industrie. Aktualisierte Erklärung für 2000 über die Selbstverpflichtung zur Einsparung von CO₂ bis 2012. Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Feuerfest (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 (2010a), *Energieeinsatz und Klimavorsorge in der Feuerfest-Industrie. Fortschrittsbericht 2009*. Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Feuerfest (2010b), *Geschäftsbericht 2009 (Auszug)*. Bonn: Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V.
- Fliesenverband (2000), Weiterentwicklung der Selbstverpflichtung zum Klimaschutz. Selb: Industrieverband Keramische Fliesen und Platten e.V.

- Fliesenverband (2009), CO₂-Monitoring: Fortschrittsbericht 2008. Selb: Industrieverband Keramische Fliesen und Platten e.V.
- Fliesenverband (2010), CO₂-Monitoring: Fortschrittsbericht 2009. Selb: Industrieverband 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, 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 (2010), Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und CO₂-Einsparungen in den Unternehmen der Textilindustrie im Jahr 2009. 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.

Literaturverzeichnis

- 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.
- GVSt (2009b), Ergänzung zum 4. Fortschrittsbericht des GVSt zum Klimavorsorge-Monitoring vom 9. Juni 2009. Essen: Gesamtverband Steinkohle.
- GVSt (2010), 5. Fortschrittsbericht zur Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Industrie zur Klimavorsorge vom 9. November 2000. Erklärung des Gesamtverbandes Steinkohle zu dem Jahr 2009 vom 28. April 2010. Essen: Gesamtverband Steinkohle.
- Hatzl, T. und P.L. Gehlken (2001), Mineralische Rohstoffe in der Ziegelindustrie – Wichtige Parameter in der täglichen Praxis des Geowissenschaftlers (Teil 1). *Ziegelindustrie International ZI*, Vol. 54 (11): 23-32.
- Hillebrand, B., H.G. Buttermann und A. Oberheitmann (1997), CO₂-Monitoring der deutschen Industrie – ökologische und ökonomische Verifikation, Band 1. Untersuchungen des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung, Heft 23/1. Essen: RWI.
- IEA (2004), Renewables Information. Paris: International Energy Agency. Internet: www.iea.com, Abrufdatum: 21.07.2008.
- IISI (2010), Steel Statistical Yearbook 2009. Brüssel: International Iron and Steel Institute, Internet: <http://www.worldsteel.org>, Abrufdatum: 31. März 2010.
- 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.
- 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/st art.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), Entwicklung ausgewählter Energiepreise. Essen : Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., Internet: www.kohlenstatistik.de,
- Kohlenstatistik (2010), Entwicklung ausgewählter Energiepreise. Essen : Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., Internet: www.kohlenstatistik.de,
- K+S (2005a), Klimaschutzklärung der Kaliindustrie - Fortschrittsbericht 2004. Kassel: K+S Aktiengesellschaft.

- K+S (2008a), Klimaschutzklärung der Kaliindustrie - Fortschrittsbericht 2005-2007. Kassel: K+S Aktiengesellschaft.
- K+S (2008b), Finanzbericht 2007. Kassel: K+S Aktiengesellschaft, Internet: <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 (2010a), *Klimaschutzklärung der Kaliindustrie - Fortschrittsbericht 2009*. Kassel: K+S Aktiengesellschaft.
- K+S (2010b), *Unternehmens- und Nachhaltigkeitsbericht 2009*. Kassel: K+S Aktiengesellschaft, Internet: <http://www.k-plus-s.com>, Abrufdatum: 01.07.2010.
- 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, 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.

Literaturverzeichnis

- MWV (2007), Vierter Fortschrittsbericht zur Klimaschutzklärung der deutschen Mineralölindustrie für die Raffinerien. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.
- MWV (2008d), Siebter Fortschrittsbericht der deutschen Mineralölwirtschaft zur Klimaschutzklärung für den Wärmemarkt. Hamburg: Mineralölwirtschaftsverband e.V.
- 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.
- MWV (2010a), Jahresbericht 2009. Internet: http://www.mwv.de/cms/upload/pdf/jahres-berichte/2009_JB.pdf, Abrufdatum: 29.07.2010.
- MWV (2010b), Achter Fortschrittsbericht zur Klimaschutzklärung der deutschen Mineralölindustrie für die Raffinerien. Hamburg.
- MWV (2010c), Neunter Fortschrittsbericht der deutschen Mineralölwirtschaft zur Klimaschutzklärung für den Wärmemarkt. Hamburg.
- OECD (2001), CO₂-Emissions from Fuel Combustion, 1971 – 1999. IEA – International Energy Agency. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- RAG (2003), Geschäftsbericht 2002. Essen: Ruhrkohle AG, Internet: http://www.rag.de/geschaefit/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 (2009), Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft. Monitoringbericht 2008. RWI-Projektberichte. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung. Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- RWI (2010), Monitoring der Kraft -Wärme-Kopplungs-Vereinbarung: Berichtsjahre 2005-2008, Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Förderung der Kraft -Wärme-Kopplung in Ergänzung der Klimavereinbarung vom 9.11.2000
- RWI und WSF (2009), *Erweiterte Erfolgskontrolle bei Programmen zur Förderung der IGF im Zeitraum 2005-2009. Siebter Zwischenbericht: Die Rolle der IGF im Forschungsfeld Textil*. RWI Projektbericht. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung und WSF Wirtschafts- und Sozialforschung.
- Schmitz (2005), Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz, Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzzerklärung des deutschen Gasfachs 2002/2003. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz (2006b), Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz, Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzzerklärung des deutschen Gasfachs 2004/ 2005. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz (2009a), Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzzerklärung des deutschen Gasfachs 2007/ 2008. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz (2009b), Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzzerklärung des deutschen Gasfachs 2007/ 2008. Bilder mit Zahlen. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz (2010a), Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzzerklärung des deutschen Gasfachs 2008/ 2009. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Schmitz (2010b), Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzzerklärung des deutschen Gasfachs 2008/ 2009. Bilder mit Zahlen. Arbeitsbereich Technische Thermodynamik, Prof. Dr. Gerhard Schmitz. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg.
- StaBuA (1987), Beschäftigte, Umsatz und Energieversorgung der Unternehmen und Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe. Fachserie 4: Verarbeitendes Gewerbe, Reihe 4.1.1, Monatsheft Januar 1987. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA (1991), Statistisches Jahrbuch für das vereinte Deutschland. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA (1993), Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 1993. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, Internet: <http://www.destatis.de>, Abrufdatum: 25.07.2005.

Literaturverzeichnis

- 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 (2007), Gliederung der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: <http://www.destatis.de>, Abrufdatum: 31. März 2010.
- StaBuA (2008), Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, Internet: <http://www.destatis.de>, Abrufdatum: 26.01.2009.
- StaBuA (2009), Produzierendes Gewerbe – Vorbericht Eisen und Stahl, Februar 2009, Fachserie 4, Reihe 8.1, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- StaBuA (2010), Beschäftigte, Umsatz, Produktionswert und Wertschöpfung der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe, Kostenstrukturerhebung im Verarbeitenden Gewerbe und Bergbau, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, Internet: <https://www-genesis.destatis.de>, Abrufdatum: 17. Mai 2010
- StaBuA (2010a), Produktionsindex im Produzierenden Gewerbe, 1991-2010, Produktionsindex für das Verarbeitende Gewerbe: Deutschland, Monate, Original- und bereinigte Daten, Wirtschaftszweige (WZ2008 Hauptgruppen und Aggregate), Tabelle 42153-0001, Wiesbaden.
- StaBuA/FS4/R2.1 (verschiedene Jahrgänge), Indizes der Produktion und der Arbeitsproduktivität im Produzierenden Gewerbe. Fachserie 4: Produzierendes Gewerbe, Reihe 2.1. 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.
- StaBuA/FS4/R6.4 (verschiedene Jahrgänge), Stromerzeugungsanlagen der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe. Fachserie 4: Produzierendes Gewerbe, Reihe 6.4. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA/FS4/R6.5, Produzierendes Gewerbe. Ausgewählte Zahlen zur Energiewirtschaft. Fachserie 4: Produzierendes Gewerbe, Reihe 6.5. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- StaBuA/FS4/R8.1 (2010), Eisen und Stahl. Fachserie 4: Produzierendes Gewerbe, Reihe 8.1. Dezember 2009 Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

- StaBuA/JB (versch. Jahrgänge), Jahresbericht für Betriebe. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: <http://www.destatis.de>.
- Stahl-Zentrum (2001), Erweiterte Selbstverpflichtung der Stahlindustrie zur Klimavorsorge bis 2012 im Rahmen der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge vom 9. November 2000, Wirtschaftsvereinigung Stahl und Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf. Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- Stahl-Zentrum (2008), Statistisches Jahrbuch der Stahlindustrie 2008/2009. Wirtschaftsvereinigung Stahl und Stahlinstitut VDEh (Hrsg.), Düsseldorf: Verlag Stahleisen.
- Stahl-Zentrum (2009), 8. CO₂-Monitoring-Fortschrittsbericht der Stahlindustrie in Deutschland – Berichtsjahr 2008. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Stahl und Stahlinstitut VDEh, Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- Stahl-Zentrum (2010), 9. CO₂-Monitoring-Fortschrittsbericht der Stahlindustrie in Deutschland – Berichtsjahr 2009. Düsseldorf: Stahlinstitut VDEh im Stahlzentrum, Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- Steimle und Schikora (verschiedene Jahrgänge), Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik, Prof. Dr. Fritz. Steimle, Dr. Ing. Holger Schikora, Plausibilitätsprüfung zur Klimaschutzzerklärung des deutschen Gasfachs. Essen: Universität-Gesamthochschule.
- Taube, K. (1998), Stahlerzeugung Kompakt. Braunschweig: Vieweg Verlag.
- UBA (2008), Nationaler Inventarbericht 2008. Dessau: Umweltbundesamt.
- VCI (2001), Weiterentwickelte Selbstverpflichtungserklärung der chemischen Industrie im Rahmen der Klimaschutzvereinbarung der deutschen Wirtschaft vom November 2000. Frankfurt: Verband der Chemischen Industrie e.V.
- VCI (2008), Chemiewirtschaft in Zahlen 2008. Frankfurt: Verband der Chemischen Industrie e.V., Internet: www.vci.de.
- VCI (2009), Chemiewirtschaft in Zahlen 2009. Frankfurt: Verband der Chemischen Industrie e.V., Internet: 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.
- VCI (2010), Dokumentation energiesparender bzw. emissionsmindernder Maßnahmen der chemischen Industrie 2009. Frankfurt: Verband der Chemischen Industrie e.V. Stand: April 2010, Internet: www.rwi-essen.de/co2monitoring.
- VDN (2007), Selbstverpflichtung zum SF₆-Einsatz. Berlin: Verband der Netzbetreiber e.V., Internet: http://www.vdn-berlin.de/akt_sf6_2005_06_20.asp, Abrufdatum: 05.07.2007.
- VDP (2000), Erklärung der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie zur Reduzierung des spezifischen Kohlendioxidausstoßes aus fossilen Energieträgern (Aktuali-

Literaturverzeichnis

- sierung 2000), Bonn: Verein Deutscher Papierfabriken e.V., Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- 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 (2010), Papier 2010 - Ein Leistungsbericht. Bonn: Verband Deutscher Papierfabriken e.V., März 2010.
- VDP (2010b), Monitoring-Bericht der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie zur Reduzierung des spezifischen Kohlendioxidausstoßes aus fossilen Energieträgern. Neunter Zwischenbericht (2009) der deutschen Zellstoff- und Papierindustrie. Bonn: Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Bonn: Verein Deutscher Papierfabriken e.V., Internet: <http://www.rwi-essen.de/co2monitoring>.
- VdZ (2000), Verbändeerklärung des Vereins der Zuckerindustrie zur „Vereinbarung zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge“. Berlin: Verein der Zuckerindustrie.
- VdZ (2004), Monitoring zur Minderung des CO₂-Ausstoßes in der Zuckerindustrie - 5.-7. Verbändebericht für die Jahre 1999/2000 bis 2001/2002. Berlin: Verein der Zuckerindustrie.
- VdZ (2008a), Monitoring zur Minderung des CO₂-Ausstoßes in der Zuckerindustrie - 10. bis 12. Verbändebericht für die Jahre 2005 bis 2007, Verein der Zuckerindustrie, Berlin, 30. Mai 2008.
- VdZ (2008b), Fortschreibung der Verbändeerklärung der Zuckerindustrie vom 19. Dezember 2000 zur „Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge“, Verein der Zuckerindustrie, Berlin, 29. August 2008.
- VdZ (2009), Monitoring über die Minderung des CO₂-Ausstoßes in der Zuckerindustrie - 13. Verbändebericht für das Jahr 2008. Berlin: Verein der Zuckerindustrie.
- VdZ (2010), Monitoring über die Minderung des CO₂-Ausstoßes in der Zuckerindustrie - 14. Verbändebericht für das Jahr 2009. Berlin: Verein der Zuckerindustrie.
- VDZ (2000), Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie. Fortschrittsbericht des Vereins Deutscher Zementwerke e.V., Düsseldorf.
- VDZ (2005), Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie, Siebte aktualisierte Erklärung zur Klimavorsorge, Monitoring-Bericht 2000-2003. Verein Deutscher Zementwerke e. V., Düsseldorf, Internet: <http://www.vdz-online.de/fileadmin/gruppen/vdz/3LiteraturRecherche/UmweltundRessourcen/co2monitoring/mon03.pdf>, Abrufdatum: 25.07.2005.

- VDZ (2007), Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie, Achte aktualisierte Erklärung zur Klimavorsorge, Monitoring-Bericht 2004-2006. Düsseldorf: Verein Deutscher Zementwerke e. V.
- VDZ (2008), Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie. Achte aktualisierte Erklärung zur Klimavorsorge, Monitoring-Bericht 2004-2007. Düsseldorf: Verein Deutscher Zementwerke e.V.
- VDZ (2009), Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie. Achte aktualisierte Erklärung zur Klimavorsorge, Monitoring-Bericht 2004-2007+2008. Düsseldorf: Verein Deutscher Zementwerke e.V.
- VDZ (2010), Verminderung der CO₂-Emissionen – Beitrag der deutschen Zementindustrie. Neunte aktualisierte Erklärung zur Klimavorsorge, Monitoring-Bericht 2009. 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.
- WV Stahl (2010), Erzeugung, Beschäftigung und Produktivität in Deutschland, Wirtschaftsvereinigung Stahl, Internet: http://www.stahl-online.de/wirtschaft_und_politik/stahl_in_zahlen/. Stand: März 2010.
- WVM (1996), Erklärung der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge. Wirtschaftsvereinigung Metalle (Hrsg.), Düsseldorf.
- WVM (2003), Geschäftsbericht 2001/2003. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle.
- WVM (2004), Die NE-Metalle. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle. Internet: www.wvmetalle.de/welcome.asp?page_id=25, Abrufdatum: 25.07.2005.
- WVM (2005), Geschäftsbericht 2004/2005. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle.
- WVM (2006), Erklärung der deutschen NE-Metallindustrie zum Klimaschutz für den Zeitraum 2008 bis 2012. Berlin: Wirtschaftsvereinigung Metalle.
- WVM (2007), Klimaschutz-Monitoring: Fortschrittsbericht 2003 bis 2004. Berlin: Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V.
- WVM (2009), Klimaschutz-Monitoring: Fortschrittsbericht 2008. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle.
- WVM (2010), Klimaschutz-Monitoring: Fortschrittsbericht 2009. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle.
- WVM/Metallstatistik (verschiedene Jahrgänge), Metallstatistik. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V., Internet: <http://www.wv-metalle.de>.

Literaturverzeichnis

- WVZ (2005), Zuckererzeugung. Bonn: Wirtschaftliche Vereinigung Zucker e.V., Internet: http://www.Zuckerwirtschaft.de/3_3_4.html, Abrufdatum: 25.07.2005.
- Ziegel (2000), Erweiterte Selbstverpflichtung der Ziegelindustrie zum Klimaschutz. Bonn: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.
- Ziegel (2008), Fortschrittsbericht für die Ziegelindustrie für die Jahre 2005 bis 2007. Bonn: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. (zwei PDF-Dateien).
- Ziegel (2009), Fortschrittsbericht für die Ziegelindustrie für das Jahr 2008. Bonn: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.
- Ziegel (2010), Fortschrittsbericht für die Ziegelindustrie für das Jahr 2009. Bonn: Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.
- 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 (2010), Monitoringbericht für das Jahr 2009 der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie vom 28. Juni 2010, Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., Frankfurt.