



Verein Deutscher Zementwerke e.V.  
Forschungsinstitut der Zementindustrie

---

Siebte aktualisierte Erklärung zur Klimavorsorge

---

**Monitoring-Bericht 2000 - 2003**

## **Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Beitrag der deutschen Zementindustrie

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Situation der Zementindustrie im Berichtszeitraum.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Monitoring 2001 bis 2004 .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Energieverbrauch 2000 - 2003.....</b>	<b>9</b>
4.1	Energieeinsatz bei der Zementherstellung.....	9
4.2	Energieverbrauch 2000 bis 2003 .....	10
4.2.1	Thermischer Energieverbrauch.....	10
4.2.2	Elektrischer Energieverbrauch.....	13
<b>5</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen .....</b>	<b>15</b>
5.1	Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen.....	15
5.2	Rohstoffbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	16
<b>6</b>	<b>Maßnahmen zur Erreichung des Minderungsziels.....</b>	<b>18</b>
6.1	Maßnahmen zur Optimierung des Energieeinsatzes.....	18
6.2	Einsatz von Zement mit mehreren Hauptbestandteilen .....	18
6.3	Einsatz von Sekundärbrennstoffen .....	19

Anlage: Monitoring-Tabellen

Verein Deutscher Zementwerke e.V.

Düsseldorf, im Februar 05

## 1 Zusammenfassung

Die wirtschaftliche Situation der deutschen Zementindustrie im Berichtszeitraum 2000 bis 2003 war gekennzeichnet von einem starken Rückgang der Bauwirtschaft. Hiervon war die deutsche Zementindustrie im besonderen Maße betroffen. Auf einen drastischen Absatzrückgang reagierte die Zementindustrie im Berichtszeitraum mit einer Konsolidierung ihres Anlagenparks sowie einer Reduzierung ihrer Beschäftigten.

Im November 2000 hat die Bundesregierung sowie Spitzenverbände der deutschen Wirtschaft eine weiterentwickelte Vereinbarung zum Klimaschutz unterzeichnet, an der sich die deutsche Zementindustrie beteiligt. Im Rahmen dieser Klimavereinbarung hatte die Bundesregierung als Gegenleistung u. a. zugesagt, die Industrie bei der Entscheidung über die Einführung weiterer Instrumente, wie z. B. einen CO<sub>2</sub>-Emissionshandel, zu beteiligen. Im Jahr 2001 veröffentlichte die EU-Kommission das Grünbuch zum CO<sub>2</sub>-Emissionshandel, das den Startpunkt zur Formulierung der Emissionshandelsrichtlinie auf europäischer Ebene darstellte. Die Zementindustrie hat sich von Beginn an äußerst skeptisch gegenüber diesem neuen Instrument geäußert. Grund hierfür war nicht die Ablehnung des Emissionshandels als Instrument an sich. Vielmehr wurde befürchtet, dass die Ausgestaltung dieses Instruments zu neuen Wettbewerbsnachteilen für die europäische Industrie und insbesondere für die energieintensive Industrie führen würde. Trotz mehrjähriger Diskussionen konnten diese Bedenken nicht aus dem Weg geräumt werden. Vielmehr bestätigen heute verschiedene internationale Studien die Bedenken der Zementindustrie. Die freiwillige Vereinbarung zum Klimaschutz hat letztlich durch die Einführung des Emissionshandels an politischer Bedeutung verloren.

Auf internationaler Ebene waren die Klimavertragsstaaten-Konferenzen in den Jahren 2000 bis 2003 von den Bemühungen insbesondere Europas gekennzeichnet, Russland zur Ratifizierung des Kyoto-Protokolls zu bewegen, was letztlich im Jahr 2004 von Erfolg gekrönt war. Das Kyoto-Protokoll tritt nunmehr am 16. Februar 2005 in Kraft. Für die europäische Industrie sind damit allerdings keine relevanten Auswirkungen verbunden, da die im Rahmen des Burden-Sharing vereinbarten Minderungsvorgaben für die EU-Mitgliedsstaaten bereits völkerrechtlich wirksam sind. Die jüngste Vertragsstaatenkonferenz (COP10) in Buenos Aires war von den Bemühungen Europas geprägt, quantitative Minderungsvorgaben für die Industrienationen für den Zeitraum nach 2012 zu vereinbaren. Diese Bemühungen müssen aufgrund der Weigerung der USA und Chinas sowie anderer wichtiger Entwicklungsländer, sich an entsprechenden Vereinbarungen zu beteiligen, als gescheitert angesehen werden. Für die europäische Industrie bedeutet dies, dass sie auch längerfristig im internationalen Wettbewerb mit Ländern, in denen keine klimapolitischen Vorgaben für die Industrie bestehen, benachteiligt ist.

### CO<sub>2</sub>-Monitoring

Die in dem vorliegenden Bericht zusammengestellten Daten zum Energieverbrauch und den CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementindustrie in den Jahren 2000 bis 2003 basieren auf den jährlichen Umfragen des Vereins Deutscher Zementwerke. Zu der deutschen Zementindustrie gehörten Ende 2003 25 Unternehmen mit 62 Werken. An den Umfragen haben sich alle 42 Werke mit Klinkererzeugung sowie 17 der 20 Mahlwerke beteiligt. Die Repräsentativität der Daten war somit wie in den Vorjahren sehr hoch (z. B. 99,2 % bezogen auf die Zementpro-

duktion im Jahr 2003). Für die nicht erfassten Unternehmen wurden wiederum Schätzungen auf Basis von Erfahrungswerten des VDZ durchgeführt.

### Ergebnisse 2000 - 2003

Der spezifische Energieverbrauch der Zementindustrie sank von 2800 kJ/kg Zement im Jahr 1999 auf 2740 kJ/kg in 2003. Da sich der auf die Klinkerproduktion bezogene Energieverbrauch gegenüber den Vorjahren nur geringfügig verändert hat, ist die erreichte Minderung vor allem auf die verstärkte Herstellung von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen zurückzuführen. Der Anteil der Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen stieg von 34 % in 1999 auf 42 % in 2003. Der absolute Brennstoffenergieverbrauch sank – bedingt durch den Produktionsrückgang – von 102,3 Mio. GJ/a in 1999 auf 91,3 Mio. GJ/a in 2003.

Jahr	Brennstoffenergieverbrauch	
	absolut [10 <sup>6</sup> GJ/a]	spezifisch [kJ/kg Zement]
1987	119,9	3 510
1990	109,5	3 200
1994	102,9	3 000
1995	102,8	3 000
1996	97,6	2 995
1997	99,3	2 975
1998	100,7	2 905
1999	102,3	2 800
2000	99,3	2 835
2001	89,8	2.790
2002	85,8	2.790
2003	91,3	2.740
2005 <sup>1)</sup>	--	2 800 <sup>2)</sup>

1) Zieljahr der Selbstverpflichtung von 1995

2) Im Rahmen der Selbstverpflichtung von der deutschen Zementindustrie prognostizierter Wert im Zieljahr

Der spezifische elektrische Energieverbrauch betrug im Jahr 1999 102 kWh/t Zement. Im Berichtszeitraum schwankte er zwischen 99,5 und 103 kWh/t Zement. In absoluten Zahlen sank der elektrische Energieverbrauch v. a. produktionsbedingt von 3,73 (1999) auf 3,32 Mio. MWh/a in 2003.

Die spezifischen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen sanken von 0,267 (1999) auf 0,223 t CO<sub>2</sub>/t Zement in 2003. Dieser Rückgang ist einerseits auf die verstärkte Herstellung von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen sowie andererseits auf den verstärkten Einsatz von Sekundärbrennstoffen zurückzuführen. CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Sekundärbrennstoffen werden im Rahmen der Selbstverpflichtung der Zementindustrie als neutral gerechnet. Der Anteil der Sekundärbrennstoffe stieg im Betrachtungszeitraum von 23 auf 38,3 %. In absoluten Zahlen sanken die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementindustrie von 9,76 (1999) auf 7,42 Mio. t CO<sub>2</sub>/a in 2003.

Jahr	Energiebedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>1)</sup>	
	absolut [10 <sup>6</sup> t CO <sub>2</sub> /a]	spezifisch [t CO <sub>2</sub> /t Zement]
1987	13,35	0,392
1990 <sup>2)</sup>	12,06	0,352
1994	11,19	0,324
1995	11,14	0,325
1996	10,35	0,317
1997	10,02	0,301
1998	10,03	0,288
1999	9,76	0,267
2000	9,21	0,263
2001	7,93	0,246
2002	7,28	0,237
2003	7,42	0,223
2012 <sup>3)</sup>	-	0,253

- 1) ohne Sekundärbrennstoffe  
2) Basisjahr der freiwilligen Vereinbarung von 2000  
3) Zieljahr der neuen Vereinbarung

Die rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Entsäuerung des Kalksteins sind nicht Gegenstand der Selbstverpflichtung der Zementindustrie, werden aber im Rahmen des Monitorings mit berichtet. Sie nahmen spezifisch von 0,427 (1999) auf 0,401 t CO<sub>2</sub>/t Zement in 2003 ab. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementindustrie insgesamt sanken damit von 25,4 (1999) auf 20,8 Mio. t/a in 2003.

## 2 Situation der Zementindustrie im Berichtszeitraum

Die wirtschaftliche Situation der deutschen Zementindustrie im Berichtszeitraum 2000 bis 2003 war gekennzeichnet durch einen extrem starken Rückgang der Bauwirtschaft. Hiervon war die deutsche Zementindustrie in besonderem Maße betroffen. So sank die Zementproduktion (gemeint ist hier die für das CO<sub>2</sub>-Monitoring relevante Zementproduktion aus in Deutschland hergestelltem Klinker einschließlich Klinkerexport) von 35,0 Mio. t im Jahr 2000 auf ein Minimum von 30,8 Mio. t Zement im Jahr 2002. Im Jahr 2003 erfolgte eine gewisse Erholung auf 33,3 Mio. t, die zu einem großen Teil auf erhöhte Exporte zurückzuführen war. Der Zementverbrauch in Deutschland, der kennzeichnend für die Situation der Bauwirtschaft ist, sank von 35,8 Mio. t im Jahr 2000 auf 29,9 Mio. t im Jahr 2003. Mitte der 90er Jahre hatte er noch bei 38 - 41 Mio. t/a gelegen <sup>1)</sup>. Der geschätzte Zementverbrauch pro Kopf sank in diesem Zeitraum von 435 auf 351 kg (zum Vergleich in 2003: Frankreich 346 kg, Spanien 1.126 kg).

Auf diesen drastischen Absatzrückgang reagierte die Zementindustrie mit einer Konsolidierung ihres Anlagenparks (d. h. Stilllegung von Öfen bzw. Werken) sowie einer Reduzierung ihrer Beschäftigten um fast 25 %. Verstärkt durch einen gleichzeitig erfolgenden Preisverfall sank der Umsatz von 2,65 auf 1,68 Mrd. €/a.

### Einführung des CO<sub>2</sub>-Emissionshandels

In dieser für die deutsche Zementindustrie sehr schwierigen Phase wurde zusätzlich zu dem bestehenden Instrument der Selbstverpflichtung der CO<sub>2</sub>-Emissionshandel eingeführt. Im November 2000 hatten Bundesregierung sowie Spitzenverbände der deutschen Wirtschaft eine weiterentwickelte Vereinbarung zum Klimaschutz unterzeichnet, an der sich die deutsche Zementindustrie beteiligt. Im Rahmen dieser Klimaver Vereinbarung hatte die Bundesregierung als Gegenleistung u. a. zugesagt, die Industrie bei der Entscheidung über die Einführung weiterer Instrumente wie den Emissionshandel zu beteiligen.

Im Jahr 2001 veröffentlichte die EU-Kommission das Grünbuch zum CO<sub>2</sub>-Emissionshandel, das den Startpunkt zur Formulierung der Emissionshandelsrichtlinie auf europäischer Ebene darstellte. Die deutsche Zementindustrie hat sich von Beginn an äußerst skeptisch gegenüber diesem neuen Instrument geäußert. Grund hierfür war nicht eine Ablehnung des Emissionshandels als Instrument an sich. Vielmehr wurde befürchtet, dass die Ausgestaltung dieses Instruments zu neuen Wettbewerbsnachteilen für die europäische Industrie und insbesondere die energieintensive Industrie führen würde. Trotz mehrjähriger Diskussionen konnten diese Bedenken nicht aus dem Weg geräumt werden. Vielmehr bestätigen heute verschiedene internationale Studien die Bedenken der Zementindustrie.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Instrumenten besteht in dem Niveau, auf dem sie organisiert sind. Die Selbstverpflichtung zum Klimaschutz ist auf Branchenebene angelegt und ermöglicht so die Durchführung von Maßnahmen dort, wo sie branchenweit am günstigsten sind. Der Emissionshandel ist auf Anlagenebene angelegt und gibt der Industrie somit eine wesentlich geringere Flexibilität bei der Wahl ihrer Maßnahmen.

<sup>1)</sup> /1/ Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e. V.: Zahlen und Daten: Ausgabe 2004. Köln, 2004

Darüber hinaus ist die Zementindustrie aufgrund der geringeren Wertschöpfung ihrer Produkte im Vergleich zu anderen Industriebranchen besonders hart betroffen. Es ist somit zu befürchten, dass Zementunternehmen nicht in der Lage sein werden, signifikante Mengen an Emissionsrechten zuzukaufen, wenn dies erforderlich ist. Dieses Verhältnis würde sich noch deutlich verschlechtern, wenn – wie derzeit auf EU-Ebene diskutiert – auch der Straßen- bzw. Flugverkehr in den CO<sub>2</sub>-Emissionshandel einbezogen würden.

Selbstverpflichtung und Emissionshandel beziehen sich auf unterschiedliche Bilanzräume: Das Ziel der Selbstverpflichtung ist, die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementindustrie zu vermindern. Diese umfassen die direkten Emissionen aus den fossilen Brennstoffen sowie die indirekten Emissionen aus dem elektrischen Energieverbrauch. Demgegenüber schließt der Emissionshandel die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler und abfallstämmiger (Sekundär-) Brennstoffe sowie die prozessbedingten Emissionen aus der Entsäuerung des als Rohstoff verarbeiteten Kalksteins ein. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass das Monitoring im Rahmen der Selbstverpflichtung alle Zementwerke - einschließlich der Mahlwerke ohne Klinkerproduktion umfasst - der Emissionshandel dagegen nur die Werke mit Klinkerproduktion. Letztlich kommen z. T. unterschiedliche Emissionsfaktoren für die Brennstoffe zur Anwendung. Somit sind die in den unterschiedlichen Berichtssystemen veröffentlichten Daten nicht vergleichbar, jedoch ineinander umrechenbar.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Bedeutung der Klimavereinbarung zwischen Bundesregierung und den deutschen Spitzenverbänden und damit auch die Einzelverpflichtungen der Industriebranchen durch die Einführung des CO<sub>2</sub>-Emissionshandels deutlich an politischer Bedeutung verloren hat.

### **3 Monitoring 2001 bis 2004**

Im Rahmen der Selbstverpflichtung der deutschen Wirtschaft zum Klimaschutz hat sich die deutsche Zementindustrie im März 1995 bereit erklärt, sich an dem vom BDI koordinierten und vom Rheinisch-Westfälischen Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) begleiteten Monitoring-System zu beteiligen. Mit der Weiterentwicklung ihrer Selbstverpflichtung hat die deutsche Zementindustrie darüber hinaus bekräftigt, auch bis zum Jahr 2012 die relevanten Daten zum Energieverbrauch und zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen dem RWI und der Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. Es ist weiterhin vorgesehen, im jährlichen Rhythmus die thermischen und elektrischen Energieverbräuche sowie die Produktionsdaten zu erheben. Diese werden gemeinsam mit den daraus berechneten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementindustrie in anonymisierter Form dem RWI zur Überprüfung übergeben. Aus den o. g. Gründen wird es zukünftig zwar möglich sein, Plausibilitätsprüfungen auf Basis der CO<sub>2</sub>-Berichterstattung im Rahmen des Emissionshandels durchzuführen. Die Daten können jedoch nicht identisch sein.

Der Verein Deutscher Zementwerke hat in den Jahren 2001 bis 2004 die thermischen und elektrischen Energieverbräuche sowie die Produktionsdaten der deutschen Zementindustrie für die Jahre 2000 bis 2003 abgefragt. Im Berichtszeitraum haben die Verbände der deutschen Zementindustrie die Statistik ihrer Mitgliedsunternehmen im Hinblick auf die Konzernzugehörigkeit konsolidiert. Dadurch hat sich die Zahl der Unternehmen deutlich vermindert; die Zahl der Werke hat sich nicht verändert.

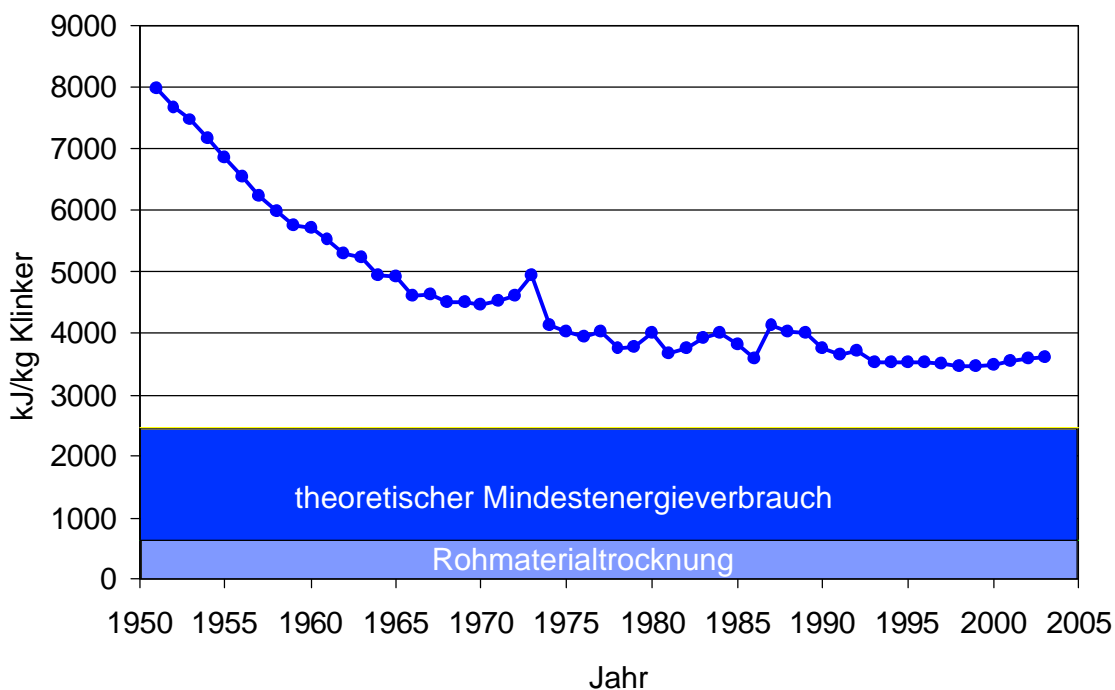
Von den im Jahr 2003 in Deutschland tätigen zementherstellenden Unternehmen sind 21 im Verein Deutscher Zementwerke (VDZ) organisiert. Insgesamt wurden 42 Werke mit Klinkerherzeugung sowie 20 Mahlwerke betrieben (2003). An den Umfragen haben sich mit Ausnahme eines Jahres alle Klinker herstellenden Unternehmen sowie 17 der 20 Mahlwerke beteiligt. Im Jahr 2002 hat sich ein Unternehmen nicht beteiligt. Der Erfassungsgrad war somit wie in den Vorjahren sehr hoch: Im Jahr 2003 betrug er beispielsweise 99,2 % bezogen auf die gesamte Zementproduktion. Die durch das Monitoring im Jahr 2003 erfasste Brennstoffmenge beträgt sogar 100 % des Gesamtverbrauchs. Für die nicht erfassten Unternehmen wurden wiederum Schätzungen der Energieverbräuche auf der Basis von Erfahrungswerten des Forschungsinstituts der Zementindustrie durchgeführt. Die Repräsentanz der Daten ist somit wie auch in den Vorjahren als sehr gut anzusehen. Die ausgefüllten Monitoring-Tabellen des RWI sind dem Bericht als Anlage beigefügt.



## 4 Energieverbrauch 2000 - 2003

### 4.1 Energieeinsatz bei der Zementherstellung

Aufgrund des hohen Anteils der Energiekosten an den Herstellkosten von Zement ist die Zementindustrie seit jeher bestrebt, Energie rationell einzusetzen und Brennstoffenergiekosten zu senken, obwohl der Energieanteil des Zements im fertigen Bauwerk sehr gering ist. Die Verringerung des Brennstoffenergieverbrauchs der Zementindustrie in den letzten 45 Jahren ist in aktualisierter Form in der beigefügten Grafik dargestellt (**Bild 1**). Daraus geht hervor, dass der anlagentechnische Wirkungsgrad und damit die Ausnutzung der Brennstoffenergie über 70 % beträgt. Diese Effizienzsteigerung ist das Ergebnis kontinuierlicher Verbesserungen der Verfahrenstechnik, die u. a. aufgrund der hohen Brennstoffkosten durchgeführt werden und eine langfristige Optimierung der Energieeffizienz zur Folge haben.

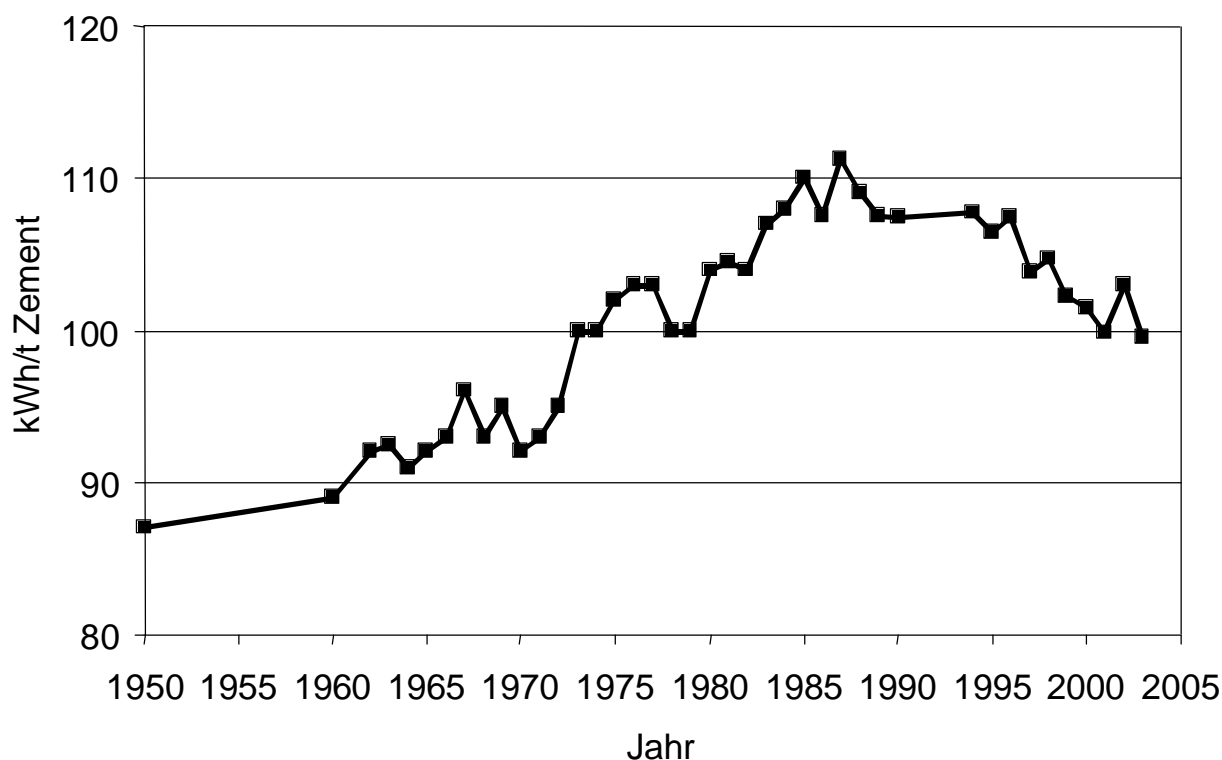


**Bild 1:** Spezifischer Brennstoffenergieverbrauch (bis 1986 alte Bundesländer, danach gesamte Bundesrepublik)

Brennstoffenergie wird bei der Zementherstellung im Wesentlichen für das Brennen des Zementklinkers aufgewendet. Beim in Deutschland heute fast ausschließlich angewendeten Trockenverfahren wird das mehlfein aufgemahlene Rohmaterial (im Wesentlichen Kalkstein und Ton bzw. deren natürliches Gemisch, der Mergel) im Gegenstrom vom Ofenabgas auf Temperaturen von etwa 850 bis 900 °C vorgewärmt. Das Brennen des Klinkers erfolgt in Drehrohröfen, wo das Brenngut bei Flammentemperaturen von über 2.000 °C auf die notwendige Sintertemperatur von 1.400 bis 1.450 °C aufgeheizt wird. Diese hohen Temperaturen sind notwendig, damit sich die für die Zementeigenschaften notwendigen Klinkerphasen bilden können. In einem nachgeschalteten Klinkerkühler wird der fertig gebrannte Zement-

klinker im Gegenstrom zur Verbrennungsluft abgekühlt. Die so vorgewärmte Luft wird dem Ofen als Verbrennungsluft zugeführt.

Die wesentlichen Abwärmeströme beim Klinkerbrennprozess sind das Ofenabgas sowie – je nach Anlagentechnik – überschüssige Kühlluft aus dem Klinkerkühler mit einem Temperaturniveau von etwa 250 bis 400 °C. Je nach Feuchte des Rohmaterials dienen sie zu dessen Trocknung oder zur Trocknung von Zuschlagstoffen, wie z. B. Hüttsand. Die verbleibende Abwärme fällt auf einem Temperaturniveau von 80 bis 150 °C an und ist wirtschaftlich nicht mehr verwertbar.



**Bild 2:** Spezifischer elektrischer Energieverbrauch (bis 1986 alte Bundesländer, danach gesamte Bundesrepublik)

Elektrische Energie wird bei der Zementherstellung vor allem für die Rohmaterialaufbereitung (etwa 35 %), zum Brennen und Kühlen des Klinkers (ca. 22 %) und für die Zementmahlung (ca. 38 %) aufgewendet. Der stetige Anstieg des elektrischen Energieverbrauchs durch höhere Anforderungen an die Produktqualität und an den Umweltschutz konnte zwischenzeitlich gestoppt werden (s. **Bild 2**). So konnte beispielsweise durch effizientere Verfahren zur Zementmahlung der Mehrverbrauch kompensiert werden. Da die Gebrauchseigenschaften der Zemente aus neuartigen Mühlen jedoch nicht ohne weiteres mit denen aus herkömmlichen Kugelmühlen vergleichbar sind, kann das Potential der Energieeinsparung nach wie vor nicht in vollem Umfang genutzt werden.

## 4.2 Energieverbrauch 2000 bis 2003

### 4.2.1 Thermischer Energieverbrauch

Die in den Jahren 2000 bis 2003 in der Zementindustrie eingesetzten Brennstoffmengen sind aufgeteilt nach Energieträgern in **Tafel 1** den Verbräuchen der Jahre 1987 bis 1999 gegenübergestellt.

**Tafel 1:** Brennstoffenergieverbrauch nach Energieträgern

<b>Brennstoff</b>	<b>1987</b> [10 <sup>6</sup> GJ/a]	<b>1990</b> [10 <sup>6</sup> GJ/a]	<b>1994</b> [10 <sup>6</sup> GJ/a]	<b>1995</b> [10 <sup>6</sup> GJ/a]	<b>1996</b> [10 <sup>6</sup> GJ/a]	<b>1997</b> [10 <sup>6</sup> GJ/a]	<b>1998</b> [10 <sup>6</sup> GJ/a]	<b>1999</b> [10 <sup>6</sup> GJ/a]	<b>2000</b> [10 <sup>6</sup> GJ/a]	<b>2001</b> [10 <sup>6</sup> GJ/a]	<b>2002</b> [10 <sup>6</sup> GJ/a]	<b>2003</b> [10 <sup>6</sup> GJ/a]
Steinkohle	48,2	47,5	49,9	43,1	37,9	38,2	32,0	29,4	31,4	21,8	19,3	19,1
Braunkohle	56,0	45,8	32,5	33,4	32,1	31,4	33,2	32,1	30,1	28,0	24,5	27,4
Petrolkoks	0,8	0,8	1,9	10,0	9,9	9,5	10,2	9,7	8,4	7,6	7,4	5,7
Heizöl S	4,5	4,2	5,8	3,3	2,4	2,2	4,5	5,9	1,9	3,4	3,4	2,7
Heizöl EL	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
Erdgas und andere Gase	2,4	0,8	0,3	1,1	1,3	1,6	0,6	0,6	0,7	0,4	0,3	0,3
sonstige fossile Brennstoffe	2,9	2,1	1,9	0,6	0,6	0,5	1,1	0,9	1,0	1,1	0,6	0,8
<b>Fossile Brennstoffe insgesamt</b>	<b>115,0</b>	<b>101,4</b>	<b>92,5</b>	<b>91,8</b>	<b>84,5</b>	<b>83,6</b>	<b>81,9</b>	<b>78,9</b>	<b>73,8</b>	<b>62,6</b>	<b>55,9</b>	<b>56,4</b>
<b>Sekundärbrennstoffe insgesamt</b>	<b>4,9</b>	<b>8,1</b>	<b>10,4</b>	<b>11,0</b>	<b>13,1</b>	<b>15,7</b>	<b>18,8</b>	<b>23,4</b>	<b>25,5</b>	<b>27,2</b>	<b>29,9</b>	<b>34,9</b>
<b>Thermischer Energieverbrauch insgesamt</b>	<b>119,9</b>	<b>109,5</b>	<b>102,9</b>	<b>102,8</b>	<b>97,6</b>	<b>99,3</b>	<b>100,7</b>	<b>102,3</b>	<b>99,3</b>	<b>89,8</b>	<b>85,8</b>	<b>91,3</b>

Aus den in Tafel 1 zusammengestellten Daten wird deutlich, dass der Gesamtbrennstoffenergieverbrauch gegenüber dem Jahr 1999 von 102,3 auf zunächst 85,8 Mio. GJ/a in 2002 abgenommen hat. Im Jahr 2003 stieg er dann wieder auf 91,3 Mio. GJ/a. In erster Linie ist dies auf den drastischen Rückgang der Zementproduktion von 1999 bis 2002 sowie die verstärkten Exporte im Jahr 2003 zurückzuführen. Gegenüber dem Jahr 1987 beträgt die absolute Reduzierung des Brennstoffenergieverbrauchs damit 20,6 % sowie gegenüber 1990 knapp 10 %. Aus der Tabelle geht weiterhin hervor, dass die Substitution der Regelbrennstoffe durch Sekundärbrennstoffe in der Zementindustrie weiter voranschreitet. Der Anteil der Sekundärbrennstoffe stieg von 22,9 % im Jahr 1999 auf 38,3 % im Jahr 2003. Durch den verstärkten Einsatz von Sekundärbrennstoffen wurde im Berichtszeitraum vor allem Steinkohle, in geringerem Maße auch Braunkohle und Petrolkoks substituiert. Der Verbrauch an schwerem Heizöl S sank von 5,9 Mio. GJ/a in 1999 auf 2,7 Mio. GJ in 2003. Die energetische Verwertung von Abfällen stellt nach Auffassung der Zementindustrie einen wesentlichen Beitrag zur Schonung natürlicher Ressourcen dar, da fossile Brennstoffe in energetisch äquivalentem Maße ersetzt werden. Da darüber hinaus der thermische Wirkungsgrad von Drehofenanlagen zum Brennen von Zementklinker deutlich höher als der anderer Verwertungsverfahren ist, führt der Einsatz von Sekundärbrennstoffen in der Zementindustrie insgesamt auch zu einer CO<sub>2</sub>-Reduzierung, die im System des Emissionshandels allerdings keine Berücksichtigung findet.

**Tafel 2** gibt eine Übersicht über die ermittelten absoluten und spezifischen Energieverbräuche von 1987 bis 2003.

**Tafel 2:** Absoluter und spezifischer Energieverbrauch

Jahr	Brennstoffenergieverbrauch	
	absolut [10 <sup>6</sup> GJ/a]	spezifisch [kJ/kg Zement]
1987	119,9	3 510
1990	109,5	3 200
1994	102,9	3 000
1995	102,8	3 000
1996	97,6	2 995
1997	99,3	2 975
1998	100,7	2 905
1999	102,3	2 800
2000	99,3	2.835
2001	89,8	2.790
2002	85,8	2.790
2003	91,3	2.740
2005 <sup>1)</sup>	--	2 800 <sup>2)</sup>

1) Zieljahr

2) Im Rahmen der Selbstverpflichtung von der deutschen Zementindustrie prognostizierter Wert im Zieljahr

Bei der Berechnung der spezifischen Verbräuche wurde der Gesamtverbrauch an thermischer Energie einschließlich der Sekundärbrennstoffe berücksichtigt. Als Bezugsgröße wurde wiederum die aus dem in Deutschland hergestellten Zementklinker ermahlene Zementmenge (einschließlich Klinkerexport) eingesetzt. Zemente aus Importklinker blieben unberücksichtigt, da hierfür in Deutschland keine Brennstoffe verbraucht wurden. Aus den in Tafel 2 dargestellten Angaben geht hervor, dass der gesamte Brennstoffenergieverbrauch im Zeitraum 1999 – 2003 von 102,3 Mio. GJ/a auf 91,3 Mio. GJ/a gesunken ist. Der spezifische Brennstoffenergieverbrauch der deutschen Zementindustrie lag im Jahr 2003 mit 2740 kJ/kg Zement um 60 kJ/kg Zement niedriger als im Jahr 1999 (2.800 kJ/kg Zement).

Da sich der auf die Klinkerproduktion bezogene Energieverbrauch gegenüber den Vorjahren zum Teil nur geringfügig verändert hat, ist die erreichte Minderung vor allem auf die verstärkte Herstellung von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen zurückzuführen. Dies ist das Ergebnis der Bemühungen der Zementindustrie in den vergangenen Jahren, die Akzeptanz dieser Zementsorten im Markt zu verbessern. So nahm der Anteil dieser Zemente am Zementabsatz insgesamt von 1999 bis 2002 stetig zu. Im Jahr 2003 nahm er dagegen wieder leicht ab. Dies macht deutlich, dass der erreichte hohe Anteil dieser Zemente im Markt möglicherweise nicht mehr wesentlich gesteigert werden kann. Neben der Marktakzeptanz sind auch die verfügbaren Hüttensandmengen und damit die Stahlproduktion sowie der Anteil der granulierten Hochofenschlacke von Bedeutung.

#### **4.2.2 Elektrischer Energieverbrauch**

Die Daten zum elektrischen Energieverbrauch der deutschen Zementwerke sind in **Tafel 3** zusammengestellt. Demnach ist der absolute elektrische Energieverbrauch im Wesentlichen der Entwicklung der Zementproduktion gefolgt. Er sank zunächst von 3,73 Mio. MWh/a in 1999 auf 3,17 Mio. MWh/a (2002), um dann im Jahr 2003 wieder leicht auf 3,32 Mio. MWh/a anzusteigen. Der spezifische elektrische Energieverbrauch schwankte zwischen 99,5 kWh/t Zement (2003) und 103 kWh/t Zement (2002). Diese Veränderungen liegen noch im Bereich üblicher Schwankungsbreiten. Allerdings trägt der verstärkte Einsatz anderer Hauptbestandteile als Klinker auch zu einer gewissen Verminderung des elektrischen Energieverbrauchs bei. Zwar erfordern Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen, wie z. B. Hüttensand oder Kalkstein, einen höheren Mahlergieaufwand, da sie bei gleicher Qualität feiner aufgemahlen werden müssen. Andererseits wird jedoch der elektrische Energieverbrauch für die Herstellung des substituierten Klinkers (Rohmaterialaufbereitung, Brennprozess) eingespart. Die deutliche Abnahme von 2002 nach 2003 dürfte u. a. auf die stark gestiegenen Klinkerexporte zurückzuführen sein, da für diese Mengen in Deutschland keine Mahlergie für die Zementmahlung aufgewendet wurde.

**Tafel 3:** Elektrischer Energieverbrauch der deutschen Zementindustrie

Jahr	Elektrischer Energieverbrauch	
	absolut [10 <sup>6</sup> MWh/a]	spezifisch [kWh/t Zement]
1987	3,80	111,2
1990	3,67	107,4
1994	3,72	107,8
1995	3,64	106,5
1996	3,50	107,4
1997	3,47	103,9
1998	3,63	104,7
1999	3,73	102,0
2000	3,55	101,5
2001	3,21	99,8
2002	3,17	103,0
2003	3,32	99,5

Es ist fraglich, ob eine signifikante Verminderung des derzeitigen spezifischen elektrischen Energieverbrauchs zukünftig möglich sein wird. Aufgrund der steigenden Marktanforderungen an die Leistungsfähigkeit, wie z. B. die Feinmahlung der Zemente, ist insbesondere bei zunehmender Produktion von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen ein insgesamt höherer Energieverbrauch zur Feinmahlung zu erwarten. Auch höhere Anforderungen an die Abgasreinigung, wie sie z. B. durch die Novellierung der TA Luft und der 17. BImSchV eingeführt wurden, können zu einer Erhöhung des elektrischen Energieverbrauchs beitragen.

## 5 CO<sub>2</sub>-Emissionen

### 5.1 Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen

Das Treibhauspotential der Emissionen der Zementindustrie wird praktisch ausschließlich durch Kohlendioxid bewirkt. Andere Treibhausgase, so auch die im Kyoto-Protokoll genannten, treten bei der Zementherstellung nicht oder nur in extrem geringen Mengen auf (vergleiche Monitoring-Bericht 1998). Beim Klinkerbrennprozess entstehen CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Umsetzung von Brennstoffenergie zur Erzeugung von Prozesswärme. Darüber hinaus wird Brennstoffenergie für Trocknungsprozesse für andere Hauptbestandteile des Zements, wie z. B. Hüttsand, aufgewendet. Über die brennstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementindustrie wird im Rahmen des Monitoring regelmäßig berichtet. Im Berichtszeitraum 2000 bis 2003 sanken sie von 0,195 auf 0,156 t CO<sub>2</sub>/t Zement. In absoluten Zahlen bedeutete dies eine Verminderung von 6,83 auf 5,20 Mio. t CO<sub>2</sub>/a. Hierin sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Einsatz von Sekundärbrennstoffen nicht berücksichtigt, da sie fossile Brennstoffe vollständig substituieren. Da die Abfälle ansonsten an anderer Stellen ihren Kohlenstoffgehalt zu CO<sub>2</sub> oder anderen Treibhausgasen freisetzen würden, führt der Einsatz von Sekundärbrennstoffen insgesamt zu einer Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

In dieser entsprechenden Berücksichtigung der Sekundärbrennstoffe besteht ein wesentlicher Unterschied zur Berichterstattung im Rahmen des Emissionshandels. Der Emissionshandel umfasst alle fossilen Brennstoffe sowie die fossilen Anteile der Abfallbrennstoffe. Nur die biogenen Anteile der Brennstoffe werden mit einem Emissionsfaktor von 0 gerechnet.

Eine Substitution der traditionellen fossilen Brennstoffe Braun- und Steinkohle durch andere Brennstoffe mit niedrigeren spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen, wie z. B. Erdgas, ist aus Kostengründen nicht möglich. Da die Brennstoffkosten maßgeblich die Herstellkosten des Zements beeinflussen, gehen die Bestrebungen der Zementindustrie aus Wettbewerbsgründen auch weiterhin dahin, fossile Brennstoffe verstärkt durch Abfallbrennstoffe zu ersetzen. Inwiefern zukünftig der Einsatz biogener Brennstoffe eine besondere Rolle spielen wird, bleibt abzuwarten (siehe auch Kapitel 6.3). Wie bereits in den Vorjahren wurden bei der Berechnung der brennstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen im vorliegenden Bericht vorwiegend die vom RWI vorgeschlagenen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren verwendet. Nur für Petrolkoks und Braunkohlenstaub wurden die spezifischen Emissionsfaktoren für die in der Zementindustrie eingesetzten Brennstoffqualitäten verwendet (Braunkohle 0,093 kg CO<sub>2</sub>/MJ Brennstoff, Petrolkoks 0,096 kg CO<sub>2</sub>/MJ Brennstoff). Diese Faktoren beruhen auf einer Vielzahl von Brennstoffanalysen des Forschungsinstituts der Zementindustrie. Bei Verwendung der vom RWI angewendeten Faktoren würde bei diesen Brennstoffen den spezifischen Brennstoffbedingungen der Zementindustrie keine Rechnung getragen. Die sich aus der Verbrennung der einzelnen Energieträger ergebenden CO<sub>2</sub>-Emissionen sind der **Tabelle IV, Anlage**, zu entnehmen.

Die im Rahmen der Selbstverpflichtung vereinbarten und verwendeten Emissionsfaktoren unterscheiden sich ebenfalls von den im Emissionshandel vorgeschriebenen Werten. Quantitativ weichen die Werte zwar nur geringfügig ab, allerdings ist die Differenzierung beim Emissionshandel deutlich stärker.

Der elektrische Energieverbrauch macht etwa 10 % des gesamten Energieverbrauchs der Zementwerke aus. Als Primärenergie gerechnet ist der Anteil des elektrischen Energieverbrauchs und damit der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die sich aus deren Einsatz ergeben, jedoch grö-

ßer. Die durch den Stromverbrauch bedingte CO<sub>2</sub>-Emission betrug im Berichtszeitraum zwischen 0,067 und 0,069 t CO<sub>2</sub>/t Zement. In absoluten Zahlen nahm sie geringfügig von 2,38 (im Jahr 2000) auf 2,22 (im Jahr 2003) ab. Eine Eigenstromerzeugung findet in der deutschen Zementindustrie nur in sehr geringem Maße statt.

Für die berechneten indirekten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Stromverbrauch werden im Rahmen des vom BDI organisierten Monitorings einheitliche CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren verwendet (siehe **Tabelle V, Anlage**). Diese Faktoren basieren auf den statistischen Jahresberichten des Referats Elektrizitätswirtschaft des BMWA. Gemäß der zugrundeliegenden Methodik werden die Faktoren des Basisjahres 1990 verwendet. Dadurch wird gewährleistet, dass Effizienzsteigerungen durch die stromverbrauchende Industrie dieser angerechnet werden, während Verbesserungen bei der Stromerzeugung bzw. CO<sub>2</sub>-Minderungen durch Brennstoffwechsel der stromerzeugenden Industrie gutgeschrieben werden. Der für 1990 und alle Folgejahre angesetzte Emissionsfaktor beträgt 0,67 t CO<sub>2</sub>/MWh.

## 5.2 Rohstoffbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen

Bei der Entsäuerung des wichtigsten Rohstoffs Kalkstein (chemisch CaO<sub>3</sub>) wird CO<sub>2</sub> freigesetzt. Die je Tonne produzierten Klinkers erzeugte rohstoffbedingte CO<sub>2</sub>-Emission hängt von der Rohstoffrezeptur ab, variiert aber nur in geringem Maße. Sie beträgt in Deutschland ca. 0,53 t CO<sub>2</sub>/t Klinker oder im Berichtszeitraum zwischen 0,401 und 0,431 t CO<sub>2</sub>/t Zement. Die gesamte rohstoffbedingte CO<sub>2</sub>-Emission der deutschen Zementindustrie sank von 15,1 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2000 auf 13,4 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2003. Damit ergeben sich für den Berichtszeitraum die in **Tafel 4** dargestellten spezifischen bzw. absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Eine Verminderung der rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen ist – bezogen auf die Tonne Zement – nur in begrenztem Maße durch die verstärkte Herstellung von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen möglich. Bezogen auf die Tonne Klinker ist eine Reduzierung praktisch nicht möglich.

**Tafel 4:** CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementindustrie in den Jahren 2000 bis 2003

	Absolute CO <sub>2</sub> -Emissionen in 10 <sup>6</sup> t/a				Spezifische CO <sub>2</sub> -Emissionen in t CO <sub>2</sub> /t Zement			
	2000	2001	2002	2003	2000	2001	2002	2003
thermisch bedingt <sup>1)</sup>	6,83	5,78	5,16	5,20	0,195	0,179	0,168	0,156
elektrisch bedingt	2,38	2,15	2,12	2,22	0,068	0,067	0,069	0,067
rohstoffbedingt	15,10	13,37	12,70	13,37	0,431	0,415	0,413	0,401
energiebedingt	9,21	7,93	7,28	7,42	0,263	0,246	0,237	0,223
gesamt	24,31	21,30	19,98	20,81	0,694	0,661	0,650	0,624

1) ohne Sekundärbrennstoffe



Zusammenfassend ergeben sich damit die in **Tafel 5** zusammengestellten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der deutschen Zementindustrie für den Zeitraum 1987 bis 2003. Das Basisjahr für die auf die spezifischen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen umgestellte Selbstverpflichtung der Zementindustrie ist das Jahr 1990. Die Daten von 1987 werden zur Information mit angegeben.

**Tafel 5:** Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen der deutschen Zementindustrie (in t CO<sub>2</sub>/t Zement)

<b>Jahr</b>	<b>aus thermischem Energieverbrauch<sup>1)</sup></b>	<b>aus elektrischem Energieverbrauch</b>	<b>aus Kalkstein-entsäuerung</b>	<b>gesamt</b>
1987	0,317	0,075	0,456	0,848
1990 <sup>2)</sup>	0,280	0,072	0,450	0,802
1994	0,252	0,072	0,450	0,775
1995	0,254	0,071	0,451	0,776
1996	0,245	0,072	0,451	0,768
1997	0,231	0,070	0,453	0,754
1998	0,218	0,070	0,444	0,732
1999	0,199	0,068	0,427	0,694
2000	0,195	0,068	0,431	0,694
2001	0,179	0,067	0,415	0,661
2002	0,168	0,069	0,413	0,650
2003	0,156	0,067	0,401	0,624

1) ohne Sekundärbrennstoffe

2) Basisjahr der freiwilligen Vereinbarung von 2000

## **6 Maßnahmen zur Erreichung des Minderungsziels**

### **6.1 Maßnahmen zur Optimierung des Energieeinsatzes**

Die heutige Situation der deutschen Zementindustrie ist durch die in den Jahren nach der deutschen Wiedervereinigung getätigten Investitionen in Neuanlagen bzw. in die grundlegende Umstrukturierung und Optimierung der Zementwerke in den neuen Bundesländern gekennzeichnet. Auch in den alten Bundesländern wurden nach 1990 mehrere Ofenanlagen neugebaut. Die letzte dieser Neuanlagen ging im Jahr 2001 in Betrieb. Damit sind die deutschen Zementwerke heute auf einem technischen Stand. Darüber hinaus befinden sich keine grundlegend neuen und effizienteren Verfahren zur Klinkerherstellung in der Entwicklung.

Andererseits war der Berichtszeitraum – wie bereits in Kapitel 2 dargelegt – durch einen massiven Rückgang der Bautätigkeit in Deutschland geprägt, der sich direkt auf den Zementabsatz auswirkte. Auf den plötzlichen und rapiden Umsatzrückgang musste die deutsche Zementindustrie durch Personalabbau und Kapazitätsanpassungen reagieren. Für große Investitionen in energiesparende Maßnahmen bestand aus diesen Gründen kein Spielraum. Somit beschränkten sich die Modernisierungen im Wesentlichen auf die für den Erhalt der Anlagen erforderlichen Ersatzinvestitionen.

### **6.2 Einsatz von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen**

Die deutsche Zementindustrie hatte im Berichtszeitraum 2000 bis 2003 ihre Bemühungen fortgesetzt, verstärkt Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen neben Klinker in den Markt zu bringen. Allerdings führte der schlechte Zementabsatz dazu, dass der positive Trend aus den vergangenen Jahren nicht linear fortgeführt werden konnte.

Grundsätzlich erlauben es nationale und europäische Zementnormen, gebrannten Zementklinker teilweise durch andere Stoffe zu ersetzen. Eine technische Bedeutung weisen allerdings nur Hüttensand aus der Herstellung von Roheisen sowie ungebrannter Kalkstein auf. Wie bereits in Kapitel 4 dargestellt, ist die im Berichtszeitraum erzielte Verringerung des spezifischen Brennstoffenergieverbrauchs vor allem auf die vermehrte Produktion von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen zurückzuführen. Wie aus **Tafel 6** hervorgeht, stieg der Anteil der Zemente mit anderen Hauptbestandteilen von 34 % im Jahr 1999 auf 42 % im Jahr 2003. Während der Anteil der hüttensandhaltigen Zemente mit geringerem Hüttensandgehalt (6 – 35 %) zunächst deutlich bis auf 19,2 % in 2002 anstieg, nahm dieser im Jahr 2003 wieder auf 15,3 % ab. Der Anteil der Zemente mit hohem Hüttensandgehalt (36 – 80 %) sank dagegen von 13,8 % auf 11,4 % in 2003. Kompensiert wurde dieser Rückgang durch die starke Zunahme des Anteils der Portlandkalkstein-Zemente von 5,5 % in 1999 auf 13,7 % in 2003.

**Tafel 6:** Anteile von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen (in % des Inlandsversands)

Zementsorte	Anteil anderer Hauptbestandteile [%]	1999 [%]	2000 [%]	2001 [%]	2002 [%]	2003 [%]
Portlandhüttenzement	6 – 35 (Hüttensand)	13,1	15,0	16,1	19,2	15,3
Portlandkalksteinzement	6 – 20 (Kalkstein)	5,5	6,8	9,4	10,9	13,7
Hochofenzement	36 – 80 (Hüttensand)	13,8	14,2	14,1	10,7	11,4
Portlandölschieferzement	6 - 35 (Ölschiefer)	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2
Portlandpuzzolanzement	6 – 35 (Trass)	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4
Gesamt		34,0	37,8	41,4	42,6	42,0

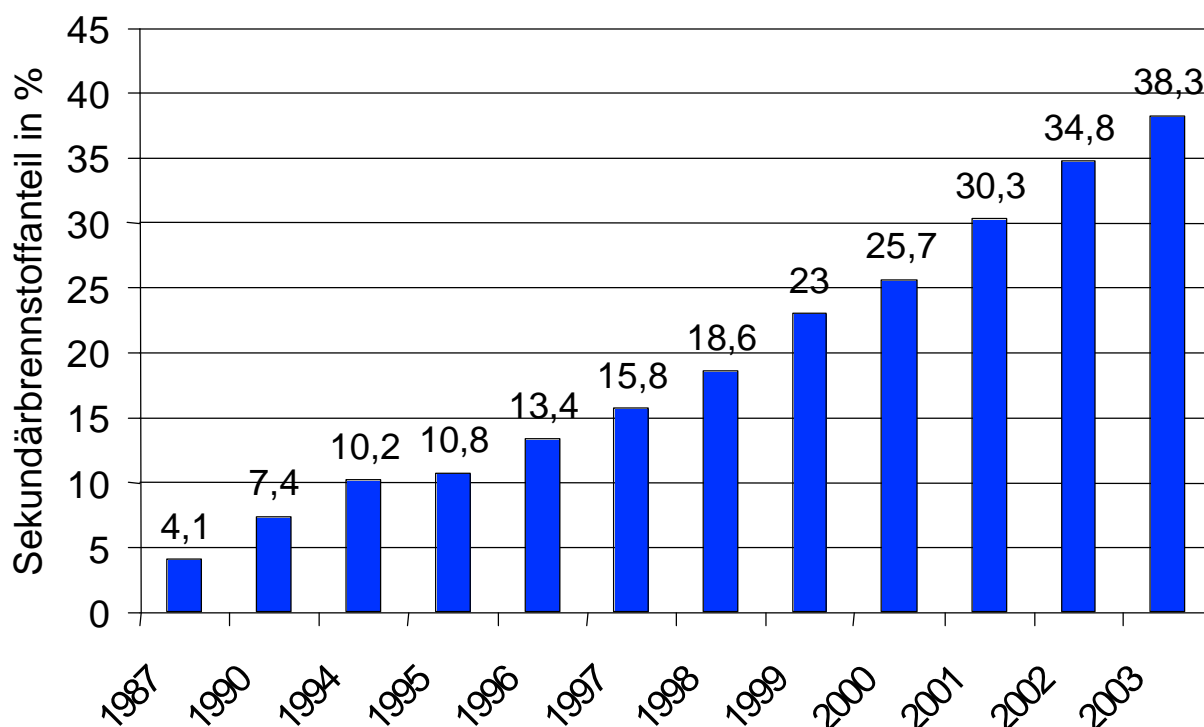
Quelle: BDZ Zahlen und Daten

### 6.3 Einsatz von Sekundärbrennstoffen

Der Einsatz von Sekundärbrennstoffen wird in der weiterentwickelten Selbstverpflichtung der Zementindustrie als CO<sub>2</sub>-frei gerechnet. Wesentlicher Grund hierfür ist, dass die Substitution fossiler Brennstoffe durch abfallstämmige Sekundärbrennstoffe zu einer Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen insgesamt führt. Diese Stoffe müssten ansonsten deponiert oder verbrannt werden, wobei sie ihr CO<sub>2</sub> freisetzen würden. Weiterhin stellen bestimmte Abfallstoffe, wie z. B. Tiermehl oder Klärschlamm, biogene Energieträger dar, die aufgrund ihrer Entstehung Kohlendioxid aus der Atmosphäre eingebunden haben.

Im Berichtszeitraum 2000 bis 2003 haben die deutschen Zementwerke den Anteil der Sekundärbrennstoffe an der gesamten Feuerungswärmeleistung der Drehöfen von 25,7 auf 38,3 % erhöht (siehe auch **Bild 3**). Dies entsprach im Jahr 2003 einem Energieeinsatz von 34,9 Mio. GJ/a oder etwa 1,2 Mio. t SKE/a. Bezogen auf einen für die Zementindustrie typischen Heizwert von Steinkohle von 25 MJ/t entspricht dieser einer tatsächlichen eingesparten Kohlenmenge von ca. 1,4 Mio. t/a. Deren Einsatz in den Drehrohröfen der Zementindustrie hätte ansonsten eine CO<sub>2</sub>-Emission von 2,2 Mio. t/a verursacht.

Die Mengen der im einzelnen eingesetzten Sekundärbrennstoffe haben sich im Berichtszeitraum 2000 bis 2003 deutlich verändert (siehe **Tafel 7**). Der Einsatz der „klassischen“ Sekundärbrennstoffe Altreifen blieb mit ca. 250.000 t/a nahezu konstant, während der Einsatz von Altöl von 140.000 auf 116.000 t/a zurückging. Deutlich gesteigert wurde der Einsatz von Fraktionen aus Industrie- und Gewerbeabfällen von 372.000 t/a in 2000 auf 626.000 t/a in 2003. Auch der Einsatz aufbereiteter Fraktionen aus Siedlungsabfall wurde auf 155.000 t/a gesteigert. Diese heterogen zusammengesetzten Sekundärbrennstoffe enthalten auch biogene Anteile in unterschiedlicher Höhe. Der Einsatz von Tiermehlen und -fetten begann im Jahr 2000 nach der BSE-Krise und wurde auf 452.000 t/a im Jahr 2003 gesteigert. Es ist allerdings absehbar, dass diese Mengen in Zukunft nicht mehr zur Verfügung stehen werden. Der Einsatz anderer biogener Brennstoffe wie Altholz oder Klärschlamm war im Berichtszeitraum insgesamt von geringer Bedeutung.



**Bild 3:** Die Entwicklung des Sekundärbrennstoffeinsatzes in der deutschen Zementindustrie

**Tafel 7:** Einsatz von Sekundärbrennstoffen in der deutschen Zementindustrie

<b>Sekundärbrennstoff</b>	<b>2000 1.000 t/a</b>	<b>2003 1.000 t/a</b>
Reifen	248	247
Altöl	140	116
Fractionen aus Industrie-/Gewerbeabfällen	372	626
<u>davon:</u>		
- Zellstoff, Papier und Pappe		156
- Kunststoff		177
- Verpackungen		9
- Abfälle aus der Textilindustrie		15
- Sonstige		269
Tiermehl und -fette	1)	452
Aufbereitete Fractionen aus Siedlungsabfällen	1)	155
Altholz	79	48
Lösungsmittel	31	48
Bleicherde	23	20
Klärschlamm	-	4
Sonstige wie:	176	17
- Ölschlamm		
- organische Destillationsrückstände		

1) in 2000 unter Sonstige

## CO<sub>2</sub>-MONITORING

- Bitte in grau unterlegte Felder im EDV-Programm MS-Excel die entsprechenden Daten eintragen -

Branche (Verband)	Verein Deutscher Zementwerke
-------------------	------------------------------

Verwendete Datenbasis: (STABUA-Daten = 1; Verbandsdaten = 2) 2

**Tabelle I. Gesamtbrennstoffeinsatz fossiler Energieträger**

	Basisjahr 1987	Berichtsjahr 1995	Berichtsjahr 1996	Berichtsjahr 1997	Berichtsjahr 1998	Berichtsjahr 1999	Berichtsjahr 2000	Berichtsjahr 2001	Berichtsjahr 2002	Berichtsjahr 2003
Brennstoff <sup>1</sup>	[Menge/a]	[Menge/a]	[Menge/a]	[Menge/a]	[Menge/a]	[Menge/a]	[Menge/a]	[Menge/a]	[Menge/a]	[Menge/a]
<b>Steinkohlen [t/a]</b>	1,644,625	1,469,786	1,294,985	1,294,722	1,084,902	996,062	1,064,780	752,901	656,124	646,486
Steinkohlenbriketts [t/a]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Steinkohlenkoks [t/a]</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Rohbraunkohlen [t/a]</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Braunkohlenbriketts [t/a]</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Braunkohlenkoks [t/a]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Braunkohlenstaub [t/a]	2,611,224	1,558,587	1,495,225	1,463,439	1,550,596	1,495,596	1,400,095	1,284,341	1,139,163	1,277,806
Hartbraunkohlen [t/a]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Petrolkoks [t/a]	27,296	323,475	320,868	306,266	329,162	312,417	271,763	247,939	239,567	185,061
<b>Heizöl-S [t/a]</b>	109,673	81,528	58,125	54,245	112,235	143,871	46,997	84,424	84,052	67,026
<b>Heizöl-L [t/a]</b>	4,683	6,127	7,227	5,794	6,578	8,250	6,879	6,727	8,453	8,198
<b>Erdgas [1000 m<sup>3</sup>/a] bzw.</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Erdgas [1000 KWh/a]</b>	666,667	308,145	354,125	490,893	186,774	178,817	217,672	132,508	99,830	82,762
Erdölgas [1000 m <sup>3</sup> /a]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flüssiggas [t/a]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raffineriegas [1000 m <sup>3</sup> /a]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Kokereigas (Ortsgas) [1000 m<sup>3</sup>/a] bzw.</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Kokereigas (Ortsgas) [1000 KWh/a]</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gichtgas [1000 m <sup>3</sup> /a]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grubengas [1000 m <sup>3</sup> /a]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonstige Regelbrennstoffe [t/a]	135,514	27,141	26,354	23,268	50,523	42,491	46,003	50,104	28,130	37,408

Anm: Als Heizwerte (Hu) in [GJ/Bezugseinheit] werden - sofern auf Daten des Statistischen Bundesamtes (STABUA) zurückgegriffen wird - die oben genannten STABUA-Angaben verwendet.

Falls verbandseigene Energieverbrauchswerte vorliegen, werden die Heizwerte der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) angesetzt.

1) Die Brennstoffverbräuche aus den Angaben des Statistischen Bundesamtes sind - sofern verwendet - neben den fett gedruckten Rubriken in die grau unterlegten Felder einzutragen.

[Bitte branchenspezifische Besonderheiten vermerken; z.B. Anteil des Brennstoffeinsatzes in (Kraftwerks-) Betreiber- gesellschaften mit KWK u.ä.; ggf. mit Quellenangabe]

Datenbasis : Erhebung durch den Verein Deutscher Zementwerke

Tabelle III enthält nicht den Einsatz von Sekundärbrennstoffen

Branchenspezifische CO<sub>2</sub> - Emissionsfaktoren für Braunkohlenstaub und Petrolkoks

Basisjahr 1987

Selbstverpflichtung bezieht sich auf den spezifischen thermischen Energieverbrauch

Hu-STABUA

Heizwerte (H<sub>n</sub>) fossiler Energieträger (Statist. Bundesamt)

Basisjahr 1987	Berichtsjahr 1995	Berichtsjahr 1996	Berichtsjahr 1997	Berichtsjahr 1998	Berichtsjahr 1999	Berichtsjahr 2000	Berichtsjahr 2001	Berichtsjahr 2002	Berichtsjahr 2003
[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]
29.308	29.308	29.308	29.308	29.308	29.308	29.308	29.308	29.308	29.308
29.308	29.308	29.308	29.308	29.308	29.308	29.308	29.308	29.308	29.308
28.428	28.429	28.429	28.429	28.429	28.429	28.429	28.429	28.429	28.429
7.913	8.792	8.792	8.792	8.792	8.792	8.792	8.792	8.792	8.792
20.222	20.223	20.223	20.223	20.223	20.223	20.223	20.223	20.223	20.223
20.222	20.223	20.223	20.223	20.223	20.223	20.223	20.223	20.223	20.223
21.446	21.466	21.466	21.466	21.466	21.466	21.466	21.466	21.466	21.466
14.654	13.275	13.275	13.275	13.275	13.275	13.275	13.275	13.275	13.275
29.308	31.018	31.018	31.018	31.018	31.018	31.018	31.018	31.018	31.018
41.031	40.614	40.614	40.614	40.614	40.614	40.614	40.614	40.614	40.614
42.705	42.733	42.733	42.733	42.733	42.733	42.733	42.733	42.733	42.733
31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736
3.249	3.249	3.249	3.249	4.249	5.249	5.249	5.249	5.249	5.249
31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736
45.887	45.987	45.987	45.987	45.987	45.987	45.987	45.987	45.987	45.987
31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736
31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736
3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249
31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736
31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736
21.400	21.400	21.400	21.400	21.400	21.400	21.400	21.400	21.400	21.400

e Heizwerte der nicht in der Reihe des Statistischen Bundesamtes  
 en der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen.

**Tabelle Ib. Heizwerte ( $H_u$ ) fossiler Energieträger (Arbeitsg. Energiebilanzen)**

	Basisjahr 1987	Berichtsjahr 1995 <sup>2</sup>	Berichtsjahr 1996 <sup>2</sup>	Berichtsjahr 1997	Berichtsjahr 1998	Berichtsjahr 1999	Berichtsjahr 2000	Berichtsjahr 2001	Berichtsjahr 2002	Berichtsjahr 2003
Brennstoff	[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]	[GJ/ME]
Steinkohlen [t/a]	29.033	29.491	29.491	29.491	29.491	29.491	29.491	29.491	29.491	29.491
Steinkohlenbriketts [t/a]	31.401	31.401	31.401	31.401	31.401	31.401	31.401	31.401	31.401	31.401
Steinkohlenkoks [t/a]	28.430	28.601	28.601	28.601	28.601	28.601	28.601	28.601	28.601	28.601
Rohbraunkohlen [t/a]	8.994	8.781	8.781	8.781	8.781	8.781	8.781	8.781	8.781	8.781
Braunkohlenbriketts [t/a]	19.339	19.457	19.457	19.457	19.457	19.457	19.457	19.457	19.457	19.457
Braunkohlenkoks[t/a]	29.726	29.935	29.935	29.935	29.935	29.935	29.935	29.935	29.935	29.935
Braunkohlenstaub [t/a]	21.446	21.466	21.466	21.466	21.466	21.466	21.466	21.466	21.466	21.466
Hartbraunkohlen [t/a]	14.963	13.275	13.275	13.275	13.275	13.275	13.275	13.275	13.275	13.275
Petrolkoks [t/a]	29.308	31.018	31.018	31.018	31.018	31.018	31.018	31.018	31.018	31.018
Heizöl-S [t/a]	41.031	40.614	40.614	40.614	40.614	40.614	40.614	40.614	40.614	40.614
Heizöl-L [t/a]	42.705	42.733	42.733	42.733	42.733	42.733	42.733	42.733	42.733	42.733
Erdgas [1000 m <sup>3</sup> /a]	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736
Erdgas [1000 Kwh/a]	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249
Erdölgas [1000 m <sup>3</sup> /a]	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736
Flüssiggas [t/a]	45.887	45.987	45.987	45.987	45.987	45.987	45.987	45.987	45.987	45.987
Raffineriegas [1000 m <sup>3</sup> /a]	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736
Kokereigas (Ortsgas) [1000 m <sup>3</sup> /a]	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736
Kokereigas (Ortsgas) [1000 KWh/a]	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249
Gichtgas [1000 m <sup>3</sup> /a]	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736
Grubengas [1000 m <sup>3</sup> /a]	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736	31.736
Sonstige Regelbrennstoffe [t/a]	21.400	21.400	21.400	21.400	21.400	21.400	21.400	21.400	21.400	21.400

1) Für die neuen Bundesländer sind die frühest verfügbaren Heizwerte aus dem Jahr 1991 verwendet und mit dem Brennstoffverbrauch aus dem Jahr 1990 gewichtet.

2) Bei den Heizwerten der Festbrennstoffe handelt es sich um mit den Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen über die Energieverbräuche in den alten und neuen Bundesländern gewichtete Daten.

Für die alten und neuen Bundesländer sind die frühest verfügbaren Heizwerte aus dem Jahr 1993 verwendet und mit den Brennstoffverbräuchen aus dem Jahr 1995 gewichtet.

Joule

**Tabelle Ic. Gesamtbrennstoffeinsatz fossiler Energieträger, in GJ**

	Basisjahr 1987	Berichtsjahr 1995	Berichtsjahr 1996	Berichtsjahr 1997	Berichtsjahr 1998	Berichtsjahr 1999	Berichtsjahr 2000	Berichtsjahr 2001	Berichtsjahr 2002	Berichtsjahr 2003
	[GJ/a]	[GJ/a]	[GJ/a]	[GJ/a]	[GJ/a]	[GJ/a]	[GJ/a]	[GJ/a]	[GJ/a]	[GJ/a]
Brennstoff										
Steinkohlen	47,747,582	43,345,305	38,190,267	38,182,498	31,994,726	29,374,773	31,401,306	22,203,713	19,349,670	19,065,463
Steinkohlenbriketts	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Steinkohlenkoks	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rohbraunkohlen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Braunkohlenbriketts	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Braunkohlenkoks	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Braunkohlenstaub	56,000,000	33,456,355	32,096,247	31,413,937	33,284,825	32,104,219	30,054,194	27,569,443	24,453,081	27,429,170
Hartbraunkohlen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Petrolkoks	800,000	10,033,545	9,952,685	9,499,765	10,209,947	9,690,558	8,429,540	7,690,578	7,430,903	5,740,212
Heizöl-S	4,500,000	3,311,173	2,360,669	2,203,093	4,558,299	5,843,188	1,908,716	3,428,813	3,413,675	2,722,177
Heizöl-L	200,000	261,817	308,811	247,608	281,090	352,556	293,964	287,473	361,226	350,342
Erdgas	2,165,733	1,001,040	1,150,412	1,594,715	606,755	580,906	707,131	430,465	324,308	268,861
Erdölgas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flüssiggas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raffineriegas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kokereigas (Ortsgas)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gichtgas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grubengas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonstige Regelbrennstoffe	2,900,000	580,818	563,966	497,936	1,081,187	909,298	984,472	1,072,219	601,990	800,523
Summen	114,313,315	91,990,051	84,623,057	83,639,553	82,016,829	78,855,497	73,779,322	62,682,703	55,934,851	56,376,748
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) absolut	---	---	-7,366,994	-983,504	-1,622,724	-3,161,332	-5,076,176	-11,096,618	-6,747,853	441,898
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) in vH	---	---	-8.0	-1.2	-1.9	-3.9	-6.4	-15.0	-10.8	0.8
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) absolut	---	-22,323,264	-29,690,258	-30,673,762	-32,296,486	-35,457,818	-40,533,994	-51,630,612	-58,378,464	-57,936,567
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) in vH	---	-19.5	-26.0	-26.8	-28.3	-31.0	-35.5	-45.2	-51.1	-50.7

Anm.: [Menge Brennstoff/a] multipliziert mit Hu =[GJ/a].



Strombilanz

**Tabelle II. Nettofremdstrombezug (NFS)**

	Basisjahr 1987	Berichtsjahr 1995	Berichtsjahr 1996	Berichtsjahr 1997	Berichtsjahr 1998	Berichtsjahr 1999	Berichtsjahr 2000	Berichtsjahr 2001	Berichtsjahr 2002	Berichtsjahr 2003
Strom bezogen [MWh/a]	3,802,415	3,643,891	3,495,830	3,466,606	3,630,086	3,730,717	3,552,763	3,214,762	3,169,992	3,316,349
Strom abgegeben [MWh/a]	0	0	0	0	0					
NFS [MWh/a]	3,802,415	3,643,891	3,495,830	3,466,606	3,630,086	3,730,717	3,552,763	3,214,762	3,169,992	3,316,349
BW	10,434	10,434	10,434	10,434	10,434	10,434	10,434	10,434	10,434	10,434
NBE [GJ/a]	39,674,398	38,020,359	36,475,490	36,170,570	37,876,322	38,926,299	37,069,529	33,542,822	33,075,692	34,602,783
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) absolut		---	-1,544,868	-304,920	1,705,752	1,049,977	-1,856,770	-3,526,707	-467,130	1,527,091
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) in vH		---	-4,1	-0,8	4,7	2,8	-4,8	-9,5	-1,4	4,6
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) absolut		-1654039	-3198908	-3503828	-1798076	-748099	-2604869	-6131576	-6598706	-5071615
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) in vH		-4,2	-8,1	-8,8	-4,5	-1,9	-6,6	-15,5	-16,6	-12,8

Anm.: NBE (Nettobrennstoffeinsatz) = Summe aus [Strom bezogen, MWh/a] multipliziert mit einheitlichem BW und [Strom abgegeben, MWh/a] multipliziert mit einheitlichem (-BW).

$BW_{1990,D} = 10,434 \text{ GJ/MWh}$
$BW_{1987,ABL} = 10,024 \text{ GJ/MWh}$
$BW_{1987,NBL} = 12,281 \text{ GJ/MWh}$

BW = Brennstoffwert. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wird der nach der Substitutionsmethode (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen) primärenergetisch bewertete durchschnittliche spezifische Brennstoffeinsatz - in [GJ/MWh] - in Kraftwerken der öffentlichen Versorgung verwendet. Dieser auf die Netto-Stromerzeugung der öffentlichen Kraftwerke Gesamtdeutschlands bezogene Wert ist für das betreffende Jahr in der VDEW-Statistik ausgewiesen. Um den meldenden Verbänden nicht die Effizienzsteigerungen in den Kraftwerken der öffentlichen Versorgung zuzurechnen, wird der Berechnung des Nettobrennstoffeinsatzes der Brennstoffwert des Basisjahrs 1990 zugrunde gelegt.

**Spezifischer Brennstoffeinsatz bei der Stromerzeugung in EVU-Kraftwerken (BW)  
Angaben in GJ/MWh**

Jahr	1987	1990
Alte Bundesländer (brutto)	9.409	9.379
Alte Bundesländer (netto)	10.024	10.053
Neue Bundesländer (brutto)	11.167	11.138
Neue Bundesländer (netto)	12.281	12.252
Deutschland insgesamt (brutto)	a)	9.672
Deutschland insgesamt (netto)	a)	10.434

a) Zusammenfassung nicht sinnvoll.

Quellen: 1987-1994 Statistischer Jahresbericht des Referats Elektrizitätswirtschaft im BMWi, Statistisches Bundesamt.

Tabelle III. Energieeinsatz gesamt (Summe Tabellen I und II)

Basisjahr 1990 [GJ/a]	Berichtsjahr 1995 [GJ/a]	Berichtsjahr 1996 [GJ/a]	Berichtsjahr 1997 [GJ/a]	Berichtsjahr 1998 [GJ/a]	Berichtsjahr 1999 [GJ/a]	Berichtsjahr 2000 [GJ/a]	Berichtsjahr 2001 [GJ/a]	Berichtsjahr 2002 [GJ/a]	Berichtsjahr 2003 [GJ/a]
GJ/a mit Fremdstrom	GJ/a mit Fremdstrom	GJ/a mit Fremdstrom	GJ/a mit Fremdstrom	GJ/a mit Fremdstrom	GJ/a mit Fremdstrom	GJ/a mit Fremdstrom	GJ/a mit Fremdstrom	GJ/a mit Fremdstrom	GJ/a mit Fremdstrom
153.987,713	130.010,410	121.098,547	119.810,123	119.893,151	117.781,796	110.848,851	96.225,526	89.010,543	90.979,532
GJ/a ohne Fremdstrom	GJ/a ohne Fremdstrom	GJ/a ohne Fremdstrom	GJ/a ohne Fremdstrom	GJ/a ohne Fremdstrom	GJ/a ohne Fremdstrom	GJ/a ohne Fremdstrom	GJ/a ohne Fremdstrom	GJ/a ohne Fremdstrom	GJ/a ohne Fremdstrom
114.313,315	91.990,051	84.623,057	83.639,553	82.016,829	78.855,497	73.779,322	62.682,703	55.934,851	56.376,748
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) absolut	---	-8.911,863	-1.288,424	83,028	-2.111,355	-6.932,946	-14.623,325	-7.214,983	1.968,989
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) in vH	---	-6,9	-1,1	0,1	-1,8	-5,9	-13,2	-7,5	2,2
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) absolut	-23.977,304	-32.889,166	-34177590,5	-34094562,3	-36205916,8	-43138862,6	-57762187,6	-64977170,5	-63008181,7
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) in vH	-15,6	-21,4	-22,2	-22,1	-23,5	-28,0	-37,5	-42,2	-40,9
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) absolut	---	-7.366,994	-983,504	-1.622,724	-3.161,332	-5.076,176	-11.096,618	-6.747,853	441,898
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) in vH	---	-8,0	-1,2	-1,9	-3,9	-6,4	-15,0	-10,8	0,8
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) absolut	-22.323,264	-29.690,258	-30.673,762	-32.296,486	-35.457,818	-40.533,994	-51.630,612	-58.378,464	-57.936,567
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) in vH	-19,5	-26,0	-26,8	-28,3	-31,0	-35,5	-45,2	-51,1	-50,7

Angaben ohne Sekundärbrennstoffe

## CO2-Energie

Tabelle IV. CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Tabelle I

Brennstoff	CO <sub>2</sub> -Faktor	Basisjahr 1987 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 1995 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 1996 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 1997 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 1998 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 1999 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 2000 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 2001 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 2002 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 2003 [tCO <sub>2</sub> /a]
Steinkohlen	0,093	4.440,525	4.031,113	3.551,695	3.550,972	2.975,510	2.731,854	2.920,321	2.064,945	1.799,519	1.773,088
Steinkohlenbriketts	0,093	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Steinkohlenkoks	0,105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rohbraunkohlen	0,112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Braunkohlenbriketts	0,098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Braunkohlenkoks	0,106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Braunkohlenstaub	0,093	5.208,000	3.111,441	2.984,951	2.921,496	3.095,489	2.985,692	2.795,040	2.563,958	2.274,136	2.550,913
Hartbraunkohlen	0,097	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Petrolkoks	0,096	76,800	963,220	955,458	911,977	980,155	930,294	809,236	738,295	713,367	551,060
Heizöl-S	0,078	351,000	258,271	184,132	171,841	355,547	455,769	148,880	267,447	266,267	212,330
Heizöl-L	0,074	14,800	19,374	22,852	18,323	20,801	26,089	21,753	21,273	26,731	25,925
Erdgas	0,056	121,281	56,058	64,423	89,304	33,978	32,531	39,599	24,106	18,161	15,056
Erdölgas	0,059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flüssiggas	0,065	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raffineriegas	0,060	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kokereigas (Ortsgas)	0,044	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gichtgas	0,105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grubengas	0,054	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonstige Regelbrennstoffe	0,093	269,700	54,016	52,449	46,308	100,550	84,565	91,556	99,716	55,985	74,449
Summen		10.482,106	8.493,495	7.815,960	7.710,222	7.562,030	7.246,793	6.826,386	5.779,742	5.154,166	5.202,821
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) absolut			---	-677,535	-105,737	-148,192	-315,237	-420,407	-1.046,644	-625,576	48,655
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) in vH			---	-8,0	-1,4	-1,9	-4,2	-5,8	-15,3	-10,8	0,9
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) absolut			-1988611,4	-2.666,147	-2.771,884	-2.920,076	-3.235,313	-3.655,721	-4.702,364	-5.327,940	-5.279,285
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) in vH			-19,0	-25,4	-26,4	-27,9	-30,9	-34,9	-44,9	-50,8	-50,4

Ann.: [GJ Brennstoff / a] multipliziert mit CO<sub>2</sub>-Faktor = [tCO<sub>2</sub>/a].

Als CO<sub>2</sub>-Faktoren sind die Werte aus BMU (Hrsg.), Erster Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland nach dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, Bonn, September 1994 zu verwenden.

Tabelle V. CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Tabelle II (NFS: Nettofremdstrombezug)

	Basisjahr 1987 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 1995 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 1996 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 1997 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 1998 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 1999 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 2000 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 2001 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 2002 [tCO <sub>2</sub> /a]	Berichtsjahr 2003 [tCO <sub>2</sub> /a]
Nettofremdstrombezug [MWh/a]	3.802,415	3.643,891	3.495,830	3.466,606	3.630,086	3.730,717	3.552,763	3.214,762	3.169,992	3.316,349
EF	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Co <sub>2</sub> -Emissionen [t CO <sub>2</sub> /a]	2,547,618	2,441,407	2,342,206	2,322,626	2,432,158	2,499,580	2,380,351	2,153,890	2,123,894	2,221,954
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) absolut	---	---	-99,201	-19,580	109,532	67,422	-119,229	-226,461	-29,996	98,059
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) in vH	---	---	-4,1	-0,8	4,7	2,8	-4,8	-9,5	-1,4	4,6
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) absolut	---	-106,211	-205,412	-224,992	-115,460	-48,038	-167,267	-393,728	-423,724	-325,664
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) in vH	---	-4,2	-8,1	-8,8	-4,5	-1,9	-6,6	-15,5	-16,6	-12,8

Anm.: [Nettofremdstrombezug, MWh/a] multipliziert mit einheitlichem EF= [tCO<sub>2</sub>/a].

EF <sub>1990,D</sub> = 0,67 t CO <sub>2</sub> /MWh <sub>netto</sub>
EF <sub>1987,ABL</sub> = 0,56 t CO <sub>2</sub> /MWh <sub>netto</sub>
EF <sub>1987,NBL</sub> = 1,18 t CO <sub>2</sub> /MWh <sub>netto</sub>

EF = Spezifischer CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor in [tCO<sub>2</sub>/MWh] bezogen auf den gesamten Energieträgermix der Netto-Stromerzeugung der öffentlichen Versorgung in Ost- und Westdeutschland im Jahr 1990.

#### Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren bei der Stromerzeugung in EVU-Kraftwerken (EF)

Angaben in t CO<sub>2</sub>/MWh

<b>Alte Bundesländer</b>	<b>1987</b>	<b>1990</b>
Fossile Energieträger (brutto)	0,91	0,89
Fossile Energieträger (netto)	0,97	0,97
Alle Energieträger (brutto)	0,52	0,51
Alle Energieträger (netto)	0,56	0,55
<b>Neue Bundesländer</b>	<b>1987</b>	<b>1990</b>
Fossile Energieträger (brutto)	1,25	1,24
Fossile Energieträger (netto)	1,37	1,38
Alle Energieträger (brutto)	1,07	1,14
Alle Energieträger (netto)	1,18	1,27
<b>Deutschland insgesamt</b>	<b>1987</b>	<b>1990</b>
Fossile Energieträger (brutto)	a)	0,98
Fossile Energieträger (netto)	a)	1,07
Alle Energieträger (brutto)	a)	0,62
Alle Energieträger (netto)	a)	0,67

a) Zusammenfassung nicht sinnvoll.

Quelle: Berechnungen nach Angaben des Statistischen Jahresberichts des Referats Elektrizitätswirtschaft des BMWi.

Tabelle VI. CO<sub>2</sub>-Emissionen gesamt (Summe Tabellen IV und V)

Basisjahr 1987	Berichtsjahr 1995	Berichtsjahr 1996	Berichtsjahr 1997	Berichtsjahr 1998	Berichtsjahr 1999	Berichtsjahr 2000	Berichtsjahr 2001	Berichtsjahr 2002	Berichtsjahr 2003
tCO <sub>2</sub> /a mit Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a mit Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a mit Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a mit Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a mit Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a mit Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a mit Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a mit Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a mit Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a mit Fremdstrom
13.029,724	10.934,902	10.158,166	10.032,849	9.994,188	9.746,373	9.206,737	7.933,632	7.278,060	7.424,775
tCO <sub>2</sub> /a ohne Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a ohne Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a ohne Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a ohne Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a ohne Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a ohne Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a ohne Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a ohne Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a ohne Fremdstrom	tCO <sub>2</sub> /a ohne Fremdstrom
10.482,106	8.493,495	7.815,960	7.710,222	7.562,030	7.246,793	6.826,386	5.779,742	5.154,166	5.202,821
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) absolut	---	-776,736	-125,317	-38,661	-247,814	-539,636	-1.273,105	-655,572	146,715
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) in vH	---	-7,1	-1,2	-0,4	-2,5	-5,5	-13,8	-8,3	2,0
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) absolut	-2.094,822	-2.871,558	-2996875,7	-3035536,5	-3283350,9	-3822987,4	-5096092,2	-5751663,8	-5604949,3
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) in vH	-16,1	-22,0	-23,0	-23,3	-25,2	-29,3	-39,1	-44,1	-43,0
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) absolut	---	-677,535	-105,737	-148,192	-315,237	-420,407	-1.046,644	-625,576	48,655
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) in vH	---	-8,0	-1,4	-1,9	-4,2	-5,8	-15,3	-10,8	0,9
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) absolut	-1.988,611	-2.666,147	-2.771,884	-2.920,076	-3.235,313	-3.655,721	-4.702,364	-5.327,940	-5.279,285
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) in vH	-19,0	-25,4	-26,4	-27,9	-30,9	-34,9	-44,9	-50,8	-50,4

Bezugsgröße für den spezifischen Energieeinsatz:.....

Zementproduktion

Tabelle VII. Spezifischer Energieeinsatz (Jahresdurchschnitt; nur fossile Energieträger)

	Basisjahr 1987	Berichtsjahr 1995	Berichtsjahr 1996	Berichtsjahr 1997	Berichtsjahr 1998	Berichtsjahr 1999	Berichtsjahr 2000	Berichtsjahr 2001	Berichtsjahr 2002	Berichtsjahr 2003
Energieeinsatz gesamt [GJ/a] mit Fremdstrom (s. Tabelle III) bzw. Energieindex	153.987,713	130.010,410	121.098,547	119.810,123	119.893,151	117.781,796	110.848,851	96.225,526	89.010,543	90.979,532
Produzierte Menge [t/a] bzw. Produktionsindex	34.166,231	34.202,694	32.551,461	33.373,245	34.684,849	36.568,195	35.014,445	32.200,249	30.772,759	33.316,642
Spezifischer Energieeinsatz [GJ / Bezugsgröße] bzw. [Energieindex / Produktionsindex]	4.51	3.80	3.72	3.59	3.46	3.22	3.17	2.99	2.89	2.73
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) absolut		---	-0.08	-0.13	-0.13	0	0	0	0	0
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) in vH		---	-2.1	-3.5	-3.7	-6.8	-1.7	-5.6	-3.2	-5.6
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) absolut		-0.71	-0.79	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) in vH		-15.7	-17.5	-20.3	-23.3	-28.5	-29.8	-33.7	-35.8	-39.4

Spez.CO2

**Tabelle VIII. Spezifische CO2-Emissionen (Jahresdurchschnitt)**

	Basisjahr 1987	Berichtsjahr 1995	Berichtsjahr 1996	Berichtsjahr 1997	Berichtsjahr 1998	Berichtsjahr 1999	Berichtsjahr 2000	Berichtsjahr 2001	Berichtsjahr 2002	Berichtsjahr 2003
CO2-Emissionen gesamt, mit Fremdstoff [tCO <sub>2</sub> /a] (s. Tabelle VI) bzw. Emissionsindex	13,029,724	10,934,902	10,158,166	10,032,849	9,994,188	9,746,373	9,206,737	7,933,632	7,278,060	7,424,775
Produzierte Menge [t/a] bzw. Produktionsindex	34,166,231	34,202,694	32,551,461	33,373,245	34,684,849	36,568,195	35,014,445	32,200,249	30,772,759	33,316,642
Spezifische CO2-Emissionen [tCO <sub>2</sub> /Bezugsgröße] bzw. [Emissionsindex / Produktionsindex]	0,381	0,320	0,312	0,301	0,288	0,267	0,263	0,246	0,237	0,223
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) absolut		---	-0,008	-0,011	-0,012	-0,022	-0,004	-0,017	-0,010	0
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) in vH		---	-2,4	-3,7	-4,2	-7,5	-1,3	-6,3	-4,0	-5,8
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) absolut		-0,062	-0,069	-0,081	-0,093	-0,115	-0,118	-0,135	-0,145	-0,159
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) in vH		-16,2	-18,2	-21,2	-24,4	-30,1	-31,1	-35,4	-38,0	-41,6

NACHRICHTLICH<sup>1</sup>

Tabelle IX. Gesamteinsatz sonstiger Energieträger

Sek.	Basisjahr 1987			Berichtsjahr 1995			Berichtsjahr 1996			Berichtsjahr 1997			Berichtsjahr 1998			Berichtsjahr 1999			Berichtsjahr 2000			Berichtsjahr 2001			Berichtsjahr 2002			Berichtsjahr 2003		
	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]
Sekundärbrennst.	29.308	168314	4932947	29.308	373863	10957177	29.308	445835	13066532	29.308	536755	15731216	29.308	640070	18759171.56	29.31	800221	23452877.07	29.308	870506	25512789.85	29.308	927350.5403	27178789.64	29.308	1019844.883	29889613.84	29.308	1191839.268	34930425.26
			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0
			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0
			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0
Summen			4932946.7			10957177			13066532			15731215.54			18759171.56			23452877.07			25512789.85			27178789.64			29889613.84			34930425.26
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) absolut									2.109.355			2.664.683			3.027.956			4.693.706			2.059.913			1.666.000			2.710.824			5.040.811
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) in vH									19.3			20.4			25.0			8.8			6.5			10.0			16.9			16.9
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) absolut						6.024.230			8.133.585			10.798.269			13.826.225			18.519.930			20.579.843			22.245.843			24.956.667			29.997.479
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) in vH						122.1			164.9			218.9			280.3			375.4			417.2			451.0			505.9			608.1

Nachw.	Basisjahr 1987			Berichtsjahr 1995			Berichtsjahr 1996			Berichtsjahr 1997			Berichtsjahr 1998			Berichtsjahr 1999			Berichtsjahr 2000			Berichtsjahr 2001			Berichtsjahr 2002			Berichtsjahr 2003		
	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]	Hu	[ME/a]	[GJ/a]
			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0
			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0
			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0
			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0
Summen			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) absolut																														0
Differenz (Berichtsjahr-Vorjahr) in vH									#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) absolut						0			0			0			0			0			0			0			0			0
Differenz (Berichtsjahr-Basisjahr) in vH									#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!

Ann.: [ME/a] multipliziert mit Hu = [GJ/a]

Sek.= Sekundärbrennstoffe (Siedlungsabfall, Altreifen, Produktionsrückstände etc.).  
 Hu = Heizwert in [GJ/ME]; Angabe der Quelle(n) erforderlich, z.B. K.U. Birnbaum, R. Pauls, H.J. Wagner, M. Walbeck, "Berechnung sektoraler Kohlendioxidemissionen für die Bundesrepublik Deutschland", KFA-Bericht JUL-2530, Jülich 1991.  
 ME= Mengeneinheit.  
 Nachw.= Nachwachsende Brennstoffe (Holz, Biogas etc.).