CLIMATE CHANGE
09/2015

Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid- Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2014

Für Mensch & Umwelt

Umwelt Bundesamt

CLIMATE CHANGE 09/2015

Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2014

von

Petra Icha

unter Mitarbeit von Gunter Kuhs
Umweltbundesamt , Dessau-Roßlau

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

/umweltbundesamt.de
/umweltbundesamt

Abschlussdatum:
April 2015

Redaktion:
Fachgebiet I 2.5 Energieversorgung und –daten
Petra Icha

Publikationen als pdf:
http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-1

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, Juni 2015

Aktualisierung auf Basis des Bandes
„Climate Change 23/2015“
von Petra Icha (Umweltbundesamt)

Kurzbeschreibung

Das Umweltbundesamt veröffentlicht jährlich seine Berechnungsergebnisse zur Entwicklung des Kohlendioxid-Emissionsfaktors des deutschen Strommix in der Zeitreihe ab 1990, der als Indikator für die Klimaverträglichkeit der Stromerzeugung angesehen werden kann. Er darf jedoch nicht losgelöst von der Entwicklung des Stromverbrauchs insgesamt und den gesamten aus der Stromerzeugung entstehenden Kohlendioxidemissionen betrachtet werden. Dargestellt werden daher die Kohlendioxidemissionen der Stromerzeugung, der jeweilige Stromverbrauch mit und ohne Berücksichtigung des Stromhandelssaldos und der CO_2-Emissionsfaktor für den Strommix für den Stromverbrauch und den Strominlandsverbrauch. Die Kohlendioxidemissionen der Stromerzeugung unter Berücksichtigung des Stromhandelssaldos werden zusätzlich ausgewiesen.

Entsprechend der internationalen Pflichten zur Emissionsberichterstattung erfolgte die Aktualisierung der Emissionsfaktoren unter Berücksichtigung neuer Erkenntnisse.

Um den Einfluss des Stromhandelssaldos zu verdeutlichen wird die Berechnung des Emissionsfaktors für den Strommix seit 2012 um eine zusätzliche Ausweisung des Emissionsfaktors für den Strominlandsverbrauch ergänzt. Gleichzeitig wird deutlich, welche Emissionsmengen dem Stromhandelssaldo zugerechnet werden können.

Alle Berechnungen erfolgen in der Zeitreihe ab 1990. Dabei werden im Veröffentlichungsjahr x für das Jahr „x-1“ hochgerechnete Datensätze und für das Jahr „x-2“ vorläufige Basisdatensätze zur Berechnung herangezogen.

Änderungen durch Neuberechnungen der Quellen (Energiebilanzen, Bruttostromerzeugung, Emissionsfaktoren) werden – soweit sie zum Zeitpunkt der Aktualisierung veröffentlicht waren – berücksichtigt.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abkürzungen

1 Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1

2 Methode zur Berechnung 5

2.1 Emissionsfaktor für den deutschen Strommix 5

2.2 Emissionsfaktor Strominlandsverbrauch für den deutschen Strommix 5

2.3 Kohlendioxidemissionen aus der Stromerzeugung 5

2.4 Für den Endverbrauch zur Verfügung stehende Strommenge inländischer Erzeugung 6

2.5 Inländischer Stromverbrauch 7

3 Zeitliche Entwicklung des Indikators 7

3.1 Spezifische CO_2-Emissionen des deutschen Strommixes 7

3.2 Entwicklung gesamte CO_2-Emissionen aus der Stromerzeugung 13

4 Zusammenfassung 16

5 Quellenverzeichnis 17

Anhang 1: CO_2- Emissionen der Stromerzeugung gemäß Datenbank ZSE 17

Anhang 2 Aus der Bruttostromerzeugung berechneter Stromverbrauch 19

Anhang 3: Emissionsfaktoren entsprechend ZSE 21

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Spezifische Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommixes mit und ohne Berücksichtigung des Stromhandelssaldos 8

Abb. 2: Anteil der Energieträger an der Bruttostromerzeugung – „Deutscher Strommix“ 12

Abb. 3: Entwicklung der absoluten und der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen der Stromerzeugung im Vergleich (ohne Beachtung des Stromhandelssaldos) 13

Abb. 4: Entwicklung der absoluten Kohlendioxidemissionen der Stromerzeugung und der Entwicklung des Stromverbrauchs im Vergleich 15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gerundete Ausgangsgrößen und Berechnungsergebnis: Kohlendioxidemissionen der Stromerzeugung, Stromverbrauch und CO_2-Emissionsfaktor des Stroms. 2

Tabelle 2: CO_2-Emissionsfaktoren fossiler Brennstoffe im Vergleich mit dem CO_2-Emissionsfaktor des deutschen Strommixes 8

Tabelle 3: Durchschnittliche Brennstoffnutzungsgrade bezogen auf die Bruttostromerzeugung 10

Abkürzungen

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
EB	Energiebilanz
EU	Europäischer Union
CO_2	Kohlendioxid
Destatis	Statistisches Bundesamt
EF	Emissionsfaktor
EM	Emission
g	Gramm
HW	Heizwert
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
Mio	Millionen
Mrd.	Milliarden
NIR	Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar
TWh	Terawattstunden
UBA	Umweltbundesamt
ZSE	Zentrales System der Emissionen (interne Datenbank des Umweltbundesamtes)

1 Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix

Bei der Erzeugung einer Kilowattstunde Strom für den Endverbrauch ohne Berücksichtigung des Stromhandelssaldos wurden in Deutschland im Jahr 2012 durchschnittlich 584 g Kohlendioxid als direkte Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger emittiert. Das sind ca. 177 g/kWh oder ca. 23 % weniger als im Jahr 1990.

Für das Jahr 2013 auf der Basis vorläufiger Daten sind dies ebenfalls 584 g/kWh. Hochgerechnete Werte für das Jahr 2014 ergeben 569 g/kWh und somit 192 g oder ca.25 % weniger als 1990.

Eine für die aktuellen internationalen Berichtspflichten notwendige Überarbeitung der Emissionsfaktoren führte zu einer Neubewertung der Emissionen für den deutschen Strommix.

Für den CO_2-Faktor für den Strominlandsverbrauch, wird der Stromhandelssaldo nur auf Seiten des Stromverbrauchs in der Berechnung berücksichtigt. Dies folgt den Anforderungen der internationalen Berichtspflichten, wonach die Emissionen dem Land anzurechnen sind, indem sie entstehen (1).

Der hier verwendete Indikator „direkte CO_2-Emissionen je Kilowattstunde Strom“ wird im Folgenden als **„Emissionsfaktor“** bezeichnet. Mit der Aktualisierung im Jahr 2013 erfolgte die Einführung eines CO_2-Emissionsfaktors für den deutschen Strommix unter Berücksichtigung des Stromhandelssaldos – im Folgenden genannt **„Emissionsfaktor Strominlandsverbrauch“.** Die Entwicklung des „Emissionsfaktors Inlandverbrauch“ im deutschen Strommix ist neben dem „Emissionsfaktor Strommix“ in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Ein weiterer Indikator wurde berechnet, um die spezifischen CO_2-Emissionen auszuweisen, bei denen sowohl stromverbrauchsseitig als auch stromemissionsseitig die Anpassung an den Wert des Stromhandelssaldos durchgeführt wurde (CO_2-Emissionsfaktor unter Berücksichtigung des Handelssaldos).

Diese Indikatoren charakterisieren die Klimaverträglichkeit der Stromerzeugung und die Entwicklung ab dem Jahr 1990. Die Details sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 1: Gerundete Ausgangsgrößen und Berechnungsergebnis: Kohlendioxidemissionen der Stromerzeugung, Stromverbrauch und CO_2-Emissionsfaktor des Stroms.

Jahr	Kohlendioxidemissionen[1] der Stromerzeugung	Stromverbrauch[2]	CO2-Emissionsenfaktor Strommix[3]	Stromverbrauch unter Berücksichtigung des Stromhandelssaldos[4]	CO2-Emissionsfaktor Strominlandsverbrauch[5]	Kohlendioxidemissionen der Stromerzeugung unter Berücksichtigung Handelssaldo[6]	CO2-Emissionsfaktor unter Berücksichtigung des Handelssaldos[7]
	Mio. t	TWh	g/kWh	TWh	g/kWh	Mio t	g/kWh
1990	366	482	761	482	759	367	761
1991	361	475	761	474	762	361	761
1992	345	474	728	468	736	341	728
1993	335	462	725	463	724	336	725
1994	335	464	723	466	719	337	723
1995	335	469	714	474	707	338	714
1996	336	486	690	481	698	332	690
1997	325	488	667	485	670	324	667
1998	329	491	671	490	672	329	671
1999	318	492	647	493	646	319	647
2000	327	509	642	512	638	329	642
2001	336	509	659	508	661	335	659
2002	338	518	653	519	652	339	653
2003	340	536	635	528	645	335	635
2004	333	542	613	535	622	328	613
2005	333	544	611	536	621	328	611
2006	339	561	605	541	627	327	605
2007	351	561	624	542	646	339	624
2008	330	562	587	540	612	317	587
2009	301	525	572	511	588	292	572
2010	315	562	561	544	580	306	561
2011	315	543	579	537	586	311	579
2012	326	558	584	535	609	313	584
2013*	327	559	584	525	622	307	584
2014**	308	541	569	505	609	287	569

1 UBA Berechnungen auf Grundlage des deutschen Treibhausgasinventares 1990-2013 Stand 04/2015

2 Stromverbrauch = Bruttostromerzeugung - Kraftwerkseigenverbrauch-Pumpstrom-Leitungsverluste

3 UBA-Berechnungen auf Grundlage von Daten der Emissionsinventare auf Datenbasis der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Veröffentlichung AGEB 2014 / Energiebilanz 2012) und des statist. Bundesamtes

4 Stromverbrauch inclusive Stromhandelssaldo = Bruttostromerzeugung - Kraftwerkseigenverbrauch-Pumpstrom-Leitungsverluste + Stromeinfuhr - Stromausfuhr

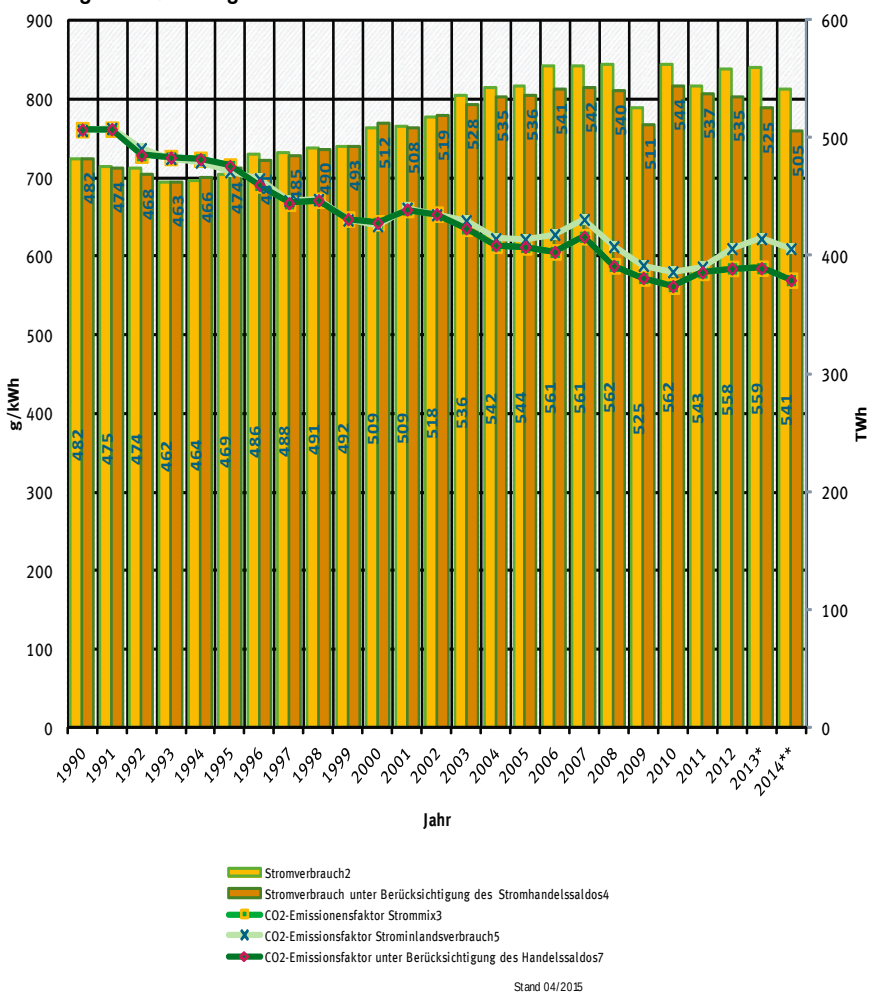
5 UBA Berechnungen unter Berücksichtigung des Stromhandelssaldos im Stromverbrauch

6 Emissionen des Stromerzeugung abzüglichder Emissionen die dem Stromhandelssaldo zugerechnet wurden

7 UBA Berechnungen unter Berücksichtigung des Stromhandelssaldos in Stromverbrauch und Stromemissionen

Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2013 und erste Schätzungen 2014 im Vergleich zum Stromverbrauch

Jahr	Kohlendioxidemissionen1 der Stromerzeugung	Stromverbrauch 2	CO2-Emissionensfaktor Strommix3	Stromverbrauch unter Berücksichtigung des Stromhandelssaldos4	CO2-Emissionsfaktor Strominlandsverbrauch5	Kohlendioxidemissionen der Stromerzeugung unter Berücksichtigung Handelssaldo6	CO2-Emissionsfaktor unter Berücksichtigung des Handelssaldos7
	Mio. t	TWh	g/kWh	TWh	g/kWh	Mio. t	g/kWh
1990	366	482	761	482	759	367	761
1991	361	475	761	474	762	361	761
1992	345	474	728	468	736	341	728
1993	335	462	725	463	724	336	725
1994	335	464	723	466	719	337	723
1995	335	469	714	474	707	338	714
1996	336	486	690	481	698	332	690
1997	325	488	667	485	670	324	667
1998	329	491	671	490	672	329	671
1999	318	492	647	493	646	319	647
2000	327	509	642	512	638	329	642
2001	336	509	659	508	661	335	659
2002	338	518	653	519	652	339	653
2003	340	536	635	528	645	335	635
2004	333	542	613	535	622	328	613
2005	333	544	611	536	621	328	611
2006	339	561	605	541	627	327	605
2007	351	561	624	542	646	339	624
2008	330	562	587	540	612	317	587
2009	301	525	572	511	588	292	572
2010	315	562	561	544	580	306	561
2011	315	543	579	537	586	311	579
2012	326	558	584	535	609	313	584
2013*	327	559	584	525	622	307	584
2014**	308	541	569	505	609	287	569



*vorläufige Daten ** geschätzte Daten

Quelle: Umweltbundesamt

Stand 04/2015

1UBA Berechnungen auf Grundlage des deutschen Treibhausgasinventares 1990-2013

2 Stromverbrauch = Bruttostromerzeugung - Kraftwerkseigenverbrauch-Pumpstrom-Leitungsverluste

3 UBA-Berechnungen auf Grundlage von Daten der Emissionsinventare auf Datenbasis der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Veröffentlichung AGEB 2014 /Energiebilanz 2012) und des statist. Bundesamtes

4 Stromverbrauch inclusive Stromhandelssaldo = Bruttostromerzeugung - Kraftwerkseigenverbrauch-Pumpstrom-Leitungsverluste + Stromeinfuhr - Stromausfuhr

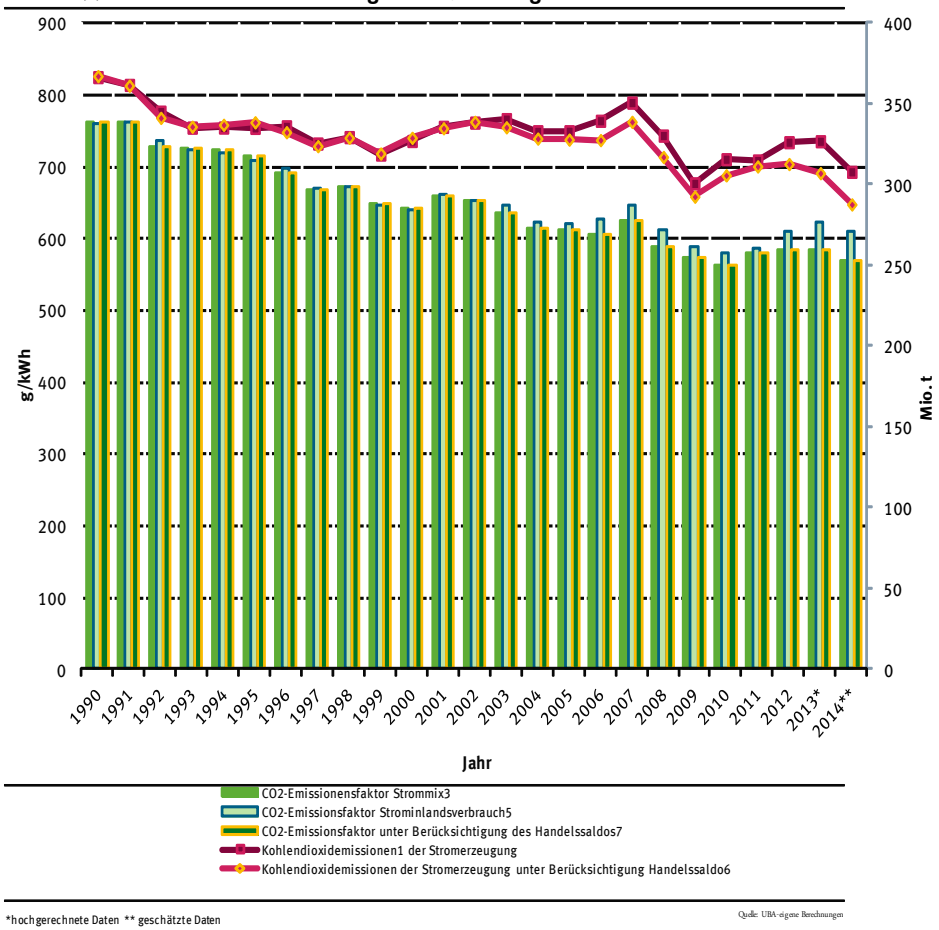
5 UBA Berechnungen unter Berücksichtigung des Stromhandelssaldos im Stromverbrauch

6 Emissionen des Stromerzeugung abzüglichder Emissionen die dem Stromhandelssaldo zugerechnet wurden

7 UBA Berechnungen unter Berücksichtigung des Stromhandelssaldos in Stromverbrauch und Stromemissionen

Entwicklung der spezifischen und absoluten Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2013 und erste Schätzungen 2014 im Vergleich

Jahr	Kohlendioxidemissionen[1] der Stromerzeugung	Kohlendioxidemissionen der Stromerzeugung unter Berücksichtigung Handelssaldo[6]	CO2-Emissionsfaktor Strommix[3]	CO2-Emissionsfaktor Strominlandsverbrauch[5]	CO2-Emissionsfaktor unter Berücksichtigung des Handelssaldos[7]
	Mio. t	Mio t	g/kWh	g/kWh	g/kWh
1990	366	367	761	759	761
1991	361	361	761	762	761
1992	345	341	728	736	728
1993	335	336	725	724	725
1994	335	337	723	719	723
1995	335	338	714	707	714
1996	336	332	690	698	690
1997	325	324	667	670	667
1998	329	329	671	672	671
1999	318	319	647	646	647
2000	327	329	642	638	642
2001	336	335	659	661	659
2002	338	339	653	652	653
2003	340	335	635	645	635
2004	333	328	613	622	613
2005	333	328	611	621	611
2006	339	327	605	627	605
2007	351	339	624	646	624
2008	330	317	587	612	587
2009	301	292	572	588	572
2010	315	306	561	580	561
2011	315	311	579	586	579
2012	326	313	584	609	584
2013*	327	307	584	622	584
2014**	308	287	569	609	569



*hochgerechnete Daten ** geschätzte Daten

Quelle: UBA-eigene Berechnungen

1UBA Berechnungen auf Grundlage des deutschen Treibhausgasinventares 1990-2013

Stand 04/2015

2 Stromverbrauch = Bruttostromerzeugung - Kraftwerkseigenverbrauch-Pumpstrom-Leitungsverluste

3 UBA-Berechnungen auf Grundlage von Daten der Emissionsinventare auf Datenbasis der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Veröffentlichung AGEB 2014 /Energiebilanz 2012) und des statist. Bundesamtes

4 Stromverbrauch inclusive Stromhandelssaldo = Bruttostromerzeugung - Kraftwerkseigenverbrauch-Pumpstrom-Leitungsverluste + Stromeinfuhr - Stromausfuhr

5 UBA Berechnungen unter Berücksichtigung des Stromhandelssaldos im Stromverbrauch

6 Emissionen des Stromerzeugung abzüglichder Emissionen die dem Stromhandelssaldo zugerechnet wurden

7 UBA Berechnungen unter Berücksichtigung des Stromhandelssaldos in Stromverbrauch und Stromemissionen

2 Methode zur Berechnung

2.1 Emissionsfaktor für den deutschen Strommix

Der Emissionsfaktor für den deutschen Strommix wird berechnet aus den direkten CO_2-Emissionen die bei der gesamten Stromerzeugung entstehen und den für den Endverbrauch netto zur Verfügung stehenden Strom aus der Stromerzeugung in Deutschland.

$$Emissionsfaktor = \frac{\text{direkte CO2-Emissionen}}{\text{Stromverbrauch}}$$

Die für die Berechnung zugrundegelegten CO_2-Emissionen aus der Stromerzeugung für die einzelnen Brennstoffe sind in Anhang 1 aufgeführt, der aus der Bruttostromerzeugung berechneter Stromverbrauch in Anhang 2.

2.2 Emissionsfaktor Strominlandsverbrauch für den deutschen Strommix

Der Emissionsfaktor Strominlandsverbrauch für den deutschen Strommix wird berechnet aus den direkten CO_2-Emissionen die bei der Stromerzeugung entstehen (I) und einem inländischen Stromverbrauch. Dieser entspricht dem Endverbrauch netto im Inland (IV) abzüglich des Stromhandelssaldos (III).

$$Emissionsfaktor\ Inlandsverbrauch = \frac{\text{direkte CO2-Emissionen}}{\text{Stromverbrauch} - \text{Stromhandelssaldo(absolut)}}$$

2.3 Emissionsfaktor unter Berücksichtigung des Handelssaldos

Der Emissionsfaktor unter Berücksichtigung des Stromhandelssaldos wird iterativ berechnet. Die direkten CO_2-Emissionen, die bei der Stromerzeugung entstehen (I) werden korrigiert um den Wert des mit dem Emissionsfaktor für den deutschen Strommix bewerteten Stromhandelssaldos (IV).

$$Emissionsfaktor\ unter\ Berücksichtigung\ des\ Handelssaldos$$
$$= \frac{\text{direkte CO2-Emissionen} - (\text{Stromhandelssaldo*Emissionsfaktor})}{\text{Stromverbrauch} - \text{Stromhandelssaldo(absolut)}}$$

2.4 Kohlendioxidemissionen aus der Stromerzeugung

I. Menge der direkten Kohlendioxidemissionen eines Kalenderjahres aus der Verbrennung fossiler Energieträger zur Stromerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland. In dieser Angabe sind Kohlendioxidemissionen aus den der Stromerzeugung vorgelagerten Erzeugungsstufen (Vorketten) wie z.B. Brennstoffgewinnung und –transport, die so genannten „indirekten Emissionen“ (Vorketten) nicht enthalten. Die Kohlendioxidemissionen für die Stromerzeugung werden aus der Datenbank des Umweltbundesamtes (Zentrales System der Emissionen –ZSE) (3) für die Stromerzeugung in Deutschland gefiltert. Anhang 1 weist die für die Berechnung zugrundegelegten CO_2-Emissionen aus der Stromerzeugung für die einzelnen Brennstoffe aus.

Die Kohlendioxidemissionen werden durch Multiplikation der Brennstoffeinsätze mit den brennstoffbezogenen Kohlendioxidemissionsfaktoren berechnet. Als Brennstoffeinsätze werden die Energiebilanzzeilen „Öffentliche Wärmekraftwerke“ und „Industriewärmekraftwerke“ aus der Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland herangezogen. Diese Datenbanksätze weisen ausschließlich den Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung aus, auch wenn es sich dabei um gekoppelte Stromerzeugung in einer Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage handelt. Die Verteilung von Strom und Wärme aus der Kraft-Wärmekopplung erfolgt mittels der „finnischen Methode“ auf der Ebene der Erstellung der Energiebilanz für Deutschland (2).

Die dem Inventar zugrunde gelegten Emissionsfaktoren wurden aus der Liste der „CO_2-Emissionsfaktoren für die Erstellung der nationalen CO_2-Inventare“ abgeleitet. Eine nähere Beschreibung der Methodik zur Ableitung der Emissionsfaktoren findet sich im nationalen Inventarbericht. Anhang 3 weist die für die Berechnung zugrundegelegten Emissionsfaktoren aus (9 sowie 10). In die Berechnung der Kohlendioxidemissionen aus der Stromerzeugung ist der Einsatz von Abfällen als Brennstoff (Hausmüll/Siedlungsabfall sowie Industriemüll) einbezogen. Berücksichtigt wird nur der fossile Anteil der Abfallmengen. Dieser wird mit 50% des Energiegehaltes angenommen. Dabei werden die Abfallmengen aus der Fachserie 19 Reihe 1 des Statistischen Bundesamtes (Destatis) (5) mit entsprechenden Heizwerten und Emissionsfaktoren multipliziert und berichtet.

CO_2-Emissionen aus erneuerbaren Energien werden gemäß Bilanzierungsregeln des UNFCCC zur Treibhausgasberichterstattung unter dem Kyoto-Protokoll als CO_2-neutral bilanziert und gehen in die Berechnung der Emissionen mit dem Wert „0“ein.

Die Berechnungen der Kohlendioxidemissionen sind für 2013 vorläufig und für 2014 geschätzt.

Anhang 1 weist die Filterung der Brennstoffe für die Stromerzeugung aus der Emissionsdatenbank „Zentrales System der Emissionen“ (ZSE) aus.

2.5 Kohlendioxidemissionen der inländischen Stromerzeugung

II. Menge der direkten Emissionen (unter 2.1 berechnet) iterativ verringert um die Emissionen, die dem Stromhandelssaldo zugerechnet werden können.

$$\textit{Emissionen unter Berücksichtigung des Stromhandelssaldos} = \text{Emissionen laut ZSE} - (\text{Stromhandelssaldo} * \text{Emissionsfaktor})$$

Im Ergebnis werden die Emissionen ausgewiesen, welche dem tatsächlich in der Bundesrepublik verbrauchten Strom zugeordnet werden können.

2.6 Für den Endverbrauch zur Verfügung stehende Strommenge inländischer Erzeugung

III. Die ***gesamte,*** im jeweiligen Kalenderjahr für den ***Endverbrauch zur Verfügung stehende Strommenge***, welche in der Bundesrepublik Deutschland erzeugt wurde (umfasst fossil, nuklear und regenerativ erzeugten Strom). Diese berechnet sich durch den Abzug des Kraftwerkseigenverbrauchs, der Leitungsverluste und des Pumpstromverbrauchs von der gesamten Bruttostromerzeugung. Die Angaben zu Pumpströmen wurden aktualisiert. Die Größe gibt in

Quantität und Qualität sehr gut den in Haushalt, Gewerbe und Industrie zum Endverbrauch zur Verfügung stehenden Strom wieder, berücksichtigt jedoch nicht Stromimporte und Exporte. Daher ist sie nicht mit dem inländischen Stromverbrauch gleichzusetzen. Die Datenbasis für die Bruttostromerzeugung ist die Tabelle „Bruttostromerzeugung in Deutschland von 1990 bis 2014 nach Energieträgern“ welche im Auftrag des BMWi erarbeitet und auf der Seite der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. veröffentlicht wird (6).

Zur Ermittlung der Leitungsverluste wird die in der Energiebilanzzeile 41 „Fackel-und Leitungsverluste“ unter Strom verbuchte Gesamtmenge den einzelnen Energieträgern ihrem Anteil an der Stromerzeugung entsprechend zugeordnet. Die gleiche Vorgehensweise wird für die Gesamtsumme Strom der Kraftwerkseigenverbräuche aus der Datenquelle Energiebilanzzeile 36 „Kraftwerke“ angewandt (8 und 11).

Die Daten für die Unterteilung des Stromes aus Wasserkraft in der Pump- und Laufwasserstrom erhält das Umweltbundesamt nachrichtlich vom Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW).

$$\textit{Strommenge Endverbrauch} = \text{Bruttostromerzeugung} - \text{Kraftwerkseigenverbrauch} - \text{Leitungsverluste} - \text{Pumpstromverbrauch}$$

2.7 Inländischer Stromverbrauch

IV. Der gesamte ***inländische Stromverbrauch*** berücksichtigt den Stromhandelssaldo im Endenergieverbrauch. (inländischer Stromverbrauch = Bruttostromerzeugung abzüglich Kraftwerkseigenverbrauch , Pumpstrom, Leitungsverluste und Stromhandelssaldo absolut). Hier liegt die Annahme zugrunde, dass der Stromexport und –import im Netz dem gleichen Strommix unterliegen und somit der gleiche Spezifische CO_2-Faktor angewendet werden kann.

$$\textit{inländischer Stromverbrauch} = \text{Bruttostromerzeugung} - \text{Kraftwerkseigenverbrauch} - \text{Leitungsverluste} - \text{Pumpstromverbrauch} - \text{Stromhandelssaldo (absolut)}$$

3 Zeitliche Entwicklung des Indikators

3.1 Spezifische CO_2-Emissionen des deutschen Strommixes

Die durchschnittlichen Kohlendioxidemissionen ohne Berücksichtigung des Stromhandelssaldos einer Kilowattstunde Strom (Spezifischer Emissionsfaktor) sinken in den Jahren 1990 bis 2012 von 761 g/kWh auf 584 g/kWh in 2012(siehe Abbildung 1). Das entspricht einer Reduzierung der Kohlendioxidemissionen um ca. 23 % pro Kilowattstunde Strom. Für die Folgejahre 2013 und 2014 erfolgte die Berechnung mit vorläufigen und geschätzten Daten. Die vorläufigen Ergebnisse für 2013 sind gleichbleibend gegenüber 2012 während sich auf der Grundlage von geschätzten Daten für 2014 eine Verringerung darstellt. Diese Emissionsentwicklung ist dem Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und der für 2014 ausgewiesenen Verringerung der Stromerzeugung und des Stromverbrauchs zuzuschreiben. Dies, obwohl der Stromexportüberschuss im Jahr 2014 (vorläufig) auf dem höchsten Niveau seit 1990 befindet (siehe Tabelle Bruttostromerzeugung) (6).

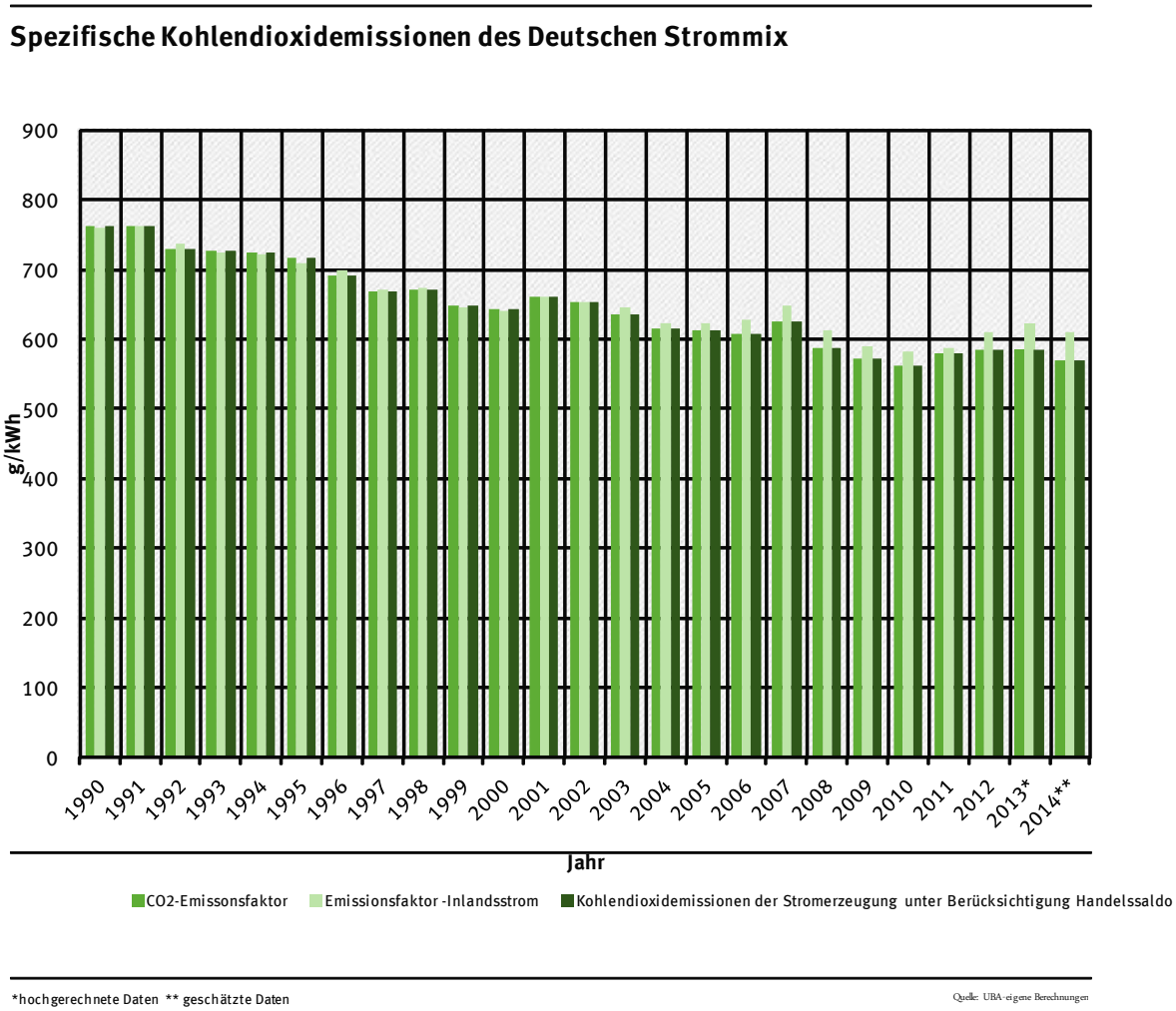


Abb. 1: **Spezifische Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommixes mit und ohne Berücksichtigung des Stromhandelssaldos**

Zwei wesentliche Einflussgrößen bestimmen die Höhe des Emissionsfaktors im deutschen Strommix:

Die Anteile einzelner Brennstoffe an der Stromerzeugung, dem sogenannten Strommix (Abbildung 2):

Sinkt der Anteil eines Energieträgers mit hohem CO_2-Emissionsfaktor wie Kohle zu Gunsten eines Energieträgers mit niedrigerem CO_2-Emissionsfaktor wie eines erneuerbaren Energieträgers (Null angerechnete CO_2-Mengen) oder Erdgas, so sinkt auch der Emissionsfaktor des Strommixes. Tabelle 2 zeigt die direkten Emissionsfaktoren der drei wichtigsten fossilen Brennstoffe im Vergleich zum Emissionsfaktor des deutschen Strommixes im Jahr 2012.

Tabelle 2: CO_2-Emissionsfaktoren fossiler Brennstoffe im Vergleich mit dem CO_2-Emissionsfaktor des deutschen Strommixes

Brennstoff/ Einheit	CO2-Emissionsfaktorbezogen auf den Brennstoffeinsatz	Brennstoffausnutzungsgrad netto im Jahr 2012 bezogen auf den Stromverbrauch	CO2-Emissionsfaktor im Jahr 2012 bezogen auf den Stromverbrauch	Vergleich CO2-Emissionsfaktor Strommix 2012
	g/kWh	v.H.	g/kWh	g/kWh
Erdgas	202	51%	399	
Steinkohle	339	37%	904	584
Braunkohle	404	35%	1.158	

Ein weiterer wesentlicher Einflussfaktor ist der durchschnittliche Wirkungsgrad konventioneller Kraftwerke – also der Kraftwerke, die Strom durch die Verbrennung fossiler Energieträger erzeugen.

Erhöht sich der durchschnittlich realisierte Wirkungsgrad im konventionellen Kraftwerkspark, so wird zur Erzeugung einer Kilowattstunde Strom eine geringere Menge kohlenstoffhaltigen Brennstoffs eingesetzt – der Emissionsfaktor des Strommix sinkt. Da ein durchschnittlicher Wirkungsgrad aller Kraftwerke nur mit hohen Unsicherheiten berechnet werden könnte, nutzt das UBA ersatzweise den Brennstoffnutzungsgrad aus dem Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung und der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern (Input/Output-Relation) (Tabelle 3).

In dieser Berechnung kommt der Tatbestand zum Tragen, dass Strom und Wärmerzeugung aus den Brennstoffen in KWK-Anlagen durch die „Finnische Methode“ zugeordnet werden. Die dabei angewandte „finnische“ Methode beruht auf der Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Februar 2004. Diese ist mathematisch exakt definiert und wird im Vorwort der Energiebilanzen näher erläutert.

Diese rechnerische Methode führt zu Verschiebungen besonders im Bereich der Stromerzeugung durch Erdgas.

Dem gegenüber steht ein durchschnittlicher Nettowirkungsgrad (elektrisch) der sich heute in Betrieb befindlichen Großkraftwerke (Kraftwerke ab 100 MWel.) aus UBA-internen Angaben aus der Kraftwerksdatenbank von durchschnittlich 39 % für Steinkohlenkraftwerke, 38 % für Braunkohlenkraftwerke und für Erdgas für Gasturbinen (GuD) von 52 %, sowie Gasturbinenkraftwerke von 40 % (7).

Die Quellen der Daten für die Kraftwerksdatenbank sind Betreiberangaben aus Veröffentlichungen nach UBA-Recherchen und liegen nicht vollständig vor.

Tabelle 3: Durchschnittliche Brennstoffnutzungsgrade bezogen auf die Bruttostromerzeugung

Durchschnittlicher Brennstoffausnutzungsgrad brutto bezogen auf die Bruttostromerzeugung [1]				
Jahr/Brennstoff	Steinkohlen	Braunkohlen	Erdgas	Sämtliche Energieträger
1990	40%	34%	39%	37%
1991	40%	34%	41%	37%
1992	40%	34%	43%	37%
1993	40%	35%	43%	37%
1994	40%	35%	40%	37%
1995	40%	35%	43%	38%
1996	40%	36%	45%	38%
1997	40%	37%	46%	38%
1998	40%	37%	47%	38%
1999	40%	37%	48%	38%
2000	41%	38%	45%	39%
2002	40%	37%	50%	39%
2003	43%	38%	53%	40%
2004	43%	38%	51%	41%
2005	42%	38%	53%	40%
2006	40%	38%	52%	40%
2007	41%	38%	54%	41%
2008	41%	38%	54%	41%
2009	41%	38%	54%	41%
2010	42%	39%	56%	41%
2011	42%	38%	58%	43%
2012	42%	39%	56%	45%
2013	41%	39%	57%	45%

1 Die Trennung zwischen Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen erfolgt über die finnische Methode

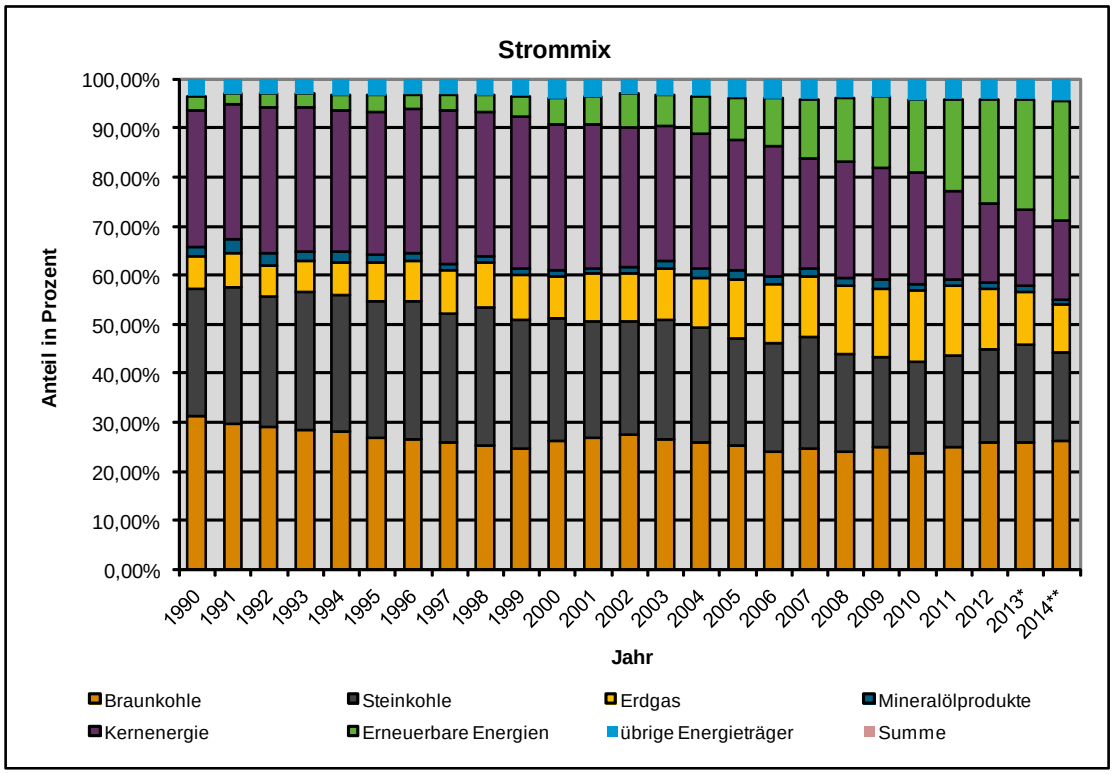
Von 1990 bis 2005 sinkt der Emissionsfaktor mit deutlichen Schwankungen in einzelnen Jahren, die auf signifikante Veränderungen im Kraftwerkspark zurückzuführen sind. Es lassen sich verschiedene Phasen in der Entwicklung des Indikators unterscheiden (siehe Abbildung 1). In der ersten Phase von 1990 bis 2000 sinkt der Emissionsfaktor wegen Wirkungsgradverbesserungen im konventionellen Kraftwerkspark, bedingt durch die Abschaltung ineffizienter Altanlagen in den neuen Bundesländern. Der Anstieg zwischen 2000 bis 2001 ist auf die Inbetriebnahme neuer Braunkohlenkraftwerke zurückzuführen. Ab 2003 führt der steigende Anteil erneuerbarer Energieträger an der Stromerzeugung wieder zu einer Senkung des Emissionsfaktors bis zum Jahr 2006. Im Jahr 2007 führte der prozentual gestiegene Anteil der konventionellen Brennstoffe zur Stromerzeugung kurzfristig zu einem Anstieg des CO_2-Emissionsfaktors. Ab dem Jahr 2008 setzte sich die Verminderung des CO_2-Emissionsfaktors im deutschen Strommix aufgrund des steigenden Anteils erneuerbarer Energien fort. Diese Wirkung wurde im Jahr der Wirtschaftskrise durch geringere Stromverbräuche verstärkt. Mit der Folge, dass der CO_2-Emissionsfaktor für den deutschen Strommix nach der wirtschaftlichen Erholung durch den sich erhöhenden Stromverbrauch und der Änderungen im Strommix durch die Energiewende wieder leicht anstieg.

Für das Jahr 2014 wird eine Senkung prognostiziert, die auf eine deutliche Senkung des Stromverbrauchs mit gleichzeitiger Erhöhung der Anteile von CO_2-freien bzw. CO_2-armen Anteilen am Strommix einhergeht. Für den „CO_2-Emissionsfaktor Strominlandsverbrauch“ ist eine gleichverlaufende Entwicklung zu verzeichnen, deren absoluter Verlauf von der Größe des Stromhandelssaldos abhängig ist. Ein ab 2006 bis 2010 sich auf hohem Niveau bewegender Stromexportüberschuss wurde im Jahr 2011 unterbrochen und sank auf 6,3 Mrd. kWh Stromexportsaldo um in 2014 mit 35,5 Mrd. kWh seinen bislang höchsten Stand zu erreichen (6). Entsprechend der Annahme, dass die in Deutschland durch die Stromerzeugung verursachten Emissionen dem deutschen Strommix zuzurechnen sind werden beim Ansatz des „CO_2-Emissionsfaktors für den Strominlandsverbrauch“ die Emissionen nicht korrigiert. Dies führt zu einer Bewertung des Stromhandelsimports mit den CO_2-Emissionsfaktoren, die für das Inland berechnetet wurden. Diese Methode ist im Sinne einer konservativen Berechnung des „Spezifischen Kohlendioxidemissonsfaktors im Inland“ angemessen.

Dieses Vorgehen führt im Jahr 1995 mit dem bisher größten Stromimportsaldo von 4,8 Mrd. kWh zu einer Überschätzung des „Emissionsfaktors Strominlandsverbrauch“ von 1,1 % zum „Emissionsfaktor“ und ist in der Zeitreihenbetrachtung ab dem Jahr 2003 nicht mehr relevant, da hier ein permanenter Stromhandelsexportüberschuss zu verzeichnen ist.

So kann für die Jahre 1990 bis 2002 von sehr geringen Abweichungen zum CO_2-Emissionsfaktor (ohne Berücksichtigung des Stromhandelssaldos) gesprochen werden, da dieser Stromhandelssaldo sowohl Export – als auch Importseitig bis zu einem Maximalwert von 5 TWh schwankte und somit ca. 1 % der Bruttostromerzeugung betrug. Ab 2003 überwogen die Stromflüsse ins Ausland gegenüber den Importen und somit stieg der Einfluss des Stromhandelssaldos auf den CO_2-Emissionsfaktor.

Der Stromhandelssaldo – seit 2003 mit einem Stromexportüberschuss – stieg bis 2014. Während er sich in den Jahren 2006 bis 2010 zwischen ca. 2,4 % und ca. 3,5 % der Bruttostromerzeugung stabilisierte, war im Jahr 2011 ein drastisches Absinken zu verzeichnen, um 2013 wieder einen deutlichen Überschuss von mehr als 5,3 % aufzuweisen. Welches sich 2014 auf 5,8 % steigerte, da der Stromhandelsaußensaldo 35,5 Mrd. kWh gegenüber 2013 (33,8 Mrd. kWh) nur geringfügig stieg, aber gleichzeitig die Bruttostromerzeugung von 633,2 Mrd. kWh in 2013 auf 614 Mrd. kWh in 2014 sank (6).



*vorläufige Daten ** geschätzte Daten Stand 04/2015

Abb. 2: Anteil der Energieträger an der Bruttostromerzeugung – „Deutscher Strommix“

Ab dem Jahr 1999 nimmt die Bedeutung erneuerbarer Energieträger am Strommix deutlich zu. So steigt der Anteil regenerativ erzeugten Stroms zwischen 1998 und 2012 von ca. 4,7 % auf ca. 22,8 %. Da die Stromerzeugung aus regenerativen Quellen keine direkten CO_2-Emissionen verursacht, sinkt mit ihrer Zunahme der Emissionsfaktor für den Strommix. Deutlich überlagert wird dieser positive Effekt jedoch durch die schon erwähnte Inbetriebnahme neuer fossiler Kraftwerkskapazitäten in den Jahren 1999 bis 2001. Erst ab dem Jahr 2002 schlägt sich der steigende Anteil erneuerbarer Energien in der Entwicklung des Indikators sichtbar nieder. Dies erklärt die Entwicklung absoluter und spezifischer Emissionen.

Ein weiterer Einflussfaktor war in den Jahren 2013 und 2014 die Wechselwirkung zwischen Brennstoffpreisen (höhere Preise für Erdgas) und dem daraus bedingten höheren Anteil am Einsatz von Brennstoffen mit höherem Kohlenstoffgehalt (Abb. 2).

3.2 Entwicklung gesamte CO_2-Emissionen aus der Stromerzeugung

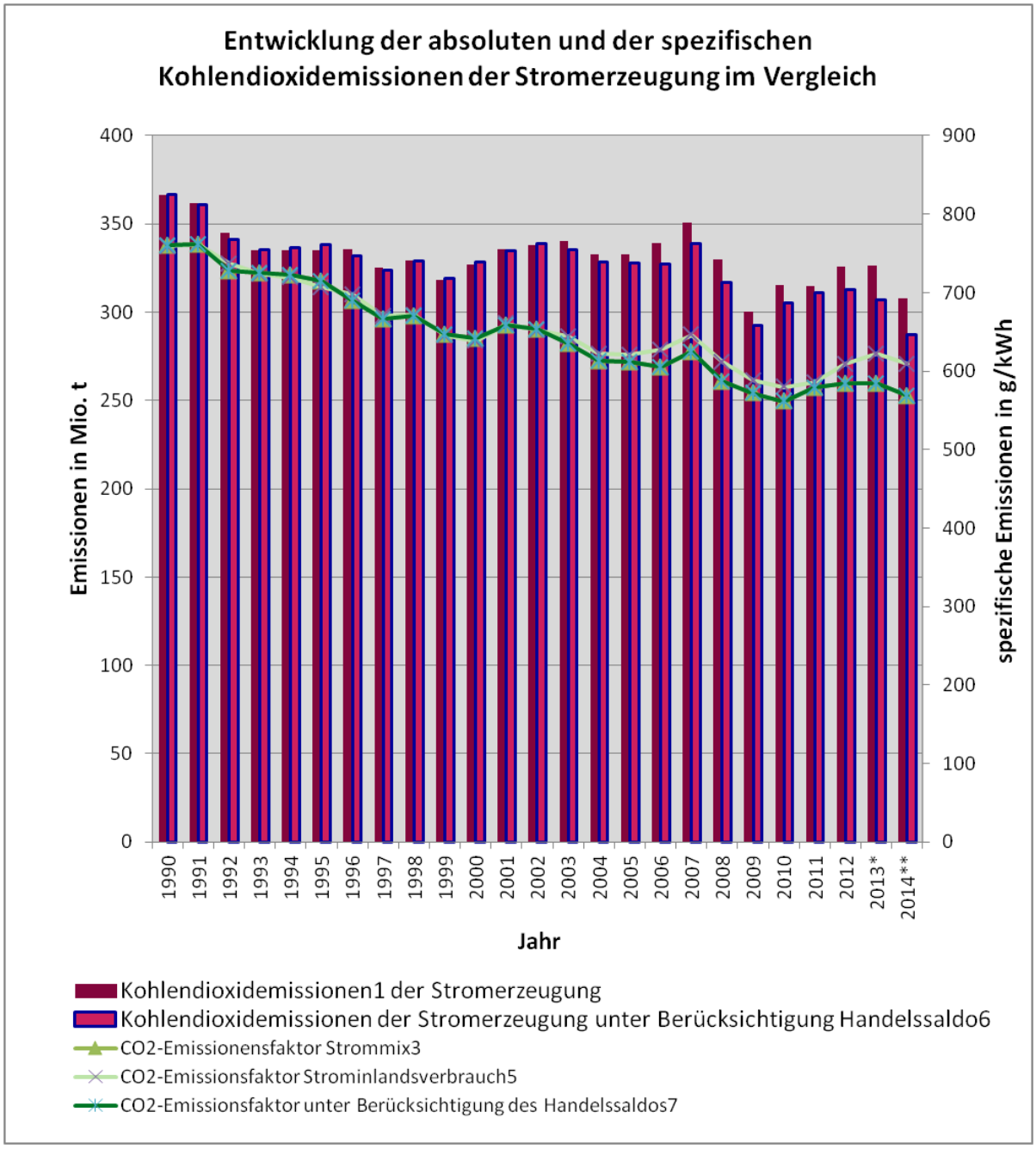


Abb. 3: Entwicklung der absoluten und der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen der Stromerzeugung im Vergleich (ohne Beachtung des Stromhandelssaldos)

Sinkenden spezifischen Emissionen zwischen 1990 und 2012 aus der Stromerzeugung stehen in der Summe sinkende Kohlendioxidemissionen aus der Stromerzeugung gegenüber.

Schwankungen in den absoluten Kohlendioxidemissionen sind bedingt durch den Brennstoffwechsel in der Stromerzeugung (wachsender Anteil der erneuerbaren Energien und Wechsel zu emissionsärmeren Brennstoffen), dem fluktuierenden Strombedarf entsprechend der wirtschaftlichen Entwicklung und in den Jahren seit 2011 durch die Energiewende (und 2014 durch einen Rückgang des Stromverbrauchs bei gleichzeitig steigendem Anteil an erneuerbaren Energien am Strommix).

Wurden im Jahr 1990 noch 366 Mio. Tonnen Kohlendioxid aus der Stromerzeugung emittiert, so waren es im Jahr 2012 noch 326 Mio. Tonnen. Dies entspricht einer Reduzierung der

Gesamtemissionen der Stromerzeugung von ca. 11 %. Für das Jahr 2014 wird eine Verringerung der Kohlendioxideinsparung im Stromsektor um ca. 16 % (absolut 308 Mio. Tonnen Kohlendioxid) gegenüber 1990 erwartet.

Überarbeitungen im Bereich der Abfall- und Ersatzbrennstoffe und Aktualisierungen der Datenquellen für die Emissionsberechnungen zum Beispiel der Energiebilanzen führten zu Korrekturen im Bereich der absoluten Kohlendioxidemissionen gegenüber der Erstveröffentlichung. Die Aktualisierung der Energiebilanzen seitens der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) wurde im Bericht „Revision der Energiebilanzen 2003 bis 2009“ mit Stand vom 08.10.2012 dokumentiert und ist auf der Internetseite der AGEB abrufbar (8). Die Aktualisierungen zu Berechnungen der Emissionen aus Abfällen und Sekundärbrennstoffen sind im Nationalen Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar (NIR) dokumentiert (9). Im Zusammenspiel von Stromverbrauch und spezifischen Kohlendioxidemissionen ergibt sich ein Minimum der absoluten Kohlendioxidemissionen im Betrachtungszeitraum ab 2003 im Jahr 2009 von ca. 301 Mio. Tonnen. Dies entsprach einer Reduzierung von ca. 18 % gegenüber 1990. Entsprechend dieser Entwicklung weist der „Emissionsfaktor“ im Minimum im Jahr 2010 572 g/kWh und der „Emissionsfaktor Strominlandsverbrauch“ ein Minimum im Jahr 2010 von 580 g/kW aus. Hier wird der Einfluss des Stromhandelssaldos deutlich.

Da das Jahr 2009 das Jahr der Wirtschaftskrise war ist es als Ausnahmejahr zu betrachten.

Die Daten im Jahr 2012 und die vorläufigen Daten für das Jahr 2013 sowie hochgerechneten verzeichnen wieder ansteigende Emissionen. Dies bedingt auch steigende Emissionsfaktoren, die in ihrer absoluten Höhe (2013 584 g/kWh) aber nicht die Höhe des bisherigen Höchststandes innerhalb der Berichtserstattungsperiode nach Kyoto -Protokoll im Jahr 2007 (624 g/kWh) erreichen, sodass die sinkende Tendenz trotz Schwankungen fortgesetzt wird.

Für 2014 wird wieder ein Sinken der Spezifischen CO_2-Emissionen erwartet.

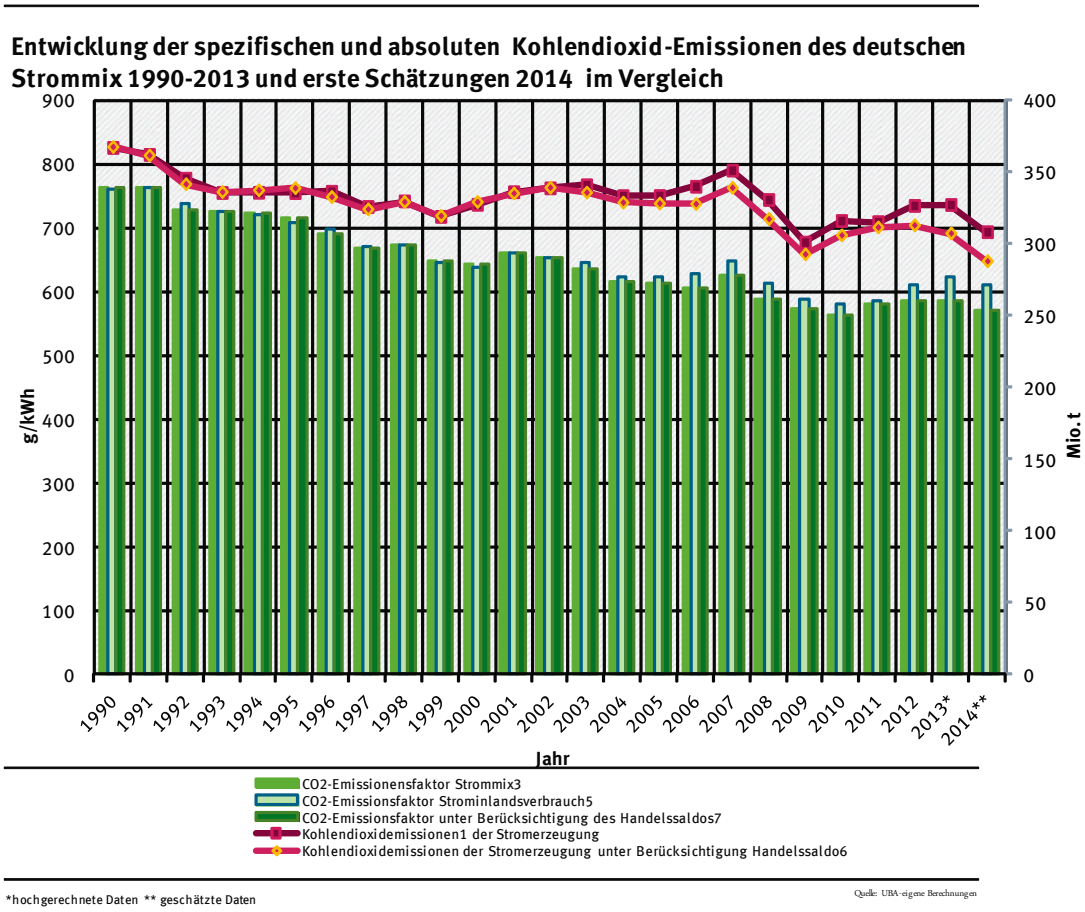


Abb. 4:Entwicklung der absoluten Kohlendioxidemissionen der Stromerzeugung und der Entwicklung des Stromverbrauchs im Vergleich

4 Zusammenfassung

Der Kohlendioxid-Emissionsfaktor für den deutschen Strommix ist ein Indikator für die Klimaverträglichkeit der Stromerzeugung. Er darf jedoch nicht losgelöst von der Entwicklung des Stromverbrauchs im Inland insgesamt und den gesamten aus der Stromerzeugung entstehenden Kohlendioxidemissionen sowie des Stromhandelssaldos betrachtet werden.

Die bisherige Entwicklung des in Summe sinkenden Trends von 761 g CO_2/kWh im Jahr 1990 Emissionsfaktor) auf 584 g CO_2/kWh im Jahr 2012 ist positiv zu bewerten.

Der für 2013 hochgerechnete CO_2-Emissionsfaktor in Höhe von 584 g CO_2/kWh, und der für 2014 geschätzte Wert von 569 g CO_2/kWh, stellen im Vergleich zum Jahr 1990 eine Verminderung dar.

Die Analyse der Trend-Entwicklung zeigt, dass der bemerkenswerte Ausbau der erneuerbaren Energien eine spürbare Senkung des Kohlendioxid-Emissionsfaktors zur Folge hat. Dieser Effekt wird allerdings für die Jahre 2010 bis 2013 stark überlagert durch den Umbau des fossilen Kraftwerksparks. Eine verstärkte Verstromung von Kohle durch den Zubau neuer Kohlenkraftwerke führte sowohl zu steigenden absoluten als auch spezifischen Kohlendioxidemissionen aus der Stromerzeugung, da Kohlenkraftwerke einen deutlich höheren Emissionsfaktor als der deutsche Strommix haben. Für das Jahr 2014 wird bedingt durch den gesunkenen Stromverbrauch gekoppelt mit dem Anstieg der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien eine Verringerung der absoluten und spezifischen CO2-Emissionen erwartet.

Der stetig seit 2004, mit Ausnahme des Jahres 2011, wachsende Stromhandelsexport-überschuss führt zu einem steigenden Anteil der CO_2-Emissionen welche nicht dem im Inland verbrauchten Strom zuzuordnen sind. Entsprechend der internationalen Berichtskonventionen sind Emissionen jedoch in dem Land zu bilanzieren, wo sie entstehen (Verursacherprinzip). Dies führt zu einer methodenbedingten Verzerrung des spezifischen CO_2-Faktors für den in Deutschland verbrauchten Strom.

Der Effekt, welcher zu verzeichnen ist, wenn die Emissionen des Stromhandelsexport-überschusses nicht dem deutschen Stromverbrauch angelastet würden, wurde ausgewiesen. Für das Jahr 2012 würden sich die direkten CO_2-Emissionen für die Stromerzeugung von 326 Mio. t auf 313 Mio. t verringern. Für 2014 würde 21 Mio. t Kohlendioxid prognostiziert.

Für das Erreichen der Klimaziele ist es notwendig, dass die absoluten Kohlendioxidemissionen der Stromerzeugung stark sinken. Weitere Anstrengungen zur Reduzierung der Kohlendioxidemissionen aus der Stromerzeugung sind also notwendig.

Dazu gehört die weitere Modernisierung des vorhandenen Kraftwerksparks vor allem auch durch den gezielten Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, den Umstieg auf CO_2-arme Brennstoffe und den Ausbau der Kraft-Wärmekopplung sowie die Effizienzsteigerung bei der Stromerzeugung. Aber auch der sparsame Umgang mit dem vermeintlich „sauberen“ Energieträger Strom ist ein wichtiges Mittel für die Kohlendioxidreduzierung.

5 Quellenverzeichnis

(1) IPCC-Guidelines 2006

http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/ aufgerufen am 20.04.2015

(2) AGEB; Stand April 2010 _"Vorwort zu den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland" Seite 10,

http://www.ag-energiebilanzen.de/files/vorwort.pdf gezogen am 20.04.2015

(3) Umweltbundesamt, FG I 2.6; Datenbank Zentrales System der Emissionen (ZSE) Stand 04/2015(2) Umweltbundesamt; FG I2.5: Eigene Berechnungen auf Grundlage der Tabelle „Stromerzeugung nach Energieträgern 1990-2013" der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=65, aufgerufen am 23.03.2015

(4) Umweltbundesamt, FG I2.5 März 2015 eigene Berechnungen zum Stromverbrauch auf der Grundlage der Bruttostromerzeugung

(5) Destatis, 2014, Fachserie 19 Reihe 1

(6) Bruttostromerzeugung in Deutschland von 1990 bis 2014 nach Energieträgern Stand 27.02.2015

http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=20150227_brd_stromerzeugung1990-2014.pdf gezogen am 20.04.2015

(7) Kraftwerksdatenbank des UBAs-UBA-interne Angaben zu Wirkungsgraden

http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/dokumente/kraftwerke_in_deutschland_ab_100_megawatt_elektrischer_leistung_2015_03.xls (gezogen am 20.04.2015)

(8) AGEB,Stand 08.10.2012 Revision der Energiebilanzen 2003 bis 2009 http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=63 aufgerufen am 01.02.2013

(9) Umweltbundesamt, Nationaler Inventarbericht Deutschland – 2014, Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2014, Nationaler Inventarbericht Zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2014, 15.01.2014. Veröffentlichung unter http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/ghgmm/envuppzuq/NIR_2013_EU-Submission_de.pdf/manage_document

2015 steht mit Stand 20.004.2015 noch aus, Werte aus der zentralen Datenbank der Emissionen ZSE

(10) ÖKO-INSTITUT, 2004c CO_2 Emissionsfaktoren für die Erstellung der nationalen Inventare. Teilbereicht für den nationalen Inventarbericht 2004

Veröffentlichung unter http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/application/zip/deu_2004_nir_30apr.zip, Kapitel 13.8

(11) AGEB, Stand April 2015, Energiebilanzen 1990-2012 Energiebilanz 2013 noch vorläufig nachrichtlich, nicht öffentlich an das UBA

www.ag-energiebilanzen .de aufgerufen am 20.04.2015

Anhang 1: CO_2-Emissionen der Stromerzeugung gemäß Datenbank ZSE

Stand für NIR 2015 - 22.04.2015		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
CO2 - Emissionen aus der Stromerzeugung														
Braunkohlen	[Mio t]	200	187	180	171	168	162	159	155	149	148	157	166	170
Steinkohlen	[Mio t]	118	126	120	123	122	124	128	120	127	119	118	115	113
Erdgas	[Mio t]	18	18	15	15	18	19	21	21	22	22	22	22	23
Mineralöle	[Mio t]	9	11	10	8	8	7	7	6	6	6	6	7	7
Müll (fossil)	[Mio t]	4	4	4	3	4	6	6	6	7	6	6	7	6
sonstige	[Mio t]	17	17	16	14	16	17	16	17	18	17	17	18	20
gesamt	[Mio t]	366	361	345	335	335	335	336	325	329	318	327	336	338

Stand für NIR 2015 - 22.04.2015		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013*	2014**	
CO2 - Emissionen aus der Stromerzeugung														
Braunkohlen	[Mio t]	167	165	162	159	164	158	153	151	156	166	163	158	
Steinkohlen	[Mio t]	115	111	109	116	118	102	89	95	91	94	100	90	
Erdgas	[Mio t]	24	25	28	29	29	33	30	32	30	27	24	21	
Mineralöle	[Mio t]	8	9	10	8	8	8	8	7	5	6	6	5	
Müll (fossil)	[Mio t]	8	6	8	8	9	9	9	10	13	13	13	14	
sonstige	[Mio t]	17	17	17	19	22	20	12	20	19	19	21	21	
gesamt	[Mio t]	340	333	333	339	351	330	301	315	315	326	327	308	

*Vorläufige Daten **geschätzte Daten

Anhang 2: Aus der Bruttostromerzeugung berechneter Stromverbrauch

Energieträger	Einheit	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Kernenergie	Mrd. kWh	135	131	141	136	134	137	144	152	144	152	152	151	147
Steinkohle	Mrd. kWh	124	133	126	130	128	130	136	128	137	128	128	122	120
Braunkohle	Mrd. kWh	151	140	137	131	130	126	129	127	124	122	132	136	141
Erdgas	Mrd. kWh	32	32	29	29	32	36	41	43	45	46	44	49	50
Mineralölprodukte	Mrd. kWh	10	13	12	9	9	8	7	7	6	6	5	5	8
Wasserkraft Pumpspeicher	Mrd. kWh	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-4	-5	-5	-5
Wasserkraft Laufwasser	Mrd. kWh	17	14	17	17	18	19	17	17	17	19	22	20	21
Windenergie	Mrd. kWh	0	0	0	1	1	1	2	3	4	5	9	9	14
Biomasse	Mrd. kWh	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3	4
Fotovoltaik	Mrd. kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
übrige Energieträger	Mrd. kWh	17	14	15	14	15	16	16	16	17	18	20	19	16
Stromverbrauch insgesamt	**Mrd. kWh**	**482**	**475**	**474**	**462**	**464**	**469**	**486**	**488**	**491**	**492**	**509**	**509**	**518**
Einfuhr	Mrd. kWh	32	30	28	34	36	40	37	38	38	41	45	44	46
Ausfuhr	Mrd. kWh	31	31	34	33	34	35	43	40	39	40	42	45	46
Stromhandelssaldo	**Mrd. kWh**	**1**	**-1**	**-5**	**1**	**2**	**5**	**-5**	**-2**	**-1**	**1**	**3**	**-1**	**1**

Energieträger	Einheit	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014*
Kernenergie	Mrd. kWh	147	149	145	149	126	133	121	127	98	90	88	88
Steinkohle	Mrd. kWh	131	126	119	123	127	111	97	106	101	105	110	98
Braunkohle	Mrd. kWh	141	141	137	135	139	135	131	132	135	145	145	141
Erdgas	Mrd. kWh	56	56	65	67	70	80	73	81	78	69	61	53
Mineralölprodukte	Mrd. kWh	9	10	11	10	9	9	9	8	6	7	7	5
Wasserkraft Pumpspeicher	Mrd. kWh	-5	-6	-7	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-6	-8	-8
Wasserkraft Laufwasser	Mrd. kWh	16	18	17	18	19	18	17	19	16	20	21	19
Windenergie	Mrd. kWh	17	23	24	27	35	36	35	34	44	46	47	51
Biomasse	Mrd. kWh	6	7	10	13	18	21	24	27	30	36	37	39
Fotovoltaik	Mrd. kWh	0	1	1	2	3	4	6	11	18	24	28	31
übrige Energieträger	Mrd. kWh	18	19	21	23	24	22	19	24	23	23	24	25
Stromverbrauch insgesamt	**Mrd. kWh**	**536**	**542**	**544**	**561**	**561**	**562**	**525**	**562**	**543**	**558**	**559**	**541**
Einfuhr	Mrd. kWh	46	44	53	46	44	40	41	42	50	44	38	39
Ausfuhr	Mrd. kWh	54	52	62	66	63	63	55	60	56	67	72	74
Stromhandelssaldo	**Mrd. kWh**	**-8**	**-7**	**-9**	**-20**	**-19**	**-23**	**-14**	**-18**	**-6**	**-23**	**-34**	**-36**

Der Stromverbrauch errechnet sich aus der Bruttostromerzeugung abzüglich der anteiligen (Anteil an der Bruttostromerzeugung) Verluste durch Kraftwerkseigenbedarf, Leitungsverluste und Pumpstrom (nur Wasserkraft Pumpspeicher!).

Anhang 3: Emissionsfaktoren entsprechend ZSE

Material [kg/TJ]	2012 (Stand 03/2015)
Andere Mineralölprodukte	82080
Braunkohlenbriketts	99097
Braunkohlenstaub-/Wirbelschichtkohle	98040
Dieselkraftstoff	74000
Erdgas	55917
Flüssiggas	65413
Gicht- u. Konvertergas	259546
Grubengas	68118
Hartbraunkohle	94220
Hausmüll/Siedlungsabfall fossil	91510
Heizöl, leicht	74020
Heizöl, schwer	80007
Industriemüll fossil	71133
Kokerei-/Stadtgas	41824
Petrolkoks	95131
Raffineriegas	62263
Rohbraunkohle	105136
Rohbraunkohle Helmstedt	103296
Rohbraunkohle Hessen	-
Rohbraunkohle Lausitz	110316
Rohbraunkohle Mitteldeutschland	102879
Rohbraunkohle Rheinland	113015
Rückstände Papierindustrie, fossil	86222
Sonderabfall	82989
Sonstige hergestellte Gase	191960
Steinkohle	93363
Steinkohlenbriketts	95913
Steinkohlenkoks	108130

Emissionsfaktoren aus dem Zentralen System der Emissionen (ZSE) Submission 2015 – Stand März 2015