



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

ERNEUERBARE ENERGIEN IN ZAHLEN

Internet-Update ausgewählter Daten



Impressum

IMPRESSUM

- Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Referat Öffentlichkeitsarbeit ▪ 11055 Berlin
E-Mail: service@bmu.bund.de
Internet: www.bmu.de ▪ www.erneuerbare-energien.de
- Redaktion: Dipl.-Ing. (FH) Dieter Böhme, Dr. Michael van Mark
BMU, Referat KI III 1
(Allgemeine und grundsätzliche Angelegenheiten der Erneuerbaren Energien)
- Fachliche Bearbeitung: Dipl.-Ing. (FH) Christel Linkohr, Dr. Frank Musiol,
Dipl.-Ing. (FH) Marion Ottmüller, Dipl.-Kffr. Ulrike Zimmer
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart
Dipl.-Forstwirt Michael Memmler, Dipl.-Biol. Elke Mohrbach,
Dipl.-Biol. Sarah Moritz, Dipl.-Ing. / Lic. rer. reg. Sven Schneider
Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet I 2.5
- Gestaltung: Dipl.-Kffr. Ulrike Zimmer, ZSW
- Abbildungen: Titelbild: BMU/D. Böhme
S. 4: BMU/Christoph Busse/transit
S. 7: BMU/Edelhoff
S. 10: BMU/Bernd Müller
S. 14: BMU/Brigitte Hiss
S. 18: U. Zimmer
S. 21: BMU/Brigitte Hiss
- Stand: Dezember 2009

Inhalt

Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik.....	4
Erneuerbare Energien in Deutschland: Garanten für Klimaschutz, Nachhaltigkeit und Versorgungssicherheit.....	5
Erneuerbare Energien in Deutschland: Das Wichtigste im Jahr 2008 auf einen Blick	8
Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung und vermiedene CO ₂ -Emissionen in Deutschland 2008	9
Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland von 1998 bis 2008	10
Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland von 1990 bis 2008	11
Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2008.....	15
Entwicklung der energiebedingten Emissionen in Deutschland von 1990 bis 2008.....	17
Energiebedingte Emissionen in Deutschland nach Quellgruppen im Jahr 2007	18
Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2008.....	19
Umsatz mit erneuerbaren Energien in Deutschland 2008	20
Struktur der nach EEG vergüteten Strommengen seit 2000.....	22
Langfristig realisierbares, nachhaltiges Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom-, Wärme- und Kraftstofferzeugung in Deutschland	23
Szenario eines verstärkten Ausbaus erneuerbarer Energien in Deutschland	24
Anhang: Methodische Hinweise	25
Umrechnungsfaktoren	32
Quellenverzeichnis	33

Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik



Das Bundesumweltministerium hat im Einvernehmen mit dem Bundeswirtschaftsministerium und dem Bundeslandwirtschaftsministerium die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik (AGEE-Stat) eingerichtet, um Statistik und Daten der erneuerbaren Energien auf eine umfassende, aktuelle und abgestimmte Basis zu stellen. Die Ergebnisse der Arbeit der AGEE-Stat sind Teil der vorliegenden Veröffentlichung.

Die AGEE-Stat ist ein unabhängiges Fachgremium und arbeitet seit Februar 2004. Mitglieder sind Expertinnen und Experten aus

- dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU),
- dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi),

- dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV),
- dem Umweltbundesamt (UBA),
- dem Statistischen Bundesamt (StBA),
- der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR),
- der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) und
- dem Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden Württemberg (ZSW).

Der Schwerpunkt der Tätigkeiten der AGEE-Stat liegt im Bereich der Statistik der erneuerbaren Energien. Des Weiteren hat das Fachgremium die Aufgabe,

- eine Grundlage für die verschiedenen nationalen, EU-weiten und internationalen Berichtspflichten der Bundesregierung im Bereich der erneuerbaren Energien zu legen und
- allgemeine Informations- und Öffentlichkeitsarbeit zu Daten und Entwicklung der erneuerbaren Energien zu leisten.

Zur Verbesserung der Datenbasis und der wissenschaftlichen Berechnungsmethoden werden im Rahmen der AGEE-Stat verschiedene Forschungsarbeiten durchgeführt. Workshops und Anhörungen zu bestimmten Fachthemen unterstützen gleichfalls die Arbeit des Gremiums.

Weitere Informationen zur AGEE-Stat und zu erneuerbaren Energien sind auf der Internet-Themenseite des BMU www.erneuerbare-energien.de zu finden.



Erneuerbare Energien in Deutschland: Garanten für Klimaschutz, Nachhaltigkeit und Versorgungssicherheit

Eine intelligente Bereitstellung und ein sparsamer Einsatz von Energie – das sind zentrale Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. In vielen Regionen dieser Welt wächst im Zuge einer nachholenden Industrialisierung der Energiebedarf rasant. Zugleich stehen die Industrieländer vor der Aufgabe, ihren Energieverbrauch drastisch senken zu müssen. Denn nur so kann es gelingen, die schlimmsten Klima- veränderungen noch abzuwenden und die Abhängigkeit von Öl-, Gas-, Kohle- und Uranimporten zu senken.

Neben der wichtigen Strategie einer sparsamen Nutzung und effizienten Umwandlung von Energieträgern setzt das Bundesumweltministerium auf den Einsatz erneuerbarer Energien. Diese haben in den vergangenen Jahren insbesondere im Strommarkt, zunehmend aber auch im Wärme- und Verkehrssektor beträchtlich an Bedeutung gewonnen. Mit einem Anteil von gut 15 % an der deutschen Stromversorgung im Jahr 2008 sind sie inzwischen zu einer unverzichtbaren Säule der Energiewirtschaft geworden. Erneuerbare Energien tragen in vielerlei Hinsicht zu einer nachhaltigen Energieversorgung bei:

- Sie leisten einen entscheidenden Beitrag zum Klimaschutz, weil in ihren Anlagen keine fossilen Brennstoffe verbrannt werden – im Jahr 2008 haben sie den Ausstoß von rund 110 Millionen Tonnen des Klimagases CO₂ vermieden.
- Sie diversifizieren die Rohstoffvielfalt, machen unabhängiger von fossilen Rohstoffen und tragen so zur Versorgungssicherheit und zur Vermeidung von Rohstoffkonflikten bei (s. a. BMU-Studie „Die sicherheitspolitische Bedeutung erneuer-

barer Energien“ auf der BMU-Themenseite Erneuerbare Energien unter www.erneuerbare-energien.de, Rubrik „Studien“).

- Mittelfristig sichern uns erneuerbare Energien damit auch gegen Kostensteigerungen bei Energieimporten ab, die bei den fossilen und nuklearen Ressourcen unvermeidbar eintreten werden und für Öl bereits immer wieder sichtbar sind.
- Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien können am Ende ihrer Lebensdauer einfach abgebaut und recycelt werden. Sie hinterlassen keine gefährlichen und schwer lagerbaren Abfälle und keine ausgebeuteten Lagerstätten.
- Erneuerbare Energien sind hauptsächlich heimische Energieträger, deren Nutzung zur regionalen Wertschöpfung beiträgt und Arbeitsplätze sichert. In Deutschland wurde im Jahr 2008 mit erneuerbaren Energien ein Gesamtumsatz von rund 31 Mrd. Euro erzielt; gleichzeitig waren rund 278.000 Menschen in dieser Branche beschäftigt.
- Erneuerbare Energien können in Entwicklungsländern Wege aus der Armut weisen. Zudem vereinfachen sie den Zugang großer Bevölkerungsteile zu Energie, beispielsweise durch ländliche Elektrifizierung im Zuge von Insellösungen.

Ziele

Der Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland ist eine beispiellose Erfolgsgeschichte. Ihr Anteil am gesamten Endenergieverbrauch wurde seit dem Jahr 2000 mehr als verdoppelt – auf inzwischen 9,5 %. Das Ziel der Bundesregierung, bis zum Jahr 2010

12,5 % des Stromverbrauchs mit erneuerbaren Energien zu decken, wurde bereits 2007 deutlich überschritten.

Zum 1. Januar 2009 sind das Erneuerbare-Energien-Wärmege- setz (EEWärmeG) sowie die Neufassung des bewährten Erneuerbare-Energien- Gesetzes (EEG) in Kraft getreten. Die Ziele der Bundesregierung für 2020 stehen damit fest: Der Beitrag der erneuerbaren Energien zur Strombereitstellung soll auf mindestens 30 % ansteigen und danach kontinuierlich weiter erhöht werden. Der Anteil an der Wärmebereitstellung soll bis 2020 auf 14 % ansteigen. In dem im Jahr 2008 verabschiedeten Fortschrittsbericht zur Nachhaltigkeitsstrategie wurde außerdem bestätigt, dass bis zum Jahr 2050 der gesamte Energieverbrauch zu 50 % durch Erneuerbare bereitgestellt werden soll. Mit Blick auf den im April durch das Bundeskabinett beschlossenen Biomasseaktionsplan soll sich der Anteil der Biokraftstoffe bis 2020 so weit erhöhen, dass dadurch die Treibhausgasemissionen um 7 % gegenüber dem Einsatz fossiler Kraftstoffe reduziert werden. Dies entspricht einem Anteil von rd. 12 % energetisch.

Mit den Beschlüssen des Europäischen Rats vom Frühjahr 2007 und der Verabschiedung der Ende Juni 2009 in Kraft getretenen neuen EU-Richtlinie für erneuerbare Energien (2009/28/EG) wurden auch im EU-Kontext Ziele festgelegt: Bis 2020 sollen 20 % des gesamten Endenergieverbrauchs der Europäischen Union (EU) mit erneuerbaren Energien gedeckt werden. Für Deutschland ist ein Ziel von 18 % vorgegeben.

Windenergie

Mit 20.287 Anlagen und 23.895 MW installierter Leistung Ende des Jahres 2008 hat die Windenergie ihre dominierende Stellung unter den Erneuerbaren im Strombereich weiter behauptet. Die neu installierte Leistung blieb 2008 mit 1.665 MW gegenüber dem Vorjahr konstant. Mit knapp 40,6 TWh konnte die erzeugte Strommenge gegenüber 2007 noch einmal gesteigert werden. Die Windenergie hatte damit im Jahr 2008 allein einen Anteil von 6,6 % am gesamten Bruttostromverbrauch.

Mit dem neuen EEG gelten für die Windenergie seit 2009 erhöhte Vergütungssätze und attraktivere Bedingungen für das Repowering – den Ersatz älterer Anlagen durch neue, leistungsstärkere. Es wird daher erwartet, dass die neu installierte Leistung in den kommenden Jahren wieder ansteigt. Zusätzlich wird die Entwicklung der Offshore-Windenergie ein wichtiger Faktor dafür sein, dass die Bedeutung der Windenergienutzung weiter zunimmt. Mit der Inbetriebnahme des Offshore-Testfelds „Alpha Ventus“ vor der Nordseeinsel Borkum ist im Jahr 2009 ein wichtiger Meilenstein bei der Entwicklung der Offshore-Windenergienutzung erreicht worden.

Biomasse

Die Nutzung von Biomasse als klimaverträglicher und regionaler Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung hat insbesondere seit den verbesserten Rahmenbedingungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) von 2004 einen Aufschwung erlebt. Zudem hat in den vergangenen Jahren vor allem aufgrund der steigenden Energiepreise die Verbreitung der Holznutzung für die Wärmebereitstellung - beispielsweise mit Pelletheizungen - deutlich zugenommen. Biomasse hat unter den Erneuerbaren den Vorteil, dass sie rund um die Uhr zur Verfügung steht und somit bedarfsgerecht eingesetzt werden kann. Sie

leistet daher einen wichtigen Beitrag zu einer sicheren Energieversorgung.

Im Jahr 2008 wurden aus fester und flüssiger Biomasse, Biogas, Deponie- und Klärgas sowie dem biogenen Anteil des Abfalls insgesamt gut 27 TWh Strom erzeugt, was 4,4 % des gesamten deutschen Bruttostromverbrauchs entspricht. Damit konnte die Biomasse ihren 2. Rang unter den Erneuerbaren im Strombereich hinter der Windenergie weiter festigen. Der Beitrag der Biomasse zur Wärmebereitstellung stieg 2008 auf rund 102 TWh an und dominiert den Wärmebereich mit 92 % des Beitrags der erneuerbaren Energien weiterhin deutlich. Nach einem sprunghaften Anstieg in den Vorjahren war bei den Biokraftstoffen hingegen im Jahr 2008 eine Veränderung des Marktes mit einem spürbaren Rückgang des Absatzes zu verzeichnen. Er fiel auf rd. 3,7 Mio. t (2007: 4,6 Mio. t.). Dabei nahm der Absatz von Biodiesel und Pflanzenöl deutlich ab, während bei Bioethanol ein Anstieg zu verzeichnen war. Insgesamt deckten Biokraftstoffe im Jahr 2008 5,9 % des Kraftstoffbedarfs.

Geothermie

Die Wärme aus dem Erdinneren kann zur Beheizung von Gebäuden, zur Speisung von Nahwärmenetzen, aber auch zur Stromerzeugung genutzt werden. Nachdem schon seit einigen Jahren eine Reihe von Geothermie-Heizwerken besteht, hat im Jahr 2008 mit dem Heizkraftwerk Unterhaching die inzwischen dritte deutsche Geothermie-Anlage die Stromerzeugung aufgenommen. Noch ist der Beitrag der Geothermie zur Stromerzeugung nicht bedeutend, in den kommenden Jahren sollen jedoch vor allem im süddeutschen Raum weitere Anlagen gebaut werden.

Wasserkraft

In den vergangenen Jahren wurden in Deutschland die Kapazitäten zur

Nutzung der Wasserkraft nur noch geringfügig erhöht, unter anderem durch Modernisierung von Anlagen. Der Stromertrag schwankt aufgrund unterschiedlicher Witterungsbedingungen. 2008 wurden rd. 20,8 TWh Strom erzeugt und damit etwas weniger als im Vorjahreszeitraum. Für die kommenden Jahre wird die Fertigstellung der Erneuerung einiger größerer Anlagen erwartet, für die bereits im EEG von 2004 neue Anreize gesetzt wurden.

Photovoltaik/Solarthermie

Der steile Anstieg der Stromerzeugung aus Photovoltaik-Anlagen setzte sich auch im Jahr 2008 fort. Mit gut 4,4 TWh wurden 44 % mehr Strom produziert als im Vorjahr. Damit deckte die Photovoltaik bereits 0,7 % des Bruttostromverbrauchs ab. Technische Innovationen und wachsende Märkte werden zukünftig noch stärker dazu führen, dass Strom aus Photovoltaik-Anlagen immer kostengünstiger wird. Die Vergütung für Solarstrom sinkt daher nach dem neuen EEG 2009 jedes Jahr für neu in Betrieb gehende Anlagen noch stärker als bisher – zum 1.1.2010 je nach Anlagengröße um 9 bzw. 11 %.

Beim Zubau von Sonnenkollektoren (Solarthermieanlagen) zur Brauchwassererwärmung und Raumheizung war 2008 im Zuge hoher Öl- und Gaspreise ein deutlicher Anstieg gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen. Mit mehr als 210.000 Anlagen wurden rund 1,9 Mio. Quadratmeter Kollektorfläche neu installiert – fast doppelt so viel wie 2007. Ende des Jahres 2008 waren damit mehr als 11 Mio. Quadratmeter Kollektorfläche in Deutschland installiert. Voraussichtlich auch zukünftig hohe Energieträgerpreise, die Förderung im Rahmen des Marktanreizprogramms des Bundes und das EEWärmeG werden den Ausbau solarthermischer Anlagen auch weiterhin voranbringen.

Weitere Pfeiler der Energiewende und des Klimaschutzes

Die Bundesregierung nutzt neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien konsequent die Potenziale für eine rationelle und sparsame Energieverwendung und die Verbesserung der Energieeffizienz. Zentral sind dabei die bereits 1999 eingeleitete ökologische Steuerreform sowie weitere bereits umgesetzte Maßnahmen wie die Energieeinsparverordnung, das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz sowie Maßnahmen zur Energieverbrauchskennzeichnung. Der Emissionshandel für Anlagen ab 20 MW Feuerungswärmeleistung wurde 2007 weiterentwickelt, damit die deutsche Wirtschaft langfristig ihre Klimaschutzziele noch kostengünstiger und effizienter als bisher erreicht. Zudem wurde in den Jahren 2007 und 2008 eine ganze

Reihe weiterer Maßnahmen im Rahmen des Integrierten Energie- und Klimaprogramms (IKEP) beschlossen und inzwischen weitgehend umgesetzt.

Der Schutz des globalen Klimas, die Schonung wertvoller Ressourcen und eine weltweite nachhaltige Entwicklung – dies sind wichtige Herausforderungen, die wir im 21. Jahrhundert bewältigen müssen. Eine zentrale Voraussetzung dafür ist die Umstrukturierung unseres Energiesystems. Dazu gehören insbesondere die schrittweise Reduzierung des Einsatzes fossiler Energieträger, der sparsame Endenergieeinsatz, die Erhöhung der Energieeffizienz sowie der kontinuierliche Ausbau der erneuerbaren Energien.

Die letzte, auch gedruckt verfügbare Version von „Erneuerbare Energien in Zahlen“ hatte einen Stand der Daten vom Juni 2009. Zu diesem Zeitpunkt beruhen zahlreiche Werte des Jahres 2008 noch auf Schätzungen. Beispielsweise sind viele statistisch erhobene Daten erst in der zweiten Hälfte des Folgejahrs verfügbar. Dieses Update dokumentiert daher insbesondere die sich durch zusätzliche Datenverfügbarkeit ergebenden Änderungen der Entwicklung im Jahr 2008 gegenüber dem Stand der Frühsummerausgabe.

Parallel ist die Veröffentlichung „Erneuerbare Energien in Deutschland 1990-2007“ erschienen, die die Entwicklung der erneuerbaren Energien seit den 1990er Jahren dokumentiert.



Erneuerbare Energien in Deutschland: Das Wichtigste im Jahr 2008 auf einen Blick

Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland

- 9,5 % am gesamten Endenergieverbrauch (Strom, Wärme, Kraftstoffe; 2007: 9,5 %)
- 15,1 % am Bruttostromverbrauch (2007: 14,2 %)
- 7,7 % am Endenergieverbrauch für Wärme (2007: 7,6 %)
- 5,9 % am Kraftstoffverbrauch (2007: 7,2 %)

Windenergie leistet den größten Beitrag

Nach einem Bruttozubau von 1.665 MW waren Ende 2008 insgesamt 23.895 MW installiert, 2008 wurden rd. 40,6 TWh Strom erzeugt. (1 TWh = 1 Mrd. kWh)

Bioenergie weiter im Kommen

Verstärkter Ausbau im Strommarkt: Aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse wurden 2008 20,3 TWh erzeugt (einschl. biogenem Abfall, Deponie- und Klärgas 27,2 TWh); rund 3,7 Mio. Tonnen Biokraftstoffe wurden verbraucht; der Bestand an Pelletheizungen ist auf 105.000 gestiegen [DEPV 110].

Wasserkraft stagnierend

Die installierte Leistung war nahezu konstant, 20,8 TWh Strom wurden erzeugt.

Sonnenenergienutzung Weltspitze

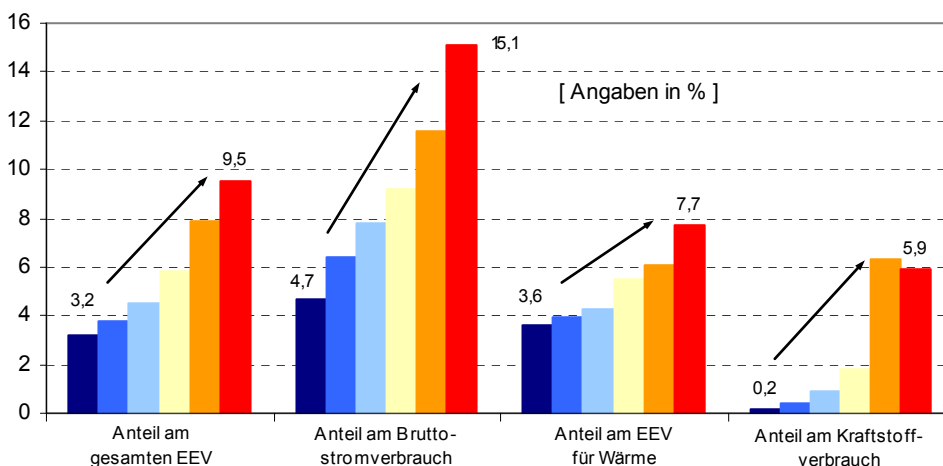
Mit einem Zubau von 1.900 MW ist Deutschland Photovoltaik-Weltmeister, rd. 4,4 TWh Strom wurden erzeugt.

Der Zubau solarthermischer Kollektorfläche war mit rund 1,9 Mio. m² auf einem hohen Niveau, insgesamt waren Ende 2008 mehr als 11 Mio. m² installiert

Geothermie in Position

Die Stromproduktion der drei geothermischen Kraftwerke betrug 2008 0,018 TWh; der Absatz von Wärmepumpen stieg um das 1,4-Fache auf rd. 62.450 Anlagen [BWP 109].

Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland



- 2008
- 2006
- 2004
- 2002
- 2000
- 1998

EEV Endenergieverbrauch

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe nachfolgende Tabellen

Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung und vermiedene CO₂-Emissionen in Deutschland 2008

	Endenergie	Anteil am Endenergieverbrauch	vermiedene CO ₂ -Emissionen
	[GWh]	[%]	[1.000 t]
Stromerzeugung			
Wasserkraft ¹⁾	20.785	3,4	17.664
Windenergie	40.574	6,6	30.266
Photovoltaik	4.420	0,7	2.557
biogene Festbrennstoffe	10.911	1,8	8.909
biogene flüssige Brennstoffe	1.096	0,2	709
Biogas	8.310	1,3	5.554
Klärgas	1.021	0,2	785
Deponiegas	941	0,2	724
biogener Anteil des Abfalls ²⁾	4.940	0,8	4.066
Geothermie ³⁾	18	0,003	10
Summe	93.016	15,1	71.244
Wärmebereitstellung			
biogene Festbrennstoffe, (Haushalte)	62.188	4,3	18.611
biogene Festbrennstoffe, (Industrie) ⁴⁾	13.901	1,0	3.837
biogene Festbrennstoffe, (HW/HKW) ⁵⁾	5.243	0,4	1.461
biogene flüssige Brennstoffe ⁶⁾	7.659	0,5	1.967
biogene gasförmige Brennstoffe ⁷⁾	7.840	0,5	1.796
biogener Anteil des Abfalls ²⁾	5.020	0,3	1.427
Solarthermie	4.131	0,3	900
tiefe Geothermie	206	0,0	13
oberflächennahe Geothermie ⁸⁾	4.391	0,3	397
Summe	110.578	7,7	30.410
Kraftstoffbereitstellung			
Biodiesel	27.806	4,5	5.955
Pflanzenöl	4.194	0,7	1.146
Bioethanol	4.694	0,8	1.228
Summe	36.694	5,9	8.329
Gesamt	240.288	EEV¹²⁾	9,5
			109.983

Anmerkung:

Angaben in der gesamten Veröffentlichung vorläufig.

Abkürzungen:

EE Erneuerbare Energien

EEV Endenergieverbrauch

Zur Stromerzeugung aus Photovoltaik und zur Wärmebereitstellung aus Solarthermie siehe Anhang Abs. 5.

Abweichungen in den Summen durch Rundungen

- 1) bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss
- 2) biogener Anteil mit 50 % angesetzt
- 3) drittes Geothermiekraftwerk Ende 2008 in Betrieb gegangen, Geothermie-Input ermittelt mit einem unterstellten Nutzungsgrad von 10%
- 4) Industrie = Betriebe des Bergbaus, der Gewinnung von Steinen und Erden sowie des verarbeitenden Gewerbes, § 8 Energiestatistikgesetz
- 5) nach §§ 3 und 5, Energiestatistikgesetz
- 6) Wärme aus mit Pflanzenöl betriebenen KWK-Anlagen (knapp 1,0 TWh, geschätzt nach Quelle [59]), aus der Papierindustrie (Sulfitablaue) und weiterer Industrie vom Statistischen Bundesamt erhoben
- 7) geschätzt, teilweise nach Quelle [59]; enthält Wert zur Direktnutzung von Klärgas
- 8) Geothermie einschließlich sonstige Umweltwärme
- 9) bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2008 von 615,8 TWh
- 10) EEV für Raumwärme, Warmwasser und sonstige Prozesswärme 2008 176 Mio. t SKE oder 5.170 PJ
- 11) bezogen auf den Kraftstoffverbrauch 2008 von 2.228 PJ
- 12) bezogen auf EEV 2008 von 9.127 PJ.

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe nachfolgende Tabellen

Aufgrund von Änderungen in der Bilanzierungsmethodik bei der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) werden die Anteile am Primärenergieverbrauch an dieser Stelle nicht mehr dokumentiert. Es wird auf Angaben auf www.ag-energiebilanzen verwiesen.

Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland von 1998 bis 2008

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
EE-Anteile am EEV	[%]										
Stromerzeugung (bezogen auf gesamten Bruttostromverbrauch)	4,7	5,4	6,4	6,7	7,8	7,5	9,2	10,1	11,6	14,2	15,1
Wärmebereitstellung (bezogen auf gesamte Wärmebereitstellung)	3,6	3,8	3,9	4,2	4,3	5,0	5,5	5,9	6,1	7,6	7,7
Kraftstoffverbrauch ¹⁾ (bezogen auf gesamten Kraftstoffverbrauch)	0,2	0,2	0,4	0,6	0,9	1,4	1,8	3,7	6,3	7,2	5,9
Anteil EE am gesamten EEV	3,2	3,4	3,8	4,1	4,5	5,0	5,8	6,8	7,9	9,5	9,5
Primärenergieverbrauch (PEV)	[%]										
Anteil EE am gesamten PEV ²⁾	2,6	2,8	2,9	2,9	3,2	3,8	4,5	5,3	6,3	7,9	8,2

1) bis 2002 Bezugsgröße Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr; ab 2003 der gesamte Verbrauch an Motorkraftstoff, ohne Flugkraftstoff

2) DIW Berlin/AGEB (Stand Dezember 2009)
Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiteren Quellen, siehe Seiten 11-13



Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland von 1990 bis 2008

Stromerzeugung (Endenergie) in Deutschland

	Wasser- kraft ¹⁾	Wind- energie	Biomasse ²⁾	biogener Anteil des Abfalls ³⁾	Photo- voltaik	Geo- thermie	Summe Strom- erzeugung	Anteil am Bruttostrom- verbrauch
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[%]
1990	15.580	71	222	1.213	1	0	17.087	3,1
1991	15.402	100	259	1.211	2	0	16.973	3,1
1992	18.091	275	297	1.262	3	0	19.928	3,7
1993	18.526	600	433	1.203	6	0	20.768	3,9
1994	19.501	909	570	1.306	8	0	22.294	4,2
1995	20.747	1.500	665	1.348	11	0	24.271	4,5
1996	18.340	2.032	759	1.343	16	0	22.490	4,1
1997	18.453	2.966	879	1.397	26	0	23.721	4,3
1998	18.452	4.489	1.642	1.618	32	0	26.233	4,7
1999	20.686	5.528	1.847	1.740	42	0	29.843	5,4
2000	24.867	7.550	2.893	1.844	64	0	37.217	6,4
2001	23.241	10.509	3.348	1.859	76	0	39.033	6,7
2002	23.662	15.786	4.089	1.949	162	0	45.647	7,8
2003	17.722	18.713	6.085	2.161	313	0	44.993	7,5
2004	19.910	25.509	7.960	2.117	556	0,2	56.052	9,2
2005	19.576	27.229	10.979	3.047	1.282	0,2	62.112	10,1
2006	20.042	30.710	14.840	3.675	2.220	0,4	71.487	11,6
2007	21.249	39.713	19.430	4.130	3.075	0,4	87.597	14,2
2008	20.785	40.574	22.279	4.940	4.420	17,6	93.016	15,1

Zur Stromerzeugung aus Photovoltaik siehe Anhang Abs. 5.

Anmerkung: Bis einschließlich 1999 (Klärgas: 1997) beinhalten die Angaben zur Stromerzeugung aus Biomasse nur die Stromerzeugung der Kraftwerke der allgemeinen Versorgung sowie die Einspeisung privater

Erzeuger; der eigen genutzte Strom der Industrie wurde nicht erfasst.

- 1) bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss
- 2) Angaben ab 2003 beinhalten auch die industrielle Stromerzeugung aus flüssiger Biomasse (Sulfitablauge).

3) Anteil des biogenen Abfalls zu 50 % angesetzt
 Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat, ZSW [1]; VDEW [17], [18], [20], [22] [27], [28], [29], [30], [35]; BDEW [6], [23], [24]; [38]; StBA [21]; BSi [25]; SFV [26]; VDN [36], [37]; Erdwärme-Kraft GbR [39]; geo x [40]

Installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Wasser- kraft	Wind- energie	Biomasse	biogener Anteil des Abfalls	Photo- voltaik ¹⁾	Geo- thermie	Gesamte Leistung
	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW _p]	[MW]	[MW]
1990	4.403	68	190	499	1	0	5.160
1991	4.446	110	91	499	2	0	5.147
1992	4.489	183	102	499	3	0	5.276
1993	4.509	334	139	499	5	0	5.486
1994	4.529	643	276	499	6	0	5.953
1995	4.546	1.137	210	525	8	0	6.425
1996	4.563	1.546	245	551	11	0	6.916
1997	4.578	2.082	400	527	18	0	7.604
1998	4.600	2.875	409	540	23	0	8.448
1999	4.547	4.445	371	555	32	0	9.949
2000	4.600	6.095	485	585	76	0	11.841
2001	4.600	8.754	526	585	186	0	14.651
2002	4.620	12.001	680	585	296	0	18.182
2003	4.640	14.609	943	847	439	0	21.478
2004	4.660	16.629	1.265	1.016	1.074	0,2	24.644
2005	4.680	18.428	1.922	1.210	1.980	0,2	28.219
2006	4.700	20.622	2.560	1.250	2.812	0,2	31.944
2007	4.720	22.247	3.443	1.330	3.977	3,2	35.721
2008	4.740	23.895	3.996	1.330	5.877	6,6	39.845

Anmerkungen: Bis einschließlich 1999 beinhalten die Angaben zur installierten elektrischen Leistung der Biomasseanlagen nur die „Kraftwerke der allgemeinen Versorgung“ sowie die „Einspeiser“.

Die Angaben zur installierten Leistung beziehen sich jeweils auf den Stand zum Jahresende, kumuliert

1) Gegenüber der BMU-Broschüre „Erneuerbare Energien in Deutschland 1990 – 2007“ haben sich bei den Leistungsangaben zur Photovoltaik aktualisierte Angaben ergeben. Damit ergibt sich auch eine Änderung bei den Angaben zur jährlichen Gesamtleistung.

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie VDEW [17], [18], [20], [22], [27], [28], [29], [30], [35], [61], [62], [63] [64]; EnBW [41]; Fichtner [42]; BWE [43]; DEWI et al.[44]; DEWI [45], [46], [47], [48], [49], [50]; BSi [25]; BSW [51]; IE [53], [55], [58]; DBFZ [57]; BDEW [59]; ITAD [66]; Erdwärme-Kraft GbR [39]; geo x GmbH [40]; BNetzA [52], [113]; ZSW[1] nach [112]

Wärmebereitstellung (Endenergie) aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Biomasse ¹⁾	biogener Anteil des Abfalls ²⁾	Solar- thermie ³⁾	Geothermie ⁴⁾	Summe Wärme- erzeugung	Anteil am Wärme- verbrauch
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[%]
1990	28.265	2.308	130	1.664	32.367	2,1
1991	28.360	2.308	166	1.608	32.441	2,1
1992	28.361	2.308	218	1.600	32.487	2,1
1993	28.368	2.308	277	1.531	32.484	2,1
1994	28.375	2.308	351	1.475	32.509	2,1
1995	28.386	2.308	439	1.425	32.558	2,1
1996	28.277	2.538	547	1.383	32.745	2,0
1997	45.591	2.290	688	1.335	49.904	3,2
1998	49.740	3.405	846	1.384	55.375	3,6
1999	50.858	3.674	1.021	1.429	56.981	3,8
2000	51.419	3.548	1.259	1.513	57.739	3,9
2001	58.220	3.421	1.586	1.525	64.753	4,2
2002	57.242	3.295	1.884	1.522	63.943	4,3
2003	69.182	3.169	2.139	1.550	76.040	5,0
2004	75.375	3.690	2.437	1.559	83.061	5,5
2005	79.746	4.692	2.773	1.739	88.950	5,9
2006	83.024	4.911	3.212	1.938	93.085	6,1
2007	90.255	4.783	3.636	2.299	100.973	7,6
2008	96.830	5.020	4.131	4.597	110.578	7,7

2) Erhebungsmethode 1996/1997 geändert; abweichend zu den Vorjahren ab 2003 Angaben nach §§ 3, 5 (Heizkraft- und Heizwerke) und § 8 (Industrie) des Energiestatistikgesetzes von 2003 sowie Direktnutzung von Klärgas

3) Angaben 1990 bis 1994 gleichgesetzt mit 1995, Angaben 2000 bis 2002 geschätzt mit Orientierung an Werten 1999 und 2003, Anteil des biogenen Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen zu 50 % angesetzt

4) Nutzenergie; Abbau von Altanlagen ist berücksichtigt

5) einschließlich sonstiger Umgebungswärme

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie ZSW [1]; StBA [21]; IEA [65]; AGEBA [7], [68], [69], [70]; BSi [25]; BSW [51]; ZfS [54]; nach IE et al [58]; nach ITW [72]; GZB [114]; LIAG [115]

Entwicklung des Zubaus von Solarkollektoren in Deutschland seit 1990

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
kumulierte Fläche [1.000 m²]																		
340	468	585	751	943	1.159	1.448	1.806	2.171	2.601	3.237	4.136	4.667	5.374	6.125	7.074	8.474	9.419	11.312
kumulierte Leistung [MW]																		
238	328	409	526	660	811	1.013	1.264	1.520	1.821	2.266	2.895	3.267	3.762	4.288	4.952	5.932	6.593	7.919

Zur Umrechnung der Flächen in Leistung wurde der Konversionsfaktor 0,7 kW_{th}/m² verwendet [IEA 107].

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiteren Quellen, siehe Seiten 11-13

Kraftstoffbereitstellung (Endenergie) aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Biodiesel	Pflanzenöl	Bioethanol	Summe Biokraftstoffe	Anteil am Kraftstoffverbrauch
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[%]
1990	0	k.A.	0	0	0,0
1991	2	k.A.	0	2	0,0
1992	52	21	0	72	0,01
1993	52	31	0	83	0,01
1994	258	42	0	300	0,05
1995	310	63	0	372	0,06
1996	516	84	0	599	0,09
1997	825	94	0	919	0,1
1998	1.032	115	0	1.147	0,2
1999	1.341	146	0	1.487	0,2
2000	2.579	167	0	2.746	0,4
2001	3.611	209	0	3.820	0,6
2002	5.674	251	0	5.925	0,9
2003	8.253	292	0	8.546	1,4
2004	10.833	345	481	11.659	1,8
2005	18.570	2.047	1.674	22.291	3,7
2006 ¹⁾	29.310	7.426	3.540	40.276	6,3
2007	33.677	8.066	3.412	45.154	7,2
2008 ²⁾	27.806	4.194	4.694	36.694	5,9

1) in der Biodieselmenge 2006 ist auch Pflanzenöl enthalten, da bis August 2006 Biodiesel und Pflanzenöl gemeinsam erhoben wurden. UFOP [32] und AGQM [31] weisen für 2006 einen Biodieselvebrauch von 2,5 Mio. Tonnen aus.

2) Menge entspricht für 2008:
Biodiesel: 2.695.000 Tonnen;
Pflanzenöl: 401.000 Tonnen;
Bioethanol: 626.000 Tonnen

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie BMU/BMVEL [14]; BMVEL [15]; BAFA [16]; FNR [60], UFOP [32]; AGQM [31]

Gesamte Energiebereitstellung und Anteile der erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Gesamter Endenergieverbrauch	Summe EE-Endenergiebereitstellung	Anteil am gesamten EEV	Anteil von EE-Strom am gesamten EEV	Anteil von EE-Wärme am gesamten EEV	Anteil der Biokraftstoffe am gesamten EEV	Anteil am PEV ¹⁾
	[PJ]	[GWh]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
1990	9.472	49.453	1,9	0,6	1,2	0,0	1,3
1991	9.366	49.417	1,9	0,7	1,2	0,0	1,3
1992	9.127	52.487	2,1	0,8	1,3	0,0	1,4
1993	9.234	53.334	2,1	0,8	1,3	0,0	1,6
1994	9.110	55.103	2,2	0,9	1,3	0,01	1,8
1995	9.322	57.201	2,2	0,9	1,3	0,01	1,9
1996	9.686	55.834	2,1	0,8	1,2	0,02	1,8
1997	9.535	74.544	2,8	0,9	1,9	0,03	2,4
1998	9.458	82.755	3,2	1,0	2,1	0,04	2,6
1999	9.300	88.311	3,4	1,2	2,2	0,06	2,8
2000	9.234	97.702	3,8	1,5	2,3	0,1	2,9
2001	9.455	107.606	4,1	1,5	2,5	0,1	2,9
2002	9.226	115.515	4,5	1,8	2,5	0,2	3,2
2003	9.356	129.579	5,0	1,7	2,9	0,3	3,8
2004	9.296	150.771	5,8	2,2	3,2	0,5	4,5
2005	9.239	173.353	6,8	2,4	3,5	0,9	5,3
2006	9.296	204.847	7,9	2,8	3,6	1,6	6,3
2007	8.815	233.724	9,5	3,6	4,1	1,8	7,9
2008	9.127	240.288	9,5	3,7	4,4	1,4	8,2

1) DIW Berlin/AGEB (Stand Dezember 2009)

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen, siehe Seiten 11-13



Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2008

Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Stromsektor

		EE Stromerzeugung: gesamt: 93.016 GWh	
Treibhausgas/ Luftschadstoff		Vermeidungsfaktor [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhaus- effekt ¹⁾	CO ₂	765.937	71.244
	CH ₄	21.015,7	1.954,8
	N ₂ O	2.102,1	195,5
	CO₂-Äquivalent	867.469	80.688
Versauer- ung ²⁾	SO ₂	432,7	40,2
	NO _x	237,0	22,0
	SO₂-Äquivalent	597,7	55,6
Ozon ^{3)/} Staub ⁴⁾	CO	-90,3	-8,4
	NMVOG	-2,7	-0,3
	Staub	-7,0	-0,7

Emissionen der Energiebereitstellung aus EE (in kg) und Stromerzeugung aus EE (in GWh). Das entspricht der durchschnittlichen Einsparung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen pro erzeugter GWh aus EE.

- 1) weitere Treibhausgase (SF₆, FKW, H-FKW) nicht berücksichtigt
- 2) weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH₃, HCl, HF) nicht berücksichtigt
- 3) NMVOC und CO sind wichtige Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon, das wesentlich zum so genannten „Sommersmog“ beiträgt
- 4) Staub umfasst hier die Gesamtemissionen an Schwebstaub aller Partikelgrößen

Basis der Berechnungen ist das „Gutachten zur CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2006 und 2007“ (siehe Anhang Abs. 1). Zur Methodik der Berechnungen siehe Anhang Abs. 1.

Quellen: UBA [75] auf Basis AGEE-Stat und Klobasa et al. [88]; UBA [99]; Öko-Institut [90]; Ecoinvent [84]; Vogt et al. [89]; Ciroth [83]

Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmesektor

		EE Wärmeerzeugung: gesamt: 110.578 GWh	
Treibhausgas/ Luftschadstoff		Vermeidungsfaktor [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhaus- effekt ¹⁾	CO ₂	275.009	30.410
	CH ₄	252,7	27,9
	N ₂ O	-10,2	-1,1
	CO₂-Äquivalent	276.922	30.622
Versauer- ung ²⁾	SO ₂	189,2	20,9
	NO _x	-151,0	-16,7
	SO₂-Äquivalent	84,1	9,3
Ozon ^{3)/} Staub ⁴⁾	CO	-5.774,7	-638,6
	NMVOG	-305,3	-33,8
	Staub	-238,2	-26,3

Vermeidungsfaktor ist der Quotient aus vermiedenen Emissionen der Energiebereitstellung aus EE (in kg) und Wärmeerzeugung aus EE (in GWh). Das entspricht der durchschnittlichen Einsparung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen pro erzeugter GWh aus erneuerbaren Energien.

- 1) weitere Treibhausgase (SF₆, FKW, H-FKW) nicht berücksichtigt
- 2) weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH₃, HCl, HF) nicht berücksichtigt
- 3) NMVOC und CO sind wichtige Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon, das wesentlich zum so genannten „Sommersmog“ beiträgt
- 4) Staub umfasst hier die Gesamtemissionen an Schwebstaub aller Partikelgrößen

Zur Methodik der Berechnungen siehe Anhang Abs. 2.

Quellen: UBA [75] auf Basis AGEE-Stat und Frondel et al. [87]; UBA [99]; Öko-Institut [90]; Ecoinvent [84]; Vogt et al. [89]; Frick et al. [86]; Ciroth [83]; AGEV [2], [73]

Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Verkehrssektor

		Biogene Kraftstoffe: gesamt: 36.694 GWh	
Treibhausgas/ Luftschadstoff		Vermeidungsfaktor [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhaus- effekt¹⁾	CO ₂	226.978	8.329
	CO₂-Äquivalent	144.767	5.312

Vermeidungsfaktor ist der Quotient aus vermiedenen Emissionen der Energiebereitstellung aus EE (in kg) und Kraftstoffherzeugung aus EE (in GWh). Das entspricht der durchschnittlichen Einsparung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen pro erzeugter GWh aus erneuerbaren Energien. Er berücksichtigt die Vorketten, die unterschiedlichen Biomassen und basiert auf der Allokation zur Aufteilung in Haupt- und Nebenprodukte auf Basis des unteren Heizwertes

- 1) Bei den Treibhausgasemissionen wurden hier nur CO₂, CH₄ und N₂O berücksichtigt, weitere Treibhausgase (SF₆, FKW, H-FKW) nicht.
- 2) Die vermiedenen CO₂-Emissionen wurden auf Basis der vermiedenen CO₂-Äquivalente abgeleitet.

Basis der Berechnung des Vermeidungsfaktors [kg/GWh]			
	Biodiesel	Pflanzenöl	Bioethanol
CO ₂	214.149	273.359	261.534
CO ₂ -Äqui.	136.584	174.348	166.806

Die Treibhausgas-Bilanz ist von zahlreichen Parametern abhängig, u. a. von der eingesetzten Biomasse, den Prozessen, den gewählten Referenzsystemen und der Allokationsmethodik. Die ermittelten Daten sind daher mit Unsicherheit behaftet. Zur Methodik der Berechnungen siehe Anhang Abs. 3.

Quellen: UBA [75] auf Basis AGEE-Stat und EP [85]; BR [79]; BR [80]; BDB² [82]; UFOP [104], [76]; TFZ [91]

Gesamte CO₂-Vermeidung durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2008

	Vermeidungsfaktor	vermiedene Emissionen	Anteil
	[g CO₂ / kWh]	[1.000 t]	[%]
Strom			
Wasserkraft	850	17.664	24,8
Windenergie	746	30.266	42,5
Photovoltaik	579	2.557	3,6
biogene Festbrennstoffe	817	8.909	12,5
biogene flüssige Brennstoffe	647	709	1,0
Biogas	668	5.554	7,8
Klärgas	769	785	1,1
Deponiegas	769	724	1,0
biogener Anteil des Abfalls	823	4.066	5,7
Geothermie	559	10	0,01
Summe Strom	-	71.244	100
Wärme			
biogene Festbrennstoffe (Haushalte)	299	18.611	61,2
biogene Festbrennstoffe (Industrie)	276	3.837	12,6
biogene Festbrennstoffe (HKW/HW)	279	1.461	4,8
biogene flüssige Brennstoffe	257	1.967	6,5
biogene gasförmige Brennstoffe	229	1.796	5,9
biogener Anteil des Abfalls	284	1.427	4,7
Solarthermie	218	900	3,0
tiefe Geothermie ¹⁾	65	13	0,0
oberflächennahe Geothermie ²⁾	90	397	1,3
Summe Wärme	-	30.410	100
Verkehr			
Biodiesel ¹⁾	214	5.955	71,5
Pflanzenöl ¹⁾	273	1.146	13,8
Bioethanol ¹⁾	262	1.228	14,7
Summe Verkehr	-	8.329	100
gesamt (Strom/Wärme/Verkehr)		109.983	

HKW/HW Heizkraftwerke/Heizwerke

- 1) Die vermiedenen CO₂-Emissionen wurden auf Basis der vermiedenen CO₂-Äquivalente abgeleitet.
- 2) einschließlich sonstiger Umweltwärme

Quellen: UBA auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen, siehe vorangehende Tabellen, Seiten 15-16

Entwicklung der energiebedingten Emissionen in Deutschland von 1990 bis 2008

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -Äquivalent ¹⁾	SO ₂	NO _x ²⁾	NH ₃	SO ₂ -Äquivalent ³⁾	CO	NMVOC	Staub ⁴⁾
	[Mio. t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[Mio. t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]
1990	948	1.536	24	988	5.146	2.710	15	7.061	11.480	2.190	1.339
1991	915	1.446	24	953	3.833	2.499	16	5.603	9.314	1.699	725
1992	870	1.307	23	905	3.119	2.348	17	4.785	8.019	1.474	454
1993	862	1.338	23	897	2.781	2.245	18	4.378	7.243	1.218	304
1994	843	1.201	23	875	2.317	2.108	18	3.819	6.267	945	191
1995	839	1.154	23	870	1.650	1.999	19	3.076	6.063	845	127
1996	866	1.126	23	896	1.386	1.916	20	2.756	5.704	754	118
1997	830	1.109	22	860	1.141	1.835	20	2.455	5.529	690	115
1998	824	995	22	851	898	1.745	20	2.150	5.146	621	103
1999	800	1.065	22	829	715	1.712	20	1.943	4.798	546	98
2000	798	1.004	21	826	523	1.607	19	1.677	4.472	456	91
2001	820	928	22	847	528	1.536	19	1.633	4.234	425	90
2002	806	887	21	831	488	1.448	19	1.531	3.945	379	85
2003	808	795	21	831	465	1.374	18	1.455	3.736	337	81
2004	797	703	21	818	437	1.306	18	1.380	3.503	309	77
2005	772	656	20	792	424	1.227	17	1.310	3.241	279	74
2006	784	612	21	803	424	1.188	17	1.283	3.218	267	73
2007	755	564	21	774	400	1.120	16	1.210	3.168	252	69
2008	748*)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

Stand Frühjahr 2009; Angaben einschließlich der diffusen Emissionen bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung von Brennstoffen

*) vorläufiger Wert

k.A. = keine Angabe

1) berücksichtigt sind CO₂, CH₄ und N₂O

2) berechnet als NO₂

3) berücksichtigt sind SO₂, NO_x und NH₃

4) ohne Abrieb von Reifen und Bremsen

Zur Bedeutung und Berechnung des CO₂- und SO₂-Äquivalents siehe Anhang Abs. 4.

Quelle: UBA [103]

Energiebedingte Emissionen in Deutschland nach Quellgruppen im Jahr 2007

		Energie- wirtschaft ¹⁾	Haushalte/ Kleinver- braucher ²⁾	Verkehr ³⁾	Industrie ⁴⁾	gesamt
CO ₂	[Mio. t]	385,5	128,8	151,9	89,1	755,3
CH ₄	[1.000 t]	6,5	29,3	7,2	5,5	48,5
N ₂ O	[1.000 t]	13,1	1,1	3,7	2,7	20,6
CO ₂ -Äquivalent ⁵⁾	[Mio. t]	389,5	129,8	153,1	90,0	762,5
SO ₂	[1.000 t]	282,5	53,9	1,5	44,8	382,8
NO _x ⁶⁾	[1.000 t]	295,8	127,6	628,6	68,3	1.120,3
SO ₂ -Äquivalent ⁷⁾	[1.000 t]	494,3	146,8	456,5	94,6	1.192,1
CO	[1.000 t]	143,1	896,9	1.410,3	709,4	3.159,6
NMVOC	[1.000 t]	8,8	53,3	136,3	2,9	201,4
Staub	[1.000 t]	12,4	31,2	52,3	1,8	97,7

Stand Frühjahr 2009. Angaben ohne diffuse Emissionen bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung von Brennstoffen.

- 1) Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung, Fernheizwerke sowie Industriefeuerungen und Industriekraftwerke der Mineralölverarbeitung, der Gewinnung und Herstellung von festen Brennstoffen und sonstiger Energieindustrien
- 2) priv. Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Militär, zusätzlich land- u. forstwirtschaftlicher Verkehr sowie militärischer Boden- u. Luftverkehr
- 3) einschl. Schienenverkehr, nationale Luftfahrt, Küsten- und Binnenschifffahrt
- 4) verarbeitendes Gewerbe; ohne prozessbedingte Emissionen
- 5) berücksichtigt sind CO₂, CH₄ und N₂O
- 6) berechnet als NO₂
- 7) berücksichtigt sind SO₂, NO_x und NH₃

Quellen: UBA [103]



Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2008

	Braun- kohle	Stein- kohle	Erdgas	Mineralöl / Heizöl	Diesel- Kraftstoff	Otto- Kraftstoff	gesamt
Primärenergie [TWh]							
Strom	37,0	145,4	55,4	2,2	-	-	240,1
Wärme	7,4	7,7	57,5	44,2	-	-	116,8
Verkehr	-	-	-	-	23,0	3,9	26,9
gesamt	44,4	153,1	112,9	46,4	23,0	3,9	383,7
Primärenergie [PJ]							
gesamt	159,8	551,2	406,6	167,0	82,9	14,0	1.381,5
das entspricht ¹⁾ :	17,0 Mio. t ²⁾	18,3 Mio. t ³⁾	12.812 Mio. m ³	4.672 Mio. Liter	2.312 Mio. Liter	431 Mio. Liter	

Die Berechnung der Einsparung fossiler Energieträger erfolgt analog der Emissionsbilanzierung, siehe auch Anhang Abs. 6.

8) Zur Umrechnung der eingesparten Primärenergie wurden folgende von AGEB 2007 ermittelten Heizwerte angesetzt: Braunkohlen 9.022kJ/kg, Braunkohlebriketts 19.627 kJ/kg, Staubkohlen 21.944 kJ/kg; Steinkohle 30.215 kJ/kg,

Steinkohlekoks 28.650 kJ/kg, Erdgas 31.736 kJ/m³, Heizöl leicht 35.739 kJ/Liter, Diesekraftstoff 35.871 kJ/Liter, Ottokraftstoff 32.439 kJ/Liter

9) darunter ca. 16,5 Mio. t Braunkohlen, ca. 0,23 Mio. t Braunkohlebriketts und ca. 0,3 Mio. t Staubkohlen

10) darunter ca. 18,1 Mio. t Steinkohle und ca. 0,16 Mio. t Steinkohlekoks

Quellen: UBA [75] auf Basis AGEE-Stat und Klobasa et al. [88]; Frondel et al. [87]; Öko-Institut [90]; Ecoinvent [84]; Vogt et al. [89]; Frick et al. [86] sowie weiterer Quellen, siehe Tabellen Seiten 15-16

Entwicklung der Einsparung fossiler Energieträger in Deutschland durch die Nutzung erneuerbarer Energien 2007 und 2008

	Strom	Wärme	Verkehr	gesamt
[TWh]				
2007	227,1	107,2	34,0	368,3
2008	240,1	116,8	26,9	383,7

Entwicklung der eingesparten Kosten in Deutschland bei Energieimporten 2007 und 2008¹⁾

	Strom	Wärme	Verkehr	gesamt
[Mrd. EUR]				
2007	0,9	2,6	1,1	4,5
2008	2,9	3,1	0,6	6,6

1) Ohne importierte Braunkohle für Heizzwecke (Briketts). Importanteile von Erdöl und Erdgas nach [BMWi]. Für Kesselkohle Importanteil 100 %, da feste Abnahmeverträge für deutsche

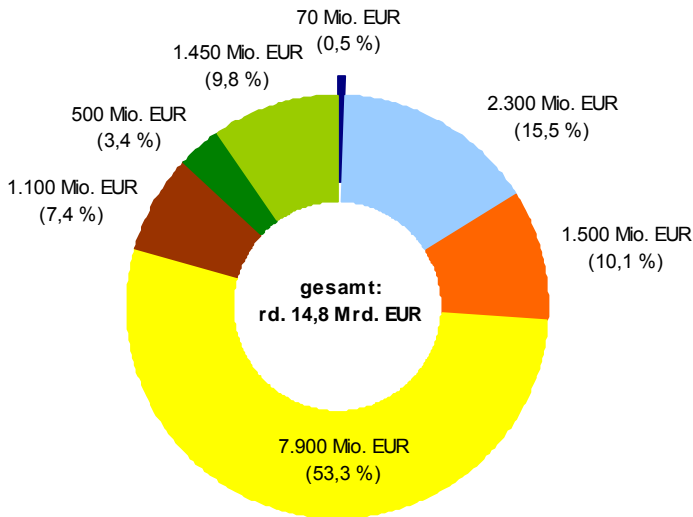
Steinkohle keine Verminderung zulassen. Einsparungen bei Kesselkohle führen daher zu einer Verringerung der Steinkohleimporte. Der

Importanteil von Steinkohle liegt insgesamt bei über 60 %. Importpreise nach [BAFA].

Quellen: BAFA [97]; BMWi [106]; IfnE [102]

Umsatz mit erneuerbaren Energien in Deutschland 2008

Umsatz aus der Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2008



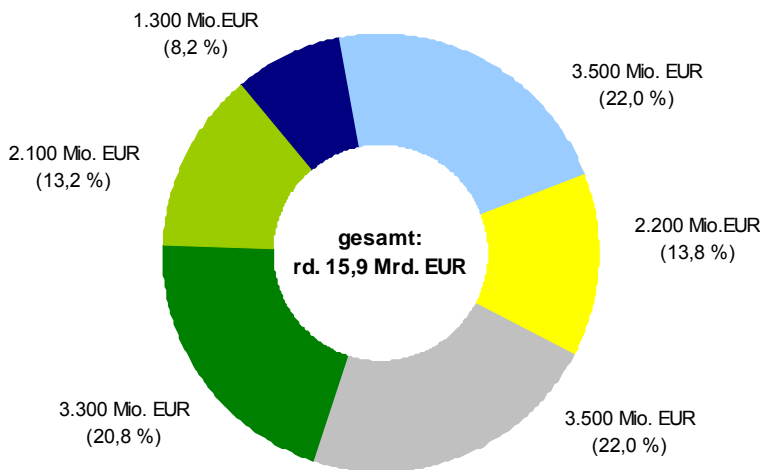
Es handelt sich hauptsächlich um den Neubau, zu einem geringen Teil auch um die Erweiterung oder Ertüchtigung von Anlagen wie z.B. die Reaktivierung alter Wasserkraftwerke.

- Wasserkraft
- Windenergie
- Solarthermie
- Photovoltaik
- Geothermie 1)
- Biomasse Strom
- Biomasse Wärme

1) Großanlagen und Wärmepumpen

Quelle: BMU nach ZSW [1]

Umsatz in Verbindung mit dem Anlagenbetrieb zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2008



Für die Stromerzeugung ergibt sich der Umsatz aus der gezahlten Einspeisevergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz oder aus dem am freien Strommarkt erzielbaren Preis, für Kraftstoff aus dem Verkauf von Biokraftstoffen. Bei der Wärmeerzeugung trägt nur der Verkauf von Brennstoffen (d.h. in der Regel Holz) zum Umsatz bei, da die erzeugte Wärme meist nicht verkauft, sondern selbst genutzt wird.

- Wasserkraft
- Windenergie
- Photovoltaik
- Biokraftstoffe
- Biomasse Strom
- Biogene Festbrennstoffe 1)

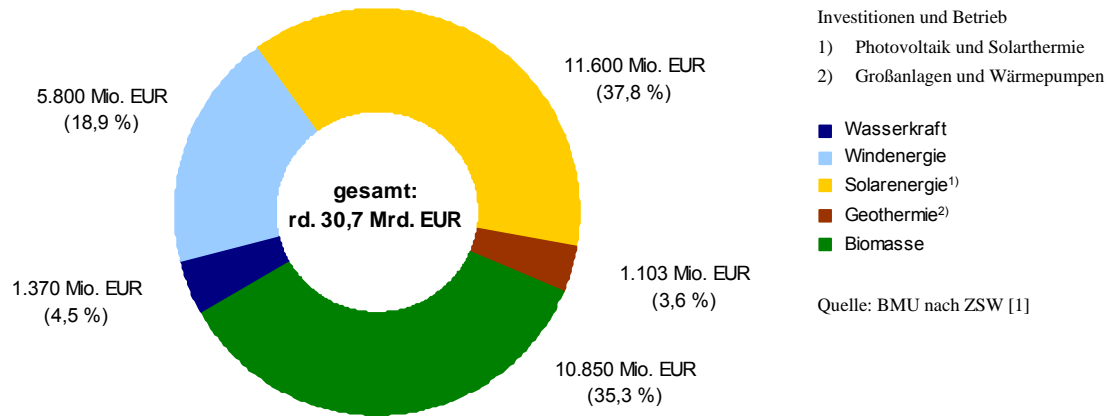
1) nur Brennstoffe, die ausschließlich zur Wärmebereitstellung eingesetzt werden

Erläuterungen siehe Anhang Abs. 7.

In der Geothermie-Branche konnte 2008 ein Betriebserlös in Höhe von 3 Mio. EUR erwirtschaftet werden.

Quelle: BMU nach ZSW [1]

Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2008



Struktur der nach EEG vergüteten Strommengen seit 2000

		2000 ¹⁾	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Letztverbrauch gesamt	[GWh]	344.663	464.286	465.346	478.101	487.627	491.177	495.203	495.041	493.506
Privilegierter Letztverbrauch ²⁾	[GWh]	-	-	-	5.847	36.865	63.474	70.161	72.050	77.991
vergütete EEG-Strommenge gesamt ³⁾		10.391,0	18.145,4	24.969,9	28.417,1	38.511,2	43.966,6	51.545,2	67.010,0	71.147,8
Wasserkraft, Gase ⁴⁾		4.114,0	6.088,3	6.579,3	5.907,7	4.616,1	4.952,6	4.923,9	5.546,8	4.981,5
Gase ⁴⁾						2.588,6	3.135,6	2.789,2	2.751,1	2.208,2
Biomasse	[GWh]	586,0	1.471,7	2.442,0	3.483,6	5.241,0	7.366,5	10.901,6	15.923,9	18.947,0
Geothermie		-	-	-	-	0,2	0,2	0,4	0,4	17,6
Windkraft		5.662,0	10.509,2	15.786,2	18.712,5	25.508,8	27.229,4	30.709,9	39.713,1	40.573,7
Solare Strahlungsenergie		29,0	76,2	162,4	313,3	556,5	1.282,3	2.220,3	3.074,7	4.419,8
EEG-Quote ⁵⁾	[%]	3,01	3,91	5,37	6,02	8,48	10,0	12,01	15,68	17,13
Durchschnittsvergütung	[ct/kWh]	8,50	8,69	8,91	9,161	9,29	9,995	10,875	11,36	12,25
EEG-Gesamtvergütung ⁶⁾	[Mrd. EUR]	0,88	1,58	2,23	2,61	3,61	4,50	5,81	7,88	9,02
Nicht vergütete EEG Strommenge	[GWh]	26.826,4	20.887,8	20.677,6	16.576,2	17.540,4	18.145,4	19.941,4	20.586,7	21.867,8
Gesamte EEG-Strommenge	[GWh]	37.217,4	39.033,2	45.647,5	44.993,3	56.051,6	62.112,0	71.486,6	87.596,7	93.015,6

1) Rumpffjahr: 01.04.- 31.12.2000

2) Durch die Besondere Ausgleichsregel (§ 11 bzw. 16 EEG) seit Juli 2003 privilegierter Letztverbrauch

3) Nachkorrekturen des VDN (2002 bis 2007) sind hier nicht enthalten, da die zusätzlichen Einspei-

sungen für Vorjahre nach Wirtschaftsprüfer-Bescheinigungen nicht Energieträgern zugeordnet werden können

4) Deponie-, Klär- und Grubengas erstmals 2004 gesondert aufgeführt

5) Quote für nicht privilegierten Letztverbrauch

6) Gesamtvergütung ohne vermiedene Netznutzungs-entgelte. Die hier ausgewiesene Vergütung unterscheidet sich von den EEG-Differenzkosten

Quellen: VDN [36], [37], [33]; BDEW [23], [24], [38]; ZSW [1]

Langfristig realisierbares, nachhaltiges Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom-, Wärme- und Kraftstofferzeugung in Deutschland

		Nutzung	Potenziale		Kommentare
			2008	Ertrag	
Stromerzeugung		[TWh]	[TWh/a]	[MW]	
Wasserkraft ¹⁾		20,8	25	5.200	Laufwasser und natürlicher Zufluss zu Speichern
Windenergie					
	an Land	40,6	100	45.000	
	Offshore	-	135	35.000	
Biomasse ²⁾		27,1	50	10.000	Erzeugung teilweise in Kraft-Wärme-Kopplung
Photovoltaik		4,4	105	115.000 ³⁾	nur geeignete Dach-, Fassaden- und Siedlungsflächen
Geothermie		0,02	150	25.000	Bandbreite 66 - 290 TWh je nach Anforderungen an eine Wärmenutzung (Kraft-Wärme-Kopplung)
Summe		93,0	565		
Anteil bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2008		15,1%	91,8%		
Wärmerzeugung		[TWh]	[TWh/a]		
Biomasse ²⁾		101,9	150		einschließlich Nutzwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung
Geothermie		4,6	330		nur Energiebereitstellung aus hydrothermalen Quellen
Solarthermie		4,1	300		nur geeignete Dach- und Siedlungsflächen
Summe		110,6	780		
Anteil bezogen auf Endenergieverbrauch für Wärme 2008⁴⁾		7,7%	54,3%		
Kraftstoffe		[TWh]	[TWh/a]		
Biomasse		36,7	155		
Summe		36,7	155		
Anteil bezogen auf den Kraftstoffverbrauch 2008		5,9%	25,0%		
Anteil, bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch 2008		9,5%	59,2%		Der prozentuale EE-Anteil steigt auf rd. 60 %, wenn der Endenergieverbrauch gegenüber 2008 gesenkt wird (Verbesserung der Energieeffizienz)

Importe von Energieträgern auf der Basis erneuerbarer Energien sind in den Angaben nicht enthalten.

1) ohne Meeresenergie

2) einschließlich biogenem Abfall

3) Leistungsangabe bezogen auf die Modulleistung (MW_p), die korrespondierende Wechselstromleistung beträgt 106.000 MW

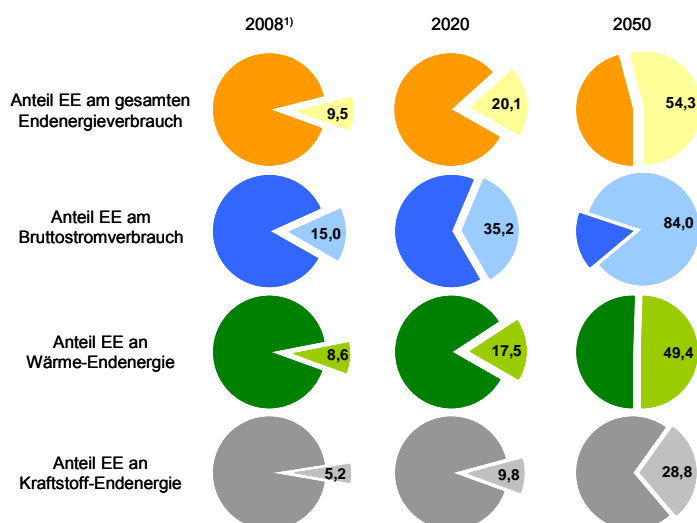
4) Raumwärme, Warmwasser- und sonstige Prozesswärme

Abweichungen in den Summen durch Rundungen

Quellen: BMU [100]; Arbeitsgemeinschaft: WI, DLR, IFEU [101]; ZSW [1]

Szenario eines verstärkten Ausbaus erneuerbarer Energien in Deutschland

Anteile der erneuerbaren Energien im Leitszenario 2009



Das „aktualisierte Leitszenario 2009“ baut im Wesentlichen auf der Struktur des im Vorjahr veröffentlichten Leitszenario 2008 auf. Es berücksichtigt die neuesten Entwicklungen beim Ausbau erneuerbarer Energien¹⁾ sowie die energiepolitischen Rahmenbedingungen auf nationaler und internationaler Ebene bis Mitte 2009. Mit dem Leitszenario und verschiedenen Varianten wird eine wahrscheinliche Bandbreite der zukünftigen Entwicklung der erneuerbaren Energien und der korrespondierenden Energieversorgung bis zum Jahr 2050 beschrieben. Durch eine Kombination von kontinuierlichem Ausbau der erneuerbaren Energien, weiterem KWK-Ausbau, einer relativen Verschiebung des fossilen Energiemixes hin zu Erdgas und deutlicher Effizienzsteigerung im Leitszenario 2009 könnte der Anteil der Erneuerbaren am

gesamten Endenergieverbrauch bis 2020 auf rund 20 % steigen. Damit wird der durch die neue EE-Richtlinie der EU für Deutschland vorgegebene Zielwert von 18 % übertroffen. Der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung am Bruttostromverbrauch wächst auf gut 22 % an. Rund 35 % des Bruttostromverbrauchs könnten erneuerbaren Ursprungs sein. Bis zum Jahr 2050 könnten die erneuerbaren Energien mit 54 % mehr als die Hälfte des gesamten Endenergieverbrauchs, d.h. Strom, Wärme und Mobilität, decken. Download der aktuellen Studie unter <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/45026/40870/>.

1) Basis des Leitszenarios 2009 war der Datenstand zu den erneuerbaren Energien von Ende Juni 2009

Quelle: BMU [100]

Ausbau der erneuerbaren Energien und Steigerung der Energieeffizienz - der mögliche Beitrag zur CO₂-Minderung bis zum Jahr 2020 nach Handlungsbereichen, Leitszenario 2009

Handlungsbereich / Maßnahmenbündel	Beitrag zur CO ₂ -Minderung bis zum Jahr 2020
Ausbau EE im Strombereich	75 - 80 Mio. t CO ₂ /a
Effizienzsteigerungen in der Wärmebereitstellung und -nutzung, insbesondere im Gebäudebereich	75 - 80 Mio. t CO ₂ /a
Effizienzsteigerungen beim Stromverbrauch	60 Mio. t CO ₂ /a
Ausweitung der KWK in Verbindung mit höheren Wirkungsgraden der Neubaukraftwerke und einer Verschiebung des Brennstoffmixes der Stromerzeugung	45 Mio. t CO ₂ /a
Ausbau EE im Wärmebereich	20 - 25 Mio. t CO ₂ /a
Effizienzsteigerungen im Verkehr	20 - 25 Mio. t CO ₂ /a
EE im Verkehrsbereich - Biokraftstoffe	10 Mio. t CO ₂ /a

Die strukturellen Veränderungen in der Energieversorgungsstruktur im Leitszenario 2009 führen zu einer Vermeidung von insgesamt 380 Mio. t CO₂/a bis 2020 gegenüber 1990, dies entspricht einer Reduktion um rd. 38 %. Davon tragen die Erneuerbaren 217 Mio. t CO₂ (57 %) bei. Unter den Annahmen des Leitszenarios könnten die CO₂-Emissionen bis 2050 um knapp 80 % gegenüber 1990 reduziert werden.

Quelle: BMU [100]

Anhang: Methodische Hinweise

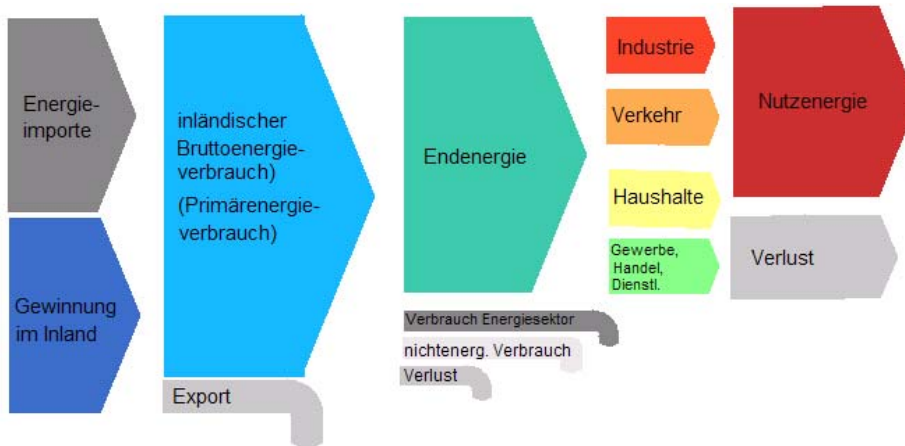
Die hier veröffentlichten Angaben geben teilweise nur vorläufige Ergebnisse wieder. Dies gilt auch für einzelne Zeitreihen, die derzeit durch die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik (AGEE-Stat) geprüft werden (s. a. www.erneuerbare-energien.de). Bis zur Veröffentlichung endgültiger Angaben können sich im Vergleich zu früheren Publikationen Änderungen

ergeben. Differenzen zwischen den Werten in den Tabellen und den entsprechenden Spalten- bzw. Zeilensummen ergeben sich durch Rundungen.

Die übliche Terminologie der Energiestatistik umfasst u. a. den Begriff (Primär-)Energieverbrauch, der physikalisch jedoch nicht korrekt ist, weil

Energie weder gewonnen noch verbraucht, sondern lediglich in verschiedene Energieformen umgewandelt werden kann (z. B. Wärme, Elektrizität, mechanische Energie). Dieser Vorgang ist allerdings nicht vollständig umkehrbar, so dass die technische Arbeitsfähigkeit der Energie teilweise verloren geht.

Schematische Darstellung des Energieflusses



Die dargestellten Größenverhältnisse entsprechen nicht dem Energieverbrauch in Deutschland. Die Grafik dient lediglich dem Verständnis der verschiedenen Energiebegriffe.

Ein Energieflussbild für das Jahr 2008 für Deutschland finden Sie auf den Internetseiten der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) unter www.ag-energiebilanzen.de.

Quelle: nach Erdmann [105]

1. Berechnung der Vermeidungsfaktoren und der vermiedenen Emissionen für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

In die Berechnung der vermiedenen Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien gehen das Mengengerüst der erneuerbaren Stromerzeugung sowie Substitutions- und Emissionsfaktoren ein. Substitutionsfaktoren drücken aus, welche fossilen Brennstoffe durch die jeweilige erneuerbare Energiequelle ersetzt werden. Emissionsfaktoren geben die Menge emittierter Treibhausgase und Luftschadstoffe je Einheit fossiler bzw. erneuerbarer Stromerzeugung an. Sie setzen sich aus den direkten Emissionen bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe und den Emissionen aus der so genannten Vorkette zusammen. Die Vorkette beinhaltet den Schadstoffausstoß

bei der Herstellung der Erzeugungsanlagen sowie bei der Gewinnung, Aufbereitung und dem Transport der fossilen wie erneuerbaren Energieträger. Bei gekoppelter Strom- und Wärmerzeugung erfolgt eine Allokation gemäß der in der EU-RL 2004/8/EG festgelegten „Finnischen Methode“.

Die verwendeten Substitutionsfaktoren beruhen auf dem „Gutachten zur CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2006 und 2007“ (Klobasa et al. [88]). Über ein Strommarktmodell wurde dort ermittelt, in welchem Ausmaß erneuerbare Energien bei dem zurzeit vorhandenen Kraftwerkspark konventio-

nelle Energieträger ersetzen. Zur Berechnung der Emissionseinsparungen wurden die Substitutionsfaktoren aus dem Jahr 2006 angesetzt. Die von Kernkraftwerken bereitgestellte Grundlast wird demnach gegenwärtig nicht durch erneuerbare Energien substituiert, da sie gegenüber Braunkohlekraftwerken geringere variable Kosten aufweist.

Die Emissionsfaktoren für fossile und erneuerbare Stromproduktion wurden aus verschiedenen Datenbanken entnommen bzw. aus Forschungsprojekten abgeleitet. Die direkten Emissionsfaktoren der fossilen Stromerzeugung entstammen hierbei der UBA-Datenbank zur nationalen Emissionsbericht-

erstattung (ZSE) [99]; die Emissionen der fossilen Vorketten wurden der Datenbank GEMIS des Öko-Instituts [90] entnommen. Für die Emissions

faktoren der erneuerbaren Energien wurden repräsentative Datensätze aus verschiedenen Datenbanken ausgewählt und teilweise angepasst. Als Quellen wurden insbesondere Öko-Institut [90], Ecoinvent [84], UBA [99], Vogt et al.

[89], Ciroth [83] und Frick et al. [86] herangezogen. Ausführliche Angaben zur Berechnungsmethodik und den Datenquellen sind in UBA [75] dargestellt.

	Substitutionsfaktoren des EE-Strom ¹⁾				
	Kernkraft	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöle
Wasser	0 %	30 %	45 %	25 %	0 %
Wind	0 %	11 %	63 %	24 %	2 %
Photovoltaik	0 %	0 %	50 %	50 %	0 %
feste Biomasse	0 %	16 %	59 %	25 %	0 %
flüssige Brennstoffe	0 %	5 %	62 %	32 %	1 %
Biogas	0 %	5 %	62 %	32 %	1 %
Deponiegas	0 %	5 %	62 %	32 %	1 %
Klärgas	0 %	5 %	62 %	32 %	1 %
biogener Anteil des Abfalls ²⁾	0 %	16 %	59 %	25 %	0 %
Geothermie	0 %	30 %	45 %	25 %	0 %

- 1) EE-Strom substituiert x % konventionellen Strom
 2) Anteil des biogenen Abfalls mit 50 % angesetzt

Quelle: Klobasa et al. [88]

2. Berechnung der Vermeidungsfaktoren und der vermiedenen Emissionen für die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien

Die Berechnung der durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmesektor vermiedenen Emissionen an Treibhausgasen und Luftschadstoffen erfolgt in drei Schritten:

Zunächst wurden für jede der erneuerbaren Wärmebereitstellungspfade Substitutionsfaktoren ermittelt. Diese geben an, welche fossilen Primär- aber auch Sekundärenergieträger wie Fernwärme oder Strom die erneuerbare Wärmebereitstellung übernehmen müssten, wenn letztere nicht verfügbar wäre. Wichtige Hinweise hierzu lieferten die Ergebnisse einer empirischen Erhebung zum Einsatz von Solarthermie, Wärmepumpen und Holzfeuerungen in privaten Haushalten [87]. Darüber hinaus wurden Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen zum Energieverbrauch der

Wirtschaftszweige Verarbeitung von Steinen und Erden, Papierindustrie und Sonstige Gewerbe (u.a. Holzwirtschaft) sowie der privaten Haushalte herangezogen. Hinsichtlich der Bereitstellung erneuerbarer Fern- und Nahwärme aus Holz, aus dem biogenen Anteil des Abfalls und aus Geothermie wird angenommen, dass diese zu 100% fossil erzeugte Fernwärme ersetzt und die Netzverluste gleich sind.

In einem zweiten Schritt werden Emissionsfaktoren sowohl für die erneuerbare Wärmebereitstellung in privaten Haushalten, Landwirtschaft und Industrie als auch für die entsprechend vermiedene fossile Wärmebereitstellung aus UBA [99], Öko-Institut [90], Ecoinvent [84], Vogt et al. [89], Ciroth [83], Frick et al. [86] entnommen bzw.

abgeleitet. Die Emissionsfaktoren beziehen dabei die gesamte „Vorkette“ der Bereitstellung fossiler wie erneuerbarer Energieträger mit ein. Bei gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung erfolgt eine Allokation auf Strom und Wärme gemäß der in der EU-RL 2004/8/EG vorgesehenen „Finnischen Methode“.

Im letzten Bilanzierungsschritt werden die vermiedenen fossilen Emissionen den bei der Nutzung erneuerbarer Energien auftretenden Emissionen gegenübergestellt, um die Netto-Vermeidung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen zu ermitteln. Ausführliche Angaben zur Berechnungsmethodik und den Datenquellen sind in UBA [75] dargestellt.

	Substitutionsfaktoren der EE-Wärme					
	Heizöl	Erdgas	Steinkohle	Braunkohle	Fernwärme	El. Heizung
Holz-Einzelöfen (Haushalte)	41 %	50 %	0 %	1 %	2 %	6 %
Holz-Zentralfeuerungen (Haushalte)	65 %	20 %	2 %	3 %	0 %	10 %
feste Biomasse (Industrie)	17 %	56 %	9 %	11 %	7 %	0 %
feste Biomasse- Heiz(kraft)werke	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %
flüssige Biomasse (Industrie)	5 %	74 %	9 %	1 %	11 %	0 %
flüssige Biomasse (Haushalte)	35 %	48 %	1 %	1 %	6 %	8 %
Bio-, Klär-, Deponiegas - BHKW	48 %	46 %	6 %	0 %	0 %	0 %
biogener Anteil d. Abfall - H(K)W	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %
tiefe Geothermie - H(K)W	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %
Solarthermie (Haushalte)	45 %	51 %	0 %	0 %	2 %	3 %
Wärmepumpen (Haushalte)	45 %	44 %	1 %	2 %	5 %	3 %
Gesamt	36 %	42 %	3 %	2 %	12 %	4 %

Quelle: UBA [75], [99] auf Basis AGEE-Stat und Frondel et al. [87]; AGEB [68], [2]

3. Berechnung der Vermeidungsfaktoren und der vermiedenen Emissionen bei der Verwendung von Biokraftstoffen

Die Berechnung der durch die Verwendung von Biokraftstoffen vermiedenen Emissionen an Treibhausgasen beruht auf folgenden Eckpunkten:

- Stärkere Berücksichtigung der Art und Herkunft der Rohstoffe zur Biokraftstoffherstellung sowie Einbeziehung von Biokraftstoffimporten
- Allokation der Haupt- und Nebenprodukte auf Basis der unteren Heizwerte

- Berücksichtigung unterschiedlicher Produktionstechnologien/Energieversorgung
- Bezug auf die typischen Werte der EU-EE-Richtlinie

Die Substitutionsbeziehungen sind sehr einfach: 1 kWh Bioethanol ersetzt 1 kWh Benzin, und 1 kWh Biodiesel bzw. Pflanzenöl ersetzt 1 kWh mineralischen Diesel. Die Biokraftstoffe werden analog zu den fossilen Kraftstoffen einzelnen Fahrzeugarten/Fahrmodi (Strukturelemente in

TREMOS und im ZSE) zugeordnet. Eine Differenzierung der fahrzeugbedingten Emissionen durch den Einsatz von Biokraftstoffen bzw. von konventionellen Kraftstoffen erfolgt nicht.

Die Rohstoffgrundlagen bzw. die Herkunft der Rohstoffe sind ein wesentlicher Faktor für die Höhe der Emissionsvermeidung beim Einsatz von Biokraftstoffen. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht dazu.

Anteile einzelner Rohstoffe an der gesamten Biokraftstoffverwendung in Deutschland im Jahr 2008 (in %)

	Raps	Soja	Palm	Abfälle	Getreide	Zuckerrohr	Rüben	andere
Biodiesel	45,4	44,7	7,5	2,4				
Pflanzenöl	95,0	5,0	0,0	0,0				
Bioethanol					44,2	27,5	25,9	2,4

Quellen: UBA [75] auf Basis BDB^e [82]; UFOP [104], [76]; TFZ [91]

Des Weiteren wird der Umfang der Emissionsminderung durch die Emissionsfaktoren der verschiedenen biogenen und fossilen Kraftstoffe bestimmt. Den Berechnungen der Treibhausgasemissionsminderungen liegen die typischen Werte der neuen EU-EE-Richtlinie (RL 2009/28/EG) zugrunde.

Für Pflanzenölkraftstoff auf Basis von Soja beinhaltet die Richtlinie keine Angabe. Für diesen Kraftstoff wurde der Standardwert der BioNachVO, der auf Methoden und Annahmen der EU-EE-RL beruht, herangezogen und analog der Systematik der EU-EE-RL in einen typischen Wert umgerechnet.

Im letzten Schritt wird die Netto-Vermeidung an CO₂ und der gesamten Treibhausgase durch Verrechnung der vermiedenen fossilen Emissionen mit den bei der Nutzung erneuerbarer Energien entstandenen Emissionen ermittelt. Ausführliche Angaben zur Berechnungsmethodik und den Datenquellen sind in UBA [75] dargestellt.

Verwendete THG-Emissionsfaktoren verschiedener Kraftstoffe

Kraftstoff	Emissionsfaktor
(Rohstoffgrundlage)	[g CO ₂ -Äqui./kWh]
Benzin/ Diesel (fossil)	301,7
Biodiesel (Raps)	165,6
Biodiesel (Soja)	180,0
Biodiesel (Palm)	115,2
Biodiesel (Abfälle)	36,0
Pflanzenöl (Raps)	126,0
Pflanzenöl (Soja)	152,6
Bioethanol (Getreide)	180,0
Bioethanol (Rüben)	118,8
Bioethanol (Zuckerrohr)	86,4
Bioethanol (Andere)	36,0
Biodiesel (gewichtet)	165,1
Pflanzenöl (gewichtet)	127,3
Bioethanol (gewichtet)	134,9

Direkte und indirekte Landnutzungsänderungen – welche bei Biokraftstoffen eine große Rolle spielen – wurden bislang nicht in die Bilanzierung einbezogen. Da Landnutzungsänderungen hohe Treibhausgasemissionen aufweisen können und folglich von erheblicher Relevanz sind, müssten sie bei der Bilanz berücksichtigt werden. Methodische Ansätze zur Berücksichtigung der indirekten Landnutzungsänderungen werden derzeit allerdings noch entwickelt und stehen für Berechnungen daher noch nicht zur Verfügung. Direkte Landnutzungsänderungen spielen zudem für auf deutschen Flächen erzeugte Rohstoffe momentan nur eine geringe Rolle. Bei Importen ist der Kenntnisstand über direkte Landnutzungsänderungen gering.

THG = Treibhausgas

Quellen: UBA [75] auf Basis AGEE-Stat und EP [85]; BR [79]; BMU [103]

4. CO₂- und SO₂-Äquivalent

CO₂-Äquivalent

Wichtige Treibhausgase sind die so genannten Kyoto-Gase CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, FKW und H-FKW, die im Rahmen des Kyoto-Protokolls reduziert werden sollen. Sie tragen in unterschiedlichem Maße zum Treibhauseffekt bei. Um die Treibhaus-

wirkung der einzelnen Gase vergleichen zu können, wird ihnen ein Faktor - das relative Treibhauspotenzial (THP) – zugeordnet, das ein Maß für ihre Treibhauswirkung bezogen auf die Referenzsubstanz CO₂ darstellt.

Das CO₂-Äquivalent der Kyoto-Gase berechnet sich durch Multiplikation

des relativen Treibhauspotenzials mit der Masse des jeweiligen Gases und gibt an, welche Menge an CO₂ in einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren die gleiche Treibhauswirkung entfalten würde.

relatives Treibhauspotenzial ¹⁾		
Gas		Werte nach IPCC 1995 [108]
CO ₂	Kohlendioxid	1
CH ₄	Methan	21
N ₂ O	Lachgas	310
H-FKW	wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe	140 - 11.700
FKW	perfluorierte Kohlenwasserstoffe	6.500 - 9.200
SF ₆	Schwefelhexafluorid	23.900

In dieser Veröffentlichung wird mit den Werten nach IPCC aus dem Jahr 1995 [108] gerechnet.

Sie sind für die Treibhausgas-Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention und nach dem Kyoto-Protokoll gemäß den UNFCCC Richtlinien [111] vorgeschrieben.

1) bezogen auf einen Zeithorizont von 100 Jahren; CO₂ als Referenzsubstanz

SO₂-Äquivalent

Analog zum CO₂-Äquivalent wird das Versauerungspotenzial von SO₂, NO_x, HF, HCl, H₂S und NH₃ bestimmt. Das SO₂-Äquivalent dieser Luftschadstoffe gibt an, welche Menge an SO₂ die gleiche versauernde Wirkung aufweist.

Gas	relatives Versauerungspotenzial	
SO ₂	Schwefeldioxid	1
NO _x	Stickoxide	0,696
HF	Flusssäure	1,601
HCl	Salzsäure	0,878
H ₂ S	Schwefelwasserstoff	0,983
NH ₃	Ammoniak	1,88

5. Energiebereitstellung aus Photovoltaik und Solarthermie

Photovoltaik

Die Angabe zur Stromerzeugung 2008 orientiert sich an der in der EEG-Mittelfristprognose des BDEW genannten Zahl. Die Stromerzeugung 2003 bis 2007 entspricht den EEG-Jahresabrechnungen des VDN bzw. BDEW. Bis einschließlich 2002 wurde die Stromerzeugung berechnet, und zwar anhand der installierten Leistung am Jahresanfang und der Hälfte des Leistungszuwachses des jeweiligen Jahres multipliziert mit einem spezifischen Stromertrag. Der spezifische Stromertrag wurde vom Solarenergie-Förderverein Deutschland [26] als Durchschnittswert für Deutschland zur Verfügung gestellt. Die Halbierung trägt der Tatsache Rechnung, dass der An-

lagenzubau im jeweiligen Jahr nur anteilig zur Stromerzeugung beitragen kann.

Solarthermie

Die angegebene Wärmebereitstellung errechnet sich aus der installierten Kollektorfläche und einem mittleren jährlichen Wärmeertrag. Dieser beträgt bei Anlagen zur Warmwasserbereitstellung 450 kWh/m²*a. Zunehmend werden Solarthermieanlagen jedoch nicht nur zur Warmwasserbereitstellung sondern auch zur kombinierten Warmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung eingesetzt. Für 2008 wird der Anteil am Zubau an verglasten Kollektorenfläche auf 66 % geschätzt.

Weil bei Anlagen zur Heizungsunterstützung in den Sommermonaten die Erzeugungsmöglichkeiten nicht voll genutzt werden können, wird bei ihnen mit einem reduzierten Wärmeertrag von 300 kWh/m²*a gerechnet. Bei Schwimmbadabsorbern wird gleichfalls mit einem Ertrag von 300 kWh/m²*a gerechnet.

Da wegen des Anlagenzubaus die im Laufe eines Jahres zur Verfügung stehende Kollektorfläche geringer ist als die angegebene installierte Fläche am Jahresende, wird der Flächenzuwachs eines Jahres nur zur Hälfte für die Berechnung der Wärmebereitstellung in diesem Jahr berücksichtigt.

6. Einsparung fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien

Die Berechnung der Einsparung fossiler Energieressourcen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Strom-, Wärme- und Verkehrssektor orientiert sich eng an Methodik und Datenquellen der Emissionsbilanzen (s. a. Anhang Abs. 1-3). Je nach Substitutionsbeziehung sparen die verschiedenen erneuerbaren Energiebereitstellungspfade dabei unterschiedliche fossile Brennstoffe ein. Auch werden die vorgelagerten Prozesse der Gewinnung, Aufbereitung und Bereitstellung der fossilen wie erneuerbaren Energieträger und der Herstellung der Anlagen berücksichtigt. Die Einsparung fossiler Brennstoffe im **Stromsektor** errechnet sich aus den von Klobasa et al. [88] ermittelten Substitutionsfaktoren der erneuerbaren Energien (vgl. Anhang Abs. 1), den durchschnittlichen Brennstoffausnut-

zungsgraden der deutschen Kraftwerke sowie dem kumulierten Aufwand an fossiler Primärenergie zur Bereitstellung und Nutzung der fossilen Energieträger. Anschließend werden der so ermittelten Brutto-Einsparung der fossile Primärenergieaufwand zur Bereitstellung biogener Energieträger sowie zur Herstellung und zum Betrieb erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen gegenübergestellt (vgl. Tabelle). Im Ergebnis lässt sich so für 2008 eine über alle erneuerbaren Energien gemittelte Einsparung um ca. 2,58 kWh Primärenergie je kWh erneuerbar erzeugten Strom feststellen.

	Verbrauch an Primärenergie (fossil)
Energieträger	kWh _{prim} /kWh _{el}
Braunkohle (Kraftwerk)	2,81
Steinkohle (Kraftwerk)	2,91
Erdgas (Kraftwerk)	2,42
Mineralöl (Kraftwerk)	2,62
Wasserkraft	0,01
Windenergie	0,04
Photovoltaik	0,31
feste Biomasse (HKW)	0,06
flüssige Biomasse (BHKW)	0,26
Biogas (BHKW)	0,37
Klär- / Deponiegas (BHKW)	0,00
biogener Anteil des Abfalls	0,03
Geothermie	0,47

Quellen: Öko-Institut [90]; Ecoinvent [84]; Vogt et al. [89]; Frick et al. [86]

Energieträger	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl
Mittlerer Brennstoffausnutzungsgrad	37,0 %	38,0 %	46,0 %	44,2 %

Quelle: UBA [75]

	Verbrauch an Primärenergie (fossil)
Energieträger	kWh _{prim} /kWh _{input}
Erdgas (Heizung)	1,15
Heizöl (Heizung)	1,18
Braunkohlebrikett (Ofen)	1,22
Steinkohlenkoks (Ofen)	1,38
Fernwärme (inkl. / exkl. NV)	1,12 / 0,98
Strom (Grundlast inkl. NV)	1,81
Brennholz (Heizung)	0,04
Biomasse (Industrie)	0,15
Biomasse (HKW)	0,02
flüssige Biomasse (BHKW)	0,09
Biogas (BHKW)	0,06
biogener Anteil des Abfalls	0,01
tiefe Geothermie	0,47
Wärmepumpen	0,72
Solarthermie	0,12

Die Primärenergieeinsparung im **Wärmesektor** errechnet sich ebenfalls aus den Substitutionsfaktoren und den kumulierten fossilen Energieaufwendungen der fossilen wie erneuerbaren Wärmebereitstellung (Tabelle; vgl. Anhang Abs. 2). Die Einsparung der Sekundärenergieträger Fernwärme und Strom wird dabei proportional auf die zur Fernwärme- bzw. Strombereitstellung eingesetzten Primärenergieträger aufgeteilt. Der eingesparte Brennstoffmix der Fernwärme setzt sich demnach aus 54 % Erdgas, 27 % Steinkohle, 6 %

Mineralöl, 2 % Braunkohle und 11 % Siedlungsabfall zusammen. Als Strommix für Grundlaststrom werden 40 % Braunkohle, 12 % Steinkohle, 8 % Erdgas und 40 % Kernenergie angesetzt. Netzverluste werden pauschal mit 14 % bei Fernwärme und mit 10 % bei Strom angesetzt. In der Summe ergibt sich hieraus ein gewichteter Einsparfaktor von 1,06 kWh Primärenergie je kWh erneuerbare Wärme.

NV Netzverluste

Quellen: Öko-Institut [90]; Ecoinvent [84]; Vogt et al. [89]; Frick et al. [86].

Energieträger	Verbrauch an Primärenergie (fossil) kWh _{prim} /kWh _{input}
Benzin	1,21
Diesel	1,15
Biodiesel (Raps)	0,47
Biodiesel (Soja)	0,39
Biodiesel (Palmöl)	0,65
Pflanzenöl (Raps)	0,24
Pflanzenöl (Soja)	0,18
Bioethanol (Zuckerrübe)	0,28
Bioethanol (Zuckerrohr)	0,23
Bioethanol (Weizen)	0,50

Die Einsparung fossiler Primärenergie im **Verkehrssektor** geht von der Substitution von Dieselmotorkraftstoff durch Biodiesel und Pflanzenöl sowie von Ottokraftstoff durch Bioethanol aus. Neben der landwirtschaftlichen Erzeugung und der Herkunft der Biokraftstoffe bestimmt insbesondere die Allokationsmethode zur Aufteilung des Energieverbrauchs auf Haupt- und Nebenprodukte, zum Beispiel Sojaschrot und Sojaöl, die Höhe der Primärenergieeinsparung durch Biokraftstoffe. Im vorliegenden Fall

werden Datensätze aus Öko-Institut [90] verwendet, welche nach der energetischen Wertigkeit der Produkte alloziert wurden. Hieraus ergibt sich für jede eingesetzte Kilowattstunde Biodiesel eine Einsparung von 0,69 kWh Primärenergie gegenüber fossilem Dieselmotorkraftstoff. Bei Bioethanol bzw. Pflanzenöl betragen die Einsparfaktoren im Mittel 0,84 kWh Primärenergie bzw. 0,91 kWh Primärenergie.

Quelle: Öko-Institut [90]

7. Umsatzerlöse aus der Nutzung erneuerbarer Energien

Die Umsätze aus der **Stromerzeugung** lassen sich anhand der eingespeisten Strommengen und der gezahlten Vergütungssätze nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz abschätzen. Zu addieren sind die Erlöse von Anlagen, die nicht in den Geltungsbereich des Gesetzes fallen, insbesondere Wasserkraftwerke über 5 MW Leistung sowie die Stromerzeugung aus der thermischen Abfallbehandlung (nur biogener Anteil). Entsprechend des Börsenpreises für Grundlaststrom kann hierfür ein Durchschnittswert von 5,7 Cent/kWh angesetzt werden. Bei einer Stromerzeugung von rund 26 TWh im Jahr 2008 errechnet sich daraus ein Wert von etwa 1,5 Mrd. Euro.

Für den **Kraftstoffbereich** kann der Erlös unmittelbar aus dem Verkauf von Biokraftstoffen ermittelt werden. Zu berücksichtigen sind dabei die unterschiedlichen Kraftstoffarten sowie Vertriebswege. Für den Biodieselsatz an öffentlichen Tankstellen wurde beispielsweise von einem Durchschnittspreis von 92 Cent/l netto (127 Cent/l brutto) ausgegangen, für die Abgabe an Fahrzeugflotten und für Beimischungen zu Dieselmotorkraftstoff von geringeren Werten.

Der Wert der **Wärmebereitstellung** aus erneuerbaren Energien wird vernachlässigt, da die Wärme größtenteils selbst genutzt wird. Als

Wertansatz wären hier aber auch die vermiedenen Kosten für Heizöl bzw. Erdgas denkbar. Für den Bereich der privaten Haushalte entspräche dies bei einer substituierten Wärmemenge von etwa 100 TWh und einem mittleren Heizölpreis von 65 Cent/l und einem mittleren Erdgaspreis von 7 ct/kWh rund 6,9 Mrd. Euro. Unberücksichtigt bleiben ebenfalls die Kosten für die Wartung und Instandhaltung Wärme erzeugender Anlagen und die Erlöse aus dem Wärmeverkauf bei Nah- und Fernwärmenetzen. Damit verbleibt die Bewertung biogener Einsatzstoffe wie Waldrestholz, Industrierestholz, Holzpellets usw. sowie ein Teil des Brennholzeinsatzes, die insgesamt mit 2,1 Mrd. Euro angesetzt wurde.

Umrechnungsfaktoren

1 TWh = 1 Mrd. kWh
1 GWh = 1 Mio. kWh
1 MWh = 1.000 kWh

Kilo	k	10 ³	Tera	T	10 ¹²
Mega	M	10 ⁶	Peta	P	10 ¹⁵
Giga	G	10 ⁹	Exa	E	10 ¹⁸

Einheiten für Energie und Leistung

Joule	J	für Energie, Arbeit, Wärmemenge
Watt	W	für Leistung, Energiestrom, Wärmestrom
1 Joule (J) = 1 Newtonmeter (Nm) = 1 Wattsekunde (Ws)		

Für Deutschland als gesetzliche Einheiten verbindlich seit 1978. Die Kalorie und davon abgeleitete Einheiten wie Steinkohleeinheit und Rohöleinheit werden noch hilfsweise verwendet.

Umrechnungsfaktoren

		PJ	TWh	Mio. t SKE	Mio. t RÖE
1 Petajoule	PJ	1	0,2778	0,0341	0,0239
1 Terawattstunde	TWh	3,6	1	0,123	0,0861
1 Mio. t Steinkohleeinheit	Mio. t SKE	29,308	8,14	1	0,7
1 Mio. t Rohöleinheit	Mio. t RÖE	41,869	11,63	1,429	1

Die Zahlen beziehen sich auf den Heizwert.

Treibhausgase

CO ₂	Kohlendioxid
CH ₄	Methan
N ₂ O	Lachgas
SF ₆	Schwefelhexafluorid
H-FKW	wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe
FKW	perfluorierte Kohlenwasserstoffe

Weitere Luftschadstoffe

SO ₂	Schwefeldioxid
NO _x	Stickoxide
HCl	Chlorwasserstoff (Salzsäure)
HF	Fluorwasserstoff (Flusssäure)
CO	Kohlenmonoxid
NMVOG	flüchtige Kohlenwasserstoffe ohne Methan

Quellenverzeichnis

Mitteilungen aus:

- [1] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW).
- [4] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Münster.
- [6] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), Berlin.
- [7] Wittke, F., Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Mitteilung vom 29.01.2009.
- [15] Bundesministerium für Verbraucher-schutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL), Bonn.
- [19] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin 2009.
- [21] Statistisches Bundesamt (StBA), IVC 6, Wiesbaden.
- [26] Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V. (SFV), Aachen.
- [31] Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel e.V. (AGQM).
- [32] Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP).
- [39] Erdwärme-Kraft GbR, Berlin.
- [40] geo x GmbH, Landau.
- [41] EnBW Kraftwerke AG, Stuttgart, 2007 und Vorjahre.
- [42] Fichtner GmbH & Co.KG, Stuttgart.
- [51] Bundesverband Solarwirtschaft (BSW), Berlin.
- [52] Bundesnetzagentur (BNetzA), Bonn.
- [53] Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (IE), Leipzig, D.Thrän, 7.03.2006.
- [54] ZfS Rationelle Energietechnik GmbH, Hilden.
- [55] Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (IE), Leipzig, J. Daniel, 19.01.2007.
- [60] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow.
- [66] Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen (ITAD), M. Treder, 16.07.2008.
- [67] EEFA GmbH, Münster.
- [68] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Berlin, 2008, 2009.
- [72] Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW), Universität Stuttgart.
- [76] Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP) vom 29.04.09.
- [77] Brankatschk, G.: Verband der öl-saaten-verarbeitenden Industrie in Deutschland e.V. (OVID), Persönliche Mitteilung vom 25.09.09.
- [91] Technologie- und Förderzentrum (TFZ) vom 28.04.09.
- [97] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), 2009.
- [109] Bundesverband WärmePumpe (BWP) e. V., Berlin, 2008 und Vorjahre.
- [110] Deutscher Energie-Pellet-Verband (DEPV), www.depv.de.

Literatur:

- [2] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): „Auswertungstabellen zu den Energiebilanzen 1990 bis 2007“, Berlin, Stand September 2008.
- [3] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Konjunktur bremst Energieverbrauch – Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen passt Prognose an / Industrie reduziert Bedarf, Pressedienst Nr. 01/09 vom 16. Feb. 09, Berlin/Köln.
- [5] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Brutto-Stromerzeugung in Deutschland von 1990 bis 2007 nach Energieträgern, Stand 27. Oktober 2008, Berlin.
- [8] Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V. (VDEW): Endenergieverbrauch in Deutschland, VDEW-Materialien, Frankfurt a. M. 1998/1999/2000/2001/2002/2003.
- [9] Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V. (VDEW): Energie Spezial – Endenergieverbrauch in Deutschland 2004, Berlin 2006.
- [10] Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V. (VDEW): Energie Info – Endenergieverbrauch in Deutschland 2005, Berlin 2007.
- [11] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW): Energie-Info Endenergieverbrauch in Deutschland 2006, Berlin Feb. 2008.
- [12] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW): Energie-Info Endenergieverbrauch in Deutschland 2007, Berlin Dez. 2008.
- [13] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW): Verkehr in Zahlen 2008/2009, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (Hrsg.).
- [14] „Erster/ Zweiter/ Dritter/ Vierter/ Fünfter und Sechster nationaler Bericht zur Umsetzung der Richtlinie 2003/30/EG vom 08.05.2003 zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor“, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 2007, Vorjahre Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMELV).
- [16] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Amtliche Mineralölstatistik, www.bafa.de.
- [17] Grawe, J.; Wagner, E.: Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft 1992. In: Verband der Elektrizitätswirtschaft – VDEW - e.V. (Hrsg.), ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 92 (1993), Heft 24.
- [18] Grawe, J.; Wagner, E.: Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft 1994. In: Verband der Elektrizitätswirtschaft - VDEW - e.V. (Hrsg.), ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 94 (1995), Heft 24.
- [20] Grawe, J.; Nitschke, J.; Wagner, E.: Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft 1990/91. In: Verband der Elektrizitätswirtschaft – VDEW – e.V., Elektrizitätswirtschaft, Jg. 90 (1991), Heft 24.
- [22] Böhmer, T.: Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung im Jahr 2000. In: Verband der Elektrizitätswirtschaft – VDEW - e.V. (Hrsg.), ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg.101 (2002), Heft 7.
- [23] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW): EEG-Mittelfristprognose: Entwicklungen 2000 bis 2014, www.bdew.de.
- [24] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW): EEG-Jahresabrechnung 2007, www.bdew.de.
- [25] Bundesverband Solarindustrie (BSi), Juli 2005.
- [27] Grawe, J.; Wagner, E.: Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft 1996. In: Verband der Elektrizitätswirtschaft – VDEW e.V. (Hrsg.), ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 96 (1997), Heft 24.
- [28] Wagner, E.: Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft 1997. In: Verband der Elektrizitätswirtschaft – VDEW - e.V. (Hrsg.), ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 97 (1998), Heft 24.

- [29] Wagner, E.: Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft 1998. In: Verband der Elektrizitätswirtschaft – VDEW - e.V. (Hrsg.), ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 98 (1999), Heft 24.
- [30] Wagner, E.: Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft 1999. In: Verband der Elektrizitätswirtschaft – VDEW - e.V. (Hrsg.), ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 99 (2000), Heft 24.
- [33] Verband der Netzbetreiber VDN e.V. beim VDEW: Entwicklung EEG 2000, Stand 22.01.2003.
- [34] Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (IE): Fortschreibung der Daten zur Stromerzeugung aus Biomasse 2004, Leipzig, Februar 2005.
- [35] Kiesel, F.: Ergebnisse der VDEW-Erhebung Regenerativanlagen 2005. In: Verband der Elektrizitätswirtschaft – VDEW - e.V. (Hrsg.), ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 105 (2006) Heft 26.
- [36] Verband der Netzbetreiber VDN e.V. beim VDEW: EEG-Jahresabrechnung 2004.
- [37] Verband der Netzbetreiber VDN e.V. beim VDEW: EEG-Jahresabrechnung 2005.
- [38] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW): EEG-Jahresabrechnung 2006.
- [43] Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE): Zahlen zur Windenergie, 11.06.2002.
- [44] Deutsches Windenergie-Institut GmbH (DEWI), Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Bundesverband Windenergie e.V. (BWE): Status der Windenergienutzung in Deutschland, Stand 31.12.2002.
- [45] Deutsches Windenergie-Institut GmbH (DEWI): Windenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland- Stand 31.12.2003, DEWI Magazin Nr. 24, Feb.2004.
- [46] Deutsches Windenergie-Institut GmbH (DEWI): Windenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland- Stand 31.12.2004, DEWI Magazin Nr. 26, Feb.2005.
- [47] Deutsches Windenergie-Institut GmbH (DEWI): Windenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland- Stand 31.12.2005, DEWI Magazin Nr. 28, Feb.2006.
- [48] Deutsches Windenergie-Institut GmbH (DEWI): Windenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland- Stand 31.12.2006, DEWI Magazin Nr. 30, Feb.2007.
- [49] Deutsches Windenergie-Institut GmbH (DEWI): Windenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland- Stand 31.12.2007, DEWI Magazin Nr. 32, Feb.2008.
- [50] Deutsches Windenergie-Institut GmbH (DEWI): Windenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland- Stand 31.12.2008, DEWI Magazin Nr. 34, Feb.2009.
- [56] Müller-Langer, F.; Schneider, S.; Witt, J. et al.: Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung, Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Auftrag des BMU und des UBA, Zwischenbericht, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (IE), Institut für ZukunftsEnergieSysteme gGmbH (IZES), 2006.
- [57] Deutsches BiomasseForschungszentrum gGmbH (DBFZ) in Kooperation mit der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL): Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse, Zwischenbericht „Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse 2008“, Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU, März 2009.
- [58] Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (IE), Leipzig, Fichtner GmbH & Co. KG, Stuttgart, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, Prof. Dr. jur. Stefan Klinski, Berlin: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Stromerzeugung aus Biomasse - Endbericht, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), März 2008.
- [59] Kiesel, F.: Ergebnisse der BDEW-Erhebung Regenerativanlagen 2006. In: ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 106 (2007), Heft 25-26.
- [61] Böhmer, T.: Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung im Jahr 2001. In: ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 102 (2003), Heft 7.
- [62] Böhmer, T.: Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung im Jahr 2002. In: ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 101 (2002), Heft 10.
- [63] Böhmer, T.: Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung im Jahr 2003. In: ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 104 (2005), Heft 10.
- [64] Kiesel, F.: Ergebnisse der VDEW-Erhebung Regenerativanlagen 2004. In: ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 105 (2006), Heft 10.
- [65] International Energy Agency (IEA), Statistische Amt der Europäischen Gemeinschaften Eurostat, United Nations/ Economic Commission for Europe (UNECE): Energy Questionnaire - Renewables and Wastes 2007.
- [69] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Berlin: Satellitenbilanz Erneuerbare Energieträger 1995 – 2003.
- [70] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Berlin: Satellitenbilanz "Erneuerbare Energieträger" für das Jahr 2004, 2005, 2006.
- [71] Klobasa, M.; Ragwitz, M.: Gutachten zur CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien, Bericht für die AGEE-Stat, Karlsruhe, 2005.
- [73] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Energiebilanz für Deutschland, 1990 bis 2006, Berlin, 2008.
- [74] Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI): Gutachten zur CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien, Karlsruhe, 2005.
- [75] Umweltbundesamt (UBA): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Durch Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Emissionen im Jahr 2007. Climate Change 12/2009, Dessau-Roßlau, 2009.
- [78] Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE): Monthly Vegetable and Rapeseed Oil Consumption for Biodiesel. In: F.O.Licht's World Ethanol and Biofuels Report, Vol.6, No.3 / 08.10.2007, S. 49.
- [79] Bundesregierung (BR): Verordnungsentwurf über Anforderungen an eine nachhaltige Erzeugung von zu Biokraftstoffen verwendeter Biomasse (Biomasse-Nachhaltigkeits-Verordnung – BioNachV) mit Stand 30.10.2009.
- [80] Bundesregierung (BR): Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung (Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung - BioSt-NachV) vom 23. Juli 2009 (BGBl. I S. 2174).
- [81] Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft (BDBE): Deutsche Bioethanolstatistik 2006 (unveröffentlicht).
- [82] Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft (BDBE): Deutsche Bioethanolstatistik 2008: Bioethanolproduktion um 46 Prozent gewachsen, www.bdbe.de.
- [83] Ciroth, A.: Validierung der Emissionsfaktoren ausgewählter erneuerbarer Energiebereitstellungsketten, Berlin, 2009.
- [84] Ecoinvent v2.01: Datenbank des Schweizer Zentrums für Ökoinventare v2.0. EMPA, St. Gallen, 2008.

- [85] EP/ER: Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG, Amtsblatt der EU L140/15 v. 5. Juni 2009.
- [86] Frick, S.; Schröder, G.; Rychtyk, M. et al.: Umwelteffekte einer geothermischen Stromerzeugung. Analyse und Bewertung der klein- und großräumigen Umwelteffekte einer geothermischen Stromerzeugung. Leipzig, 2008.
- [87] Frondel, M.; Grösche, P.; Tauchmann, H. et al.: Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für das Jahr 2005. Forschungsprojekt Nr. 15/06 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, 2008.
- [88] Klobasa, M.; Sensfuß, F.; Ragwitz, M.: CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2006 und 2007 – Gutachten, Bericht für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) im Auftrag des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Karlsruhe, 2009.
- [89] Vogt, R.; Gärtner, S.; Münch, J. et al.: Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland, Heidelberg, 2008.
- [90] Öko-Institut: Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS), Version 4.5, 2008.
- [92] Rentz, O.; Karl, U.; Peter, H.: Ermittlung und Evaluierung von Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen in Deutschland für die Jahre 1995, 2000 und 2010, Karlsruhe, 2002.
- [93] Struschka, M.; Kilgus, D.; Springmann, M.; Baumbach, G.: Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung, Stuttgart, 2008.
- [94] Umweltbundesamt (UBA): Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2007, Climate Change 02/2009, Dessau-Roßlau, 2009.
- [95] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Auswertungstabellen zur Energiebilanz für Deutschland von 1990 bis 2007, Berlin, 2008.
- [96] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Energiebilanz für Deutschland, 1990 bis 2006, Berlin, 2008.
- [98] Umweltbundesamt (UBA): Deutsches Treibhausgasinventar 1990-2007, Nationaler Inventarbericht 2009, Dessau 2009.
- [99] Umweltbundesamt (UBA): Zentrales System Emissionen. UBA- Datenbank zur Unterstützung der Emissionsberichterstattung, Submission 2008, Stand: Februar 2008.
- [100] Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland unter Berücksichtigung der europäischen und globalen Entwicklung - Leitszenario 2009. Untersuchung im Auftrag des BMU; Fachliche Erarbeitung Nitsch J., Wenzel B., August 2009, www.erneuerbare-energien.de.
- [101] Ramesohl, S. et al.: Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Einführung alternativer Kraftstoffe, insbesondere regenerativ erzeugten Wasserstoffs. Arbeitsgemeinschaft WI, DLR, IFEU, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, März 2006.
- [102] Ingenieurbüro für neue Energien (IfnE): Nutzen durch Erneuerbare Energien im Jahr 2008 – Vermiedene fossile Energieimporte und externe Kosten, Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Juni 2009.
- [103] Bundesregierung (BR): Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung - Biokraft-NachV) vom 30. September 2009 (BGBl. I S. 3182).
- [104] Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V. (UFOP): Bericht 2007/2008, www.ufop.de, 2008.
- [105] Erdmann, A.; Zweifel, P.: Energieökonomik - Theorie und Anwendungen, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008.
- [106] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): Energiedaten – Nationale und internationale Entwicklung, Stand: 23.3.2007, www.bmwi.de.
- [107] International Energy Agency – Solar Heating and Cooling Programme (IEA-SHC) and several solar thermal trade associations: Worldwide capacity of solar thermal energy greatly underestimated, Press release 10 November 2004, www.estif.org.
- [108] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Second Assessment Report Climate Change 1995; weitere Informationen unter www.ipcc.de.
- [111] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC): Guidelines for the preparation of national communications by Parties included in Annex I to the Convention, Part I: UNFCCC reporting guidelines on annual inventories (following incorporation of the provisions of decision 13/CP.9); FCCC/SBSTA/2004/8.
- [112] Amprion GmbH, EnBW Transportnetze AG, transpower stromübertragungs gmbh und Vattenfall Europe Transmission GmbH, Anlagenstammdaten, Stand November 2009.
- [113] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA): EEG-Statistikbericht 2007 – Statistikbericht zur Jahresendabrechnung 2007 nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG), Redaktionsschluss 31. Juli 2009, www.bundesnetzagentur.de.
- [114] Bracke, R.; Platt, M.; Exner, St.: Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes – Bestandsaufnahme und Trends. GeothermieZentrum Bochum (GZB) im Auftrag des Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, November 2009.
- [115] Leipzig-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) (Hrsg.): Geothermisches Informationssystem für Deutschland, www.geotis.de.