



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung

- Stand: November 2007 –



Internet-Update

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. Wolfhart Dürrschmidt
BMU, Referat KI III 1
(Allgemeine und grundsätzliche Angelegenheiten der Erneuerbaren Energien)
- Fachliche Bearbeitung: Prof. Dr. Frithjof Staiß, Dipl.-Ing. (FH) Christel Linkohr,
Dipl.-Kffr. Ulrike Zimmer, Dr. Frank Musiol, Dipl.-Ing. (FH) Marion Ottmüller
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart
- Abbildungen: Seite 5: Brigitte Hiss, Christoff Edelhoff, Dieter Böhme, Thomas Härtrich, EnBW Kraftwerke AG
(Stuttgart), Landratsamt Böblingen – Abfallwirtschaftsbetrieb, Ulrike Zimmer
- Stand: November 2007, Internet-Update



Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung

- **Stand: November 2007 -
Internet-Update**



Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik (AGEE-Stat)

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 Broschüre.

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).

Als Leiter der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik wurde Herr Prof. Dr. Staiß (Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, ZSW Stuttgart) eingesetzt.

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.



Wohnanlage mit Solarenergie



Windenergieanlage – Nahaufnahme Rotornabe



Neubau der Wasserkraftanlage Kehl/Oberrhein am Kulturwehr Kehl/Straßburg



Solarthermische Wärmeerzeugung durch Flachkollektoren



Rapsanbau im Erzgebirge



Vergärungsanlage Leonberg – Fermenter und Gasspeicher



Windenergieanlage im Rostocker Überseehafen



Brennholzbereitstellung

Erneuerbare Energien in Deutschland: Garanten für Klimaschutz und Versorgungssicherheit	8
Das Wichtigste im Jahr 2006 auf einen Blick	10
Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung in Deutschland 2006	11
Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien 2006	12
Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung	13
Struktur des Primärenergieverbrauchs im Jahr 2006	13
Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien von 1990 bis Ende 2006	14
Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2006	18
Entwicklung der energiebedingten Emissionen von 1990 bis 2006	20
Energiebedingte Emissionen nach Quellgruppen im Jahr 2005	21
Anteile der Quellgruppen an den energiebedingten CO ₂ - und Feinstaub-Emissionen im Jahr 2005	21
Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2006	22
Umsatz aus der Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2006	23
Umsatz in Verbindung mit dem Anlagenbetrieb zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2006	23
Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien in Deutschland 2006	24
Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland	24
Einspeisung und Vergütung nach dem Stromeinspeisungsgesetz (StrEG) und dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	25
Struktur der nach dem EEG vergüteten Strommengen	25
Kosten für die Stromverbraucher	26
Auswirkungen der erneuerbaren Energien auf die Strompreise	27
Gesamtwirtschaftliche externe Kosten	28
Kosten und Nutzenwirkungen des EEG im Überblick	29
Förderprogramme für erneuerbare Energien	30
Das Marktanzreizprogramm	30
Biokraftstoffe	32
Erforschung und Entwicklung von Technologien zur Nutzung der erneuerbaren Energien	33
Langfristig realisierbares Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom-, Wärme- und Kraftstoffherzeugung in Deutschland	35
Szenario eines verstärkten Ausbaus erneuerbarer Energien	36

Erneuerbare Energien in Europa	37
Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch in der EU.....	37
Nutzung erneuerbarer Energien in der EU im Jahr 2006.....	38
Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt.....	39
Instrumente zur Förderung der erneuerbaren Energien im Strommarkt.....	40
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU von 1990 bis 2006	41
Stromerzeugung aus Windenergie in der EU von 1990 bis 2006.....	41
Gesamte installierte Windleistung in der EU Ende 2006	42
Entwicklung der installierten Windleistung in der EU von 1990 bis 2006	42
Globale Nutzung erneuerbarer Energien	43
Struktur des Welt-Primärenergieverbrauchs im Jahr 2005.....	44
Entwicklung der globalen erneuerbaren Primärenergiebereitstellung und des Anteils erneuerbarer Energien.....	44
Mittlere Wachstumsraten des Primärenergieverbrauchs und der erneuerbaren Energien im Zeitraum 1990 bis 2005.....	45
Anteile erneuerbarer Energien am Energiebedarf in der OECD, Nicht-OECD und der Welt an den verschiedenen Sektoren im Jahr 2005	45
Regionale Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2005	46
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in verschiedenen Regionen im Jahr 2005	47
Anteile erneuerbarer Energien an der globalen Stromerzeugung im Jahr 2005	47
Internationale Konferenz für Erneuerbare Energien - <i>renewables2004</i> - und der Folgeprozess	48
Anhang	
Methodische Hinweise.....	50
Umrechnungsfaktoren, Treibhausgase und weitere Luftschadstoffe.....	56
Quellenverzeichnis	57

Erneuerbare Energien in Deutschland: Garanten für Klimaschutz und Versorgungssicherheit

Eine intelligente Bereitstellung und ein sparsamer Einsatz von Energie – das ist eine der zentralen 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 mindern zu müssen. Denn nur dann wird es gelingen, die Folgen des Treibhauseffektes zu mildern und uns unabhängiger von Öl-, Gas-, Kohle- und Uranimporten zu machen.

Neben der wichtigen Strategie einer sparsamen Nutzung und effizienten Wandlung von Energierohstoffen setzt das Bundesumweltministerium auf den Einsatz erneuerbarer Energien. Erneuerbare Energien haben in den vergangenen Jahren insbesondere im Strommarkt, aber auch im Verkehrs- und Wärmesektor beträchtlich an Bedeutung gewonnen. Mit rund 11,5 % Anteil an der deutschen Elektrizitätsversorgung 2006 sind die erneuerbaren Energien zu einer nicht mehr wegzudenkenden Säule der Energiewirtschaft geworden. Erneuerbare Energien tragen in vielerlei Hinsicht zu einer nachhaltigen Energieversorgung bei:

- Sie leisten einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz, weil in ihren Anlagen keine fossilen Brennstoffe verbrannt werden – im Jahr 2006 haben sie den Ausstoß von rund 100 Millionen Tonnen des Klimagases CO₂ vermieden. Ohne die erneuerbaren Energien wäre das deutsche Klimaschutzziel im Rahmen des Kyoto-Protokolls in weiter Ferne.
- Sie diversifizieren die Rohstoffvielfalt, machen unabhängiger von fossilen Rohstoffen und tragen so zur Versorgungssicherheit und zur Vermeidung von Rohstoffkonflikten bei.
- Mittelfristig sichern uns erneuerbare Energien damit auch gegen Kostensteigerungen ab, die bei den fossilen und nuklearen Ressourcen unvermeidbar eintreten werden.
- Erneuerbare Energieanlagen können am Ende ihrer Lebensdauer einfach abgebaut und recycelt werden. Sie sind keine strahlende Altlast – wie Atomkraftwerke – und hinterlassen keine Kohlegruben.
- Erneuerbare Energien sind vielfach heimische Energieträger, die zur regionalen Wertschöpfung beitragen und Arbeitsplätze sichern. In Deutschland wurde im Jahr 2006 mit erneuerbaren Energien ein Gesamtumsatz von rd. 22,4 Mrd. Euro erzielt; rund 236.000 Menschen waren 2006 in diesem Bereich beschäftigt.
- Erneuerbare Energien können in armen Ländern Wege aus der Armut weisen, zudem vereinfachen sie den Zugang großer Bevölkerungsteile zu Energie, beispielsweise durch ländliche Elektrifizierung.

Ziele

Der Ausbau erneuerbarer Energien ist eine Erfolgsgeschichte. Bisher hatte die Bundesregierung folgende Ziele: Mindestens Verdoppelung des Anteils erneuerbarer Energien an der Energieversorgung bis zum Jahr 2010 gegenüber 2000; beim Strom auf mindestens 12,5 %. Bis 2020 soll der Anteil am Primärenergieverbrauch mindestens 10 % betragen und an der Strombereitstellung mindestens 20 %. Bis 2050 soll mindestens die Hälfte des deutschen Energieverbrauchs aus regenerativen Quellen stammen. Das Ziel 2010 bei der Strombereitstellung wird mit rd. 14 % im Jahr 2007 bereits überschritten. Mit der Verabschiedung des EEG-Erfahrungsberichts durch das Bundeskabinett am 7. November 2007 hat die Bundesregierung inzwischen das Ausbauziel für Strom aus erneuerbaren Energien bis 2020 auf 25-30 % angehoben. Zudem hat der Europäische Rat im März 2007 ein Ziel von 20 % Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch der EU bis 2020 formuliert. Die entsprechenden nationalen Ziele der Mitgliedstaaten sollen 2008 in einer neuen EU-Richtlinie für Erneuerbare Energien festgelegt werden. Deutschland wird seinen angemessenen Beitrag dafür leisten.

Windenergie

Mit 20.622 Megawatt installierter Leistung im Jahr 2006 liegt Deutschland bei der Windenergienutzung weiterhin weltweit vorne. 30,7 TWh Strom haben diese Windkraftwerke produziert, das sind 5,0 % des gesamten Stromverbrauchs. Gegenüber den Zuwachsraten des Vorjahres ist die Anzahl der neu installierten Anlagen um 15 % und die neu installierte Leistung um 24 % gestiegen. Auch die Modernisierung vorhandener Windenergieanlagen („Repowering“) nimmt langsam Konturen an. 2006 wurden knapp 140 MW durch Repowering aufgestellt, das ist soviel wie 2004 und 2005 zusammen.

In den kommenden Jahren wird der Beitrag der Windenergie weiter wachsen. Ein neuer Schwerpunkt wird die Entwicklung von Offshore-Windparks sein: In der Nord- und Ostsee sind die Windbedingungen exzellent. Im Rahmen ihrer Nachhaltigkeitsstrategie „Perspektiven für Deutschland“ hat die Bundesregierung unter Federführung des Bundesumweltministeriums eine Strategie zur Nutzung der Windenergie auf See vorgelegt und erste Eignungsgebiete für Windparks und Schutzgebiete ausgewiesen.

Biomasse

Die Biomasse ist ein klimaverträglicher und regionaler Energierohstoff und kann rund um die Uhr energetisch genutzt werden. Sie leistet daher einen wichtigen Beitrag zu einer sicheren Energieversorgung.

Mit der am 28. Juni 2001 in Kraft getretenen Biomasseverordnung und den Verbesserungen der Vergütung im Rahmen des neuen Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2004 ist der Weg für Strom aus nachwachsenden Rohstoffen sowie biogenen Rest- und Abfallstoffen geebnet worden. Insgesamt konnten im Jahr 2006 mehr als 14 TWh Strom bereitgestellt werden. Holzheizungen und Holzkraftwerke, Biogas-Anlagen, Anlagen für flüssige Biomasse sowie Biokraftstoffe leisten bereits heute einen Beitrag von 5,3 % zur Energieversorgung in Deutschland (ohne Strom aus biogenen Abfällen). Für Kraftstoffe gilt ab 1. Januar 2007 eine Beimischungspflicht von Biokraftstoffen. Im Jahr 2007 beträgt die Quote für Diesel 4,4 % und für Benzin 1,2 % (s.a. Seite 32). Biodiesel, der nicht der Quotenerfüllung dient, wird mit 9 Cent je Liter (seit 1. August 2006) steuerlich belastet. Pflanzenöl bleibt vorerst steuerfrei.

Geothermie

Die Wärme aus dem Erdinneren kann zur Beheizung von Gebäuden oder Nahwärmenetzen, aber auch zur Stromerzeugung genutzt werden. Nachdem schon Geothermie-Heizwerke bestehen, wurde im Jahr 2003 das erste deutsche Geothermie-Kraftwerk eingeweiht. Ende 2007 haben zwei weitere Kraftwerke die Stromerzeugung aufgenommen. Damit die großen deutschen Erdwärme-Potenziale erschlossen werden, fördert die Bundesregierung weiterhin Projekte zur geothermischen Stromerzeugung. Das EEG legt darüber hinaus eine Einspeisevergütung fest.

Wasserkraft

Der Stromertrag aus Wasserkraft ist nicht nur von der installierten Leistung, sondern auch von der Witterung abhängig. So ist die Stromerzeugung 2006 mit 19,9 TWh geringer als 2005. Für die Zukunft wird jedoch ein Schub erwartet, wenn einige Anlagen in Betrieb gehen werden, nachdem das neue EEG 2004 die Investitionsbedingungen verbessert hat.

Photovoltaik / Solarthermie

Bei der Stromerzeugung aus Sonnenenergie mit Solarzellen hielt 2006 die steile Aufwärtsbewegung an. Infolge der Förderung durch das EEG hat sich der Solarstrom innerhalb von drei Jahren fast vervierfacht - auf mehr als zwei Milliarden Kilowattstunden. Technische Innovationen und wachsende Märkte werden dazu führen, dass Strom aus Photovoltaik-Anlagen mit jedem Jahr kostengünstiger wird.

Die neu installierte Fläche von Sonnenkollektoren vergrößerte sich gegenüber dem Zubau 2005 um 50 %. Knapp eine Million Anlagen mit rund 8,6 Mio. m² Fläche unterstützten in Deutschland 2006 die Erwärmung von Brauch- und Heizungswasser sowie dem Badewasser von Schwimmbädern. Hohe Öl- und Gaspreise und die Förderung im Rahmen des Marktanreizprogramms des Bundes werden auch weiterhin den Einbau solarthermischer Anlagen voranbringen.

Pfeiler der Energiewende

Die Bundesregierung nutzt konsequent die Potenziale für eine rationelle und sparsame Energieverwendung und die Verbesserung der Energieeffizienz. Zentral sind dabei die 1999 eingeleitete Ökologische Steuerreform sowie die im Klimaschutzprogramm vom Oktober 2000 enthaltenen Maßnahmen: u.a. die Energieeinsparverordnung, das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz sowie Maßnahmen im Bereich der Energieverbrauchskennzeichnung. Das Gebäudesanierungsprogramm zur Senkung der CO₂-Emissionen wurde im Jahr 2006 erheblich aufgestockt. Der Emissionshandel für Anlagen ab 20 MW Feuerungswärmeleistung wird in diesem Jahr weiterentwickelt, damit die deutsche Wirtschaft langfristig ihre Klimaschutzziele noch kostengünstiger und effizienter als bisher erreicht.

Mit der Novelle des Atomgesetzes (AtG) vom 22. April 2002 ist der Ausstieg aus der Atomenergie rechtlich umgesetzt. Danach werden vorhandene Atomkraftwerke stillgelegt, wenn sie eine für jede einzelne Anlage festgelegte Strommenge erzeugt haben. Nachdem die Betreiber bereits endgültig auf die Wiederinbetriebnahme des rechtlich umstrittenen Atomkraftwerks Mülheim-Kärlich verzichteten, wurden im November 2003 das Kraftwerk Stade und im Mai 2005 das älteste noch betriebene Kraftwerk Obrigheim stillgelegt. Das letzte Kernkraftwerk wird voraussichtlich in weniger als 20 Jahren abgeschaltet werden.

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 Energiewende. Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung setzt die Bundesregierung auf den Ausstieg aus der Kernenergie, auf Energieeinsparung, Energieeffizienz und auf den Ausbau der erneuerbaren Energien.

Das Wichtigste im Jahr 2006 auf einen Blick

Deutschland bei der Sonnenenergienutzung weiter auf Vormarsch

Photovoltaik-Weltmeister: Zubau von 830 MW_p (2005: 863 MW_p), höher als in Japan (rund 290 MW_p) [Solar Verlag 66; IEA-PVPS 69];
Zubau **solarthermischer Kollektorfläche**: rund 1.400.000 m² (2005: 960.000 m²) auf insgesamt über 8,6 Mio. m².

Windenergie leistete den größten Beitrag

Nettozubau von 2.233 MW, insgesamt (einschließlich des Anlagensatzes) 20.622 MW installiert, 30,7 TWh Strom erzeugt.

Bioenergie auf dem Vormarsch

Neues EEG 2004 stärkt den Ausbau im Strommarkt: mehr als 14 TWh Biostrom erzeugt; 4 Mio. t-Grenze bei Biokraftstoffen erreicht; Bestand an Pelletheizungen auf 70.000 gestiegen [DEPV 49].

Wasserkraft leicht rückläufig

Wasserkraft witterungsbedingt abnehmend. Schlechte Witterungsbedingungen führten zu schlechteren Erträgen.

Geothermie in Position

Tiefengeothermie: im Strommarkt sind zwei weitere Kraftwerke in Betrieb genommen worden; Absatz von Wärmepumpen stark steigend (über 43.000 Anlagen) [BWP 26].

Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung:

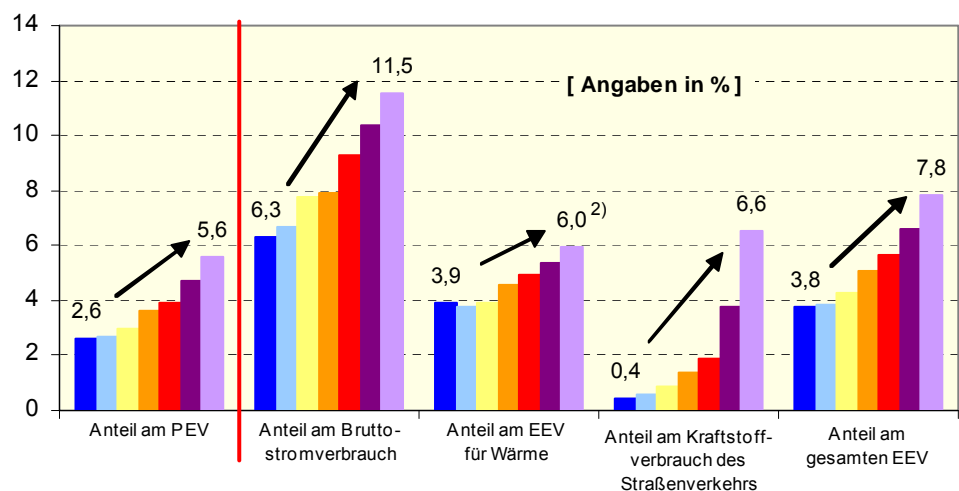
- 5,6 % am Primärenergieverbrauch (2005: 4,7 %) (nach Wirkungsgradmethode, entspricht 7,6 % nach Substitutionsmethode)
- 11,5 % am Bruttostromverbrauch (2005: 10,4 %)
- 6,0 % am Endenergieverbrauch für Wärme (2005: 5,4 %)
- 6,6 % am Kraftstoffverbrauch für den Straßenverkehr (2005: 3,8 %)
- 7,8 % am gesamten Endenergieverbrauch (Strom, Wärme, Treibstoffe; 2005: 6,6 %)



PEV Primärenergieverbrauch
EEV Endenergieverbrauch
PEV berechnet nach Wirkungsgradmethode

1) Angaben vorläufig
2) ab dem Jahr 2003 neue Daten aus dem Energiestatistikgesetz (EnStatG) berücksichtigt

Quellen:
siehe nachfolgende Tabelle



Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung in Deutschland 2006

	End-energie [GWh]	Primärenergie- äquivalent ¹⁾		Anteil am Endenergie- verbrauch [%]	Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch ¹²⁾			
		nach Wirkungs- gradmethode [PJ]	nach Substitutions- methode [PJ]		nach Wirkungs- gradmethode [%]	nach Substitutions- methode [%]		
Stromerzeugung	Wasserkraft ²⁾	19.876	71,6	195,5	Anteil am Stromverbrauch ⁸⁾	3,2	0,5	1,3
	Windenergie	30.710	110,6	291,4		5,0	0,8	2,0
	Photovoltaik	2.220	8,0	19,7		0,4	0,05	0,1
	biogene Festbrennstoffe	6.518	57,4	57,4		1,1	0,4	0,4
	biogene flüssige Brennstoffe	1.314	11,6	11,6		0,7	0,1	0,1
	Biogas	4.169	36,7	36,7		0,2	0,3	0,2
	Klärgas	936	8,2	8,2		0,2	0,1	0,1
	Deponiegas	1.050	9,2	9,2		0,2	0,1	0,1
	biogener Anteil des Abfalls ³⁾	3.639	32,0	32,0		0,6	0,2	0,2
	Geothermie ⁴⁾	0,4	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
	Summe	70.433	345,3	661,9		11,5	2,4	4,4
Wärmeerzeugung	biogene Festbrennstoffe (Haushalte)	61.600	221,8		Anteil am EEV für Wärme ⁹⁾	4,1	1,5	1,5
	biogene Festbrennstoffe (Industrie) ⁵⁾	11.250	40,5			0,8	0,3	0,3
	biogene Festbrennstoffe (Heizkraft- und Heizwerke) ⁶⁾	2.174	7,8			0,1	0,05	0,05
	biogene flüssige Brennstoffe ⁷⁾	1.400	5,0			0,1	0,03	0,03
	biogene gasförmige Brennstoffe ⁷⁾	3.000	10,8			0,2	0,07	0,07
	biogener Anteil des Abfalls ³⁾	4.911	17,7			0,3	0,12	0,12
	Solarthermie	3.274	11,8			0,2	0,08	0,08
	tiefe Geothermie	156	0,6			0,01	0,004	0,004
	oberflächennahe Geothermie	1.778	6,4			0,1	0,04	0,04
	Summe	89.543	322,4			6,0	2,2	2,2
Kraftstoff	Biodiesel ¹³⁾	29.444	106,0		Anteil am KV Straßen- verkehr ¹⁰⁾	4,8	0,7	0,7
	Pflanzenöl ¹³⁾	7.417	26,7			1,2	0,2	0,2
	Bioethanol	3.556	12,8			0,6	0,09	0,09
	Summe ¹⁴⁾	40.417	145,5			6,6	1,0	1,0
gesamt	200.393	813,2	1.129,7		EEV ¹¹⁾	7,8	5,6	7,6

Stand November 2007

Die derzeit gültige Methode zur Berechnung des Primärenergieäquivalents von Strom aus erneuerbaren Energien ist die Wirkungsgradmethode. Die Substitutionsmethode, die beispielsweise bei der Berechnung der durch erneuerbare Energien vermiedenen Emissionen und Brennstoffeinsätze angewandt wird, ist hier zusätzlich dargestellt.

Abweichungen in den Summen durch Rundungen; PEV Primärenergieverbrauch, 14.589 PJ, Stand Nov. 2007; EEV Endenergieverbrauch; KV Kraftstoffverbrauch; EE Erneuerbare Energien

- 1) Erläuterung der Methoden zur Bestimmung des Primärenergieäquivalents siehe Anhang Abs. 4, bei Wärme und Kraftstoff wird hier Endenergie gleich Primärenergie gesetzt
- 2) bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss
- 3) biogener Anteil mit 50 % angesetzt
- 4) Stromerzeugung aus Geothermie bisher in einer Pilotphase
- 5) Industrie = Betriebe des Bergbaus, der Gewinnung von Steinen und Erden sowie des Verarbeitenden Gewerbes, § 8 Energiestatistikgesetz, Wert 2006 geschätzt auf der Basis von Angaben für 2005
- 6) nach §§ 3 und 5, Energiestatistikgesetz, nur Allg. Versorgung
- 7) teilweise geschätzt, bei Gasen einschließlich der Direktnutzung von Klärgas
- 8) bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2006 von 614,8 TWh
- 9) bezogen auf den EEV für Raumwärme, Warmwasser und sonstige Prozesswärme 2005 (unter der Berücksichtigung von Auf- und Abbau an Vorräten lagerbarer Brennstoffe – bereinigte Version) von 183,7 Mio. t SKE oder 5.384 PJ
- 10) Angaben vorläufig; bezogen auf den Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr 2006 von 2.201 PJ
- 11) bezogen auf EEV 2005 von 9.261 PJ
- 12) bei einem Substitutionsfaktor (für Strom aus Biomasse) von 8.805 kJ/kWh, siehe Anhang Abs. 4
- 13) Angaben vorläufig; vor dem 1. August 2006 wurden Biodiesel und Pflanzenöl nicht getrennt erfasst. Bis dahin ist Pflanzenöl im Biodiesel enthalten.
- 14) bezogen auf den gesamten Kraftstoffverbrauch 2006 von 2.303 PJ beträgt der Anteil der Biokraftstoffe 6,3 %.

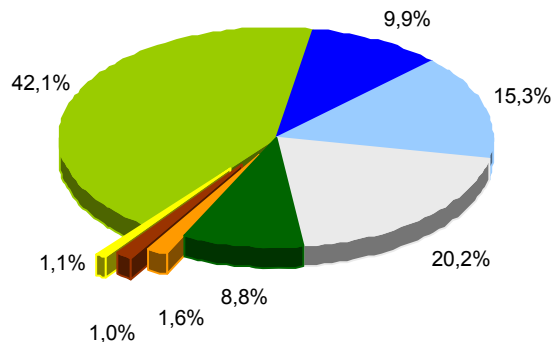
Zur Stromerzeugung aus Photovoltaik und zur Wärmebereitstellung aus Solarthermie siehe auch Anhang Abs. 5.

Quellen: ZSW [3]; BSW [10]; AGEb [1], [15], [18]; DIW [11]; StBA [5]; ISI [41]; VDN [9]; BMVBS [57]; IE [70]; VDEW [71], [74]; Erdwärme-Kraft [79]; BMF [67]

Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien 2006

Struktur der Endenergiebereitstellung

- Wasserkraft
- Windenergie
- Biokraftstoffe
- biogene Brennstoffe, Strom
- Solarthermie
- Geothermie
- Photovoltaik
- biogene Brennstoffe, Wärme



Quellen:
siehe Tabelle Seite 11

Endenergie: rd. 200,4 TWh
(7,8 %-Anteil am gesamten Endenergieverbrauch)

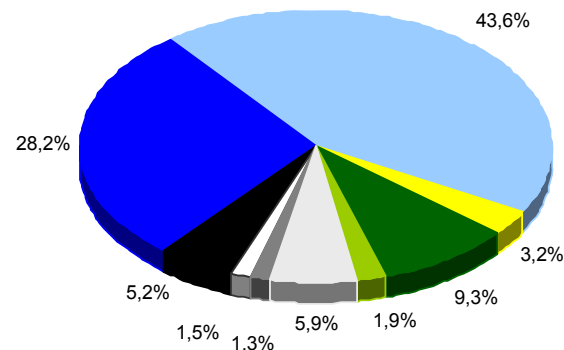
Rund 71 % der gesamten Endenergie aus erneuerbaren Energiequellen wird durch Biomasse bereitgestellt.

Bezogen auf die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien hat Biomasse (hauptsächlich Holz) einen Anteil von 94 %.

Für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien hingegen sind vor allem die Windenergie mit rund 44 % und die Wasserkraft mit rund 28 % Anteil von großer Bedeutung.

Struktur der Strombereitstellung

- Wasserkraft
- Windenergie
- Photovoltaik
- biogene Festbrennstoffe
- biogene flüssige Brennstoffe
- Biogas
- Klärgas
- Deponiegas
- biogener Anteil des Abfalls



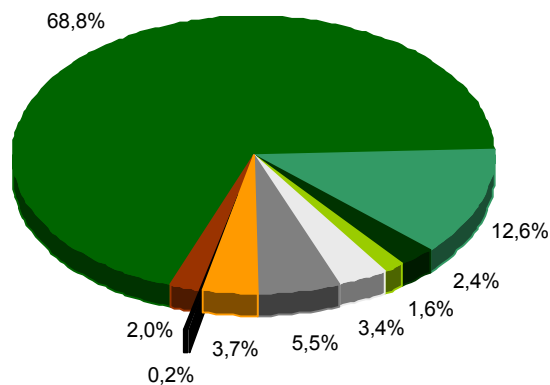
Geothermische Stromerzeugung auf Grund geringer Strommengen nicht dargestellt

Quellen:
siehe Tabelle Seite 11

Stromerzeugung: rd. 70,4 TWh
(11,5 %-Anteil am gesamten Stromverbrauch)

Struktur der Wärmebereitstellung

- biogene Festbrennstoffe (Haushalte)
- biogene Festbrennstoffe
- biogene Festbrennstoffe (HKW/HK)
- biogene flüssige Brennstoffe
- biogene gasförmige Brennstoffe
- biogener Anteil des Abfalls
- Solarthermie
- tiefe Geothermie
- oberflächennahe Geothermie



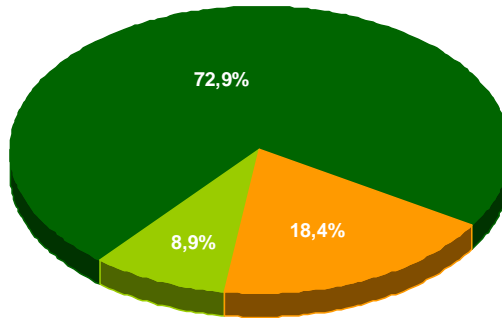
HKW/HW Heizkraft- und Heizwerke

Quellen: siehe Tabelle Seite 11

Wärmebereitstellung:
rd. 89,5 TWh
(6,0 %-Anteil am gesamten Wärmeverbrauch)

Struktur der Kraftstoffbereitstellung 2006

Biogene Kraftstoffe: rd. 40,4 TWh
(6,6 %-Anteil am gesamten Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs)



- Biodiesel
- Pflanzenöl
- Bioethanol

Vor dem 1. August 2006 wurden Pflanzenöl und Biodiesel nicht getrennt aufgeführt, d.h. bis dahin ist Pflanzenöl im Biodiesel enthalten.

Quellen: siehe Tabelle Seite 11

Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005 ¹⁾	2006 ¹⁾
Endenergieverbrauch (EEV)	[%]								
Stromerzeugung (bezogen auf gesamten Bruttostromverbrauch)	4,8	5,5	6,3	6,7	7,8	7,9	9,3	10,4	11,5
Wärmebereitstellung (bezogen auf gesamte Wärmebereitstellung)	3,5	3,5	3,9	3,8	3,9	4,6	4,9	5,4	6,0
Kraftstoffverbrauch (bezogen auf den Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr)	0,2	0,2	0,4	0,6	0,9	1,4	1,9	3,8	6,6
Anteil EE am gesamten EEV	3,1	3,3	3,8	3,8	4,3	4,9	5,5	6,6	7,8
Primärenergieverbrauch (PEV)									
Stromerzeugung (bezogen auf gesamten PEV)	0,8	0,9	1,1	1,1	1,4	1,5	1,6	2,1	2,4
Wärmebereitstellung (bezogen auf gesamten PEV)	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,8	1,9	2,0	2,2
Kraftstoffverbrauch (bezogen auf gesamten PEV)	0,03	0,03	0,06	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	1,0
Anteil EE am gesamten PEV²⁾	2,1	2,2	2,6	2,7	3,0	3,5	3,9	4,7	5,6

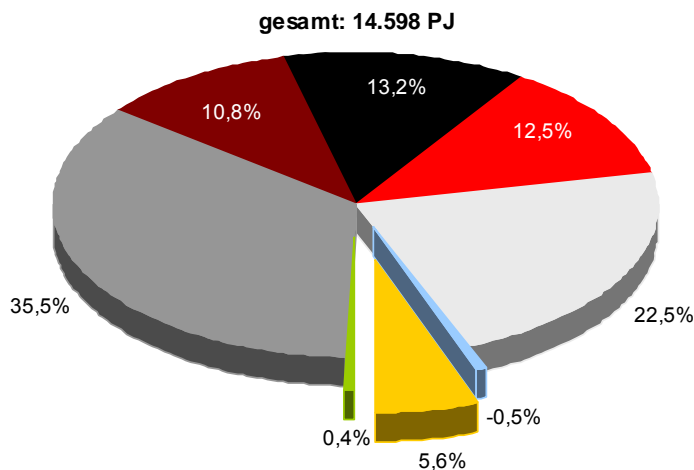
Generell sind alle Daten ab dem Jahr 2004 im Deutschlandteil dieser Broschüre vorläufig.

EE Erneuerbare Energien

- 1) Bezugsjahr für Wärme- und Kraftstoffverbrauch 2005
- 2) nach Wirkungsgradmethode, siehe Anhang Abs. 4

Quellen:
nach vorherigen und anschließenden Tabellen sowie nach BDEW [17], VDEW[47]

Struktur des Primärenergieverbrauchs im Jahr 2006



- Erneuerbare Energien
- Sonstige
- Mineralöl
- Braunkohle
- Steinkohle
- Kernenergie
- Erdgas
- Stromsaldo

vorläufige Angaben,
Primärenergieverbrauch
Stand November 2007

Quellen: ZSW [3];
nach AGEBA [1]

Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien von 1990 bis Ende 2006

Stromerzeugung (Endenergie)

Das Energieangebot aus Wasserkraft, Windenergie und Solarenergie unterliegt natürlichen Schwankungen, die sich sowohl kurzfristig und saisonal als auch auf den gesamten Jahresenergieertrag auswirken.

- 1) bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss
- 2) bis 1998 nur Einspeisung in das Netz der allgemeinen Versorgung
- 3) Anteil des biogenen Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen zu 50 % angesetzt

Quellen: ZSW [3]; EnBW [12]; BWE [16]; StBA [5]; BMELV [75]; IE [8], [13], [20], [70]; VDN [9]; AGEB [2], [18]; FNR [7]; SFV [28]; BSW [10]; ZfS [19]; Erdwärme-Kraft [79]; DEWI [62], [76], [77], [78]; Solar-Verlag [66]; BMF [67]

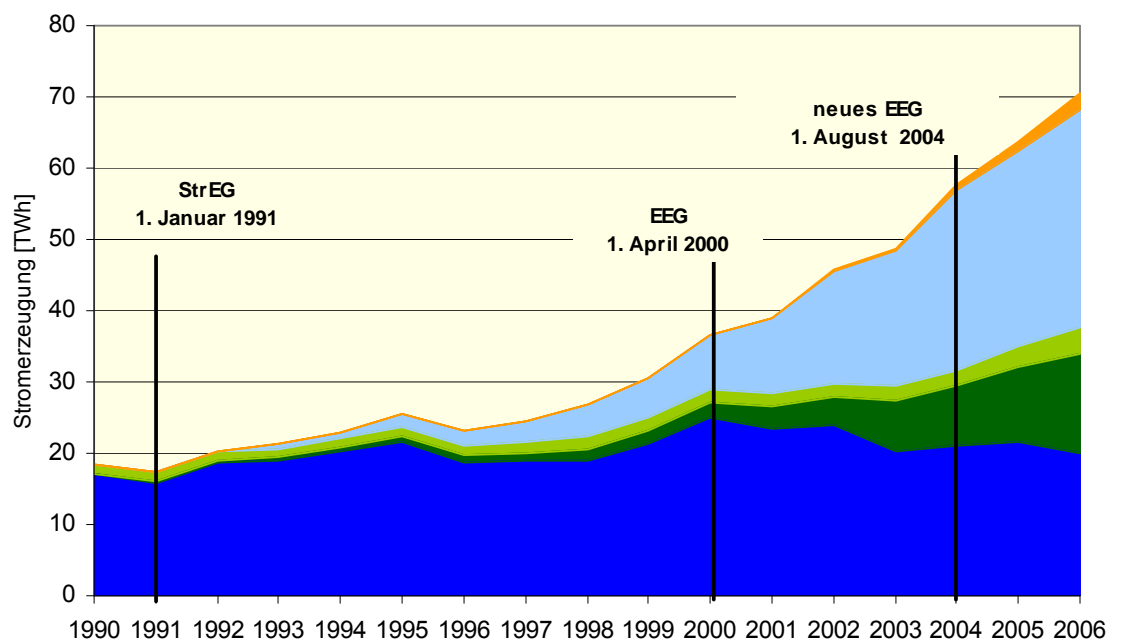
	Wasserkraft ¹⁾	Windenergie	Biomasse ²⁾	biogener Anteil des Abfalls ³⁾	Photovoltaik	Geothermie	Summe Stromerzeugung
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]
1990	17.000	40	222	1.200	1	0	18.463
1991	15.900	140	250	1.200	2	0	17.492
1992	18.600	230	295	1.250	3	0	20.378
1993	19.000	670	370	1.200	6	0	21.246
1994	20.200	940	570	1.300	8	0	23.018
1995	21.600	1.800	670	1.350	11	0	25.431
1996	18.800	2.200	853	1.350	16	0	23.219
1997	19.000	3.000	1.079	1.400	26	0	24.505
1998	19.000	4.489	1.642	1.750	32	0	26.913
1999	21.300	5.528	1.791	1.850	42	0	30.511
2000	24.936	7.550	2.279	1.850	64	0	36.679
2001	23.383	10.509	3.206	1.859	116	0	39.073
2002	23.824	15.786	4.017	1.945	188	0	45.760
2003	20.350	18.859	6.970	2.162	313	0	48.654
2004	21.000	25.509	8.347	2.116	557	0,2	57.529
2005	21.524	27.229	10.495	3.039	1.282	0,2	63.569
2006	19.876	30.710	13.988	3.639	2.220	0,4	70.433

Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, 1990 bis 2006

- Photovoltaik
- Windenergie
- biogener Anteil des Abfalls
- Biomasse
- Wasserkraft

StrEG
Stromeinspeisungsgesetz

Quellen: siehe Tabelle oben

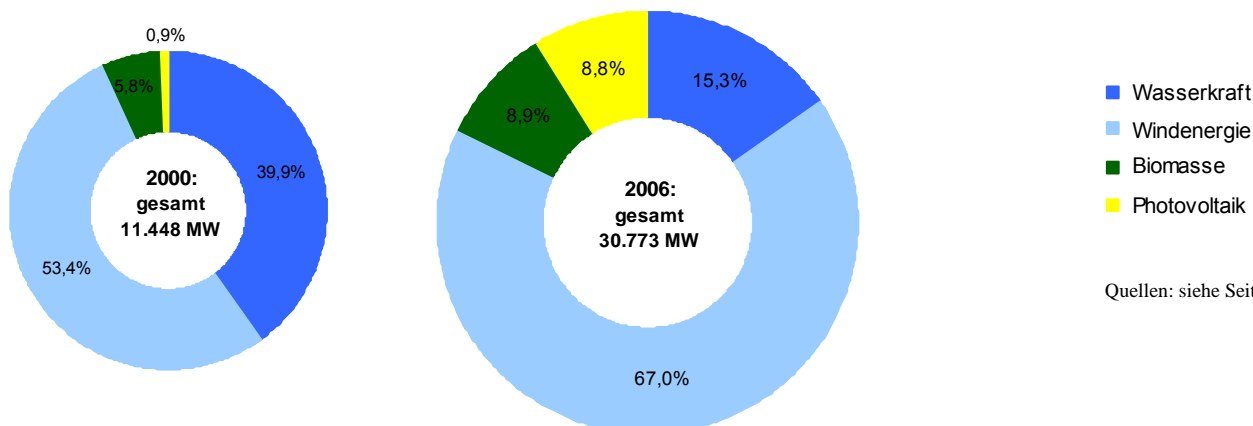


Installierte Leistung zur Stromerzeugung

	Wasser- kraft	Wind- energie	Biomasse	Photovoltaik	Geothermie	Gesamte Leistung
	[MW]	[MW]	[MW]	[MW _p]	[MW]	[MW]
1990	4.403	56	190	2	0	4.651
1991	4.403	98	k.A.	3	0	4.504
1992	4.374	167	227	6	0	4.774
1993	4.520	310	k.A.	9	0	4.839
1994	4.529	605	276	12	0	5.422
1995	4.521	1.094	k.A.	16	0	5.631
1996	4.563	1.547	358	24	0	6.492
1997	4.578	2.082	400	36	0	7.096
1998	4.601	2.875	409	45	0	7.930
1999	4.547	4.444	604	58	0	9.653
2000	4.572	6.112	664	100	0	11.448
2001	4.600	8.754	790	178	0	14.322
2002	4.620	11.965	952	258	0	17.795
2003	4.640	14.609	1.137	408	0	20.794
2004	4.660	16.629	1.550	1.018	0,2	23.857
2005	4.680	18.428	2.192	1.881	0,2	27.181
2006	4.700	20.622	2.740	2.711	0,2	30.773

Die Angaben zur installierten Leistung beziehen sich jeweils auf den Stand zum Jahresende, kumuliert.
k.A. = keine Angabe

Anteile an der installierten Gesamtleistung der erneuerbaren Energien - 2000 und 2006



Quellen: siehe Seite 14

Seit dem Inkrafttreten des EEG im Jahr 2000 hat sich die installierte Gesamtleistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien beinahe verdreifacht.

Wärmebereitstellung (Endenergie)

1) abweichend zu den Vorjahren ab 2003 Angaben nach §§ 3, 5 (Heizkraft- und Heizwerke) und § 8 (Industrie) des Energie-statistikgesetzes von 2003 sowie Direktnutzung von Klärgas
 2) Anteil des biogenen Abfalls in Abfallverbrennungs-anlagen zu 50 % angesetzt

Quellen: siehe Seite 14

	Biomasse ¹⁾	biogener Anteil des Abfalls ²⁾	Solarthermie	Geothermie	Summe Wärme-erzeugung
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]
1990	k.A.	k.A.	130	k.A.	k.A.
1991	k.A.	k.A.	166	k.A.	k.A.
1992	k.A.	k.A.	218	k.A.	k.A.
1993	k.A.	k.A.	279	k.A.	k.A.
1994	k.A.	k.A.	351	k.A.	k.A.
1995	k.A.	k.A.	440	1.425	k.A.
1996	k.A.	k.A.	550	1.383	k.A.
1997	45.646	2.900	695	1.335	50.576
1998	48.625	2.988	857	1.384	53.854
1999	47.811	3.140	1.037	1.429	53.417
2000	51.036	3.278	1.279	1.433	57.026
2001	52.043	3.283	1.612	1.447	58.385
2002	51.302	3.324	1.919	1.483	58.028
2003	62.555	3.806	2.183	1.532	70.076
2004	66.251	3.694	2.487	1.558	73.990
2005	72.190	4.692	2.828	1.601	81.311
2006	79.424	4.911	3.274	1.934	89.543

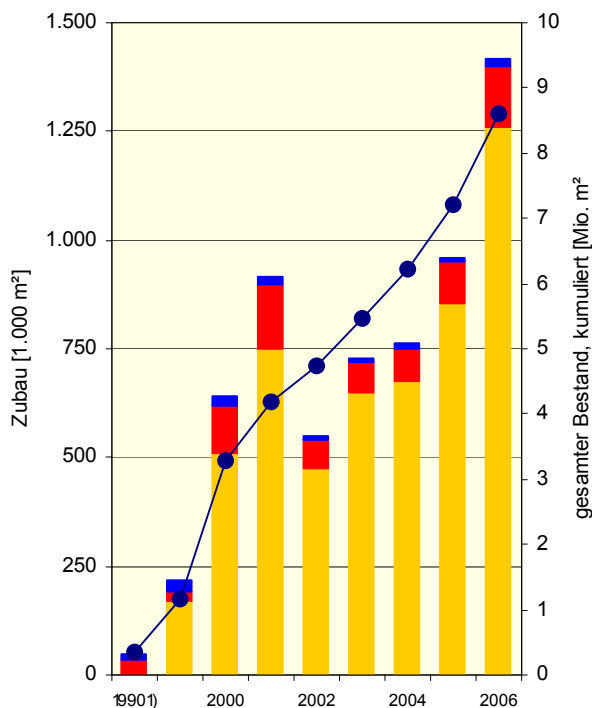
Entwicklung des Zubaus von Solarkollektoren

● Gesamter Bestand, kumuliert
 ■ Zubau Schwimmbadabsorber
 ■ Zubau Vakuumröhrenkollektoren
 ■ Zubau Flachkollektoren

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

1) verglaste Kollektoren gesamt

Quellen: siehe Seite 14



	Solarthermie	
	kum. Fläche [1.000 m ²]	kum. Leistung [MW]
1990	340	238
1991	468	328
1992	590	413
1993	749	524
1994	946	662
1995	1.159	811
1996	1.457	1.020
1997	1.821	1.275
1998	2.194	1.536
1999	2.641	1.849
2000	3.284	2.299
2001	4.199	2.939
2002	4.749	3.324
2003	5.478	3.835
2004	6.235	4.365
2005	7.197	5.038
2006	8.615	6.030

Kraftstoffbereitstellung (Endenergie)

	Biodiesel ¹⁾	Pflanzenöl ¹⁾	Bioethanol ¹⁾	Summe Kraftstoffe
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]
1990	k.A.	0	0	k.A.
1991	2	0	0	2
1992	52	0	0	52
1993	103	0	0	103
1994	258	0	0	258
1995	310	0	0	310
1996	517	0	0	517
1997	827	0	0	827
1998	1.033	0	0	1.033
1999	1.343	0	0	1.343
2000	2.583	0	0	2.583
2001	3.617	0	0	3.617
2002	5.683	0	0	5.683
2003	8.267	52	0	8.319
2004	10.850	52	484	11.386
2005	18.600	2.047	1.936	22.583
2006	29.444	7.417	3.556	40.417

1) entspricht für 2006:
 Biodiesel: 2.841.000 Tonnen,
 ca. 3.250 Mio. Liter;
 Pflanzenöl: 711.000 Tonnen,
 ca. 770 Mio. Liter;
 Bioethanol: 478.000 Tonnen,
 ca. 600 Mio. Liter

Quellen: siehe Seite 11

Gesamte Energiebereitstellung und Anteile der erneuerbaren Energien

	Summe Endenergiebereitstellung	Anteil am Bruttostromverbrauch	Anteil am Endenergieverbrauch	Anteil am Primärenergieverbrauch
	[GWh]	[%]	[%]	[%]
1990	k.A.	3,4	k.A.	k.A.
1991	k.A.	3,2	k.A.	k.A.
1992	k.A.	3,8	k.A.	k.A.
1993	k.A.	4,0	k.A.	k.A.
1994	k.A.	4,3	k.A.	k.A.
1995	k.A.	4,7	k.A.	k.A.
1996	k.A.	4,2	k.A.	k.A.
1997	75.908	4,5	2,9	2,0
1998	81.800	4,8	3,1	2,1
1999	85.271	5,5	3,3	2,2
2000	96.288	6,3	3,8	2,6
2001	101.075	6,7	3,8	2,7
2002	109.471	7,8	4,3	3,0
2003	127.049	7,9	4,9	3,5
2004	142.905	9,3	5,5	3,9
2005	167.463	10,4	6,6	4,7
2006	200.393	11,5	7,8	5,6

Quellen: siehe Seite 14

Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2006

Einsparungsfaktor ist der Quotient aus vermiedenen Emissionen der Energiebereitstellung aus EE (in kg) und Strom- bzw. Wärme- oder Kraftstoff-erzeugung aus EE (in GWh); das entspricht der durchschnittlichen Einsparung von THG/Luftschadstoffen pro erzeugter GWh aus EE.

- 1) bezogen auf Endenergie für Raumwärme, Warmwasserversorgung und sonst. Prozesswärme; Wärmebereitstellungsmix ohne erneuerbare Energien im Jahr 2004
- 2) Für KWK-Wärme wird vereinfachend angenommen, dass die bei der Verbrennung von Biomasse entstehenden Emissionen bereits der Stromerzeugung angelastet wurden
- 3) weitere Treibhausgase (SF₆, FKW, H-FKW) nicht berücksichtigt
- 4) weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH₃, HCl, HF) nicht berücksichtigt
- 5) Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon

Zur Berechnung der Einsparungsfaktoren und der vermiedenen Emissionen siehe Anhang Abs. 1 und 2.

Quellen: ZSW [3]; Öko-Institut/IZES [22]; ISI [41]; UBA [14], [24]; Stat. Bundesamt [44]; VDEW [47]

		EE Stromerzeugung gesamt: 70.433 GWh		EE Wärmebereitstellung: gesamt 89.543 GWh	
		Einsparungs- faktor	eingesparte Emissionen	Einsparungs- faktor ¹⁾²⁾	eingesparte Emissionen
		[kg/GWh]	[1.000 t]	[kg/GWh]	[1.000 t]
Treibhaus- effekt ³⁾	CO ₂	921.210	64.883	231.652	20.743
	CH ₄	-3,3	-0,2	-266,5	-23,9
	N ₂ O	21,2	1,5	-2,7	-0,2
	CO₂-Äquivalent	927.826	65.349	225.230	20.168
Versäue- rung ⁴⁾	SO ₂	531,5	37,4	93,0	8,3
	NO _x	167,2	11,8	-17,1	-1,5
	SO₂-Äquivalent	647,9	45,6	81,0	7,3
Ozon ⁵⁾	CO	87,8	6,2	-8.237,9	-737,6
	NMVOG	-33,9	-2,4	-664,8	-59,5
	Staub	2,3	0,2	-275,1	-24,6

Biomasse gibt bei der Verbrennung nur die Menge CO₂ in die Atmosphäre ab, die während des Pflanzenwachstums aufgenommen wurde, und ist daher CO₂-neutral.

Die bei der Verbrennung von Biomasse in älteren Feuerungsanlagen oder Kachel- und Kaminöfen entstehenden Mengen an Luftschadstoffen sind zum Teil wesentlich höher als im fossilen Wärmebereitstellungsmix. Dies gilt insbesondere für Kohlenmonoxid und Staub. Mit modernen Holzheizungen und Holzheizwerken, die zunehmend Bedeutung gewinnen, werden die Emissionen jedoch erheblich reduziert.

Basis der Berechnung [kg/GWh]			
	Biodiesel	Pflanzenöl	Bioethanol
CO ₂	352.362	273.062	147.749
CH ₄	44	-43	-250
N ₂ O	-387	-393	-236
CO ₂ -Äqui.	233.280	150.227	69.455

- 1) vorläufige Angaben [BMF 67]:
2.841.000 t Biodiesel,
711.000 t Pflanzenöl,
478.000 t Bioethanol
- 2) weitere Treibhausgase (SF₆, FKW, H-FKW) hier nicht berücksichtigt
- 3) weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH₃, HCl, HF) nicht berücksichtigt
- 4) Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon

Quellen: Berechnung ZSW [3]; Öko-Institut/IZES [22]

		Biogene Kraftstoffe ¹⁾ : gesamt 40.417 GWh	
		Einsparungs- faktor	eingesparte Emissionen
		[kg/GWh]	[1.000 t]
Treibhaus- effekt ²⁾	CO ₂	319.808	12.926
	CH ₄	2,3	0,1
	N ₂ O	-374,9	-15,2
	CO₂-Äquivalent	203.625	8.230
Versäue- rung ³⁾	SO ₂	278,9	11,3
	NO _x	645,2	26,1
	SO₂-Äquivalent	728,0	29,4
Ozon ⁴⁾	CO	562,4	22,7
	NMVOG	141,1	5,7
	Staub	50,4	2,0

Die THG-Bilanz ist von vielen Parametern abhängig, u. a. von der verwendeten Biomasse, den Prozessbedingungen, dem Referenzsystem und möglichen Kuppelprodukten. Daher sind die hier genannten Zahlen lediglich Schätzwerte. Eine durchschnittliche Treibhausgas-Bilanz der in Deutschland verwendeten Biokraftstoffe wird derzeit statistisch nicht erfasst.

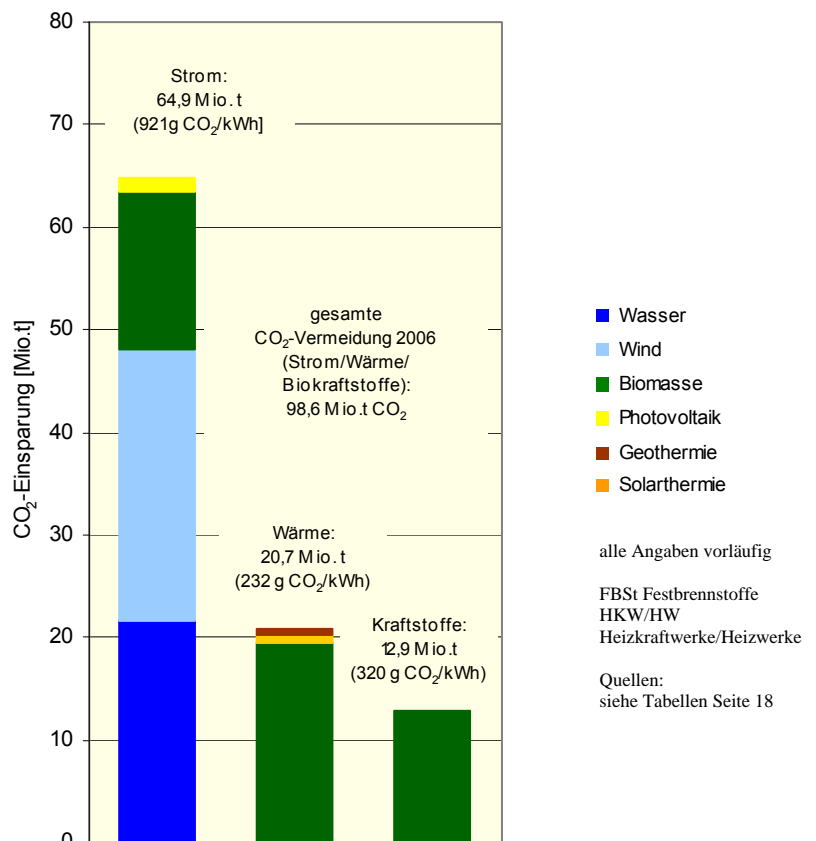
Einsparungsfaktoren inkl. Vorketten und Biodiesel einschließlich Gutschriften für Nebenprodukte (Rapskuchen, Glycerin) in den Vorketten. Das Pflanzenöl wird hier emissionsmäßig mit Rapsöl gleich gesetzt.

Der heute überwiegend eingesetzte Biokraftstoff Biodiesel gilt nicht als CO₂-neutral, weil bei seiner Herstellung u.a. Methanol fossilen Ursprungs eingesetzt wird. Dieser Effekt kann aber zumindest teilweise durch eine entsprechende Nutzung der bei der Biodieselherstellung anfallenden Nebenprodukte Glycerin und Rapschrot kompensiert werden.

Für den bei den biogenen Kraftstoffen vorhandenen Unterschied der Emissionsfaktoren für CO₂ und CO₂-Äquivalent sind Lachgas(N₂O)-Emissionen verantwortlich, die vor allem durch Düngung beim Pflanzenanbau entstehen. In die Berechnung des in der Tabelle angegebenen CO₂-Äquivalent-Einsparungsfaktors geht ein, dass durch Biodiesel, das den größten Anteil der Biokraftstoffbereitstellung darstellt, 80 % des CO₂-Äquivalents von Diesel eingespart werden. Die Berechnung des SO₂-Äquivalents beruht auf den hier dargestellten SO₂- und NO_x-Schadstoffemissionen. Würden NH₃-Emissionen aus den biogenen Vorketten (insb. durch Düngung beim Anbau) mit einbezogen, so würde das SO₂-Äquivalent negativ; es würde also eine Belastung auftreten. Da diese Emissionsmenge jedoch nur wenige Prozent der NH₃-Emissionen anderer Emittenten beträgt und die Angaben zudem von relativ hohen Datenunsicherheiten geprägt sind, wurden hier – wie bei den Emissionsbilanzen für Strom und Wärme – diese Anteile ausgeklammert.

Gesamte CO₂-Vermeidung durch die Nutzung erneuerbarer Energien 2006

	Einsparungs-	eingesparte	Anteil
	faktor	Emissionen	
	[g/kWh]	[1.000 t]	[%]
Strom			
Wasserkraft	1.088	21.631	33,3
Windenergie	862	26.470	40,8
Photovoltaik	683	1.517	2,3
biogene FBSt	886	5.776	8,9
biog. fl. Brennstoffe	748	983	1,5
Biogas	748	3.120	4,8
Klärgas	1.088	1.019	1,6
Deponiegas	1.088	1.143	1,8
biog. Anteil des Abfalls	886	3.225	5,0
Geothermie	1.088	0	0
Summe		64.883	100
Wärme			
biog. FBSt (Haushalte)	232	14.270	68,8
biog. FBSt (Industrie)	232	2.606	12,6
biogene FBSt (HKW/HW)	232	504	2,4
biog. fl. Brennstoffe	232	324	1,6
biog. gasf. Brennstoffe	232	695	3,4
biog. Anteil des Abfalls	232	1.138	5,5
Solarthermie	232	758	3,7
tiefe Geothermie	232	36	0,2
oberflächennahe Geoth.	232	412	2,0
Summe		20.743	100
Biokraftstoffe			
Biodiesel	352	10.375	80,3
Pflanzenöl	273	2.025	15,7
Bioethanol	148	525	4,1
Summe		12.926	100
gesamt (Strom/Wärme/Biokraftstoffe)		98.552	



Der Beitrag erneuerbarer Energien zum Klimaschutz ist deutlich größer als zur Energieversorgung. Durch die Nutzung erneuerbarer Energien wurden im Jahr 2006 rund 100 Mio. Tonnen CO₂ vermieden, d.h. ohne ihre Nutzung wären die gesamten CO₂-Emissionen (ca. 795 Mio. Tonnen) rund 13 % höher. Der Beitrag der erneuerbaren Energien zum Primärenergieverbrauch beträgt dagegen nur 5,6 %.

Entwicklung der energiebedingten Emissionen von 1990 bis 2006

Stand Frühjahr 2007; Angaben einschließlich der diffusen Emissionen bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung von Brennstoffen

- 1) berücksichtigt sind CO₂, CH₄ und N₂O
- 2) berechnet als NO₂
- 3) berücksichtigt sind SO₂, NO_x und NH₃

Zur Bedeutung und Berechnung des CO₂- und SO₂-Äquivalents siehe Anhang Abs. 3.

Das Umweltbundesamt hat rückwirkend methodische Änderungen bei der Erhebung der CO₂-Emissionen vorgenommen. So wurden aufgrund neuer Forschungserkenntnisse Emissionsfaktoren aktualisiert und die Trennung in prozess- und energiebedingte Emissionen in Übereinstimmung mit den Daten des Emissionshandels gebracht. Daher unterscheiden sich hier die Angaben von Ergebnissen früherer Jahre.

Quellen: UBA [4], [40]; ZSW [3]

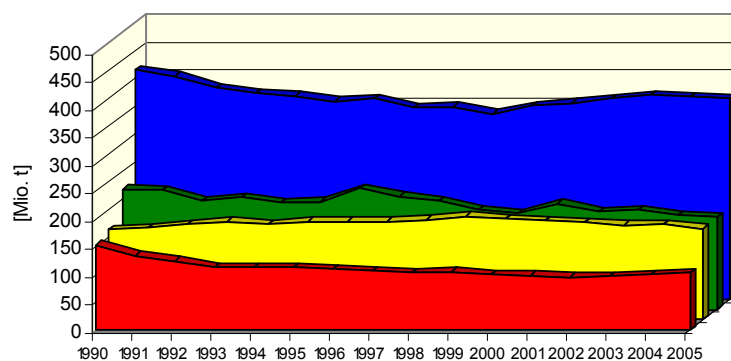
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -Äquivalent ¹⁾	SO ₂	NO _x ²⁾	NH ₃	SO ₂ -Äquivalent ³⁾	CO	NMVOG	Staub
	[Mio. t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[Mio. t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]
1990	948	1.514	25	991	5.258	2.728	15	7.215	11.443	2.183	2.177
1991	915	1.425	25	955	3.844	2.516	17	5.658	9.271	1.691	1.187
1992	871	1.288	24	907	3.130	2.367	17	4.843	7.994	1.468	723
1993	863	1.326	24	900	2.789	2.264	18	4.434	7.227	1.212	413
1994	843	1.191	23	878	2.322	2.129	19	3.874	6.252	940	171
1995	841	1.147	23	874	1.654	2.056	19	3.157	5.911	842	118
1996	867	1.121	23	899	1.384	1.945	20	2.812	5.571	754	110
1997	831	1.105	23	863	1.144	1.872	20	2.523	5.413	695	108
1998	824	991	22	854	896	1.786	20	2.216	5.047	630	97
1999	801	1.062	21	832	711	1.762	20	2.012	4.712	559	93
2000	800	1.003	22	830	522	1.615	19	1.718	4.401	468	85
2001	823	927	22	850	530	1.584	19	1.705	4.196	449	86
2002	808	887	22	835	500	1.501	19	1.615	3.928	406	82
2003	822	799	22	847	506	1.443	19	1.581	3.829	374	81
2004	816	709	22	839	478	1.394	18	1.517	3.709	352	80
2005	795	663	22	817	448	1.263	18	1.394	3.464	319	74
2006	796	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen von 1990 bis 2005

- Industrie
- Verkehr
- Haushalte und Kleinverbraucher¹⁾
- Energiewirtschaft²⁾

- 1) inkl. Militär
- 2) öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung, Fernheizwerke sowie Industriekraftwerke und Industriekraftwerke der Mineralölverarbeitung, der Gewinnung und Herstellung von festen Brennstoffen und sonstiger Energieindustrien

Quelle: UBA [4]



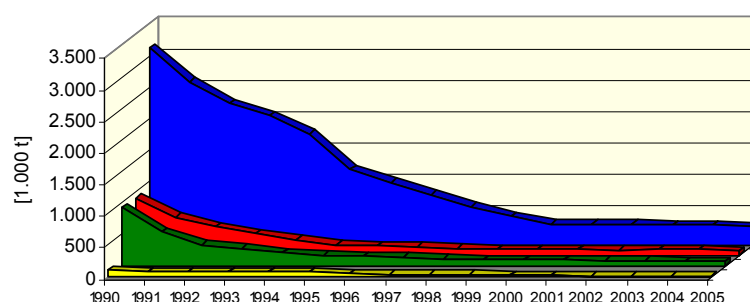
Die energiebedingten CO₂-Emissionen wurden zwischen 1990 und 2006 um rund 16 % gesenkt; die gesamten Treibhausgasemissionen wurden bis zum Jahr 2005 um rund 18 % gesenkt.

Entwicklung der energiebedingten SO₂-Emissionen von 1990 bis 2005

- Industrie
- Verkehr
- Haushalte und Kleinverbraucher¹⁾
- Energiewirtschaft

1) inkl. Militär

Quelle: UBA [4]



Die energiebedingten Emissionen von Schwefeldioxid konnten zwischen 1990 und 2005 um über 90 % gesenkt werden.

Energiebedingte Emissionen nach Quellgruppen im Jahr 2005

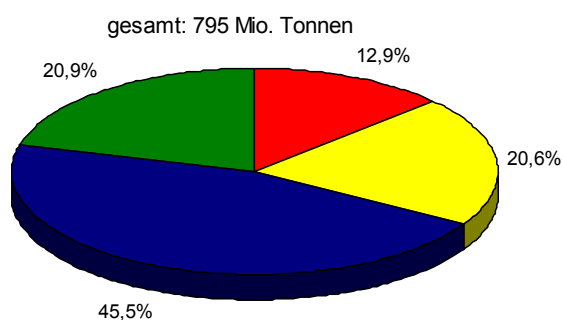
		Energie- wirtschaft ¹⁾	Haushalte und Klein- verbraucher ²⁾	Verkehr ³⁾	Industrie ⁴⁾	gesamt ⁵⁾	Einsparung durch EE ⁶⁾ (Jahr 2006)
CO ₂	[Mio. t]	362,0	166,3	164,2	102,8	795,2	98,6
CH ₄	[1.000 t]	6,1	35,3	8,9	6,0	56,3	-24,0
N ₂ O	[1.000 t]	12,5	1,9	4,2	2,9	21,5	-13,9
CO ₂ -Äquivalent ⁷⁾	[Mio. t]	365,8	167,6	165,7	103,8	802,9	93,7
SO ₂	[1.000 t]	289,9	78,3	1,5	62,8	432,5	57,0
NO _x ⁸⁾	[1.000 t]	285,5	162,0	747,8	68,1	1.263,4	36,3
SO ₂ -Äquivalent ⁹⁾	[1.000 t]	499,9	202,3	561,8	115,1	1.379,2	82,3
CO	[1.000 t]	133,0	1.125,9	1.574,9	622,0	3.455,8	-708,7
NMVOC	[1.000 t]	8,4	101,5	159,4	3,1	272,4	-56,2
Staub	[1.000 t]	12,5	31,4	25,6	2,1	71,6	-22,4

Emissionen Stand Frühjahr 2007

- 1) Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung, Fernheizwerke sowie Industrieheizungen 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) Angaben ohne diffuse Emissionen bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung von Brennstoffen
- 6) Strom- und Wärmeerzeugung sowie Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien
- 7) berücksichtigt sind CO₂, CH₄ und N₂O
- 8) berechnet als NO₂
- 9) zu NH₃-Emissionen bei erneuerbaren Energien siehe Seite 19

Quellen: UBA [4]; ZSW [3]

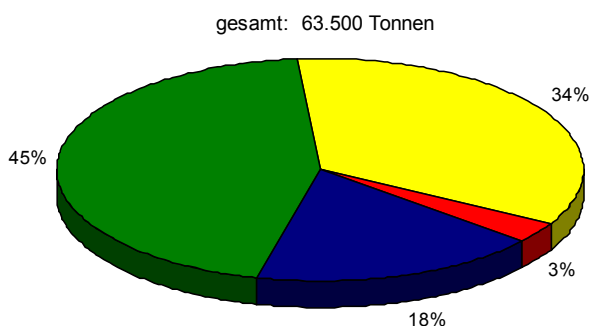
Anteile der Quellgruppen an den energiebedingten CO₂-Emissionen im Jahr 2005



- Industrie
- Verkehr
- Energiewirtschaft
- Haushalte und Kleinverbraucher

Quelle: UBA [4]

Anteile der Quellgruppen an den energiebedingten Feinstaub-Emissionen im Jahr 2005



1) ohne Abrieb von Reifen und Bremsen.

Angegeben sind nur die Feinstaub-Emissionen für Partikelgrößen bis zu 10 Mikrometer (PM₁₀) nach der Europäischen Feinstaub-Richtlinie (1999/30/EG), die in Deutschland seit dem 1. Januar 2005 in Kraft ist.

Quelle: UBA [4]

- Industrie
- Verkehr¹⁾
- Energiewirtschaft
- Haushalte und Kleinverbraucher

Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2006

Zur Berechnung der Einsparung fossiler Energieträger siehe auch Anhang Abs. 6. Stromheizungen sind hier nicht berücksichtigt.

- 1) Substitution nach ISI-Gutachten zur CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien
2) Kraftstoffeinsatz als Endenergie gewertet

Quellen: ZSW [3]; Öko-Institut/IZES [22]; nach ISI [41]

	Braun- kohle	Stein- kohle	Erdgas	Öl schwer / Heizöl leicht	Diesel- Kraftstoff	Otto- Kraftstoff	gesamt
Primärenergie [TWh]							
Strom ¹⁾	85,9	86,2	15,0	-	-	-	187,1
Wärme	3,3	0,8	54,9	40,3	-	-	99,4
Kraftstoff ²⁾	-	-	-	-	44,4	2,6	47,0
gesamt	89,2	87,0	69,9	40,3	44,4	2,6	333,5
Primärenergie [PJ]							
gesamt	321,3	313,3	251,7	145,0	160,0	9,2	1.200,4
das entspricht	36,0 Mio. t	10,8 Mio. t	7.450 Mio. m ³	4.050 Mio. Liter	4.700 Mio. Liter	290 Mio. Liter	

Die Tabelle oben zeigt detailliert die Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2006. Da in Deutschland fossile, d.h. nicht-erneuerbare Energieträger zu einem hohen Anteil importiert werden müssen, führen diese Einsparungen auch zu einer direkten Senkung der deutschen Energieimporte.

Entwicklung der Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien von 2004 bis 2006

	Strom	Wärme	Kraftstoff	gesamt
[TWh]				
2004	150,8	67,6	14,0	232,4
2005	169,4	88,4	26,9	284,7
2006	187,1	99,4	47,0	333,5

- 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].

Die wachsenden eingesparten Primärenergien führen in Verbindung mit steigenden Importpreisen bei den Primärenergieträgern zu einem überproportionalen Anstieg der finanziellen Einsparungen. Dieser Betrag ist zwischen 2004 und 2006 um das 2,6-fache gestiegen, während die substituierte Primärenergienmenge nur um das 1,4-fache angewachsen ist (Berechnung nach so genannter Wirkungsgradmethode s. Anhang Abs. 4).

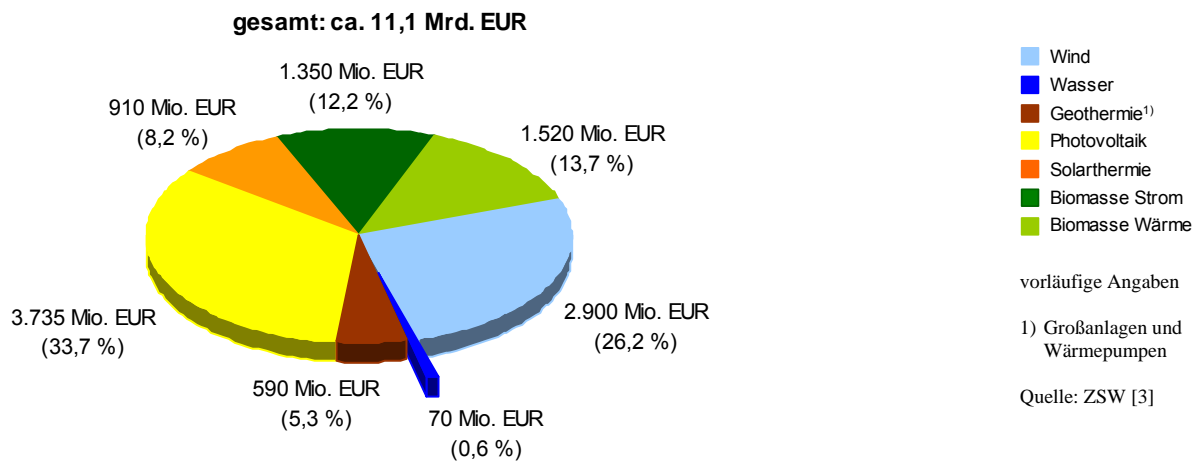
Entwicklung der eingesparten Kosten bei Energieimporten von 2004 bis 2006 ¹⁾

	Strom	Wärme	Kraftstoff	gesamt
[Mrd. EUR]				
2004	0,5	1,2	0,4	2,0
2005	0,7	2,1	1,1	3,9
2006	0,9	2,8	2,1	5,9

Biomasseimporte z.B. zur Herstellung von Bio-Kraftstoffen können wegen ungenügender Datenlage nicht gegen gerechnet werden.

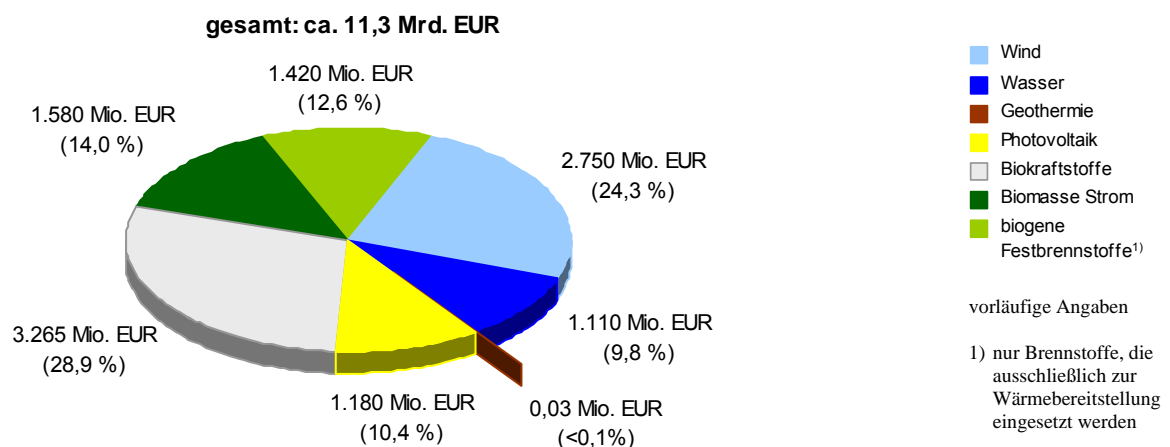
Quellen: BAFA [83],
BMWi [84], IfnE [85]

Umsatz aus der Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2006



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.

Umsatz in Verbindung mit dem Anlagenbetrieb zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2006



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.

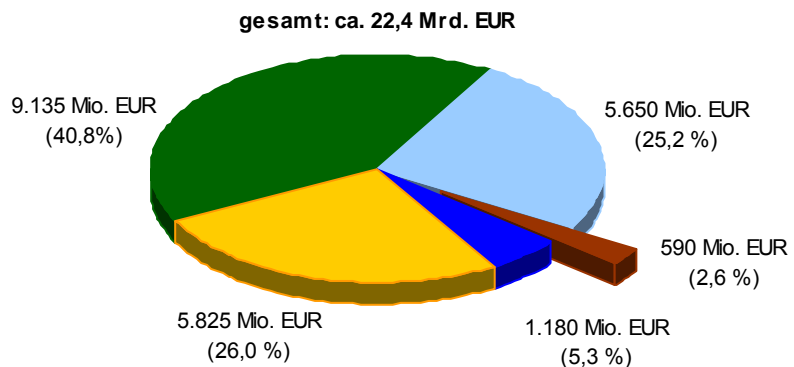
Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien in Deutschland 2006

- Wind
- Geothermie ¹⁾
- Wasserkraft
- Solarenergie ²⁾
- Biomasse

Investitionen und Betrieb;
vorläufige Angaben

- 1) Großanlagen und Wärmepumpen
- 2) Photovoltaik und Solarthermie

Quelle: ZSW [3]



Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland

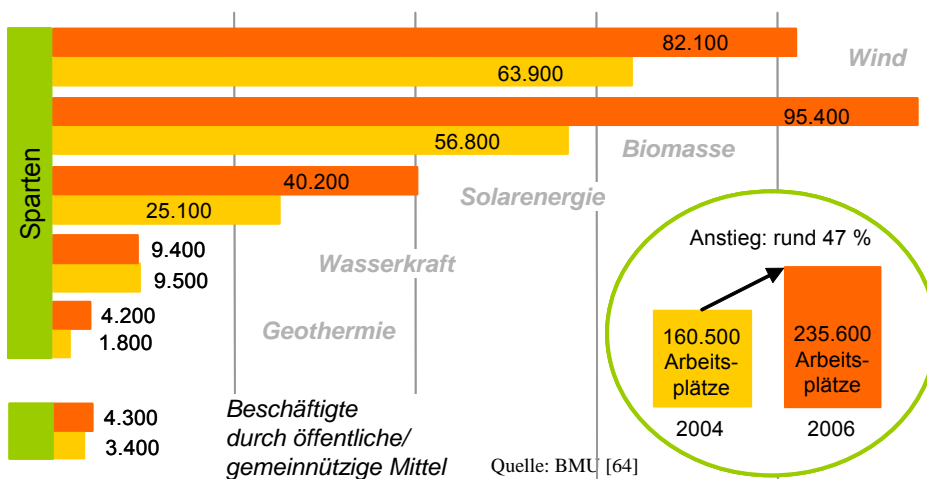
Die erneuerbaren Energien sind ein Jobmotor für Deutschland. Ihr anhaltender Ausbau hat im letzten Jahr noch mehr Arbeitsplätze geschaffen als bisher angenommen.

Nach einem im September 2007 abgeschlossenen Forschungsvorhaben des BMU [64] können der Branche der erneuerbaren Energien im Jahr 2006 bereits rund 236.000 Arbeitsplätze in Deutschland zugerechnet werden. Gegenüber 2004 (rund 160.000 Beschäftigte) ist das ein Plus von fast 50 % und rund 20.000 mehr als in bisherigen Abschätzungen vermutet.

Im Rahmen des Vorhabens wurde zunächst eine Abschätzung der Bruttobeschäftigung vorgenommen. Hierzu wurden Daten zu Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen, deren Betrieb, die damit verbundenen Umsätze sowie entsprechende Vorleistungen wie die notwendige Biomassebereitstellung herangezogen. Für das Jahr 2006 konnten so rund 231.000 Arbeitsplätze (2004: 157.000) ermittelt werden, von denen fast 60 % (134.000 Arbeitsplätze) auf die Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes zurückzuführen sind.

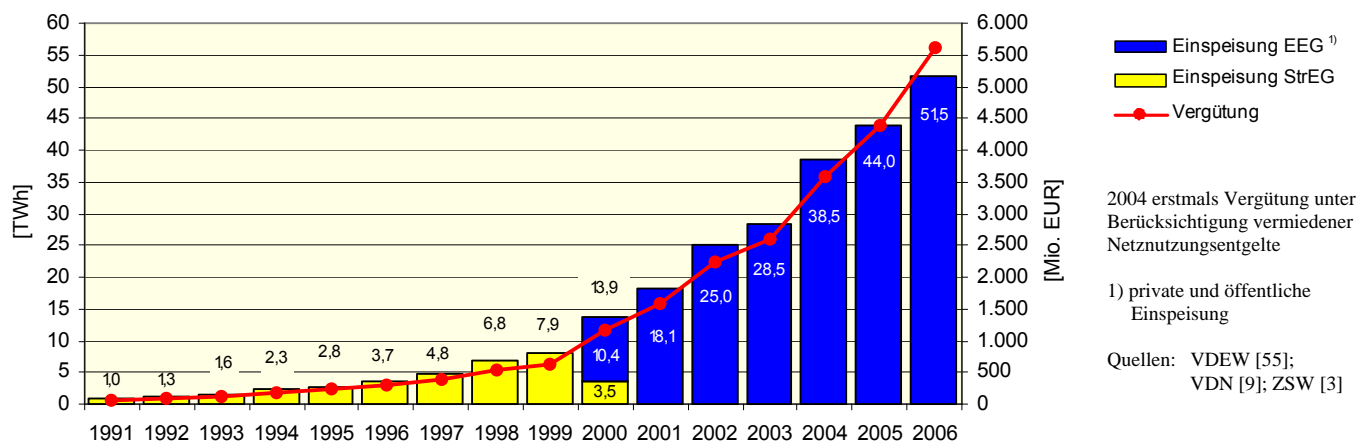
Des Weiteren wurden im Projektverlauf auch erstmals fundierte Zahlen zur Beschäftigung durch öffentliche und gemeinnützige Mittel zugunsten der Erneuerbaren erhoben einschließlich der hier zuzurechnenden Beschäftigten im öffentlichen Dienst. Insgesamt wurden für 2006 4.300 weitere Arbeitsplätze ermittelt (2004: 3.400 Arbeitsplätze).

Ein weiterer Teil des Arbeitsmarkts, der für die Beschäftigung im Bereich der erneuerbaren Energien relevant ist, ist der Bereich des Baus von Produktionsanlagen in der Branche der erneuerbaren Energien. Im Rahmen der Studie konnten hier für das Jahr 2006 zusätzlich weitere 23.500 Arbeitsplätze ermittelt werden, von denen mehr als die Hälfte dem Aufbau der Produktionskapazitäten in der Photovoltaiksparte zuzurechnen sind.



Für die Folgejahre ist gemäß der Studie eine Fortsetzung des positiven Trends wahrscheinlich. Bis zum Jahr 2020 könnten etwa 400.000 Beschäftigte in der Branche der erneuerbaren Energien möglich sein, wobei bei dieser Einschätzung durch öffentliche Mittel induzierte Arbeitsplätze sogar noch unberücksichtigt bleiben. Wesentliche Einflussfaktoren für diese Entwicklung sind die Attraktivität des Produktionsstandortes Deutschland in Verbindung mit einer guten Positionierung deutscher Unternehmen auf dem voraussichtlich stark wachsenden Weltmarkt für erneuerbare Energien.

Einspeisung und Vergütung nach dem Stromeinspeisungsgesetz (StrEG) und dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)



Das Stromeinspeisungsgesetz wurde am 1. April 2000 durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz mit verbesserten Bedingungen abgelöst. Über 47 % der gesamten Vergütung entfallen derzeit auf Strom aus Windenergie und rund 20,5 % auf Photovoltaik-Strom. Seit 2004 wird nach Inbetriebnahme der ersten Strom erzeugenden Geothermieanlage Deutschlands auch eine Vergütung für Geothermie-Strom gezahlt. Strom aus Wasserkraft stammt zu etwa 80 % aus älteren Anlagen mit mehr als 5 MW Leistung; dieser Strom erhält keine EEG-Vergütung.

Der Beitrag der privaten Erzeuger an der Strombereitstellung durch erneuerbare Energien ist sehr hoch. Im Jahr 2006 wurden rund 45 TWh Strom zur Verfügung gestellt [VDEW 21].

Struktur der nach dem EEG vergüteten Strommengen

		2000 ¹⁾	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Letztverbrauch gesamt	[GWh]	344.663	464.286	465.346	478.101	487.627	491.177	495.203
Privilegierter Letztverbrauch ²⁾	[GWh]	-	-	-	5.847	36.865	63.474	70.161
EEG-Strommenge GESAMT³⁾	[GWh]	10.391,0	18.145,4	24.969,9	28.417,1	38.511,2	43.966,6	51.545,2
Wasserkraft, Gase ⁴⁾	[GWh]		6.088,3	6.579,3	5.907,7	4.616,1	4.952,6	4.923,9
Gase ⁴⁾	[GWh]					2.588,6	3.135,6	2.789,2
Biomasse	[GWh]		1.471,7	2.442,0	3.483,6	5.241,0	7.366,5	10.901,6
Geothermie	[GWh]		-	-	-	0,2	0,2	0,4
Windkraft	[GWh]		10.509,2	15.786,2	18.712,5	25.508,8	27.229,4	30.709,9
Solare Strahlungsenergie	[GWh]		76,2	162,4	313,3	556,5	1.282,3	2.220,3
EEG-Quote⁵⁾	[%]	3,01	3,91	5,37	6,02	8,48	10,0	12,01
Durchschnittsvergütung	[ct/kWh]	8,50	8,69	8,91	9,161	9,29	9,995	10,875
Gesamtvergütung⁶⁾	[Mrd. EUR]	0,88	1,58	2,23	2,61	3,58	4,40	5,61

- 1) Rumpffahr: 01.04.- 31.12.2000
- 2) durch die Besondere Ausgleichsregelung (§ 11 bzw. 16 EEG) privilegierter Letztverbraucher (seit Juli 2003)
- 3) Nachkorrekturen des VDN (2002 bis 2005) sind, da die zusätzlichen Einspeisungen für Vorjahre nach Wirtschaftsprüfer-Bescheinigungen nicht Energieträgern zugeordnet werden können, hier nicht enthalten
- 4) Deponie-, Klär- und Grubengas erstmals 2004 gesondert aufgeführt
- 5) Quote an nicht privilegiertem Letztverbrauch
- 6) Gesamtvergütung bis 2006 einschließlich der vermiedenen Netznutzungsentgelte, Nachkorrekturen des VDN für Vorjahre sind hier enthalten. Die Vergütung unterscheidet sich deutlich von den Differenzkosten (s. folgende Seiten).

Quellen: nach VDN [9]; ZSW [3]

Kosten für die Stromverbraucher

Betriebswirtschaftlich betrachtet ¹⁾ ist der nach EEG vergütete Strom aus erneuerbaren Energien heute noch teurer als Strom aus nicht erneuerbaren Energiequellen. Die hieraus resultierenden Gesamtkosten werden bislang in aller Regel nach folgendem Grundmuster ermittelt:

$$\text{EEG-Umlage} = \text{EEG-Quote} \times (\text{EEG-Durchschnittsvergütung} - \text{vermiedener Strombezugspreis})$$

Die an die Anlagenbetreiber gezahlten EEG-Vergütungen werden vom Verband der Netzbetreiber (VDN e.V.) jeweils bis zum 30. September des Folgejahres in einer geprüften Jahresabrechnung veröffentlicht. Bis dahin sind zunächst nur Prognosen möglich. Die durch die EEG-Einspeisung vermiedenen Strombezugskosten müssen näherungsweise bestimmt werden, da es sich um Firmengeheimnisse handelt und es somit keine allgemeine Datenbasis gibt. Daher können unterschiedliche Annahmen getroffen werden, so dass sich die veröffentlichten Angaben zur Höhe der EEG-Kosten z. T. deutlich unterscheiden.

Gestützt auf ein Forschungsvorhaben des BMU [73] erscheint es plausibel, den (betriebswirtschaftlichen) Wert des durch die EEG-Einspeisung substituierten, nicht-erneuerbar erzeugten Stroms für 2006 mit 4,4 Cent je kWh anzusetzen. Bei einer EEG-Strommenge in 2006 von rd 51,6 TWh und einer Durchschnittsvergütung von rd. 10,9 Cent je kWh entstanden so insgesamt Mehrkosten von etwa 3,3 Mrd. Euro. Diese Kosten sind deutlich niedriger, als die 2006 an die Betreiber von EEG-Stromerzeugungsanlagen gezahlten EEG-Vergütungen in Höhe von 5,6 Mrd. Euro.

Unter Berücksichtigung einer im EEG enthaltenen Sonderregelung für besonders stromintensive Unternehmen ²⁾ ergibt sich hieraus bundesweit für alle nicht begünstigten Stromabnehmer – darunter fallen auch Privathaushalte - eine durchschnittliche EEG-Umlage von vorläufig 0,75 Cent je kWh. Dies sind weniger als 4 % der Kosten einer Kilowattstunde Haushaltsstrom im Jahr 2006 (durchschnittlich rd. 19,5 Cent/kWh). Abhängig von Marktsituation und –verhalten der Stromversorger kann die tatsächlich in Rechnung gestellte EEG-Umlage hiervon allerdings abweichen. Trotz der weiter steigenden Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien wird sich der EEG-Kostenanteil am Haushaltsstrompreis auch in den nächsten Jahren nicht nennenswert erhöhen. Einen Musterhaushalt mit 3.500 kWh Stromverbrauch im Jahr kostete das EEG 2006 demnach etwa 2,20 Euro pro Monat.

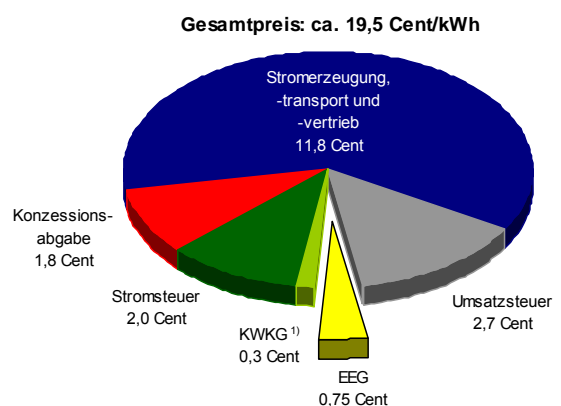
Verbunden mit dem deutlichen Anstieg des EEG-Stroms ist nach aktuellen Abschätzungen für das lfd. Jahr 2007 ein Anstieg der EEG Differenzkosten auf eine Größenordnung von etwa 4 Mrd. Euro zu erwarten und – hieraus resultierend – eine Erhöhung der EEG-Umlage auf bis zu 1 Cent/kWh. Genaue Angaben hierzu liegen allerdings erst im Oktober 2008 vor.

Entwicklung der EEG-Kosten und der spezifischen EEG-Umlage

Jahr	EEG-Kosten [Mio. Euro]	EEG-Umlage [Cent/kWh]
2000	979	0,21
2001	1.230	0,27
2002	1.772	0,38
2003	1.863	0,39
2004	2.519	0,55
2005	2.807	0,64
2006	3.335	0,75

In Preisen von 2006

Kostenanteile 2006 für eine kWh Strom für Haushaltskunden



1) KWKG Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
Quelle: BMU [43]

1) Bei einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung ergibt sich ein anderes Bild, siehe hierzu S. 28.

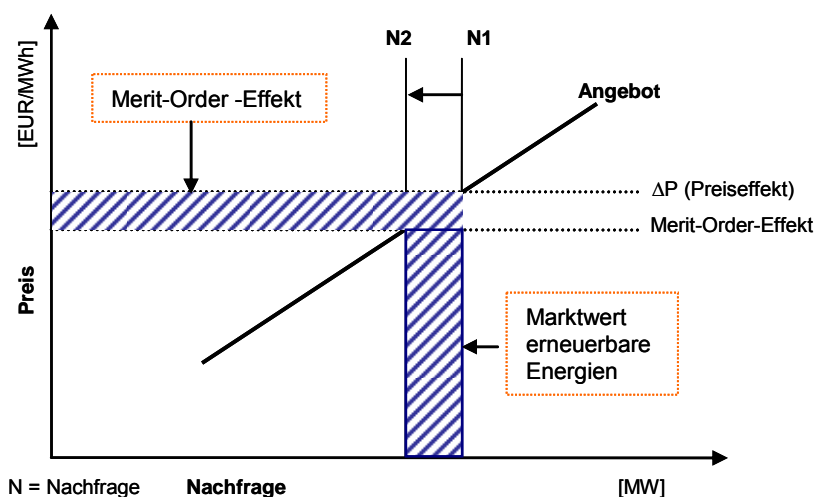
2) § 16 EEG ermöglichte im Jahr 2007 etwa 380 besonders stromintensiven Unternehmen des produzierenden Gewerbes sowie Schienenbahnen einen deutlich verminderten EEG-Strombezug, orientiert an einer EEG-Umlage (Differenzkosten) von lediglich 0,05 ct/kWh. Hierdurch erhöhen sich die EEG-Kosten aller restlichen Stromkunden. Die rückwirkende Umsetzung einer Änderung von § 16 für das Jahr 2006 durch das zum 1.12.2006 in Kraft getretene 1. EEG-Änderungsgesetz ist in den o.g. Zahlen nicht berücksichtigt. Sie wird zeitverzögert die EEG-Umlage 2008 zusätzlich erhöhen.

Auswirkungen der erneuerbaren Energien auf die Strompreise

Bei einer ökonomischen Bewertung der Förderung erneuerbarer Energien durch das EEG sind neben dem Marktwert des EEG-Stroms auch die Auswirkungen der Stromerzeugung erneuerbarer Energien auf die Großhandelspreise auf dem Strommarkt zu berücksichtigen. Die vorrangige Einspeisung erneuerbarer Energien hat kurzfristig eine senkende Wirkung auf die Strompreise auf dem Großhandelsmarkt. In einer aktuellen wissenschaftlichen Studie im Auftrag des BMU [86] wird die Auswirkung der EEG-Stromerzeugung auf die Großhandelspreise analysiert.

Der Preis für Strom wird an der Börse durch das jeweils teuerste Kraftwerk bestimmt, das noch benötigt wird, um die Stromnachfrage zu befriedigen (Merit-Order). Die vorrangige EEG-Einspeisung reduziert die Nachfrage nach konventionellem Strom. Entsprechend der Merit-Order werden daher die teuersten Kraftwerke zur Nachfragedeckung nicht mehr benötigt; der Preis auf der Börse sinkt entsprechend. Daher wird dieser Effekt auch als Merit-Order-Effekt bezeichnet. Eine schematische Übersicht hierzu zeigt folgende Abbildung.

Schematische Darstellung des Merit-Order-Effektes



Anmerkung: Das Modell wird gegen die Marktpreise des jeweiligen Jahres kalibriert, was dazu führt, dass Ergebnisse für verschiedene Jahre nur bedingt vergleichbar sind. Bei den unten dargestellten Zeitreihen ist zu beachten, dass im Jahr 2006 die Einpreisung des CO₂-Preises für Braunkohlekraftwerke etwas abgesenkt wurde, während gleichzeitig die Brennstoffpreise einer höheren zeitlichen Auflösung folgten.

Nach wissenschaftlichen Untersuchungen für das BMU, die auf Basis eines detaillierten Strommarktmodells (PowerACE) erstellt und im Rahmen eines Fachgesprächs grundsätzlich bestätigt wurden, senkte der Merit-Order-Effekt in den letzten drei Jahren den Gesamtwert der Strombeschaffung aller Stromlieferanten um 3 bis 5 Milliarden Euro (siehe untenstehende Tabelle) [42], [80], [86]. Dieser Effekt entlastet die Einkaufsrechnung der Stromlieferanten, so dass der Merit-Order-Effekt tendenziell eine strompreissenkende Wirkung ausübt.

	Simulierte EEG Stromerzeugung	Durchschnittliche Preisreduktion	Volumen Merit-Order-Effekt	Spezifischer Effekt	Durchschnittliche EEG-Vergütung
Jahr	[TWh]	[EUR/MWh]	[Mrd. EUR]	[EUR/MWh _{EEG}]	[EUR/MWh _{EEG}]
2004	41,5	2,50	1,65	40	92,9
2005	45,5	4,25	2,78	61	99,5
2006	52,2	7,83	4,98	95	109

Quelle: Sensfuß [89]

Gesamtwirtschaftliche externe Kosten

Für eine umfassende ökonomische Bewertung der erneuerbaren Energien sind die auf den Vorseiten abgeleiteten Angaben zu den Kosten des EEG allerdings nicht ausreichend, denn als betriebswirtschaftliche Größen spiegeln sie nicht die Tatsache wider, dass die Stromerzeugung aus nicht-erneuerbarer Energie trotz aller umweltpolitisch bedingten Fortschritte der letzten Jahrzehnte immer noch deutlich höhere Umweltschäden und damit Kosten verursacht als Strom aus erneuerbaren Energien. Diese so genannten externen Kosten gehen noch nicht verursachergerecht in die Strompreise ein.

Nach einer wissenschaftlichen Studie für das BMU [39] spielen dabei die Treibhausgasemissionen eine zentrale Rolle: Für die hierdurch verursachten Klimaschäden können als derzeit „bester Schätzwert“ Schadenskosten von 70 EUR/t CO₂ angesetzt werden. Wichtig sind daneben auch die durch Luftschadstoffe verursachten Gesundheits- und Materialschäden sowie, in geringerem Umfang, landwirtschaftliche Ertragsverluste. Für die Stromerzeugung aus Stein- und Braunkohle ergeben sich so – selbst unter Berücksichtigung moderner Technik – externe Kosten in einer Größenordnung von 6 bis 8 Cent/kWh. Für moderne, gasgefeuerte GuD-Kraftwerke liegen sie immer noch bei etwa 3 Cent/kWh¹⁾.

Demgegenüber verursacht die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nur vergleichsweise geringe externe Kosten (i. d. R. unter 0,5 Cent/kWh; nur Photovoltaik derzeit noch etwa 1 Cent/kWh). Der Bau und die Entsorgung der Anlagen ist bei diesen Berechnungen einbezogen¹⁾.

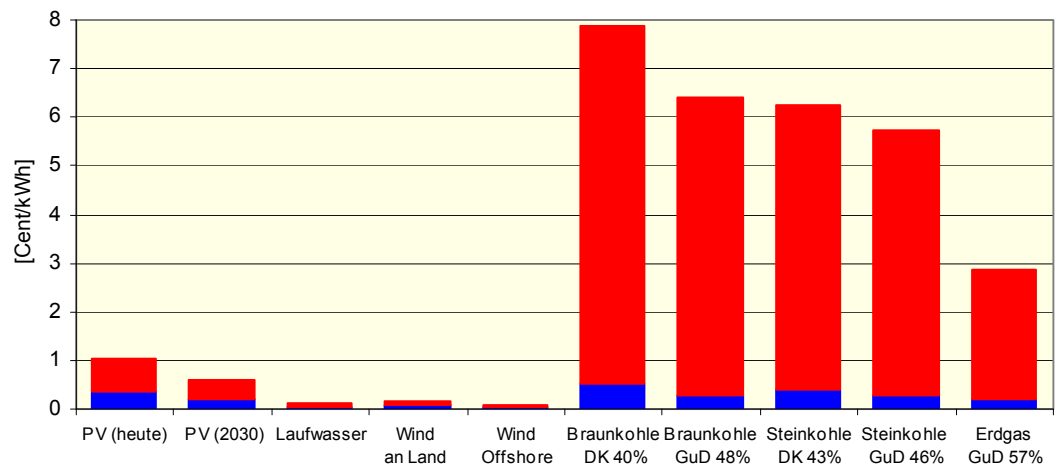
1) Weitere externe Effekte (Beeinträchtigung von Biodiversität, Ökosystemen und Versorgungssicherheit sowie geopolitische Risiken) der fossilen Stromerzeugung können aus Mangel an belastbaren Daten kaum quantifiziert werden. Die o.g. Größen sind damit nur eine Teilsumme der derzeit tatsächlich zu erwartenden externen Kosten.

Externe Kosten der Stromerzeugung für verschiedene Stromerzeugungsoptionen

- Treibhauseffekt (70 Euro/tCO₂)
- Luftschadstoffe

PV Photovoltaik
DK Dampfkraftwerk
GuD Gas- und Dampfkraftwerk

Quelle: BMU [39]



Unter der wissenschaftlich belegten Annahme, dass der nach EEG vergütete Strom derzeit vollständig fossil erzeugten Strom verdrängt, können auf Grundlage der o.g. Studie die 2006 durch erneuerbare Energien im Strombereich vermiedenen externen Kosten auf mindestens 3,4 Mrd. Euro geschätzt werden. Diese liegen in einer gleichen Größenordnung wie die EEG-Kosten im gleichen Zeitraum (3,3 Mrd. Euro, s. Seite 26) und zeigen, dass sich die Förderung der erneuerbaren Energien über das EEG schon allein durch die hierdurch vermiedenen externen Kosten „rechnet“. Hinzu kommen die zahlreichen weiteren Vorteile der erneuerbaren Energien in strategischer und wirtschaftspolitischer Hinsicht.

Kosten und Nutzenwirkungen des EEG im Überblick

Auf den vorangegangenen Seiten wurde ausführlich gezeigt, dass das EEG einerseits Kosten verursacht, andererseits aber auch mit einem erheblichen gesamtwirtschaftlichen Nutzen verbunden ist. Der nachfolgende Überblick fasst die hierbei genannten Größen noch einmal knapp zusammen:

Kosten des EEG

Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ist derzeit aus betriebswirtschaftlicher Sicht noch teurer als Strom aus nicht erneuerbaren Energiequellen. Wegen der im EEG festgeschriebenen Abnahmepflicht entstehen auf Seiten der Stromversorger somit höhere **Beschaffungskosten**. Sie betragen **2006 etwa 3,3 Mrd. Euro** (vgl. Seite 26).

Für den durch erneuerbare Energien verursachten zusätzlichen Bedarf an Regel und Ausgleichsenergie, Transaktionskosten der Übertragungsnetzbetreiber sowie mögliche EEG bedingte Mehrkosten durch Teillastbetrieb bei Kraftwerken können 2006 als - konservativ gerechnete - Obergrenze weitere **0,3 – 0,6 Mrd. Euro** angesetzt werden¹⁾.

Nutzen

Zu den Nutzenwirkungen des EEG zählt zunächst **sein positiver Einfluss auf Innovation, Umsatz und Wertschöpfung** in Deutschland, verbunden mit der **Schaffung neuer Arbeitsplätze** (siehe S. 24).

Im gleichen Kontext sind auch die EEG bedingten **Einsparungen beim Import von Steinkohle und Erdgas** zu sehen. Diese beliefen sich 2006 auf etwa 0,9 Mrd. Euro (Seite 22).

Durch die **Vermeidung externer Schadenskosten** ist dem EEG nach wissenschaftlichen Untersuchungen 2006 außerdem ein gesamtwirtschaftlich relevanter Nutzen von **3,4 Mrd. Euro** zuzurechnen (Seite 28).

Auf Seite 27 wurde schließlich näher erläutert, dass sich der Gesamtwert der Strombeschaffung aller Stromliefereranten im Jahr 2006 aufgrund des EEG bedingten Merit-Order-Effekts um rund 5 Mrd. Euro verbilligte. Hieraus resultiert eine preisdämpfende Wirkung, die allerdings ggf. zeitverzögert wirkt.

Fazit

Der oben skizzierte Überblick möglicher Kosten- und Nutzenwirkungen des EEG erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsebenen und -beziehungen ist auch keine Saldierung der einzelnen Größen möglich. Dennoch wird angesichts der signifikanten Nutzenwirkungen des EEG deutlich, dass eine rein an betriebswirtschaftlichen Kostengrößen orientierte ökonomische Bewertung, wie sie noch häufig erfolgt, deutlich zu kurz greift.

1) Mögliche, durch das EEG bedingte Netzausbaukosten kommen zum allergrößten Teil erst in Zukunft zum Tragen und wurden entsprechend in der Darstellung für 2006 noch nicht berücksichtigt. Aktuelle Abschätzungen [hier Zitat Hintergrundpapier zu EEG ErFB] gehen davon aus, dass der Ausbau der Netze auf See wie Land insgesamt rd. 4 Mrd. Euro kosten könnte; angesichts langer Abschreibungszeiten entstünden hieraus jährliche Zusatzkosten von lediglich knapp 400 Mio. Euro/Jahr.

Förderprogramme für erneuerbare Energien

Die Bundesregierung fördert erneuerbare Energien durch Forschung und Entwicklung sowie verschiedene Maßnahmen zur Marktentwicklung.

Zentrale Bedeutung kommt im Strommarkt dem **Erneuerbare-Energien-Gesetz** zu, während Biokraftstoffe durch die Beimischungspflicht im Rahmen des Biokraftstoffquotengesetzes und die Mineralölsteuerbegünstigung in bestimmten Anwendungsbereichen profitieren.

Das aus der Ökologischen Steuerreform finanzierte **Marktanreizprogramm** zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien dient primär dem Ausbau der Wärmeerzeugung aus Biomasse, Solarenergie und Geothermie. Kleinere Anlagen privater Investoren werden mit Zuschüssen unterstützt, größere Anlagen mit zinsverbilligten Darlehen und Teilschulderlassen. Einzelheiten der Förderung sind in den Förderrichtlinien geregelt.

Für den **Gebäudebereich** hält die KfW-Förderbank weitere attraktive Finanzierungsprogramme bereit. Dazu zählen auch der Einsatz erneuerbarer Energien und die Umstellung von Heizungsanlagen. Weiterhin werden Investitionskredite für Photovoltaikanlagen („Solarstrom erzeugen“), für den Neubau von Energiesparhäusern („Ökologisches Bauen“) und für Maßnahmen zur Modernisierung des Wohnraumes („Wohnraum sanieren“) vergeben (nähere Informationen unter: www.kfw-foerderbank.de).

Wer darüber hinaus eine umfassende Energieberatung für ältere Wohngebäude in Anspruch nehmen möchte, erhält einen Zuschuss zu den Beratungskosten (Programm „Vor-Ort-Beratung“ www.bafa.de).

Die Förderung auf Bundesebene wird durch zahlreiche Maßnahmen in verschiedenen Bundesländern und Kommunen ergänzt. Eine Übersicht dazu bietet die bundesweite Kampagne „Klima sucht Schutz“ unter www.klimasuchtschutz.de, wo auch Informationen zum Thema Energiesparen im Haushalt zu finden sind.

Das Bundesumweltministerium hat in Kooperation mit dem BINE Informationsdienst (www.bine.info) eine ausführliche Broschüre über alle Fördermöglichkeiten auf der Ebene der EU, des Bundes, der Länder, der Kommunen und der Energieversorgungsunternehmen herausgegeben (www.bmu.de/klimaschutz/).

Eine umfassende Förderdatenbank (<http://db.bmwi.de>) bietet zudem das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie an.

Das Marktanreizprogramm

Das Marktanreizprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien, das im Zusammenhang mit dem Aufkommen aus der Ökologischen Steuerreform finanziert wird, unterstützt die Errichtung von Anlagen zur Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energien.

Seit Programmbeginn bis Ende 2006 wurden mit einem finanziellen Zuschuss aus diesem Programm über 523.600 Solarkollektoranlagen mit einer Fläche von rund 4,6 Mio. Quadratmetern gefördert und über 95.300 kleine Biomassekessel installiert. Die hierdurch angeschobenen Investitionen betragen über 3,9 Mrd. Euro für Solarkollektoren und 1,5 Mrd. Euro für kleine Biomasseanlagen.

Im Rahmen des Marktanzreizprogramms hat die KfW-Förderbank (KfW-Programm Erneuerbare Energien) für größere Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse, Anlagen zur Nutzung der Tiefengeothermie und Biogasanlagen im Zeitraum von 2000 bis 2006 über 3.095 Darlehen in einer Höhe über 887 Mio. Euro zugesagt.

Insgesamt wurden im Rahmen dieses Programms seit Programmbeginn mit den zur Verfügung gestellten Mitteln in Höhe von über 827 Mio. Euro bis Ende 2006 mehr als 623.900 Investitionsvorhaben zur Nutzung erneuerbarer Energien gefördert und damit ein Investitionsvolumen von über 6,5 Mrd. Euro angeschoben.

Seit dem Jahr 2007 wird das Programm mit neuen Förderrichtlinien und einem vereinfachten Antragsverfahren für Investitionszuschüsse fortgeführt. Im Jahr 2007 werden dafür 213 Mio. Euro bereitgestellt.

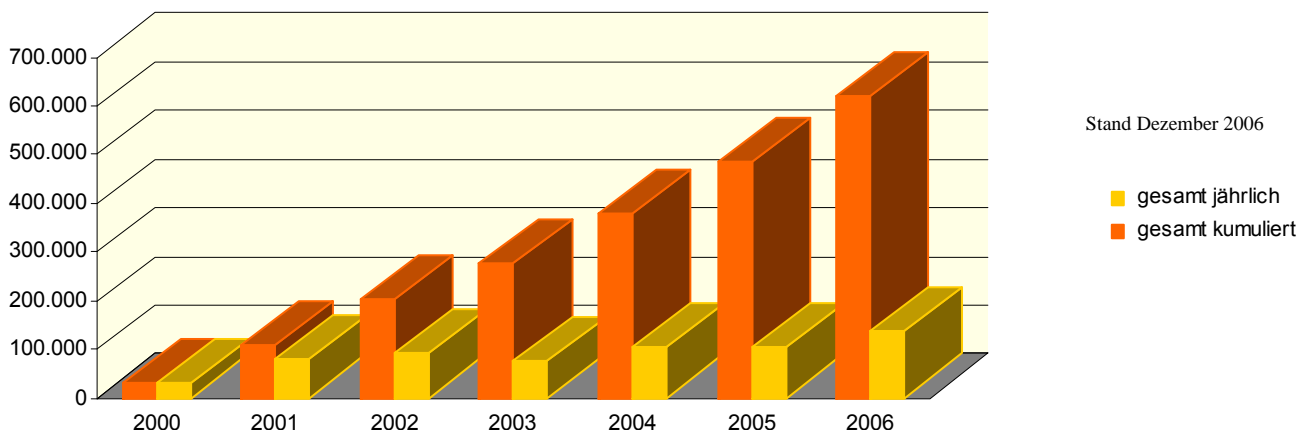
Im Wohngebäudebereich liegen die Schwerpunkte insbesondere in der Förderung von Solar Kollektoranlagen und Biomasseheizungen mit Zuschüssen. Neu hinzugekommen ist ein Innovationsbonus für große Solar Kollektoranlagen, Solaranlagen zur Prozesswärme- oder solaren Kälteerzeugung sowie Sekundärmaßnahmen zur Emissionsminderung und zur Effizienzsteigerung bei Biomasseanlagen. Darüber hinaus werden Anlagen zur Nutzung fester Biomasse im Leistungsbereich ab 100 kW, Tiefengeothermie, große Solaranlagen und Nahwärmenetze gefördert. Einzelheiten der Förderung sind in den Förderrichtlinien geregelt.

Die Förderrichtlinien wurden im Programmverlauf mehrfach der Marktentwicklung angepasst. Als Grundlage für die Anpassung dienen die Ergebnisse der kontinuierlich stattfindenden wissenschaftlichen Evaluation zum Marktanzreizprogramm. Auch in Zukunft soll auf die Marktentwicklung schnell mit Richtlinienänderungen reagiert werden, um den effizienten Einsatz der aus dem Bundeshaushalt zur Verfügung gestellten Mittel zu gewährleisten.

Auskünfte über Zuschüsse im Rahmen des Marktanzreizprogramms erteilt das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Tel. 06196 908-625 (www.bafa.de).

Fragen zur Gewährung verbilligter Darlehen für gewerbliche oder kommunale Antragsteller im Rahmen des Marktanzreizprogramms beantwortet das Informationszentrum der KfW-Förderbank Tel. 01801 335577, (www.kfw-foerderbank.de).

Anzahl der durch Investitionskostenzuschüsse geförderten Anlagen



Biokraftstoffe

Auf der Grundlage des im Oktober 2006 vom Bundestag verabschiedeten Biokraftstoffquotengesetzes sind Unternehmen, die Kraftstoffe in Verkehr bringen, ab 2007 verpflichtet, einen gesetzlich bestimmten Mindestanteil (Quote) in Form von Biokraftstoffen abzusetzen. Für Diesel gilt ab 2007 eine Quote von 4,4 %. Für Ottokraftstoff wurde für das Jahr 2007 eine Quote von 1,2 % festgelegt, welche in den Folgejahren kontinuierlich wächst und schließlich für das Jahr 2010 mit 3,6 % festgeschrieben ist. Zusätzlich zu den

	Gesamtquote	Diesel-Quote	Benzin-Quote
2007	-	4,40%	1,20%
2008	-		2,00%
2009	6,25%	Mindestquote	2,80%
2010	6,75%	gilt auch für	3,60%
2011	7,00%	Folgejahre	
2012	7,25%		Mindestquote
2013	7,50%		gilt auch für
2014	7,75%		Folgejahre
2015	8,00%		

Alle Quoten beziehen sich auf den Energiegehalt der Kraftstoffe.

Mindestquoten wird ab dem Jahr 2009 eine Gesamtquote von 6,25 % für beide Kraftstoffarten eingeführt, welche sich bis zum Jahr 2015 stufenweise auf 8 % erhöht.

Für reine Biokraftstoffe außerhalb der Quote wurde im Energiesteuergesetz eine degressiv gestaffelte steuerliche Begünstigung für einen Übergangszeitraum bis Ende 2011 festgeschrieben.

Biogas, Bioethanol in Form von E85 sowie Biokraftstoffe der zweiten Generation (z. B. BTL (Biomass-To-Liquid) und Bioethanol aus Lignozellulose) werden bis 2015 unter Berücksichtigung der Überkompensationsregelung im Energiesteuergesetz steuerlich begünstigt.

Beim Runden Tisch Biokraftstoffe am 17. Januar und 5. Juli 2007 wurde zwischen Automobilindustrie, Mineralölindustrie, der mittelständischen Mineralölwirtschaft,

Landwirtschaft sowie BMU/BMELV eine abgestimmte Roadmap für die weitere Förderung von Biokraftstoffen erarbeitet. Die Roadmap enthält die mittelfristig erforderlichen Maßnahmen, die zur Steigerung des Biokraftstoffanteils innerhalb Deutschlands und der EU notwendig sind [88]. Dabei sind die **Kernpunkte**:

- Erhöhung der Verwendung von biogenen Kraftstoffanteilen und der Zumischung von Biodiesel zu Diesel sowie Bioethanol und Bio-ETBE zu Ottokraftstoff
- Erhöhung der Biokraftstoffziele
- Sicherstellung der Nachhaltigkeit der Biokraftstoffe und auch sukzessive Steigerung der Treibhausgas-effizienz
- Förderung der Biokraftstoffe der zweiten Generation

Im Jahr 2006 lag der Anteil der Biokraftstoffe im Straßenverkehr in Deutschland bereits bei 6,6 %, das indikative EU-Ziel eines Biokraftstoffanteils von 5,75 % bis 2010 wird somit bereits jetzt erfüllt. Der Europäische Rat hat am 9. März 2007 einen Fahrplan (Road Map) verabschiedet (s. Seite 37). Für den Bereich der Biokraftstoffe wurde ein verbindliches Mindestziel von 10 % Anteil Biokraftstoffe am gesamten Benzin- und Dieserverbrauch für alle Mitgliedstaaten für das Jahr 2020 sowie die Einführung von Nachhaltigkeitsstandards beschlossen.

Übersicht über Biokraftstoffe

Von Biokraftstoffen der zweiten Generation wird in der Regel dann gesprochen, wenn der Herstellungsprozess die Verwertung der Ganzpflanzen möglich macht. Im Vergleich zu der Herstellung von Biokraftstoffen der 1. Generation führt dies zu erhöhten Nutzungsgraden und Erträgen.

SNG Substitute Natural Gas
BTL Biomass-To-Liquids

- 1) im allg. Raps
- 2) Bioethanol kann dem Benzin direkt beigemischt werden oder aber zu ETBE (Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether) weiter verarbeitet werden

Quelle: ZSW [3], Bohlmann [87]

Biokraftstoffe der 1. Generation		
Biokraftstoff	Rohstoff	Produktionsprozess
Pflanzenöl	Ölhaltige Pflanzen ¹⁾	Kaltpressung/Extraktion
Biodiesel		
aus Energiepflanzen	Ölhaltige Pflanzen ¹⁾	Kaltpressung/Extraktion u. Umesterung
aus biogenen Abfällen	Abfälle/Fette	Umesterung
Bioethanol ²⁾	Zuckerrüben, Getreide	Fermentation und Hydrolyse
Biokraftstoffe der 2. Generation		
Biokraftstoff	Rohstoff	Produktionsprozess
Bioethanol ²⁾	Lignozellulose	Fortgeschrittene Hydrolyse und Fermentation
SNG		
aus Biogas	(feuchte) Biomasse	anaerobe Vergärung
aus Synthesegas	Lignozellulose	Vergasung und Synthese
Synthetische Biokraftstoffe (BTL)	Lignozellulose	Vergasung und Synthese
Bio-Wasserstoff	Lignozellulose	Vergasung und Synthese oder Biologische Prozesse

Erforschung und Entwicklung von Technologien zur Nutzung der erneuerbaren Energien

Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu erneuerbaren Energien können aus dem Energieforschungsprogramm der Bundesregierung gefördert werden. In erneuerbare Energien wird investiert, um Ressourcen zu sparen, um unsere Abhängigkeit von Energieimporten zu verringern und um die Umwelt und das Klima zu schonen. Durch technische Innovationen werden Kostensenkungen bewirkt.

Die Forschungsförderung ist auch im Hinblick auf arbeitsmarktpolitische Aspekte bedeutsam. Die Spitzenstellung deutscher Unternehmen und Forschungseinrichtungen wird gestärkt und es werden neue Arbeitsplätze in einem global wachsenden Markt geschaffen.

Schwerpunkte der Forschungsförderung

Ziele und Schwerpunkte der Forschungsförderung sind

- die Senkung der Kosten erneuerbarer Energiesysteme,
- die umwelt- und naturverträgliche Weiterentwicklung,
- Ressourcen sparende Produktionsweisen,
- die Optimierung der Netzintegration,
- der rasche Technologietransfer von der Forschung in den Markt,
- systemorientierte integrierte Lösungsansätze wie z.B. Kombinationen von Wärmedämmung, Haustechnik und erneuerbaren Energien im Gebäudebereich,
- grenzüberschreitende Projekte und Technologien, deren Anwendung vornehmlich im Ausland liegen,
- Querschnittsforschung (ökon. Fragen, Arbeitsplätze, Systemstudien etc.) [68].

Im Jahr 2006 wurden in den Bereichen Photovoltaik, Geothermie, Wind, Nieder-temperatur-Solarthermie, solarthermische Kraftwerke sowie Gesamtstrategie und übergeordnete Fragen insgesamt 118 neue Vorhaben mit einem Gesamtvolumen von über 98,8 Mio. Euro bewilligt.

Die Schwerpunkte der Forschungsförderung lagen 2006 bei der Photovoltaik und der Geothermie. Bei der Photovoltaik sind Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten besonders dringlich, weil an dieser Stelle die Vergütungssätze des EEG die höchste Degression aufweisen und entsprechende Kostensenkungen erreicht werden müssen. Zudem besteht hier das größte Innovationspotenzial. Schließlich geht es darum, die international führende Position der deutschen Photovoltaik-Forschung zu sichern und die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Unternehmen in einem weltweit rasant wachsenden Markt zu verbessern.

Im Jahr 2007 wird der Anteil der Windenergieforschung wieder wachsen, weil vor allem im Offshore-Bereich große technische Herausforderungen zu bewältigen sind und zudem Forschungsbedarf zur naturverträglichen Erschließung der Potenziale besteht. Dabei spielt auch die Integration der zu erwartenden großen Strommengen ins Netz eine entscheidende Rolle.

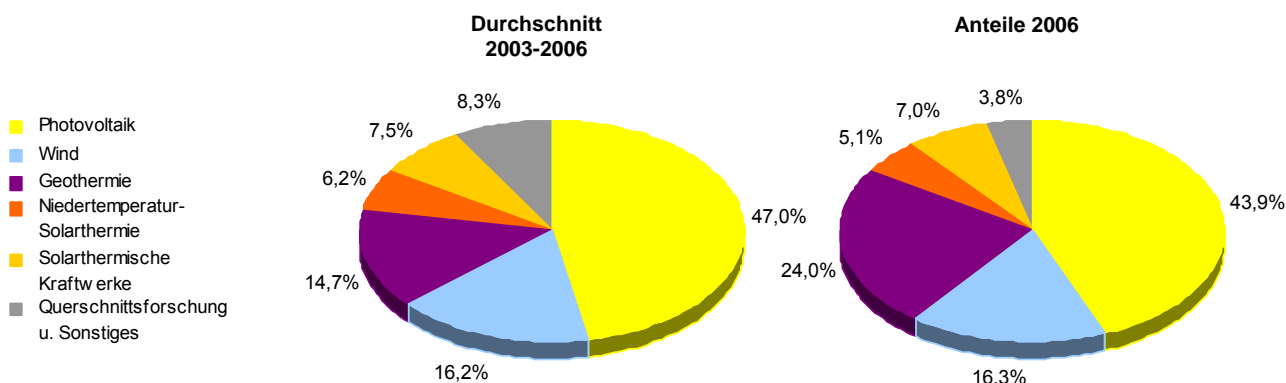
Aber auch in den anderen Bereichen wird die Forschungsförderung auf hohem Niveau fortgesetzt. Um die ambitionierten Ausbauziele der Bundesregierung zu erreichen, werden alle erneuerbaren Energien gebraucht. Bei der Geothermie steht dabei im Vordergrund, die wirtschaftliche Machbarkeit der geothermischen Stromerzeugung in den verschiedenen geologischen Formationen – dem Oberrheingraben, dem Süddeutschen Molassebecken und dem Norddeutschen Becken – zu demonstrieren. Eine Übersicht über die laufenden Forschungsprojekte findet sich unter www.erneuerbare-energien.de/inhalt/36049/.

Bewilligte, laufende und abgeschlossene Projekte 2006

- 1) davon 49 Einzelvorhaben im Rahmen des 250 MW-Wind-Programms
- 2) davon 39 Einzelvorhaben im Rahmen des 250 MW-Wind-Programms

	neu bewilligte Projekte		laufende Projekte		abgeschlossene Projekte	
	[Anzahl]	[1.000 EUR]	[Anzahl]	[1.000 EUR]	[Anzahl]	[1.000 EUR]
Photovoltaik	39	43.367	118	135.393	34	24.502
Wind	29	16.083	122 ¹⁾	55.518	48 ²⁾	7.925
Geothermie	11	23.718	36	51.724	5	995
Niedertemperatur-Solarthermie	13	5.058	45	24.125	10	6.298
solarthermische Stromerzeugung	16	6.875	53	23.111	28	9.726
Querschnittsforschung und Sonstiges	10	3.716	28	20.295	4	1.052
gesamt	118	98.818	402	310.166	129	50.498

Anteile am Mittelabfluss in den Jahren 2003-2006 sowie am neu bewilligten Mittelvolumen 2006



	Mittelabfluss (1.000 €)					
	2003	2004	2005	2006	Durchschnitt 2003 - 2006	Durchschnittlicher Anteil in %
Photovoltaik	29.654	24.417	41.961	37.609	33.410	47,0
Wind	12.160	7.354	16.885	9.765	11.541	16,2
Geothermie	11.361	5.883	10.667	13.985	10.474	14,7
Niedertemperatur-Solarthermie	2.682	3.532	4.920	6.612	4.437	6,2
Solarthermische Kraftwerke	4.710	5.552	5.154	5.906	5.331	7,5
Querschnittsforschung und Sonstiges	7.486	3.504	6.229	6.490	5.927	8,3
gesamt	68.053	50.242	85.816	80.367	71.120	100,0

Quelle: BMU [81]

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

	Nutzung 2006	Potenziale		Kommentare
		Ertrag	Leistung	
Stromerzeugung	[TWh]	[TWh/a]	[MW]	
Wasserkraft ¹⁾	19,9	25	5.200	Laufwasser und natürlicher Zufluss zu Speichern
Windenergie				
an Land	30,7	68	35.000	
Offshore	-	135	35.000	
Biomasse ²⁾	17,6	50	10.000	Erzeugung teilweise in Kraft-Wärme-Kopplung
Fotovoltaik	2,2	105	115.000 ³⁾	nur geeignete Dach-, Fassaden- und Siedlungsflächen
Geothermie	0,0004	150	25.000	Bandbreite 66 - 290 TWh je nach Anforderungen an eine Wärmenutzung (Kraft-Wärme-Kopplung)
Summe	70,4	533		
Anteil bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2006	11,5%	87%		
Wärmerzeugung	[TWh]	[TWh/a]		
Biomasse	84,3	150		einschließlich Nutzwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung
Geothermie	1,9	330		nur Energiebereitstellung aus hydrothermalen Quellen
Solarthermie	3,3	300		nur geeignete Dach- und Siedlungsflächen
Summe	89,5	780		
Anteil bezogen auf Endenergieverbrauch für Wärme⁴⁾ 2005	6,0%	51%		
Kraftstoffe	[TWh]	[TWh/a]		
Biomasse	40,4	155		
Summe	40,4	155		
Anteil bezogen auf den Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs 2006	6,6%	25%		
Anteil bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch 2005	7,8%	57%		

Aufgrund unterschiedlicher Annahmen zur Verfügbarkeit geeigneter Standorte, zu den technischen Eigenschaften der Nutzungstechnologien und weiteren Faktoren können die Ergebnisse von Potenzialabschätzungen sehr stark streuen.

Die hier angegebenen Orientierungswerte berücksichtigen insbesondere auch die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes und stellen somit eher eine Untergrenze des technisch erschließbaren Potenzials dar.

Die energetische Nutzung von Biomasse weist eine hohe Flexibilität auf. Je nach Erfordernis kann sich deshalb die Zuordnung der Potenziale auf die Bereiche Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereitstellung verändern. Dies gilt insbesondere für den Anbau von Energiepflanzen (hier auf der Basis einer Anbaufläche von 4,5 Mio. Hektar ermittelt).

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

- 1) ohne Meeresenergie
- 2) einschließlich biogener Abfall
- 3) Leistungsangabe bezogen auf die Modulleistung (MW_p), die korrespondierende Wechselstromleistung beträgt 106.000 MW
- 4) Raumwärme, Warmwasser- und sonstige Prozesswärme

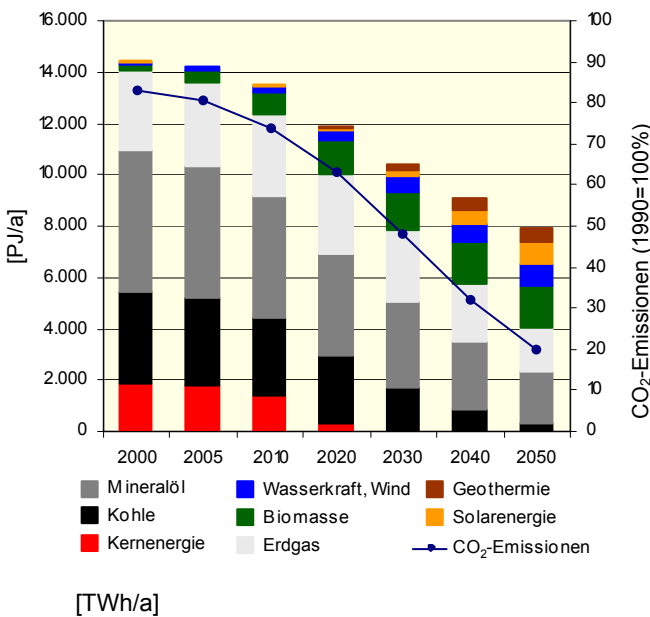
Quellen: BMU [27]; Arbeitsgemeinschaft; WI, DLR, IFEU [38]; ZSW [3]



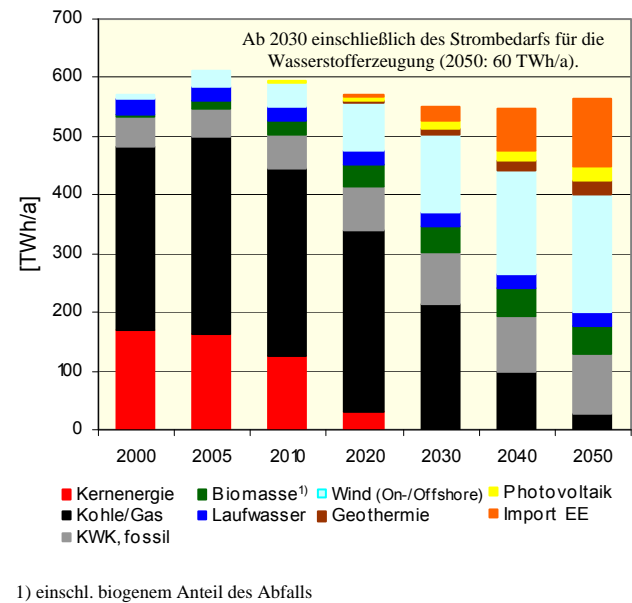
Szenario eines verstärkten Ausbaus erneuerbarer Energien

In der Leitstudie 2007 wird eine Entwicklung der Energiebereitstellung bis zum Jahr 2050 aufgezeigt, die - durch den verstärkten Ausbau der erneuerbaren Energien und eine effizientere Energienutzung - eine Reduzierung der CO₂-Emissionen um 80 % gegenüber dem Jahr 1990 ermöglicht. Bereits im Jahr 2020 könnten knapp 16 % des Primärenergieverbrauchs und rund 27 % der Bruttostromerzeugung durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden. Bis zum Jahr 2050 können die erneuerbaren Energien dann rund die Hälfte des gesamten Primärenergieverbrauchs decken. Zu diesem Zeitpunkt kann der erneuerbare Anteil am Stromverbrauch 80 % und am Wärmeverbrauch 48 % betragen. Der Beitrag zum Kraftstoffverbrauch kann bei 42 % liegen.

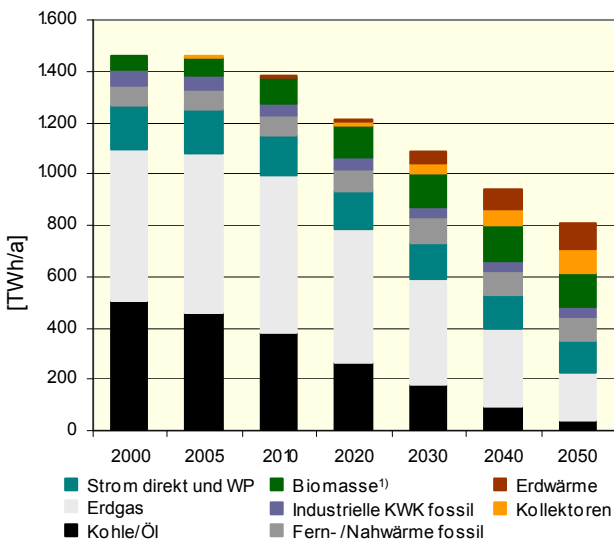
Entwicklung des Primärenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen



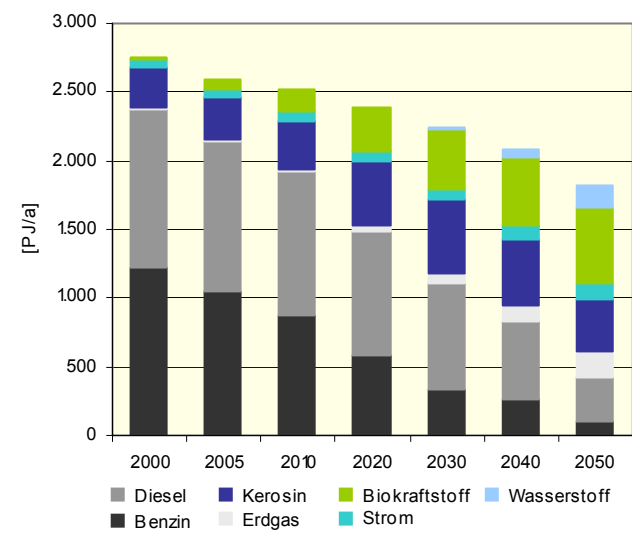
Entwicklung der Stromerzeugung



Entwicklung der Wärmebereitstellung



Entwicklung der Kraftstoffbereitstellung



KWK Kraft-Wärme-Kopplung
 WP Wärmepumpen
 1) KWK und direkte Wärmebereitstellung

alles nach Wirkungsgradmethode
 Quelle: BMU [27]

Erneuerbare Energien in Europa

Am 10. Januar 2007 hat die Europäische Kommission ihr umfassendes Klima- und Energiepaket vorgestellt. Zentrales Element ist die Mitteilung der Kommission an den Europäischen Rat und das Europäische Parlament „Eine Energiepolitik für Europa“ (Strategic Energy Review), die die Inhalte der 12 einzelnen Initiativen des „Energiepakets“ zusammenfassend darstellt und daraus Schlussfolgerungen für weitere Maßnahmen zieht sowie die Mitteilung der KOM zum Klimaschutz ("Begrenzung des globalen Klimawandels auf 2 Grad Celsius – Der Weg in die Zukunft bis 2020 und darüber hinaus").

Der Frühjahrsgipfel der Staats- und Regierungschefs (Europäischer Rat) hat am 9. März 2007 einen Fahrplan (Road Map) verabschiedet. Der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch soll in der EU verbindlich auf 20 % bis 2020 gesteigert werden, ausgehend von gegenwärtig 6,6 %. Dieses Ziel soll durch verbindliche nationale Ziele für den Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch konkretisiert sowie im Rahmen von nationalen Aktionsplänen mit Angabe der Verteilung auf die jeweiligen Sektoren umgesetzt werden. Für den Bereich der Biokraftstoffe wurde ein verbindliches Mindestziel von 10 % Anteil Biokraftstoffe am gesamten Benzin- und Dieselverbrauch für alle Mitgliedstaaten für das Jahr 2020 sowie die Einführung von Nachhaltigkeitsstandards beschlossen.

Diese wegweisenden Entscheidungen des Europäischen Rats werden dem Ausbau der erneuerbaren Energien neue Schubkraft verleihen. Sie bedeuten gegenüber den bestehenden Zielen für das Jahr 2010 einen großen Sprung nach vorne und schaffen Investitionssicherheit.

Die Europäische Kommission hat zur Umsetzung dieser Beschlüsse des Europäischen Rats für den 23. Januar 2008 den Vorschlag einer umfassenden Richtlinie zu erneuerbaren Energien im Rahmen eines neuen Klima- und Energiepaktes angekündigt. Ziel dieser Richtlinie ist es u. a., die verbindlichen nationalen Gesamtziele der Mitgliedstaaten für erneuerbare Energien festzulegen.

Instrumente auf EU-Ebene sind derzeit die EU-Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien im Strommarkt sowie die Biotreibstoff-Richtlinie. Zentrales Element der EU-Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien im Strommarkt, die 2001 in Kraft trat, ist die Erhöhung des Anteils regenerativer Quellen an der Stromerzeugung von 14 % im Jahre 1997 auf 21 % bis 2010 in der EU-25 (s. a. Anhang Abs. 8).

Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch in der EU

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005 ¹⁾
	[%]											
Belgien	1,4	1,4	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,9	2,1	3,5
Dänemark	6,7	7,6	7,2	8,3	8,7	9,6	10,8	11,4	12,4	13,5	15,1	16,2
Deutschland	1,6	1,9	1,9	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,4	3,6	4,0	4,8
Finnland	19,0	21,2	19,9	20,6	21,8	22,1	23,9	22,4	21,9	20,9	23,0	23,2
Frankreich	7,0	7,5	7,0	6,8	6,7	6,9	7,0	7,1	6,4	6,4	6,3	6,0
Griechenland	5,0	5,3	5,4	5,2	4,9	5,3	5,0	4,5	4,7	5,1	5,1	5,2
Irland	1,6	1,5	1,6	1,6	1,9	1,8	1,8	1,7	1,9	1,8	2,1	2,7
Italien	4,2	4,8	5,2	5,3	5,5	5,8	5,2	5,5	5,3	5,9	6,8	6,5
Luxemburg	1,3	1,4	1,2	1,4	1,5	1,3	1,6	1,3	1,4	1,4	1,6	1,6
Niederlande	1,4	1,2	1,6	1,8	1,9	2,1	2,1	2,1	2,2	2,6	2,9	3,5
Österreich	20,2	22,0	20,6	21,1	20,8	22,5	23,2	21,8	22,1	19,5	20,8	20,5
Portugal	15,9	13,3	16,1	14,7	13,6	11,1	12,9	15,7	14,0	17,1	14,9	13,4
Schweden	24,9	26,1	23,6	27,5	28,1	27,0	31,4	28,3	26,3	25,3	25,8	29,8
Spanien	7,0	5,5	7,0	6,4	6,1	5,2	5,7	6,6	5,5	7,0	6,5	6,1
Verein. Königreich	0,5	0,9	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7
EU-15	4,9	5,3	5,3	5,5	5,5	5,6	5,8	5,9	5,8	6,0	6,4	6,7
Estland	4,5	8,8	10,1	10,3	9,5	10,2	10,8	10,4	10,3	9,5	10,6	11,2
Lettland	13,1	27,5	27,3	30,5	34,5	34,4	34,3	34,1	34,5	33,1	36,0	36,3
Litauen	2,0	5,7	5,7	6,1	6,5	7,9	9,2	8,4	8,1	7,9	8,1	8,8
Polen	1,6	3,9	3,7	3,8	4,1	4,0	4,2	4,5	4,6	4,5	4,7	4,8
Slowakei	1,6	2,8	2,5	2,5	2,5	2,7	2,8	3,9	3,7	3,3	3,9	4,3
Slowenien	4,6	9,4	9,8	8,1	8,7	8,7	12,3	11,5	10,9	10,3	11,6	10,6
Tschech. Republik	0,2	1,5	1,4	1,6	1,6	1,9	1,5	1,7	2,1	3,5	4,0	4,1
Ungarn	1,8	2,4	1,9	2,0	1,9	1,9	2,1	1,9	3,4	3,4	3,7	4,2
Zypern	0,4	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	2,0	2,0
EU-25²⁾	4,4	5,1	5,1	5,3	5,4	5,4	5,7	5,8	5,7	5,9	6,3	6,5
Bulgarien	0,6	1,6	2,0	2,4	3,4	3,5	4,2	3,6	4,4	4,9	5,2	5,6
Rumänien	4,2	5,9	8,0	10,7	11,2	11,9	10,9	9,3	9,8	10,0	11,7	12,8
EU-27	4,4	5,1	5,1	5,4	5,5	5,6	5,8	5,8	5,8	6,0	6,4	6,7

Die in europäischen und internationalen Statistiken angegebenen Daten zur Energiebereitstellung und -nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland weichen zum Teil von den Angaben deutscher Quellen ab. Neben der unterschiedlichen Datenherkunft spielen hierbei auch abweichende Bilanzierungsmethoden eine Rolle (berechnet nach Wirkungsgradmethode, s. a. Anhang Abs. 9). Im Teil „Europa“ werden aus Konsistenzgründen für Deutschland die Daten aus den internationalen Statistiken übernommen. Die detaillierteren Angaben der nationalen Quellen auf den vorangehenden Seiten sind jedoch i.d.R. belastbarer.

- 1) Angaben vorläufig
- 2) für Malta liegen den verwendeten Quellen keine Daten zur Nutzung Erneuerbarer Energien vor

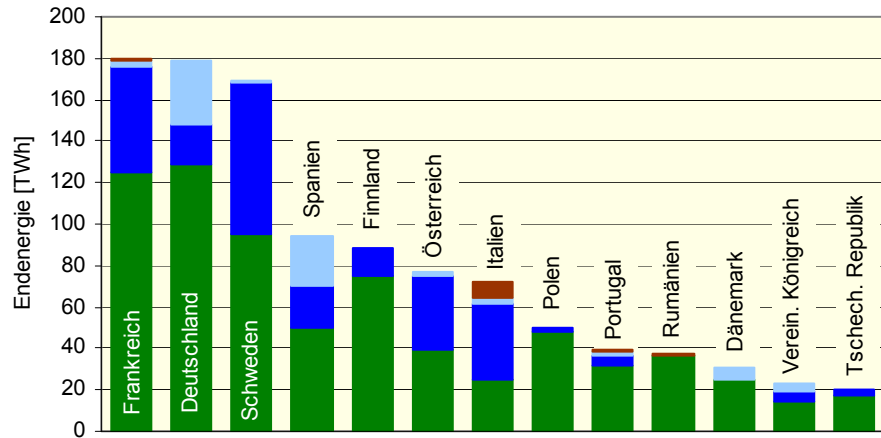
Quellen:
nach Eurostat [34]

Nutzung erneuerbarer Energien in ausgewählten EU-Ländern im Jahr 2006

- Geothermie
- Windenergie
- Wasserkraft
- Biomasse

restliche EU-Länder: Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energiequellen < 20 TWh; Solarenergie vernachlässigbar

Quellen:
siehe nachfolgende Tabelle



Nutzung erneuerbarer Energien in der EU im Jahr 2006

Alle Angaben vorläufig; Abweichungen in den Summen durch Rundungen

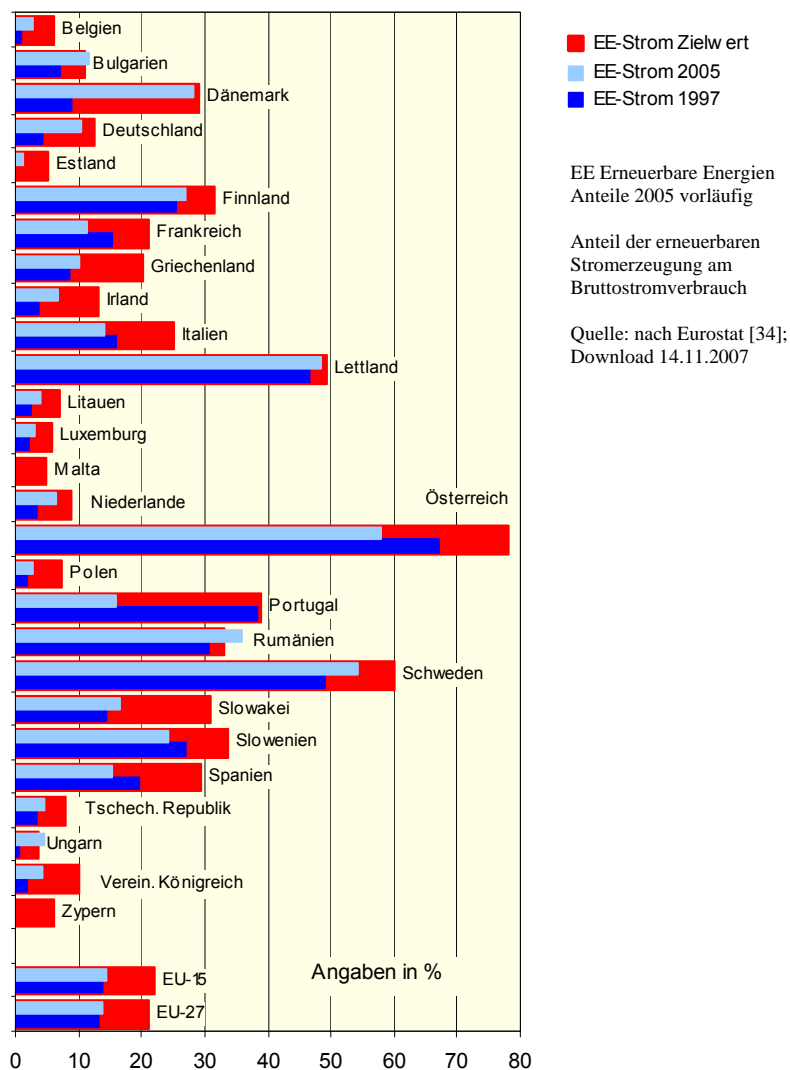
- 1) Strom- und Wärmeerzeugung aus fester Biomasse, Biogas und dem biogenen Anteil des Abfalls sowie Biokraftstoffe; fehlende Werte wurden durch Vorjahreswerte ersetzt
- 2) Daten 2005 angesetzt; Bruttoerzeugung; für Pumpspeicherkraftwerke nur Erzeugung aus natürlichem Zufluss
- 3) Wärme- und Stromerzeugung (Wärmepumpen nicht berücksichtigt); Stromerzeugung in Italien mit 5,5 TWh, Portugal 0,09 TWh und Österreich 0,003 TWh (Frankreich 0,08 TWh in Übersee-Departements nicht enthalten). In Deutschland wurde im Jahr 2004 erstmals geothermischer Strom produziert
- 4) verglaste und unverglaste Kollektoren (Ausnahmen: Bulgarien/Rumänien nur verglaste Kollektoren); Konversionsfaktor 0,7 kW_{th}/m²
- 5) Photovoltaik einschließlich Anlagen in Übersee-Departements; Bulgarien/Rumänien Werte 2005
- 6) Summe beinhaltet 8,0 TWh (28,8 PJ) aus Solarthermie und 1,5 TWh (5,4 PJ) aus Photovoltaik

Quellen:
Biomasse: Eurostat [32]; Observ'ER [53]; IEA [31]
Wasserkraft: Eurostat [34]
Windenergie: Observ'ER [46]
Geothermie: Observ'ER [37]
Solarthermie: Observ'ER [35]; ESTIF [58]
Photovoltaik: Observ'ER [82]; PV-NAS-Net [61]

	Bio- masse ¹⁾	Wasser- kraft ²⁾	Wind- energie	Geo- thermie ³⁾	Summe	Solar- thermie ⁴⁾		Photo- voltaik ⁵⁾
						[1.000 m ²]	[MW _m]	
	Endenergie [TWh]							[kW _p]
Belgien	9,4	0,3	0,38	0,03	10,1	124	87	4.161
Dänemark	24,8	0,0	6,10	-	30,9	378	265	2.880
Deutschland	128,5	19,6	30,35	0,34	178,7	8.574	6.002	3.063.000
Finnland	74,9	13,8	0,15	-	88,8	18	13	4.066
Frankreich	124,6	51,7	2,20	1,51	180,0	1.160	812	32.687
Griechenland	12,1	5,0	1,54	0,15	18,8	3.287	2.301	6.694
Irland	4,9	0,6	1,39	0,01	6,9	8	6	300
Italien	25,1	36,1	3,22	7,58	71,9	866	606	57.900
Luxemburg	0,3	0,1	0,05	-	0,4	16	11	23.603
Niederlande	11,4	0,1	2,75	-	14,2	646	452	51.226
Österreich	39,1	35,9	1,63	0,22	76,8	2.839	1.987	29.021
Portugal	31,5	4,7	2,54	0,19	39,0	145	102	3.466
Schweden	95,3	72,8	0,86	-	168,9	298	209	4.887
Spanien	49,7	20,1	23,98	0,10	93,9	682	477	118.100
Verein. Königr.	14,5	5,0	3,72	0,02	23,2	252	177	13.627
EU-15	646,1	265,7	80,87	10,14	1.002,8	19.294	13.506	3.415.618
Estland	5,3	0,02	0,08	-	5,4	1	1	8
Lettland	12,9	3,3	0,05	-	16,3	4	3	6
Litauen	7,0	0,5	0,006	0,10	7,5	3	2	40
Malta	-	-	-	-	-	24	17	48
Polen	47,8	2,2	0,20	0,10	50,3	164	115	431
Slowakei	4,3	4,6	0,009	0,84	9,8	73	51	64
Slowenien	5,3	3,5	-	0,17	8,9	112	78	363
Tschech. Rep.	17,7	2,4	0,05	0,02	20,1	116	81	771
Ungarn	7,9	0,2	0,09	2,21	10,3	50	35	155
Zypern	0,1	-	-	-	0,1	560	392	976
EU-25	754,2	282,4	81,35	13,59	1.131,6	20.400	14.280	3.418.480
Bulgarien	8,3	-	-	0,46	8,8	25	18	43
Rumänien	36,8	-	-	0,79	37,6	69	48	101
EU-27	799,4	282,4	81,4	14,8	1.187,4⁶⁾	20.494	14.346	3.418.624
	Endenergie [PJ]							
EU-27	2.877,7	1.016,6	292,87	48,91	4.274,8⁶⁾			

Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt

	EE-Strom 1997	EE-Strom 2005	Zielwert 2010
	[%]		
Belgien	1,0	2,8	6,0
Dänemark	8,8	28,2	29,0
Deutschland	4,3	10,3	12,5
Finnland	25,3	26,9	31,5
Frankreich	15,2	11,2	21,0
Griechenland	8,6	10,0	20,1
Irland	3,8	6,8	13,2
Italien	16,0	14,1	25,0
Luxemburg	2,0	3,2	5,7
Niederlande	3,5	6,3	9,0
Österreich	67,2	57,8	78,1
Portugal	38,3	16,0	39,0
Schweden	49,1	54,3	60,0
Spanien	19,7	15,2	29,4
Verein. Königreich	1,9	4,3	10,0
EU-15	13,8	14,4	22,0
Estland	0,1	1,1	5,1
Lettland	46,7	48,4	49,3
Litauen	2,6	3,9	7,0
Malta	0,0	0,0	5,0
Polen	1,8	2,9	7,5
Slowakei	14,5	16,7	31,0
Slowenien	26,9	24,2	33,6
Tschech. Rep.	3,5	4,5	8,0
Ungarn	0,6	4,5	3,6
Zypern	0,0	0,0	6,0
EU-25	12,8	13,5	21,0
Bulgarien	7,0	11,8	11,0
Rumänien	30,5	35,8	33,0
EU-27	13,1	13,9	21,0



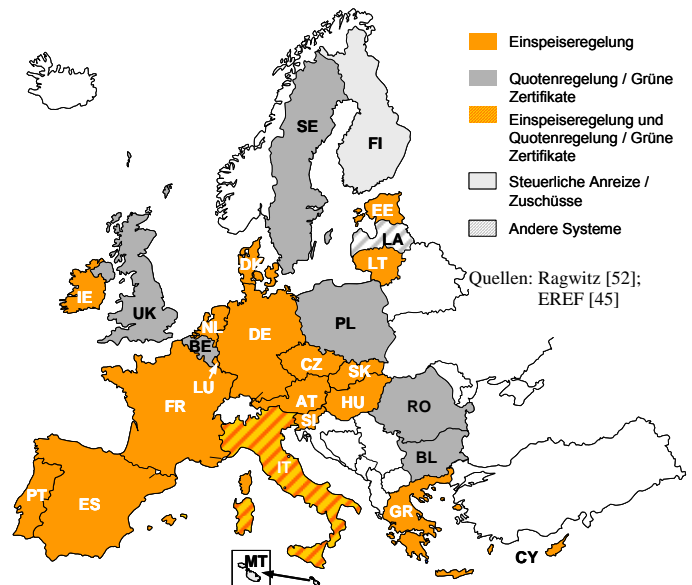
Im Oktober 2001 ist die Richtlinie 2001/77/EG zur Förderung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen im europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt in Kraft getreten. Ziel der Gemeinschaft ist die Erhöhung des Anteils regenerativer Quellen an der Stromerzeugung von 14 % im Jahre 1997 auf 22 % bis 2010 in der EU-15 bzw. 21 % in der EU-25. Laut Bericht der Kommission vom 10.1.2007 ist Deutschland – neben Dänemark, Ungarn, Finnland, Irland, Luxemburg, Spanien, Schweden und den Niederlande – auf gutem Weg, seinen Beitrag zum Erreichen des EU-Zieles für Strom aus Erneuerbaren zu leisten. Die Integration der erneuerbaren Energien im Strombereich bedarf auch einer EU-weiten Optimierung der Integration in die Stromnetze und des Ausbaus der Offshore-Windenergienutzung. Weitere Maßnahmen sind – wie im Biomasse-Aktionsplan angekündigt – bei der Förderung der Biomasse-Nutzung und insbesondere bei Biokraftstoffen notwendig. Die Bundesregierung wird sich auch dafür einsetzen, dass im 7. Forschungsrahmenprogramm eine deutlichere Priorität für Energieeffizienz und die erneuerbaren Energien gesetzt wird.

In dem im März 2005 vorgestellten Grünbuch „Eine europäische Strategie für nachhaltige, wettbewerbsfähige und sichere Energie“ hebt die EU-Kommission den Beitrag hervor, den Wind- und Sonnenenergie, Biomasse, Wasserkraft und Geothermie als heimische Energieträger zu einer sicheren Stromversorgung leisten – gerade angesichts einer EU-weit ständig wachsenden Importabhängigkeit. Mit Verweis auf rund 300.000 Arbeitsplätze in der EU im Bereich der erneuerbaren Energien unterstreicht das Grünbuch die Bedeutung der erneuerbaren Energien für die Wirtschaft und die technologische Führungsrolle Europas in diesem Sektor. Um die genannten Ziele zu erreichen, hat die Kommission mit der am 10.1.2007 vorgelegten Road Map einen entsprechenden Fahrplan für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien in der EU vorgelegt.

Instrumente zur Förderung der erneuerbaren Energien im Strommarkt

Die Regierungschefs aller EU-Mitgliedstaaten haben sich auf dem Treffen des Europäischen Rates im März 2007 erstmals verbindlich verpflichtet, dass bis zum Jahr 2020 20 % des gesamten Energieverbrauchs in der EU mit erneuerbaren Energien abgedeckt werden sollen. Kraftstoffe sollen bis zu diesem Zeitpunkt zu 10 % aus erneuerbaren Energien gewonnen werden. In Zusammenarbeit mit den Mitgliedstaaten erarbeitet die Europäische Kommission derzeit einen Vorschlag, wie diese europäischen Ziele auf nationale Ebene herunter gebrochen werden und die sich daraus ergebenden Lasten verteilt werden.

Das Beispiel der Windenergie zeigt, dass die Erfolge in den einzelnen EU-Staaten sehr unterschiedlich sind. Dies ist vor allem auf die jeweiligen energiepolitischen Rahmenbedingungen und weniger auf die natürlichen Potenziale zurückzuführen. Speziell das deutsche Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) steht, neben der spanischen Gesetzgebung, im internationalen Vergleich der Fördermodelle gut da. So stellt die Europäische Kommission in ihren Berichten vom Dezember 2005 und Januar 2007 fest, dass Einspeiseregulungen wie das EEG sehr effektiv bei der Förderung der Windenergie sind. Die in einzelnen Ländern realisierten Quotensysteme mit handelbaren Zertifikaten können dagegen vergleichbare Erfolge bisher nicht aufweisen. Auch sind die Kosten höher als in den Ländern mit Einspeiseregulungen. Hier spiegeln sich bei Quotenregelungen insbesondere die höheren Risiken für Anlagenbetreiber und potenziell hohe Mitnahmeeffekte wider. Denn während das EEG eine vorab auf 20 Jahre festgelegte Vergütung gesetzlich garantiert, sind in einer Quotenregelung die Erlöse aus dem Verkauf des Stroms und der Zertifikate höchst unsicher und hängen von einer Vielzahl von schwer abschätzbaren Faktoren ab. Durch das EEG erfüllt Deutschland mit großer Wahrscheinlichkeit schon 2007 und damit vor der Frist seinen nationalen Beitrag zur Erreichung des von der Europäischen Union formulierten Ausbausziels für 2010. Aufgrund der guten Erfolge nationaler Einspeiseregulungen – und der ausbleibenden Erfolge anderer Förderregelungen – schlussfolgert die Europäische Kommission im Januar 2007, dass es für eine europäische Harmonisierung noch zu früh sei und die Mitgliedstaaten vielmehr besser miteinander koordinieren müssten.



Die International Feed-In Cooperation

Auf der Internationalen Konferenz für Erneuerbare Energien 2004 in Bonn haben Spanien und Deutschland beschlossen, ihre Erfahrungen mit ihren Einspeisevergütungsregelungen für Strom aus erneuerbaren Energien auszutauschen und stärker zu kooperieren (International Feed-in Cooperation). Durch Unterzeichnung einer gemeinsamen Erklärung im Oktober 2005 wurde dieser Zusammenarbeit eine Basis gegeben. Im Januar 2007 hat auch Slowenien die Gemeinsame Erklärung unterschrieben. Damit setzen diese Staaten die Empfehlung der Kommission um, stärker zu kooperieren. Weitere Staaten haben Interesse gezeigt und sind willkommen.

Ziele der Kooperation sind die Förderung des Austausches von Erfahrungen mit Einspeisevergütungssystemen, deren Optimierung, die Unterstützung anderer Länder bei der Verbesserung und Entwicklung von Einspeise-systemen und das Einbringen der gewonnenen Erfahrungen in internationale Foren, insbesondere in den Prozess der politischen Debatten der Europäischen Union. Insgesamt haben inzwischen 18 EU Mitgliedstaaten Vorrang- und Vergütungsregelungen, die mit dem deutschen, slowenischen und spanischen System vergleichbar sind.

Weitere Informationen zur Kooperation sind im Internet unter www.feed-in-cooperation.org abrufbar.

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU von 1990 bis 2006

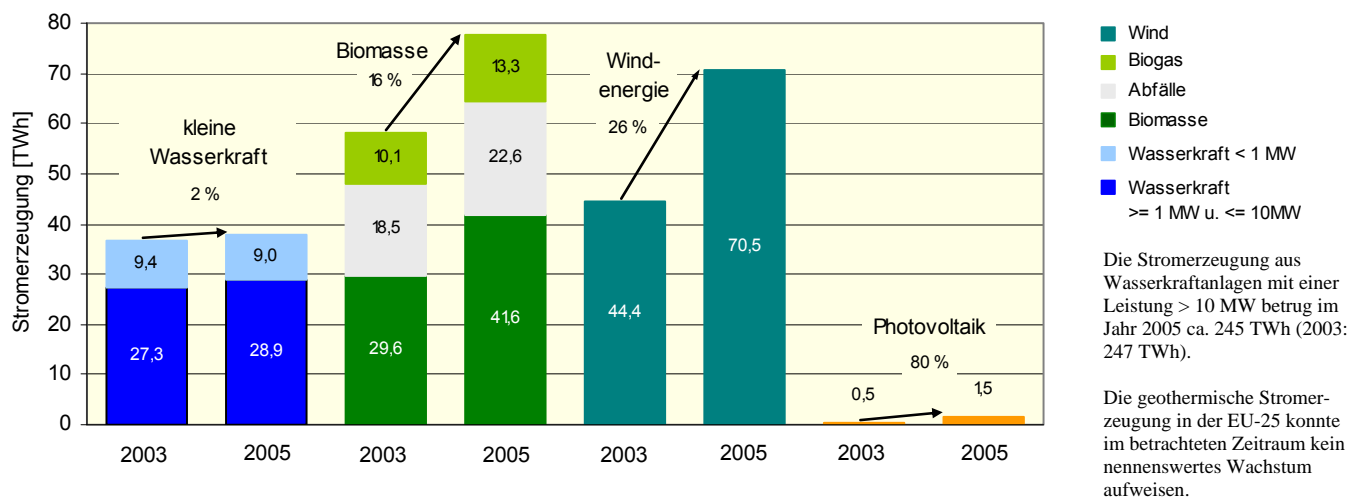
	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004 ¹⁾	2005 ¹⁾	2006 ¹⁾
	[TWh]												
Biomasse ²⁾	16,6	23,6	24,4	28,0	31,5	35,0	39,3	39,5	48,4	57,1	68,7	77,5	81,3
Wasserkraft ³⁾	260,3	290,2	289,0	297,8	305,5	304,6	321,5	339,7	280,8	277,7	299,1	282,4	282,4
Windenergie	0,8	4,1	4,8	7,3	11,3	14,2	22,2	27,0	35,6	44,2	57,1	69,1	81,4
Geothermie	3,2	3,5	3,8	4,0	4,3	4,5	4,8	4,6	4,8	5,4	5,5	5,4	5,6
Photovoltaik	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,19	0,27	0,46	0,72	1,49	2,21
Summe	281,0	321,4	322,1	337,1	352,6	358,4	388,0	410,9	369,8	384,8	431,2	436,0	452,9
Anteil EE an Bruttostromverbrauch [%]	12,9	13,7	13,4	13,8	14,1	14,0	14,7	15,2	13,6	13,8	13,5	13,5	14,3

EE Erneuerbare Energien
Ab 2004 einschließlich Stromerzeugung in den Mitgliedstaaten der EU-Erweiterung vom Mai 2004 (EU-25).

- 1) vorläufige Angaben
- 2) einschließlich städtischem Abfall und Biogas
- 3) für Pumpspeicherkraftwerke nur Erzeugung aus natürlichem Zufluss
- 4) fehlende Angaben für einzelne Technologien durch Vorjahreswerte ersetzt

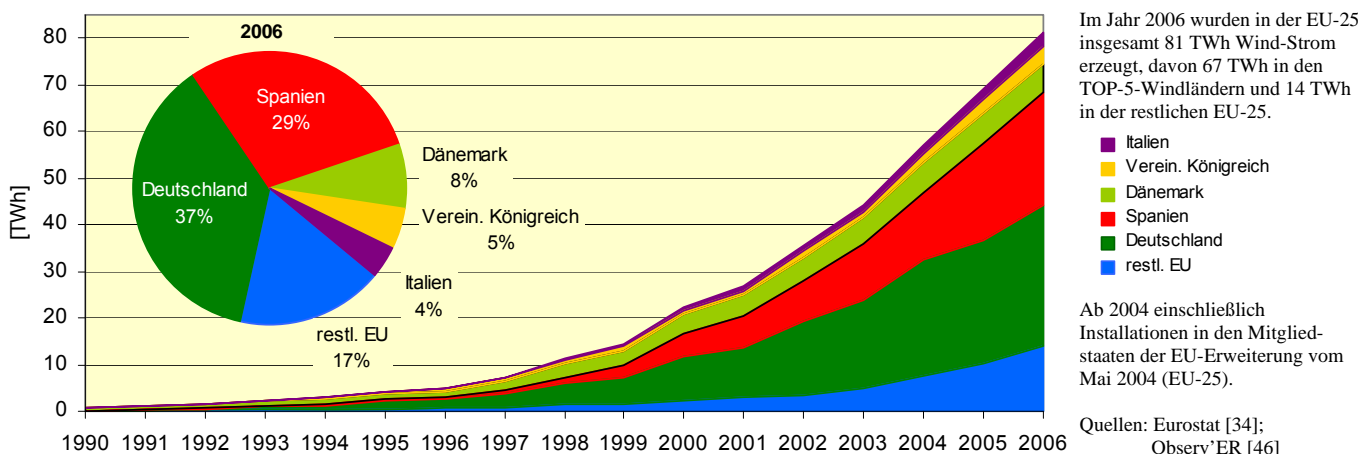
Quellen: Eurostat [34], [72]; IEA [31]; Observ'ER [37], [46]; DGEMP [36]; ZSW [3]

Durchschnittliche Wachstumsraten der erneuerbaren Energien im Strommarkt der EU-25



Quelle: Eurostat [34]

Stromerzeugung aus Windenergie in der EU von 1990 bis 2006

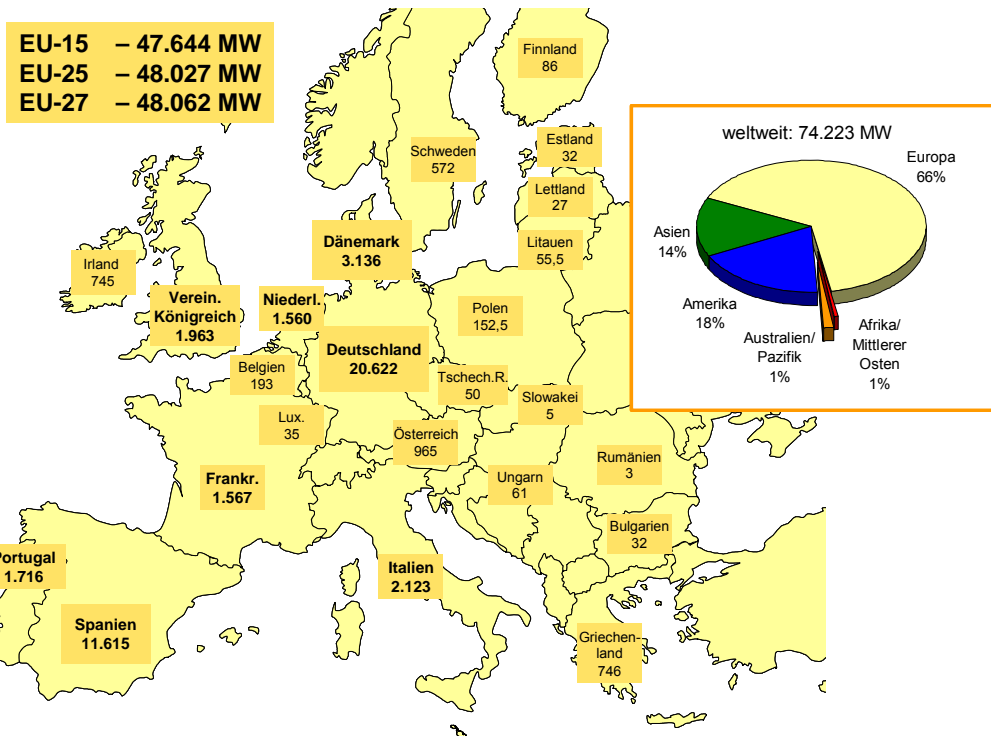


Im Jahr 2006 wurden in der EU-25 insgesamt 81 TWh Wind-Strom erzeugt, davon 67 TWh in den TOP-5-Windländern und 14 TWh in der restlichen EU-25.

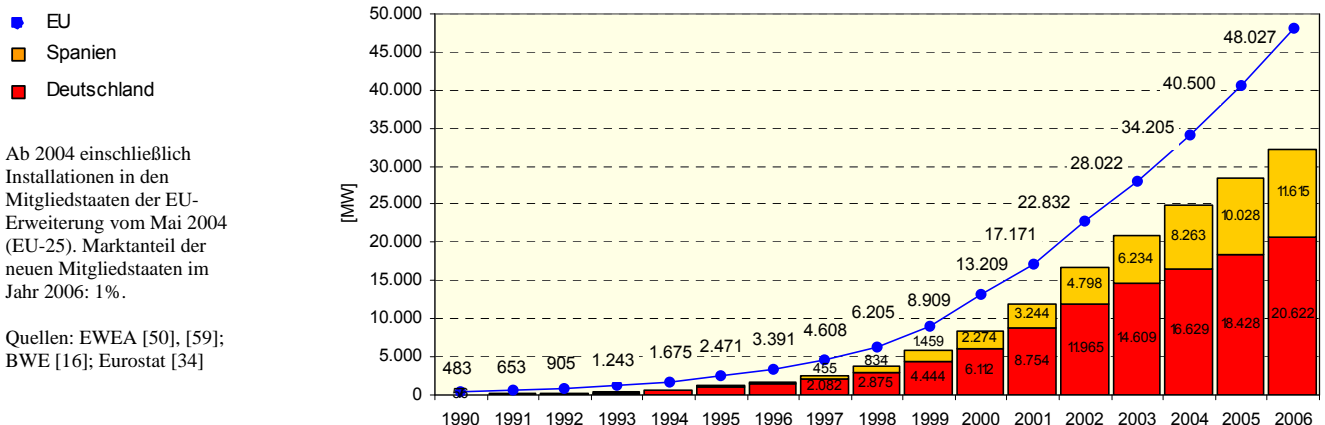
Ab 2004 einschließlich Installationen in den Mitgliedstaaten der EU-Erweiterung vom Mai 2004 (EU-25).

Quellen: Eurostat [34]; Observ'ER [46]

Gesamte installierte Windleistung in der EU Ende 2006



Entwicklung der installierten Windleistung in der EU von 1990 bis 2006



Die Windenergienutzung hat in den vergangenen Jahren in den Ländern der EU einen sehr dynamischen Aufschwung genommen. Die installierte Leistung hat sich in den letzten fünf Jahren auf rund 48.000 MW mehr als verdoppelt. Der Zuwachs im Jahr 2006 ist wie bereits im Vorjahr vor allem auf die Entwicklung des Windenergiemarktes in Deutschland und Spanien zurückzuführen. So konnte Deutschland Ende 2006 die 20.000-MW-Grenze überschreiten, nachdem während des Jahres 2.233 MW (Netto) zugebaut wurden. Auch der spanische Windmarkt konnte mit Installationen von 1.587 MW im letzten Jahr seinen Vorsprung vor den restlichen EU-Staaten weiter ausbauen, Ende 2006 waren insgesamt etwa 11.600 MW installiert. Auf beide Länder zusammen entfallen EU-weit knapp zwei Drittel der gesamten installierten Leistung und rund 40 % der globalen installierten Leistung, die Ende 2006 bei etwa 75.000 MW lag. Global betrachtet sind im Jahr 2006 nach Deutschland (28 % Weltmarktanteil) und Spanien (15,6 %), die USA der dritte große Markt für Windenergieanlagen (15,6%).

Globale Nutzung erneuerbarer Energien

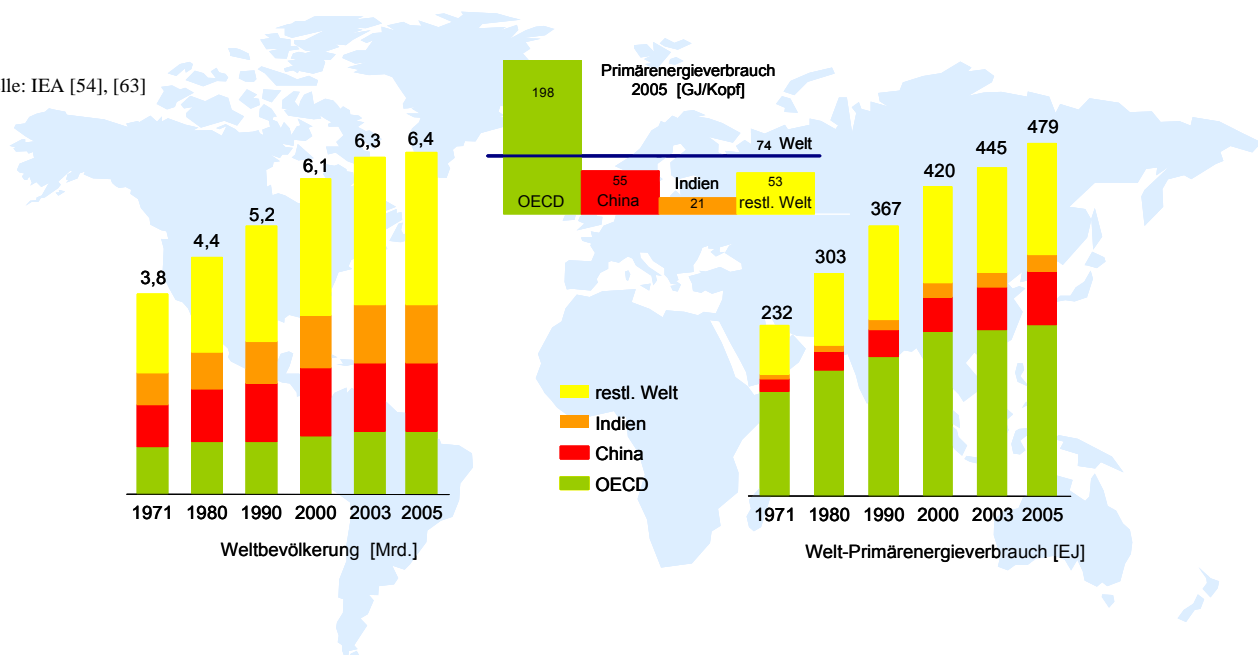
Der hohe Stellenwert der erneuerbaren Energien für eine nachhaltige Entwicklung ist allgemein anerkannt. Auf nationaler Ebene werden heute verschiedene Instrumente zur Förderung der Entwicklung der erneuerbaren Energien eingesetzt (s. z.B. Seiten 30-31 und 40). Betrachtet man die absoluten Zahlen, so ist die globale erneuerbare Primärerzeugung in 2005 um knapp 3 % auf 60.160 PJ angewachsen (2004: 58.680 PJ) und durchschnittlich konnten die Erneuerbaren seit 1995 jährlich um 1,8 % zulegen. Dennoch liegt der Anteil der erneuerbaren Energiebereitstellung am globalen Primärenergieverbrauch bereits seit den achtziger Jahren in der Regel immer knapp unter der 13 %-Marke (2005: 12,7%). Mit anderen Worten: der Anstieg des gesamten Primärenergieverbrauchs konnte durch den Zuwachs der erneuerbaren Energiebereitstellung gerade einmal kompensiert werden.

Ausschlaggebend ist hierfür vor allem der wachsende Energiebedarf der Entwicklungs- und Schwellenländer und insbesondere Chinas. Während der globale Primärenergieverbrauch im 10-Jahreszeitraum um 24 % gestiegen ist, lag dieser Wert in China bei über 60 %. Der Anteil Chinas am globalen Primärenergieverbrauch hat sich von 11,5 % im Jahr 1995 auf mehr als 15 % im Jahr 2005 erhöht. Betrachtet man den Primärenergieverbrauch pro Kopf, so liegt China mit 55 GJ/Kopf noch unter dem Weltdurchschnitt von 74 GJ/Kopf bzw. bei rund einem Viertel des Pro-Kopf-Verbrauchs der Industrieländer (OECD).

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass zur Bewältigung der Herausforderungen für die globale Energieversorgung und insbesondere den Klimaschutz neben der effizienteren Nutzung von Energie auch die Entwicklungsdynamik der erneuerbaren Energien erhöht werden muss. Dies gilt vor allem für die Wind-, Solar- und Meeresenergie (die so genannten „neuen“ Erneuerbaren), aber auch für die Geothermie und moderne Verfahren der Biomassennutzung, denn die bislang dominierenden klassischen Nutzungsformen – Wärmebereitstellung aus Brennholz und Holzkohle (traditionelle Biomassennutzung) sowie Stromerzeugung aus Wasserkraft – stoßen zunehmend an ihre Grenzen und stellen zuweilen keine nachhaltige Nutzung der erneuerbaren Energien dar (vgl. auch Seite 46).

Entwicklung von Weltbevölkerung und Welt-Primärenergieverbrauch

Quelle: IEA [54], [63]

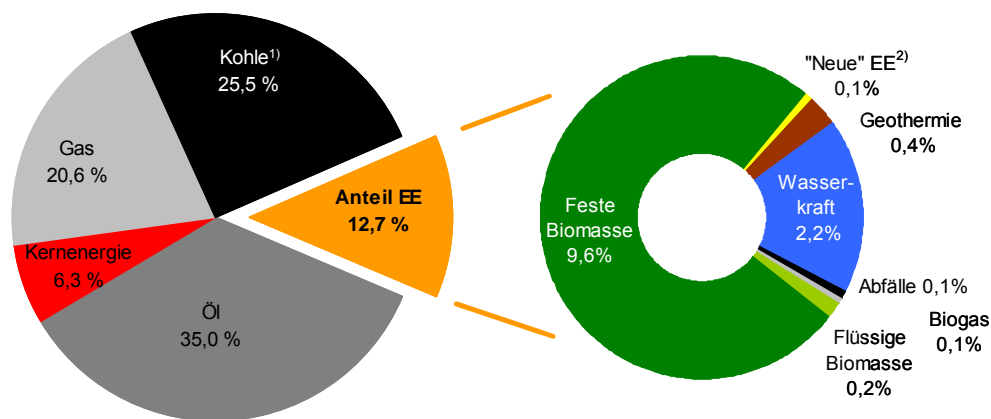


Struktur des Welt-Primärenergieverbrauchs im Jahr 2005

EE Erneuerbare Energien
Primärenergieverbrauch 2005
gesamt 479.100 PJ

- 1) inkl. nicht-erneuerbarem Anteil des Abfalls (0,2%)
- 2) Neue EE = Wind-, Solar- und Meeresenergie

Quellen: IEA [31]



Entsprechend internationaler Vereinbarungen wird Elektrizität aus Kernenergie primärenergetisch mit einer durchschnittlichen Umwandlungseffizienz von 33 % bewertet. Bei Elektrizität aus Wasserkraft werden hingegen 100 % angesetzt. Nach dieser Berechnungsmethode (so genannte Wirkungsgradmethode) ergibt sich für den Anteil der Kernenergie am Primärenergieverbrauch rd. 6,3 % und für den Anteil der Wasserkraft am PEV rd. 2,2 %, während die Beiträge zur Stromerzeugung in beiden Fällen nahezu gleich sind; siehe Seite 47 und Anhang Abs. 4.

Der Welt-Primärenergieverbrauch hat sich in einem Zeitraum von 30 Jahren beinahe verdoppelt und betrug im Jahr 2005 rund 479.100 PJ. Allein im Jahr 2005 stieg der globale Bedarf an Energie um rund 3 % bzw. in absoluten Zahlen um etwa 12.000 PJ (Zum Vergleich: der Primärenergieverbrauch in Deutschland betrug im Jahr 2006 knapp 14.600 PJ). Die erneuerbaren Energien konnten bereits 12,7 % zur Energiebereitstellung beitragen.

Differenziert man den Anteil nach den verschiedenen Nutzungsformen, so wird ersichtlich, dass aufgrund der weitverbreiteten traditionellen Nutzung die feste Biomasse mit 9,6 % den größten Anteil am globalen Primärenergieverbrauch ausmacht. An zweiter und dritter Stelle folgen die Wasserkraft mit einem Anteil von 2,2 % und die Geothermie mit einem Anteil von 0,4 %. Dies entspricht innerhalb der erneuerbaren Primärenergiebereitstellung einem Anteil der Biomasse von 78,6 % (davon 75,6 % feste Biomasse) bzw. 17,4 % Wasserkraftanteil und 3,2 % Nutzung der Erdwärme. Von besonderem Interesse ist die Entwicklung im Bereich der „neuen“ erneuerbaren Technologieformen sowie der modernen Verfahren der Biomassenutzung. Insgesamt konnte mit diesen Nutzungsformen im Jahreszeitraum ein Zuwachs von rund 15 % verzeichnet werden. Der Beitrag zur globalen Energieversorgung ist aber mit 0,5 % noch marginal.

Entwicklung der globalen erneuerbaren Primärenergiebereitstellung und des Anteils erneuerbarer Energien

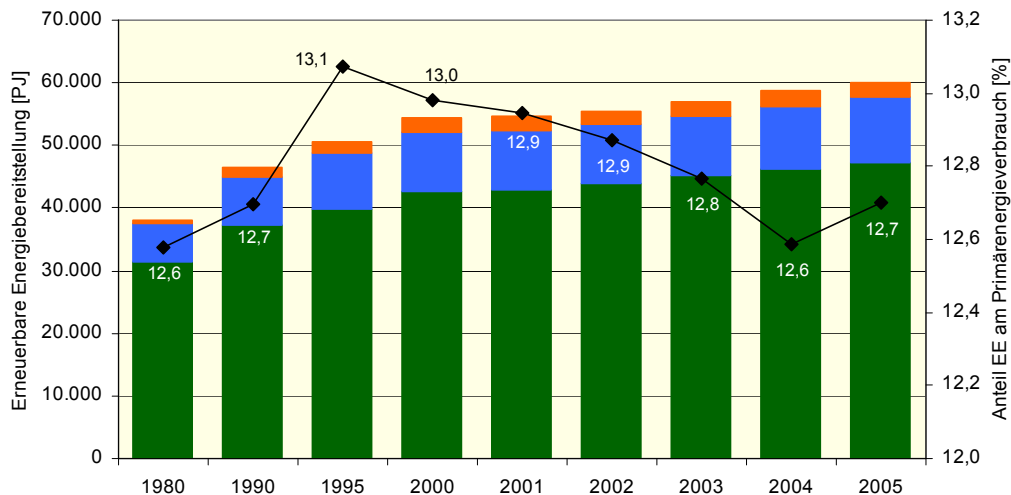
- Sonstige
- Wasserkraft
- Biomasse/Abfälle¹⁾
- Anteil EE

Anmerkung: Die Zeitreihe der Anteile unterscheidet sich signifikant von der Darstellung in der Frühjahrsausgabe 2007. Dies ist auf eine Revision der zugrundeliegenden Daten durch die IEA zurückzuführen.

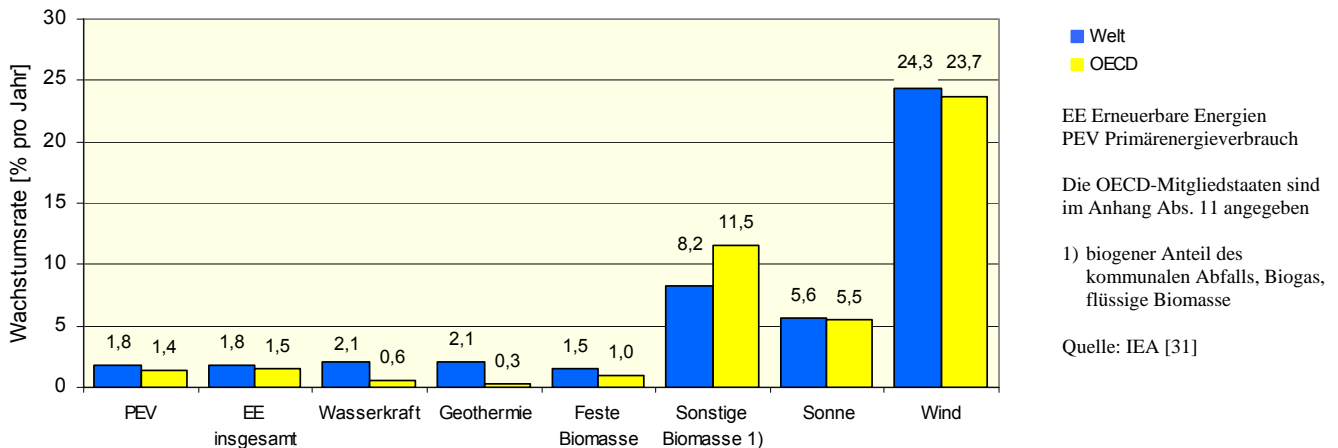
- 1) nur erneuerbarer Anteil des Abfalls berücksichtigt

Zur Berechnung des Anteils erneuerbarer Energien siehe auch Anhang Abs. 10.

Quellen: IEA [31], [54]

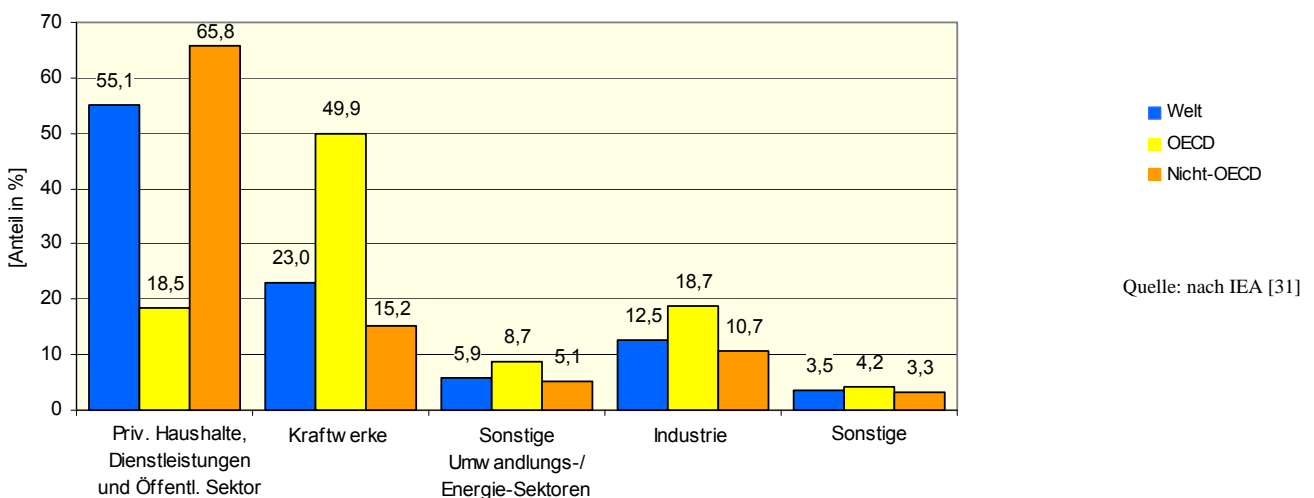


Mittlere Wachstumsraten des Primärenergieverbrauchs und der erneuerbaren Energien im Zeitraum 1990 bis 2005



Vor dem Hintergrund verschiedener Klimaschutzziele, u. a. denen des Kyoto-Protokolls, ist die Entwicklung der erneuerbaren Energien seit dem Jahr 1990 von besonderem Interesse. Bisher ist es jedoch nicht gelungen, ihren Stellenwert in der Energieversorgung deutlich zu erhöhen. Global stieg die Energiebereitstellung bis zum Jahr 2005 um durchschnittlich 1,8 % p.a. und konnte damit lediglich das Wachstum des gesamten Primärenergieverbrauchs kompensieren. In den Industrieländern (OECD) lag die erneuerbare Energiebereitstellung mit einem durchschnittlichen Wachstum von 1,5 % p.a. erstmals im 5-Jahreszeitraum über dem Wachstum des gesamten Primärenergieverbrauchs von 1,4 % p.a. Der prozentuale Anteil der erneuerbaren Energien lag mit 5,9 % nur 0,1% über dem Anteil des Jahres 1990, für das Jahr 2006 schätzt die Internationale Energieagentur den Anteil auf 6,2 %.

Anteile erneuerbarer Energien am Energiebedarf in der OECD, Nicht-OECD und der Welt an den verschiedenen Sektoren im Jahr 2005



Global werden heute etwa 55 % der erneuerbaren Energien zur Wärmebereitstellung in privaten Haushalten sowie im öffentlichen Sektor und im Dienstleistungssektor genutzt. Im Wesentlichen handelt es sich hierbei um Holz und Holzkohle. Den zweiten wichtigen Anwendungsbereich stellt die Stromerzeugung dar. Allerdings bestehen erhebliche regionale Unterschiede: Während in den Industrieländern (OECD) die Hälfte der erneuerbaren Energien der Stromerzeugung dient, sind es in den Nicht-OECD-Ländern nur 15,2 %. Entsprechend groß ist hier mit knapp 66 % der Anteil zur dezentralen Wärmebereitstellung, der in den OECD-Ländern nur rund 19 % beträgt.

Regionale Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2005

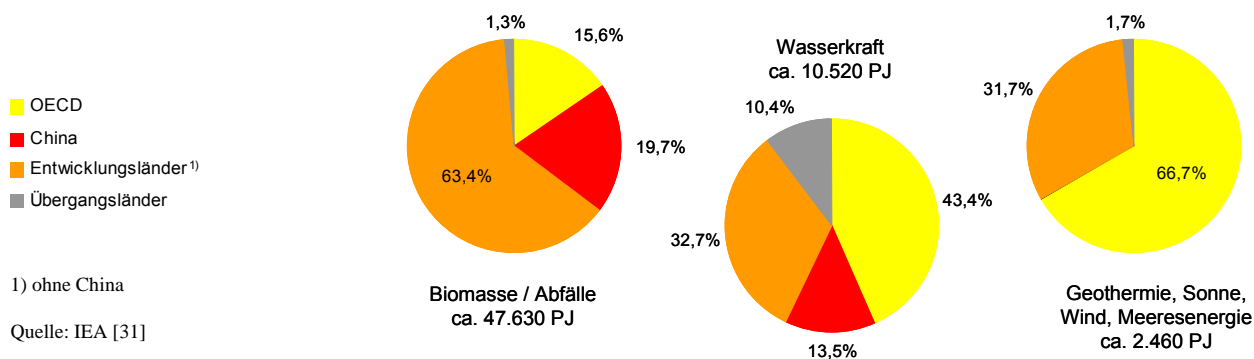
Übergangsländer: Länder, die sich in einer Übergangsphase von der Planwirtschaft zur Marktwirtschaft befinden; bei der IEA werden unter diesem Begriff die Länder aus Non-OECD Europe und die Länder der ehemaligen UdSSR zusammengefaßt.

- 1) OECD nur biogener Anteil des Abfalls; weitere Regionen auch nicht-biogene Anteile enthalten
- 2) Geothermie, Sonnenenergie, Wind, Meeresenergie
- 3) Lateinamerika ohne Mexiko und Asien ohne China
- 4) einschließlich Hochseebunker

PEV berechnet nach der Wirkungsgradmethode, siehe Anhang

	PEV	davon EE	Anteil EE am PEV	Anteil der wichtigsten EE am Gesamtanteil EE [%]		
	[PJ]	[PJ]	[%]	Wasser	Biomasse / Abfälle ¹⁾	Sonstige ²⁾
Afrika	25.268	12.372	49,0	2,6	97,0	0,3
Lateinamerika ³⁾	21.592	6.544	30,3	34,1	64,5	1,4
Asien ³⁾	53.844	15.328	28,5	5,2	90,8	4,0
China	72.651	10.794	14,9	13,2	86,8	0,0
Mittlerer Osten	21.073	155	0,7	49,5	28,7	21,8
Übergangsländer	45.248	1.725	3,8	63,4	35,2	1,4
OECD	232.272	13.695	5,9	33,4	54,5	12,1
Welt⁴⁾	479.103	60.610	12,7	17,4	78,6	4,1

Quelle: IEA [31]



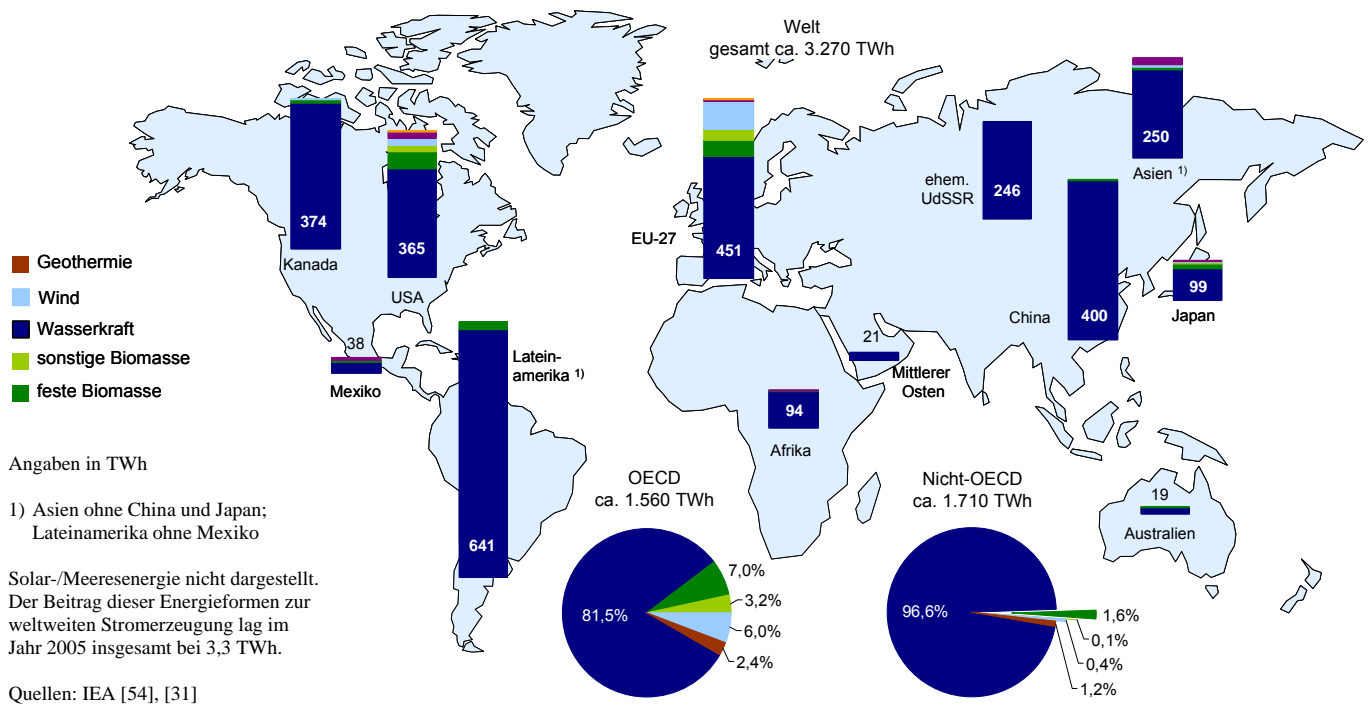
Besonders hoch ist der Anteil der allgemein als erneuerbar bezeichneten Energieformen in Afrika. Ursächlich ist hierfür die traditionelle Nutzung von Biomasse, die jedoch über weite Strecken nicht nachhaltig ist. Einfache Formen des Kochens und Heizens haben Gesundheitsschäden durch offenes Feuer sowie die hier vielfach irreversible Abholzung der Wälder zur Folge. In den Entwicklungsländern – insbesondere in ländlichen Gebieten – sind 2,5 Mrd. Menschen ausschließlich auf traditionelle Biomasse zum Kochen und Heizen angewiesen, das entspricht 40 % der Weltbevölkerung. Die IEA rechnet aufgrund des Bevölkerungswachstums mit einem Anstieg auf über 2,6 Mrd. bis zum Jahr 2015 (2030: 2,7 Mrd.).

Personen, die traditionelle Biomasse nutzen	2004 [Mio.]
Afrika südl. der Sahara	575
Nordafrika	4
Indien	740
China	480
Indonesien	156
Asien sonstige	489
Brasilien	23
Lateinamerika sonstige	60
Gesamt	2.528

Quelle: nach IEA [23]

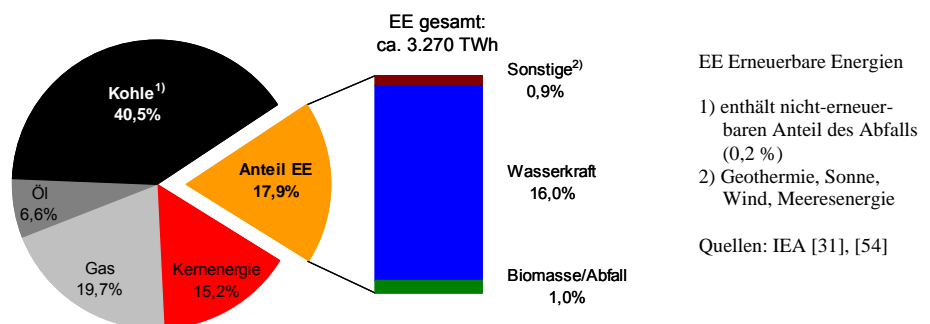
Die Nutzung der Wasserkraft durch große Staudämme stellt zuweilen ebenfalls eine nicht nachhaltige Nutzung der erneuerbaren Energien dar, da sie z. T. mit gravierenden sozialen und ökologischen Folgen einhergeht.

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in verschiedenen Regionen im Jahr 2005



Anteile erneuerbarer Energien an der globalen Stromerzeugung im Jahr 2005

Der Anteil der erneuerbaren Energien an der globalen Stromerzeugung ist seit Jahren rückläufig und betrug im Jahr 2005 17,9 % (1990: 19,5 %). Eine Umkehrung dieses Trends setzt voraus, dass das Wachstum der erneuerbaren Stromerzeugung über der Wachstumsrate der gesamten Stromerzeugung liegt.



In diesem Zusammenhang ist die weitere Entwicklung in den Industrieländern (OECD) von besonderem Interesse, da das relativ geringe Wachstum der Wasserkraft im Wesentlichen die Ursache für den Rückgang des globalen Anteils ist. Die Wasserkraft leistet mit 81,5 % den größten Beitrag innerhalb der erneuerbaren Stromerzeugung gefolgt von der Biomasse mit einem Anteil von 10,2 %. Allerdings sind die Wasserkraftpotenziale in den meisten Industrieländern bereits ausgeschöpft. Der für die Erhöhung des globalen Anteils notwendige Wachstumsschub kann in diesen Ländern nur durch einen verstärkten Ausbau in anderen erneuerbaren Technologieformen realisiert werden.

Betrachtet man die nicht der OECD zugehörigen Länder (Nicht-OECD), die mehr als die Hälfte (52,3%) der globalen erneuerbaren Stromerzeugung bereitstellen, so ist zu erwarten, dass aufgrund des im Vergleich zu den Industrieländern höheren Bevölkerungswachstums sowie steigender Einkommen zukünftig das Wachstum des gesamten Strombedarfs höher ist als in der OECD, mit der Konsequenz, dass im Hinblick auf den globalen Anteil auch das Wachstum der Erneuerbaren zumindest Schritt halten muss.

Internationale Konferenz für Erneuerbare Energien - renewables2004 – und der Folgeprozess



Die Internationale Konferenz für Erneuerbare Energien, renewables2004, in Bonn war der globale Aufbruch in ein neues Energiezeitalter. Die erfolgreiche Umsetzung der knapp 200 Aktionen des Internationalen Aktionsprogramms (IAP) von Bonn trägt bereits heute zum globalen Klimaschutz und zur nachhaltigen Entwicklung bei: Bei der vollständigen Umsetzung des IAP können bis zum Jahr 2015 1,2 Mrd. t CO₂/Jahr weniger emittiert werden, dies entspricht etwa 5 % der globalen Emissionen im Jahre 2015. Die Umsetzung führt global zu Investitionen von mehr als 300 Mrd. US\$. Die globalen Investitionen in erneuerbare Energien haben sich zwischen 2004 und 2007 mehr als verdoppelt. Ausgehend von 30 Milliarden US\$ in 2004 über 38 Milliarden US\$ in 2005 und 55 Milliarden US\$ in 2006 liegen die Schätzungen für 2007 bei 66 Milliarden US\$. Die Umsetzung des IAP wird darüber hinaus bis zu 300 Mio. Menschen erstmals Zugang zu Strom ermöglichen. Die offizielle Abschlussdokumentation, welche die zentralen Konferenzdokumente vereint, und die Auswertung des IAP sind abrufbar unter www.renewables2004.de.

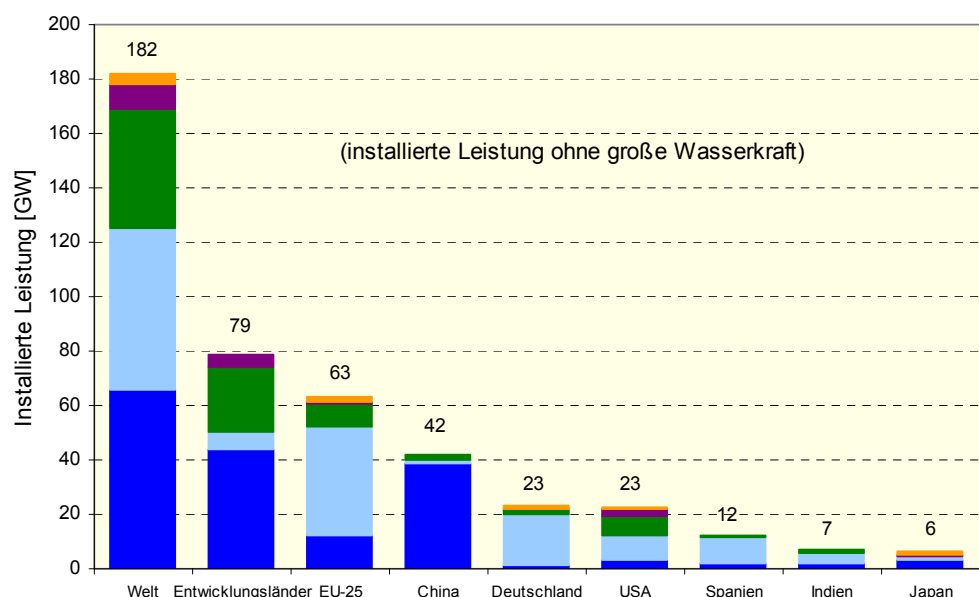
Wesentlichen Anteil daran hat der chinesische Beitrag: So plant China die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung auf 30 % bis 2020. Um dies zu erreichen, hat China 2005 ein Fördergesetz für erneuerbare Energien verabschiedet, das sich in wesentlichen Aspekten an das deutsche Erneuerbare-Energien-Gesetz anlehnt. Die Regierung hat angekündigt, in Zusammenarbeit mit anderen Akteuren mehr als 50 Mrd. Euro für den Ausbau der erneuerbaren Energien aufzubringen.

Installierte Leistung für Strom aus erneuerbaren Energien in der Welt, in den Entwicklungsländern und der EU sowie in den 6 führenden Ländern, 2005

- Solarenergie¹⁾
- Geothermie
- Biomasse
- Windkraft
- Kleine Wasserkraft²⁾

1) Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen und solarthermische Stromerzeugung
 2) Unter großer Wasserkraft werden im Globalen Statusbericht der REN21 Wasserkraftanlagen > 10 MW verstanden. Zu beachten ist, dass im Fall Chinas Anlagen bis 50 MW und bei Brasiliens Anlagen bis 30 MW bei der kleinen Wasserkraft erfasst werden, da diese Länder Kleinwasserkraft anhand dieser Grenzwerte bestimmen und erfassen.

Quelle: REN21 [33]





Ein weiteres Konferenzergebnis, das inzwischen umgesetzt wurde, ist die Gründung eines globalen Politiknetzwerkes (Renewable Energy Policy Network – REN21). Im REN21-Netzwerk arbeiten Regierungen, internationale Organisationen und Vertreter der Zivilgesellschaft für die weltweite Förderung der Erneuerbaren Energien zusammen. Ein wichtiges Ergebnis des REN21-Netzwerkes ist die jährliche Veröffentlichung eines Globalen Statusberichts. Der Bericht gibt einen umfassenden Überblick über die etablierten Förderpolitiken, die Märkte sowie die Investitionen und die damit verbundenen Arbeitsplätze (der Bericht ist abrufbar unter www.ren21.net). Das REN21 Netzwerk verfolgte darüber hinaus die Umsetzung des IAP. Es unterstützte wichtige Veranstaltungen wie die Brüsseler renewables Conference 2007, die Europäische Nachbarschaftskonferenz vom 19. April 2007 oder den Gleneagles Dialog im Rahmen der G8. REN21 unterstützte zudem die Umsetzung der Bonner Beschlüsse bei den Vereinten Nationen, insbesondere bei der 14. und 15. Sitzung der VN Kommission für nachhaltige Entwicklung.

Vom 7. bis 8. November 2005 führte die chinesische Regierung die erste Nachfolgekonferenz Beijing International Renewable Energy Conference (BIREC 2005) mit Unterstützung der Bundesregierung durch. Die Konferenz war mit 1.300 Teilnehmer aus 100 Ländern, darunter 30 Regierungsvertreter auf Ministerebene, sehr erfolgreich, denn sie machte deutlich, dass erneuerbare Energien nicht exklusiv in Industrieländern Anwendung finden. Die chinesische Regierung verstärkte ihr Engagement für erneuerbare Energien gegenüber dem Beitrag zur Bonner Konferenz. Die Ergebnisse der Konferenz sind unter www.birec2005.cn abrufbar.

Vom 4. bis 6. März 2008 wird die amerikanische Regierung die zweite Nachfolgekonferenz, die Washington Renewable Energy Conference (WIREC) durchführen. Damit hat sich die Bonner renewables Konferenz als Prozess etabliert.

Auch eine Reihe von regionalen Aktivitäten sowie die Zusammenarbeit mit wichtigen Entwicklungs- und Schwellenländern werden weiter verfolgt. So unterstützt die Bundesregierung die Förderung der erneuerbaren Energien in den arabischen Ländern u. a. über die arabische Initiative der Middle East and North Africa Renewable Energy Conferences (MENAREC), 2004 in Sana'a (Jemen), 2005 in Amman (Jordanien), 2006 in Kairo (Ägypten) und 2007 in Damaskus (Syrien). Die fünfte Konferenz wird 2008 in Marokko stattfinden. Im Rahmen des deutsch-indischen Energieforums und des deutsch-brasilianischen Energieabkommens wird ebenfalls der Ausbau der erneuerbaren Energien gefördert.

Auf Initiative des BMU wurde das Implementing Agreement Renewable Energy Technology Deployment (RETD) gegründet. Es handelt sich dabei um ein technologieübergreifendes Abkommen, das im Rahmen der Internationalen Energieagentur (IEA) die Markteinführung von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien durch international koordinierte Aktivitäten beschleunigen soll. Nach dem offiziellen Inkrafttreten des Abkommens im September 2005 nimmt das RETD weiter Gestalt an. Mittlerweile sind über zehn Staaten daran beteiligt, neun als offizielle Mitglieder (neben Deutschland sind dies Frankreich, Italien, Großbritannien, Dänemark, Niederlande, Kanada, Irland und Norwegen). Das RETD publiziert aktuelle Informationen zu erneuerbaren Energien und führt Expertentagungen durch, zuletzt im März und Oktober 2007 in Paris. Weitere Informationen unter www.iea-rettd.org.

Darüber hinaus unterstützt die Bundesregierung, wie im Koalitionsvertrag vereinbart, die Etablierung einer Internationalen Agentur für Erneuerbare Energien (IRENA).

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.

1. Berechnung der Einsparfaktoren und der vermiedenen Emissionen für die Stromerzeugung

Die Angaben zur Emissionsvermeidung beruhen auf dem „Gutachten zur CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien“ des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung [41]. Hier wurde detailliert untersucht, in welchem Ausmaß erneuerbare Energien bei dem zurzeit vorhandenen Kraftwerkspark konventionelle Energieträger ersetzen. Die Windstromeinspeisung substituiert zum Großteil Strom aus mit Steinkohle befeuerten Mittellastkraftwerken, zum kleineren Anteil Strom aus Erdgaskraftwerken und in Starkwindzeiten sowie bei niedriger Last auch aus Braunkohlekraftwerken. Wasserkraft dagegen ersetzt aufgrund ihrer Einspeisecharakteristik Braunkohle in der Grundlast. Das Gleiche gilt für die Stromerzeugung aus Geothermie, Deponie- und Klärgas. Dagegen folgen Biogasanlagen, sei es, dass sie wärme- oder stromgeführt betrieben werden, tageszeitlich und saisonal stärker der Netzlast. Sie ersetzen somit überwiegend Mittel- (Steinkohle) und Spitzenlastkraftwerke (Erdgas). Flüssige und feste biogene Brennstoffe, die auf Grund ihrer Lagerfähigkeit flexibel eingesetzt werden können, substituieren überwiegend Steinkohle, in geringerem Maße Braunkohle und Erdgas. Die Stromerzeugung mit Photovoltaik, die mit ihrem Erzeugungsprofil der Stromnachfrage folgt, substituiert zu einem großen Anteil Erdgas und teilweise Steinkohle.

Bei der Kernenergie wird aufgrund des gegenwärtig zur Verfügung stehenden Grundlastangebots keine Substitution durch erneuerbare Energien angenommen, da sie gegenüber den gleichfalls in Grundlast eingesetzten Braunkohlekraftwerken niedrigere Grenzkosten aufweist.

1) nur biogener Anteil

Quelle: ISI [41]

Die Einsparfaktoren wurden entsprechend der hier angegebenen Brennstoffsubstitution ermittelt. Für den CO₂-Einsparfaktor bei Strom ergibt sich der Wert von 921 g/kWh.

	Substitution			
	Kernkraft	Braunkohle	Steinkohle	Gas
Wind	0%	20%	70%	10%
Geothermie & Wasser	0%	100%	0%	0%
Biomasse/Abfall ¹⁾	0%	30%	60%	10%
Photovoltaik	0%	0%	50%	50%
Biogas	0%	0%	70%	30%
Klär- u. Deponiegas	0%	100%	0%	0%

2. Berechnung der Einsparfaktoren und der vermiedenen Emissionen für die Wärmeerzeugung

Die Berechnung berücksichtigt nur direkte Emissionen (inklusive Hilfsstrom und Wärmeverteilung), d. h. keine vor- und nachgelagerten Prozesse wie z. B. die Herstellung oder die Entsorgung von Anlagen. Wenn davon ausgegangen wird, dass Fernwärme und Elektroheizungen nicht ersetzt werden, so ergibt sich folgende Struktur des durch erneuerbare Energien substituierten Wärmebereitstellungsmixes:

Erdgas	Heizöl	Kohle
56,9 %	40,5 %	2,6 %

Für den CO₂-Einsparfaktor bei Wärme ergibt sich der Wert von 232g/kWh.

Quellen: nach VDEW [47]; nach Statistisches Bundesamt [44]

3. 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 Treibhauswirkung 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 2001 [65]	Werte nach IPCC 1996 [51]
CO ₂	Kohlendioxid	1	1
CH ₄	Methan	23	21
N ₂ O	Lachgas	296	310
SF ₆	Schwefelhexafluorid	22.200	23.900
H-FKW	wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe	12 - 12.000	140 - 11.700
FKW	perfluorierte Kohlenwasserstoffe	8.600 - 11.900	6.500 - 9.200

Die Werte nach IPCC [65] aus dem Jahr 2001 geben den derzeitigen wissenschaftlichen Stand wieder. Diese Werte sind jedoch von den Vertragsstaaten noch nicht als verbindlich angenommen worden.

Aus diesem Grund wird in dieser Broschüre im Gegensatz zu früheren Ausgaben mit den Werten des Kyoto-Protokolls nach IPCC aus dem Jahr 1996 [51] gerechnet.

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	Salzsäure	1,601
HCl	Flusssäure	0,878
H ₂ S	Schwefelwassersto	0,983
NH ₃	Ammoniak	3,762

Quelle: Öko-Institut/IZES [22]

4. Berechnung des Primärenergieäquivalents für Strom, Wärme und Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien

Die international angewandte Methode zur Bestimmung des Primärenergieäquivalents von Strom ist die Wirkungsgradmethode. Bei Strom aus Energieträgern, deren Heizwert bekannt ist (fossile Energieträger), wird der jeweilige Heizwert mit der jeweils eingesetzten Menge multipliziert. Bei Strom aus Energieträgern, denen kein Heizwert zugerechnet werden kann, wie bei den erneuerbaren Energieträgern Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik, wird von der Endenergie mit Hilfe eines Wirkungsgrades von 100 % auf die Primärenergie geschlossen. Es entspricht somit z.B. 1 kWh Strom aus Wasserkraft einem Primärenergieäquivalent von 1 kWh. Bei Kernenergie wird für die Festlegung des Primärenergieäquivalents ein Wirkungsgrad von 33 % unterstellt. Diese Methode führt dazu, dass die Energieträger Wasser, Wind und Photovoltaik gegenüber Energieträgern, bei deren Umsetzung ein geringerer Wirkungsgrad angesetzt wird, bei der Definition des Primärenergieverbrauchs stark unterrepräsentiert sind. So beträgt der Anteil der erneuerbaren Energien nach der Wirkungsgradmethode im Jahr 2006 5,6 % (s. Seite 11).

Bei der Berechnung des Primärenergieverbrauchs nach der Substitutionsmethode dagegen wird angenommen, dass der Strom aus Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik, der eine entsprechende Menge Strom in konventionellen Kraftwerken ersetzt, auch deren Brennstoff substituiert. Die Menge des ersetzten Brennstoffs wird im Allgemeinen mittels eines Substitutionsfaktors berechnet, der dem Verbrauch an fossilen Brennstoffen zur Stromerzeugung aus diesen Brennstoffen entspricht (nur Kraftwerke der Allgemeinen Versorgung; Brennstoffverbrauch in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen nach der so genannten Finnischen Methode [72]). In dieser Broschüre jedoch wurde die Brennstoffeinsparung nach dem Gutachten [41] berechnet. Das Primärenergieäquivalent von Strom aus Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik liegt hierbei etwas höher als bei einer Berechnung mittels des Substitutionsfaktors. Nach der Substitutionsmethode beträgt der Anteil der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2006 7,6 % (s. Seite 11).

Bei Strom aus Biomasse, bei denen Heizwert bzw. eingesetzte Menge schwer bestimmbar ist, wird bei beiden Methoden mittels des oben genannten Substitutionsfaktors von der Endenergie auf die Primärenergie geschlossen.

5. Energiebereitstellung aus Photovoltaik und Solarthermie

Photovoltaik

Die Stromerzeugung 2003 bis 2006 entspricht den VDN-Jahresabrechnungen. 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 [28] als Durchschnittswert für Deutschland zur Verfügung gestellt. Die Halbierung trägt der Tatsache Rechnung, dass der Anlagenzubau 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 $450 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$. Zunehmend werden Solarthermieanlagen jedoch nicht nur zur Warmwasserbereitstellung sondern auch zur kombinierten Warmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung eingesetzt. Für 2006 wird der Anteil am Zubau an verglasten Kollektorenfläche auf 55 % geschätzt.

Weil bei Anlagen zur Heizungsunterstützung in den Sommermonaten die Erzeugungsmöglichkeiten nicht voll genutzt werden können, wird bei ihnen mit einem reduzierten Wärmeertrag von $300 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ gerechnet. Bei Schwimmbadabsorbern wird gleichfalls mit einem Ertrag von $300 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ 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 Einsparung fossiler Brennstoffe wird bei der Stromerzeugung anhand der typischen Nutzungsgrade von Braunkohle-, Steinkohle- und Erdgaskraftwerken berechnet.

Kraftwerkstyp	Braunkohle-kraftwerke	Steinkohle-kraftwerke	Erdgas-kraftwerke
Durchschnittliche Nutzungsgrade	36,6 %	37,6 %	43,9 %

Quelle: ISI [41]

Dabei ist zu beachten, dass die verschiedenen erneuerbaren Energien unterschiedliche fossile Brennstoffe einsparen. So reduziert Wasserkraft die Stromerzeugung in Grundlastkraftwerken (Braunkohle), die Nutzung von Windenergie hingegen vorrangig die Stromerzeugung in Mittellastkraftwerken (Steinkohle, Erdgas). Im Einzelnen ist die Systematik in ISI [41] beschrieben (s. a. Anhang Abs. 1).

Bei der Einsparung fossiler Brennstoffe durch die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien werden im Unterschied zur Stromerzeugung die vorgelegten Prozesse der Energiebereitstellung berücksichtigt. Für die Nutzung von erneuerbaren Energien wird dabei näherungsweise angenommen, dass es sich im Wesentlichen um Holzheizungen handelt. Daraus ergibt sich für jede eingesetzte Kilowattstunde Energie aus erneuerbaren Quellen gegenüber Ölheizungen eine Einsparung von 1,11 Kilowattstunden (Primärenergie) bzw. von 1,08 gegenüber Erdgas. Für die verschiedenen Kohleheizungen betragen die Werte 1,59 (Steinkohlebriketts), 1,80 (Braunkohlebriketts) und 2,03 (Steinkohlekoks). Die Festlegung, in welchem Umfang fossile Brennstoffe substituiert werden, entspricht der unter 2. beschriebenen Struktur des Wärmebereitstellungsmixes. Für Kohleheizungen wird angenommen, dass zu 79,6 % Braunkohlebriketts, zu 12,9 % Steinkohlebriketts und zu 7,5 % Steinkohlekoks substituiert werden. Elektrische Heizungen werden bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

Energieträger	Verbrauch an Primärenergie (fossil)
	$\text{kWh}_{\text{prim}}/\text{kWh}_{\text{input}}$
Ölheizung	1,20
Gasheizung	1,17
Steinkohlebrikettheizung	1,68
Steinkohlekoksheizung	2,12
Braunkohlebrikettheizung	1,89
Holzheizung	0,09

Quelle: Öko-Institut [24]

	Verbrauch an Primärenergie (fossil)
	kWh _{prim} /kWh _{input}
Benzin	1,23
Diesel	1,16
Bioethanol	0,51
Rapsöl	0,17
Biodiesel	-0,1

Quelle: Öko-Institut/IZES [22]

Bei der Einsparung fossiler Kraftstoffe durch Biokraftstoffe werden ebenfalls die vorge-lagerten Prozesse der Energiebereitstellung berücksichtigt.

Daraus ergibt sich für jede eingesetzte Kilowattstunde Biodiesel gegenüber Diesel-kraftstoff eine Einsparung von 1,26 Kilowattstunden (Primärenergie). Bei Biodiesel sind Gutschriften für die Nebenprodukte enthalten. Für Bioethanol beträgt der Wert gegenüber Benzin 0,72 kWh, für Rapsöl gegenüber Diesel 0,99 kWh. Pflanzenöl wurde hier mit Rapsöl gleichgesetzt.

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 4,4 Cent/kWh angesetzt werden. Bei einer Stromerzeugung von rund 20 TWh im Jahr 2006 errechnet sich daraus ein Wert von etwa 0,9 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 Biodieselabsatz an öffentlichen Tankstellen wurde beispielsweise von einem Durchschnittspreis von 87 Cent/l netto (102 Cent/l brutto) ausgegangen, für die Abgabe an Fahrzeugflotten und für Beimischungen zu Dieselmotoren 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 78 TWh und einem mittleren Heizölpreis von 58,9 Cent/l [MWV 90] rund 4,6 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 1,4 Mrd. Euro angesetzt wurde.

8. Die Europäische Union (EU)

Die EU-Erweiterung 2004 war die bisher größte Erweiterung der Europäischen Union. 10 neue Mitgliedstaaten - Estland, Lettland, Litauen, Malta, Polen, Slowakei, Slowenien, Tschechien, Ungarn und Zypern - wurden nach in Kraft treten des Beitrittsvertrags zum 1. Mai 2004 in die Gemeinschaft aufgenommen. Bis zur neuerlichen Erweiterung um Bulgarien und Rumänien (1. Januar 2007) bestand die EU damit aus 25 Mitgliedstaaten.

Soweit in der Broschüre Informationen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien dargestellt werden, sind die neuen Mitgliedsstaaten in den Zahlenreihen ab dem Jahr des Beitritts berücksichtigt.

9. Berechnung des Primärenergieäquivalents erneuerbarer Energien für die EU

Für die Berechnung des Primärenergieäquivalents für die Stromerzeugung aus Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik wird hier in Übereinstimmung mit Eurostat die Primärenergie entsprechend der Wirkungsgradmethode mit der Elektrizitätserzeugung gleichgesetzt. Biomasse und Biobrennstoffe zur Strom- und Wärmeerzeugung werden entsprechend ihrem Heizwert bewertet (in Übereinstimmung mit Eurostat aber abweichend zur Methodik, die in der vorliegenden Broschüre für Deutschland angewendet wird, vgl. Anhang Abs. 4). Für die geothermische Stromerzeugung wird hier ein Wirkungsgrad von 10 % unterstellt, d. h. 1 GWh Strom aus Geothermie wird mit 36 TJ Primärenergie bewertet. Für die Wärmeerzeugung aus Geothermie und Solarthermie werden hier Endenergie und Primärenergie gleichgesetzt. In beiden Fällen wird die Wirkungsgradmethode angewendet (siehe Seite 52).

Die sich aus der zum Teil unterschiedlichen Methodik ergebenden Abweichungen gegenüber der Bilanzierung in Deutschland sind aber minimal und fallen bei der Berechnung des Gesamtanteils erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch nicht ins Gewicht. Große Unterschiede würden sich ergeben, wenn analog zur Energiebereitstellung in Deutschland (siehe Seiten 11, 52) die Substitutionsmethode angewendet wird.

10. Anteil der erneuerbaren Energien am Welt-Primärenergieverbrauch

Die Datenbasis im Bereich der erneuerbaren Energien hat sich in den letzten Jahren auch auf internationaler Ebene wesentlich verbessert. Die Aggregation von nationalen Zahlen, um Aussagen über die Entwicklung der Erneuerbaren Energien auf globaler Ebene treffen zu können, ist problematisch. Zwei wichtige Problembereiche sind zu nennen: die Verwendung unterschiedlicher Bilanzierungsmethoden (z. B. die Bilanzierung der thermischen Verwendung von Haus- und Industrieabfällen) und zum anderen Erfassungsprobleme, insbesondere im Bereich der traditionellen Nutzung von Brennholz und Holzkohle, die nur mit großen Unsicherheiten geschätzt werden kann.

Für das Jahr 2005 lässt sich für die erneuerbaren Energien ein Anteil von 12,7 % am globalen Primärenergieverbrauch angeben (berechnet nach der Wirkungsgradmethode, s. a. Seite 52). Dieser Anteil unterscheidet sich signifikant von den in der Frühjahrsausgabe 2007 genannten 13,1 %. Der Unterschied ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass in der verwendeten Quelle die Zahlen des Biomasseverbrauchs in Indien aufgrund neuer Informationen revidiert wurden.

11. OECD

Die Organization for Economic Cooperation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) besteht seit dem 30.09.1961. Zu den Hauptaufgaben zählen die Koordination der Wirtschaftspolitik, hier insbesondere die Konjunktur- und Währungspolitik, und die Koordination und Intensivierung der Entwicklungshilfe der Mitgliedstaaten: Australien, Belgien, Deutschland, Dänemark, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Island, Italien, Japan, Kanada, Korea, Luxemburg, Mexiko, Neuseeland, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Polen, Schweden, Schweiz, Slowakei, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, USA. Die OECD hat ihren Sitz in Paris. Die internationale Energieagentur (IEA) ist eine Unterorganisation der OECD; ihr Sitz ist Paris.

Umrechnungsfaktoren

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

Terawattstunde:	1 TWh = 1 Mrd. kWh
Gigawattstunde:	1 GWh = 1 Mio. kWh
Megawattstunde:	1 MWh = 1.000 kWh

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

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)		

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

Treibhausgase

CO₂	Kohlendioxid
CH₄	Methan
N₂O	Lachgas
SF₆	Schwefelhexafluorid
H-FKW	wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe
FKW	perfluorierte Kohlenwasserstoffe

Weitere Luftschadstoffe

SO₂	Schwefeldioxid
NO_x	Stickoxide
HCl	Chlorwasserstoff (Salzsäure)
HF	Fluorwasserstoff (Flusssäure)
CO	Kohlenmonoxid
NM VOC	flüchtige Kohlenwasserstoffe ohne Methan

Quellenverzeichnis

Mitteilungen aus:

- [1] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Berlin, 2007 und Vorjahre
- [2] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Satellitenbilanz Erneuerbare Energieträger 1995-1999, Berlin
- [3] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart
- [5] Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2004, 2005, 2006, 2007
- [7] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Gülzow, 2004, 2005, 2006
- [10] Bundesverband Solarwirtschaft (BSW), Berlin
- [12] EnBW Kraftwerke AG Stuttgart, 2007 und Vorjahre
- [15] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Münster, 2007
- [16] Bundesverband WindEnergie (BWE), Osnabrück 2000, 2001, 2002
- [19] Rationelle Energietechnik GmbH (ZfS), Hilden
- [22] Öko-Institut Darmstadt, Institut für Zukunfts-Energie-Systeme (IZES): Umwelteffekte der Strom- und Wärmebereitstellung sowie der Kraftstoffnutzung im Jahr 2004, Saarbrücken
- [24] Umweltbundesamt (UBA), Dessau 2007
- [26] Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V., München, 2007 und Vorjahre
- [28] Solarenergie-Förderverein Deutschland e. V. (SFV), Aachen, 2005
- [66] Solar Verlag GmbH, Aachen, Dezember 2007/Januar 2007
- [67] Bundesministerium für Finanzen (BMF): Mineralöl- und Energiesteuerstatistik, Berlin, 2007
- [71] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW)
- [70] Institut für Energetik und Umwelt (IE), Leipzig, März 2007
- [75] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Berlin, 2007
- [79] Erdwärme-Kraft GbR, Berlin, 2007

Literatur:

- [4] Umweltbundesamt (UBA): Deutsches Treibhausgasinventar 1990- 2005, Nationaler Inventarbericht 2007, Dessau, 2007.
- [6] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.): Ausbau Erneuerbarer Energien im Stromsektor bis zum Jahr 2020: Vergütungszahlungen und Differenzkosten durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz, Stuttgart, Wuppertal, Dezember 2005, www.erneuerbare-energien.de.
- [8] Institut für Energetik und Umwelt (IE): Fortschreibung der Daten zur Stromerzeugung aus Biomasse, Leipzig, 2004, 2005.
- [9] Verband der Netzbetreiber – VDN – e. V. beim BDEW, www.bdew.de, Berlin.
- [11] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) (Hrsg.): Primärenergieverbrauch in Deutschland nur wenig gestiegen, in: Wochenbericht Nr.8/2007.
- [13] Institut für Energetik und Umwelt (IE): Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung auf der Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, Endbericht, Leipzig, 2003, www.erneuerbare-energien.de.
- [14] Umweltbundesamt (UBA): Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementinstrumente –ProBas, Dessau 2006.
- [17] Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V. (VDEW): Endenergieverbrauch in Deutschland, VDEW-Materialien, Frankfurt a. M., 1998/1999/2000/2001/2002/2003.
- [18] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Auswertungstabellen zur Energiebilanz für Deutschland von 1990 bis 2005, Berlin.
- [20] Institut für Energetik und Umwelt (IE): Erfahrungen mit dem novellierten EEG hinsichtlich der Stromerzeugung aus Biomasse, Leipzig, Februar 2006, www.erneuerbare-energien.de.
- [21] Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V. (VDEW): Strom-Daten 4/2007.
- [23] International Energy Agency: World Energy Outlook 2006, IEA/OECD, Paris 2006.
- [25] Erfahrungsbericht der Bundesregierung: Bericht über den Stand der Markteinführung und der Kostenentwicklung von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien (Erfahrungsbericht zum EEG) vom 28. Juni 2002, Berlin, www.erneuerbare-energien.de.
- [27] Nitsch, J.: Leitstudie 2007 – „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ Aktualisierung und Neubewertung bis zu den Jahren 2020 und 2030 mit Ausblick bis 2050. In Zusammenarbeit mit dem DLR, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Februar 2007, www.erneuerbare-energien.de.
- [29] Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft (VIK): Statistik der Energiewirtschaft, Essen, 2000/2001.



Quellenverzeichnis

- [30] International Energy Agency (IEA): World Energy Outlook 2004, OECD/IEA, 2004.
- [31] International Energy Agency (IEA), Paris: Renewables Information, Edition 2006, Edition 2007, IEA/OECD.
- [32] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg: Energie, Jährliche Statistiken, 2004 Edition, 2006 Edition, 2007 Edition.
- [33] REN21.2006: Renewables Global Status Report 2006 Update, Paris: REN21 Secretariat and Washington, DC: Worldwatch Institute (<http://ren21.net/>).
- [34] European Commission: Eurostat Online Database, <http://epp.eurostat.cec.eu.int/>.
- [35] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Solar Thermal Barometer, in: Systèmes Solaires, n° 180, juillet 2007.
- [36] Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières [DGEMP]: La production d'énergie renouvelable en France en 2006, Paris, Mai 2007.
- [37] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Geothermal Energy Barometer, in: Systèmes Solaires, n° 181, September 2007.
- [38] Ramesohl, S.; Nitsch, J.; Pehnt, M.; u. a.: Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Einführung alternativer Kraftstoffe, insbesondere regenerativ erzeugten Wasserstoffs. Arbeitsgemeinschaft WI, DLR, IFEU, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, März 2006.
- [39] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI): Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern. Gutachten im Rahmen von Beratungsleistungen für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 6. April 2006, www.erneuerbare-energien.de.
- [40] Umweltbundesamt (UBA): Pressemitteilung (16/2007) vom 30.03.2007: Kohlendioxid ausstoß 2006 leicht gestiegen, Dessau, 2007.
- [41] Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI): Gutachten zur CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien, Karlsruhe, 2005, www.erneuerbare-energien.de.
- [42] Neubarth, J.; Woll, O.; Weber, C.; Gerecht, M.: Beeinflussung der Spotmarktpreise durch Windstromerzeugung. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 56 (7), S. 42-45, (2006).
- [43] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Was Strom aus erneuerbaren Energien wirklich kostet, April 2007, www.erneuerbare-energien.de.
- [44] Statistisches Bundesamt Deutschland: Mikrozensus-Zusatzerhebung 2003.
- [45] European Renewable Energies Federation (EREF): Prices for Renewable Energies in Europe: Feed in Tariffs versus Quota Systems – a Comparison, Report 2006/2007, Editor: Dr. Dörte Fouquet.
- [46] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Wind Energy Barometer, in: Systèmes Solaires n° 177, February 2007.
- [47] Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V. (VDEW): Energie Spezial - Endenergieverbrauch in Deutschland 2004, Berlin, 2006.
- [48] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung: Globale Umweltveränderungen: Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit, (WBGU), Berlin 2003.
- [49] Deutscher Energie-Pellet-Verband (DEPV): Deutscher Energie-Pellet-Verband rechnet mit neuem Aufschwung bei Pelletheizungen, Pressemitteilung vom 10.10.2007, www.depv.de.
- [50] European Wind Energy Association (EWEA): Wind Power Installed in Europe by End of 2006 (Cumulative), www.ewea.org.
- [51] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1996.
- [52] Ragwitz, M.: Strategien und Politikoptionen zur Förderung erneuerbarer Energien in Europa, Cottbus, 20. Februar 2007.
- [53] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Biofuels Barometer, in: Systèmes Solaires, n° 179, May 2007.
- [54] International Energy Agency (IEA): Energy Balances of Non-OECD Countries, 2007 Edition.
- [55] E. Wagner: Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft, in: VDEW: Elektrizitätswirtschaft, Heft 24, 2000.
- [56] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW): Aktualisierung der Schätzung der Beschäftigungszahlen im Umweltschutz. Gutachten im Auftrag des Umweltbundesamtes. Berlin 2004.
- [57] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS): Verkehr in Zahlen 2006/2007, Deutscher Verkehrs-Verlag.
- [58] European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF): Solar thermal markets in Europe (trends and market statistics 2006), June 2007.
- [59] European Wind Energy Association (EWEA): Wind Power Installed in Europe by End of 2005 (Cumulative), www.ewea.org.
- [60] Global Wind Energy Council (GWEC): Press Release: Global wind energy markets continue to boom – 2006 another record year, Brussels, 2 February 2007.
- [61] Status of Photovoltaics 2005 in the European Union New Member and Candidate States, report prepared by the Centre of Photovoltaics, Warsaw University of Technology.
- [62] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in Deutschland – Stand 31.12.2006, DEWI Magazin Nr. 30, Februar 2007, www.dewi.de.
- [63] International Energy Agency (IEA): Energy Balances of OECD Countries, 2007 Edition.
- [64] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): „Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte 2006“, Abschlussbericht des Vorhabens „Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt – Follow up“, September 2007.

- [65] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Third Assessment Report (TAR), 2001; weitere Informationen unter www.ipcc.de.
- [68] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Aktuelle Forschungsvorhaben im Bereich Querschnittsthemen der Erneuerbaren Energien, Fachtagung am 23. und 24. Februar 2006, Berlin, August 2006, www.erneuerbare-energien.de.
- [69] International Energy Agency (IEA): Trends in photovoltaic applications – Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2006, Photovoltaic Power Systems Programme, Report IEA-PVPS T1-16:2007, www.iea-pvps.org.
- [72] Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. (VIK): CO₂-Kennzeichnung von Strom aus KWK-Anlagen - Brennstoffzuordnung auf elektrische- und thermische Energie, www.vik.de.
- [73] Wenzel, B.; Diekmann, J.: Ermittlung bundesweiter, durchschnittlicher Strombezugskosten von Elektrizitätsversorgungsunternehmen, Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, September 2006.
- [74] Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V. (VDEW): Energie Info - Endenergieverbrauch in Deutschland 2005, Berlin, 2007.
- [76] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in der Bundesrepublik Deutschland – Stand 31.12.2003, DEWI Magazin Nr. 24, Februar 2004, www.dewi.de.
- [77] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in Deutschland – Stand 31.12.2004, DEWI Magazin Nr. 26, Februar 2005, www.dewi.de.
- [78] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in Deutschland – Stand 31.12.2005, DEWI Magazin Nr. 28, Februar 2006, www.dewi.de.
- [80] Morthorst, P. E.: Impact of wind power on power spot prices, Workshop - Renewable Electricity Production in the Internal Energy Market, 12. December 2006, www.optres.fhg.de.
- [81] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Innovation durch Forschung – Jahresbericht 2006 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien, März 2007, www.erneuerbare-energien.de.
- [82] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Photovoltaic Barometer, in: Systèmes Solaires, n° 178, April 2007.
- [83] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) : Amtliche Mineralölstatistik, www.bafa.de.
- [84] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): Energiedaten – Nationale und internationale Entwicklung, Stand: 23.3.2007, www.bmwi.de.
- [85] Wenzel, B.: Kosten- und Nutzenwirkungen des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes aus gesamtwirtschaftlicher Sicht. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2007.
- [86] Sensfuß, F.; Ragwitz, M.: Analyse des Preiseffektes der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien auf die Börsenpreise im deutschen Stromhandel-Analyse für das Jahr 2006-, Gutachten des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 30. April 2007.
- [87] Bohlmann, J.: Biokraftstoffe der zweiten Generation: Herstellungsoptionen, Stand der Technik, Effizienz und Kosten, Tagung „Mobil mit Biomasse“, 27. September 2006, Stuttgart.
- [88] Roadmap Biokraftstoffe – Stand 14.11.2007, Gemeinsame Strategie von BMU/BMELV, VDA, MWV, IG, VDB und DBV, www.bmu.de.
- [89] Sensfuß, F.; Ragwitz, M.; Genoese, M.: The Merit-order effect: A detailed analysis of the price effect of renewable electricity generation on spot market prices in Germany. Working Paper Sustainability and Innovation No. S 7/2007, S. 7. Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research.
- [90] Mineralölwirtschaftsverband e.V. (MWV): Jahresbericht 2006, www.mwv.de.

Informationen zu erneuerbaren Energien
(u.a. BMU-Dokumente, Pressemitteilungen,
Forschungsergebnisse, Publikationen)
unter www.erneuerbare-energien.de