



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

UMWELTPOLITIK



Erneuerbare Energien in Zahlen - nationale und internationale Entwicklung

Stand: Mai 2006



DAS HAT ZUKUNFT.

Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Referat Öffentlichkeitsarbeit · D-11055 Berlin
E-Mail: service@bmu.bund.de
Internet: www.bmu.de · www.erneuerbare-energien.de

Text und fachliche Durchsicht: Dr. Frithjof Staiß, Dipl.-Ing. (FH) Christel Linkohr, Dipl.-Kffr. Ulrike Zimmer
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart

Redaktion: Dr. Wolfhart Dürrschmidt, Andrea Meyer, Dipl.-Ing. (FH) Dieter Böhme,
BMU, Referat KI I 1 (Allgemeine und grundsätzliche Angelegenheiten der Erneuerbaren Energien)

Gestaltung: Feldes & Vogt GmbH & Co KG Werbeagentur, Bonn
Druck: Bonifatius GmbH, Paderborn

Abbildungen: Titelseite: Getty Images (M. Dunning); Enercon / Block Design; Visum
(K. Sawabe); zefa; Getty Images (C. Coleman)
Seite 5: Brigitte Hiss, Christoff Edelhoff, Dieter Böhme, Stadtwerke Crailsheim GmbH,
Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP), EnBW Kraftwerke AG, Stuttgart

Stand: Mai 2006
1. Auflage: 20.000 Stück

Liebe Leserin,
lieber Leser,

Energie ist für Wirtschaft und Alltag unverzichtbar. Wir brauchen Primärenergieträger für Wärme, Strom und Mobilität. In der Vergangenheit haben wir Energie fast ausschließlich aus konventionellen Rohstoffen wie Kohle, Öl, Gas und Uran gewonnen. Aber diese Reserven sind endlich. Außerdem bürden wir unseren Nachkommen mit dem Klimawandel und Tausende von Jahren strahlendem Atommüll eine sehr schwere Last auf. Die Fairness verlangt, unsere Energiepolitik grundlegend zu ändern: den Anteil erneuerbarer Energien auszubauen und die Energieeffizienz bei der Umwandlung und der Nutzung von Energie zu steigern. Die Kombination beider Strategien bringt Versorgungssicherheit, Kostenstabilität und Klimaschutz.



2005 ist der Anteil erneuerbarer Energien erneut kräftig gewachsen. Solarenergie, Wind- und Wasserkraft, Bioenergie und Geothermie tragen inzwischen 6,4 % zum Endenergieverbrauch bei. Beim Bruttostromverbrauch haben sie 10,2 % erreicht, bei der Wärmebereitstellung 5,3 % und beim Kraftstoffverbrauch 3,6 %. Insgesamt konnten 2005 durch erneuerbare Energien rund 84 Millionen Tonnen CO₂ vermieden werden. Die Bundesregierung hat ein anspruchsvolles Ausbauziel für erneuerbare Energien: Bis 2050 soll die Hälfte des Energieverbrauchs erneuerbar gedeckt werden. Wir sind auf gutem Weg, dieses Ziel zu erreichen – gemeinsam mit allen, die in erneuerbare Energien investieren – seien es Firmen oder Verbraucherinnen und Verbraucher.

Erneuerbare Energien sind ein wichtiger Wirtschaftsfaktor für Deutschland. Die Branche hat 2005 rund 16,4 Milliarden Euro umgesetzt. Sie gibt 170.000 Frauen und Männern einen Arbeitsplatz. Die Nachfrage nach Anlagen für erneuerbare Energien wächst auf dem Weltmarkt. Unsere Unternehmen sind inzwischen bei Windenergie und Wasserkraft, Solarenergie und Biomasse technologisch führend; das schlägt sich in vollen Auftragsbüchern nieder. Den Ausbau der erneuerbaren Energien im eigenen Land zu forcieren und damit auch unsere Stellung auf dem Weltmarkt auszubauen, schützt die Umwelt und bietet Vorteile für die deutsche Wirtschaft und für Länder, die nicht in die Entwicklung neuer Technologien investieren können, aber Opfer des Klimawandels sind.

Sigmar Gabriel

Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit



Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien - Statistik (AGEE-Stat)

Das Bundesumweltministerium hat im Einvernehmen mit dem Bundeswirtschaftsministerium und dem Bundeslandwirtschaftsministerium eine Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik (AGEE-Stat) eingerichtet, um die Statistik zu den 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),
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi),
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV),
- Umweltbundesamt (UBA),
- Statistischen Bundesamt (StBA),
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR),
- Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW),
- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) und dem
- Bundesverband Erneuerbare Energien e. V. (BEE).

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

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

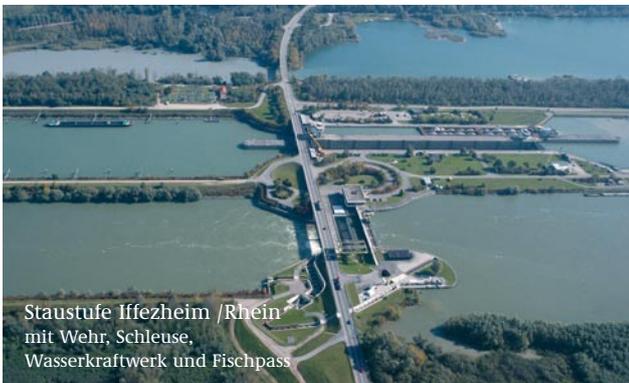
Weitere Informationen zur AGEE-Stat und zu erneuerbaren Energien sind auf der Internet-Themenseite des BMU www.erneuerbare-energien.de zu finden.



Wohnanlage mit Solarstromanlage



Windenergieanlage



Staufstufe Iffezheim /Rhein mit Wehr, Schleuse, Wasserkraftwerk und Fischpass



Installation von Solarkollektoren in Crailsheim



Tanken mit Biodiesel



Forstamt Grünewald, Berlin



Offshore-Forschungsplattform FINO 1 in der Nordsee

Erneuerbare Energien in Deutschland: Garanten für Klimaschutz und Versorgungssicherheit	8
Das Wichtigste im Jahr 2005 auf einen Blick!	10
Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung im Jahr 2005	11
Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2005	11
Zeitliche Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien von 1990 bis Ende 2005	12
Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung	13
Struktur des Primärenergieverbrauchs im Jahr 2005	13
Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2005	13
Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2005	14
Entwicklung der energiebedingten Emissionen von 1990 bis 2005	16
Energiebedingte Emissionen nach Quellgruppen im Jahr 2004	17
Anteile der Quellgruppen an den energiebedingten CO ₂ - und Feinstaub- Emissionen im Jahr 2004	17
Umsatz aus der Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2005	18
Umsatz aus dem Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2005	18
Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien im Jahr 2005	19
Beschäftigungswirkungen der Nutzung erneuerbarer Energien	19
Förderprogramme für erneuerbare Energien	20
Das Marktanzreizprogramm	21
Forschung und Entwicklung zu Technologien der erneuerbaren Energien	22
Einspeisung und Vergütung nach dem Stromeinspeisungsgesetz (StrEG) und dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	23
Struktur der nach dem EEG vergüteten Strommengen	23
Kosten für die Stromverbraucher	24
Gesamtwirtschaftliche externe Kosten	25
Langfristiges Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom-, Wärme- und Kraftstoffherzeugung	26

Szenario eines verstärkten Ausbaus erneuerbarer Energien	27
Erneuerbare Energien in Europa	28
Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch von 1990 bis 2004	28
Nutzung erneuerbarer Energien in ausgewählten EU-Ländern im Jahr 2004	29
Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt	30
Instrumente zur Förderung der erneuerbaren Energien im Strommarkt	31
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU-15 von 1990 bis 2004	32
Stromerzeugung aus Windenergie in der EU von 1990 bis 2005	32
Gesamte installierte Windleistung in der EU Ende 2005	33
Entwicklung der installierten Windleistung in der EU von 1990 bis 2005	33
Weltweite Nutzung erneuerbarer Energien	34
Struktur des Welt-Primärenergieverbrauchs im Jahr 2003 im Vergleich zum Jahr 1971	34
Mittlere Wachstumsraten des Primärenergieverbrauchs und der erneuerbaren Energien im Zeitraum 1990 bis 2003	35
Struktur der Nutzung erneuerbarer Energien nach Anwendungsbereichen im Jahr 2003	35
Anteile erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch im Jahr 2003	36
Regionale Verteilung erneuerbarer Energien im Jahr 2003	36
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in verschiedenen Regionen im Jahr 2003	37
Anteile erneuerbarer Energien an der weltweiten Stromerzeugung im Jahr 2003	37
Internationale Konferenz für Erneuerbare Energien - <i>renewables2004</i> – und der Folgeprozess	38
Anhang	
Methodische Hinweise	39
Umrechnungsfaktoren, Treibhausgase und weitere Luftschadstoffe	44
Quellenverzeichnis	45

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 über 10 % Anteil an der deutschen Elektrizitätsversorgung 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 2005 haben sie den Ausstoß von rund 84 Millionen Tonnen des Klimagases CO₂ verhindert. Ohne die erneuerbaren Energien wäre das deutsche Klimaschutzziel im Rahmen des Kyoto-Protokolls in weiter Ferne.
- Sie diversifizieren die Rohstoffvielfalt, machen unabhängig 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 2005 mit erneuerbaren Energien ein Gesamtumsatz von rd. 16,4 Mrd. Euro erzielt; 170.000 Menschen waren 2005 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.

Erneuerbare Energien in Deutschland

Der bisherige Ausbau erneuerbarer Energien ist eine Erfolgsgeschichte. Aber die Ziele der Bundesregierung sind noch weiter gesteckt: Der Anteil erneuerbarer Energien an der Energieversorgung soll bis zum Jahr 2010 gegenüber 2000 mindestens verdoppelt werden: 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 Primärenergieverbrauchs aus regenerativen Quellen stammen. Das BMU hält es für realisierbar, bis 2020 mit erneuerbaren Energien 25 % an der Stromversorgung abzudecken. Weitere innovative Instrumente, beispielsweise ein Gesetz für einen verstärkten Ausbau der erneuerbaren Energien im Wärmebereich, können den Durchbruch für die erneuerbaren Energien auch im Wärmemarkt bringen.

Windenergie

Vorreiter des dynamischen Ausbaus der erneuerbaren Energien ist die Windenergie. Mit 18.428 Megawatt installierter Leistung im Jahr 2005 liegt Deutschland weltweit vorne; 26,5 TWh Strom haben diese Kraftwerke 2005 produziert, das sind 4,3 % der gesamten Stromerzeugung.

Auch 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.

Neben der Offshore-Nutzung und dem weiteren Ausbau an Land wird es in den nächsten Jahren auch darum gehen, den Stromertrag vorhandener Windenergieanlagen durch eine Modernisierung erheblich zu steigern („Repowering“).

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 der Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2004, ist der Weg für Strom aus nachwachsenden Rohstoffen sowie biogenen Rest- und Abfallstoffen geebnet worden. Außerdem sind Biokraftstoffe steuerbegünstigt; eine Beimischungspflicht für Biokraftstoffe wird derzeit entwickelt. Holzheizungen und Holzkraftwerke, Biogas-Anlagen und Biokraftstoffe leisten bereits heute einen Beitrag von 3,3 % zur Energieversorgung in Deutschland.

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. Damit die Technologien weiterentwickelt und die großen deutschen Erdwärmepotenziale an verschiedenen Standorten erschlossen werden, fördert die Bundesregierung verschiedene Projekte zur geothermischen Stromerzeugung. Das EEG legt darüber hinaus eine Einspeisevergütung fest.

Wasserkraft

Für den Ausbau der Wasserkraft liegen die wichtigsten Potenziale im Ersatz und in der Modernisierung vorhandener Anlagen. Eine Leistungssteigerung verbunden mit der Verbesserung des gewässerökologischen Zustands ist erklärtes Ziel der Bundesregierung.

Fotovoltaik / Solarthermie

Die Stromerzeugung aus Sonnenenergie mit Solarzellen hat sich durch die Förderung im Rahmen des EEG innerhalb von zwei Jahren verdreifacht. Rund eine Milliarde Kilowattstunden Solarstrom wurde 2005 erzeugt. Technische Innovationen und wachsende Märkte werden auch weiterhin dazu führen, dass Strom aus Fotovoltaik-Anlagen mit jedem Jahr kostengünstiger wird.

Sonnenkollektoren erfreuen sich zunehmender Beliebtheit. Rund 1 Million Anlagen unterstützen in Deutschland die Erwärmung von Brauch- und Heizungswasser. Die Kosten für Solarkollektoranlagen konnten in den vergangenen 12 Jahren halbiert werden. Hohe Öl- und Gaspreise und die Förderung im Rahmen des Marktanreizprogramms des Bundes werden auch weiterhin den Einbau solarthermischer Anlagen voranbringen.

Weitere 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 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 2005 auf einen Blick!

Deutschland bei der Sonnenenergienutzung weiter auf Vormarsch

Fotovoltaik-Weltmeister: Zubau von 600 MW_p (2004: 500 MW_p), höher als in Japan (etwa 330 MW_p) [BSW 73]; **Zubau solarthermischer Kollektorfläche:** rund 960.000 m² (2004: 750.000 m²) auf insgesamt über 7 Mio. m².

Wind vor Wasserkraft

Nettozubau von 1.808 MW etwa 20 % geringer als im Vorjahr, entspricht jedoch den Erwartungen; insgesamt (einschließlich des Anlagenersatzes) 18.428 MW installiert.

Biokraftstoffe und -strom auf dem Vormarsch

EEG-Novelle stärkt den Ausbau im Strommarkt;
2 Mio. t-Grenze bei Biokraftstoffen überschritten;
Absatz von Pelletheizungen weiter steigend (ca. 10.000 Anlagen).

Wasserkraft stabilisiert

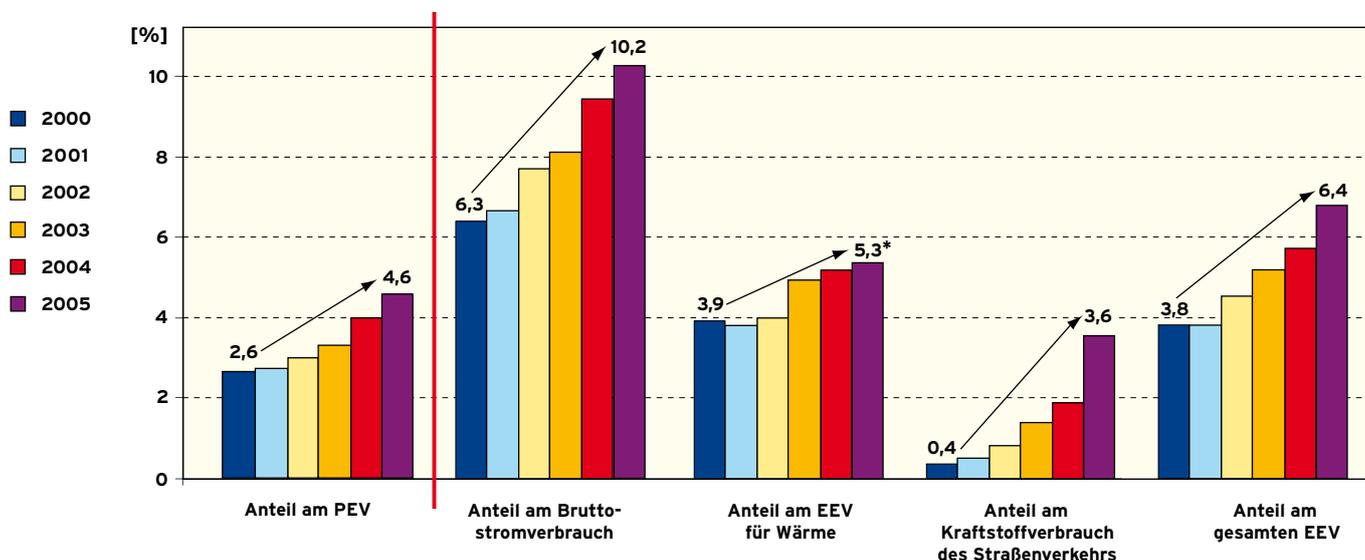
Günstigere Witterungsbedingungen führten zu höheren Erträgen.

Geothermie in Position

Im Strommarkt zahlreiche Projekte in der Planung;
Absatz von Wärmepumpen weiter steigend (über 18.000 Anlagen) [BWP 26].

Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung:

- ✓ 4,6 % am Primärenergieverbrauch (2004: 4,0 %)
- ✓ 10,2 % am Bruttostromverbrauch (2004: 9,5 %)
- ✓ 5,3 % am Endenergieverbrauch für Wärme (2004: 5,1 %)
- ✓ 3,6 % am Kraftstoffverbrauch für den Straßenverkehr (2004: 1,9 %)
- ✓ 6,4 % am gesamten Endenergieverbrauch (Strom, Wärme, Treibstoffe; 2004: 5,7 %)



PEV Primärenergieverbrauch, EEV Endenergieverbrauch, Quellen: siehe nachfolgende Tabellen

* ab dem Jahr 2003 neue Daten aus dem Energiestatistikgesetz (EnStatG) berücksichtigt

Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung im Jahr 2005

	Endenergie [GWh]	Primärenergieäquivalent ¹⁾		Anteil am Endenergieverbrauch [%]	Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch ¹²⁾		
		nach Wirkungsgradmethode [PJ]	nach Substitutionsmethode [PJ]		nach Wirkungsgradmethode [%]	nach Substitutionsmethode [%]	
Stromerzeugung	Wasserkraft ²⁾	21.524	77,5	211,7	3,53	0,54	1,5
	Windenergie	26.500	95,4	251,5	4,34	0,67	1,7
	Fotovoltaik	1.000	3,6	8,9	0,16	0,025	0,1
	biogene Festbrennstoffe	5.400	44,9	44,9	0,88	0,3	0,3
	biogene flüssige Brennstoffe	430	3,6	3,6	0,07	0,03	0,02
	Biogas	2.500	20,8	20,8	0,41	0,15	0,14
	Klärgas	864	7,2	7,2	0,14	0,05	0,05
	Deponiegas	2.200	18,3	18,3	0,36	0,1	0,1
	biogener Anteil des Abfalls ³⁾	2.050	17,0	17,0	0,34	0,1	0,1
	Geothermie ⁴⁾	0,2	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0
Summe	62.468	288,2	583,8	10,2	2,0	4,0	
Wärmeerzeugung	biogene Festbrennstoffe (Haushalte)	56.000		201,6	3,70	1,4	1,4
	biogene Festbrennstoffe (Industrie) ⁵⁾	10.833		39,0	0,72	0,3	0,3
	biogene Festbrennstoffe HKW/HW ⁶⁾	1.993		7,2	0,13	0,05	0,05
	biogene flüssige Brennstoffe ⁷⁾	417		1,5	0,03	0,01	0,01
	biogene gasförmige Brennstoffe ⁷⁾	3.194		11,5	0,21	0,08	0,08
	biogener Anteil des Abfalls ³⁾	3.577		12,9	0,24	0,09	0,09
	Solarthermie	2.960		10,7	0,20	0,07	0,07
	tiefe Geothermie	114		0,4	0,01	0,003	0,003
	oberflächennahe Geothermie	1.472		5,3	0,10	0,04	0,04
	Summe	80.560	290,0		5,3	2,0	2,0
	Kraftstoff	Biodiesel	18.600		67,0	2,99	0,5
Pflanzöl		2.047		7,4	0,33	0,05	0,05
Bioethanol		1.683		6,0	0,27	0,04	0,04
Summe		22.330	80,4		3,6	0,6	0,6
gesamt	165.358	658,6	954,2	6,4	4,6	6,6	

PEV Primärenergieverbrauch
14.238 PJ, Stand Januar 2006
EEV Endenergieverbrauch

- 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 2005 geschätzt auf der Basis von Angaben für 2003
- 6) nach §§ 3 und 5, Energiestatistikgesetz; HKW= Heizkraftwerke, HW= Heizwerke
- 7) teilweise geschätzt, bei Gasen einschließlich der Direktnutzung von Klärgas
- 8) bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2005 von 611 TWh
- 9) bezogen auf den EEV für Raumwärme, Warmwasser und sonstige Prozesswärme 2003 von 186 Mio. t SKE oder 5.451 PJ
- 10) bezogen auf den Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr 2005 von 2.239 PJ
- 11) bezogen auf EEV 2004 von 9.237 PJ
- 12) bei einem Substitutionsfaktor von 8.309 kJ/kWh (Stand 2004, vorläufig), siehe Anhang Abs. 4.

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

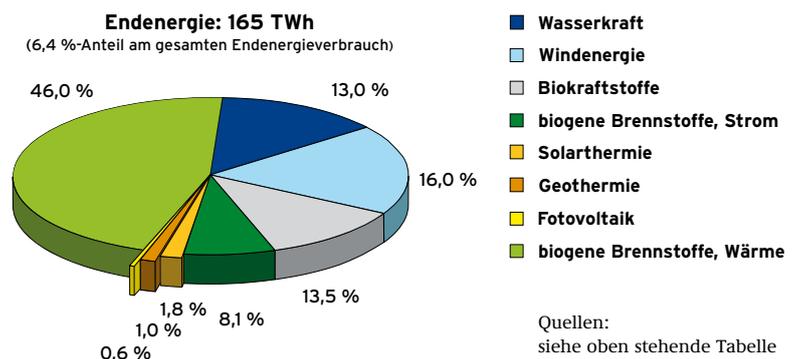
Die derzeit gültige Methode zur Berechnung des Primärenergieäquivalents von Strom aus erneuerbaren Energien ist die Wirkungsgradmethode. Die Substitutionsmethode, die beispielsweise bei der Berechnung der durch erneuerbare Energien verminderten Emissionen und Brennstoffeinsätze angewandt wird, ist hier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

Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2005

Rund 68 % 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 42 % und die Wasserkraft mit 35 % Anteil von großer Bedeutung.



Zeitliche Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien von 1990 bis Ende 2005

Endenergie

- 1) bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss
- 2) für 2005 Zubau von 1.808 MW abzüglich 9 MW abgebauter Windenergieanlagen
- 3) bis 1998 nur Einspeisung in das Netz der allgemeinen Versorgung
- 4) Anteil des biogenen Abfalls zu 50 % angesetzt
- 5) abweichend zu den Vorjahren ab 2003 Angaben nach §§ 3, 5 (Heizkraft- und Heizwerke) und § 8 (Industrie) des Energiestatistikgesetzes von 2003 sowie Direktnutzung von Klärgas und Wärme aus dem biogenen Anteil des Abfalls
- 6) entspricht für 2005:
 - Biodiesel: 1.800.000 Tonnen, ca. 2.045 Mio. Liter;
 - Pflanzenöl: 196.000 Tonnen, ca. 213 Mio. Liter;
 - Bioethanol: 226.000 Tonnen, ca. 286 Mio. Liter

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

k.A. = keine Angabe

Quellen:

ZSW [3]; EnBW [12]; BWE [16]; VDN [9]; StBA [5]; BMELV [15]; IE [8], [20], [13]; VDN [9]; AGEb [2], [18]; FNR [7]; SFV [28]; DIW [11]; DEWI [69]

	Wasserkraft ¹⁾		Windenergie ²⁾		Biomasse Strom ³⁾		biogener Anteil des Abfalls, Strom ⁴⁾	Fotovoltaik		Geothermie Strom		Summe Stromerzeugung	Anteil am Bruttostromverbrauch
	[GWh]	[MW]	[GWh]	[MW]	[GWh]	[MW]		[GWh]	[MW _p]	[GWh]	[MW]		
1990	17.000	4.403	40	56	222	190	1.200	1	2	0	0	18.463	3,4
1991	15.900	4.403	140	98	250	k. A.	1.200	2	3	0	0	17.492	3,2
1992	18.600	4.374	230	167	295	227	1.250	3	6	0	0	20.378	3,8
1993	19.000	4.520	670	310	370	k. A.	1.200	6	9	0	0	21.246	4,0
1994	20.200	4.529	940	605	570	276	1.300	8	12	0	0	23.018	4,3
1995	21.600	4.521	1.800	1.094	670	k. A.	1.350	11	16	0	0	25.431	4,7
1996	18.800	4.563	2.200	1.547	853	358	1.350	16	24	0	0	23.219	4,2
1997	19.000	4.578	3.000	2.082	1.079	400	1.400	26	36	0	0	24.505	4,5
1998	19.000	4.601	4.489	2.875	1.642	409	1.750	32	45	0	0	26.913	4,8
1999	21.300	4.547	5.528	4.444	1.791	604	1.850	42	58	0	0	30.511	5,5
2000	24.936	4.572	7.550	6.112	2.279	664	1.850	64	100	0	0	36.679	6,3
2001	23.383	4.600	10.509	8.754	3.206	790	1.859	116	178	0	0	39.073	6,7
2002	23.824	4.620	15.786	11.965	4.017	952	1.945	188	258	0	0	45.760	7,8
2003	20.350	4.640	18.859	14.609	6.970	1.137	2.162	333	408	0	0	48.674	8,1
2004	21.000	4.660	25.509	16.629	8.347	1.550	2.116	557	908	0,2	0,2	57.529	9,5
2005	21.524	4.680	26.500	18.428	11.394	2.192	2.050	1.000	1.508	0,2	0,2	62.468	10,2

	Biomasse Wärme ⁵⁾	Solarthermie		Geothermie Wärme	Summe Wärme-erzeugung	Biodiesel ⁶⁾	Pflanzenöl ⁶⁾	Bioethanol ⁶⁾	Summe Kraftstoffe	Gesamte Endenergiebereitstellung	Anteil am Endenergieverbrauch	Anteil am Primärenergieverbrauch	
		[GWh]	[1.000m ²]										[MW]
1990	k. A.	130	340	238	k.A.	k.A.	k.A.	0	0	0	k.A.	k.A.	k.A.
1991	k. A.	166	468	328	k.A.	k.A.	2	0	0	2	k.A.	k.A.	k.A.
1992	k. A.	218	590	413	k.A.	k.A.	52	0	0	52	k.A.	k.A.	k.A.
1993	k. A.	279	749	524	k.A.	k.A.	103	0	0	103	k.A.	k.A.	k.A.
1994	k. A.	351	946	662	k.A.	k.A.	258	0	0	258	k.A.	k.A.	k.A.
1995	k. A.	440	1.159	811	1.425	k.A.	310	0	0	310	k.A.	k.A.	k.A.
1996	k. A.	550	1.457	1.020	1.383	k.A.	517	0	0	517	k.A.	k.A.	k.A.
1997	48.546	695	1.821	1.275	1.335	50.576	827	0	0	827	75.908	2,9	2,0
1998	51.613	857	2.194	1.536	1.384	53.854	1.033	0	0	1.033	81.800	3,1	2,2
1999	50.951	1.037	2.641	1.849	1.429	53.417	1.343	0	0	1.343	85.271	3,3	2,3
2000	54.314	1.279	3.284	2.299	1.433	57.026	2.583	0	0	2.583	96.288	3,8	2,6
2001	55.326	1.626	4.199	2.939	1.447	58.399	3.617	0	0	3.617	101.089	3,8	2,7
2002	54.626	1.955	4.749	3.324	1.483	58.064	5.683	0	0	5.683	109.580	4,3	3,0
2003	70.346	2.465	5.478	3.835	1.532	74.343	8.267	52	0	8.319	131.336	5,1	3,6
2004	72.259	2.573	6.235	4.365	1.558	76.390	10.850	52	484	11.386	145.305	5,7	4,0
2005	76.014	2.960	7.197	5.038	1.586	80.560	18.600	2.047	1.683	22.330	165.358	6,4	4,6

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

Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung

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

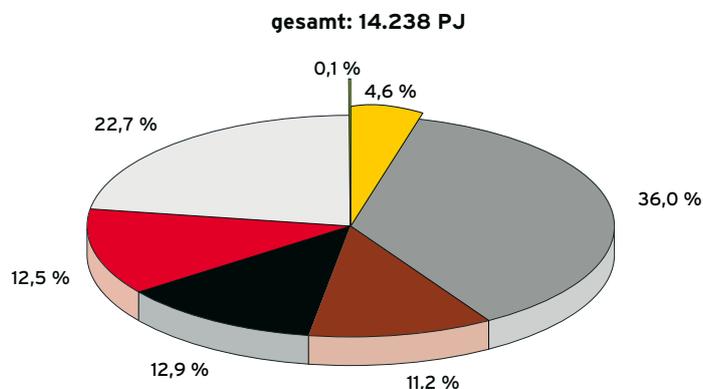
EE Erneuerbare Energien

1) Bezugsjahr für Wärme 2003

2) nach Wirkungsgradmethode, siehe Anhang Abs. 4

Quellen:
nach vorherigen Tabellen sowie nach VDEW [17]; nach AGEB [1], [18]; BMELV [15]; FNR [7]; ZSW [3]; DIW [11]; BMVBW [68]

Struktur des Primärenergieverbrauchs im Jahr 2005



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

vorläufige Angaben, Primärenergieverbrauch Stand Januar 2006

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

Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2005

	Braun- kohle	Stein- kohle	Erdgas	Öl schwer / Heizöl leicht	Diesel- Kraftstoff	Otto- Kraftstoff	gesamt
Primärenergie [TWh]							
Strom	88,1	67,9	10,7	-	-	-	166,7
Wärme ¹⁾	1,7	0,4	45,9	37,1	-	-	85,2
Kraftstoff	-	-	-	-	25,5	1,2	26,7
gesamt	89,8	68,3	56,6	37,1	25,5	1,2	278,6
Primärenergie [PJ]							
gesamt	323,3	245,9	203,8	133,7	91,7	4,4	1002,8
das entspricht	35,9 Mio. t	8,5 Mio. t	6.029 Mio. m ³	3.733 Mio. Liter	2.562 Mio. Liter	137 Mio. Liter	

Zur Berechnung der Einsparung fossiler Energieträger siehe auch Anhang Abs. 6.

1) die Substitution von Stromheizungen ist nicht berücksichtigt

Quellen: ZSW [3]; IZES [22]; Öko-Institut [24]; nach ISI [41]

Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2005

Stromerzeugung aus Wasser, Wind, Biomasse, Solarenergie und Geothermie: 62.468 GWh

Die bei der Stromerzeugung aus Biomasse entstehenden Emissionen wurden hier berücksichtigt. Biomasse ist CO₂-neutral.

- 1) weitere Treibhausgase (SF₆, FKW, H-FKW) nicht berücksichtigt
- 2) weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH₃, HCl, HF) nicht berücksichtigt
- 3) Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon

Zur Berechnung der Emissionsfaktoren und der vermiedenen Emissionen siehe Anhang Abs. 1.

Quellen:
ZSW [3]; IZES [22]; ISI [41];
Öko-Institut [24]

Treibhausgas/ Luftschadstoff		Emissions- faktor [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhaus- effekt ¹⁾	CO ₂	929.147	58.042
	CH ₄	12,3	0,8
	N ₂ O	32,1	2,0
	CO₂-Äquivalent	938.942	58.654
Versauerung ²⁾	SO ₂	510,8	31,9
	NO _x	568,8	35,5
	SO₂-Äquivalent	907,3	56,7
Ozon ³⁾	CO	282,6	17,7
	NM VOC	12,0	0,7
	Staub	27,6	1,7

Wärmebereitstellung aus Biomasse, Solarthermie und Geothermie: 80.560 GWh

- 1) bezogen auf Endenergie, nur Raumwärme sowie zentrale Warmwasserversorgung privater Haushalte, Wärmebereitstellungsmix ohne erneuerbare Energien im Jahr 2003
- 2) weitere Treibhausgase (SF₆, FKW, H-FKW) nicht berücksichtigt
- 3) weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH₃, HCl, HF) sind hier nicht berücksichtigt
- 4) Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon

Zur Berechnung der Emissionsfaktoren und der vermiedenen Emissionen siehe Anhang Abs. 2.

Quellen:
ZSW [3]; Gemis, Öko-Institut [14];
Stat. Bundesamt [44]; VDEW [17]

Treibhausgas/ Luftschadstoff		Emissions- faktor ¹⁾ [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhaus- effekt ²⁾	CO ₂	228.555	18.412
	CH ₄	8,3	0,7
	N ₂ O	1,9	0,2
	CO₂-Äquivalent	229.308	18.473
Versauerung ³⁾	SO ₂	140,8	11,3
	NO _x	88,3	7,1
	SO₂-Äquivalent	203,6	16,4
Ozon ⁴⁾	CO	297,0	23,9
	NM VOC	11,6	0,9
	Staub	2,9	0,2

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 entstehenden anderen Treibhausgase (Methan, Distickstoffoxid) sowie Luftschadstoffe (insbesondere Kohlenmonoxid und Staub) sind hier nicht berücksichtigt, weil ihre Bilanzierung einschließlich der vorgelagerten Prozessketten derzeit im Rahmen eines Forschungsvorhabens für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik aktualisiert wird.

Bei älteren Feuerungsanlagen oder bei der Verbrennung von Holz im Kachel- oder Kaminofen sind sie zum Teil wesentlich höher als im fossilen Wärmebereitstellungsmix. Moderne Holzfeuerungen (Heizungen und Heizwerke) können die Emissionen jedoch erheblich reduzieren.

Biogene Kraftstoffe : 22.330 GWh (1.800.000 t Biodiesel, 196.000 t Pflanzenöl, 226.000 t Bioethanol)

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 Rapsschrot 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. Für den in der Tabelle angegebenen CO₂-Äquivalent-Emissionsfaktor wird davon ausgegangen, dass durch den Einsatz von Biokraftstoffen derzeit etwa 80 % der vergleichbaren Klimagasemissionen fossiler Kraftstoffe vermieden werden.

Bei der Berechnung des SO₂-Äquivalents werden neben den hier dargestellten Emissionen an SO₂ und NO_x auch andere versauernde Schadstoffemissionen mit einbezogen, vor allem Ammoniak (NH₃). Hier ist die Bilanz der biogenen Kraftstoffe aufgrund der NH₃-Emissionen beim Pflanzenanbau ungünstiger als bei den fossilen Kraftstoffen, so dass sich insgesamt bei der Versauerung eine Mehremission (negativer Einsparfaktor) ergibt.

Da künftig beim Energiepflanzenanbau verbesserte Methoden, Fruchtfolgen und Anbausysteme zum Einsatz kommen werden, lassen sich die Mehremissionen mittelfristig vermeiden.

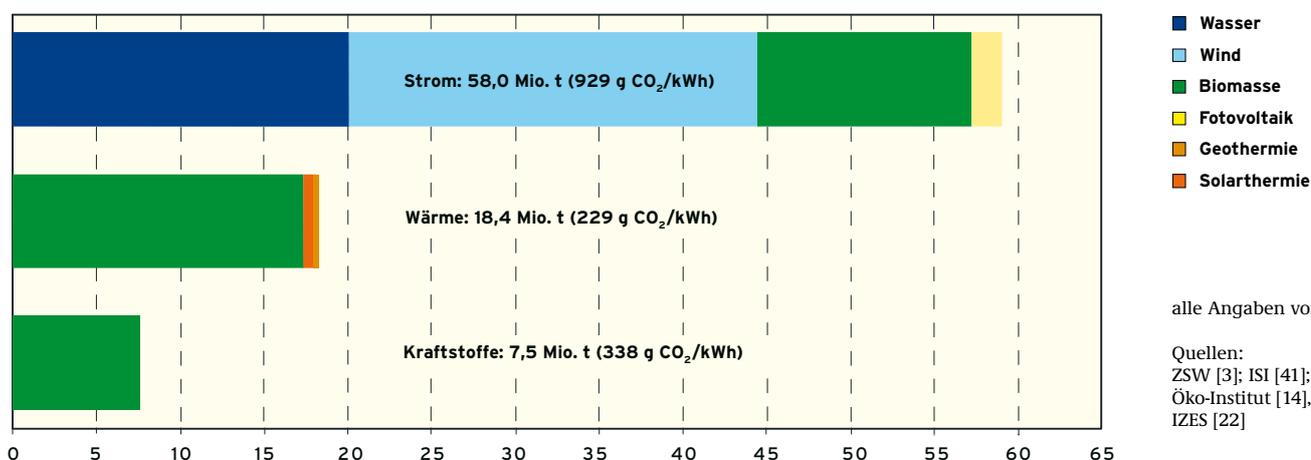
Treibhausgas/ Luftschadstoff		Emissions- faktor [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhaus- effekt ¹⁾	CO ₂	338.055	7.549
	CH ₄	260,2	5,8
	N ₂ O	-382,0	-8,5
	CO₂-Äquivalent	230.970	5.157
Versauerung ²⁾	SO ₂	609,2	13,6
	NO _x	128,9	2,9
	SO₂-Äquivalent	-287,1	-6,4
Ozon ³⁾	CO	50,6	1,1
	NMVOG	91,1	2,0
	Staub	3,6	0,1

- weitere Treibhausgase (SF₆, FKW, H-FKW) hier nicht berücksichtigt
- weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH₃, HCl, HF) sind hier nicht angegeben, in der Berechnung des SO₂-Äquivalentfaktors jedoch enthalten
- Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon

Quellen: ZSW [3];
Öko-Institut Darmstadt [24]

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

Gesamte CO₂-Reduktion durch die Nutzung erneuerbarer Energien



Der Beitrag erneuerbarer Energien zum Klimaschutz ist deutlich größer als zur Energieversorgung. Durch die Nutzung erneuerbarer Energien wurden im Jahr 2005 rund 84 Mio. Tonnen CO₂ vermieden, d. h. ohne ihre Nutzung wären die gesamten CO₂-Emissionen (ca. 786 Mio. Tonnen) rund 10,7 % höher. Der Beitrag der erneuerbaren Energien zum Primärenergieverbrauch beträgt dagegen nur 4,6 %.

Entwicklung der energiebedingten Emissionen von 1990 bis 2005

Stand März 2006; 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
- 4) Berechnung/Schätzung DIW

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 vorheriger Jahre.

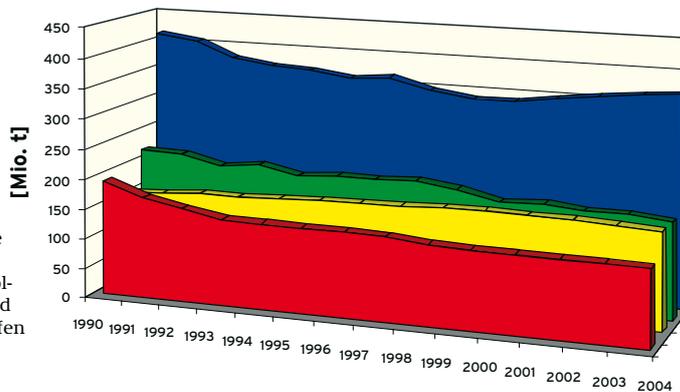
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -Äquivalent ¹⁾	SO ₂	NO _x ²⁾	NH ₃	SO ₂ -Äquivalent ³⁾	CO	NM VOC	Staub
	[Mio. t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[Mio. t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]
1990	946	1.513	25	985	5.231	2.727	15	7.185	11.413	2.174	2.364
1991	916	1.425	24	953	3.835	2.513	16	5.646	9.252	1.684	740
1992	872	1.288	24	906	3.144	2.366	17	4.855	7.971	1.462	427
1993	864	1.325	23	899	2.785	2.263	18	4.429	7.215	1.209	276
1994	844	1.199	23	877	2.326	2.124	19	3.874	6.263	937	188
1995	840	1.141	23	871	1.641	2.027	18	3.121	5.785	832	154
1996	867	1.125	23	898	1.361	1.945	19	2.788	5.512	745	146
1997	833	1.117	22	863	1.130	1.874	20	2.509	5.426	683	142
1998	826	1.011	22	854	887	1.837	20	2.241	5.061	619	130
1999	804	1.062	22	833	709	1.811	20	2.045	4.726	549	127
2000	803	995	22	831	563	1.749	20	1.855	4.386	465	123
2001	821	941	22	847	564	1.661	20	1.795	4.110	434	120
2002	808	931	21	834	528	1.575	19	1.698	3.849	394	117
2003	814	888	22	839	530	1.506	19	1.649	3.730	362	115
2004	805	771	21	828	505	1.457	18	1.588	3.515	339	114
⁴⁾ 2005	786	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

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

Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen von 1990 bis 2004

- Industrie
- Verkehr
- Haushalte und Kleinverbraucher
- Energiewirtschaft¹⁾

¹⁾ Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung, Fernheizwerke sowie Industrieheizungen und Industriekraftwerke der Mineralölverarbeitung, der Gewinnung und Herstellung von festen Brennstoffen und sonstiger Energieindustrien



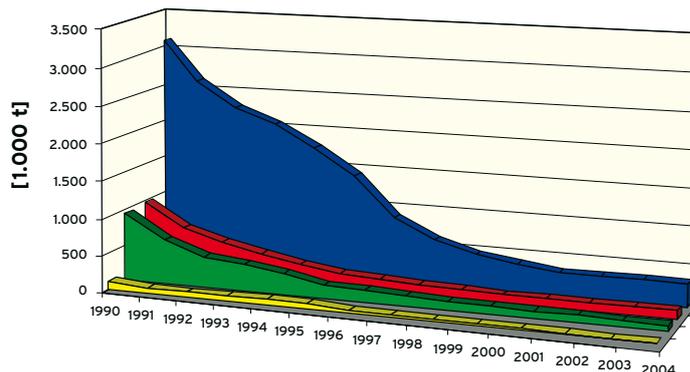
Quelle: UBA [4]

Die energiebedingten CO₂-Emissionen wurden zwischen 1990 und 2005 um rund 15 % gesenkt; die gesamten Treibhausgasemissionen wurden bis zum Jahr 2004 um rund 16 % gesenkt.

Entwicklung der energiebedingten SO₂-Emissionen von 1990 bis 2004

- Industrie
- Verkehr
- Haushalte und Kleinverbraucher
- Energiewirtschaft

Quelle: UBA [4]



Die energiebedingten Emissionen von Schwefeldioxid konnten zwischen 1990 und 2004 um rund 90 % gesenkt werden.

Energiebedingte Emissionen nach Quellgruppen im Jahr 2004

		Energie- wirtschaft ¹⁾	Haushalte und Klein- verbraucher ²⁾	Verkehr ³⁾	Industrie ⁴⁾	gesamt ⁵⁾	Einsparung durch EE ⁶⁾ (Jahr 2005)
CO ₂	[Mio. t]	363,8	170,7	171,2	99,5	805,2	84,0
CH ₄	[1.000 t]	6,0	30,7	10,0	5,7	52,6	7,2
N ₂ O	[1.000 t]	12,6	1,7	4,4	2,8	21,4	-6,4
CO ₂ -Äquivalent ⁷⁾	[Mio. t]	367,7	171,9	172,7	100,4	812,7	82,3
SO ₂	[1.000 t]	316,7	77,6	1,5	91,4	487,2	56,9
NO _x ⁸⁾	[1.000 t]	276,1	188,5	846,8	145,9	1.457,3	45,5
SO ₂ -Äquivalent ⁹⁾	[1.000 t]	519,6	220,7	632,6	197,5	1.507,4	66,6
CO	[1.000 t]	134,4	1.001,9	1.750,0	619,7	3.506,1	42,7
NM VOC	[1.000 t]	8,6	87,2	185,0	6,0	286,8	3,7
Staub	[1.000 t]	12,6	33,8	61,0	2,5	109,9	2,0

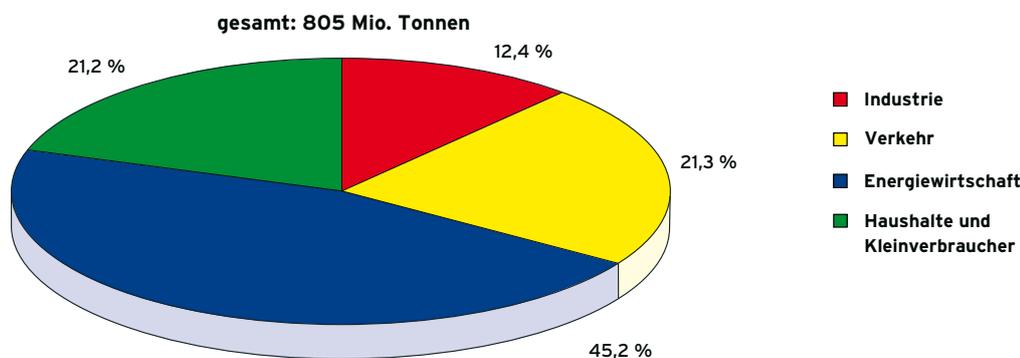
Stand Frühjahr 2006

- 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- und forstwirtschaftlicher Verkehr sowie militärischer Boden- und 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) berücksichtigt sind SO₂, NO_x und NH₃ (NH₃ hier nicht dargestellt), bei der Einsparung durch erneuerbare Energien siehe Anmerkungen der vorherigen Seiten, Emissionen durch Wärmebereitstellung aus Biomasse nicht berücksichtigt

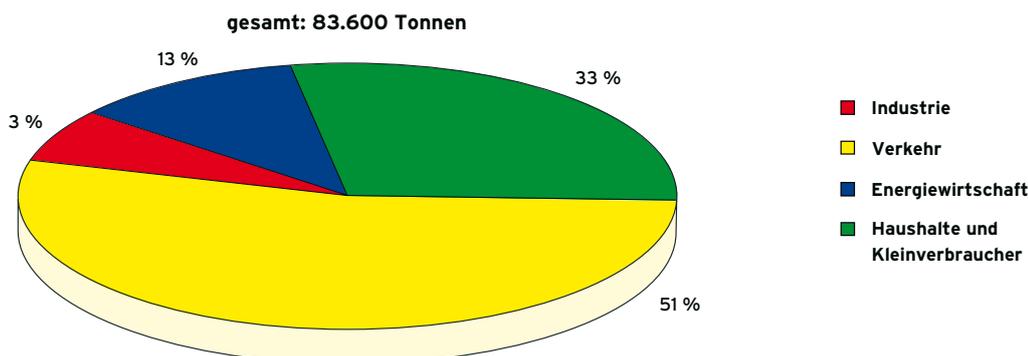
Quellen: UBA [4]; ZSW [3]

Quelle: UBA [4]

Anteile der Quellgruppen an den energiebedingten CO₂-Emissionen im Jahr 2004



Anteile der Quellgruppen an den energiebedingten Feinstaub-Emissionen im Jahr 2004



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.

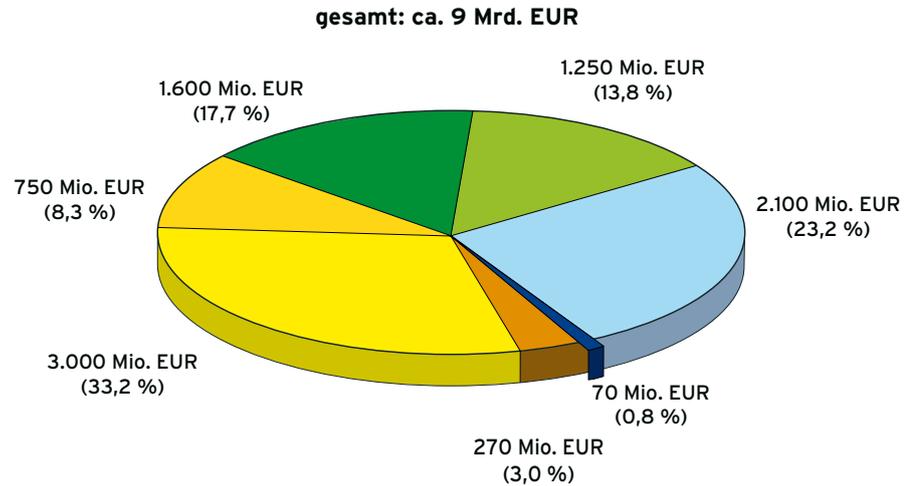
Quelle: UBA [4]

Umsatz aus der Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2005

- Wind
- Wasser
- Geothermie¹⁾
- Fotovoltaik
- Solarthermie
- Biomasse Strom
- Biomasse Wärme

Schätzung
1) Großanlagen und Wärmepumpen

Quelle: ZSW [3]



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 aus dem Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2005

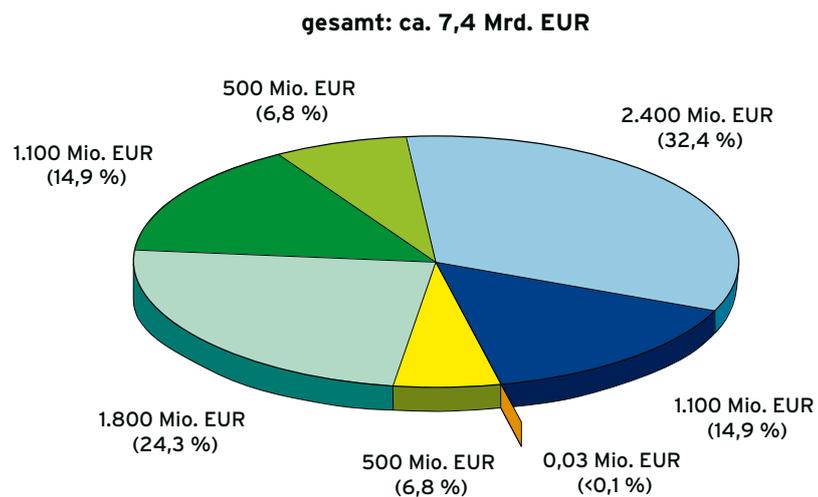
- Wind
- Wasser
- Geothermie
- Fotovoltaik
- Biokraftstoffe
- Biomasse Strom
- biogene Festbrennstoffe¹⁾

Schätzung

1) nur Brennstoffe, die ausschließlich zur Wärmebehandlung eingesetzt werden

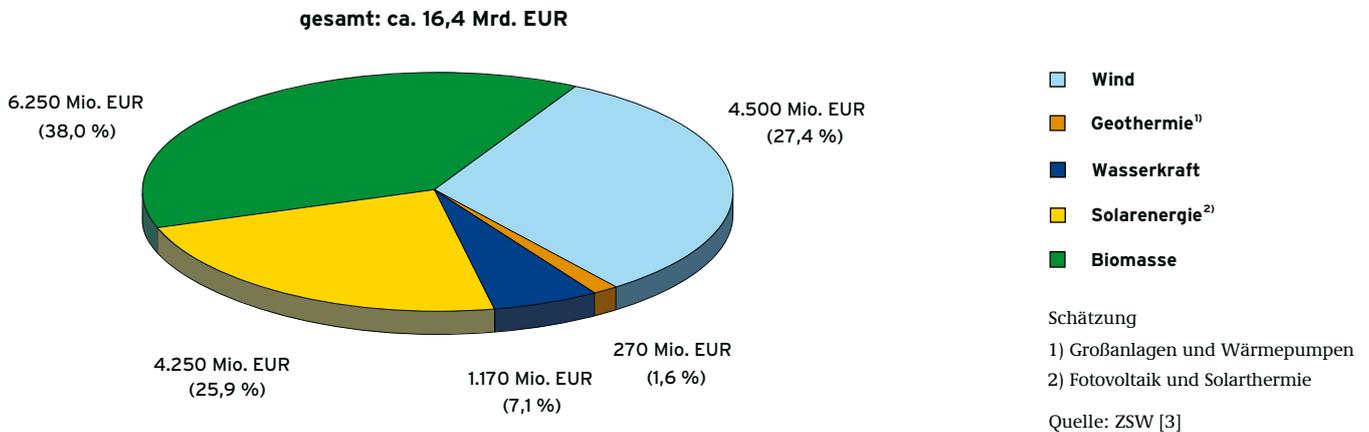
Erläuterungen siehe Anhang Abs. 7.

Quelle: ZSW [3]



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.

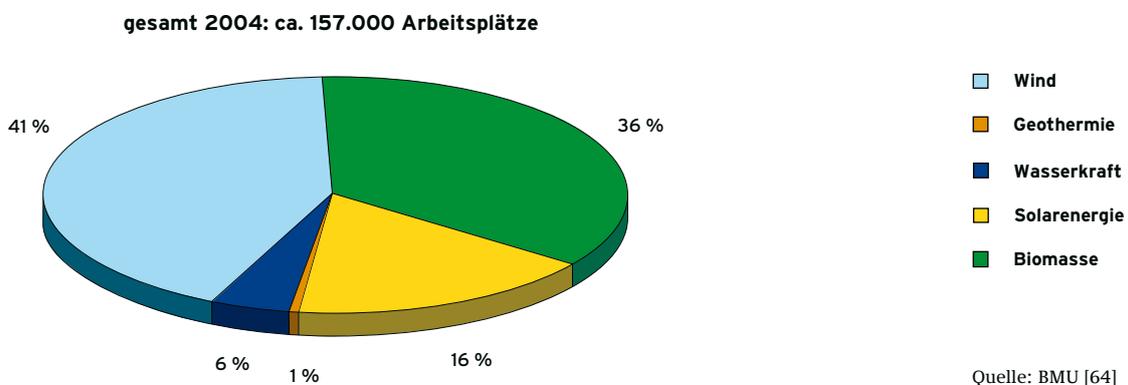
Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien im Jahr 2005



Beschäftigungswirkungen der Nutzung erneuerbarer Energien

Die erneuerbaren Energien sind ein Jobmotor für Deutschland. Ihr anhaltender Ausbau hat in Deutschland zu einem deutlichen Beschäftigungszuwachs geführt.

Für das **Jahr 2004** können der Branche der erneuerbaren Energien 157.000 Arbeitsplätze zugerechnet werden. Die wichtigste Sparte ist nach wie vor die Windenergie (64.000 Arbeitsplätze). Danach folgen der Bereich Biomasse (57.000 Arbeitsplätze) – einschließlich der durch die Nachfrage nach biogenen Brennstoffen und Biokraftstoffen induzierten Beschäftigungseffekte – und die Solarwirtschaft (25.000 Arbeitsplätze), die beide im Hinblick auf die ausgelösten Beschäftigungsimpulse zuletzt schneller wuchsen als die Windbranche. Wasserkraft und Geothermie zeichnen für etwa 11.000 Arbeitsplätze verantwortlich. Grundlage dieser Angaben ist ein laufendes Forschungsprojekt des BMU, in dem im Sommer 2005 eine breit angelegte Unternehmensbefragung durchgeführt wurde, um die Waren- und Dienstleistungsströme in den verschiedenen Bereichen der erneuerbaren Energien abzubilden.



Diese Ergebnisse sind aufgrund der breiten empirischen Datenbasis nur eingeschränkt mit früheren Angaben zu den Beschäftigungswirkungen erneuerbarer Energien vergleichbar.

Für das **Jahr 2005** kann der Beschäftigungseffekt auf etwa 170.000 abgeschätzt werden. Dies entspricht gegenüber 2004 einem Zuwachs von knapp 10 %.

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 von der Mineralölsteuerbegünstigung im Rahmen der Ökologischen Steuerreform profitieren. Zukünftig soll die Markteinführung von Biokraftstoffen auch durch eine Beimischungspflicht unterstützt werden. Das ebenfalls 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. Im Jahr 2005 wurden dafür rund 193 Mio. Euro bereitgestellt.

Kleinere Anlagen privater Investoren werden mit Zuschüssen unterstützt, größere Anlagen mit zinsverbilligten Darlehen und Teilschulderlassen. Einzelheiten der Förderung sind in den Förderrichtlinien geregelt.

Im Wohngebäudebereich liegen die Schwerpunkte insbesondere in der Förderung von Solarkollektoranlagen und Biomasseheizungen (Holzpellet- und Scheitholzvergaserkessel). Darüber hinaus werden auch Biogasanlagen (befristet bis Ende 2006) sowie Anlagen zur Nutzung fester Biomasse und der Tiefengeothermie gefördert, teilweise mit Nahwärmenetzen. Die Förderrichtlinien wurden im Programmverlauf mehrfach der Marktentwicklung angepasst.

Seit März 2006 gelten im Marktanreizprogramm neue Förderrichtlinien (Richtlinien vom 14. März 2006). Die Steigerung der Preise für fossile Energieerzeugung hat dazu geführt, dass die Mehrkosten für erneuerbare Energien sich deutlich verringert haben. Dadurch wurde es möglich, die Zuschüsse für Solaranlagen und für Pellet- und Scheitholzvergaserkessel gegenüber den Förderrichtlinien von Juni 2005 um 20 Prozent abzusenken, ohne die Attraktivität des Förderprogramms zu beeinträchtigen. Die neuen Fördersätze ermöglichen die Förderung einer erheblich größeren Zahl von Anlagen als in den Vorjahren und einen entsprechenden Marktzuwachs. 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.

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 Fotovoltaikanlagen („Solarstrom erzeugen“), für den Neubau von Energiesparhäusern („Ökologisches Bauen“) und für Maßnahmen zur Modernisierung des Wohnraumes („Sanieren und Modernisieren“) vergeben (nähere Informationen unter: www.kfw-foerderbank.de).

Auskünfte über Zuschüsse im Rahmen des Marktanreizprogramms 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 beantwortet das Informationszentrum der KfW-Förderbank, Tel. 01801 335577 (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.

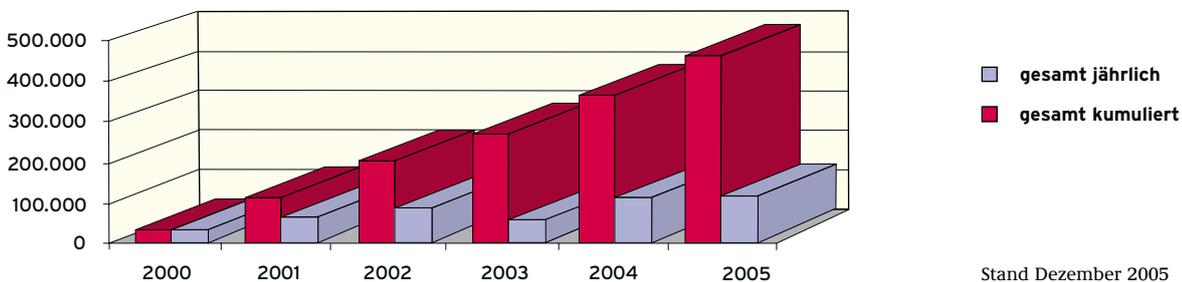
Das Marktanreizprogramm

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 und/oder Strom aus erneuerbaren Energien. Besondere Bedeutung besitzt das Programm für die Markteinführung der Wärme erzeugenden Technologien. So wurden seit Programmbeginn bis Ende 2005 über 421.500 Solarkollektoranlagen mit einer Fläche von 3,6 Mio. Quadratmetern gefördert und über 60.000 kleine Biomassekessel installiert.

Die KfW-Förderbank gewährt ergänzend bei Biogasanlagen, größeren Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse und Anlagen zur Nutzung der Tiefengeothermie Förderdarlehen. Im Zeitraum von 2000 bis 2005 wurden 2.567 Darlehen in einer Höhe über 741 Mio. Euro zugesagt. Insgesamt wurden aus dem Marktanreizprogramm seit dem Programmstart mehr als 485.000 Investitionsvorhaben zur Nutzung erneuerbarer Energien gefördert.

Mit den ausgereichten Mitteln in Höhe von 665,4 Mio. Euro wurde seit Programmbeginn 2000 ein Investitionsvolumen von fast 5 Mrd. Euro angeschoben, davon rd. 3,2 Mrd. Euro für Solarkollektoren und 0,96 Mrd. Euro für kleine Biomasseanlagen. Im Jahr 2005 flossen vom kalkulatorischen Aufkommen aus der Besteuerung des Stroms aus erneuerbaren Energien in der Höhe von 659 Mio. Euro rund ein Drittel in das Marktanreizprogramm. Seit März 2006 gelten neue Förderrichtlinien zum Marktanreizprogramm (siehe Seite 20).

Anzahl der durch Investitionskostenzuschüsse geförderten Anlagen



Biokraftstoffe

Seit dem 1. Januar 2004 sind in Deutschland neben den bereits vorher steuerbegünstigten Reinkraftstoffen auch biogene Mischungsanteile z. B. von Biodiesel, Bioethanol oder ETBE in fossilen Kraftstoffen mineralölsteuerbegünstigt.

Unmittelbar danach begann die Mineralölwirtschaft in nennenswertem Umfang, Biodiesel bis zur zulässigen Höchstgrenze von 5 Vol % dem fossilen Dieselmotorkraftstoff beizumischen. Im Jahr 2005 lag der Anteil der Biokraftstoffe an der Kraftstoffversorgung bei ca. 3,6 % und stieg damit gegenüber dem Vorjahr erheblich. Deutschland ist weltweit der größte Biodieselhersteller. Die Anlagenkapazität zur Herstellung von Biodiesel hat sich in den letzten 10 Jahren verzehnfacht. Im Vergleich zu Biodiesel war die Bedeutung von Bioethanol und Pflanzenöl als Kraftstoff im vergangenen Jahr noch gering.

Langfristig wird die Entwicklung in Richtung der Biokraftstoffe der zweiten Generation gehen. Als Biokraftstoffe der zweiten Generation sind die Kraftstoffe zu verstehen, die auf eine breitere Rohstoffgrundlage zurückgreifen können, wodurch sich die Potenziale für Biokraftstoffe gegenüber heute deutlich erhöhen. Außerdem führt die breitere Rohstoffbasis auch zu einer wesentlich besseren CO₂-Bilanz als dies bei den Biokraftstoffen der ersten Generation möglich ist.

Zu den Biokraftstoffen der zweiten Generation gehören beispielsweise BTL (Biomass-To-Liquid) und Bioethanol durch enzymatischen Aufschluss von Zellulose.

Forschung und Entwicklung zu Technologien der erneuerbaren Energien

Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu erneuerbaren Energien können aus dem Energieforschungsprogramm der Bundesregierung gefördert werden. Die erforderlichen Kostensenkungen und die im EEG festgelegte Degression der Vergütungssätze für regenerativen Strom müssen unter anderem durch technische Innovationen erreicht werden.

Die Forschungsförderung ist auch im Hinblick auf arbeitsmarktpolitische Aspekte bedeutsam. Sie kommt unmittelbar den in Deutschland ansässigen Unternehmen zugute und trägt so zur Beschäftigungssicherung bei.

Schwerpunkte der Forschungsförderung

Ziele und Schwerpunkte der Forschungsförderung sind

- die Senkung der Kosten erneuerbarer Energiesysteme,
- die umwelt- und naturverträgliche Weiterentwicklung,
- die Integration ins Stromnetz und
- der rasche Technologietransfer von der Forschung in den Markt.

Im Jahr 2005 wurden in den Bereichen Fotovoltaik, Wind, Geothermie, Niedertemperatur-Solarthermie, solarthermische Kraftwerke sowie Gesamtstrategie und übergeordnete Fragen insgesamt 102 neue Vorhaben mit einem Gesamtvolumen von über 98 Mio. Euro bewilligt.

Die Schwerpunkte der Forschungsförderung liegen bei der Fotovoltaik und der Windenergieforschung. Bei der Fotovoltaik sind Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten erforderlich, weil hier 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 Fotovoltaik-Forschung zu sichern und die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Unternehmen in einem weltweit rasant wachsenden Markt zu verbessern.

Die hohe Bedeutung der Windenergieforschung ergibt sich daraus, dass vor allem im Offshore-Bereich große technische Herausforderungen zu bewältigen sind und zudem Forschungsbedarf zur naturverträglichen Erschließung der Potenziale besteht. Dabei spielt die Integration ins Netz gerade bei der Windenergie 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 erneuerbare 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/.

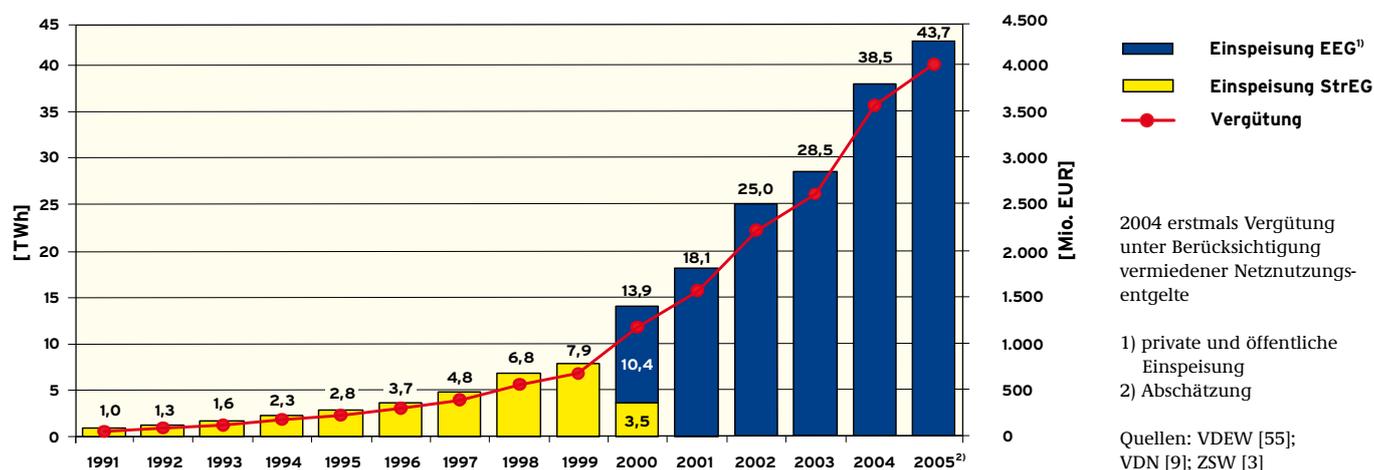
Bewilligte, laufende und abgeschlossene Projekte 2005

	neu bewilligte Projekte		laufende Projekte		abgeschlossene Projekte	
	[Anzahl]	[1.000 EUR]	[Anzahl]	[1.000 EUR]	[Anzahl]	[1.000 EUR]
Fotovoltaik	21	32.277	115	119.912	38	30.311
Wind	24	22.649	226 ¹⁾	74.711	130 ²⁾	34.725
Geothermie	11	18.027	31	41.982	7	12.454
Niedertemperatur-Solarthermie	12	3.903	42	21.629	4	1.896
solarthermische Stromerzeugung	20	7.531	46	17.961	10	2.028
Querschnittsforschung und Sonstiges	14	13.632	21	17.268	3	9.019
gesamt	102	98.019	481	293.463	192	90.433

1) davon 169 Einzelvorhaben im Rahmen des 250 MW-Wind-Programms

2) davon 122 Einzelvorhaben im Rahmen des 250 MW-Wind-Programms

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 Vergütungssätzen abgelöst. Knapp zwei Drittel der gesamten Vergütung entfällt derzeit auf Strom aus Windenergie und nur 2 % auf Fotovoltaik-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. Beispielsweise wurden von ihnen im Jahr 2005 rund 37 TWh Strom zur Verfügung gestellt [VDEW 21].

Struktur der nach dem EEG vergüteten Strommengen

		2000 ¹⁾	2001	2002	2003	2004	2005 ²⁾
Letztverbrauch gesamt	[GWh]	344.663	464.286	465.346	478.016	487.627	483.886
Privilegierter Letztverbrauch ³⁾	[GWh]	-	-	-	6.552	36.865	60.633
EEG-Strommenge gesamt	[GWh]	10.391	18.145	24.970	28.496	38.511	43.690
Wasserkraft, Gase	[GWh]	-	6.088	6.579	5.874	7.205	7.711
Gase ⁵⁾	[GWh]	-	-	-	-	-	147
Biomasse	[GWh]	-	1.472	2.442	3.469	5.241	8.330
Geothermie	[GWh]	-	-	-	-	0,2	0,2
Windkraft	[GWh]	-	10.509	15.786	18.859	25.509	26.500
Solare Strahlungsenergie	[GWh]	-	76	162	294	557	1.002
EEG-Quote⁴⁾	[%]	3,01	3,91	5,37	6,03	8,48	10,0
Durchschnittsvergütung	[ct/kWh]	8,50	8,69	8,91	9,14	9,29	9,58
Gesamtvergütung	[Mrd. EUR]	0,88	1,58	2,22	2,60	3,61	4,19

- 1) Rumpfbjahr: 01.04.- 31.12.2000
- 2) Werte für 2005 auf der Grundlage der VDN-Prognose vom 04.11.2005 korrigiert insbesondere aufgrund einer geringeren Stromerzeugung aus Wind für 2005 (geschätzt 26.500 GWh statt 29.593 GWh) und einer höheren nach EEG vergüteten Stromerzeugung aus Biomasse (geschätzt 8.330 GWh statt 6.993 GWh). Endgültige Werte mit Wirtschaftsprüfer-Testat voraussichtlich im Oktober 2006. Angaben für die Vorjahre entsprechen den VDN-Jahresabrechnungen.
- 3) durch die Besondere Ausgleichsregelung (§ 16 EEG) privilegierter Letztverbrauch (seit Juli 2003)
- 4) Quote am nicht privilegierten Letztverbrauch
- 5) Deponie-, Klär- und Grubengas erstmals 2005 aufgeführt, nur zusätzliche Erzeugung

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

Kosten für die Stromverbraucher

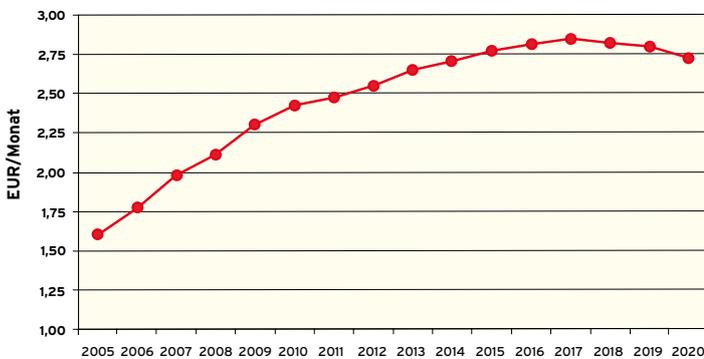
Strom aus erneuerbaren Energien ist heute noch teurer als solcher aus konventionellen Energiequellen¹⁾. Seine durchschnittlichen Mehrkosten (EEG-Umlage) pro Kilowattstunde lassen sich wie folgt berechnen:

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

Die EEG-Quote und EEG-Durchschnittsvergütung werden vom Verband der Netzbetreiber (VDN e. V.) zunächst als Prognosen und bis zum 31. Oktober des Folgejahres endgültig in der Jahresabrechnung veröffentlicht. Anders dagegen der durch die EEG-Einspeisung vermiedene Strombezugspreis: Hierzu gibt es derzeit noch keine belastbare Datenbasis, so dass er näherungsweise bestimmt werden muss. Da hierbei unterschiedliche Annahmen getroffen werden können, weichen die Angaben zur Höhe der EEG-Umlage z. T. deutlich voneinander ab.

In einem Forschungsvorhaben des BMU zum Ausbau der erneuerbaren Energien bis 2020 [6] wird z. B. für 2005 ein Wert von 4,3 Cent je kWh für die vermiedenen Strombezugskosten angesetzt. Bei einer vorläufigen EEG-Quote von 10 % (für nicht nach § 16 EEG privilegierte Letztverbraucher) und einer vorläufigen Durchschnittsvergütung von 9,58 Cent je kWh ergibt sich hieraus eine vorläufige EEG-Umlage von etwa 0,53 Cent je kWh²⁾.

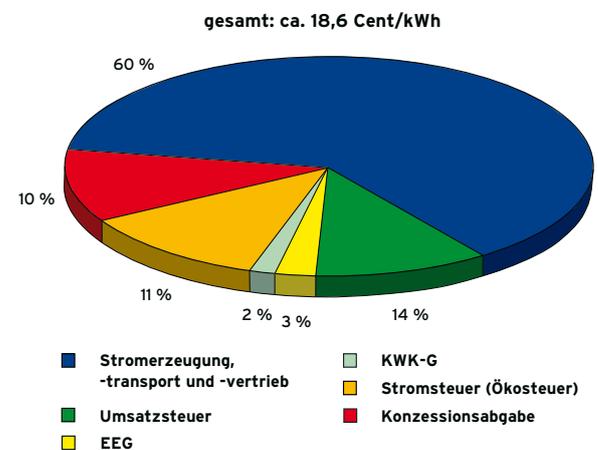
Erwartete Entwicklung der monatlichen EEG-Umlage eines Durchschnitts-Haushaltes



Durchschnitts-Haushalt: Jahresverbrauch von 3.500 kWh/a

Quelle: BMU [43]

Zusammensetzung des Strompreises im Haushaltsbereich im Jahr 2005



Durchschnittlicher Strompreis eines 3-Personen-Haushalts mit einem Jahresverbrauch von 3.500 kWh/a in Cent/kWh
KWK-G Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

Quelle: BMU [43]

Bei einer EEG-Strommenge von vorläufig rund 43,7 TWh verursachte das EEG so Mehrkosten von etwa 2,3 Mrd. Euro – deutlich weniger als die an Betreiber von EEG-Stromerzeugungsanlagen gezahlten EEG-Vergütungen in Höhe von rund 4,2 Mrd. Euro. Das EEG hatte damit im Jahr 2005 nur einen Anteil von etwa 3 % an den Kosten für eine Kilowattstunde Haushaltsstrom (durchschnittlich 18,6 Cent/kWh), der sich trotz der weiter steigenden Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien auch in den nächsten Jahren nicht nennenswert erhöhen wird. Für einen Haushalt mit 3.500 kWh Stromverbrauch im Jahr verursachte das EEG 2005 Zusatzkosten von etwa 1,55 Euro pro Monat. Diese EEG bedingten Kosten werden bei anhaltend kräftigem Ausbau der Erneuerbaren Mitte des nächsten Jahrzehnts ihr Maximum bei rund 2,80 Euro erreichen und dann wieder sinken [6].

1) Eine ausführliche Darstellung zu den Kosten der erneuerbaren Energien gibt die BMU-Publikation „Was Strom aus erneuerbaren Energien wirklich kostet“.
2) Würden die vermiedenen Strombezugskosten nur mit 3,3 Cent/kWh angesetzt, erhöht sich die EEG-Umlage auf rd. 0,63 Cent/kWh.

Gesamtwirtschaftliche externe Kosten

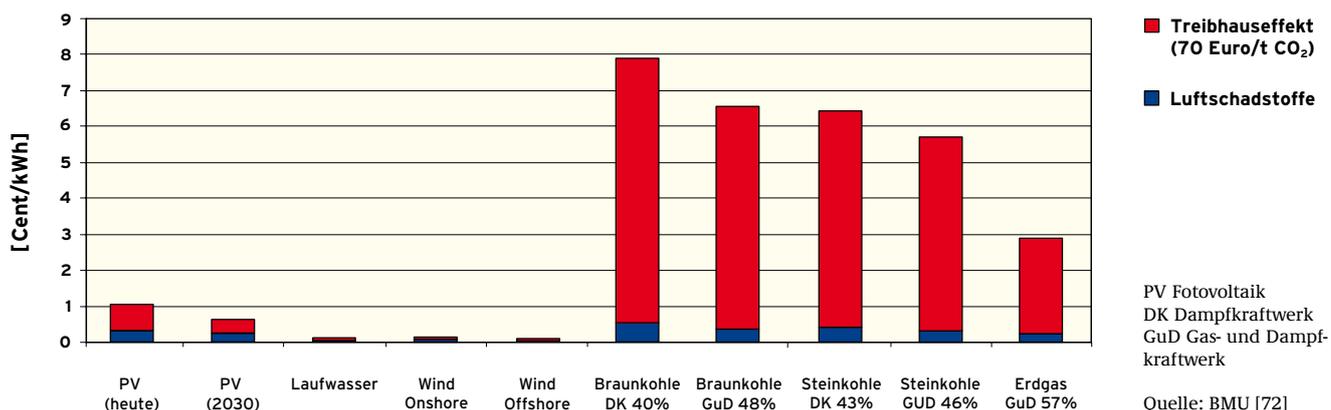
Für eine umfassende ökonomische Bewertung der erneuerbaren Energien sind die auf der Vorseite abgeleiteten Angaben zu den Kosten des EEG allerdings nicht ausreichend, denn als betriebswirtschaftliche Größen spiegeln sie nicht die Tatsache wider, dass die konventionelle Stromerzeugung trotz aller umweltpolitisch bedingten Fortschritte der letzten Jahrzehnte immer noch deutlich höhere Umweltschäden verursacht als Strom aus erneuerbaren Energien. Diese sog. externen Kosten (oder: negativen externen Effekte) fließen noch nicht verursachergerecht in die Strompreise ein.

Nach einer aktuellen wissenschaftlichen Studie für das BMU [72] 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 Fotovoltaik 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



Unter der wissenschaftlich belegten Annahme, dass der nach EEG vergütete Strom derzeit vollständig fossil erzeugten Strom verdrängt, schätzt o. g. Studie die durch die Erneuerbaren 2005 im Strombereich vermiedenen externen Kosten auf mindestens 2,8 Mrd. Euro. Dies ist deutlich höher als die EEG-Aufwendungen zur Förderung erneuerbarer Energien im gleichen Zeitraum (lt. Studie etwa 2,4 Mrd. Euro) und zeigt, 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.

Langfristiges Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom-, Wärme- und Kraftstoffherzeugung

	Nutzung 2005	Potenziale		Kommentare
		Ertrag	Leistung	
Stromerzeugung	[TWh]	[TWh/a]	[MW]	
Wasserkraft ¹⁾	21,5	24	5.200	Laufwasser und natürlicher Zufluss zu Speichern
Windenergie				
an Land	26,5	55	25.000	
Offshore	-	110	30.000	
Biomasse	13,4	60	10.000	Erzeugung teilweise in Kraft-Wärme-Kopplung
Fotovoltaik	1,0	105	115.000 ²⁾	nur geeignete Dach-, Fassaden- und Siedlungsflächen
Geothermie	0,0002	200	30.000	Bandbreite 66 - 290 TWh je nach Anforderungen an eine Wärmenutzung (Kraft-Wärme-Kopplung)
Gesamt	62,5	554		
Anteil bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2005	10,2 %	91 %		
Wärmerzeugung	[TWh]	[TWh/a]		
Biomasse	76,0	200		einschließlich Nutzwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung
Geothermie	1,6	330		nur Energiebereitstellung aus hydrothermalen Quellen
Solarthermie	3,0	290		nur geeignete Dach- und Siedlungsflächen
Gesamt	80,6	820		
Anteil bezogen auf Endenergieverbrauch für Wärme³⁾ 2003	5,3 %	54 %		
Kraftstoffe	[TWh]	[TWh/a]		
Biomasse	22,3	60		
Gesamt	22,3	60		
Anteil bezogen auf den Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs 2004	3,6 %	10 %		
Anteil bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch 2004	6,4 %	56 %		

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

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

Quellen: Arbeitsgemeinschaft DLR, ifeu, WI [27]; Arbeitsgemeinschaft Öko-Institut, FhG-Umsicht, IE, ifeu, izes, TU Berlin, TU Braunschweig, TU München [38]; ZSW [3]

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

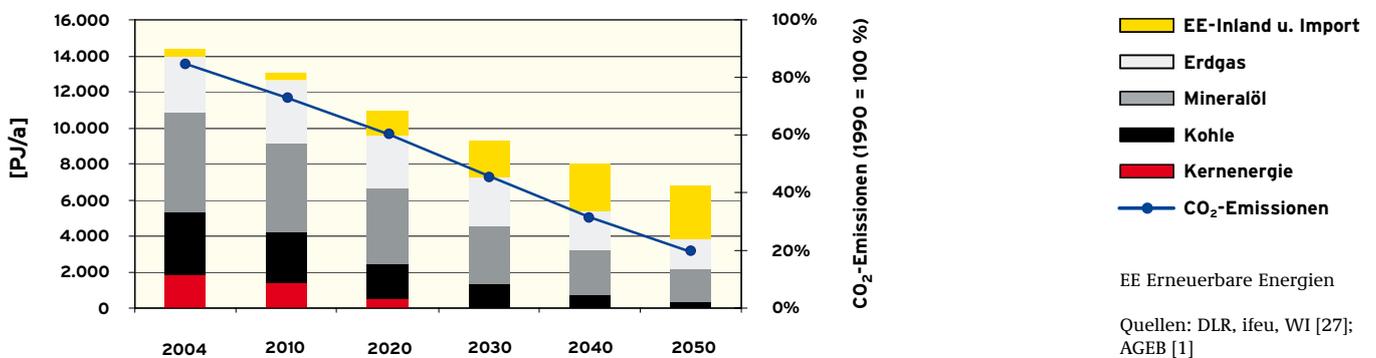
Die hier angegebenen Orientierungswerte berücksichtigen insbesondere auch die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes und stellen somit eher eine Untergrenze des technisch erschließbaren Potenzials dar.

Die energetische Nutzung von Biomasse weist eine hohe Flexibilität auf. Je nach Erfordernis kann sich deshalb die prozentuale Zuordnung auf die Bereiche Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereitstellung verändern. Dies gilt insbesondere für den Anbau von Energiepflanzen (hier auf der Basis einer Anbaufläche von 4,2 Mio. Hektar ermittelt).

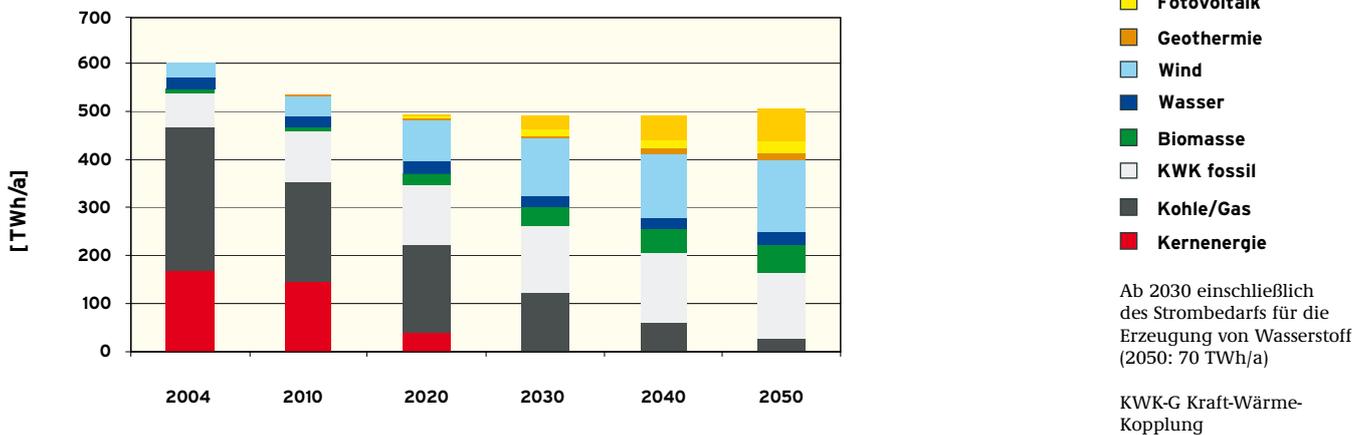
Szenario eines verstärkten Ausbaus erneuerbarer Energien

Das Szenario zeigt eine mögliche Entwicklung der Energiebereitstellung bis zum Jahr 2050, die durch den verstärkten Ausbau der erneuerbaren Energien und eine effizientere Energienutzung die Reduzierung der CO₂-Emissionen um 80 % gegenüber dem Jahr 1990 ermöglicht. Bereits im Jahr 2020 könnten 12 % des Primärenergieverbrauchs und 30 % der Stromerzeugung durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Bis zum Jahr 2050 steigt nach dem Szenario der Anteil an der Stromerzeugung auf 68 % und der Beitrag der erneuerbaren Energien zur Wärmebereitstellung auf rund 50 %.

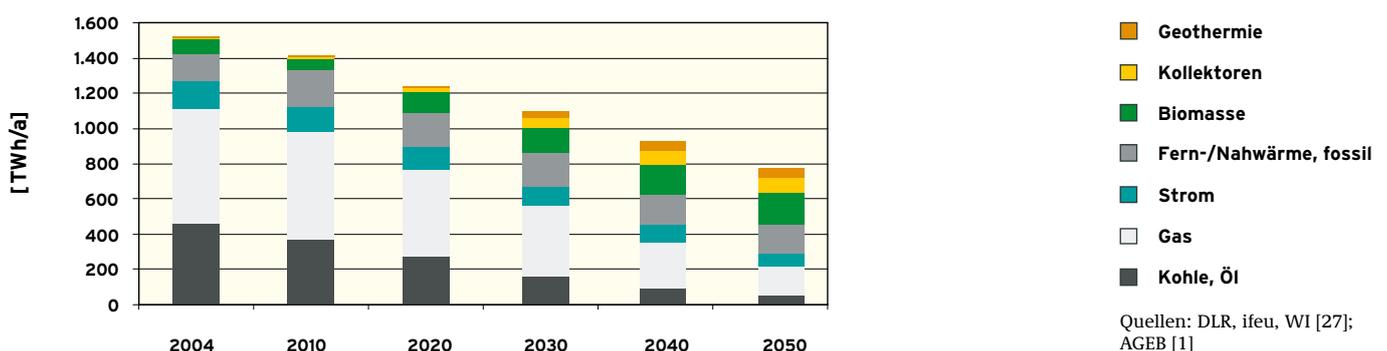
Entwicklung des Primärenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2050



Entwicklung der Stromerzeugung bis zum Jahr 2050



Entwicklung der Wärmebereitstellung bis zum Jahr 2050



Europa: Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch von 1990 bis 2004

Das Europäische Parlament und die Europäische Kommission haben bereits in der Vergangenheit wichtige Ziele für den Ausbau erneuerbarer Energien in Europa gesetzt. Beispielhaft dafür ist das schon 1997 gefasste Ziel, den Beitrag erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2010 auf 12 % zu verdoppeln. 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 22 % bis 2010 in der EU-15 bzw. 21 % in der EU-25. Die Entwicklung der erneuerbaren Energien in Europa, ergänzt um einen weltweiten Überblick, wird auf den folgenden Seiten dargestellt.

Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch in der EU

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 (s. a. Anhang Abs. 8).

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) vorläufig
- 2) in Malta keine nennenswerte Nutzung erneuerbarer Energien

Quellen:
nach Eurostat [34]; EC [47]

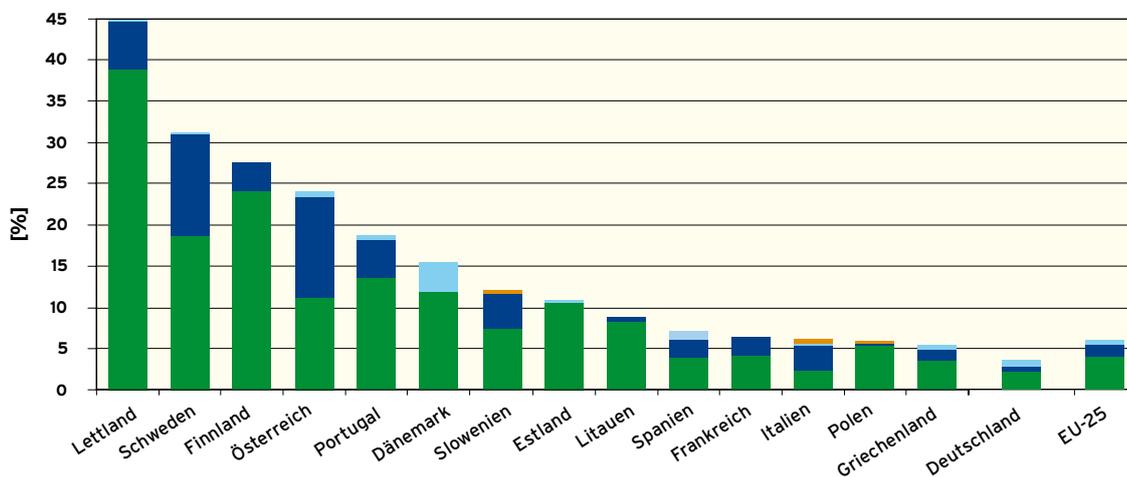
	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003 ¹⁾	2004 ¹⁾
	[%]										
Belgien	1,4	1,4	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,6	1,9	2,0
Dänemark	6,7	7,6	7,2	8,3	8,7	9,6	10,7	11,1	12,3	13,3	15,6
Deutschland	1,6	1,9	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	2,8	3,1	3,4	3,5
Finnland	19,2	21,3	19,8	20,6	21,8	22,1	24,0	22,7	22,2	21,2	27,7
Frankreich	6,9	7,5	7,0	6,8	6,7	6,9	6,8	6,9	6,2	6,4	6,7
Griechenland	5,0	5,3	5,4	5,2	4,9	5,4	5,0	4,6	4,7	5,1	5,2
Großbritannien	0,5	0,9	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,4	1,4
Irland	1,6	2,0	1,6	1,6	2,0	1,9	1,8	1,8	1,9	1,7	1,7
Italien	4,2	4,8	5,2	5,3	5,5	5,8	5,2	5,5	5,3	5,9	6,1
Luxemburg	1,3	1,4	1,2	1,4	1,5	1,3	1,6	1,3	1,4	1,4	1,3
Niederlande	1,1	1,2	1,6	1,8	1,9	2,1	2,1	2,1	2,2	2,5	2,6
Österreich	20,2	22,0	20,6	21,1	20,8	22,4	22,7	21,8	22,3	20,4	23,4
Portugal	15,9	13,3	16,1	14,7	13,6	11,1	12,9	15,7	14,0	17,0	18,2
Schweden	24,9	26,1	23,6	27,5	28,1	27,8	31,6	28,7	27,0	26,2	31,2
Spanien	7,0	5,5	7,0	6,4	6,2	5,2	5,8	6,5	5,6	7,0	6,9
EU-15	4,8	5,3	5,2	5,5	5,6	5,6	5,8	5,9	5,8	6,1	6,4
Estland	4,7	9,1	10,4	10,7	9,7	10,4	11,0	10,6	10,5	9,6	11,3
Lettland	21,9	27,4	27,4	31,3	35,0	34,7	34,1	34,3	34,7	33,4	44,8
Litauen	0,2	0,4	0,3	0,3	6,5	7,9	9,0	8,5	8,0	7,8	8,4
Polen	1,6	4,0	3,6	3,7	4,0	4,0	4,2	4,5	4,6	5,5	5,9
Slowakei	1,5	2,9	2,6	2,5	2,6	2,7	2,9	4,0	3,8	3,3	3,5
Slowenien	4,6	8,9	9,4	7,7	8,2	8,8	11,5	11,4	11,0	10,5	12,0
Tschech. Republik	0,3	1,5	1,4	1,6	1,6	2,0	1,6	1,8	2,2	2,8	3,6
Ungarn	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,5	1,7	1,6	3,4	3,4	3,7
Zypern	0,3	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,9	1,5	1,6
EU-25²⁾	4,4	5,0	5,0	5,2	5,4	5,5	5,6	5,8	5,7	6,0	6,3

Struktur des Anteils erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch in ausgewählten EU-Ländern im Jahr 2004

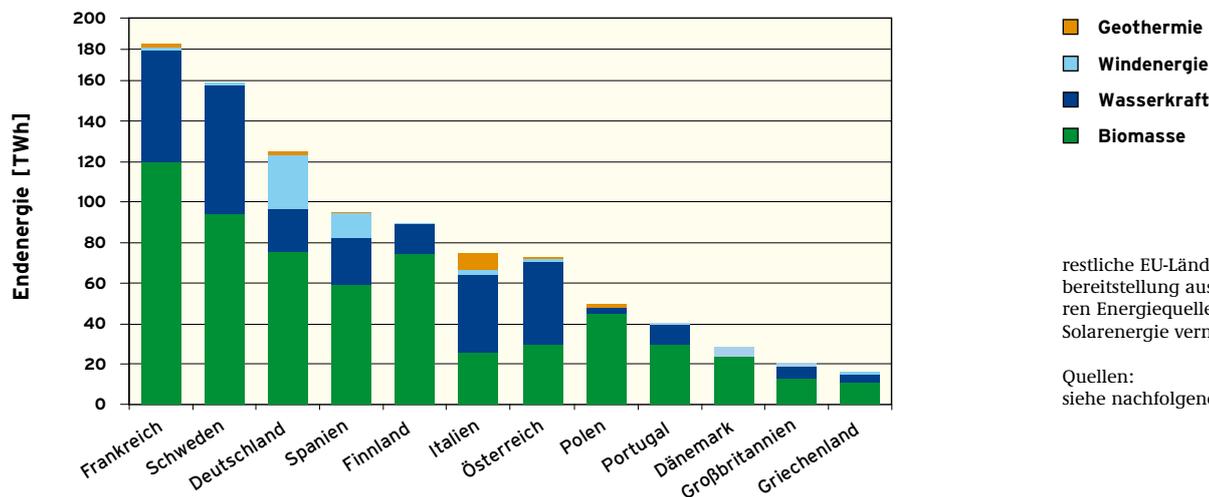
- Biomasse
- Wasserkraft
- Windenergie
- Geothermie

restliche EU-Länder:
Anteil am Primärenergieverbrauch < 5%

Quellen:
ZSW [3] (nach den einzelnen für die EU angegebenen Quellen)



Nutzung erneuerbarer Energien in ausgewählten EU-Ländern im Jahr 2004



restliche EU-Länder: Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energiequellen < 15 TWh; Solarenergie vernachlässigbar

Quellen: siehe nachfolgende Tabelle

Nutzung erneuerbarer Energien in der EU im Jahr 2004

	Bio-masse ¹⁾	Wasser-kraft ²⁾	Wind-energie	Geo-thermie ³⁾	Summe
Endenergie [TWh]					
Belgien	6,4	0,3	0,13	0,01	6,9
Dänemark	22,2	0,0	6,61	0,02	28,8
Deutschland	76,3	20,6	25,00	1,56	123,5
Finnland	74,2	14,9	0,12	-	89,3
Frankreich	119,9	59,7	0,61	1,53	181,7
Griechenland	10,7	4,6	1,04	0,01	16,4
Großbritannien	13,4	5,0	1,94	0,01	20,3
Irland	1,8	0,6	0,66	-	3,1
Italien	22,9	41,3	1,83	7,96	73,9
Luxemburg	0,3	0,1	0,04	-	0,4
Niederlande	5,5	0,1	1,88	-	7,5
Österreich	34,6	37,4	1,20	0,23	73,4
Portugal	30,1	9,9	0,78	0,10	40,9
Schweden	94,3	64,2	0,85	-	159,3
Spanien	49,6	31,6	14,18	0,09	95,4
EU-15	562,1	290,4	56,85	11,52	920,9
Estland	4,8	0,006	0,04	-	4,9
Lettland	11,8	2,1	0,05	-	14,0
Litauen	6,9	0,3	0,001	-	7,2
Malta	-	-	-	-	-
Polen	45,9	2,1	0,14	1,70	49,8
Slowakei	3,6	4,1	0,004	0,02	7,6
Slowenien	5,1	3,1	-	0,17	8,4
Tschechische Rep.	10,7	2,0	0,01	0,02	12,7
Ungarn	9,5	0,2	0,01	0,95	10,7
Zypern	0,1	-	-	-	0,1
EU-25	660,5	304,3	57,10	14,39	1.044,2⁶⁾

Endenergie [PJ]					
EU-25	2.377,9	1.095,5	205,6	51,8	3.759,0⁶⁾

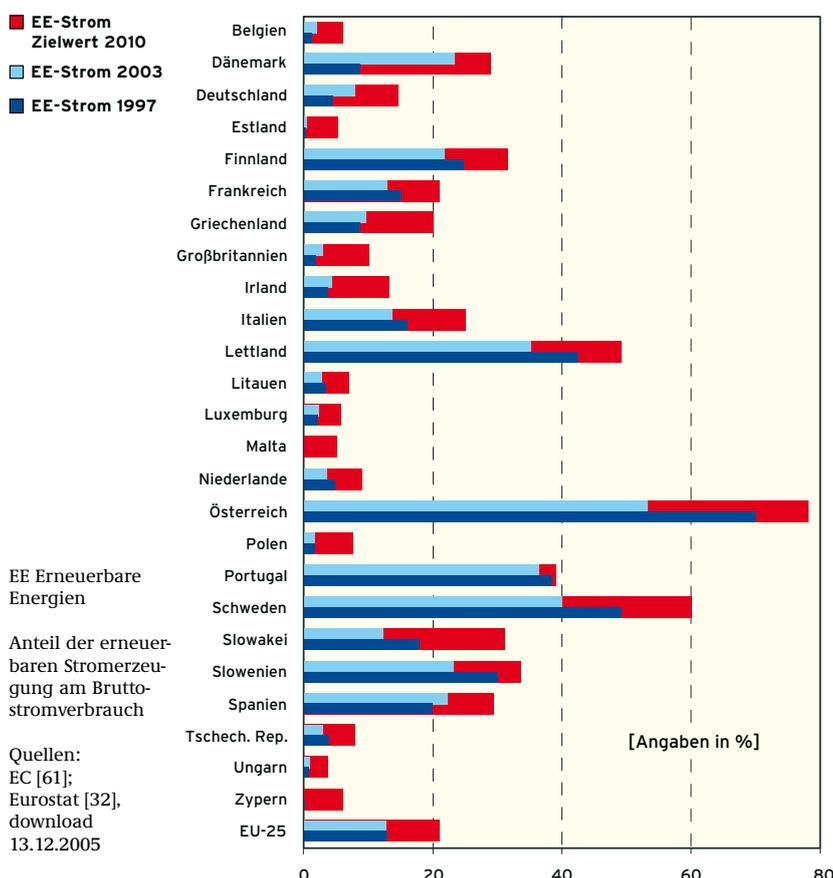
Fläche/Installierte Leistung im Jahr 2004

	Solar-thermie ⁴⁾	Foto-voltaik ⁵⁾
	[1.000 m ²]	[MW _{th}]
	52	36
	328	230
	6.199	4.339
	12	9
	793	555
	2.827	1.979
	176	123
	8	5
	458	320
	12	8
	504	353
	2.400	1.680
	109	76
	225	157
	440	308
	14.542	10.179
	1	0
	2	1
	2	1
	15	11
	95	66
	57	40
	102	71
	50	35
	48	34
	450	315
	15.362	10.754

- 1) Strom- und Wärmeerzeugung aus fester Biomasse, Biogas und dem biogenen Anteil des Abfalls sowie Biokraftstoffe; fehlende Werte wurden durch Vorjahreswerte ersetzt
- 2) fehlende Werte für EU-Beitrittsländer durch Vorjahreswerte ersetzt; für Pumpspeicherkraftwerke nur Erzeugung aus natürlichem Zufluss
- 3) Wärme- und Stromerzeugung; Stromerzeugung in Italien mit 5,4 TWh, Portugal 0,08 TWh, Frankreich 0,03 TWh, Österreich 0,002 TWh. In Deutschland wurde im Jahr 2003 erstmals geothermischer Strom produziert
- 4) verglaste und unverglaste Kollektoren; Konversionsfaktor 0,7 kW_{th}/m²
- 5) Fotovoltaik einschließlich Anlagen in Übersee-Departements
- 6) Summe beinhaltet 7,1 TWh (25,6 PJ) aus Solarthermie und 0,73 TWh (2,6 PJ) aus Fotovoltaik

Quellen:
 Biomasse: Eurostat [52];
 Observ'ER [53]; IEA [31]
 Wasserkraft: IEA [31]; EIA [33]
 Windenergie: Observ'ER [46]
 Geothermie: IEA [31]; Lund [62];
 Eurostat [34]; Observ'ER [67]
 Solarthermie: Observ'ER [36]
 Fotovoltaik: Observ'ER [37];
 Eurostat [52]

Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt



	EE-Strom 1997	EE-Strom 2003	Zielwert 2010
	[%]		
Belgien	1,1	1,8	6,0
Dänemark	8,7	23,3	29,0
Deutschland	4,5	7,9	12,5
Finnland	24,7	21,8	31,5
Frankreich	15,0	12,9	21,0
Griechenland	8,6	9,7	20,1
Großbritannien	1,7	2,8	10,0
Irland	3,6	4,3	13,2
Italien	16,0	13,6	25,0
Luxemburg	2,1	2,3	5,7
Niederlande	3,5	4,7	9,0
Österreich	70,0	53,4	78,1
Portugal	38,5	36,4	39,0
Schweden	49,1	40,0	60,0
Spanien	19,9	22,3	29,4
EU-15	13,9	12,9	21,9
Estland	0,2	0,4	5,1
Lettland	42,4	35,2	49,3
Litauen	3,3	2,7	7,0
Malta	0,0	0,0	5,0
Polen	1,6	1,6	7,5
Slowakei	17,9	12,3	31,0
Slowenien	29,9	23,1	33,6
Tschech. Republik	3,8	2,8	8,0
Ungarn	0,7	0,8	3,6
Zypern	0,1	0,0	6,0
EU-25	12,9	12,9	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. Deutschland ist – neben Spanien, Finnland und Dänemark – auf gutem Weg, seinen Beitrag zum Erreichen des EU-Zieles für Strom aus Erneuerbaren zu leisten. Investitionssicherheit für die Wirtschaft kann nur erreicht werden, wenn die Ausbauziele über 2010 hinaus fortgeschrieben werden und deren Einhaltung stärker flankiert wird. Die Integration der erneuerbaren Energien im Strombereich bedarf auch einer EU-weiten Optimierung der Integration in die Stromnetze und des Ausbaus der Offshore-Windenergienutzung. Die EU braucht zusätzlich eine Regelung, die zunehmend die Nutzung der Wärme aus erneuerbaren Energien stärkt. 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.

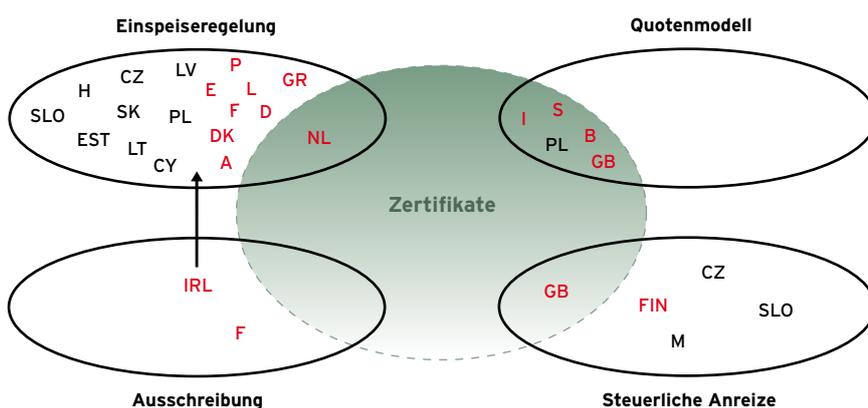
In ihrem kürzlich vorgestellten Grünbuch „Eine europäische Strategie für nachhaltige, wettbewerbsfähige und sichere Energie“ hebt die EU-Kommission den Beitrag hervor, den Wind- und Sonnenenergie, Biomasse, Wasserkraft und Geothermie als heimische Energieträger zu einer sicheren Stromversorgung leisten – gerade angesichts einer EU-weit ständig wachsenden Importabhängigkeit. Mit Verweis auf rund 300.000 Arbeitsplätze in der EU 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, wird die Kommission aufgefordert, einen entsprechenden Fahrplan für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien in der EU vorzulegen.

Instrumente zur Förderung der erneuerbaren Energien im Strommarkt

Die Realisierung der von der Europäischen Kommission festgelegten nationalen Richtwerte für die EU-Mitgliedsstaaten ist die Voraussetzung dafür, den Anteil erneuerbarer Energien im Strommarkt bis zum Jahr 2010 auf 21 % in der EU-25 zu steigern. Die Mitgliedsstaaten sind aufgefordert, durch geeignete Rahmenbedingungen den Ausbau erneuerbarer Energien auf nationaler Ebene zu fördern.

Das Beispiel der Windenergie zeigt, dass die Erfolge in den einzelnen EU-Staaten sehr unterschiedlich sind und man noch weit von einem erfolgreichen Gleichschritt entfernt ist. Dies ist vor allem auf die jeweiligen energiepolitischen Rahmenbedingungen und weniger auf die natürlichen Potenziale zurückzuführen. Speziell das deutsche EEG steht im internationalen Vergleich der Fördermodelle gut da. So stellt die Europäische Kommission in einem Bericht vom Dezember 2005 fest, dass Einspeiseregulungen, wie das Erneuerbare-Energien-Gesetz (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, obwohl theoretisch die durch Quotenregelungen etablierten Marktmechanismen niedrigere Vergütungen erwarten lassen. Hier spiegeln sich aber die höheren Risiken für Anlagenbetreiber 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 fristgerecht seinen nationalen Beitrag zur Erreichung des von der Europäischen Union formulierten Ausbauszieles. Daneben gelingt dies aus heutiger Sicht voraussichtlich nur noch Dänemark und Spanien (beides Länder mit Einspeiseregulungen) sowie Finnland, wo für die Nutzung erneuerbarer Energien steuerliche Vergünstigungen gewährt werden. Aufgrund der guten Erfolge nationaler Einspeiseregulungen – und der ausbleibenden Erfolge anderer Förderregelungen – fordert die Europäische Kommission inzwischen auch nicht mehr eine Ablösung des EEG zugunsten einer europaweit harmonisierten Quotenregelung.

Fördermodelle für erneuerbaren Strom in der EU



Quelle: EC [71]

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. Durch Unterzeichnung einer gemeinsamen Erklärung im Oktober 2005 wurde diese Zusammenarbeit auf eine rechtliche Grundlage gestellt (International Feed-in Cooperation).

Weitere Ziele sind die Unterstützung anderer Länder bei der Verbesserung und Entwicklung von Einspeisesystemen und das Einbringen der gewonnenen Erfahrungen in internationale Foren, insbesondere in den Prozess der politischen Debatten der Europäischen Union. Insgesamt haben mehr als die Hälfte der EU-Mitgliedsstaaten Vorrang- und Vergütungsregelungen, die mit dem deutschen und spanischen System vergleichbar sind. Weitere Informationen zur deutsch-spanischen Kooperation sind im Internet unter www.feed-in-cooperation.org abrufbar.

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU-15 von 1990 bis 2004

EE Erneuerbare Energien

- 1) vorläufige Angaben
- 2) einschließlich städtischem Abfall und Biogas
- 3) für Pumpspeicherkraftwerke nur Erzeugung aus natürlichem Zufluss

Quellen:

Biomasse: Eurostat Database [32], download 13.12.2005; IEA [31]
 Wasserkraft: EIA [33]; IEA [31]
 Windenergie: Observ'ER [46]; Eurostat [32], download 9.03.06
 Geothermie: IEA [31]; Systèmes Solaires [39]
 Fotovoltaik: BSW [74]; IEA [31]; DGEMP [54], [66]; Faninger [57]
 Anteil EE: ZSW [3]

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003 ¹⁾	2004 ¹⁾
	[TWh]														
Biomasse ²⁾	16,6	17,3	18,0	19,4	21,2	23,6	24,4	28,0	31,5	35,0	39,3	39,5	48,4	57,2	55,1
Wasserkraft ³⁾	257,2	264,3	282,5	286,9	295,1	288,8	287,5	294,3	302,1	300,8	316,2	335,7	277,6	276,6	290,4
Windenergie	0,8	1,1	1,6	2,4	3,0	4,1	4,8	7,3	11,3	14,2	22,2	27,0	35,6	44,2	56,9
Geothermie	3,2	3,2	3,5	3,7	3,4	3,4	3,8	3,9	4,3	4,5	4,8	4,6	4,8	5,4	5,5
Fotovoltaik	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,05	0,06	0,08	0,09	0,12	0,19	0,28	0,47	0,73
Summe	277,8	285,9	305,6	312,3	322,7	319,9	320,6	333,6	349,2	354,5	382,7	406,9	366,7	383,9	408,6
Anteil EE am Bruttostromverbrauch [%]	13,3	12,8	13,6	13,9	14,1	13,6	13,3	13,7	13,9	13,9	14,5	15,0	13,5	13,7	14,6

Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien hat sich in der EU-15 seit dem Jahr 1997 um durchschnittlich 3 % p. a. auf 408,6 TWh im Jahr 2004 erhöht und trägt 14,6 % zur Strombereitstellung bei. Der bisherige Anstieg ist vor allem auf die Entwicklung in zwei Sparten der erneuerbaren Energien zurückzuführen: die Windenergie mit einem durchschnittlichen Wachstum von rund 35 % p. a. und die Biomassenutzung zur Stromerzeugung mit 10 % p. a. Um bis zum Jahr 2010 in der EU-15 die angestrebten 22 % des gesamten Bruttostromverbrauchs durch regenerative Quellen bereitstellen zu können, ist es erforderlich, dass auch angemessene Wachstumsraten in den anderen Sparten zu verzeichnen sind. Eine Zielerreichung wird nur im optimalen Zusammenspiel aller regenerativen Energiequellen möglich sein.

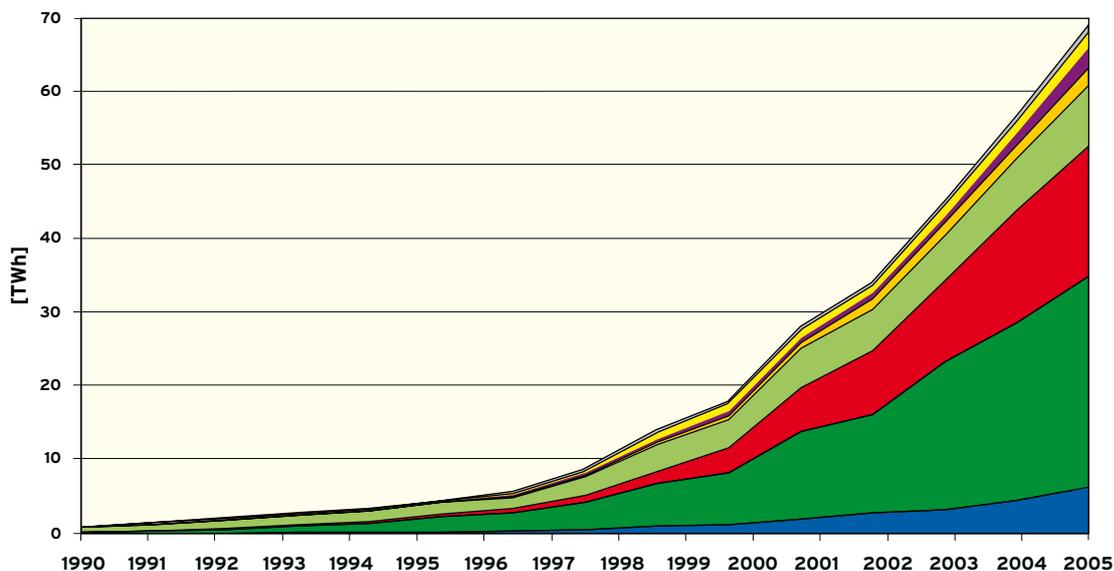
Stromerzeugung aus Windenergie in der EU von 1990 bis 2005

- Österreich
- Italien
- Großbritannien
- Niederlande
- Dänemark
- Spanien
- Deutschland
- restliche EU¹⁾

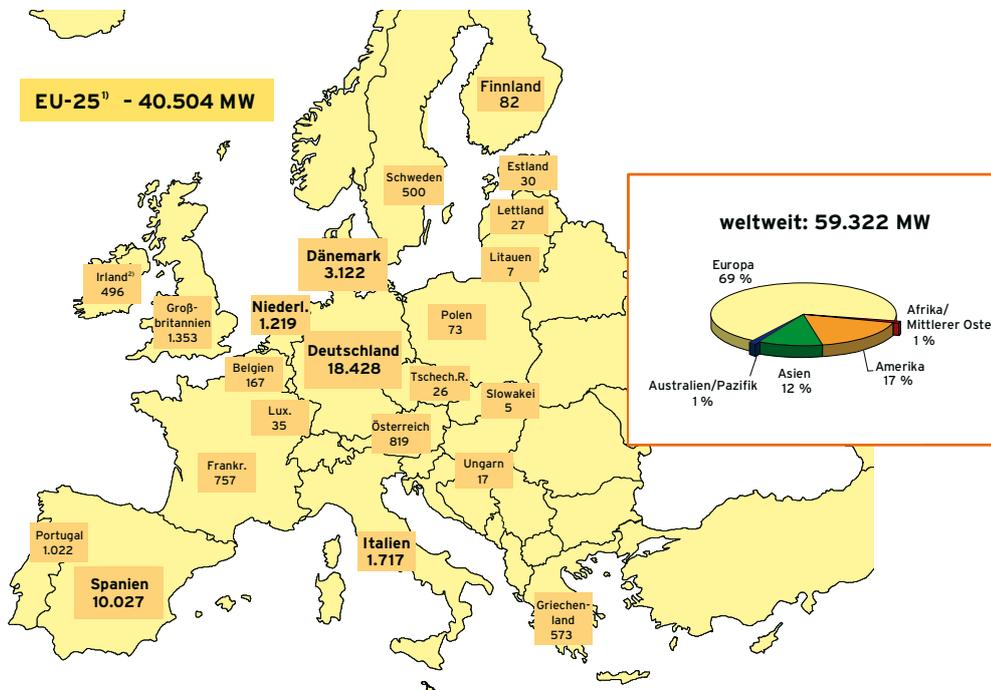
ab 2004 einschließlich Erzeugung in den neuen EU-Mitgliedstaaten

1) Erzeugung jeweils < 1,5 TWh/a

Quellen: Eurostat [3], Download 09.03.2006; Observ'ER [46]



Gesamte installierte Windleistung in der EU Ende 2005

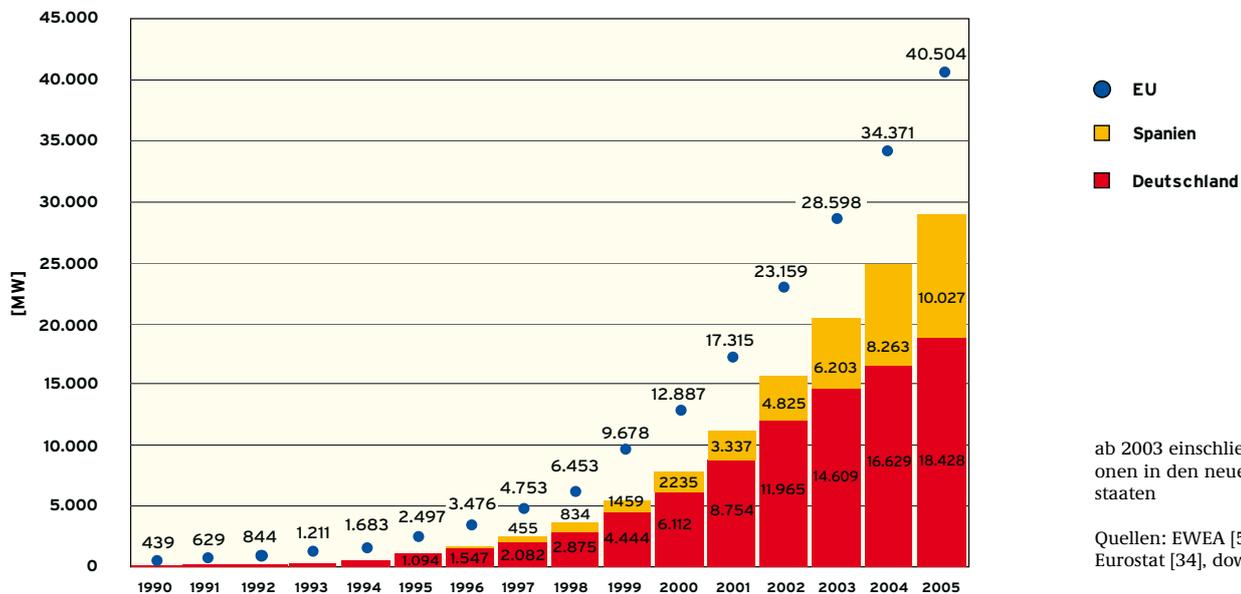


Angaben in MW

- 1) keine Windenergienutzung in Malta, Slowenien und Zypern
- 2) Irland: ohne Angabe für Dezember 2005

Quellen: EWEA [50]; GWEC [60]

Entwicklung der installierten Windleistung in der EU von 1990 bis 2005



ab 2003 einschließlich Installationen in den neuen EU-Mitgliedsstaaten

Quellen: EWEA [59]; BWE [16]; Eurostat [34], download 22.03.06

Die Windenergienutzung hat in den vergangenen Jahren besonders in den Ländern der EU einen sehr dynamischen Aufschwung genommen. Die installierte Leistung in der EU hat sich allein in den letzten fünf Jahren auf über 40.000 MW mehr als verdoppelt. Dieser Zuwachs ist vor allem auf die Entwicklung des Windenergiemarktes in Deutschland und Spanien zurückzuführen. In Deutschland waren Ende 2005 über 18.000 MW installiert (Zubau 2005: 1.808 MW). Auch Spanien hat Ende des Jahres 2005 die 10.000 MW-Grenze überschritten, nachdem in 2005 1.764 MW zugebaut wurden. Auf beide Länder zusammen entfallen somit beinahe drei Viertel der gesamten installierten Leistung in der EU. Weltweit sind annähernd 60.000 MW in Betrieb, davon mehr als zwei Drittel in der EU.

Weltweite Nutzung erneuerbarer Energien

Der hohe Stellenwert erneuerbarer Energien für eine nachhaltige Entwicklung ist anerkannt. Ihr Anteil am Welt-Primärenergieverbrauch liegt derzeit aber mit 13,3 % (siehe auch Anhang Abs. 9) noch auf ähnlichem Niveau wie zu Beginn der 70er Jahre. Zwar hat sich die Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien seither nahezu verdoppelt, gleichzeitig stieg aber auch die Nutzung fossiler Energieträger und der Kernenergie.

Zur Bewältigung der Herausforderungen an die globale Energieversorgung und insbesondere den Klimaschutz muss neben der effizienteren Nutzung von Energie auch die Entwicklungsdynamik der erneuerbaren Energien erhöht werden. Dies gilt vor allem für Windenergie, Solarenergie und Geothermie, aber auch für moderne Verfahren der Biomassenutzung. Denn die bislang dominierenden klassischen Nutzungsformen – Wärmebereitstellung aus Brennholz und Holzkohle (traditionelle Biomassenutzung) sowie Stromerzeugung aus Wasserkraft – stoßen zunehmend an ihre Grenzen und stellen zuweilen keine nachhaltige Nutzung der erneuerbaren Energien dar (vgl. auch Seite 36).

Die Bundesregierung und die Europäische Union haben sich verpflichtet, den Anteil erneuerbarer Energien an der Energieversorgung bereits bis zum Jahr 2010 zu verdoppeln.

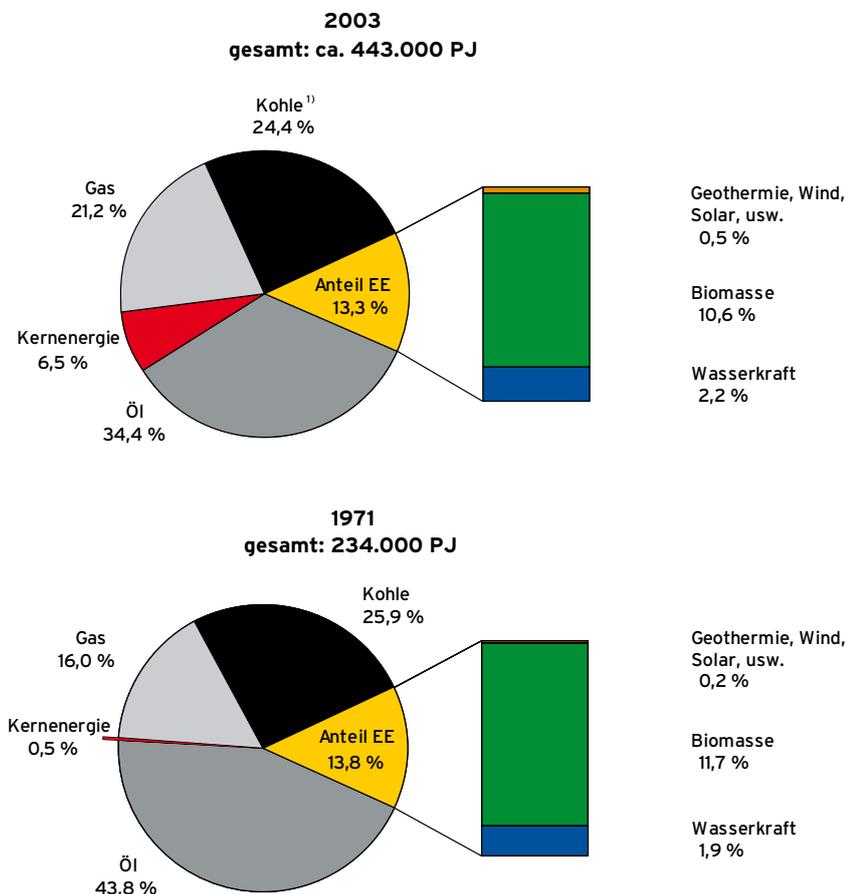
Struktur des Welt-Primärenergieverbrauchs im Jahr 2003 im Vergleich zum Jahr 1971

EE Erneuerbare Energien

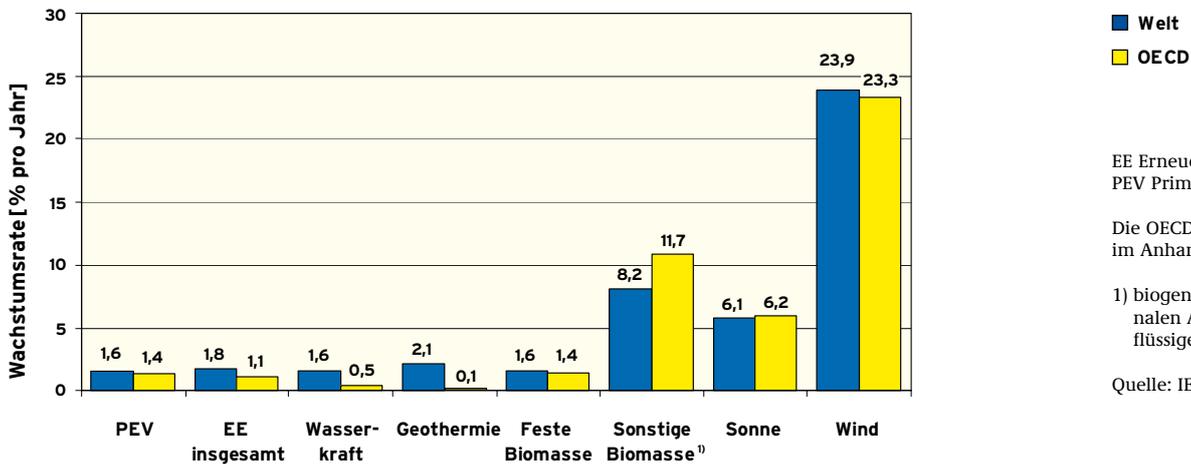
1) enthält nicht-erneuerbaren Anteil des Abfalls

Quellen: IEA [31]; [23]

Entsprechend internationaler Vereinbarungen wird Elektrizität aus Kernenergie primärenergetisch mit einer durchschnittlichen Umwandlungseffizienz von 33 % bewertet. Bei Elektrizität aus Wasserkraft werden hingegen näherungsweise 100 % angesetzt. Dadurch ergibt sich für den Anteil der Kernenergie am Primärenergieverbrauch ein deutlich höherer Wert, während die Beiträge zur Stromerzeugung in beiden Fällen nahezu gleich sind; siehe Anhang Abs. 4.

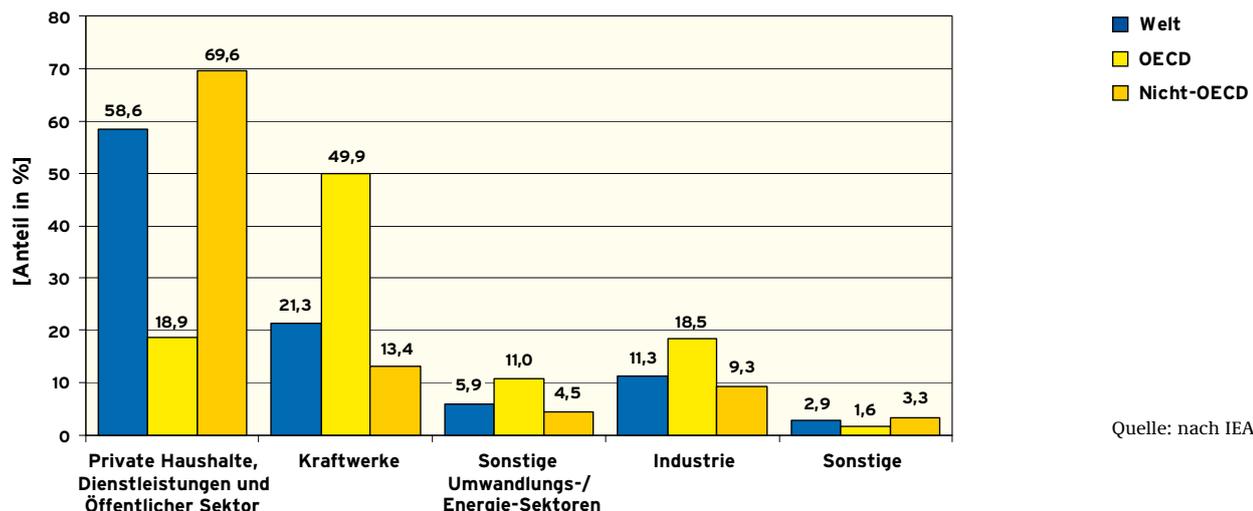


Mittlere Wachstumsraten des Primärenergieverbrauchs und der erneuerbaren Energien im Zeitraum 1990 bis 2003



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. Zwar stieg die Energiebereitstellung bis zum Jahr 2003 weltweit um durchschnittlich 1,8 % p. a., das Wachstum lag jedoch nur geringfügig über dem des gesamten Primärenergieverbrauchs von 1,6 % p. a. In den westlichen Industrieländern (OECD) ging der Beitrag erneuerbarer Energien sogar von 5,9 % im Jahr 1990 auf 5,6 % im Jahr 2003 zurück.

Struktur der Nutzung erneuerbarer Energien nach Anwendungsbereichen im Jahr 2003



Weltweit werden heute etwa 60 % 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 westlichen Industrieländern (OECD) die Hälfte der erneuerbaren Energien der Stromerzeugung dient, sind es in den Nicht-OECD-Ländern nur 13,4 %. Entsprechend groß ist hier mit etwa 70 % der Anteil zur dezentralen Wärmebereitstellung, der in den OECD-Ländern nur rund 19 % beträgt.

Anteile erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch im Jahr 2003

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) biogener Anteil des Abfalls; in den Non-OECD-Ländern ist nicht immer eine saubere Abgrenzung zwischen biogenem und nicht-biogenem Anteil möglich

2) Geothermie, Sonnenenergie, Wind etc.

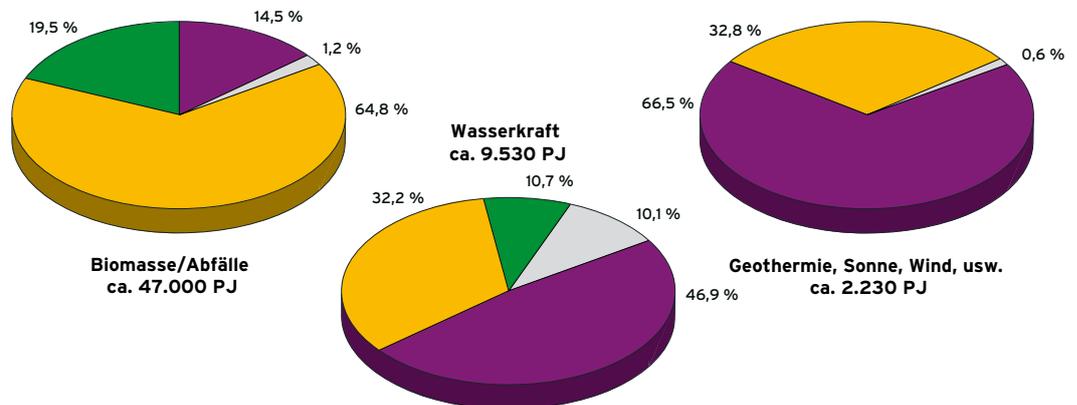
	PEV [PJ]	davon EE [PJ]	Anteil EE am PEV [%]	Anteil der wichtigsten EE am Gesamtanteil EE [in %]		
				Wasser	Biomasse/ Abfälle ¹⁾	Sonstige ²⁾
Afrika	23.400	11.719	50,1	2,6	97,1	0,3
Lateinamerika	19.423	5.673	29,2	35,9	62,6	1,4
Asien	51.263	16.747	32,7	4,0	92,5	3,5
China	59.700	10.191	17,1	10,0	90,0	0,0
Mittlerer Osten	18.661	134	0,7	42,7	33,2	24,1
Übergangsländer	44.598	1.557	3,5	62,1	36,8	1,0
OECD	225.865	12.757	5,6	35,1	53,3	11,7
Welt	442.909	58.770	13,3	16,2	80,0	3,8

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. Die erfolgreiche Bekämpfung der Armut ist deshalb auch eine Grundvoraussetzung für den Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung. 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.

Regionale Verteilung erneuerbarer Energien im Jahr 2003

- OECD
- Übergangsländer
- Entwicklungsländer¹⁾
- China

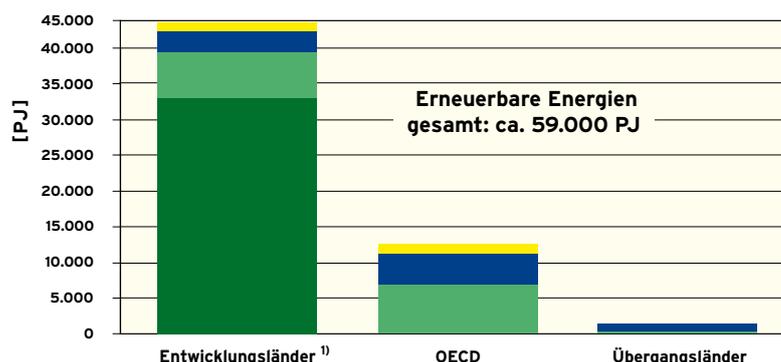


1) ohne China

Quelle: IEA [45]

Struktur der Nutzung erneuerbarer Energien nach Regionen im Jahr 2003

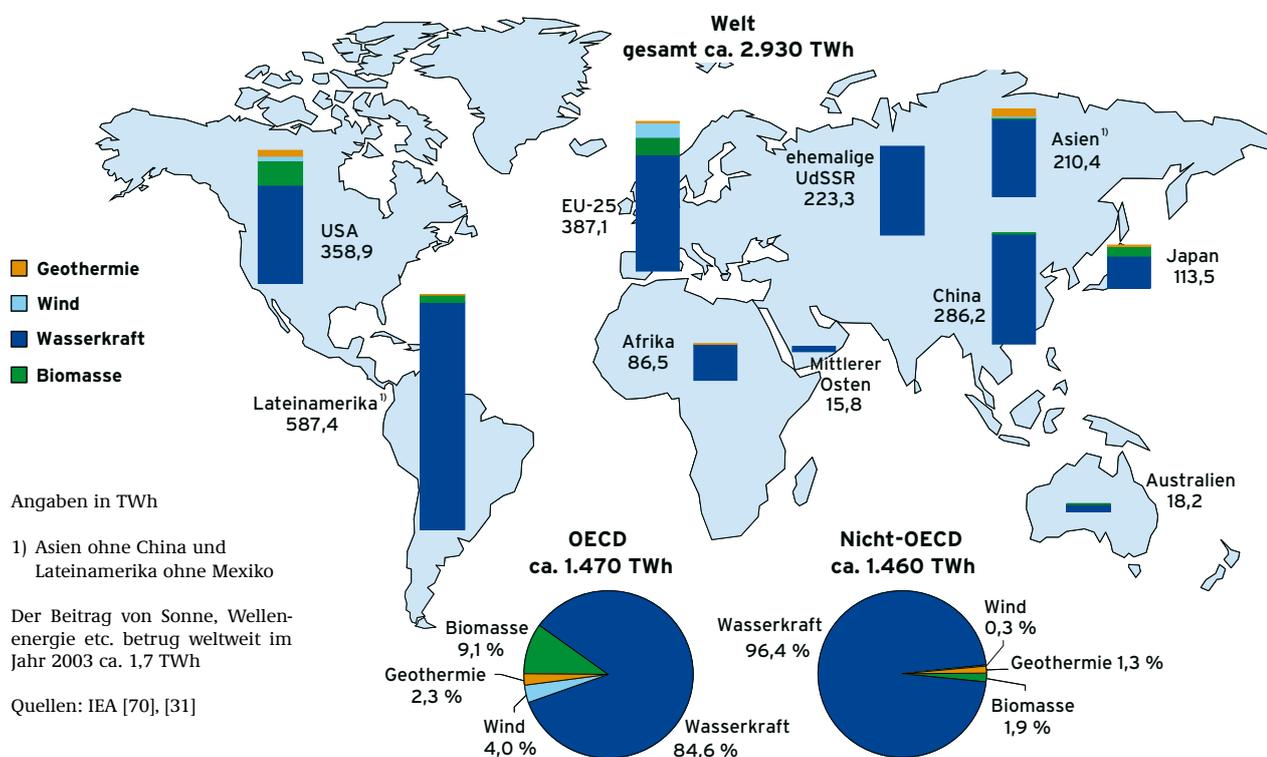
- traditionelle Biomasse
- sonstige EE
- Wasserkraft
- moderne Biomasse



1) inkl. China

Quelle: IEA [45]

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in verschiedenen Regionen im Jahr 2003



Anteile erneuerbarer Energien an der weltweiten Stromerzeugung im Jahr 2003



Der Anteil erneuerbarer Energien an der gesamten Stromerzeugung beträgt weltweit 17,6 % und ist seit dem Jahr 1990 (19,3 %) leicht zurückgegangen. Ursächlich hierfür ist das relativ geringe Wachstum der Wasserkraftnutzung in den westlichen Industrieländern (OECD), das hinter dem Anstieg der gesamten Stromerzeugung zurück blieb. Durch die Nutzung anderer Ressourcen, wie z. B. der Biomasse oder Windenergie, wurde dies nicht kompensiert.

Weltweit dominiert innerhalb der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien die Nutzung von Wasserkraft. Auf sie entfallen etwa 90 % (entsprechend 15,9 % der gesamten Stromerzeugung), während Biomasse rund 6 % und die übrigen erneuerbaren Energien knapp 4 % beitragen.

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 wird große Auswirkungen auf das globale Klima und die soziale Entwicklung haben: Ab dem Jahr

2015 sollen 1,2 Mrd. t CO₂/Jahr weniger emittiert werden, dies entspricht etwa 5 % der globalen Emissionen im Jahre 2015. Die Umsetzung führt zu Investitionen von mehr als 300 Mrd. Euro und bis zu 300 Mio. Menschen bekämen erstmals Zugang zu Strom.

Wesentlichen Anteil daran hat der chinesische Beitrag: So plant China die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien an der installierten elektrischen Gesamtleistung auf 10 % bis 2010. Dieses Ziel wurde zwischenzeitlich sogar noch ausgeweitet (s. u.). Um es zu erreichen, hat China ein dem deutschen Erneuerbare-Energien-Gesetz vergleichbares Gesetz verabschiedet, das mit konkreten Einspeisevergütungen Anfang 2006 in Kraft trat. Die Regierung wird in Zusammenarbeit mit anderen Akteuren mehr als 50 Mrd. Euro aufbringen.

Die Bundesregierung arbeitet intensiv an der Umsetzung der deutschen Beiträge zum Bonner Aktionsprogramm. Wichtige Beiträge wie z. B. eine neue Finanzierungsfazilität für Energieeffizienz und erneuerbare Energien sind bereits umgesetzt worden. Ein weiteres Konferenzergebnis, das inzwischen umgesetzt wurde, ist die Gründung eines globalen Politiknetzwerkes (Renewable Energy Network - REN 21). Regierungen, internationale Organisationen und Vertreter der Zivilgesellschaft werden im REN 21 zusammenarbeiten und den hochrangigen Politikdialog fortsetzen. REN 21 hat anlässlich der Nachfolgekonferenz im November 2005 in Peking einen Globalen Statusbericht Erneuerbare Energie 2005 veröffentlicht. Demnach stammen bereits 17 % des globalen Energieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen. 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). Die offizielle Abschlussdokumentation, welche die zentralen Konferenzdokumente vereint, und die Auswertung des IAP sind abrufbar unter www.renewables2004.de.

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 Regierungsvertretern 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. Der Anteil des Stromes aus erneuerbaren Energien soll bis zum Jahr 2020 auf 30 % steigen. BIREC 2005 sendete außerdem ein klares Signal an die Tagung der Kommission für nachhaltige Entwicklung in den Jahren 2006/07: Erneuerbare Energien und die Frage, wie ihr Ausbau regelmäßig überprüft wird, stehen dort auf der Tagesordnung. Die Ergebnisse der Konferenz sind unter www.birec2005.cn abrufbar.

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 Emissionsfaktoren für die Stromerzeugung

Die Angaben zur Emissionsvermeidung beruhen auf dem „Gutachten zur CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien“ des Fraunhofer Instituts System- und Innovationsforschung [41]. Hier wurde detailliert untersucht, in welchem Ausmaß erneuerbare Energien bei dem zurzeit vorhandenen Kraftwerkspark konventionelle Energieträger ersetzen. Die Windstromerzeugung 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 aufgrund ihrer Lagerfähigkeit flexibel eingesetzt werden können, substituieren überwiegend Steinkohle, in geringerem Maße Braunkohle und Erdgas. Die Stromerzeugung mit Fotovoltaik, 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.

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

Die Emissionsfaktoren wurden entsprechend der hier angegebenen Brennstoffsubstitution ermittelt.

1) nur biogener Anteil

Quelle: ISI [41]

2. Berechnung der Emissionsfaktoren 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.

Dabei wird von folgender Struktur des durch erneuerbare Energien substituierten Wärmereparaturmischmixes ausgegangen:

Quellen:
nach VDEW [17];
nach Statistisches
Bundesamt [44]

Erdgas	Heizöl	Kohle	Strom
52,9 %	41,5 %	1,5 %	4,1 %

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.

Die Werte geben den derzeitigen wissenschaftlichen Stand nach IPCC [65] wieder. Für das Kyoto-Protokoll sind die kursiv gedruckten Werte nach IPCC [51] relevant. In dieser Broschüre wurde mit den neuen Angaben gerechnet.

- 1) bezogen auf einen Zeithorizont von ca. 100 Jahren
2) Referenzsubstanz

Gas	relatives Treibhauspotenzial ¹⁾		
CO ₂	Kohlendioxid	21	21
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

SO₂-Äquivalent

Quelle:
GEMIS, Öko-Institut [2]

Gas	relatives Versauerungspotenzial	
SO ₂	Schwefeldioxid	1
NO _x	Stickoxide	0,696
HF	Flusssäure	1,601
HCl	Salzsäure	0,878
H ₂ S	Schwefelwasserstoff	0,983
NH ₃	Ammoniak	3,762

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.

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

Bei Strom aus Energieträgern, denen kein Heizwert zugerechnet werden kann - z. B. Wasserkraft, Windenergie und Fotovoltaik -, wird bei der Wirkungsgradmethode von der Endenergie mit Hilfe eines Wirkungsgrades von 100 % auf die Primärenergie geschlossen. Damit entspricht z. B. 1 kWh Strom aus z. B. Wasserkraft einem Primärenergieäquivalent von 1 kWh.

Bei der Substitutionsmethode wird als Primärenergieäquivalent für Strom aus Wasserkraft, Windenergie und Fotovoltaik der Brennstoff angegeben, der durch die Stromerzeugung des jeweiligen Energieträgers in konventionellen Kraftwerken substituiert wird. Für die Berechnung der Brennstoffeinsparung wird das unter 1. zitierte Gutachten verwendet.

Zur Ermittlung des Primärenergieäquivalents für Strom aus Biomasse wird bei beiden Methoden ein so genannter durchschnittlicher Substitutionsfaktor angewandt. Er wird ermittelt aus dem Verhältnis der für die Stromerzeugung in öffentlichen Kraftwerken eingesetzten fossilen Brennstoffe zur Bruttostromerzeugung aus diesen Energieträgern und beträgt für das Jahr 2004 8.309 kJ/kWh (vorläufige Angabe) AGEBA [1]. Eine Ermittlung des Primärenergieeinsatzes für die unterschiedlichen Technologien findet hier nicht statt.

Zur Ermittlung des Primärenergieäquivalents der Bereitstellung von Wärme und Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien werden hier Endenergie und Primärenergie gleichgesetzt.

5. Energiebereitstellung aus Fotovoltaik und Solarthermie

Fotovoltaik

Die Stromerzeugung für 2005 entspricht der EEG-Mittelfristprognose des VDN [9] vom November 2005, die Angabe für 2004 der Jahresabrechnung vom Oktober des gleichen Jahres. Bis einschließlich 2003 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 Ertrag von 450 kWh/m² für verglaste Kollektoren bzw. 300 kWh/m² für Schwimmbadabsorber. 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. 1.).

Bei der Einsparung fossiler Brennstoffe durch die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien werden im Unterschied zur Stromerzeugung die vorgelagerten 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)
	kWh _{prim} /kWh _{input}
Ölheizung	1,20
Gasheizung	1,17
Steinkohlebrikettheizung	1,68
Steinkohlekoksheizung	2,12
Braunkohlebrikettheizung	1,89
Holzheizung	0,09

Bei der Einsparung fossiler Kraftstoffe durch Biokraftstoffe werden ebenfalls die vorgelagerten Prozesse der Energiebereitstellung berücksichtigt.

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

	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 [24]

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 4,6 Cent/kWh angesetzt werden. Bei einer Stromerzeugung von knapp 19 TWh im Jahr 2005 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 Biodieselsatz an öffentlichen Tankstellen wurde beispielsweise von einem Durchschnittspreis von 82 Cent/l netto (95 Cent/l brutto) ausgegangen, für die Abgabe an Fahrzeugflotten und für Beimischungen zu Dieselmotorkraftstoff von geringeren Werten.

Der Wert der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien wird vernachlässigt, da die Wärme größtenteils selbst genutzt wird. Als Wertansatz wären hier aber auch die vermiedenen Kosten für Heizöl bzw. Erdgas denkbar. Für den Bereich der privaten Haushalte entspräche dies bei einer substituierten Wärmemenge von etwa 73 TWh und einem mittleren Heizölpreis von 55 Cent/l rund 4 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 0,5 Mrd. Euro angesetzt wurde.

8. Berechnung des Primärenergieäquivalents erneuerbarer Energien für die EU

Für die Berechnung des Primärenergieäquivalents für die Stromerzeugung aus Wasserkraft, Windenergie und Fotovoltaik 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.

Die sich aus der zum Teil unterschiedlichen Methodik ergebenden Abweichungen gegenüber der Bilanzierung in Deutschland sind jedoch minimal und fallen bei der Berechnung des Gesamtanteils erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch nicht ins Gewicht.

9. Anteil der erneuerbaren Energien am Welt-Primärenergieverbrauch

Für den Anteil der erneuerbaren Energien am Welt-Primärenergieverbrauch geben verschiedene Quellen unterschiedliche Werte an. Ursachen hierfür sind z. B. die Bilanzierung der thermischen Verwertung von Haus- und Industrieabfällen sowie die Stromerzeugung in Pumpspeicherkraftwerken. Den größten Einfluss hat jedoch die so genannte traditionelle Nutzung von Brennholz und Holzkohle, die nur mit großen Unsicherheiten geschätzt werden kann und für die verschiedene Angaben um mehr als 50 % voneinander abweichen. Die traditionelle Biomassenutzung wird deshalb teilweise nicht in die Energiestatistiken einbezogen. Unter Berücksichtigung des aktuellen Kenntnisstandes zu diesem Bereich lässt sich für die erneuerbaren Energien ein Anteil am Primärenergieverbrauch von etwa 13,3 % angeben.

10. OECD

Die Organization for Economic Cooperation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung - OECD) 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

Einheiten für Energie und Leistung

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

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

Umrechnungsfaktoren

Die Zahlen beziehen sich auf den Heizwert.

		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 Rohöleeinheit	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

Persönliche Mitteilungen:

- [1] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Berlin, Januar 2006
- [2] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Satellitenbilanz Erneuerbare Energieträger 1995-1999, Berlin
- [3] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart
- [7] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Gülzow, 2004, 2005, 2006
- [9] Verband der Netzbetreiber (VDN), Berlin
- [10] Bundesverband Solarwirtschaft (BSW), Berlin
- [12] EnBW Kraftwerke AG Stuttgart, 2005
- [15] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, (BMELV), April 2006
- [19] Rationelle Energietechnik GmbH (Zfs), Hilden
- [22] Institut für Zukunfts-Energie-Systeme (IZES): Umwelteffekte der Strom- und Wärmebereitstellung sowie der Kraftstoffnutzung im Jahr 2004, Saarbrücken
- [24] U. Fritsche, Öko-Institut Darmstadt, 2005
- [26] Bundesverband WärmePumpe (BWP) e. V., München, April 2006
- [28] Solarenergie-Förderverein Deutschland e. V. (SFV), Aachen, 2005
- [42] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Eschborn, Februar 2004

Literatur:

- [4] Umweltbundesamt (UBA): Deutsches Treibhausgasinventar 1990 - 2004, Nationaler Inventarbericht 2006, Dessau, 2006
- [5] Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2004, 2005, 2006
- [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
- [8] Institut für Energetik und Umwelt (IE): Fortschreibung der Daten zur Stromerzeugung aus Biomasse, Leipzig, 2004, 2005
- [11] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) (Hrsg.): Hohe Energiepreise dämpfen Primärenergieverbrauch in Deutschland, in: Wochenbericht Nr.10/2006
- [13] Institut für Energetik und Umwelt (IE): Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung auf der Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, Endbericht, Leipzig, 2003
- [14] Öko-Institut – Institut für angewandte Ökologie:
Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS), Version 4, Darmstadt 2001
- [16] Bundesverband WindEnergie (BWE), Osnabrück 2005
- [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
- [21] Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V. (VDEW): Pressemitteilung vom 09.05.2006
- [23] International Energy Agency: World Energy Outlook 2002, IEA/OECD, Paris 2002

- [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
- [27] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (Ifeu), Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (WI): Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung der erneuerbaren Energien in Deutschland, 2004, im Auftrag des Bundesumweltministeriums
- [29] Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft (VIK): Statistik der Energiewirtschaft, Essen, 2000/2001
- [30] International Energy Agency (IEA): World Energy Outlook 2004, OECD/IEA, 2004
- [31] International Energy Agency (IEA), Paris: Renewables Information, Edition 2002, Edition 2003, Edition 2004, Edition 2005, IEA/OECD
- [32] European Commission: Eurostat Online Database: Table es_105a.tab, <http://epp.eurostat.cec.eu.int/>
- [33] Energy Information Administration (EIA): International Energy Annual, Edition 2003, <http://www.eia.doe.gov/iea/elec.html>, released May - July 2005, Washington DC
- [34] European Commission : Eurostat Online Database: Tables es_100a, es_1071a, es_1072a, es_113a, <http://epp.eurostat.cec.eu.int/>
- [35] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): European Barometer 2002, Le bilan 2002 des énergies renouvelables, in: Systèmes Solaires, n° 148, 04/2002
- [36] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Solar Thermal Barometer, in: Systèmes Solaires, n° 168, August 2005
- [37] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Photovoltaic Energy Barometer, in: Systèmes Solaires, n° 166, April 2005
- [38] Öko-Institut, Fraunhofer Institut Umwelt-, Sicherheits-Energietechnik (UMSICHT), Institut für Energetik und Umwelt, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu), Institut für ZukunftsEnergieSysteme (izes), TU Berlin, TU Braunschweig, TU München: Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse, 2004, im Auftrag des Bundesumweltministeriums
- [39] Systèmes Solaires: La production d'électricité d'origine renouvelable dans le monde, Paris, September 2000
- [40] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW): DIW-Wochenberichte Nr. 9/2005,12/2006, Berlin
- [41] Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI): Gutachten zur CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien, Karlsruhe 2005
- [43] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Was Strom aus erneuerbaren Energien wirklich kostet, Februar 2006
- [44] Statistisches Bundesamt Deutschland: Mikrozensus-Zusatzerhebung 2003
- [45] International Energy Agency (IEA): Renewables in Global Energy Supply – An IEA Fact Sheet, IEA/OECD, Paris
- [46] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Wind Energy Barometer, in: Systèmes Solaires n° 171, February 2006
- [47] European Commission: Energy - Monthly Statistics, 5-2006
- [48] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung (WBGU): Welt im Wandel - Energiewende zur Nachhaltigkeit, Berlin 2003
- [49] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (Ifeu): Gutachten zur Erweiterung der Ökobilanz für RME, Mai 2003
- [50] European Wind Energy Association (EWEA): Wind Power Installed in Europe by End of 2005 (Cumulative), <http://www.ewea.org/>, download 08.03.2006

- [51] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1996
- [52] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg: Energie, Jährliche Statistiken, 2001 Edition, 2002 Edition, 2003 Edition, 2004 Edition
- [53] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Biofuels Barometer, in: Systèmes Solaires, n° 167, June 2005
- [54] Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières [DGEMP]: La production d'énergie renouvelable en France en 2004, Paris, Juin 2005
- [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] Faninger, G.: Der Photovoltaik-Markt in Österreich 2003, iff-Universität Klagenfurt, März 2004
- [58] European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF)/ International Energy Agency (IEA): Press Release: Worldwide capacity of solar thermal energy greatly underestimated, 10 November 2004
- [59] European Wind Energy Association (EWEA): NEWS RELEASE, European record for wind power: over 6.000 MW installed in 2005, Wind energy has surpassed EC white Paper targets for 2010, Brussels 1st February 2006
- [60] Global Wind Energy Council (GWEC): Press Release: Record year for wind energy: Global wind power market increased by 43 % in 2005, Brussels 17 February 2006
- [61] European Commission, Directorate general for Energy and Transport, Beatriz Yordi: Situation of the Renewable Electricity Directive, ECOSOC 4 April 2005
- [62] Lund, John W.: 100 Years of geothermal power production, GHC Bulletin, September 2004
- [63] International Energy Agency (IEA): Energy Balances of OECD Countries, 2004 Edition
- [64] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Wirkung des Ausbaus der Erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt unter besonderer Berücksichtigung des Außenhandels, Pressemeldung 22.03.2006
- [65] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Third Assessment Report (TAR), 2001
- [66] Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières [DGEMP]: Les énergies renouvelables en France 1970-2003, Paris Janvier 2005
- [67] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Geothermia Barometer in: Systèmes Solaires, n° 170, December 2005
- [68] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 2005/2006, Deutscher Verkehrs-Verlag
- [69] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in Deutschland – Stand 31.12.2005, DEWI Magazin Nr. 28, Februar 2006
- [70] International Energy Agency (IEA): Energy Balances of Non-OECD Countries, 2004 Edition
- [71] European Commission, Directorate general for Energy and Transport, Beatriz Yordi: Communication on the support of electricity from renewable energy sources (COM (2005) 627), 2005
- [72] 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
- [73] Bundesverband Solarwirtschaft (BSW): Aktuelle Entwicklungen im deutschen Photovoltaikmarkt, Vortrag von G. Stryi-Hipp, 21. Symposium Photovoltaische Solarenergie, 8.-10. März 2006, Kloster Banz, Bad Staffelstein
- [74] Bundesverband Solarwirtschaft (BSW): www.solarwirtschaft.de, Berlin

„Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen ...“

Grundgesetz, Artikel 20 A

Kontakt:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Referat Öffentlichkeitsarbeit

D - 11055 Berlin

Fax: (01888) 3 05 - 20 44

Internet: www.bmu.de

E-Mail: service@bmu.bund.de

Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Der Druck erfolgt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



DAS HAT ZUKUNFT.