



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

# ERNEUERBARE ENERGIEN IN ZAHLEN

## Nationale und internationale Entwicklung

INTERNET-UPDATE



# Impressum

- Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)  
Referat Öffentlichkeitsarbeit ▪ 11055 Berlin  
E-Mail: [service@bmu.bund.de](mailto:service@bmu.bund.de)  
Internet: [www.bmu.de](http://www.bmu.de) ▪ [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)
- Redaktion: Dipl.-Ing. (FH) Dieter Böhme, Dr. Wolfhart Dürrschmidt  
BMU, Referat KI III 1  
(Allgemeine und grundsätzliche Angelegenheiten der Erneuerbaren Energien)
- Fachliche Bearbeitung: Prof. Dr. Frithjof Staiß, Dipl.-Ing. (FH) Christel Linkohr,  
Dipl.-Kffr. Ulrike Zimmer, Dr. Frank Musiol, Dipl.-Ing. (FH) Marion Ottmüller  
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung  
Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart
- Abbildungen: Dieter Böhme/BMU (Titelbild), Landratsamt Böblingen – Abfallwirtschaftsbetrieb (6), Brigitte Hiss/BMU (34, 46); H.-G. Oed (21); Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (60 oben); Hansjörg Gabler (60 unten), Ulrike Zimmer (weitere)
- Stand: Internet-Update, Dezember 2008; Redaktionsschluss: 15. Dezember 2008

# Inhalt

<b>TEIL I: Erneuerbare Energien in Deutschland: Garanten für Klimaschutz und Versorgungssicherheit.....</b>	<b>5</b>
Erneuerbare Energien (EE) in Deutschland: das Wichtigste im Jahr 2007 auf einen Blick .....	8
Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung in Deutschland 2007 .....	9
Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland von 1998 bis 2007 .....	10
Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2007 .....	11
Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland von 1990 bis 2007 .....	13
Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2007 .....	18
Entwicklung der energiebedingten Emissionen in Deutschland von 1990 bis 2007 .....	22
Energiebedingte Emissionen in Deutschland nach Quellgruppen im Jahr 2006 .....	24
Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2007 .....	25
Umsatz mit erneuerbaren Energien in Deutschland 2007.....	26
Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland .....	28
Einspeisung und Vergütung nach dem Stromeinspeisungsgesetz (StrEG) und dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) seit 1991.....	29
Kosten für die Stromverbraucher.....	30
Auswirkungen der erneuerbaren Energien auf die Strompreise .....	32
Gesamtwirtschaftliche externe Kosten .....	33
Kosten und Nutzenwirkungen des EEG im Überblick .....	34
Förderung erneuerbarer Energien.....	35
Erforschung und Entwicklung von Technologien zur Nutzung der erneuerbaren Energien .....	38
Langfristig realisierbares Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom-, Wärme- und Kraftstofferzeugung in Deutschland .....	41
Szenario eines verstärkten Ausbaus erneuerbarer Energien in Deutschland.....	42
<b>Teil II: Erneuerbare Energien in der Europäischen Union .....</b>	<b>45</b>
Erneuerbare Energien in der Europäischen Union (EU) .....	46
Primärenergieverbrauch und erneuerbaren Energien in der EU.....	48
Nutzung erneuerbarer Energien in der EU im Jahr 2007 .....	50
Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt.....	51
Instrumente zur Förderung der erneuerbaren Energien im EU-Strommarkt.....	52
Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU.....	54
Windenergienutzung in der EU.....	56
Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU.....	58
<b>Teil III: Globale Nutzung erneuerbarer Energien .....</b>	<b>60</b>
Globale Primärenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien .....	62
Regionale Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2006 - Global .....	64
Globale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien.....	65
Initiative zur Gründung einer Internationalen Erneuerbaren Energie Agentur (IRENA).....	66
Internationale Konferenz für erneuerbare Energien – Renewables 2004 – und der Folgeprozess .....	67
<b>Anhang: Methodische Hinweise.....</b>	<b>68</b>
<b>Umrechnungsfaktoren.....</b>	<b>74</b>
<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>75</b>

## Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik (AGEE-Stat)



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

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

- dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU),
- dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi),
- dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV),
- dem Umweltbundesamt (UBA),

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

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

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

- eine Grundlage für die verschiedenen nationalen, EU-weiten und internationalen

Berichtspflichten der Bundesregierung im Bereich der erneuerbaren Energien zu legen und

- allgemeine Informations- und Öffentlichkeitsarbeit zu Daten und Entwicklung der erneuerbaren Energien zu leisten.

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

Weitere Informationen zur AGEE-Stat und zu erneuerbaren Energien sind auf der Internet-Themenseite des BMU [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de) zu finden.

## TEIL I:

# Erneuerbare Energien in Deutschland: Garanten für Klimaschutz und Versorgungssicherheit

Eine intelligente Bereitstellung und ein sparsamer Einsatz von Energie – das sind zentrale Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. In vielen Regionen dieser Welt wächst im Zuge einer nachholenden Industrialisierung der Energiebedarf rasant. Zugleich stehen die Industrieländer vor der Aufgabe, ihren Energieverbrauch drastisch senken zu müssen. Denn nur dann wird es gelingen, die schlimmsten Klimaveränderungen noch abzuwenden und uns unabhängiger von Öl-, Gas-, Kohle- und Uranimporten zu machen. Neben der wichtigen Strategie einer sparsamen Nutzung und effizienten Umwandlung von Energieträgern setzt das Bundesumweltministerium auf den Einsatz erneuerbarer Energien. Erneuerbare Energien haben in den vergangenen Jahren insbesondere im Strommarkt, aber auch im Wärme- und Verkehrssektor beträchtlich an Bedeutung gewonnen. Mit einem Anteil von 14 % an der deutschen Stromversorgung 2007 sind sie 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 2007 haben sie den Ausstoß von rund 115 Millionen Tonnen des Klimagases CO<sub>2</sub> vermieden. Ohne die erneuerbaren Energien läge das deutsche Klimaschutzziel im Rahmen des Kyoto-Protokolls in weiter Ferne.
- Sie diversifizieren die Rohstoffvielfalt, machen unabhängiger von fossilen Rohstoffen und tragen so zur Versorgungssicherheit, zur Vermeidung von Rohstoffkonflikten und zur Minderung energiebedingter Emissionen bei (s. a. BMU-Studie „Die sicherheitspolitische Bedeutung erneuerbarer Energien“ unter [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de), Rubrik „Studien“).
- Mittelfristig sichern uns erneuerbare Energien damit auch gegen Kostensteigerungen bei Energieimporten ab, die bei den fossilen und nuklearen Ressourcen unvermeidbar eintreten werden und für Öl schon sichtbar waren.
- Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien können am Ende ihrer Lebensdauer einfach abgebaut und recycelt werden. Sie sind keine strahlende Altlast – wie Atomkraftwerke – und hinterlassen keine Kohlegruben.
- Erneuerbare Energien sind hauptsächlich heimische Energieträger, die zur regionalen Wertschöpfung beitragen und Arbeitsplätze sichern. In Deutschland wurde im Jahr 2007 mit erneuerbaren Energien ein Gesamtumsatz von rd. 25,5 Mrd. Euro erzielt; rund 250.000 Menschen waren im Jahr 2007 in diesem Bereich beschäftigt.
- Erneuerbare Energien können in armen Ländern Wege aus der Armut weisen, zudem vereinfachen sie den Zugang großer Bevölkerungsteile zu Energie, beispielsweise durch ländliche Elektrifizierung.

## Ziele

Der Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland ist eine beispiellose Erfolgsgeschichte. Ihr Anteil am gesamten Endenergieverbrauch wurde seit dem Jahr 2000 auf 9,8 % mehr als verdoppelt. Das Ziel der Bundesregierung, bis zum Jahr 2010 12,5 % des Bruttostromverbrauchs mit erneuerbaren Energien zu decken wurde mit 14 % bereits 2007 deutlich überschritten. Der Deutsche Bundestag hat am 6. Juni 2008 das neue EEG und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) beschlossen. Damit sind die Ziele der Bundesregierung für 2020 klar: Der Beitrag der erneuerbaren Energien zur Strombereitstellung soll auf mindestens 30 % ansteigen und danach kontinuierlich weiter erhöht werden. Der Anteil an der Wärmebereitstellung soll bis 2020 auf 14 % ansteigen.

Das EEG 2009 und das EEWärmeG treten am 1. Januar 2009 in Kraft.

Mit der Weiterentwicklung seiner Strategie zur Bioenergie hat das BMU das frühere Biokraftstoffziel überprüft. Es soll im Jahr 2020 anstelle 17 % nunmehr 12 % (energetisch) betragen.

Mit den Beschlüssen des Europäischen Rats vom Frühjahr 2007 und den Beschlüssen zu einer neuen EU-Richtlinie für erneuerbare Energien im Dezember 2008 werden entsprechende Ziele auch im EU-Kontext erforderlich. Bis 2020 sollen 20 % des gesamten Endenergieverbrauchs der Europäischen Union (EU) mit erneuerbaren Energien gedeckt werden. Für Deutschland bedeutet dies einen Anteil von 18 %.

## Windenergie

Mit 22.247 Megawatt installierter Leistung Ende des Jahres 2007 nimmt Deutschland weiterhin die Spitzenposition bei der weltweiten Windenergienutzung ein. Die neu installierte Leistung ging 2007 mit 1.667 MW jedoch gegenüber 2006 um 34 % zurück und Deutschland lag hier nur noch auf Platz 5 hinter den USA, Spanien, China und Indien. Mit 39,7 TWh haben die deutschen Windkraftanlagen fast ein Drittel Strom mehr produziert als im Vorjahr, da 2007 - nach einem windschwachen 2006 - mit einem überdurchschnittlich guten Windangebot aufwarten konnte. Unter den Erneuerbaren hat die Windenergie ihre Spitzenposition ausgebaut und hat nun allein einen Anteil von 6,4 % am Bruttostromverbrauch.

In den kommenden Jahren soll der Beitrag der Windenergie weiter wachsen. Neben dem Repowering – dem Ersatz älterer Anlagen durch neue, leistungsstärkere - wird die Entwicklung der Offshore-Windenergie ein wichtiger neuer Schwerpunkt sein.

## Biomasse

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



daher einen wichtigen Beitrag zu einer sicheren Energieversorgung.

Mit 16,7 TWh nahm die Stromerzeugung aus fester und flüssiger Biomasse sowie Biogas im Jahr 2007 gegenüber dem Vorjahr (13,5 TWh) um fast ein Viertel zu. Zusammen mit Deponie- und Klärgas sowie dem biogenen Anteil der Abfälle wurde im Jahr 2007 mit 22,8 TWh erstmals mehr Strom aus Biomasse als aus Wasserkraft produziert. Der Anteil am Bruttostromverbrauch betrug 3,7 %. Der Beitrag der Biomasse zur Wärmebereitstellung betrug 2007 rund 94 TWh und machte damit 94 % des Beitrags der erneuerbaren Energien in diesem Bereich aus. Nochmals gesteigert werden konnte auch der Beitrag der Biokraftstoffe, die mit 4,6 Mio. t um rund 15 % gegenüber dem Vorjahr zulegen und rund 7,3 % des gesamten Kraftstoffbedarfs decken konnten.

## Geothermie

Die Wärme aus dem Erdinneren kann zur Beheizung von Gebäuden, zur Speisung von Nahwärmenetzen, aber auch zur Stromerzeugung genutzt werden. Nachdem schon Geothermie-

Heizwerke bestehen, konnte 2007 in Landau das zweite deutsche Geothermie-Kraftwerk den Betrieb aufnehmen. Eine weitere Anlage liefert seit Ende 2007 in Unterhaching bereits Wärme. Die Inbetriebnahme der Stromerzeugungsanlage erfolgte Ende 2008. Noch ist der Beitrag der Geothermie zur Stromerzeugung nicht bedeutend, in den kommenden Jahren sollen jedoch vor allem im süddeutschen Raum weitere Anlagen den Betrieb aufnehmen.

## Wasserkraft

In den vergangenen Jahren wurden in Deutschland die Kapazitäten zur Nutzung der Wasserkraft geringfügig erhöht, unter anderem durch Modernisierung von Anlagen. Der Stromertrag schwankt aufgrund unterschiedlicher Witterungsbedingungen. 2007 wurde mit 21,2 TWh etwas mehr Wasserkraftstrom als im Vorjahr produziert. Für die kommenden Jahre wird eine Erneuerung einiger größerer Anlagen erwartet, da mit dem EEG von 2004 neue Anreize für Investitionen gesetzt wurden.

## Photovoltaik / Solarthermie

Mit der Stromerzeugung aus Sonnenenergie durch Photovoltaik-Anlagen ging es auch 2007 weiter steil bergauf. Sie lag mit 3,1 TWh rund 40 % höher als 2006 und trug nunmehr bereits 0,5 % zum Bruttostromverbrauch bei. Technische Innovationen und wachsende Märkte werden dazu führen, dass Strom aus Photovoltaik-Anlagen immer kostengünstiger wird. Die Vergütung nach EEG für Solarstrom für neue Anlagen sinkt jährlich um 5 bis 6,5 %, nach dem neuen EEG ab 2009 sogar um 8 bis 10 %.

Der Zubau von Sonnenkollektoren (Solarthermieanlagen) zur Brauch-



wassererwärmung und Raumheizung war 2007 rückläufig, wenn auch mit rund 1 Mio. Quadratmeter neu installierter Fläche auf hohem Niveau. Ende des Jahres 2007 waren rund 9,6 Mio. Quadratmeter Kollektorfläche in Deutschland installiert, was der Fläche von rund 1.345 Fußballfeldern entspricht. Hohe Öl- und Gaspreise und die weiter verbesserte Förderung im Rahmen des Marktanzreizprogramms des Bundes werden auch weiterhin den Bau solarthermischer Anlagen voranbringen.

## Weitere Pfeiler der Energiewende und des Klimaschutzes

Die Bundesregierung nutzt neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien konsequent die Potenziale für eine rationelle und sparsame Energieverwendung und die Verbesserung der Energieeffizienz. Zentral sind dabei die bereits 1999 eingeleitete Ökologische Steuerreform sowie weitere bereits umgesetzte Maßnahmen wie die Energieeinsparverordnung, das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz sowie Maßnahmen zur Energieverbrauchskennzeichnung. Das Gebäudesanierungsprogramm zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen wurde im Jahr 2006 erheblich aufgestockt. Der Emissionshandel für Anlagen ab 20 MW Feuerungswärmeleistung wurde 2007 weiterentwickelt, damit die deutsche

Wirtschaft langfristig ihre Klimaschutzziele noch kostengünstiger und effizienter als bisher erreicht. Zudem hat die Bundesregierung 2007 und 2008 eine ganze Reihe weiterer Maßnahmen im Rahmen ihres Integrierten Energie- und Klimaprogramms (IKEP) beschlossen.

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. Für zwei Reaktoren traf dies bereits zu, das letzte Kernkraftwerk wird voraussichtlich in etwa 15 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 Umstrukturierung unserer Energiesysteme.

Dazu gehören insbesondere der Ausstieg aus der Atomenergienutzung, die schrittweise Reduzierung des Einsatzes fossiler Energieträger, Energieeinsparung und Energieeffizienz sowie der kontinuierliche Ausbau der erneuerbaren Energien.

# Erneuerbare Energien (EE) in Deutschland: das Wichtigste im Jahr 2007 auf einen Blick

## Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland:

- 9,8 %<sup>1)</sup> am gesamten Endenergieverbrauch (Strom, Wärme, Treibstoffe; 2006: 8,1 %)
- 14,0 % am Bruttostromverbrauch (2006: 11,7 %)
- 7,5 %<sup>1)</sup> am Endenergieverbrauch für Wärme (2006: 6,1 %)
- 7,3 % am Kraftstoffverbrauch (2006: 6,3 %)
- 6,9 % am Primärenergieverbrauch (2006: 5,7 %) (nach Wirkungsgradmethode, entspricht 9,4 % nach Substitutionsmethode)

## Windenergie leistet den größten Beitrag

Nach einem Bruttozubau von 1.667 MW waren Ende 2007 insgesamt 22.247 MW installiert, 2007 wurden rd. 39,7 TWh Strom erzeugt. (1 TWh = 1 Mrd. kWh)

## Bioenergie weiter im Kommen

Verstärkter Ausbau im Strommarkt: aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse wurden 2007 16,7 TWh erzeugt (einschl. biogenem Abfall, Deponie- und Klärgas 22,8 TWh); mehr als 4,6 Mio. Tonnen Biokraftstoffe wurden verbraucht; der Bestand an Pelletheizungen ist auf 83.000 gestiegen [DEPV 49].

## Wasserkraft stagnierend

Die installierte Leistung war nahezu konstant, 21,2 TWh Strom wurden erzeugt.

## Sonnenenergienutzung Weltspitze

Mit einem Zubau von 1.100 MW, ist Deutschland Photovoltaik-Weltmeister, rd. 3,1 TWh Strom wurden erzeugt.

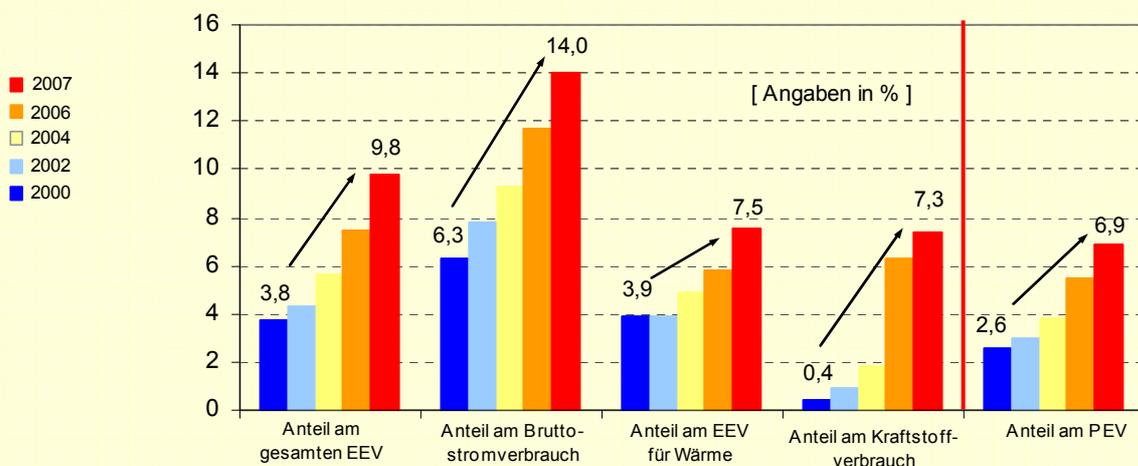
Der Zubau solarthermischer Kollektorfläche war mit rund 1 Mio. m<sup>2</sup> rückläufig auf hohem Niveau, insgesamt waren Ende 2007 9,6 Mio. m<sup>2</sup> installiert

## Geothermie in Position

Das zweite geothermische Kraftwerk wurde in Betrieb genommen; der Absatz von Wärmepumpen war steigend (auf knapp 45.000 Anlagen) [BWP 26].

1) Im Vergleich zu EE in Zahlen, Stand: Juni 2008 haben sich die Werte deutlich erhöht. Grund hierfür ist, dass die jeweiligen Bezugsgrößen an aktuelle Daten angepasst wurden:  
Beim EE-Anteil am Endenergieverbrauch musste bislang der Wert von 2006 verwendet werden. Der EEV 2007, der im 2. Halbjahr 2008 veröffentlicht wurde, liegt aufgrund des milden Winters mit 8.585 PJ deutlich unter dem Wert des Vorjahres.  
Der milde Winter im Jahr 2007 hatte auch Einfluss auf den Verbrauch von Wärme. Durch die ohnehin deutlich positive Entwicklung der EE-Wärme wird ihr Anteil durch jenen Effekt zusätzlich erhöht.

Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland



EEV Endenergieverbrauch  
PEV Primärenergieverbrauch, berechnet nach

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

# Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung in Deutschland 2007

	End-energie [GWh]	Primärenergie-äquivalent <sup>1)</sup>		Anteil am Endenergieverbrauch [%]	Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch <sup>12)</sup>		
		nach Wirkungsgradmethode [PJ]	nach Substitutionsmethode [PJ]		nach Wirkungsgradmethode [%]	nach Substitutionsmethode [%]	
<b>Stromerzeugung</b>	Wasserkraft <sup>2)</sup>	21.249	76,5	209,0	3,4	0,5	1,5
	Windenergie	39.713	143,0	376,9	6,4	1,0	2,6
	Photovoltaik	3.075	11,1	27,3	0,5	0,1	0,2
	biogene Festbrennstoffe	8.743	78,2	78,2	1,4	0,6	0,5
	biogene flüssige Brennstoffe	1.485	13,3	13,3	0,2	0,1	0,1
	Biogas	6.425	57,5	57,5	1,0	0,4	0,4
	Klärgas	983	8,8	8,8	0,2	0,1	0,1
	Deponiegas	1.009	9,0	9,0	0,2	0,1	0,1
	biogener Anteil des Abfalls <sup>3)</sup>	4.130	36,9	36,9	0,7	0,3	0,3
	Geothermie <sup>4)</sup>	0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	<b>Summe</b>	<b>86.811</b>	<b>434,2</b>	<b>816,8</b>	<b>14,0</b>	<b>3,1</b>	<b>5,7</b>
<b>Wärmeerzeugung</b>	biogene Festbrennstoffe (Haushalte)	57.778	208,0		4,3	1,5	1,4
	biogene Festbrennstoffe (Industrie) <sup>5)</sup>	16.770	60,4		1,3	0,4	0,4
	biogene Festbrennstoffe (Heizkraft- und Heizwerke) <sup>6)</sup>	5.688	20,5		0,4	0,15	0,14
	biogene flüssige Brennstoffe	4.647	16,7		0,3	0,12	0,12
	biogene gasförmige Brennstoffe <sup>7)</sup>	4.669	16,8		0,3	0,12	0,12
	biogener Anteil des Abfalls <sup>3)</sup>	4.783	17,2		0,4	0,12	0,12
	Solarthermie	3.704	13,3		0,3	0,10	0,09
	tiefe Geothermie	160	0,6		< 0,1	0,004	0,004
	oberflächennahe Geothermie	2.139	7,7		0,2	0,06	0,05
<b>Summe</b>	<b>100.337</b>	<b>361,2</b>		<b>7,5</b>	<b>2,6</b>	<b>2,5</b>	
<b>Kraftstoff</b>	Biodiesel	34.239	123,3		5,4	0,9	0,9
	Pflanzenöl	8.736	31,5		1,4	0,2	0,2
	Bioethanol	3.444	12,4		0,5	0,1	0,09
	<b>Summe</b>	<b>46.419</b>	<b>167,1</b>		<b>7,3</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>
<b>gesamt</b>	<b>233.568</b>	<b>962,5</b>	<b>1.345,1</b>	<b>EEV<sup>11)</sup></b>	<b>13) 9,8</b>	<b>6,9</b>	<b>9,4</b>

**Anmerkung:**

Angaben in der gesamten Broschüre vorläufig.

**Abkürzungen:**

EE Erneuerbare Energien

EEV Endenergieverbrauch

PEV Primärenergieverbrauch

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

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

Abweichungen in den Summen durch Rundungen; PEV: 13.993 PJ, Stand September 2008

- 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) zweites Geothermiekraftwerk Ende 2007 in Betrieb gegangen
- 5) Industrie = Betriebe des Bergbaus, der Gewinnung von Steinen und Erden sowie des Verarbeitenden Gewerbes, § 8 Energiestatistikgesetz
- 6) nach §§ 3 und 5, Energiestatistikgesetz, nur Allg. Versorgung
- 7) teilweise geschätzt, bei Gasen einschließlich der Direktnutzung von Klärgas
- 8) bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2007 von 617,9 TWh

- 9) EEV für Raumwärme, Warmwasser und sonstige Prozesswärme (unter der Berücksichtigung von Auf- und Abbau an Vorräten lagerbarer Brennstoffe – bereinigte Version) 2007 von 164,2 Mio. t SKE oder 4.812 PJ.

- 10) bezogen auf den gesamten Kraftstoffverbrauch 2007 von 2.274 PJ

- 11) bezogen auf EEV 2007 von 8.585 PJ.

- 12) bei einem Substitutionsfaktor (für Strom aus Biomasse) von 8.942 kJ/kWh, siehe Anhang Abs. 4

- 13) siehe Anmerkungen Seite 8

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie ZSW [3]; BSW [10]; AGEBA [1], [18], [15], StBA [5]; ISI [41]; IE [70]; BDEW [11], [101]; BAFA [83]; BMELV/BMU [40]

Die Entwicklung des Jahres 2007 belegt einmal mehr, dass Deutschland auf gutem Wege ist, seine anspruchsvollen Ziele für den Ausbau der erneuerbaren Energien zu erreichen. Mit inzwischen 9,8 % hat sich der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch innerhalb von nur vier Jahren verdoppelt. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass auch der milde Winter im Jahr 2007 zu dem starken Anstieg beigetragen hat (s. a. Anmerkungen Seite 8). Mit 14 % ist zudem das bisherige nationale Ziel eines Anteils

von 12,5 % am Bruttostromverbrauch bis 2010 bereits drei Jahre früher deutlich überschritten worden. Maßgeblich dafür ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), dessen Förderbedingungen zuletzt 2004 insbesondere für Strom aus Biomasse und Photovoltaik – die beiden Sparten, die zuletzt die kräftigsten Zuwächse verzeichnen konnten – deutlich verbessert wurden. Das neue EEG 2009 wurde am 6. Juni 2008 durch den Deutschen Bundestag verabschiedet und tritt am 1. Januar 2009 in Kraft. Damit wird der weitere

stabile Aufwärtstrend im Strombereich gefestigt werden. Darüber hinaus wird mit dem ebenfalls 2008 vom Deutschen Bundestag beschlossenen Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG 2009) die Grundlage geschaffen, dass die erneuerbaren Energien auch im Wärmemarkt einen schnelleren Aufschwung erleben. Das EEWärmeG tritt am 1. Januar 2009 in Kraft.

## Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland von 1998 bis 2007

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>EE-Anteile am Endenergieverbrauch (EEV)</b>	[%]									
Stromerzeugung (bezogen auf gesamten Bruttostromverbrauch)	4,8	5,5	6,3	6,7	7,8	8,1	9,5	10,4	11,7	14,0
Wärmebereitstellung (bezogen auf gesamte Wärmebereitstellung)	3,5	3,5	3,9	3,8	3,9	4,6	4,9	5,4	6,1	<sup>2)</sup> 7,5
Kraftstoffverbrauch <sup>1)</sup> (bezogen auf gesamten Kraftstoffverbrauch)	0,2	0,2	0,4	0,6	0,9	1,4	1,8	3,8	6,3	7,3
<b>Anteil EE am gesamten EEV</b>	<b>3,1</b>	<b>3,3</b>	<b>3,8</b>	<b>3,8</b>	<b>4,3</b>	<b>4,9</b>	<b>5,5</b>	<b>6,6</b>	<b>8,1</b>	<sup>2)</sup> <b>9,8</b>
<b>EE-Anteile am Primärenergieverbrauch (PEV)</b>										
Stromerzeugung (bezogen auf gesamten PEV)	0,8	0,9	1,1	1,1	1,4	1,5	1,6	2,1	2,5	3,1
Wärmebereitstellung (bezogen auf gesamten PEV)	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,8	1,9	2,0	2,3	2,6
Kraftstoffverbrauch (bezogen auf gesamten PEV)	0,03	0,03	0,06	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	1,0	1,2
<b>Anteil EE am gesamten PEV <sup>3)</sup></b>	<b>2,1</b>	<b>2,2</b>	<b>2,6</b>	<b>2,7</b>	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>	<b>3,9</b>	<b>4,7</b>	<b>5,7</b>	<b>6,9</b>

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

2) siehe Anmerkungen Seite 8

3) nach Wirkungsgradmethode, siehe Anhang Abs. 4

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie den vorherigen und anschließenden Tabellen und nach VDEW [17], [47], [74]; BDEW [100]

## Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2007

### EE-Endenergie: rd. 234 TWh

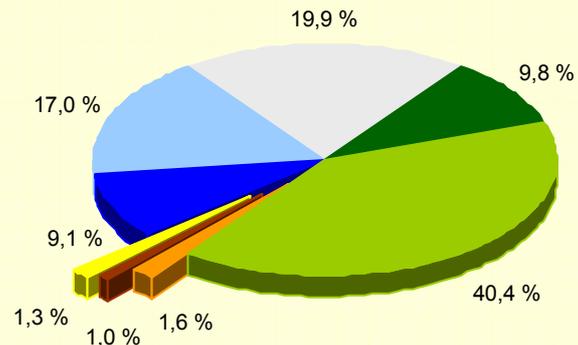
(9,8 %-Anteil am gesamten Endenergieverbrauch)

Rund 70 % der gesamten Endenergie aus erneuerbaren Energiequellen wird durch die gesamte Biomasse<sup>1)</sup> bereitgestellt.

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

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

### Struktur der Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2007



1) biogene Festbrennstoffe, biogene flüssige und gasförmige Brennstoffe, biogener Anteil des Abfalls, Biogas sowie Klär- und Deponiegas und Biokraftstoffe

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiteren Quellen, siehe Tabelle Seite 9

### EE-Stromerzeugung: rd. 86,8 TWh

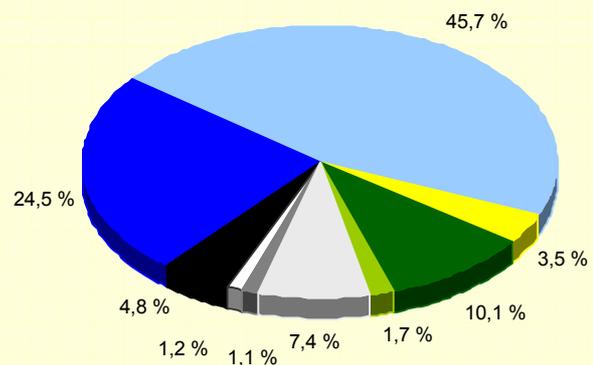
(14 %-Anteil am gesamten Stromverbrauch)

Für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien sind neben der Biomasse mit rund 19,2 % vor allem die Windenergie mit knapp 45 % und die Wasserkraft mit 24,5 % Anteil von Bedeutung.

Biomasse einschl. Klärgas, Deponiegas und biogenem Anteil des Abfalls: 26,2 %.

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

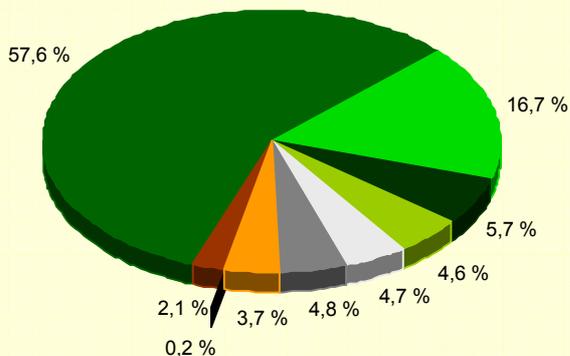
### Struktur der Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2007



Geothermische Stromerzeugung auf Grund geringer Strommengen nicht dargestellt

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiteren Quellen, siehe Tabelle Seite 9

**Struktur der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2007**

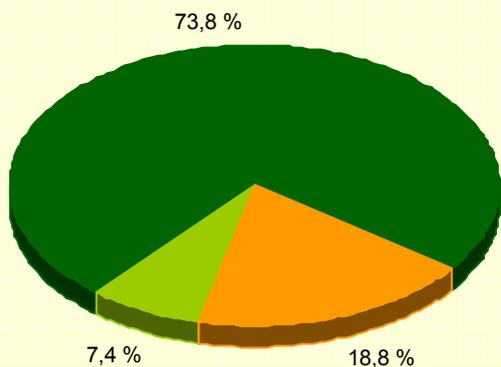


**EE-Wärmebereitstellung: rd. 100,3 TWh**  
(7,5 %-Anteil am gesamten Wärmeverbrauch)

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

HKW/HW Heizkraft- und Heizwerke  
Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiteren Quellen, siehe Tabelle Seite 9

**Struktur der Kraftstoffbereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2007**



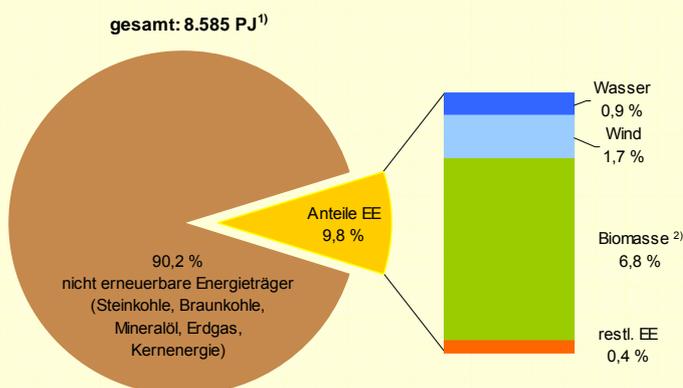
**Biogene Kraftstoffe: rd. 46,4 TWh**  
(7,3 %-Anteil am gesamten Kraftstoffverbrauch)

- Biodiesel
- Pflanzenöl
- Bioethanol

Biokraftstoffmengen 2007:  
Biodiesel: 3.318.000 Tonnen,  
3.775 Mio. Liter;  
Pflanzenöl: 838.000 Tonnen,  
910 Mio. Liter;  
Bioethanol: 460.000 Tonnen,  
588 Mio. Liter

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiteren Quellen, siehe Tabelle Seite 9

**Anteile der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland 2007**



**EE-Endenergiebereitstellung: rd. 234 TWh (841 PJ)**  
(9,8 % Anteil am gesamten Endenergieverbrauch)

- 1) siehe Seite 8
- 2) feste, flüssige, gasförmige Biomasse, biogener Anteil des Abfalls, Deponie- und Klärgas

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat, ZSW [3]; nach AGEB [18]

# Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland von 1990 bis 2007

## Stromerzeugung (Endenergie) in Deutschland

	Wasser- kraft <sup>1)</sup>	Wind- energie	Biomasse <sup>2)</sup>	biogener Anteil des Abfalls <sup>3)</sup>	Photo- voltaik	Geothermie	Summe Strom- erzeugung	Anteil am Bruttostrom- verbrauch
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[%]
1990	17.000	40	222	1.200	1	0	18.463	3,4
1991	15.900	140	250	1.200	2	0	17.492	3,2
1992	18.600	230	295	1.250	3	0	20.378	3,8
1993	19.000	670	370	1.200	6	0	21.246	4,0
1994	20.200	940	570	1.300	8	0	23.018	4,3
1995	21.600	1.800	670	1.350	11	0	25.431	4,7
1996	18.800	2.200	853	1.350	16	0	23.219	4,2
1997	19.000	3.000	1.079	1.400	26	0	24.505	4,5
1998	19.000	4.489	1.642	1.750	32	0	26.913	4,8
1999	21.300	5.528	1.791	1.850	42	0	30.511	5,5
2000	24.936	7.550	2.279	1.850	64	0	36.679	6,3
2001	23.383	10.509	3.206	1.859	116	0	39.073	6,7
2002	23.824	15.786	4.017	1.945	188	0	45.760	7,8
2003	20.350	18.859	6.970	2.162	313	0	48.654	8,1
2004	21.000	25.509	8.347	2.116	557	0,2	57.529	9,5
2005	21.524	27.229	10.495	3.039	1.282	0,2	63.569	10,4
2006	20.042	30.710	15.593	3.675	2.220	0,4	72.240	11,7
2007	21.249	39.713	18.645	4.130	3.075	0,4	86.811	14,0

Das Energieangebot aus Wasserkraft, Windenergie und Solarenergie unterliegt natürlichen Schwankungen, die sich sowohl kurzfristig und saisonal als auch auf den gesamten Jahresenergieertrag auswirken.  
Zur Stromerzeugung aus Photovoltaik siehe Anhang Abs. 5.

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

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie ZSW [3]; EnBW [12]; BWE [16]; StBA [5]; BMELV [75]; IE [8], [13], [20], [70]; VDN [9]; BDEW [71] BDEW [11]; AGEBA [2], [18]; FNR [7]; SFV [28]; BSW [10]; ZfS [19]; [Erdwärme-Kraft [79]; DEWI [62], [67], [76], [77], [78]; geox GmbH [66]

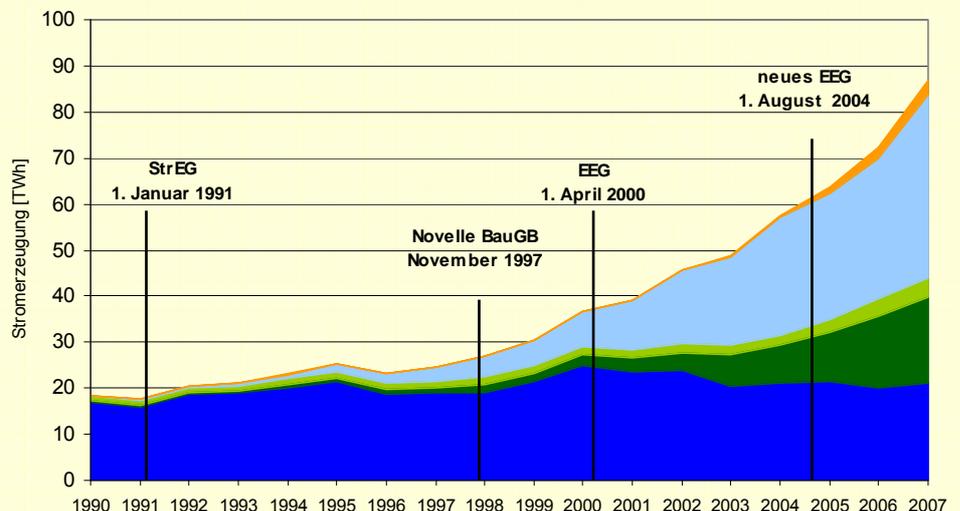
## Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

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

StrEG Stromeinspeisungsgesetz

Geothermische Stromerzeugung auf Grund geringer Strommengen nicht dargestellt

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiteren Quellen, siehe Tabelle oben



# INSTALLIERTE LEISTUNG ZUR STROMERZEUGUNG

## Installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

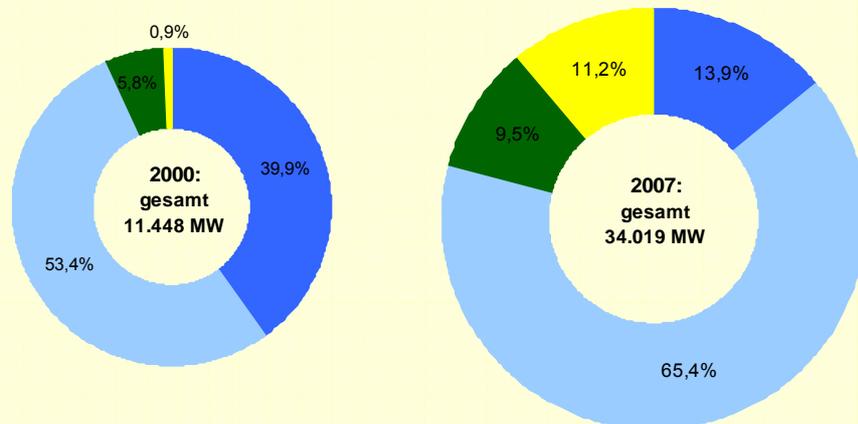
	Wasser- kraft	Wind- energie	Biomasse	Photovoltaik	Geothermie	Gesamte Leistung
	[MW]	[MW]	[MW]	[MW <sub>p</sub> ]	[MW]	[MW]
1990	4.403	56	190	2	0	4.651
1991	4.403	98	k.A.	3	0	4.504
1992	4.374	167	227	6	0	4.774
1993	4.520	310	k.A.	9	0	4.839
1994	4.529	605	276	12	0	5.422
1995	4.521	1.094	k.A.	16	0	5.631
1996	4.563	1.547	358	24	0	6.492
1997	4.578	2.082	400	36	0	7.096
1998	4.601	2.875	409	45	0	7.930
1999	4.547	4.444	604	58	0	9.653
2000	4.572	6.112	664	100	0	11.448
2001	4.600	8.754	790	178	0	14.322
2002	4.620	11.965	952	258	0	17.795
2003	4.640	14.609	1.137	408	0	20.794
2004	4.660	16.629	1.550	1.018	0,2	23.857
2005	4.680	18.428	2.192	1.881	0,2	27.181
2006	4.700	20.622	2.740	2.711	0,2	30.773
2007	4.720	22.247	3.238	3.811	3,2	34.019

Die Angaben zur installierten Leistung beziehen sich jeweils auf den Stand zum Jahresende, kumuliert; ohne Angaben zu thermischen Abfallbehandlungsanlagen

k.A. = keine Angabe

Quellen BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiteren Quellen, siehe Seite 13

Anteile an der installierten Gesamtleistung der erneuerbaren Energien in Deutschland 2000 und 2007



Seit dem In-Kraft-Treten des EEG im Jahr 2000 hat sich die installierte Gesamtleistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nahezu verdreifacht.

- Wasserkraft
- Windenergie
- Biomasse
- Photovoltaik

Quellen: siehe Tabelle oben

Wärmebereitstellung (Endenergie) aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

1) abweichend zu den Vorjahren ab 2003 Angaben nach §§ 3, 5 (Heizkraft- und Heizwerke) und § 8 (Industrie) des Energiestatistikgesetzes von 2003 sowie Direktnutzung von Klärgas

2) Anteil des biogenen Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen zu 50 % angesetzt

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiteren Quellen, auf Seite 13 sowie VDEW [17], [47], [74]; BDEW [100]

	Biomasse <sup>1)</sup>	biogener Anteil des Abfalls <sup>2)</sup>	Solarthermie	Geothermie	Summe Wärmeerzeugung	Anteil am Wärmeverbrauch
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[%]
1990	k.A.	k.A.	130	k.A.	k.A.	k.A.
1991	k.A.	k.A.	166	k.A.	k.A.	k.A.
1992	k.A.	k.A.	218	k.A.	k.A.	k.A.
1993	k.A.	k.A.	279	k.A.	k.A.	k.A.
1994	k.A.	k.A.	351	k.A.	k.A.	k.A.
1995	k.A.	k.A.	440	1.425	k.A.	k.A.
1996	k.A.	k.A.	550	1.383	k.A.	k.A.
1997	45.646	2.900	695	1.335	50.576	k.A.
1998	48.625	2.988	857	1.384	53.854	3,5
1999	47.811	3.140	1.037	1.429	53.417	3,5
2000	51.036	3.278	1.279	1.433	57.026	3,9
2001	52.043	3.283	1.612	1.447	58.385	3,8
2002	51.302	3.324	1.919	1.483	58.028	3,9
2003	62.555	3.806	2.183	1.532	70.076	4,6
2004	66.251	3.694	2.487	1.558	73.990	4,9
2005	72.190	4.692	2.828	1.601	81.311	5,4
2006	82.558	4.911	3.274	1.934	92.677	6,1
2007	89.552	4.783	3.704	2.299	100.337	7,5

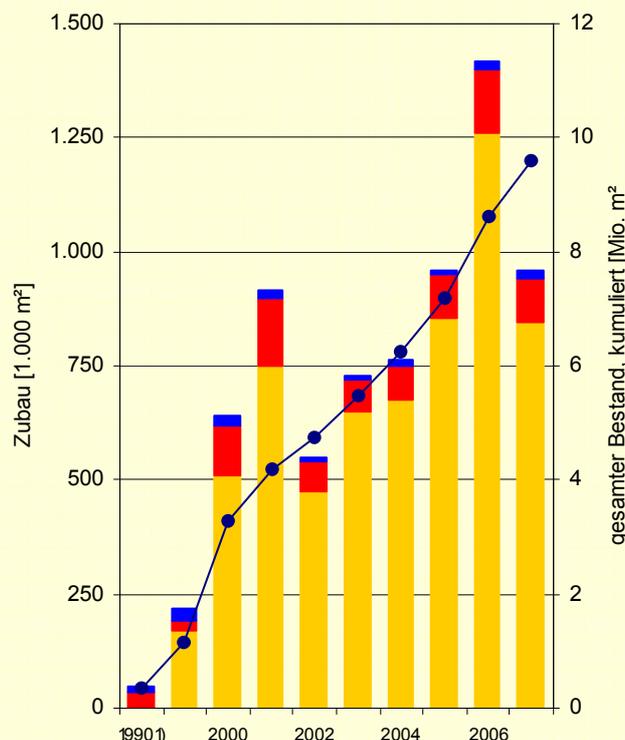
Entwicklung des Zubaus von Solarkollektoren in Deutschland seit 1990

- Gesamter Bestand, kumuliert
- Zubau Schwimmbadabsorber
- Zubau Vakuumröhrenkollektoren
- Zubau Flachkollektoren

Zur Umrechnung der Flächen in Leistung wurde der Konversionsfaktor 0,7 kW<sub>th</sub>/m<sup>2</sup> verwendet [IEA 95].

1) verglaste Kollektoren gesamt

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

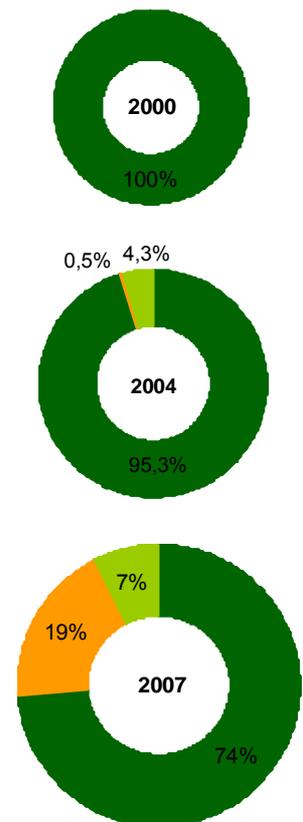


	Solarthermie	
	kum. Fläche	kum. Leistung
	[1.000 m <sup>2</sup> ]	[MW]
1990	340	238
1991	468	328
1992	590	413
1993	749	524
1994	946	662
1995	1.159	811
1996	1.457	1.020
1997	1.821	1.275
1998	2.194	1.536
1999	2.641	1.849
2000	3.284	2.299
2001	4.199	2.939
2002	4.749	3.324
2003	5.478	3.835
2004	6.235	4.365
2005	7.197	5.038
2006	8.615	6.030
2007	9.576	6.703



Kraftstoffbereitstellung (Endenergie) aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Biodiesel	Pflanzenöl	Bioethanol	Summe Biokraftstoffe	Anteil am Kraftstoffverbrauch
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[%]
1990	0	0	0	0	0,0
1991	2	0	0	2	0,0
1992	52	0	0	52	0,01
1993	103	0	0	103	0,02
1994	258	0	0	258	0,04
1995	310	0	0	310	0,05
1996	517	0	0	517	0,1
1997	827	0	0	827	0,1
1998	1.033	0	0	1.033	0,2
1999	1.343	0	0	1.343	0,2
2000	2.583	0	0	2.583	0,4
2001	3.617	0	0	3.617	0,6
2002	5.683	0	0	5.683	0,9
2003	8.267	52	0	8.319	1,4
2004	10.850	52	484	11.386	1,8
2005	18.600	2.047	1.936	22.583	3,8
2006 <sup>1)</sup>	29.444	7.417	3.556	40.417	6,3
2007 <sup>2)</sup>	34.239	8.736	3.444	46.419	7,3



1) in der Biodieselmenge 2006 ist auch Pflanzenöl enthalten, da bis August 2006 Biodiesel und Pflanzenöl gemeinsam erhoben wurden

2) Menge entspricht für 2007:  
 Biodiesel: 3.318.000 Tonnen;  
 Pflanzenöl: 838.000 Tonnen;  
 Bioethanol: 460.000 Tonnen

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiteren Quellen, siehe Seite 9 sowie BMVBS [57], BMELV/BMU [40]

■ Biodiesel  
 ■ Pflanzenöl  
 ■ Bioethanol

## Gesamte Energiebereitstellung und Anteile der erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Summe Endenergie- bereitstellung	Anteil am EEV	Anteil von EE-Strom am EEV	Anteil von EE-Wärme am EEV	Anteil der Biomasse am EEV	Anteil am PEV
	[GWh]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
1990	k.A.	k.A.	0,7	k.A.	0,0	k.A.
1991	k.A.	k.A.	0,7	k.A.	0,0	k.A.
1992	k.A.	k.A.	0,8	k.A.	0,0	k.A.
1993	k.A.	k.A.	0,8	k.A.	0,0	k.A.
1994	k.A.	k.A.	0,9	k.A.	0,0	k.A.
1995	k.A.	k.A.	1,0	k.A.	0,0	k.A.
1996	k.A.	k.A.	0,9	k.A.	0,0	k.A.
1997	75.908	2,9	0,9	1,9	0,0	2,0
1998	81.800	3,1	1,0	2,0	0,0	2,1
1999	85.271	3,3	1,2	2,1	0,1	2,2
2000	96.288	3,8	1,4	2,2	0,1	2,6
2001	101.075	3,8	1,5	2,2	0,1	2,7
2002	109.471	4,3	1,8	2,3	0,2	3,0
2003	127.049	4,9	1,9	2,7	0,3	3,5
2004	142.905	5,5	2,2	2,9	0,4	3,9
2005	167.463	6,6	2,5	3,2	0,9	4,7
2006	205.337	8,1	2,8	3,6	1,6	5,7
2007	233.568	9,8	3,6	4,2	1,9	6,9

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

## Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland – breiter Aufwärtstrend

Die vorangehenden Seiten dokumentieren die Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Den bedeutendsten Beitrag hat insbesondere seit dem In-Kraft-Treten des EEG im Jahr 2000 der Strombereich. Seitdem konnte der Anteil am Bruttostromverbrauch mehr als verdoppelt werden (s. a. Seiten 13 und 14). 2007 konnten damit rechnerisch rund 25 Mio. Haushalte<sup>1)</sup> in Deutschland mit erneuerbarem Strom versorgt werden.

Der Anteil der erneuerbaren Energien am Kraftstoffverbrauch ist in den vergangenen Jahren ebenfalls kräftig gestiegen. Mit einem biogenen Anteil von 7,3 % am Kraftstoffverbrauch hat

sich dieser damit innerhalb von nur fünf Jahren mehr als verachtfacht (s. a. Seite 16). Maßgeblich hierfür waren u.a. die steuerlichen Vergünstigungen für Biodiesel und die Einführung des Biomassequotengesetzes.

Insbesondere die Steigerungen im Strom- und Kraftstoffbereich sorgten dafür, dass die Erneuerbaren 2007 einen Anteil von 9,8 % am gesamten Endenergieverbrauch (entsprechend 6,9 % am Primärenergieverbrauch nach Wirkungsgradmethode bzw. 9,4 % nach Substitutionsmethode) erreichen konnten – das entspricht einer Verdoppelung innerhalb von 4 Jahren. Der Anteil an der Wärmebereitstellung wächst zwar ebenfalls

kontinuierlich, das Wachstum bleibt jedoch deutlich hinter dem bei Strom und Kraftstoffen zurück. Nach einer aktuellen Studie [103] wurden 2006 über eine Million Wohnungen mit Holz oder sonstigen erneuerbaren Energien (Solaranlagen, Wärmepumpen u. ä.) beheizt. In absoluten Zahlen hat sich die Zahl der Wohnungen, die mit regenerativen Heizsystemen beheizt werden von 347.000 in 2002 auf rd. 1.078.000 im Jahr 2006 mehr als verdreifacht. Positive Impulse werden vom Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) erwartet, das am 1. Januar 2009 in Kraft tritt.

1) Annahme: jährlicher Stromverbrauch eines Durchschnittshaushalts 3.500 kWh/a.

# Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2007

Treibhausgas/ Luftschadstoff		EE Stromerzeugung: gesamt: 86.811 GWh	
		Einsparungs- faktor [kg/GWh]	eingesparte Emissionen [1.000 t]
Treibhaus- effekt <sup>1)</sup>	CO <sub>2</sub>	909.447	78.950
	CH <sub>4</sub>	-4,6	-0,40
	N <sub>2</sub> O	20,8	1,8
	<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>	<b>915.785</b>	<b>79.500</b>
Versäue- rung <sup>2)</sup>	SO <sub>2</sub>	520,0	45,1
	NO <sub>x</sub>	145,8	12,7
	<b>SO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>	<b>621,4</b>	<b>53,9</b>
Ozon <sup>3)</sup>	CO	69,6	6,0
	NMVOG	-37,8	-3,3
	Staub	2,1	0,2

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

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

- 1) weitere Treibhausgase (SF<sub>6</sub>, FKW, H-FKW) nicht berücksichtigt
- 2) weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH<sub>3</sub>, HCl, HF) nicht berücksichtigt
- 3) Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon

Basis ist das „Gutachten zur CO<sub>2</sub>-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien“ aus dem Jahr 2004 (siehe Anhang Abs. 1).

Quellen: ZSW [3] auf Basis AGEE-Stat und Öko-Institut/IZES [22]; ISI [41]; UBA [14], [24]

Treibhausgas/ Luftschadstoff		EE Wärmebereitstellung: gesamt: 100.337 GWh	
		Einsparungs- faktor <sup>1)</sup> [kg/GWh]	eingesparte Emissionen [1.000 t]
Treibhaus- effekt <sup>2)</sup>	CO <sub>2</sub>	231.652	23.243
	CH <sub>4</sub>	-222,1	-22,3
	N <sub>2</sub> O	-2,2	-0,2
	<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>	<b>226.299</b>	<b>22.706</b>
Versäue- rung <sup>3)</sup>	SO <sub>2</sub>	91,0	9,1
	NO <sub>x</sub>	-4,5	-0,5
	<b>SO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>	<b>87,8</b>	<b>8,8</b>
Ozon <sup>4)</sup>	CO	-6.846,4	-686,9
	NMVOG	-556,2	-55,8
	Staub	-230,4	-23,1

- 1) bezogen auf Endenergie für Raumwärme, Warmwasserversorgung und sonst. Prozesswärme; Wärmebereitstellungsmix ohne erneuerbare Energien im Jahr 2004
- 2) Für KWK-Wärme wird vereinfachend angenommen, dass die bei der Verbrennung von Biomasse entstehenden Emissionen bereits der Stromerzeugung angelastet wurden
- 3) weitere Treibhausgase (SF<sub>6</sub>, FKW, H-FKW) nicht berücksichtigt
- 4) weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH<sub>3</sub>, HCl, HF) nicht berücksichtigt
- 5) Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon

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

Quellen: ZSW [3] auf Basis von AGEE-Stat und Öko-Institut/IZES [22]; Stat. Bundesamt [44]; VDEW [47]

Biomasse gibt bei der Verbrennung nur die Menge CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre ab, die während des Pflanzenwachstums aufgenommen wurde, und ist daher CO<sub>2</sub>-neutral.

Die bei der Verbrennung von Biomasse in älteren Feuerungsanlagen

oder Kachel- und Kaminöfen entstehenden Mengen an Luftschadstoffen sind zum Teil wesentlich höher als im fossilen Wärmebereitstellungsmix. Dies gilt insbesondere für Kohlenmonoxid und Staub. Mit modernen Holzheizungen und Holzheizwerken,

die zunehmend Bedeutung gewinnen, werden die Emissionen jedoch erheblich reduziert.

- 1) weitere Treibhausgase (SF<sub>6</sub>, FKW, H-FKW) hier nicht berücksichtigt
- 2) Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon

Quellen: Berechnung ZSW [3] auf Basis AGEE-Stat und Öko-Institut/IZES [22]

		<b>Biogene Kraftstoffe: gesamt 46.419 GWh</b>	
<b>Treibhausgas/ Luftschadstoff</b>		<b>Einsparungs- faktor [kg/GWh]</b>	<b>eingesparte Emissionen [1.000 t]</b>
<b>Treibhaus- effekt<sup>1)</sup></b>	CO <sub>2</sub>	322.257	14.959
	CH <sub>4</sub>	5,9	0,3
	N <sub>2</sub> O	-377,1	-17,5
	<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>	<b>205.495</b>	<b>9.539</b>
<b>Versauerung</b>	SO <sub>2</sub>	281,8	13,1
	NO <sub>x</sub>	654,3	30,4
	NH <sub>3</sub>	-518,6	-24,1
	<b>SO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>	<b>-237,3</b>	<b>-11,0</b>
<b>Ozon<sup>2)</sup></b>	CO	519,0	24,1
	NMVOG	143,2	6,6
	Staub	51,5	2,4

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

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

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

Der heute überwiegend eingesetzte Biokraftstoff Biodiesel gilt nicht als CO<sub>2</sub>-neutral, weil bei seiner Herstellung u. a. Methanol fossilen Ursprungs eingesetzt wird. Dieser Effekt kann aber zumindest teilweise durch eine entsprechende Nutzung der bei der Biodieselherstellung anfallenden Nebenprodukte Glycerin und Rapschrot kompensiert werden.

Für den bei den biogenen Kraftstoffen vorhandenen großen Unterschied der Emissionsfaktoren für CO<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>-Äquivalent sind Lachgas(N<sub>2</sub>O)-Emissionen verantwortlich, die vor allem durch Düngung beim Pflanzenanbau entstehen. Bei der Berechnung des SO<sub>2</sub>-Äquivalents wird hier neben SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> auch Ammoniak (NH<sub>3</sub>)

einbezogen. Ammoniak entsteht u. a. durch die Düngemittelverwendung in der Landwirtschaft. Im Ergebnis ist die Bilanz der biogenen Kraftstoffe beim Pflanzenanbau ungünstiger als bei den fossilen Kraftstoffen, es ergibt sich bei der Versauerung eine Mehr-emission durch den Einsatz biogener Kraftstoffe.

Biokraftstoffe der 1. Generation weisen systembedingt eine schlechtere Energie- und Klimabilanz auf als Biokraftstoffe der 2. Generation. Diese werden aber in relevanten Mengen nicht vor 2020 zur Verfügung stehen. Aus diesem Grund ist es notwendig, bei den Kraftstoffen der

1. Generation durch Optimierungsmöglichkeiten (Nutzung von Kuppelprodukten, z. B. Rapskuchen und Schlempe) die Energie- und Klimabilanz zu verbessern. Beim weiteren Ausbau der Biokraftstoffe sind geeignete Nachhaltigkeitsanforderungen einzuhalten. Biomasse- und Nachhaltigkeitsforschung auch im Bereich der Biokraftstoffe werden weiter ausgebaut.

## VERMIEDENE EMISSIONEN

### Gesamte CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2007

	Einsparungs- faktor	eingesparte Emissionen	Anteil
	[g/kWh]	[1.000 t]	[%]
<b>Strom</b>			
Wasserkraft	1.088	23.125	29,3
Windenergie	862	34.229	43,4
Photovoltaik	683	2.101	2,7
biogene FBSt	886	7.748	9,8
biogene flüssige Brennstoffe	748	1.111	1,4
Biogas	748	4.808	6,1
Klärgas	1.088	1.070	1,4
Deponiegas	1.088	1.098	1,4
biogener Anteil des Abfalls	886	3.660	4,6
Geothermie	0	0	0
<b>Summe</b>	-	<b>78.950</b>	<b>100</b>
<b>Wärme</b>			
biogene FBSt (Haushalte)	232	13.384	57,6
biogene FBSt (Industrie)	232	3.885	16,7
biogene FBSt (HKW/HW)	232	1.318	5,7
biogene flüssige Brennstoffe	232	1.076	4,6
biogene gasförmige Brennstoffe	232	1.082	4,7
biogener Anteil des Abfalls	232	1.108	4,8
Solarthermie	232	858	3,7
tiefe Geothermie	232	37	0,2
oberflächennahe Geoth.	232	495	2,1
<b>Summe</b>	-	<b>23.243</b>	<b>100</b>
<b>Biokraftstoffe</b>			
Biodiesel	352	12.065	80,7
Pflanzenöl	273	2.385	15,9
Bioethanol	148	509	3,4
<b>Summe</b>	-	<b>14.959</b>	<b>100</b>
<b>gesamt (Strom/Wärme/Biokraftstoffe)</b>		<b>117.152</b>	

Der Beitrag erneuerbarer Energien zum Klimaschutz ist deutlich größer als zur Energieversorgung. Durch die Nutzung erneuerbarer Energien wurden im Jahr 2007 117 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> vermieden, d.h. ohne ihre Nutzung wären die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen (ca. 774 Mio. Tonnen) rund 15 % höher. Der Beitrag der erneuerbaren Energien zum Primärenergieverbrauch beträgt dagegen nur 6,9 %, was zum einen auf das Berechnungsverfahren zur Ermittlung des Primärenergieverbrauchs zurückzuführen ist (Wirkungsgradmethode) und zum anderen auf die hohen spezifischen Treibhausgas-Minderungsfaktoren bei Strom.

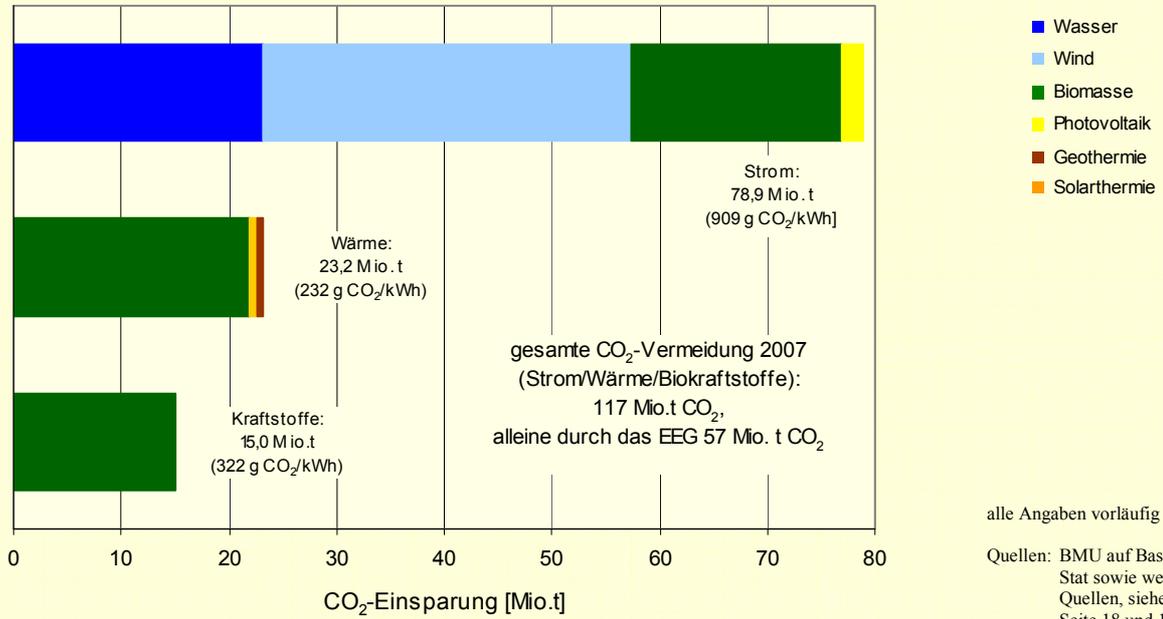
Auf das EEG konnten im Jahr 2007 allein 57 Mio. t vermiedenes CO<sub>2</sub> zurück geführt werden.

alle Angaben vorläufig

FBSt Festbrennstoffe  
HKW/HW Heizkraftwerke/Heizwerke

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiteren  
Quellen, siehe Tabellen Seite 18 und 19

**Gesamte CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2007**



## Entwicklung der energiebedingten Emissionen in Deutschland von 1990 bis 2007

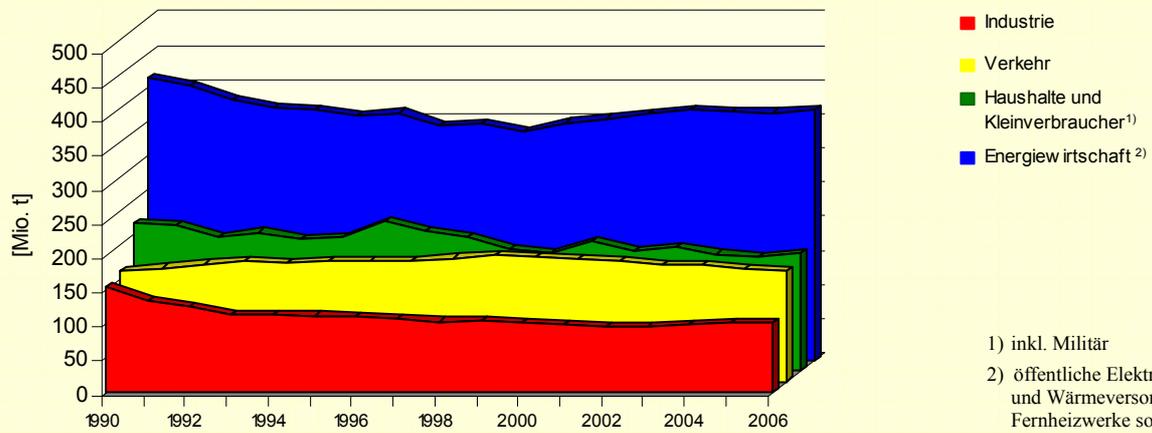
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> -Äquivalent <sup>1)</sup>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> <sup>2)</sup>	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub> -Äquivalent <sup>3)</sup>	CO	NM VOC	Staub <sup>4)</sup>
	[Mio. t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[Mio. t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]
1990	948	1.514	25	988	5.262	2.729	15	7.219	11.443	2.183	2.178
1991	915	1.425	25	953	3.845	2.518	17	5.660	9.279	1.692	1.188
1992	870	1.288	24	905	3.130	2.367	17	4.843	7.994	1.468	723
1993	863	1.326	24	898	2.789	2.265	18	4.434	7.227	1.212	413
1994	843	1.191	24	876	2.322	2.130	19	3.875	6.252	940	171
1995	840	1.146	23	871	1.651	2.018	19	3.128	6.047	840	127
1996	867	1.120	23	897	1.378	1.936	20	2.801	5.706	751	119
1997	831	1.104	22	861	1.135	1.856	20	2.503	5.543	692	115
1998	825	990	22	853	895	1.769	20	2.203	5.176	627	104
1999	802	1.062	22	831	714	1.736	20	1.998	4.843	555	99
2000	800	1.002	22	828	519	1.612	19	1.714	4.526	468	92
2001	823	926	22	849	529	1.545	19	1.677	4.318	444	91
2002	808	886	21	833	496	1.458	19	1.581	4.046	400	86
2003	822	796	22	845	495	1.398	19	1.538	3.901	367	84
2004	819	706	22	841	468	1.347	18	1.475	3.719	346	83
2005	799	663	21	819	457	1.266	18	1.405	3.630	322	81
2006	799	615	21	819	443	1.215	18	1.355	3.431	304	77
2007	774	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

Stand Frühjahr 2008; Angaben einschließlich der diffusen Emissionen bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung von Brennstoffen

- 1) berücksichtigt sind CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O
- 2) berechnet als NO<sub>2</sub>
- 3) berücksichtigt sind SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub>
- 4) ohne Abrieb von Reifen und Bremsen

Zur Bedeutung und Berechnung des CO<sub>2</sub>- und SO<sub>2</sub>-Äquivalents siehe Anhang Abs. 3.

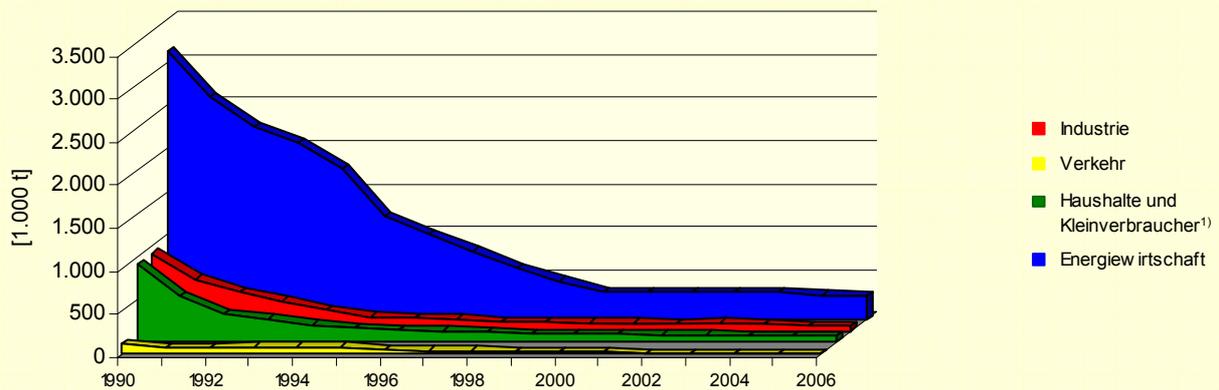
Quellen: UBA [4]

Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland seit 1990

Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden zwischen 1990 und 2007 um rund 18 % gesenkt; die gesamten Treibhausgasemissionen wurden bis zum Jahr 2006 um knapp 18 % gesenkt.

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

Quelle: UBA [4]

Entwicklung der energiebedingten SO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland seit 1990

Die energiebedingten Emissionen von Schwefeldioxid konnten zwischen 1990 und 2006 um über 90 % gesenkt werden

- 1) inkl. Militär

Quelle: UBA [4]

# Energiebedingte Emissionen in Deutschland nach Quellgruppen im Jahr 2006

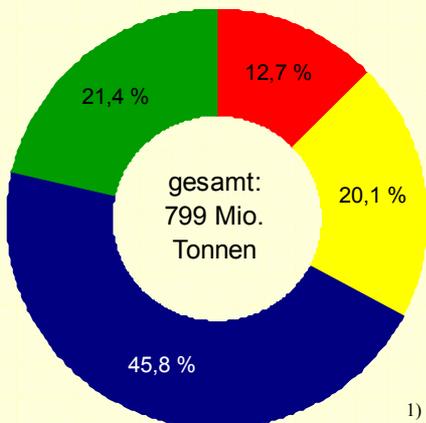
		Energie-wirtschaft <sup>1)</sup>	Haushalte und Klein-verbraucher <sup>2)</sup>	Verkehr <sup>3)</sup>	Industrie <sup>4)</sup>	gesamt	Einsparung durch EE <sup>5)</sup> (Jahr 2007)
CO <sub>2</sub>	[Mio. t]	366,1	171,2	160,6	101,4	799,4	117,2
CH <sub>4</sub>	[1.000 t]	6,2	35,8	7,7	5,4	55,1	-22,4
N <sub>2</sub> O	[1.000 t]	12,6	1,9	3,9	3,0	21,4	-15,9
CO <sub>2</sub> -Äquivalent <sup>6)</sup>	[Mio. t]	370,2	172,5	162,0	102,4	807,1	111,7
SO <sub>2</sub>	[1.000 t]	283,7	76,7	1,5	64,3	426,1	67,3
NO <sub>x</sub> <sup>7)</sup>	[1.000 t]	281,2	157,6	698,1	77,7	1.214,7	42,6
SO <sub>2</sub> -Äquivalent <sup>8)</sup>	[1.000 t]	490,6	198,6	525,2	123,5	1.337,9	38,7
CO	[1.000 t]	133,2	1.139,3	1.528,2	621,9	3.422,6	-691,9
NMVOC	[1.000 t]	8,5	101,9	143,9	3,6	257,9	-35,0
Staub	[1.000 t]	12,5	36,8	23,1	2,4	74,8	-16,3

Stand Frühjahr 2008, EE Stand Herbst 2008  
 Angaben ohne diffuse Emissionen bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung von Brennstoffen

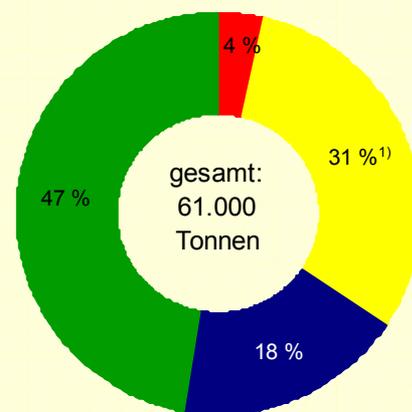
- 1) Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung, Fernheizwerke sowie Industrieheizungen und Industriekraftwerke der Mineralölverarbeitung, der Gewinnung und Herstellung von festen Brennstoffen und sonstiger Energieindustrien
- 2) priv. Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Militär, zusätzlich land- u. forstwirtschaftlicher Verkehr sowie militärischer Boden- u. Luftverkehr
- 3) einschl. Schienenverkehr, nationale Luftfahrt, Küsten- und Binnenschiffahrt
- 4) verarbeitendes Gewerbe; ohne prozessbedingte Emissionen
- 5) Strom- und Wärmeerzeugung sowie Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien
- 6) berücksichtigt sind CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O
- 7) berechnet als NO<sub>2</sub>
- 8) berücksichtigt sind SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>-Emissionen von EE siehe Seite 18 und 19

Quellen: UBA [4]; ZSW [3]

Anteile der Quellgruppen an den energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland im Jahr 2006



Anteile der Quellgruppen an den energiebedingten Feinstaub-Emissionen in Deutschland im Jahr 2006



1) ohne Abrieb von Reifen und Bremsen.

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

Quelle: UBA [4]

# Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2007

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

1) Substitution nach ISI-Gutachten zur CO<sub>2</sub>-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien, Stand 2004

2) Kraftstoffeinsatz als Endenergie gewertet

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

	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Öl schwer / Heizöl leicht	Dieselmotorkraftstoff	Ottomotorkraftstoff	gesamt
Primärenergie [TWh]							
Strom <sup>1)</sup>	95,8	113,3	20,9	-	-	-	229,9
Wärme	3,7	0,9	61,5	45,1	-	-	111,3
Kraftstoff <sup>2)</sup>	-	-	-	-	51,8	2,5	54,3
<b>gesamt</b>	<b>99,5</b>	<b>114,2</b>	<b>82,4</b>	<b>45,1</b>	<b>51,8</b>	<b>2,5</b>	<b>395,5</b>
Primärenergie [PJ]							
<b>gesamt</b>	<b>358,1</b>	<b>411,2</b>	<b>296,7</b>	<b>162,5</b>	<b>186,4</b>	<b>8,9</b>	<b>1.423,9</b>
das entspricht:	39,1 Mio. t	14,2 Mio. t	8.780 Mio. m <sup>3</sup>	4.540 Mio. Liter	5.480 Mio. Liter	280 Mio. Liter	

Die Tabelle oben zeigt detailliert die Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2007. Da in Deutschland fossile, d.h. nicht-erneuerbare Energieträger zu einem hohen Anteil importiert werden müssen, führen diese Einsparungen auch zu einer direkten Senkung der deutschen Energieimporte.

## Entwicklung der Einsparung fossiler Energieträger in Deutschland durch die Nutzung erneuerbarer Energien von 2004 bis 2007

	Strom	Wärme	Kraftstoff	gesamt
[TWh]				
2004	150,8	67,6	14,0	232,4
2005	169,4	88,4	26,9	284,7
2006	191,2	93,2	47,0	331,4
2007	229,9	111,3	54,3	395,5

1) Ohne importierte Braunkohle für Heizwecke (Briketts). Importanteile von Erdöl und Erdgas nach [BMWij]. Für Kesselkohle Importanteil 100 %, da feste Abnahmeverträge für deutsche Steinkohle keine Verminderung zulassen. Einsparungen bei Kesselkohle führen daher zu einer Verringerung der Steinkohleimporte. Der Importanteil von Steinkohle liegt insgesamt bei über 60 %.

Importpreise nach [BAFA].

2) mit Berücksichtigung von Biomasse-Importen

Die wachsenden eingesparten Primärenergien führen in Verbindung mit steigenden Importpreisen bei den Primärenergieträgern zu einem überproportionalen Anstieg der finanziellen Einsparungen. Dieser Betrag ist zwischen 2004 und 2007 um das 3,3-fache gestiegen, während die substituierte Primärenergienmenge nur um das 1,6-fache angewachsen ist (Berechnung nach der so genannten Substitutionsmethode, s. Anhang Abs. 4).

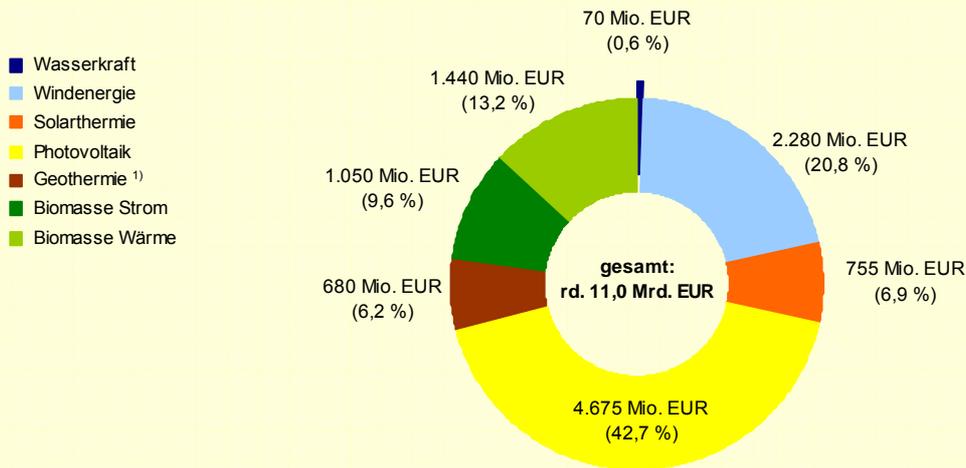
## Entwicklung der eingesparten Kosten in Deutschland bei Energieimporten von 2004 bis 2007 <sup>1)</sup>

	Strom	Wärme	Kraftstoff	gesamt
[Mrd. EUR]				
2004	0,5	0,9	0,3	1,7
2005	0,7	1,6	0,7	3,1
2006	1,0	2,1	1,5	4,6
2007 <sup>2)</sup>	1,0	2,5	1,0	4,5

Quellen: BAFA [6]; BMWi [84]; IfnE [48], [85]

# Umsatz mit erneuerbaren Energien in Deutschland 2007

**Umsatz aus der Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2007**

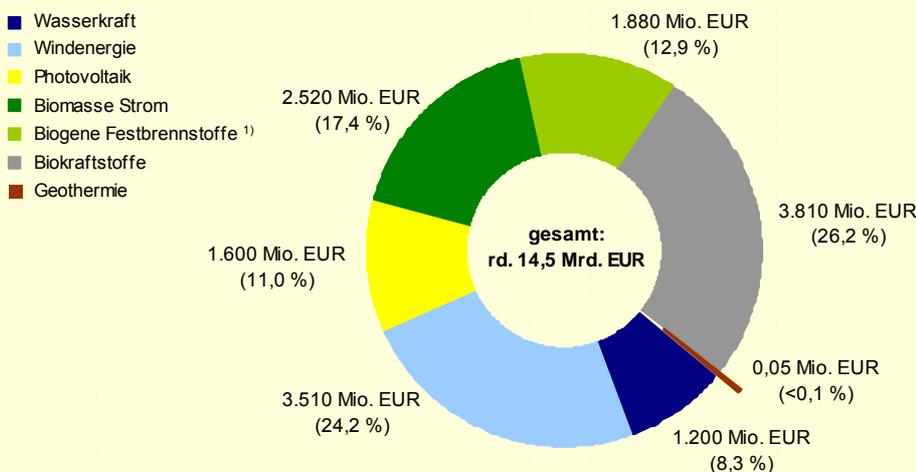


Es handelt sich hauptsächlich um den Neubau, zu einem geringen Teil auch um die Erweiterung oder Ertüchtigung von Anlagen wie z.B. die Reaktivierung alter Wasserkraftwerke.

1) Großanlagen und Wärmepumpen

Quelle: BMU nach ZSW [3]

**Umsätze in Verbindung mit dem Anlagenbetrieb zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2007**



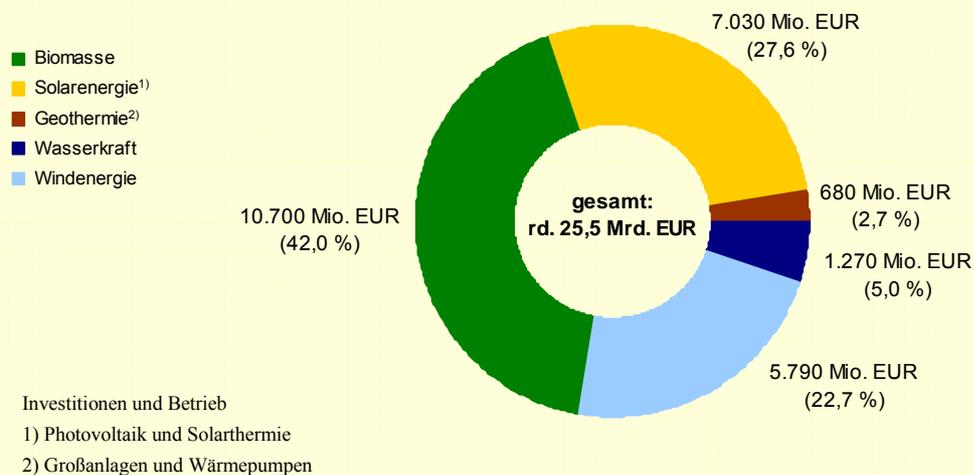
Für die Stromerzeugung ergibt sich der Umsatz aus der gezahlten Einspeisevergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz oder aus dem am freien Strommarkt erzielbaren Preis, für Kraftstoff aus dem Verkauf von Biokraftstoffen. Bei der Wärmeerzeugung trägt nur der Verkauf von Brennstoffen (d.h. in der Regel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

1) nur Brennstoffe, die ausschließlich zur Wärmebereitstellung eingesetzt werden

Quelle: BMU nach ZSW [3]

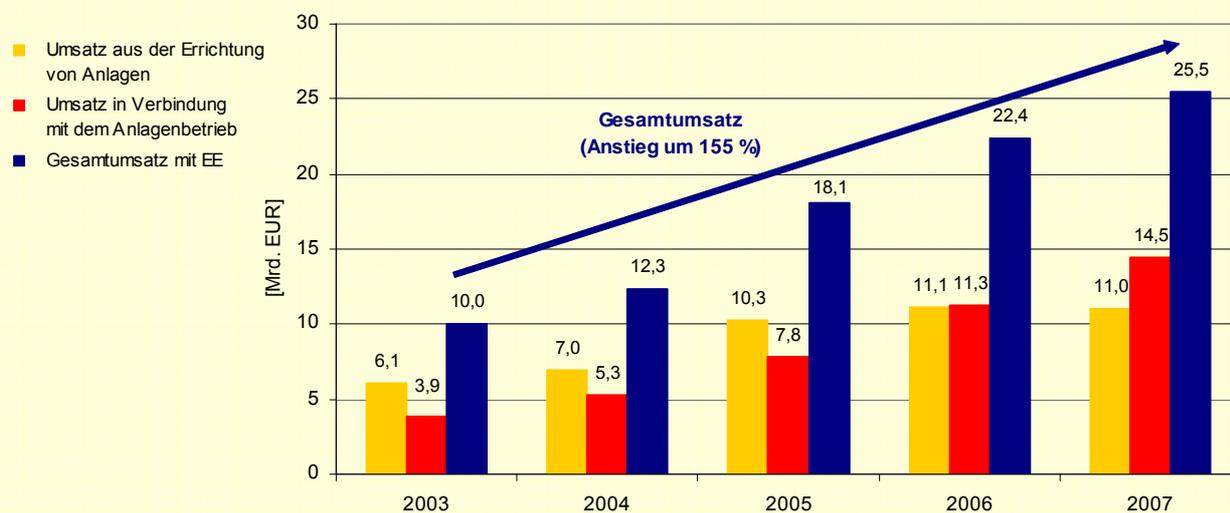
Erläuterungen siehe Anhang Abs. 7.

### Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2007



Quelle: BMU nach ZSW [3]

### Umsatzentwicklung mit erneuerbaren Energien in Deutschland von 2003 bis 2007



Quelle: ZSW [3]

Erneuerbare Energien haben sich in den letzten Jahren zu einem bedeutenden Wirtschaftsfaktor entwickelt. Der Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien stieg von 2003 bis 2007 von rd.

10 Mrd. Euro auf rd. 25,5 Mrd. Euro an. Dies entspricht einer Steigerung um 155 %, bezogen auf das Jahr 2003. Die Höhe des Gesamtumsatzes im Jahr 2007 (25,5 Mrd. Euro) entspricht da-

mit den Steuereinnahmen des Landes Baden-Württemberg für das Jahr 2007 (rd. 25 Mrd. Euro) [102].

# Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland

Die erneuerbaren Energien sind ein Jobmotor für Deutschland. Ihr anhaltender Ausbau hat auch im vergangenen Jahr zahlreiche Arbeitsplätze neu geschaffen bzw. gesichert.

Nach Zwischenergebnissen eines laufenden Forschungsvorhabens des BMU [69] können der Branche der erneuerbaren Energien im Jahr 2007 schätzungsweise bereits fast 250.000 Arbeitsplätze in Deutschland zugerechnet werden. Gegenüber 2004 (rund 160.000 Beschäftigte) ist das ein Plus von etwa 55 %.

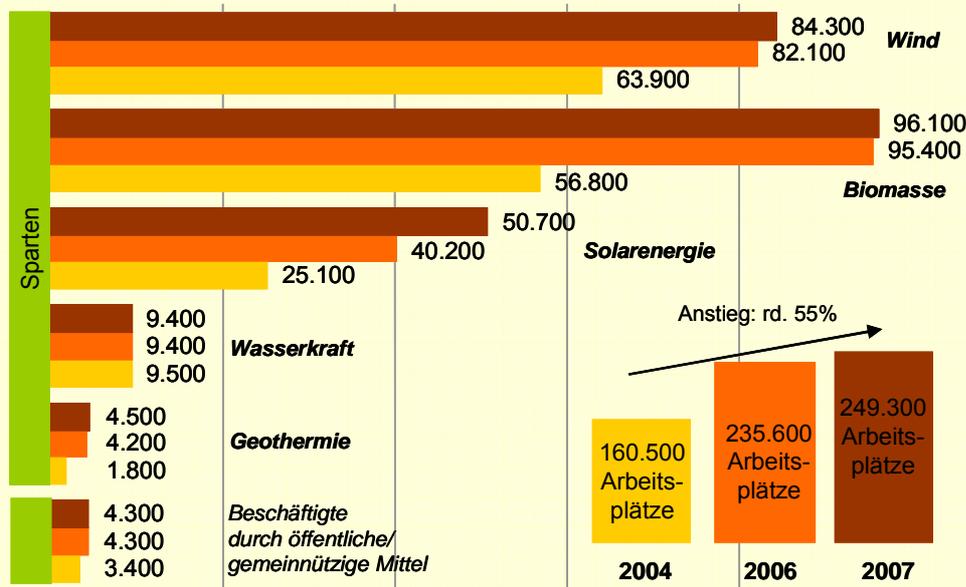
Zur Ermittlung der o. g. Zahlen wurden Daten zu Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen, deren Betrieb, die damit verbundenen Umsätze sowie entsprechende Vorleistungen wie die

notwendige Biomassebereitstellung herangezogen. Für das Jahr 2007 konnten so rund 245.000 Arbeitsplätze ermittelt werden, von denen mindestens 60 % auf die Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes zurückzuführen sind. Hinzu kommt die Beschäftigung durch öffentliche und gemeinnützige Mittel zugunsten der Erneuerbaren, einschließlich der Beschäftigten im öffentlichen Dienst. Hier wurden die in einem weiteren Forschungsvorhaben des BMU [64] für das Jahr 2006 ermittelten Werte (4.300 Arbeitsplätze) fortgeschrieben.

Für die Folgejahre ist gemäß dieser Studie eine Fortsetzung des positiven Trends wahrscheinlich. Bis zum Jahr 2020 sind demnach etwa 400.000 Be-

schäftigte in der Branche der erneuerbaren Energien möglich. Wesentliche Einflussfaktoren für die weitere Entwicklung sind die künftige Attraktivität des Produktionsstandortes Deutschland in Verbindung mit der Positionierung deutscher Unternehmen auf dem voraussichtlich stark wachsenden Weltmarkt für erneuerbare Energien. Hierzu läuft derzeit ein weiteres Forschungsvorhaben des BMU, das u. a. auch wieder detailliert auf mögliche negative Beschäftigungswirkungen des EE-Ausbaus eingehen wird. Diese sog. Nettobilanz der Erneuerbaren in Deutschland war bislang eindeutig positiv [64].

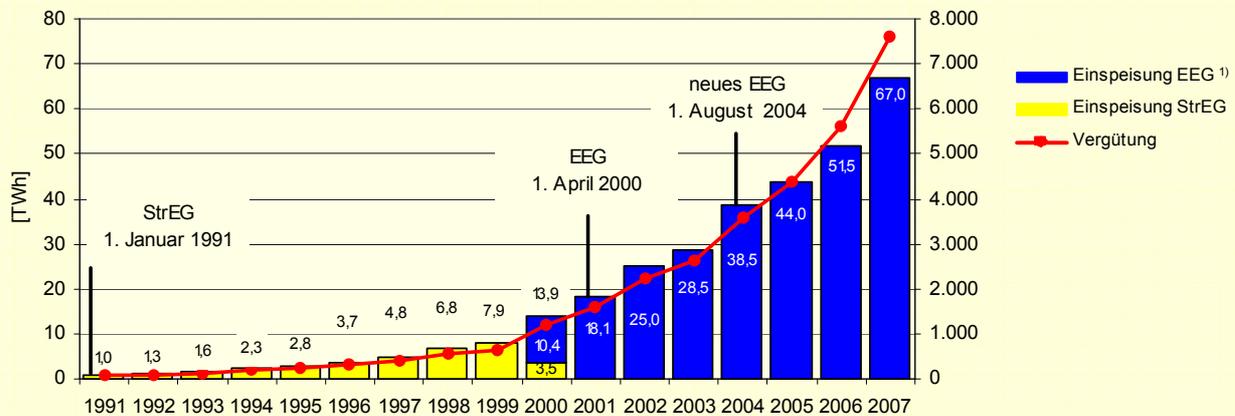
Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland von 2004 bis 2007



Angaben für 2006 und 2007 vorläufige Schätzungen

Quellen: BMU [64], [69]

# Einspeisung und Vergütung nach dem Stromeinspeisungsgesetz (StrEG) und dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) seit 1991



1) private und öffentliche Einspeisung

Quellen: VDEW [55]; VDN [9]; BDEW [11]; ZSW [3]

Das Stromeinspeisungsgesetz wurde am 1. April 2000 durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz mit verbesserten Bedingungen abgelöst. Rund 45 % der gesamten Vergütung entfallen derzeit auf Strom aus Windenergie und rund 20 % auf Photovoltaik-Strom. Seit 2004 wird nach Inbetriebnahme der

ersten Strom erzeugenden Geothermieanlage Deutschlands auch eine Vergütung für Geothermie-Strom gezahlt. Strom aus Wasserkraft stammt zu etwa 80 % aus älteren Anlagen mit mehr als 5 MW Leistung; dieser Strom erhält keine EEG-Vergütung.

Der Beitrag der privaten Erzeuger an der Strombereitstellung durch erneuerbare Energien ist sehr hoch. Im Jahr 2007 wurden rund 58 TWh Strom zur Verfügung gestellt [BDEW 21].

## Struktur der nach EEG vergüteten Strommengen seit 2000

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

Quellen: VDN [9]; BDEW [11]; ZSW [3]

		2000 <sup>1)</sup>	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>Letztverbrauch gesamt</b>	[GWh]	344.663	464.286	465.346	478.101	487.627	491.177	495.203	495.041
Privilegierter Letztverbrauch <sup>2)</sup>	[GWh]	-	-	-	5.847	36.865	63.474	70.161	72.050
<b>EEG-Strommenge GESAMT <sup>3)</sup></b>	[GWh]	10.391,0	18.145,4	24.969,9	28.417,1	38.511,2	43.966,6	51.545,2	67.010,0
Wasserkraft, Gase <sup>4)</sup>	[GWh]	4.114,0	6.088,3	6.579,3	5.907,7	4.616,1	4.952,6	4.923,9	5.546,8
Gase <sup>4)</sup>	[GWh]					2.588,6	3.135,6	2.789,2	2.751,1
Biomasse	[GWh]	586,0	1.471,7	2.442,0	3.483,6	5.241,0	7.366,5	10.901,6	15.923,9
Geothermie	[GWh]	-	-	-	-	0,2	0,2	0,4	0,4
Windkraft	[GWh]	5.662,0	10.509,2	15.786,2	18.712,5	25.508,8	27.229,4	30.709,9	39.713,1
Solare Strahlungsenergie	[GWh]	29,0	76,2	162,4	313,3	556,5	1.282,3	2.220,3	3.074,7
<b>EEG-Quote <sup>5)</sup></b>	[%]	3,01	3,91	5,37	6,02	8,48	10,0	12,01	15,68
<b>Durchschnittsvergütung</b>	[ct/kWh]	8,50	8,69	8,91	9,161	9,29	9,995	10,875	11,36
<b>Gesamtvergütung <sup>6)</sup></b>	[Mrd. EUR]	0,88	1,58	2,23	2,61	3,61	4,50	5,81	7,61

# Kosten für die Stromverbraucher

Betriebswirtschaftlich betrachtet<sup>1)</sup> ist der nach EEG vergütete Strom aus erneuerbaren Energien heute noch

teurer als Strom aus nicht erneuerbaren Energiequellen. Die hieraus resultierenden Gesamtkosten werden bislang

in aller Regel nach folgendem Grundmuster ermittelt:

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

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

Gestützt auf Forschungsvorhaben des BMU [73, 94] erscheint es plausibel, den (betriebswirtschaftlichen) Wert des durch die EEG-Einspeisung substituierten, nicht-erneuerbar erzeugten Stroms für 2007 mit 5,0 Cent je kWh anzusetzen. Bei einer EEG-Strommenge in 2007 von rund 67 TWh und einer Durchschnittsvergütung von 11,4 Cent je kWh entstanden so insgesamt Mehrkosten (Differenzkosten) von etwa 4,3 Mrd. Euro. Die Mehrkosten sind damit deutlich niedriger als

die 2007 an die Betreiber von EEG-Stromerzeugungsanlagen gezahlten EEG-Vergütungen in Höhe von 7,9 Mrd. Euro.

Unter Berücksichtigung einer im EEG enthaltenen Sonderregelung für besonders stromintensive Unternehmen<sup>2)</sup> ergibt sich hieraus bundesweit für alle nicht begünstigten Stromabnehmer – darunter fallen auch Privathaushalte – eine durchschnittliche EEG-Umlage von 1,0 Cent je kWh. Dies entspricht knapp 5 % der Kosten einer Kilowattstunde Haushaltsstrom im Jahr 2007 (durchschnittlich rd. 20,7 Cent/kWh). Abhängig von Marktsituation und -verhalten der Stromversorger kann die tatsächlich in Rechnung gestellte EEG-Umlage hiervon allerdings abweichen. Einen Musterhaushalt mit 3.500 kWh Stromverbrauch im Jahr kostete das EEG 2007 demnach etwa 3 Euro pro Monat. Trotz der weiter steigenden Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien wird sich der EEG-Kostenanteil am Haushaltsstrompreis auch in den nächsten Jahren nur unterproportional erhöhen.

Verbunden mit dem deutlichen Anstieg des EEG-Stroms ist nach aktuellen

Abschätzungen für das lfd. Jahr 2008 ein Anstieg der EEG Differenzkosten um etwa 0,5 Mrd. Euro zu erwarten und – hieraus resultierend – eine Erhöhung der EEG-Umlage auf etwa 1,2 Cent/kWh. Verlässlichere Angaben hierzu liegen erst Anfang 2009 vor.

## Entwicklung der EEG-Kosten und der spezifischen EEG-Umlage

Jahr	EEG-Kosten [Mrd. Euro]	EEG-Umlage [Cent/kWh]
2000	1,0	0,2
2001	1,2	0,3
2002	1,8	0,4
2003	1,9	0,4
2004	2,5	0,6
2005	2,8	0,6
2006	3,3	0,8
2007	4,3	1,0

In Preisen von 2007

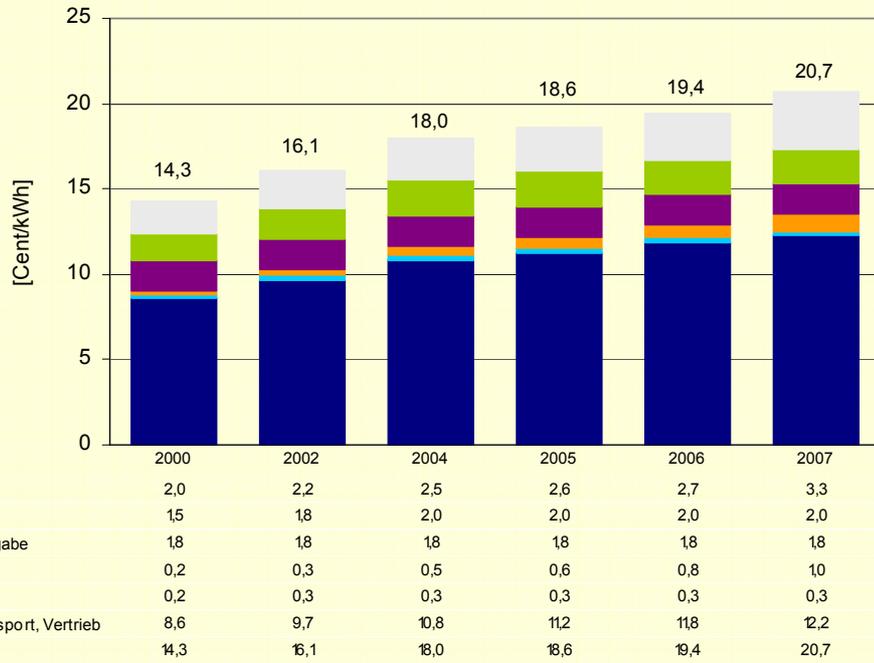
1) Bei einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung ergibt sich ein anderes Bild, siehe hierzu S. 33.

2) § 16 EEG ermöglichte im Jahr 2007 etwa 380 besonders stromintensiven Unternehmen des produzierenden Gewerbes sowie Schienenbahnen einen deutlich verminderten EEG-Strombezug,

orientiert an einer EEG-Umlage (Differenzkosten) von lediglich 0,05 ct/kWh. Hierdurch erhöhen sich die EEG-Kosten aller restlichen Stromkunden. Die rückwirkende Umsetzung einer Änderung von § 16 für das Jahr 2006 durch das zum 1.12.2006 in Kraft getretene 1. EEG-Änderungsgesetz ist in den o. g.

Zahlen nicht berücksichtigt. Sie wird zeitverzögert die EEG-Umlage 2008 zusätzlich erhöhen.

Kostenanteile für eine Kilowattstunde (kWh) Strom für Haushaltskunden in Deutschland



EEG: Erneuerbare-Energien-Gesetz  
 KWKG: Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz

Quelle: BMU [43]



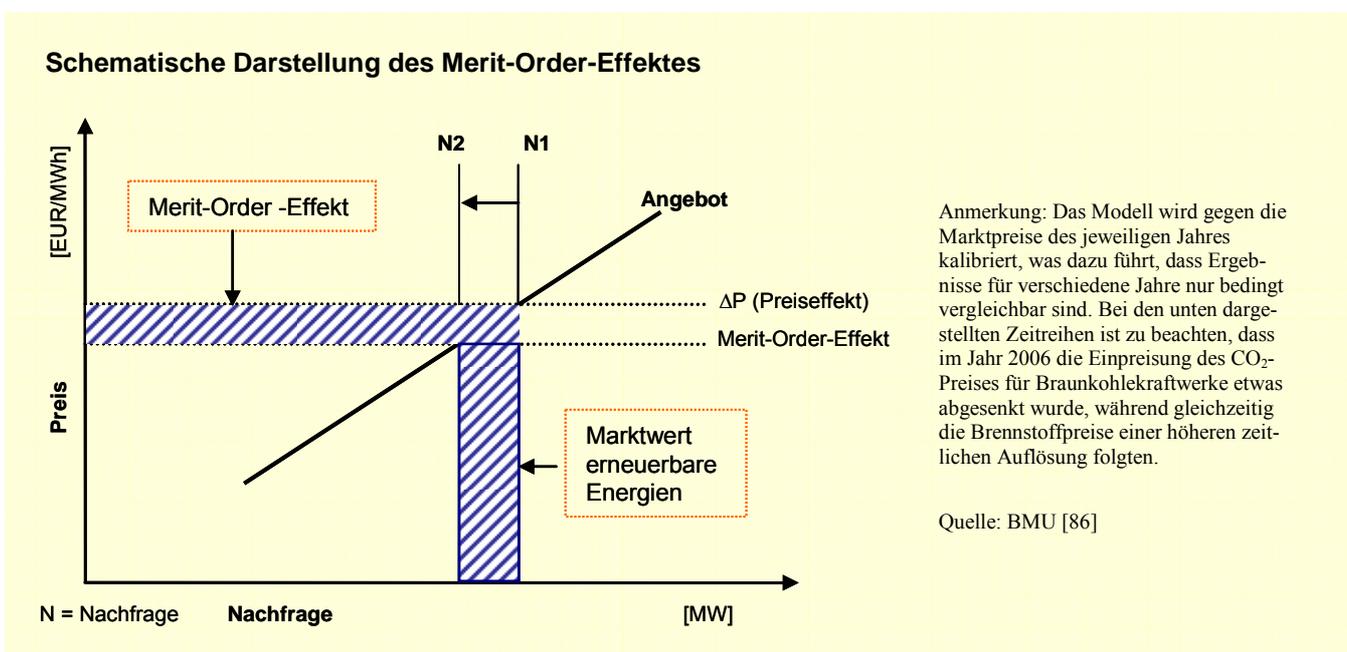
# Auswirkungen der erneuerbaren Energien auf die Strompreise

Bei einer ökonomischen Bewertung der Förderung erneuerbarer Energien durch das EEG, sind neben dem Marktwert des EEG-Stroms auch die Auswirkungen der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien auf die Großhandelspreise auf dem Strommarkt zu berücksichtigen. Die vorrangige Einspeisung erneuerbarer Energien hat kurzfristig eine senkende Wirkung auf die Strompreise auf dem Großhandelsmarkt. In einer aktuellen

wissenschaftlichen Studie im Auftrag des BMU [86] wird die Auswirkung der EEG-Stromerzeugung auf die Großhandelspreise analysiert.

Der Preis für Strom wird an der Börse durch das jeweils teuerste Kraftwerk bestimmt, das noch benötigt wird, um die Stromnachfrage zu befriedigen (Merit-Order). Die vorrangige EEG-Einspeisung reduziert die Nachfrage

nach konventionellem Strom. Entsprechend der Merit-Order werden daher die teuersten Kraftwerke zur Nachfragedeckung nicht mehr benötigt; der Preis auf der Börse sinkt entsprechend. Daher wird dieser Effekt auch als Merit-Order-Effekt bezeichnet. Eine schematische Übersicht hierzu zeigt folgende Abbildung.



Nach wissenschaftlichen Untersuchungen für das BMU, die auf Basis eines detaillierten Strommarktmodells (PowerACE) erstellt und im Rahmen eines Fachgesprächs grundsätzlich be-

stätigt wurden, senkte der Merit Order Effekt in den letzten drei Jahren die Kosten der Strombeschaffung über den Spotmarkt um 2,5 bis 7,8 Euro/MWh (siehe untenstehende Tabelle) [42],

[80], [86]. Dieser Merit-Order-Effekt entlastet somit die Einkaufsrechnung der Stromlieferanten, so dass er tendenziell eine strompreissenkende Wirkung ausübt.

	Simulierte EEG Stromerzeugung	Durchschnittliche Preisreduktion	Volumen Merit-Order-Effekt	Spezifischer Effekt	Durchschnittliche EEG-Vergütung
Jahr	[TWh]	[EUR/MWh]	[Mrd. EUR]	[EUR/MWh <sub>EEG</sub> ]	[EUR/MWh <sub>EEG</sub> ]
2004	41,5	2,50	1,65	40	92,9
2005	45,5	4,25	2,78	61	99,5
2006	52,2	7,83	4,98	95	109,0

Quelle: Sensfuß [89]

## Gesamtwirtschaftliche externe Kosten

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

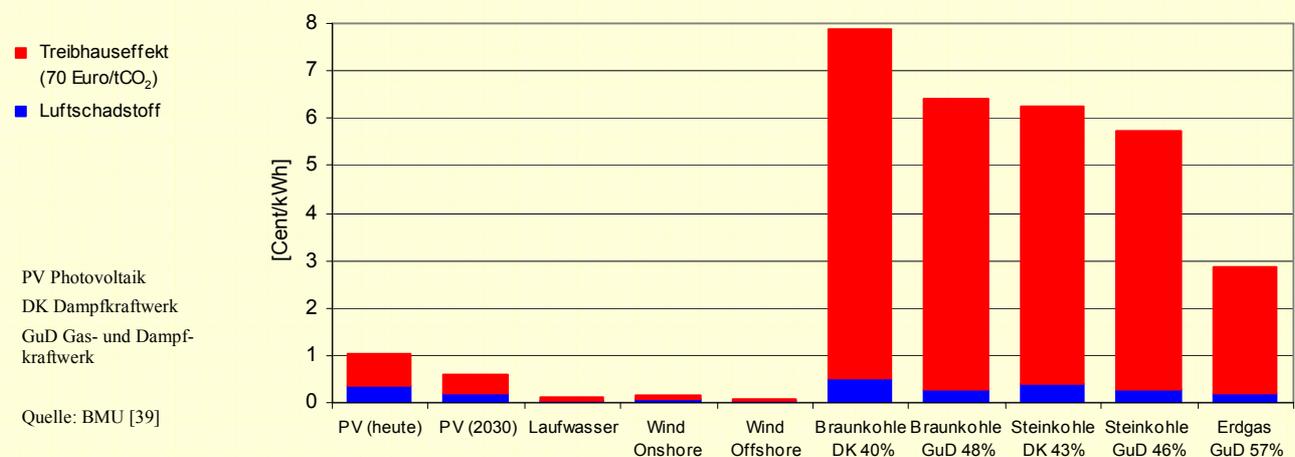
Nach einer wissenschaftlichen Studie für das BMU [39] spielen dabei die Treibhausgasemissionen eine zentrale Rolle: Für die hierdurch verursachten Klimaschäden können als derzeit „bester Schätzwert“ Schadenskosten von 70 EUR/t CO<sub>2</sub> angesetzt werden. Wichtig sind daneben auch die durch Luftschadstoffe 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/kWh<sup>1)</sup>.

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

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 in Deutschland



Unter der wissenschaftlich belegten Annahme, dass der aus erneuerbaren Energien erzeugte Strom derzeit vollständig fossil erzeugten Strom verdrängt, können die 2007 durch erneuerbare Energien im Strombereich vermiedenen externen Kosten auf

mindestens 5,8 Mrd. Euro (vergüteter und nicht vergüteter EEG-Strom) geschätzt werden [48]. Diese liegen damit höher als die EEG-Differenzkosten im gleichen Zeitraum (4,3 Mrd. Euro, s. Seite 30 „Kosten für die Stromverbraucher“) und zeigen, dass sich die

Förderung der erneuerbaren Energien über das EEG schon allein durch die hierdurch vermiedenen externen Kosten „rechnet“. Hinzu kommen die zahlreichen weiteren Vorteile der erneuerbaren Energien in strategischer und wirtschaftspolitischer Hinsicht.

## Kosten und Nutzenwirkungen des EEG im Überblick

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

### Kosten des EEG

Strom aus erneuerbaren Energien ist derzeit aus betriebswirtschaftlicher Sicht noch teurer als Strom aus nicht erneuerbaren Energiequellen. Wegen der im EEG festgeschriebenen Abnahmepflicht entstehen auf Seiten der Stromversorger somit höhere Beschaffungskosten. Sie betragen 2007 etwa 4,3 Mrd. Euro (vgl. Seite 30).

Für den durch erneuerbare Energien verursachten zusätzlichen Bedarf an Regel- und Ausgleichsenergie, Transaktionskosten der Übertragungsnetzbetreiber sowie mögliche EEG-bedingte Mehrkosten durch Teillastbetrieb bei Kraftwerken wurden für 2006 als - konservativ gerechnete – Obergrenze weitere 0,3 - 0,6 Mrd. Euro ermittelt<sup>1)</sup>.

### Nutzen

Zu den Nutzenwirkungen des EEG zählt zunächst sein positiver Einfluss auf Innovation, Umsatz und Wertschöpfung in Deutschland, verbunden mit der Schaffung neuer Arbeitsplätze. 2007 waren rund 60 % der insgesamt fast 250.000 Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien auf das EEG zurückzuführen (siehe S. 26ff).

Im gleichen Kontext sind auch die EEG-bedingten Einsparungen beim Import von Steinkohle und Erdgas zu sehen. Diese beliefen sich 2007 unter Anrechnung der Biomasse-Importe auf etwa 1 Mrd. Euro (Seite 25).

Durch die Vermeidung externer Schadenskosten ist dem EEG im Jahr 2007 außerdem ein gesamtwirtschaftlich relevanter Nutzen von insgesamt 5,8 Mrd. Euro (für nach EEG vergüteten und nicht vergüteten Strom) zuzurechnen (Seite 33).

Auf Seite 32 wurde schließlich näher erläutert, dass durch das zusätzliche Stromangebot aus erneuerbaren Energien die Kosten der Strombeschaffung über den Spotmarkt im Jahr 2006 um rund 7,8 Euro/MWh geringer ausfielen. Bezogen auf den gesamten Handel am Spotmarkt sind das rund 700 Mio. Euro. Rechnet man den Effekt auf den gesamten Strombedarf

hoch, entspräche dies einem Wert von rund 5 Mrd. Euro. Aus dem Merit-Order-Effekt der erneuerbaren Energien resultiert somit eine Strompreis dämpfende Wirkung, die sich auch auf die Endkundenpreise auswirken kann.

Für 2007 liegen noch keine Berechnungen vor.

### Fazit

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

1) Mögliche, durch das EEG bedingte Netzausbaukosten kommen zum allergrößten Teil erst in Zukunft zum Tragen und wurden hierbei entsprechend noch nicht berücksichtigt. Aktuelle Abschätzungen [85] gehen davon aus, dass der Ausbau der Netze auf See wie Land insgesamt rd. 4 Mrd. Euro kosten könnte; angesichts langer Abschreibungszeiten entstünden hieraus Zusatzkosten von lediglich knapp 400 Mio. Euro/Jahr.



## Förderung erneuerbarer Energien

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

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

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

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

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

### Das Marktanreizprogramm

Das Marktanreizprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien unterstützt die Errichtung von Anlagen zur Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energien. Seit dem Jahr 2008 stehen mit 350 Mio. Euro deutlich mehr Mittel für die Förderung zur Verfügung. Im Rahmen der Klimaschutzinitiative der Bundesregierung wurde das Programmvolumen gegenüber dem Niveau der Vorjahre verdoppelt. Damit soll der Ausbau der erneuerbaren

Energien im Wärmemarkt nochmals stark beschleunigt werden.

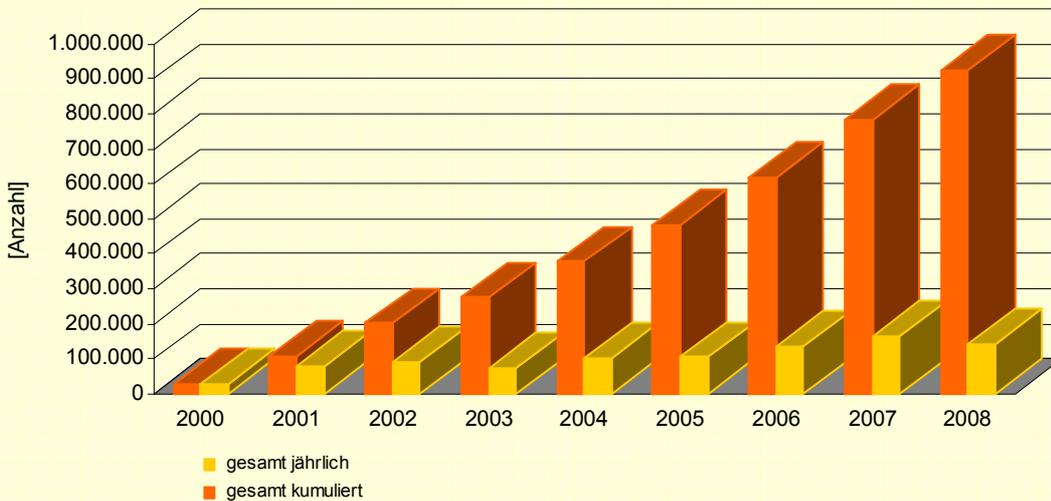
Seit Programmbeginn bis Mitte 2008 wurden über 690.000 Solarkollektoranlagen mit einer Fläche von über 6,0 Mio. Quadratmetern mit einem finanziellen Zuschuss aus diesem Programm gefördert und 146.200 kleine Biomassekessel installiert. Die hierdurch angeschobenen Investitionen betragen 5,4 Mrd. Euro für Solarkollektoren und 2,4 Mrd. Euro für kleine Biomasseanlagen.

Im Rahmen des Marktanreizprogramms hat die KfW-Förderbank (KfW-Programm Erneuerbare Energien) zum Beispiel für größere Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse, Anlagen zur Nutzung der Tiefengeothermie und Biogasanlagen im Zeitraum von 2000 bis 2007 über 3.300 Darlehen in einer Höhe über 911 Mio. Euro zugesagt. Der KfW-Teil, der sich an gewerbliche Antragsteller richtet, wurde wegen des Genehmigungsverfahrens bei der EU erst zum September 2008 geöffnet. Aussagen zum Verlauf des KfW-Teils lassen sich somit erst Ende 2008 machen.

Insgesamt wurden im Rahmen des Marktanreizprogramms seit Programmbeginn mit Ausgabemitteln in Höhe von über 965 Mio. Euro bis Ende 2007 mehr als 788.000 Investitionsvorhaben zur Nutzung erneuerbarer Energien gefördert und damit ein Investitionsvolumen von über 8,2 Mrd. Euro angeschoben.



**Anzahl der durch Investitionskostenzuschüsse des Marktanzreizprogramms geförderten EE-Anlagen**



Stand November 2008

Quelle: BAFA [6]

Seit dem Jahr 2008 wird das Programm mit einer neuen Ausrichtung fortgeführt. Mit einer Bonusförderung werden nun zusätzliche Anreize für besonders effiziente oder innovative Anwendungen gesetzt.

Im Wohngebäudebereich liegt der Schwerpunkt insbesondere auf der Zuschuss-Förderung von Solarkollektoranlagen zur Warmwasserbereitung und kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung sowie von Biomasseheizungen. Neu eingeführt wurde die Förderung von innovativen Wärmepumpen. Große Solarkollektoranlagen, Solarkollektoranlagen zur Prozesswärme- oder solaren Kälteerzeugung sowie Sekundärmaßnahmen zur Emissions-

minderung und zur Effizienzsteigerung bei Biomasseanlagen werden besonders attraktiv gefördert.

Die Förderung von gewerblichen Investitionen im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien soll verstärkt werden. Neben den Anlagen zur Nutzung fester Biomasse im Leistungsbereich ab 100 kW sowie großen Solarkollektoranlagen und Nahwärmenetzen werden zukünftig auch besonders innovative Technologien über eine Innovationsförderung gefördert. Neu eingeführt wurde die Förderung von großen Wärmespeichern, Anlagen zur Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität und Biogasleitungen. Tiefengeothermieanlagen können zukünftig mit bis zu vier Förderbau-

steinen gefördert werden. Damit sollen die spezifischen Investitionsrisiken und die hohen Anfangsinvestitionskosten bei Tiefengeothermieanlagen reduziert werden.

Einzelheiten der Förderung sind in den Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt vom 5.12.2007 geregelt.

Bei Fragen zur Förderung kann die Klima-Hotline des Bundesumweltministeriums (Tel. 0180 200 4 200, 6 ct. je Anruf aus dem Deutschen Festnetz) angerufen werden.

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

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

BAFA	KfW
Zuschüsse	<b>zinsvergünstigte Darlehen sowie Teilschulderlasse</b>
Biomasseanlagen bis 100 kW	Biomasseanlagen ab 100 kW (auch KWK)
Solarthermische Anlagen	Solarthermische Anlagen ab 40 m <sup>2</sup>
Effiziente Wärmepumpen	Nahwärmenetze
Zusätzlich Bonus- und Innovationsförderung	Geothermische Anlagen
	Wärmespeicher
	Rohbiogasleitungen sowie Anlagen zur Aufbereitung und Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz

## Biokraftstoffe

Rund 30 % des gesamten Endenergieverbrauchs in Deutschland sind dem Verkehrssektor zuzurechnen. Bis zum Jahr 2000 wurden fast ausschließlich fossile Ressourcen (in Form von Erdöl) zur Deckung des Kraftstoffbedarfs eingesetzt, die zum überwiegenden Teil importiert wurden. Um Deutschland unabhängiger von Energieimporten für den Verkehrssektor und den Preisentwicklungen auf den Rohstoffmärkten zu machen sowie einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, wurden gesetzliche Rahmenbedingungen geschaffen, die den Biokraftstoffen den Markteintritt erleichtern sollten.

Auf Grundlage des im Oktober 2006 vom Bundestag verabschiedeten Biokraftstoffquotengesetzes werden seit

2007 reine Biokraftstoffe außerhalb der Quote degressiv steuerlich begünstigt, während Beimischungen zu fossilen Kraftstoffen über die Biokraftstoffquote gefördert werden. Die Förderung soll künftig davon abhängig gemacht werden, ob die Erzeugung der eingesetzten Biomasse nachweislich bestimmte Anforderungen an eine nachhaltige Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen und bestimmte Anforderungen zum Schutz natürlicher Lebensräume erfüllt. Konkret bedeutet dies auch, dass Biokraftstoffe nur dann auf die Quote angerechnet werden sollen, wenn über den gesamten Lebenszyklus im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen eine Minderung der Treibhausgase nachgewiesen wird. In den letzten Jahren ist ein deutlicher Auf-

wärtstrend bei den Biokraftstoffen zu beobachten, der Anteil der Biokraftstoffe am gesamten Kraftstoffverbrauch in Deutschland lag Ende 2007 bereits bei 7,3 %.

Die EU-Kommission hat am 23. Januar 2008 einen Richtlinienentwurf zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen vorgelegt (siehe auch Seite 47). Mit Inkrafttreten der Richtlinie wird dann für jeden EU-Mitgliedstaat ein verbindlicher Mindestanteil von erneuerbaren Energien im Verkehrssektor in Höhe von 10 % für das Jahr 2020 sowie die Einführung von Nachhaltigkeitsstandards festgeschrieben werden.

### Übersicht über Biokraftstoffe

Biokraftstoff <sup>1)</sup>	Rohstoff	Produktionsprozess
Pflanzenöl	Ölhaltige Pflanzen <sup>2)</sup>	Kaltpressung/Extraktion
Biodiesel		
aus Energiepflanzen	Ölhaltige Pflanzen <sup>2)</sup>	Kaltpressung/Extraktion u. Umesterung
aus biogenen Abfällen	Abfälle/Fette	Umesterung
Bioethanol <sup>3)</sup>	Zuckerrüben, Getreide	Fermentation und Hydrolyse

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

Biokraftstoffe der zweiten Generation sind z.B. BTL (Biomass-To-Liquids) oder Bioethanol aus Lignozellulose.

- 1) nur Biokraftstoffe der ersten Generation
- 2) im Allgemeinen Raps

3) Bioethanol kann dem Benzin direkt beigemischt werden oder aber zu ETBE (Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether) weiter verarbeitet werden.

Quelle: ZSW [3], Bohlmann [87]



## Erforschung und Entwicklung von Technologien zur Nutzung der erneuerbaren Energien

Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu erneuerbaren Energien werden im Rahmen des Energieforschungsprogramms der Bundesregierung gefördert. Investitionen in erneuerbare Energien tragen dazu bei, knappe Ressourcen zu sparen, die Abhängigkeit von Energieimporten zu verringern sowie Umwelt und Klima zu schonen. Durch technische Innovationen sinken die Kosten für regenerativ erzeugten Strom. Das Bundesumweltministerium (BMU) ist zuständig für die anwendungsorientierte Projektförderung im Bereich erneuerbarer Energien (außer Biomasse).

Das BMU fördert Forschung und Entwicklung im Bereich erneuerbarer Energien auch im Hinblick auf arbeitsmarktpolitische Aspekte. Forschungsförderung stärkt die internationale Spitzenposition und Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen und Forschungseinrichtungen. So entstehen neue Arbeitsplätze in einem global wachsenden Markt.

### Schwerpunkte der Forschungsförderung

Ziele und Schwerpunkte der Forschungsförderung sind

- die Senkung der Kosten erneuerbarer Energiesysteme,
- die umwelt- und naturverträgliche Weiterentwicklung,
- Ressourcen sparende Produktionsweisen,
- die Optimierung der Systemintegration,
- der rasche Technologietransfer von der Forschung in den Markt,

- systemorientierte integrierte Lösungsansätze wie z.B. Kombinationen von Wärmedämmung, Haustechnik und erneuerbaren Energien im Gebäudebereich,
- grenzüberschreitende Projekte und Technologien, deren Anwendung vornehmlich im Ausland liegt,
- die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen und Forschungsinstitute,
- Querschnittsforschung (ökon. Fragen, Arbeitsplätze, Systemstudien etc.) [68].

Im Jahr 2007 hat das BMU in den Bereichen Photovoltaik, Geothermie, Wind, Niedertemperatur-Solarthermie, solarthermische Kraftwerke sowie Gesamtstrategie und übergeordnete Fragen insgesamt 177 neue Vorhaben mit einem Gesamtvolumen von erstmals über 100 Mio. Euro bewilligt.

Der größte Teil der neu bewilligten Mittel floss 2007 in die Photovoltaik und die Windenergie. Bei der Photovoltaik sind Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten besonders dringlich, weil an dieser Stelle die Vergütungssätze des EEG die höchste Degression aufweisen und entsprechende Kostensenkungen erreicht werden müssen. Zudem besteht hier nach wie vor ein großes Innovationspotenzial. Schließlich geht es darum, die international führende Position der deutschen Photovoltaik-Forschung zu sichern und die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Unternehmen in einem weltweit rasant wachsenden Markt zu verbessern. Bei der Windenergieforschung liegen die größten Heraus-

forderungen im Offshore-Bereich. Bereits 2007 wurden die ersten Forschungsprojekte im ersten deutschen Offshore-Testfeld „alpha ventus“ bewilligt. 2008 ist der offizielle Auftakt der Testfeldforschung.

Aber auch in den anderen Bereichen wird die Forschungsförderung auf hohem Niveau fortgesetzt. Um die ambitionierten Ausbauziele der Bundesregierung zu erreichen, werden alle erneuerbaren Energien gebraucht. Die Stromerzeugung aus Geothermie ist 2007 in Deutschland mit der Inbetriebnahme des ersten industriell ganzjährig arbeitenden Geothermiekraftwerks in Landau (Pfalz) einen großen Schritt vorangekommen.

Mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien und aufgrund der Altersstruktur der Netze und des Kraftwerks-parks bekommt die Optimierung der Energieversorgungssysteme eine zunehmende Bedeutung. Das BMU trägt dem mit der Einrichtung eines neuen Förderschwerpunktes Rechnung. Ziel sind Lösungen zur Schaffung von innovativen Energiesystemen mit hohem Anteil erneuerbarer Energien. In diesem Zusammenhang spielt auch das Thema Elektromobilität eine Rolle.

Eine Übersicht über die laufenden Forschungsprojekte befindet sich unter: [www.erneuerbare-energien.de/inhalt/36049/](http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/36049/).



### Neu bewilligte und laufende Projekte des BMU

	Neu bewilligte Projekte					
	2006			2007		
	[Anzahl]	[1.000 EUR]	[Anteil in %]	[Anzahl]	[1.000 EUR]	[Anteil in %]
Photovoltaik	39	43.367	43,9	49	41653	40,8
Wind	29	16.083	16,3	52	34713	34,0
Geothermie	11	23.718	24,0	17	8051	7,9
Niedertemperatur-Solarthermie	13	5.058	5,1	20	7505	7,3
Solarthermische Kraftwerke	16	6.875	7,0	18	5851	5,7
Sonstiges	10	3.716	3,8	21	4391	4,3
<b>gesamt</b>	<b>118</b>	<b>98.818</b>	<b>100,0</b>	<b>177</b>	<b>102164</b>	<b>100,0</b>

	Laufende Projekte 2007		Abgeschlossene Projekte 2007	
	[Anzahl]	[1.000 EUR]	[Anzahl]	[1.000 EUR]
Photovoltaik	132	155.679	32	46.704
Wind	121 <sup>1)</sup>	80.926	28 <sup>2)</sup>	16.708
Geothermie	41	52.428	9	21.589
Niedertemperatur-Solarthermie	54	25.935	11	6.048
Solarthermische Kraftwerke	40	19.458	11	2.889
Sonstiges	44	22.707	10	2.887
<b>gesamt</b>	<b>432</b>	<b>357.133</b>	<b>101</b>	<b>96.825</b>

1) davon 10 Einzelvorhaben im Rahmen des 250 MW-Wind-Programms

2) davon 8 Einzelvorhaben im Rahmen des 250 MW-Wind-Programms

Quelle: BMU [81]

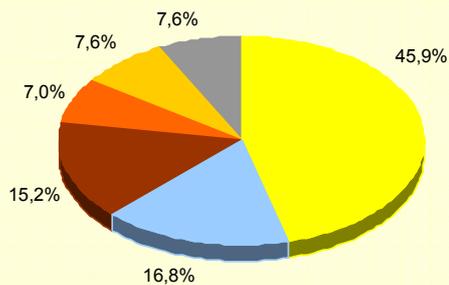


Mittelabfluss der Forschungsförderung des BMU

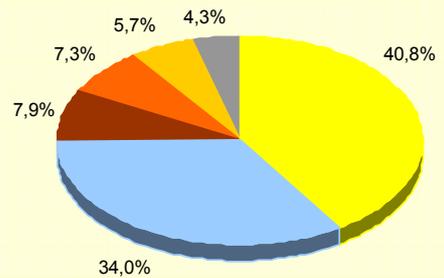
Mittelabfluss (1.000 €)						
	2004	2005	2006	2007	Durchschnitt 2004 - 2007	Durchschnittl. Anteil in %
Photovoltaik	24.417	41.961	37.609	32.108	34.024	45,9
Wind	7.354	16.885	9.765	15.741	12.436	16,8
Geothermie	5.883	10.667	13.985	14.443	11.245	15,2
Niedertemperatur- Solarthermie	3.532	4.920	6.612	5.676	5.185	7,0
Solarthermische Kraftwerke	5.552	5.154	5.906	5.935	5.637	7,6
Sonstiges	3.504	6.229	6.490	6.437	5.665	7,6
<b>gesamt</b>	<b>50.242</b>	<b>85.816</b>	<b>80.367</b>	<b>80.340</b>	<b>74.191</b>	<b>100,0</b>

Quelle: BMU [81]

Durchschnittlicher Anteil am Mittelabfluss (2004 – 2007) gesamt: rd. 74,2 Mio. EUR



Anteil der Sparten am neu bewilligten Mittelvolumen 2007 gesamt: rd. 100 Mio. EUR



Quelle: BMU [81]

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

	Nutzung 2007	Potenziale		Kommentare
		Ertrag	Leistung	
<b>Stromerzeugung</b>	[TWh]	[TWh/a]	[MW]	
Wasserkraft <sup>1)</sup>	21,2	25	5.200	Laufwasser und natürlicher Zufluss zu Speichern
Windenergie				
an Land	39,7	68	35.000	
Offshore	-	135	35.000	
Biomasse <sup>2)</sup>	22,8	50	10.000	Erzeugung teilweise in Kraft-Wärme-Kopplung
Photovoltaik	3,1	105	115.000 <sup>3)</sup>	nur geeignete Dach-, Fassaden- und Siedlungsflächen
Geothermie	0,0004	150	25.000	Bandbreite 66 - 290 TWh je nach Anforderungen an eine Wärmenutzung (Kraft-Wärme-Kopplung)
<b>Summe</b>	<b>86,8</b>	<b>533</b>		
<b>Anteil bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2007</b>	<b>14,0%</b>	<b>86,3%</b>		
<b>Wärmerzeugung</b>	[TWh]	[TWh/a]		
Biomasse	94,3	150		einschließlich Nutzwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung
Geothermie	2,3	330		nur Energiebereitstellung aus hydrothermalen Quellen
Solarthermie	3,7	300		nur geeignete Dach- und Siedlungsflächen
<b>Summe</b>	<b>100,3</b>	<b>780</b>		
<b>Anteil bezogen auf Endenergieverbrauch für Wärme 2007<sup>4)</sup></b>	<b>7,5%</b>	<b>58,3%</b>		
<b>Kraftstoffe</b>	[TWh]	[TWh/a]		
Biomasse	46,4	155		
<b>Summe</b>	<b>46,4</b>	<b>155</b>		
<b>Anteil bezogen auf den Kraftstoffverbrauch 2007</b>	<b>7,3%</b>	<b>24,5%</b>		
<b>Anteil, bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch 2007</b>	<b>9,8%</b>	<b>61,6%</b>		Der prozentuale EE-Anteil steigt über 61,6 %, wenn der Endenergieverbrauch gegenüber 2007 gesenkt wird (Verbesserung der Energieeffizienz)

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

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

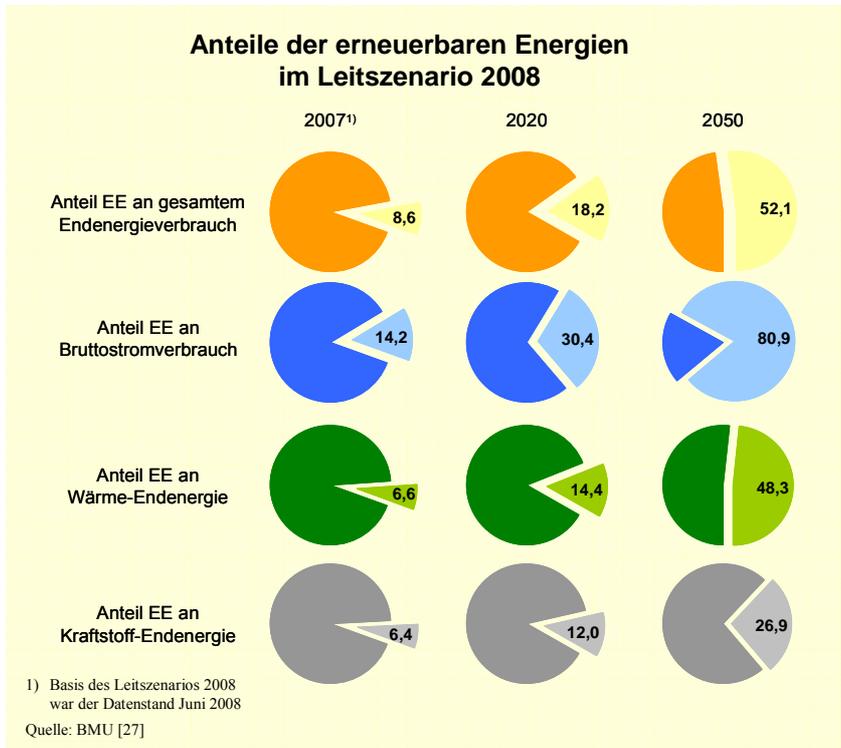
Quellen: BMU [27]; Arbeitsgemeinschaft: WI, DLR, IFEU [38]; ZSW [3]

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

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

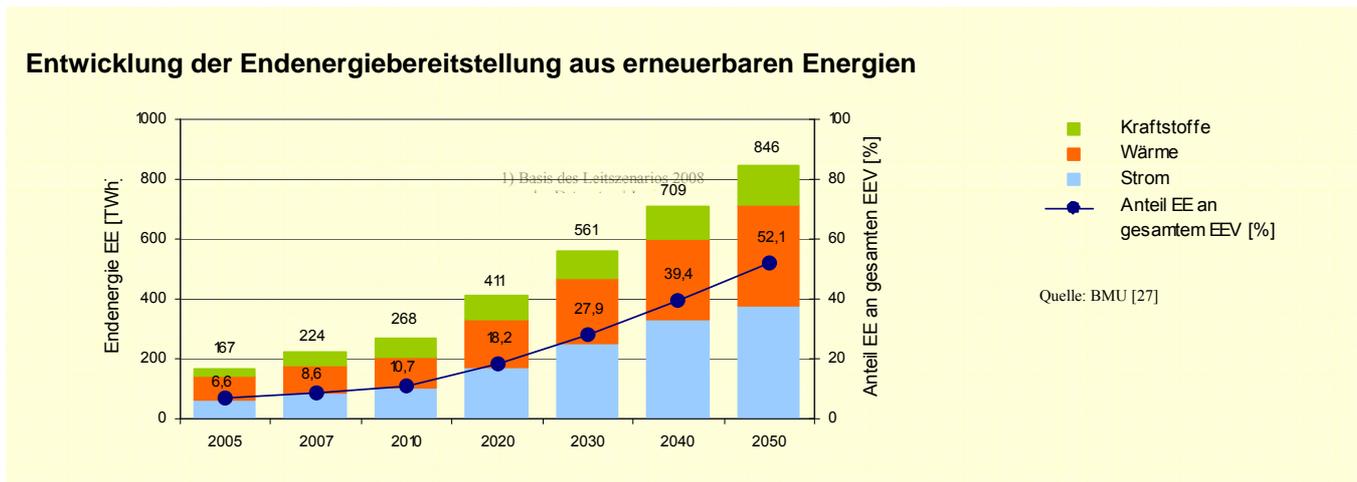
Die energetische Nutzung von Biomasse weist eine hohe Flexibilität auf. Je nach Erfordernis kann sich deshalb die Zuordnung der Potenziale auf die Bereiche Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereitstellung verändern. Dies gilt insbesondere für den Anbau von Energiepflanzen (hier auf der Basis einer Anbaufläche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

# Szenario eines verstärkten Ausbaus erneuerbarer Energien in Deutschland



In der im Oktober 2008 veröffentlichten „Leitstudie 2008“ [27]<sup>1)</sup> des BMU wird in einem Leitszenario 2008 sowie fünf weiteren Szenarien eine wahrscheinliche Bandbreite der zukünftigen Entwicklung der erneuerbaren Energien und der korrespondierenden Energieversorgung bis zum Jahr 2050 beschrieben.

Durch eine Kombination von kontinuierlichem Ausbau der erneuerbaren Energien und deutlicher Effizienzsteigerung im Leitszenario 2008 könnte der Anteil der Erneuerbaren am gesamten Endenergieverbrauch bis 2020 auf rund 18 % steigen, der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung auf knapp 21 %. Rund 30 % des Bruttostromverbrauchs könnten erneuerbaren Ursprungs sein. Bis zum Jahr 2050 könnten die erneuerbaren Energien rund die Hälfte des gesamten Endenergieverbrauchs, d.h. Strom, Wärme und Mobilität, decken.



Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien gemäß dem neuen Leitszenario wird ein jährliches Investitionsvolumen von etwa 12 Mrd. Euro<sub>2005</sub> kontinuierlich aufrechterhalten. Damit festigen sich die Chancen, die Technologieführerschaft in vielen erneuer-

baren Energien Technologien zu erhalten und den wirkungsvollen Aufbau von Exportmärkten weiter zu betreiben. Nach 2020 steigen die jährlichen Investitionen auf über 15 Mrd. Euro<sub>2005</sub> jährlich.

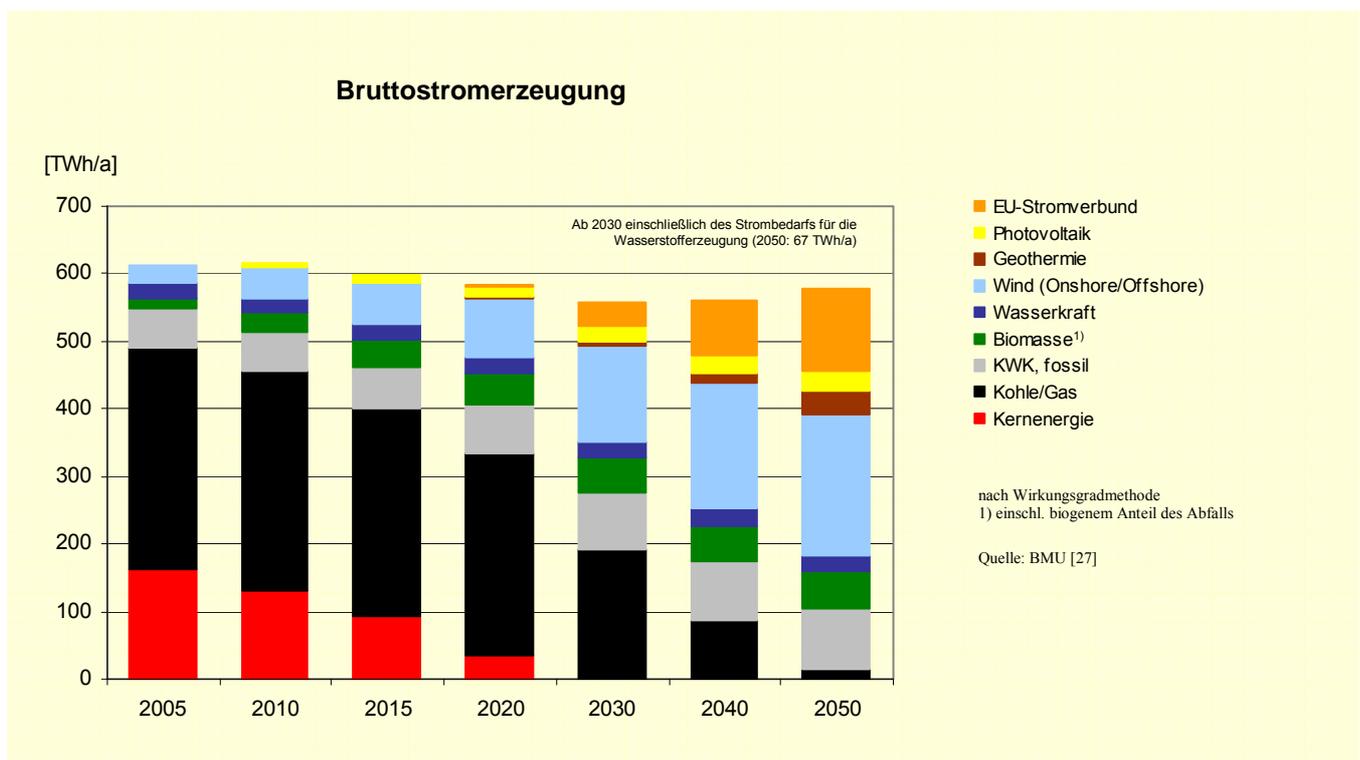
In den Szenarienvarianten konnte gezeigt werden, dass auch über das Leitszenario 2008 hinausgehende Effizienz- und EE-Ausbauerfolge möglich sind.

**Ausbau der erneuerbaren Energien und Steigerung der Energieeffizienz -  
der mögliche Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Minderung bis zum Jahr 2020  
nach Handlungsbereichen im Leitszenario 2008**

Handlungsbereich / Maßnahmenbündel	Beitrag zur CO <sub>2</sub> -Minderung im Jahr 2020
Ausbau EE im Strombereich	70 - 80 Mio. t CO <sub>2</sub> /a
Effizienzsteigerungen im Verkehr	20 - 25 Mio. t CO <sub>2</sub> /a
Ausweitung der KWK in Verbindung mit Effizienzsteigerungen beim Stromverbrauch	60 Mio. t CO <sub>2</sub> /a
Ausbau EE im Wärmebereich	20 - 25 Mio. t CO <sub>2</sub> /a
Effizienzsteigerungen im Verkehr	20 - 25 Mio. t CO <sub>2</sub> /a
EE im Verkehrsbereich (Biokraftstoffe u. Elektromobilität)	20 - 25 Mio. t CO <sub>2</sub> /a

Die strukturellen Veränderungen in der Energieversorgungsstruktur im Leitszenario 2008 führen zu einer Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 36 % bis 2020 gegenüber dem Jahr 1990 und um knapp 80 % bis 2050.

Quelle: BMU [27]

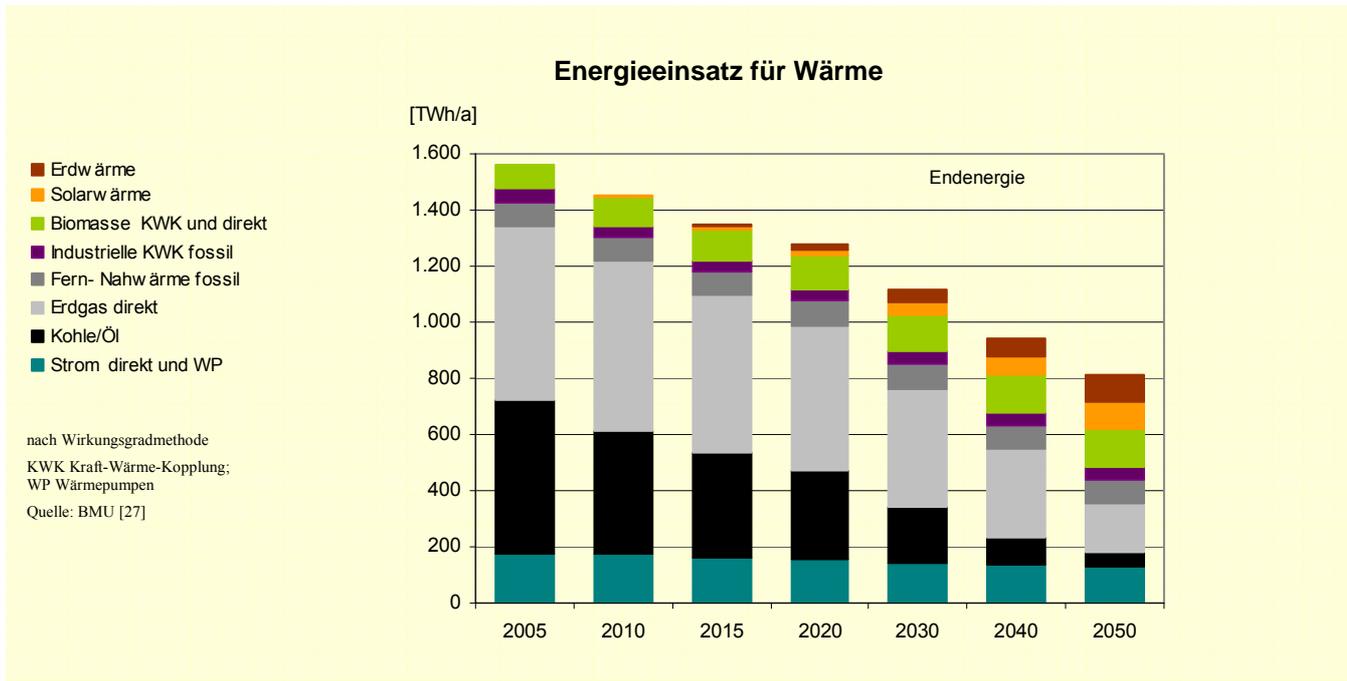


Im Leitszenario 2008 steigt der Beitrag der erneuerbaren Energien zur Stromversorgung bis 2020 auf knapp 180 TWh/a, entsprechend 30 % des Bruttostromverbrauchs. In 2030 werden bereits 50 % des Bruttostromver-

brauchs durch erneuerbare Energien gedeckt. Insgesamt ist in 2020 eine Leistung von 70 GW an EE-Anlagen installiert, der doppelte Wert von 2007. In 2030 sind es rund 100 GWh. Die seit dem

Jahr 2000 neu installierten EE-Anlagen produzieren in jedem Jahr mehr Strom als bis zu dem betreffenden Jahr durch den Kernenergieausstieg wegfällt.

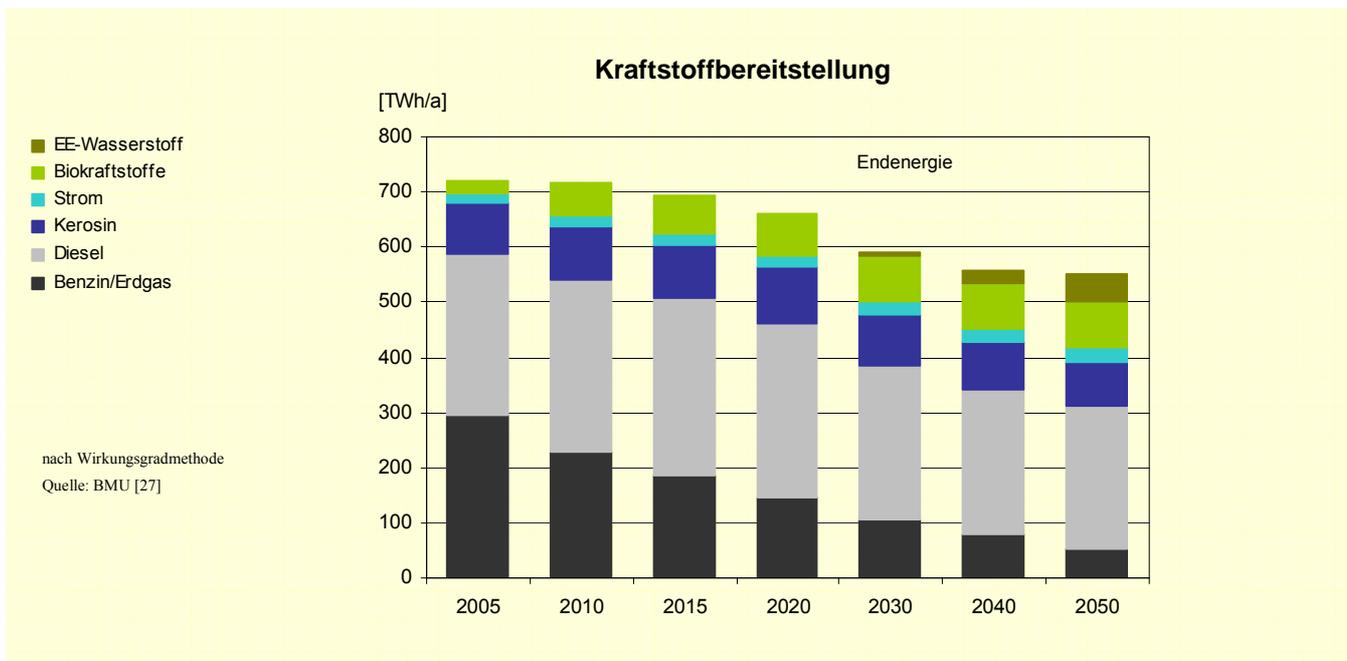
# SZENARIO EINES VERSTÄRKTEN AUSBAUS



Die Nachfrage nach Wärme sinkt im Leitszenario bis 2020 um 18 % des heutigen Wertes und bis 2050 um 50 %. Der Beitrag der erneuerbaren

Energien zur Wärmeversorgung steigt bis 2020 auf 14 %. In 2050 kann die Hälfte der dann noch verbleibenden Nachfrage nach Wärmeenergie

mittels erneuerbaren Energien bereitgestellt werden. An fossilen Energien werden in 2050 noch 25 Prozent des heutigen Einsatzes benötigt.



Im Jahr 2020 werden biogene Kraftstoffe einen Anteil am gesamten Kraftstoffverbrauch von energetisch

12 % (bzw. rund 15 % am Verbrauch des Straßenverkehrs) erreichen. Der langfristig erreichbare Anteil von

nachhaltigen Biokraftstoffen am Kraftstoffverbrauch liegt bei 17 % (20 %).

## Teil II: Erneuerbare Energien in der Europäischen Union



Mit der im Dezember 2008 vom Europäischen Parlament angenommenen Richtlinie über erneuerbare Energien werden ehrgeizige Ziele gesetzt:

**20 % des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien sowie ein Mindestanteil von 10 % erneuerbare Energien im Transportbereich im Jahr 2020**

Die Umsetzung der EU-Ziele ist vor allem von der Ausgestaltung der Rahmenbedingungen auf nationaler Ebene abhängig. Die Gründe, die für einen weiteren forcierten Ausbau der Nutzung erneuerbarer Quellen sprechen, sind:

- Verminderung der Abhängigkeit von Energieimporten (Energieversorgungssicherheit)
- Schonung begrenzter fossiler Ressourcen
- Umwelt- und Klimaschutz.

Des Weiteren sind auch die ökonomischen Wirkungen zu berücksichtigen, die sich z.B. in der Schaffung von Arbeitsplätzen und auch in der Positionierung auf dem globalen Wachstumsmarkt für erneuerbare Energien widerspiegeln.



## Erneuerbare Energien in der Europäischen Union (EU)

Auf EU-Ebene gibt es derzeit zwei Instrumente zur Förderung von erneuerbaren Energien: die EU-Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien im Strommarkt sowie die Biokraftstoff-Richtlinie. Zentrales Element der 2001 in Kraft getretenen Strom-Richtlinie, ist die Erhöhung des Anteils regenerativer Quellen an der Stromerzeugung von 14 % im Jahre 1997 auf 21 % bis 2010 in der EU-25 (s. a. Anhang Abs. 8). Die Biokraftstoff-Richtlinie gibt das Ziel von 5,75 % Biokraftstoffen am Kraftstoffverbrauch in 2010 vor. Diese beiden im Jahr 2010 auslaufenden Instrumente sollen durch eine neue, die Sektoren Strom, Transport und Wärme/Kälte umfassende EU-Richtlinie zu erneuerbaren Energien ersetzt werden.

Die Europäische Kommission hat am 23. Januar 2008 im Rahmen des Pakets „Erneuerbare Energiequellen und Klimawandel“ einen Vorschlag für eine Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen vorgestellt.

Mit diesem Richtlinienvorschlag sollen die wegweisenden Beschlüsse des Frühjahrsgipfels der Staats- und Regierungschefs (Europäischer Rat) vom 9. März 2007 umgesetzt werden. Der Europäische Rat hat unter deutscher EU-Ratspräsidentschaft beschlossen, den Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch in der EU von ca. 8,5 % in 2005 verbindlich auf 20 % bis 2020 zu steigern. Dieses Ziel soll durch verbindliche nationale Ziele konkretisiert sowie im Rahmen von nationalen

Aktionsplänen mit Angabe der Verteilung auf die jeweiligen Sektoren umgesetzt werden. Für Biokraftstoffe wurde durch den Europäischen Rat ein verbindliches Mindestziel von 10 % am gesamten Benzin- und Dieserverbrauch für alle Mitgliedstaaten für das Jahr 2020 sowie die Einführung von Nachhaltigkeitsstandards beschlossen.

Der Richtlinienvorschlag der Europäischen Kommission hat diese Vorgaben aufgegriffen und konkretisiert. In der Richtlinie werden differenzierte nationale Gesamtziele der Mitgliedstaaten für den Anteil von erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch im Jahr 2020 festgelegt. Die nationalen Ziele der EU-Mitgliedstaaten für 2020 liegen zwischen 10 % für Malta und 49 % für Schweden. Für Deutschland ist ein nationales Ziel von 18 % vorgesehen. Im Gegensatz zu den Beschlüssen des Europäischen Rates sieht die Richtlinie kein ausschließliches Ziel für Biokraftstoffe, sondern ein einheitliches Ziel von mindestens 10 % erneuerbare Energien am Transportbereich für alle Mitgliedstaaten vor. Somit können neben Biokraftstoffen z.B. auch erneuerbare Energien im Bereich der Elektromobilität angerechnet werden.

Zur nationalen Zielerreichung stehen den EU-Mitgliedstaaten flexible Kooperationsmechanismen zur Verfügung wie u. a. statistischer Transfer von Erneuerbaren-Mengen und gemeinsame Projekte. Wichtig ist, dass durch die Richtlinie den EU-Mitgliedstaaten weiterhin die freie Wahl und Nutzung der nationalen Fördersysteme

überlassen bleibt. Außerdem sieht die Richtlinie vor, dass die Mitgliedstaaten nationale Aktionspläne zur Umsetzung ihrer Ziele verabschieden, Strom aus erneuerbaren Energiequellen vorrangig Netzzugang gewähren und der Kommission über ihre Fortschritte Bericht erstatten. Die Richtlinie definiert ferner erstmalig Nachhaltigkeitsanforderungen für die Herstellung von Biomasse zur energetischen Verwendung. Die Nachhaltigkeitskriterien regeln zunächst nur Biokraftstoffe und flüssige Bioenergieträger, es wird aber im Rahmen der Richtlinie festgelegt, dass die Europäische Kommission bis Ende 2009 einen Bericht vorzulegen hat, der Vorschläge zur Anpassung an gasförmige und feste Bioenergie enthalten soll.

Die Richtlinie wurde im Europäischen Parlament und im Rat der Europäischen Union im Rahmen der Gesamtverhandlungen zum EU-Klima- und Energiepaket beraten. Eine politische Einigung konnte noch unter französischer EU-Ratspräsidentschaft im Dezember 2008 erzielt werden. Voraussichtlich im Frühjahr 2009 soll die Richtlinie in Kraft treten.

Mit dieser Richtlinie gibt es erstmals eine Gesamtregelung für erneuerbare Energien für alle Bereiche Strom, Wärme/Kälte und Transport in der EU. Damit wird ein verlässlicher Rechtsrahmen für die notwendigen Investitionen in der kommenden Dekade gesetzt.

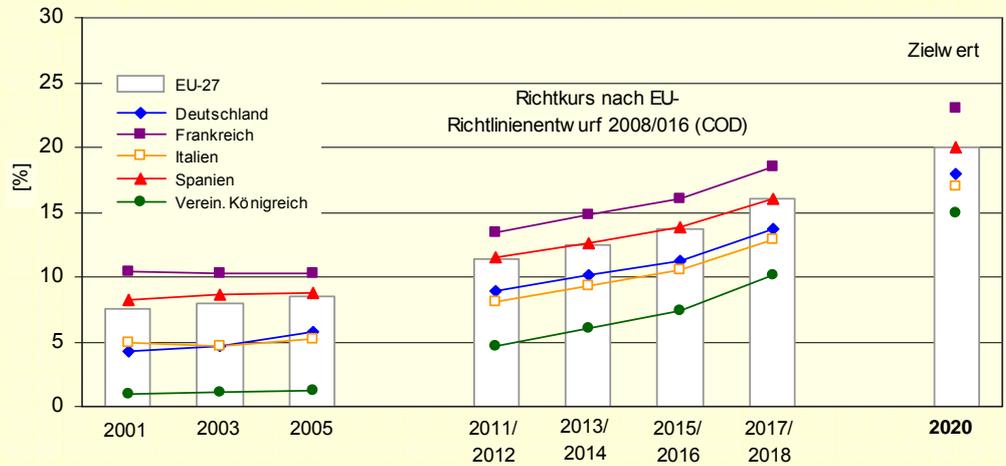


### Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch in ausgewählten EU-Ländern

Ausgewählt wurden die 5 EU-Mitgliedstaaten mit dem höchsten Endenergieverbrauch

Im EU-Richtlinienentwurf 2008/0016 (COD) ist ein Richtkurs für den Anteil von EE am Endenergieverbrauch vorgegeben. Die Mitgliedstaaten sind verpflichtet, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, damit der jeweilige nationale Richtwert mindestens erreicht wird.

Quellen:  
nach EC [92], Eurostat [91]



Allgemeine Anmerkungen:

Im Jahr 2004 wurde die EU-15 um 10 neue Staaten zur EU-25 erweitert. Im Jahr 2007 traten zwei weitere Mitgliedstaaten bei, die EU besteht seitdem aus 27 Mitgliedstaaten (EU-27) (vgl. auch Anhang, Abs. 8).

In dieser Broschüre werden in den Texten und Zeitreihen die neuen Mitgliedstaaten ab dem Jahr des Beitritts berücksichtigt. In einigen Tabellen, z.B. Anteil der EE am PEV (Seite 49), werden als zusätzliche Information auch Zahlen für die EU-25 bzw. EU-27 dargestellt, obwohl diese zu den angegebenen Jahreszahlen noch nicht beigetreten waren.

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

- 1) enthält Verbrauch im Energiesektor und Netzverluste bei Elektrizität und Wärme
- 2) Richtkurs für den Anteil der EE am EEV nach EU-Richtlinienentwurf 2008/016 (COD)

Quellen: Eurostat [91]; EC [92]

	Anteil EE am gesamten Endenergieverbrauch <sup>1)</sup>			Ziel <sup>2)</sup>
	2001	2003	2005	2020
	[%]			
Belgien	1,3	1,6	2,2	13%
Dänemark	12,3	14,9	17,0	30%
Deutschland	3,9	4,4	5,8	18%
Finnland	27,9	26,7	28,5	38%
Frankreich	10,9	9,9	9,5	23%
Griechenland	6,5	7,2	7,5	18%
Irland	2,2	2,2	3,0	16%
Italien	5,2	4,4	4,8	17%
Luxemburg	0,7	0,8	0,9	11%
Niederlande	1,6	1,8	2,4	14%
Österreich	25,8	21,8	23,0	34%
Portugal	20,5	21,5	17,0	31%
Schweden	40,0	33,9	40,8	49%
Spanien	9,1	9,4	7,6	20%
Verein. Königreich	0,9	1,0	1,3	15%
<b>EU-15</b>	<b>7,8</b>	<b>7,5</b>	<b>8,0</b>	
Estland	15,3	14,9	18,0	25%
Lettland	34,4	31,9	35,5	42%
Litauen	15,3	15,4	15,0	23%
Malta	0,0	0,0	0,0	10%
Polen	6,9	7,0	7,2	15%
Slowakei	6,2	5,2	6,9	14%
Slowenien	16,1	14,3	14,9	25%
Tschech. Republik	2,4	4,2	6,3	13%
Ungarn	2,6	4,7	4,3	13%
Zypern	2,5	2,5	2,9	13%
<b>EU-25</b>	<b>7,7</b>	<b>7,5</b>	<b>8,1</b>	
Bulgarien	7,1	9,0	10,6	16%
Rumänien	13,7	15,4	19,2	24%
<b>EU-27</b>	<b>7,8</b>	<b>7,7</b>	<b>8,3</b>	<b>20%</b>

## Primärenergieverbrauch und erneuerbaren Energien in der EU

	Anteil EE am PEV [%]		
	1997	2001	2006
Belgien	1,2	1,4	2,9
Dänemark	8,3	11,4	15,6
Deutschland	2,2	3,0	6,0
Finnland	20,5	22,4	22,7
Frankreich	7,1	6,9	6,3
Griechenland	5,2	4,5	5,7
Irland	1,5	1,6	2,7
Italien	5,3	5,5	7,0
Luxemburg	1,4	1,3	1,7
Niederlande	2,0	2,4	3,6
Österreich	20,8	22,1	21,4
Portugal	17,3	15,5	17,0
Schweden	27,4	28,3	29,1
Spanien	6,3	6,5	6,6
Verein. Königreich	0,9	1,1	1,9
<b>EU-15</b>	<b>5,5</b>	<b>5,9</b>	<b>7,2</b>
Estland	10,6	10,6	9,8
Lettland	29,5	31,7	31,0
Litauen	6,1	8,4	9,3
Polen	3,8	4,5	5,1
Slowakei	2,5	4,0	4,6
Slowenien	8,1	11,5	10,5
Tschech. Republik	1,6	1,7	4,3
Ungarn	2,0	1,9	4,6
Zypern	2,0	1,8	1,9
<b>EU-25<sup>1)</sup></b>	<b>5,3</b>	<b>5,7</b>	<b>7,0</b>
Bulgarien	2,3	3,6	5,5
Rumänien	10,7	9,3	11,7
<b>EU-27</b>	<b>5,4</b>	<b>5,8</b>	<b>7,1</b>

Angaben vorläufig

1) für Malta liegen der verwendeten Quelle keine Daten zur Nutzung erneuerbarer Energien vor

Quelle: ZSW nach Eurostat [34]

Die EU-Mitgliedstaaten sind in hohem Maße von Energieimporten abhängig. Im Jahr 2006 wurde mehr als die Hälfte des inländischen Bruttoenergieverbrauchs der EU durch Importe, oft aus politisch instabilen Ländern, gedeckt - Tendenz steigend. Weiterhin wurden 79 % des Energieverbrauchs aus fossilen Ressourcen bereitgestellt. Auch wenn über den Zeitraum unterschiedliche Meinungen vorliegen, so ist doch unbestritten, dass diese Ressourcen endlich sind.

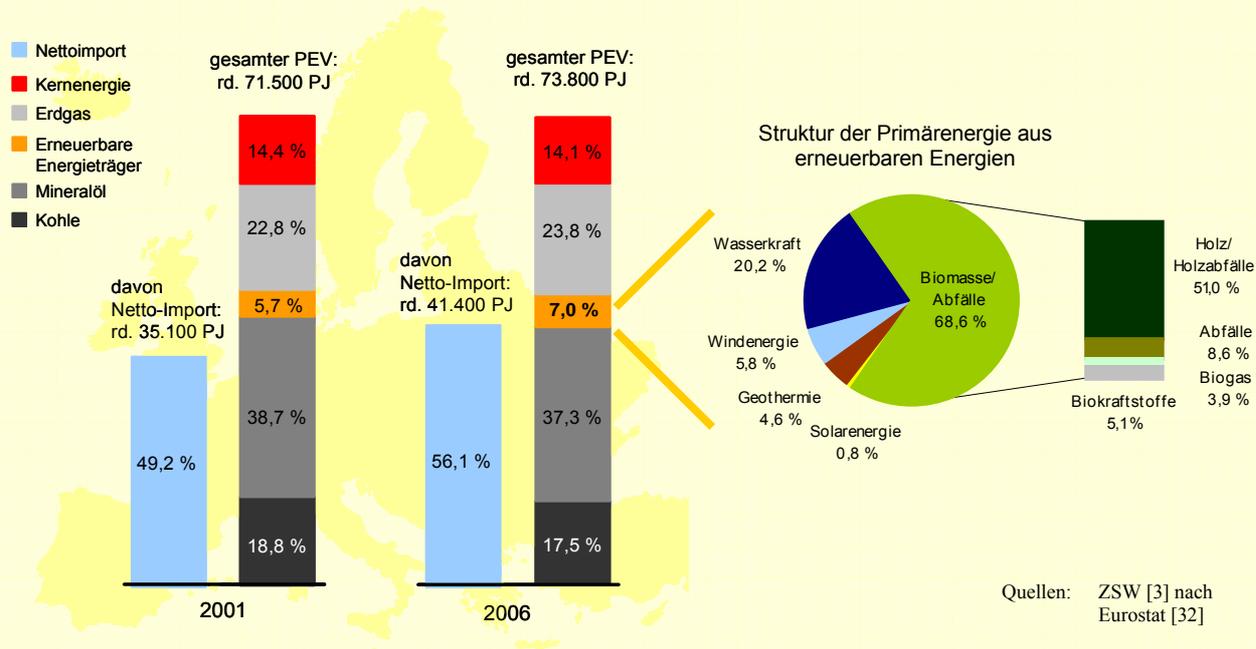
Im Hinblick auf die Energieversorgungssicherheit, angesichts der begrenzten Verfügbarkeit fossiler Energieressourcen sowie aus Gründen des Umwelt- und Klimaschutzes ist es erforderlich, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Energiebereitstellung weiter auszubauen.

Im Jahr 2006 waren 7,0 % des Primärenergieverbrauchs der EU-25 erneuerbaren Ursprungs. In absoluten Zahlen entspricht dies einer Energiebereitstellung von rund 5.160 PJ (2001: rd. 4.100 PJ).

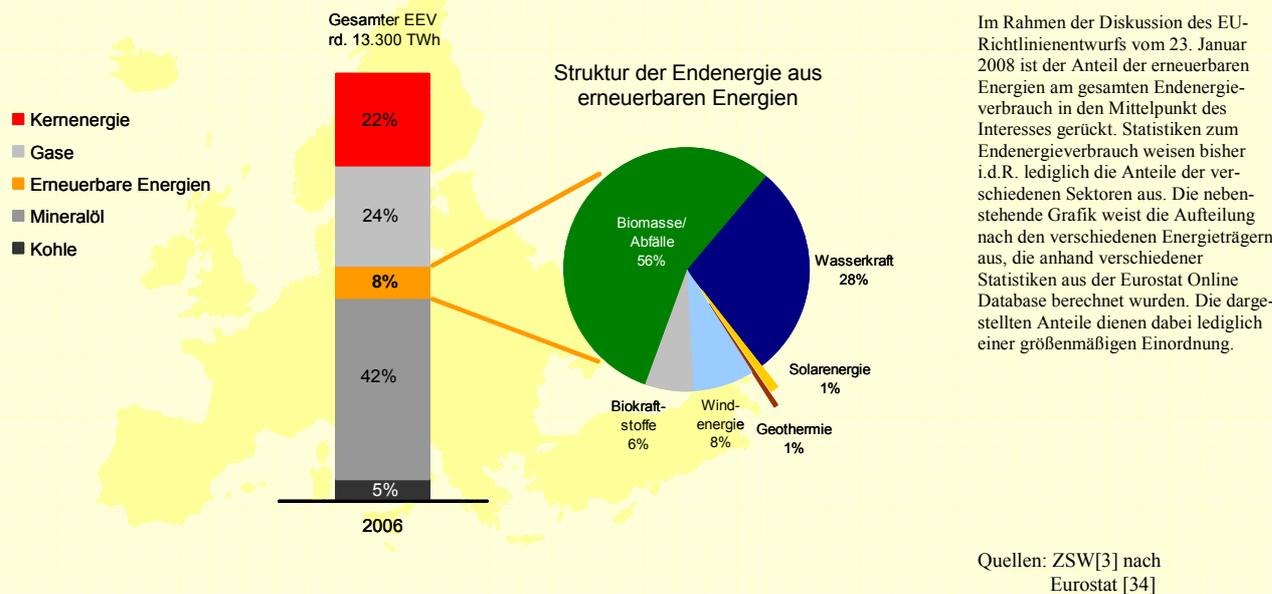
Innerhalb des Portfolios der erneuerbaren Energien dominiert die Biomasse mit einem Anteil von 68,6 %. Biomasse ist sowohl im Hinblick auf den einsetzbaren biogenen Rohstoff (Holz/Holzabfälle, landwirtschaftliche Biomasse, biogene kommunale Abfälle, Energiepflanzen) als auch im Hinblick auf die resultierende Endenergie (Strom- und Wärmebereitstellung sowie Kraftstoffe), der vielfältigste erneuerbare Energieträger. Den zweitgrößten Beitrag liefert die Wasserkraft mit 20,2 %, gefolgt von der Windenergie (5,8 %), der Geothermie (4,6 %) und der Solarenergie (0,8 %).



Struktur des Primärenergieverbrauchs in der EU



Struktur des Endenergieverbrauchs in der EU



# Nutzung erneuerbarer Energien in der EU im Jahr 2007

Alle Angaben vorläufig; Abweichungen in den Summen durch Rundungen

- 1) Strom- und Wärmeerzeugung aus fester Biomasse, Biogas und dem biogenen Anteil des Abfalls sowie Biokraftstoffe
- 2) Bruttoerzeugung; für Pumpspeicherkraftwerke nur Erzeugung aus natürlichem Zufluss
- 3) Wärme- und Stromerzeugung; Stromerzeugung in Italien mit 5,6 TWh, Portugal 0,2 TWh und Österreich 0,002 TWh (Frankreich 0,08 TWh in Übersee-Departements nicht enthalten). In Deutschland wurde im Jahr 2004 erstmals geothermischer Strom produziert
- 4) verglaste und unverglaste Kollektoren; Konversionsfaktor 0,7 kW<sub>th</sub>/m<sup>2</sup>
- 5) einschließlich Anlagen in Übersee-Departements
- 6) Summe beinhaltet 9,0 TWh aus Solarthermie und 4,2 TWh aus Photovoltaik

Quellen:  
 Biomasse: Eurostat [32]; Observ'ER [53]; IEA [31]  
 Wasserkraft: IEA [31]; Eurostat [32]  
 Windenergie: IEA [31]; Observ'ER [46]  
 Geothermie: IEA [31]; Eurostat [32]  
 Solarthermie: Observ'ER [35]  
 Photovoltaik: Observ'ER [82]

	Bio- masse <sup>1)</sup>	Wasser- kraft <sup>2)</sup>	Wind- energie	Geo- thermie <sup>3)</sup>	Summe	Solar- thermie <sup>4), 5)</sup>			Photo- voltaik <sup>6)</sup>
						[1.000 m <sup>2</sup> ]	[MW <sub>th</sub> ]	[kW <sub>p</sub> ]	
Endenergie [TWh]									
Belgien	11,6	0,4	0,52	0,02	12,6	166	116	6.161	
Dänemark	23,6	0,0	7,17	0,07	30,9	400	280	3.120	
Deutschland	154,8	20,3	39,50	2,33	216,9	9.484	6.639	3.846.000	
Finnland	75,2	14,2	0,19	-	89,5	22	16	5.000	
Frankreich	133,0	58,2	4,05	1,51	196,7	1.436	1.005	46.659	
Griechenland	12,0	3,0	1,85	0,13	16,9	3.570	2.499	9.170	
Irland	2,4	0,7	1,88	0,01	4,9	36	25	400	
Italien	30,6	33,5	4,14	8,05	76,2	1.113	779	100.200	
Luxemburg	0,7	0,1	0,06	-	0,9	19	13	23.793	
Niederlande	10,0	0,1	3,44	-	13,5	673	471	55.005	
Österreich	41,1	33,9	2,02	0,22	77,2	3.601	2.521	28.600	
Portugal	33,0	10,1	4,04	0,30	47,4	170	119	17.870	
Schweden	87,6	66,0	1,43	-	155,1	345	242	6.150	
Spanien	48,9	27,4	26,97	0,09	103,4	984	689	515.815	
Verein. Königr.	18,7	5,1	6,16	0,01	29,9	306	214	17.660	
<b>EU-15</b>	<b>683,0</b>	<b>273,0</b>	<b>103,42</b>	<b>12,74</b>	<b>1.072,1</b>	<b>22.325</b>	<b>15.628</b>	<b>4.681.603</b>	
Estland	4,7	0,0	0,07	-	4,8	1	1	13	
Lettland	11,9	2,7	0,05	-	14,7	5	4	6	
Litauen	7,2	0,8	0,07	0,00	8,0	3	2	40	
Malta	0,0	0,0	-	-	0,0	29	21	100	
Polen	52,2	2,4	0,54	0,12	55,2	236	165	638	
Slowakei	4,1	4,4	0,01	0,07	8,5	82	57	60	
Slowenien	5,2	3,6	-	0,00	8,8	125	87	635	
Tschech. Rep.	19,0	2,1	0,13	0,00	21,2	324	227	3.961	
Ungarn	9,9	0,2	0,11	1,06	11,3	47	33	300	
Zypern	0,1	0,0	-	-	0,1	625	438	1.700	
<b>EU-25</b>	<b>797,3</b>	<b>289,1</b>	<b>104,38</b>	<b>13,99</b>	<b>1.204,8</b>	<b>23.803</b>	<b>16.663</b>	<b>4.689.056</b>	
Bulgarien	9,9	4,6	0,04	0,38	14,9	56	39	141	
Rumänien	35,4	18,4	0,01	0,15	53,9	70	49	300	
<b>EU-27</b>	<b>842,6</b>	<b>312,1</b>	<b>104,44</b>	<b>14,53</b>	<b>1286,8<sup>6)</sup></b>	<b>23.929</b>	<b>16.751</b>	<b>4.689.497</b>	

Die EU spielt in Bezug auf die Nutzung erneuerbarer Energien im globalen Kontext eine wichtige Rolle. Besonders erwähnenswert ist der Beitrag der so genannten „neuen“ erneuerbaren Technologien (Solar-, Wind- und Meeresenergie).

Etwa die Hälfte der globalen Photovoltaik-Leistung im Jahr 2007 ist in den EU-Mitgliedstaaten installiert. Des Weiteren entfallen auf Europa gemäß

der Zeitschrift „Photon“ rund 27 % der globalen PV-Zellen-Produktion (davon Deutschland rd. 20 %) [98]. Im Windsektor ist die EU mit rd. 56 GW installierter Leistung im Jahr 2007 und einem globalen Anteil von 60 % weltweit führend.

Die Internationale Energie Agentur schätzt die installierte globale Solar Kollektorfläche für das Jahr 2007 auf 154 GW<sub>th</sub>, der EU-Anteil beträgt dann

mit 16,8 GW<sub>th</sub> rund 11 %. Der Beitrag der Meeresenergie zur Energieversorgung in der EU und auch global ist heute noch vernachlässigbar gering, allerdings wird diesem Sektor ein beträchtliches Potenzial zuerkannt. Für die Technologien der Meeresenergie schätzt die IEA Ocean Energy Systems das globale Potenzial zur Stromerzeugung auf mehr als 80.000 TWh/a [99].

## Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt

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

In dem im März 2005 vorgestellten Grünbuch „Eine europäische Strategie für nachhaltige, wettbewerbsfähige und sichere Energie“ hebt die EU-Kommission den Beitrag hervor, den Wind- und Sonnenenergie, Biomasse, Wasserkraft und Geothermie als heimische Energieträger zu einer sicheren Stromversorgung leisten – gerade angesichts einer EU-weit ständig wachsenden Importabhängigkeit. Mit Verweis auf rund 300.000 Arbeitsplätze in der EU im Bereich der erneuerbaren Energien unterstreicht das Grünbuch die Bedeutung der erneuerbaren Energien für die Wirtschaft und die technologische Führungsrolle Europas in diesem Sektor. Um die genannten Ziele zu erreichen, hat die Kommission mit der am 10. Januar 2007 vorgelegten Road Map und dem am 23. Januar 2008 vorgelegten Paket „Erneuerbare Energiequellen und Klimawandel“ einen entsprechenden Fahrplan für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien in der EU vorgelegt (s. a. Seite 46).

Das EU-Klimapaket wurde im Dezember 2008 vom Europäischen Parlament angenommen.

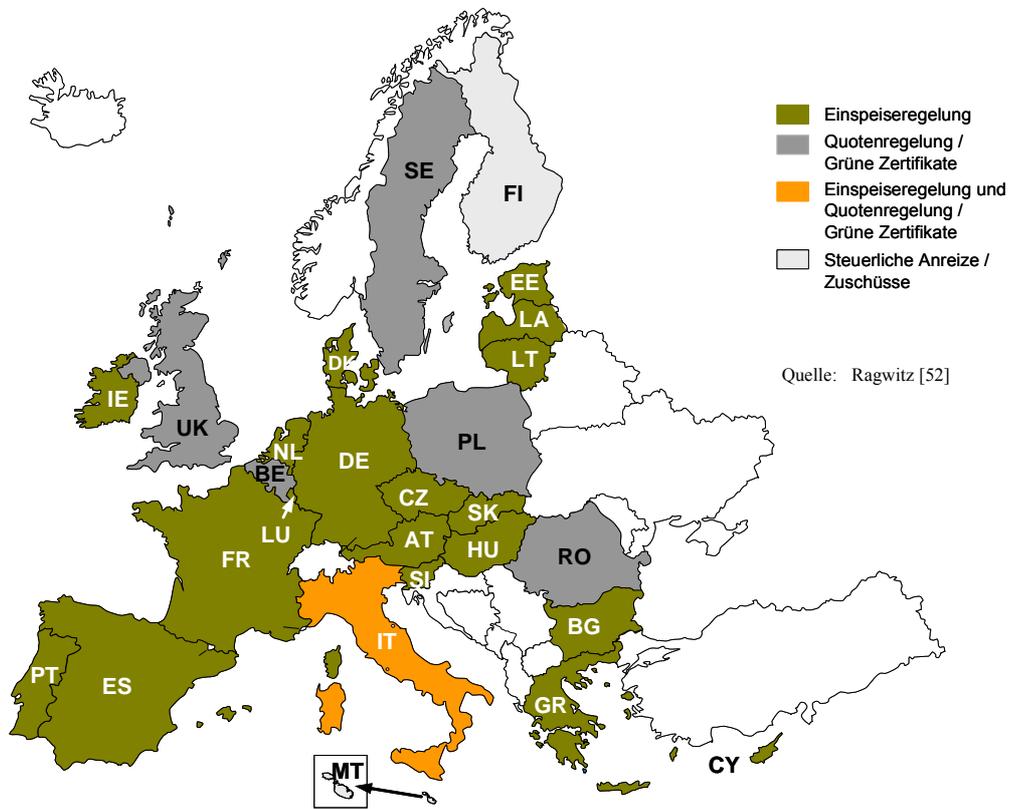
### Anteil der Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch

	EE-Strom 1997 [%]	EE-Strom 2006 [%]	Zielwert 2010 [%]
Belgien	1,0	3,9	6,0
Dänemark	8,8	25,9	29,0
Deutschland	4,3	12,0	12,5
Finnland	25,3	24,0	31,5
Frankreich	15,2	12,4	21,0
Griechenland	8,6	12,1	20,1
Irland	3,8	8,5	13,2
Italien	16,0	14,5	25,0
Luxemburg	2,0	3,4	5,7
Niederlande	3,5	7,9	9,0
Österreich	67,5	56,6	78,1
Portugal	38,3	29,4	39,0
Schweden	49,1	48,2	60,0
Spanien	19,7	17,3	29,4
Verein. Königreich	1,9	4,6	10,0
<b>EU-15</b>	<b>13,8</b>	<b>15,2</b>	<b>22,0</b>
Estland	0,1	1,4	5,1
Lettland	46,7	37,7	49,3
Litauen	2,6	3,6	7,0
Malta	0,0	0,0	5,0
Polen	1,8	2,9	7,5
Slowakei	14,5	16,6	31,0
Slowenien	26,9	24,4	33,6
Tschech. Rep.	3,5	4,9	8,0
Ungarn	0,8	3,7	3,6
Zypern	0,0	0,0	6,0
<b>EU-25</b>	<b>12,8</b>	<b>14,3</b>	<b>21,0</b>
Bulgarien	7,0	11,2	11,0
Rumänien	30,5	31,4	33,0
<b>EU-27</b>	<b>13,1</b>	<b>14,5</b>	<b>21,0</b>

Quelle: Eurostat [34]



# Instrumente zur Förderung der erneuerbaren Energien im EU-Strommarkt



Mit der neuen EU-Richtlinie über erneuerbare Energien wird der Beschluss des Europäischen Rates vom März 2007 umgesetzt werden, den Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch in der EU bis 2020 auf 20 % auszubauen (s. a. Seite 46).

Für Deutschland sieht die Richtlinie für das Jahr 2020 ein verbindliches Ziel des Anteils der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch von 18 % vor. Bis 2020 sollen davon national auf den Strombereich mindestens 30 %, auf den Wärmebereich 14 % und auf den Kraftstoffbereich 12 % entfallen.

Das Beispiel der Windenergie und anderer EE-Sparten zeigt, dass die Ausbauerfolge im Stromsektor in den

einzelnen EU-Staaten sehr unterschiedlich sind. Dies ist vor allem auf die jeweiligen energiepolitischen Rahmenbedingungen und weniger auf die natürlichen Potenziale zurückzuführen. Speziell das deutsche EEG steht, neben der spanischen Gesetzgebung, im internationalen Vergleich der Fördermodelle gut da. So stellt die Europäische Kommission in ihrem Bericht vom Januar 2008 fest, dass gut ausgestaltete Einspeiseregulierungen für Strom aus erneuerbaren Energien, wie im EEG, effektiver und effizienter als andere Instrumente zur Förderung der erneuerbaren Energien sind. Die in einzelnen Ländern bestehenden Quotensysteme mit handelbaren Zertifikaten können dagegen vergleichbare Erfolge bisher nicht vorweisen. Auch sind die Kosten höher als in den Ländern mit

Einspeiseregulierungen. Hier spiegeln sich bei Quotenregelungen insbesondere die höheren Risiken für Anlagenbetreiber und potenziell hohe Mitnahmeeffekte wider. Denn während das EEG eine vorab auf 20 Jahre festgelegte Vergütung gesetzlich garantiert, sind in einer Quotenregelung die Erlöse aus dem Verkauf des Stroms und der Zertifikate höchst unsicher und hängen von einer Vielzahl von schwer abschätzbaren Faktoren ab. Durch das EEG hat Deutschland schon 2007 und damit vor der Frist seinen nationalen Beitrag zur Erreichung des von der Europäischen Union formulierten Ausbauziels für 2010 deutlich übererfüllt.

**Ausgestaltung der Einspeiseregulungen der EU-Mitgliedstaaten**

	Abnahme- verpflichtung	Tarif- Differenzierung	Tarif- Degression	Bonusoption	Gleiche Kosten- verteilung	Prognose Verpflichtung
Bulgarien	X	X	-	-	-	-
Dänemark	X (außer Wind onschore)	X	-	X (nur Wind)	X <sup>1)</sup>	-
Deutschland	X	X	X	-	X <sup>1)</sup>	-
Estland	X (bis zur Höhe der Netz- verluste)	-	-	X (neuer Gesetz- entwurf)	X	X (neuer Gesetz- entwurf)
Frankreich	X	X	Wind	-	X	-
Griechenland	X	X	-	-	X	-
Irland	X	X	-	-	X	-
Italien	X	X	PV	-	X	-
Lettland	X	X	-	-	-	-
Litauen	X	-	-	-	X	-
Luxemburg	X	X	-	-	X	-
Niederlande <sup>2)</sup>	-	X	-	X	<sup>3)</sup>	-
Österreich	X	X	-	-	X <sup>1)</sup>	-
Portugal	X	X	-	-	X	-
Slowakei	X (bis zur Höhe der Netz- verluste)	X	-	-	X	-
Slowenien	X (soweit fixe Vergütung)	X	-	X	X	X
Spanien	X (soweit fixe Vergütung)	X	-	X	X	X
Tschech. Rep.	X (soweit fixe Vergütung)	X	-	X	X	-
Ungarn	X	-	-	-	X	-
Zypern	X	X	-	-	X	-

- 1) Ausnahmen für stromintensive Industrie in Österreich, Dänemark und Deutschland
- 2) In den Niederlanden wurde die Förderung für Anlagen, die nach dem 18. August 2006 beantragt wurden, vorübergehend eingestellt. Im April 2008 wurde sie als Hauptfördermaßnahme mit neuen Vergütungssätzen wieder eingeführt.
- 3) In den Niederlanden trägt jeder Verbraucher unabhängig vom individuellen Stromverbrauch in gleichem Maße die Kosten.

Quelle: BMU [37]

Die obige Tabelle verdeutlicht die unterschiedliche Ausgestaltung der Förderpolitiken der EU-Mitgliedstaaten. Auch die neue EU-Richtlinie zu erneuerbaren Energien wird den Mitgliedstaaten die erforderliche Flexibilität lassen, um die länderspezifischen Potenziale durch effektive nationale Fördersysteme optimal nutzen zu

können. Allen Interessierten bietet das Bundesumweltministerium unter [www.res-legal.de](http://www.res-legal.de) eine kostenlos zugängliche Internet-Datenbank „Rechtquellen für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien“ („RES LEGAL“). Dort können wesentliche juristische Inhalte zur Förderung und zum Netzzugang von Strom aus er-

neuerbaren Energien aus 25 EU-Mitgliedstaaten recherchiert werden. Auch technologiespezifische Regelungen werden explizit aufgeführt.

**Die International Feed-In Cooperation (IFIC)**

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

diese Staaten die Empfehlung der Kommission um, stärker zu kooperieren. Weitere Staaten haben Interesse gezeigt und sind willkommen. Ziele der Kooperation sind die Förderung des Austausches von Erfahrungen mit Einspeisevergütungssystemen, deren Optimierung, die Unterstützung anderer Länder bei der Verbesserung und Entwicklung von Einspeisesystemen und das Einbringen der gewonnenen Erfahrungen in internationale Foren, insbesondere in den Prozess der

politischen Debatten der Europäischen Union.

Insgesamt haben inzwischen weitere 17 EU-Mitgliedstaaten Vorrang- und Vergütungsregelungen, die mit dem deutschen, slowenischen und spanischen System vergleichbar sind (s. a. Grafik Seite 52).

Weitere Informationen zur Kooperation sind im Internet unter [www.feed-in-cooperation.org](http://www.feed-in-cooperation.org) abrufbar.

# Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU

Neue EU-Mitgliedstaaten sind im Jahr ihres Beitritts berücksichtigt, d.h. ab 2004 EU-25 bzw. ab 2007 EU-27.

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

Quellen: Eurostat [32], [34], [36]; IEA [31]; Observ'ER [37], [46]; ZSW [3]

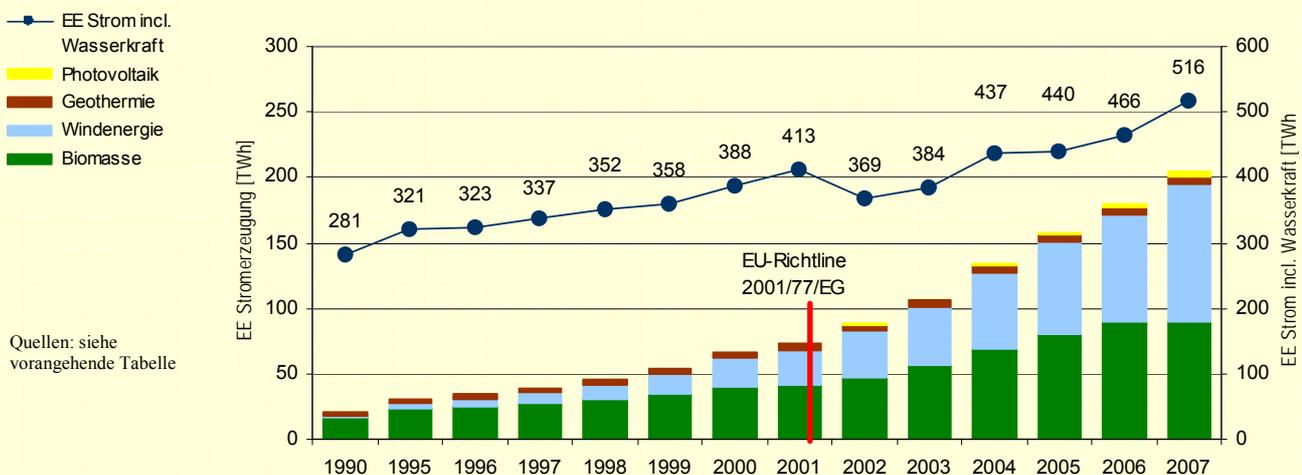
	1990	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005 <sup>1)</sup>	2006 <sup>1)</sup>	2007 <sup>1),2)</sup>
	[TWh]									
Biomasse <sup>3)</sup>	17,0	27,9	39,7	41,1	47,2	56,2	68,8	80,1	89,9	89,9
Wasserkraft <sup>4)</sup>	260,3	297,8	321,5	339,7	280,8	277,4	303,6	282,4	285,8	312,1
Windenergie	0,8	7,3	22,2	27,0	35,6	44,2	58,8	70,5	81,9	104,4
Geothermie	3,2	4,0	4,8	4,6	4,8	5,4	5,5	5,4	5,6	5,8
Photovoltaik	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,5	2,5	4,2
<b>Summe</b>	<b>281,3</b>	<b>337,1</b>	<b>388,3</b>	<b>412,6</b>	<b>368,7</b>	<b>383,7</b>	<b>437,5</b>	<b>439,8</b>	<b>465,7</b>	<b>516,3</b>
<b>Anteil EE am Bruttostromverbrauch [%]</b>	<b>12,9</b>	<b>13,8</b>	<b>14,7</b>	<b>15,2</b>	<b>13,5</b>	<b>13,7</b>	<b>13,7</b>	<b>13,6</b>	<b>14,3</b>	<b>15,8</b>

Seit In-Kraft-Treten der EU-Stromrichtlinie (s. a. Seite 51) hat sich die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU um durchschnittlich 3,8 % p. a. auf geschätzte 516 TWh im Jahr 2007 erhöht. Auf Basis der vorliegenden Daten lässt sich der erneuerbare Beitrag zur gesamten Strombereitstellung für das Jahr 2007 auf 15,8 % abschätzen. Betrachtet man die Entwicklung der erneuerbaren Strombereitstellung ohne Berücksichtigung der Wasserkraft, hat sich der

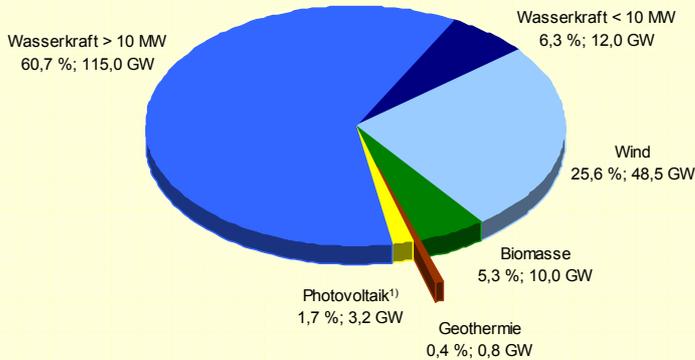
absolute Beitrag der Erneuerbaren in diesem Zeitraum mehr als verdoppelt bzw. im Durchschnitt um knapp 19 % pro Jahr erhöht. Im Jahr 2007 konnte die Stromerzeugung aus Erneuerbaren um geschätzte 50 TWh zulegen. Unterstellt man einen durchschnittlichen Stromverbrauch eines Musterhaushalts von 3.500 kWh/a, so ist das gleichbedeutend mit einer zusätzlichen erneuerbaren Stromversorgung von mehr als 14 Mio. Haushalten in der Europäischen Union.

Der bisherige Anstieg ist vor allem auf die Entwicklung in zwei Sparten der erneuerbaren Energien zurückzuführen: die Windenergie mit einem durchschnittlichen Wachstum im Betrachtungszeitraum von rund 25 % p. a. und die Biomassenutzung zur Stromerzeugung mit rd. 14 % p. a. Erfreulich ist auch die Entwicklung in der Photovoltaik-Branche, die – wenn auch auf Basis eines niedrigen Ausgangsniveaus – ein Durchschnittswachstum von 67 % verzeichnen konnte.

## Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU



Installierte Leistung zur Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU 2006



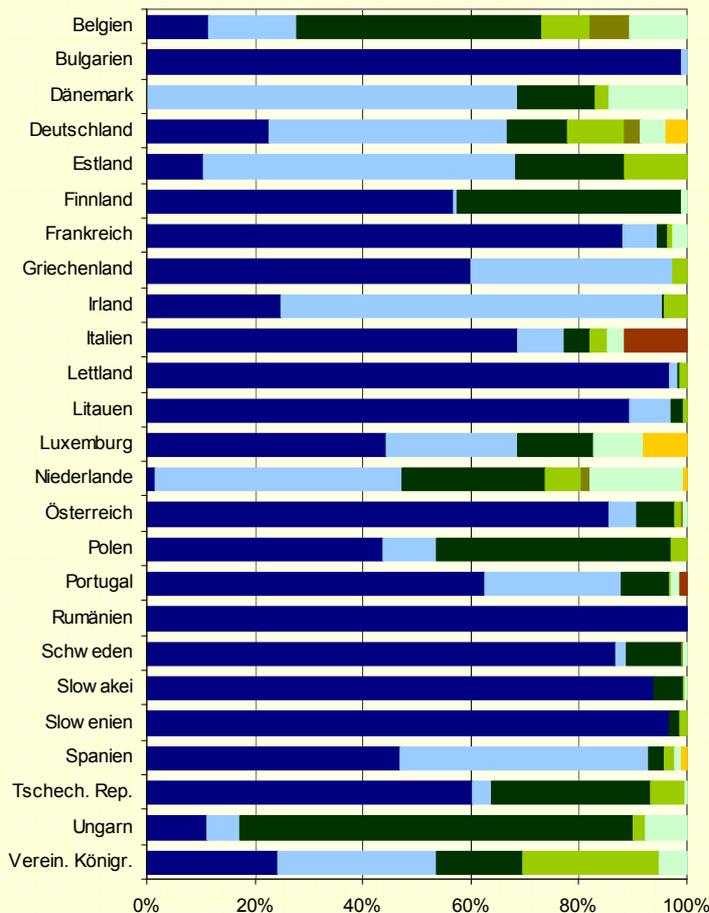
Gesamte installierte Leistung auf Basis von erneuerbaren Energietechnologien: rd. 190 GW (26 % Anteil an der gesamten Stromerzeugungskapazität)

Installierte Leistung zur Stromerzeugung aus Meeresenergie (2006: 0,3 GW) nicht dargestellt.

1) nur netzgekoppelt

Quelle: REN21 [33]

Struktur der Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in den Ländern der EU im Jahr 2007



Die Struktur des erneuerbaren Strommixes variiert stark in den verschiedenen EU-Mitgliedstaaten.

In 8 Ländern dominiert die Stromerzeugung aus Wasserkraft mit einem Anteil von über 85 % (Bulgarien, Frankreich, Lettland, Litauen, Österreich, Rumänien, Slowakei, Slowenien).

In Dänemark und Irland kann die Windstromerzeugung mit 68 % bzw. 70 % beträchtliche Anteile aufweisen und auch in Deutschland, Estland, den Niederlanden und Spanien liegen die Anteile bereits über 40 %.

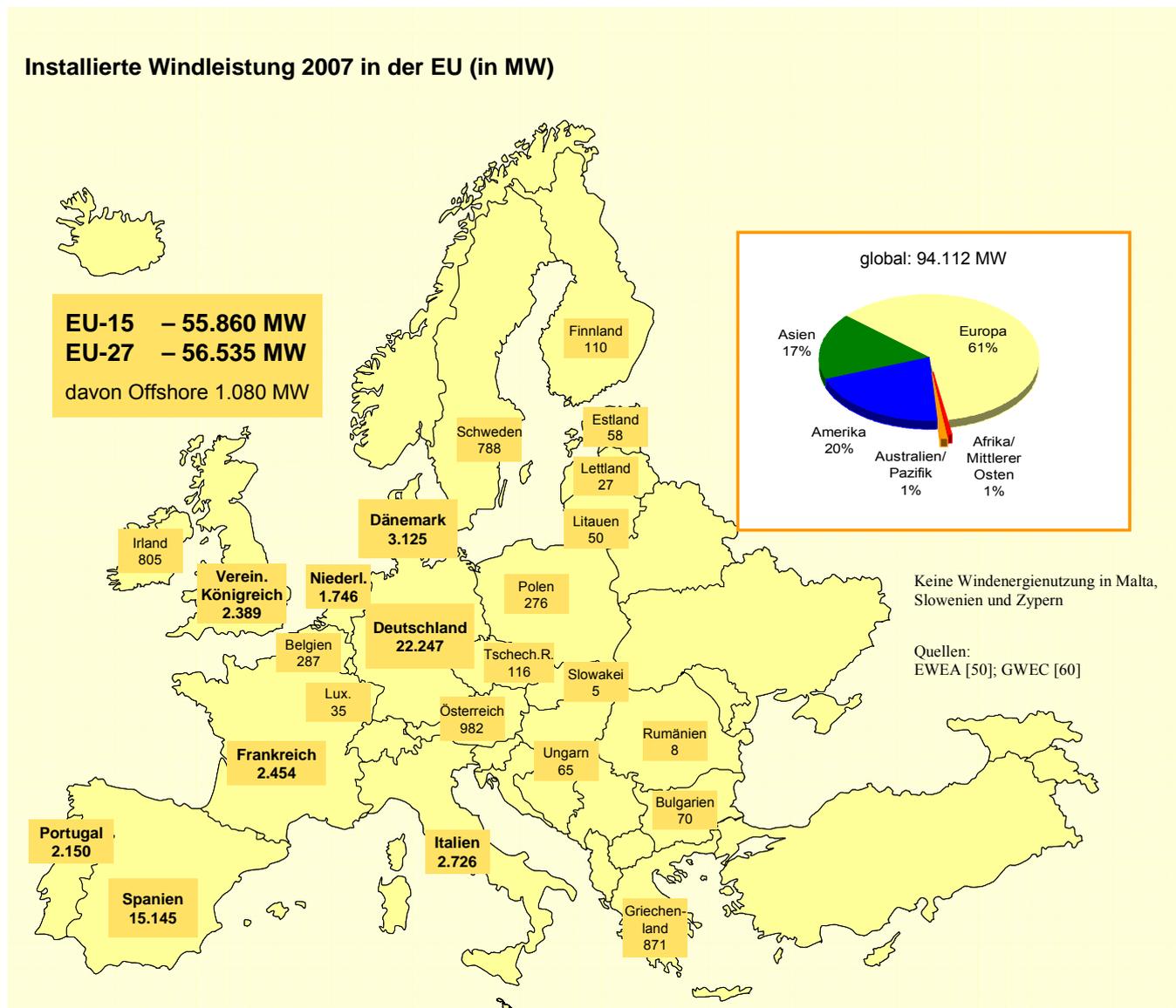
Der Beitrag der biogenen Ressourcen ist vor allem in Ungarn (83 %) und Belgien (72 %) beträchtlich.

Italien ist der Pionier im Bereich der Tiefengeothermie. Bereits im Jahr 1904 wurde die erste geothermische Anlage zur Stromerzeugung (Larderello) errichtet. Heute leistet die Erdwärme mit einem Anteil von 11 % bereits einen bedeutenden Anteil zur erneuerbaren Strombereitstellung des Landes. Mit einem 8 %-igen Anteil ist die Photovoltaik in Luxemburg von Relevanz.

Für Malta liegen den verwendeten Quellen keine Angaben zur Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien vor. Die erneuerbare Stromerzeugung in Zypern ist derzeit noch vernachlässigbar.

Quellen: siehe Tabelle Seite 50

# Windenergienutzung in der EU



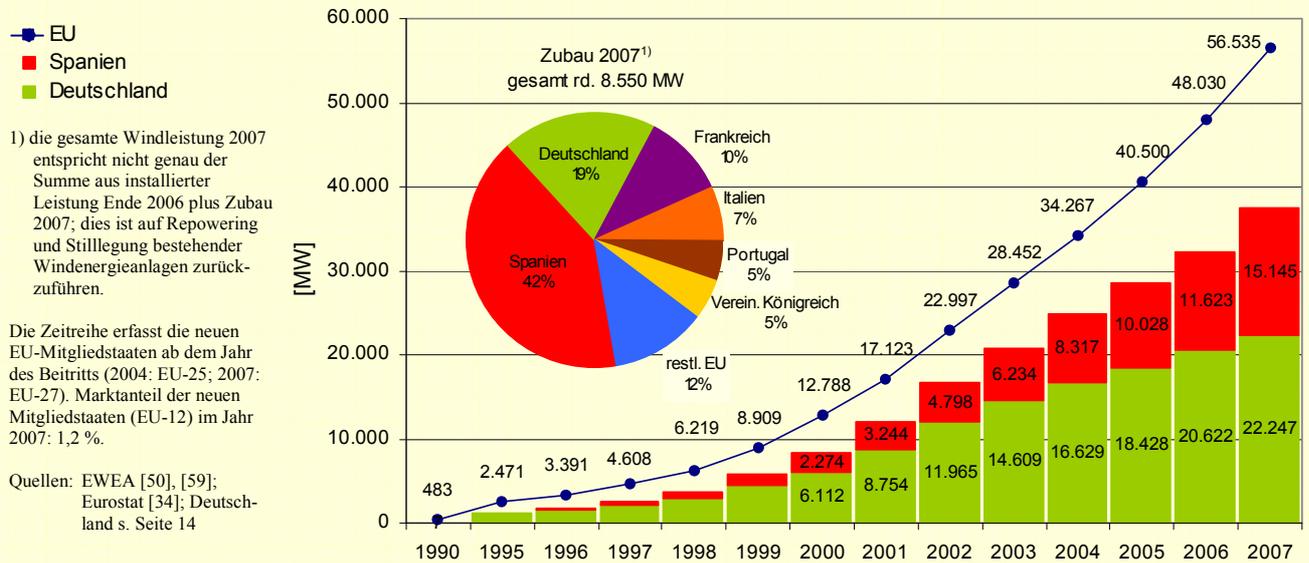
Die Windenergienutzung hat in den vergangenen Jahren in den Ländern der EU einen sehr dynamischen Aufschwung genommen. Mit einer installierten Gesamtleistung von 56.535 MW war die EU global betrachtet auch im Jahr 2007 der führende Windenergiemarkt. Diese Entwicklung ist vor allem auf den Ausbau des Windenergiemarktes in Deutschland und Spanien zurückzuführen. Auf diese beiden Länder entfallen EU-weit etwa zwei Drittel der gesamten installierten Leistung

bzw. rund 40 % der global installierten Leistung, die Ende 2007 bei 94.112 MW lag.

Ende des Jahres 2007 waren in der EU insgesamt knapp 1.100 MW an Offshore-Windleistung installiert. Das entspricht einem Anteil an der gesamten installierten Windleistung von rund 2 %. Die Offshore-Windenergieanlagen liegen in den Küstengewässern von 5 EU-Mitgliedstaaten: Dänemark, Irland, Schweden, den Niederlanden und dem Vereinigten Königreich. In

der deutschen Nordsee wurde im Jahr 2008 mit dem Bau eines Windparks mit 60 MW Leistung als Testfeld für die deutsche Offshore-Windenergienutzung begonnen. Die European Wind Energy Association (EWEA) erwartet bis Ende des Jahres 2010 eine gesamte installierte Offshore-Windleistung von 3-4 GW, für das Jahr 2015 bzw. 2020 wird die installierte Leistung im Offshore-Bereich auf 10-15 GW bzw. 20-40 GW geschätzt [96].

### Entwicklung der Windenergieleistung in den EU-Mitgliedstaaten



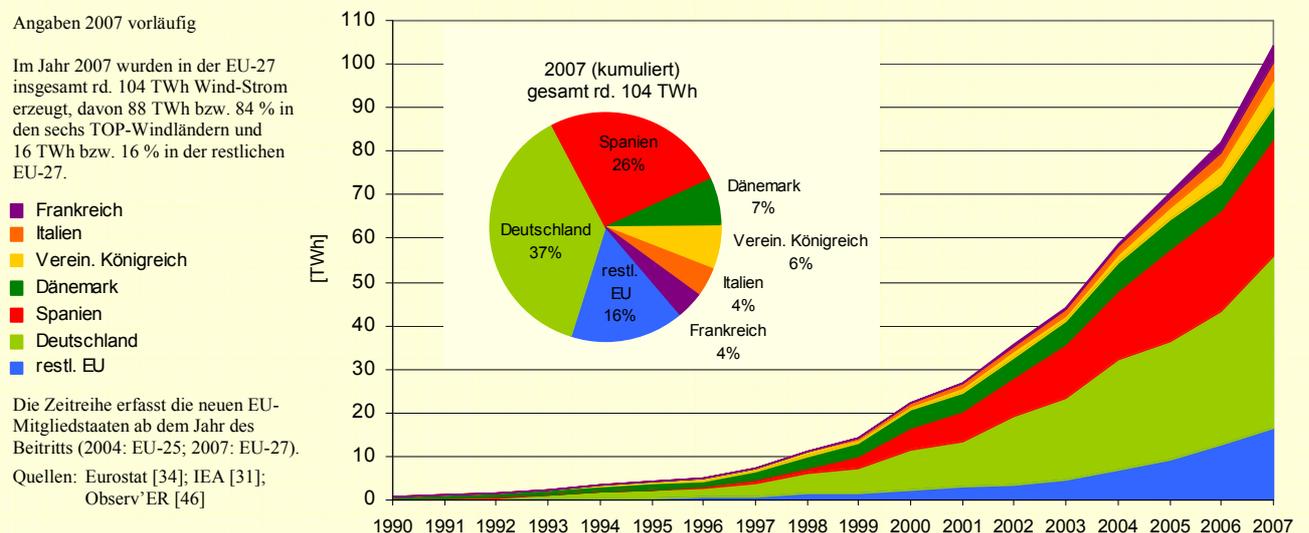
Insgesamt wurden im Jahr 2007 8.554 MW Windleistung in den Ländern der EU zugebaut und damit das positive Ergebnis des Vorjahres (Zubau 2006: 7.611 MW) übertroffen. Ausschlaggebend hierfür ist die Entwicklung des Marktes in Spanien - dort konnte der Zubau mit 3.522 MW im Vergleich zum Vorjahr (2006: 1.587 MW) mehr als verdoppelt werden. Insgesamt waren damit Ende 2007 in Spanien 15.145 MW instal-

liert. Das Ziel von 20 GW installierter Leistung im Jahr 2010, das die Spanische Regierung für die Windenergie festgelegt hat, scheint damit realisierbar zu sein.

Global betrachtet stellt Spanien nach den USA (Zubau: 5.244 MW) und China (Zubau: 3.449 MW) im Jahr 2007 den drittgrößten Markt für Windenergieanlagen. Mit 1.667 MW neu installierter Leistung und einem Markt-

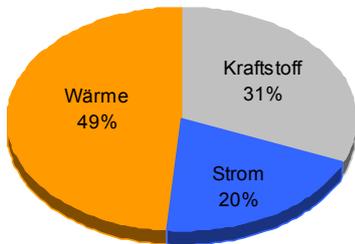
anteil von 19 % liegt Deutschland in der EU im vergangenen Jahr deutlich hinter Spanien (Marktanteil 42 %). Bezogen auf die gesamte installierte Leistung ist Deutschland mit 22.247 MW jedoch weiterhin global führend, vor den USA (16.818 MW), Spanien (15.145 MW), Indien (8.000 MW) und China (6.050 MW).

### Entwicklung der Stromerzeugung aus Windenergie in der EU



# Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU

Struktur der gesamten Endenergiebereitstellung 2006



Rund die Hälfte der gesamten Endenergiebereitstellung der EU-25 im Jahr 2006 ist dem Wärmesektor zuzurechnen. Der Beitrag der erneuerbaren Energien in diesem Segment lag jedoch bei lediglich 9 %. Die Bedeutung der erneuerbaren Energien im Wärmemarkt ist somit deutlich geringer als im Strommarkt (s. vorangehende Seiten).

Die mit Abstand wichtigste erneuerbare Ressource im Wärmesektor ist die Bio-

masse mit einem Anteil von rund 97 %, bzw. 564 TWh, wobei der größte Anteil auf die Wärmeerzeugung mit Holz in privaten Haushalten entfällt. Der Beitrag der anderen beiden Sparten, Solarthermie und Geothermie, ist mit rund 2 % bzw. 1 % noch vergleichsweise unbedeutend.

Betrachtet man die Entwicklung der verschiedenen Optionen der Biomassenutzung im Fünf-Jahres-Zeitraum, so wird ersichtlich, dass die Biomassenutzung für die Wärmeerzeugung mit rund 2 % p.a. die niedrigste Wachstumsrate aufweist (Biomasse-Strom 16 % p.a., Biokraftstoffe 46 % p.a.). Um das 20 %-Ziel der EU zu erreichen, sind auch Maßnahmen notwendig, die das Wachstum der Wärmeerzeugung aus Biomasse deutlich beschleunigen.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Endenergie [TWh]							
Biomasse, davon	507,7	506,3	508,0	527,4	537,6	544,9	563,6
Holz/Holzabfälle	496,5	491,5	490,8	516,9	527,4	533,2	552,2
Biogas	4,6	7,0	8,4	3,8	4,0	4,0	4,1
Kommunale Abfälle	6,6	7,8	8,8	6,7	6,2	7,7	7,3
Solarthermie	4,7	5,4	5,9	6,4	7,1	7,9	9,0
Geothermie	5,2	6,4	6,7	6,7	6,7	6,7	7,3
EE Wärme gesamt	517,7	518,1	520,7	540,5	551,4	559,5	580,0

Quelle: nach Eurostat [32]

## Dynamische Entwicklung im Solarthermie-Markt

Der EU-Solarthermie-Markt hat sich in den letzten Jahren sehr dynamisch entwickelt. Im Durchschnitt konnte der Absatz von 2003 bis 2006 jährlich um 27 % gesteigert werden und lag im Jahr 2006 bei rd. 2.190 MW<sub>th</sub>. Dieser Trend wurde im Jahr 2007 unterbrochen, da das Marktwachstum um 6,9 % rückläufig war. Dies ist im Wesentlichen auf den Markteinbruch in Deutschland zurückzuführen: der Zubau im Jahr 2007 war hier um 33 % geringer als 2006 (vgl. S. 15). Dennoch wurden im Jahr 2007 in der EU weitere 2.040 MW<sub>th</sub> bzw. 2,9 Mio. m<sup>2</sup> Solar Kollektorfläche installiert [35]. Insgesamt waren in der EU-27 Ende 2007 16.750 MW<sub>th</sub> Solarkollektorleistung installiert [35]. Vier EU-Mitgliedstaaten - Deutschland, Österreich, Griechenland und Frankreich - stellen dabei drei Viertel der gesamten Leistung (s. a. Seite 57).

Ein anderes Bild ergibt sich in Bezug auf die Marktdurchdringung. Hier nimmt Zypern mit einer Leistung von 562 kW<sub>th</sub> pro 1.000 Einwohner die Spitzenposition ein. Österreich und Griechenland mit rund 304 kW<sub>th</sub> bzw. 224 kW<sub>th</sub> halten den 2. und 3. Platz. Mit deutlichem Abstand folgt auf dem 4. Platz Deutschland mit rund 81 kW<sub>th</sub> pro 1.000 Einwohner. Der EU-Durchschnitt lag lediglich bei rund 34 kW<sub>th</sub> [35].

Bis heute ist die Warmwasserbereitung der wichtigste Anwendungsbereich der Solarthermie. In den letzten Jahren wurden jedoch zunehmend Kombianlagen errichtet, die neben der Warmwasserbereitstellung auch zur Deckung des Heizenergiebedarfs beitragen. So betrug der Anteil der in Deutschland im Jahr 2007 installierten Kombianlagen bezogen auf die Anzahl der zugebauten

Anlagen mehr als 40 % und leistungsbezogen sogar mehr als 60 %.

Nach einer aktuellen Studie [58] des Solar Heating and Cooling Programmes (SHC) waren Ende 2007 in Europa insgesamt 120 Großanlagen (≥ 500 m<sup>2</sup>; 350 kW<sub>th</sub>) in Betrieb mit einer Leistung von insgesamt 137 MW<sub>th</sub>, unter anderem auch zur solaren Nah-/Fernwärmeversorgung.

Die weltweit größte solare Fernwärmanlage findet sich in Marstal (Dänemark). Mit einer Kollektorfläche von 18.365 m<sup>2</sup> und einer thermischen Leistung von 12,9 MW<sub>th</sub> stellt die Anlage ein Drittel des Wärmebedarfs in Marstal bereit. Die derzeit größte solare Nahwärmanlage Deutschlands entsteht in Crailsheim, mit einer Leistung von 7 MW<sub>th</sub> und 10.000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche [93, 97].

Die weitere Entwicklung der erneuerbaren Energien im Wärmemarkt der EU ist auch davon abhängig, wie neue Anwendungsmöglichkeiten zur Nutzung von Solar- und Erdwärme aber auch im Bereich der Biomassennutzung in den nächsten Jahren erschlossen werden. Um den Ausbau der Erneuerbaren im Wärme-/Kältesektor der EU zu forcieren, sind zudem legislative Maßnahmen erforderlich, wie sie in Form der EU-Richtlinien für den Strom- und Biokraftstoffsektor bereits

bestehen. Im Dezember 2008 hat das Europäische Parlament die neue EU-Richtlinie für erneuerbare Energien angenommen. Im Gegensatz zu den derzeit noch geltenden oben genannten EU-Richtlinien werden hier die erneuerbaren Energien umfassend behandelt. Die geltenden EU-Regelungen zu Strom und Biokraftstoffen werden dann sukzessive bis zum 1. Januar 2012 aufgehoben (s. a. Seite 46).

Gemäß der bereits genannten SHC-Studie waren global im Jahr 2006

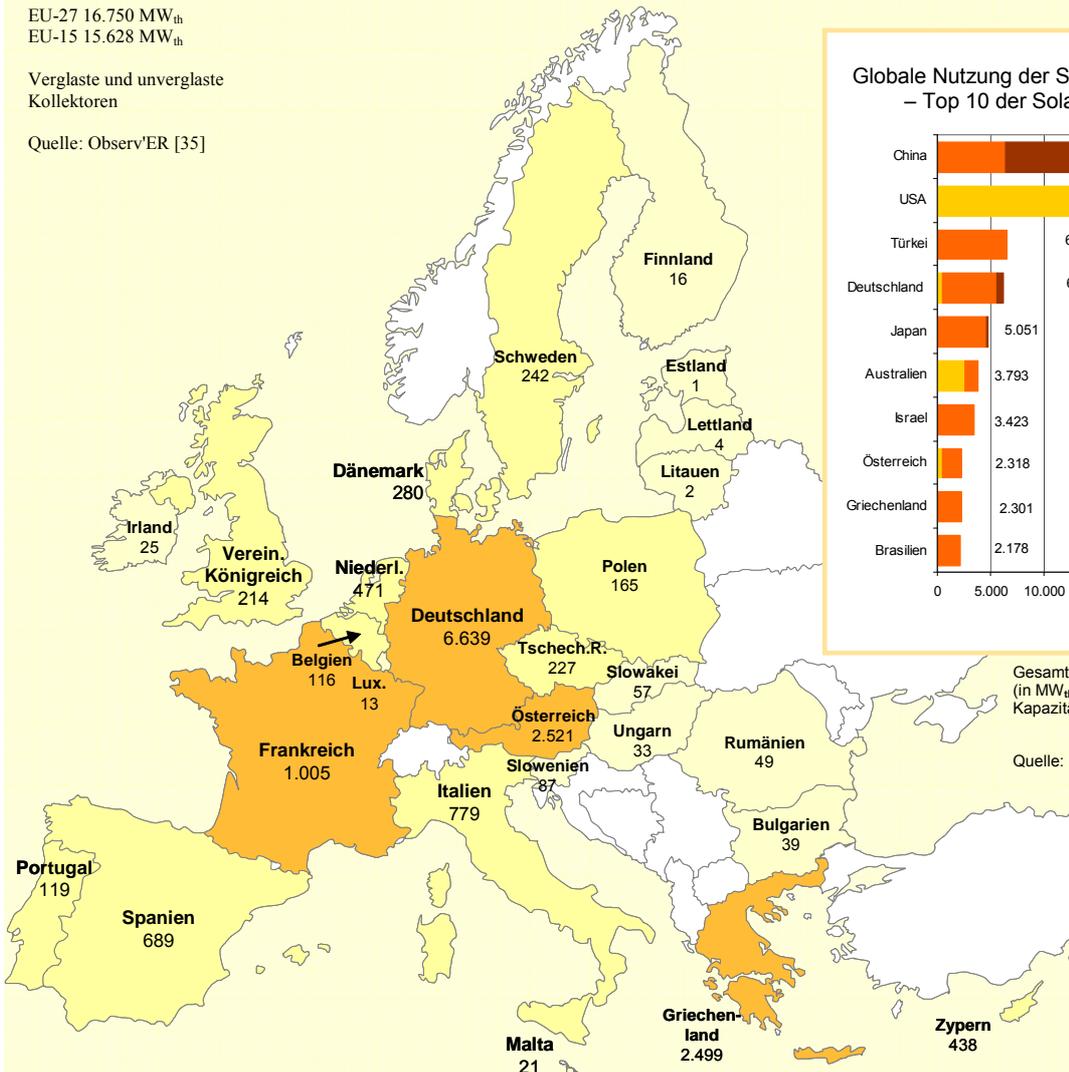
127,8 GW<sub>th</sub> an Solarkollektorleistung installiert (für das Jahr 2007 schätzt SHC die Leistung auf 154 GW<sub>th</sub>). Mit dieser installierten Leistung konnten rund 77 TWh produziert werden und damit etwa 34 Mio. Tonnen des Treibhausgas Kohlendioxid vermieden werden. Global betrachtet waren im Jahr 2006 rund 150.000 Menschen in der Solarthermie-Branche beschäftigt [58].

**Gesamte installierte Solarkollektorleistung in der EU Ende 2007 (in MW<sub>th</sub>)**

EU-27 16.750 MW<sub>th</sub>  
EU-15 15.628 MW<sub>th</sub>

Verglaste und unverglaste Kollektoren

Quelle: Observ'ER [35]



## Teil III: Globale Nutzung erneuerbarer Energien

**Den Energiebedarf der wachsenden Weltbevölkerung nachhaltig abzudecken, ist eine der großen Herausforderungen der Zukunft. Erneuerbare Energien leisten bereits heute einen wichtigen Beitrag - rund 13 % der globalen Energiebereitstellung sind erneuerbaren Ursprungs.**



Die zukünftige Energieversorgung wird auch im globalen Maßstab nur dann die Kriterien der Nachhaltigkeit erfüllen, wenn die erneuerbaren Energien kräftig und kontinuierlich weiter ausgebaut werden. Auch im Hinblick auf die Umsetzung der Ziele des Kyoto-Protokolls ist ihr weiterer Ausbau eine entscheidende Maßnahme, um die Emissionen von klimaschädlichen Treibhausgasen zu begrenzen.

Weiterhin sind erneuerbare Energien auch eine Chance für die Entwicklungsländer, denn Zugang zu Energie ist ein Schlüsselfaktor, um die Armut zu bekämpfen. Ein Großteil der Bevölkerung dieser Länder bewohnt den ländlichen Raum. Durch fehlende Übertragungsnetze ist hier eine konventionelle Energieversorgung nicht möglich. Aufgrund des dezentralen Charakters können die Erneuerbaren die Basisversorgung liefern, z.B.

in Form von netzfernen Photovoltaikanlagen für den häuslichen Bedarf. In mehr als 2,5 Mio. Haushalten in den Entwicklungsländern wird heute Strom mittels einer Photovoltaikanlage erzeugt [33]. Erneuerbare Energien ermöglichen so mehr Menschen einen Zugang zu modernen Energieformen - insbesondere Elektrizität - und damit verbesserte Lebensbedingungen und wirtschaftliche Entwicklungschancen.



Der hohe Stellenwert der erneuerbaren Energien für eine nachhaltige Entwicklung ist allgemein anerkannt. Auf nationaler Ebene werden heute verschiedene Instrumente zur Förderung der Entwicklung der erneuerbaren Energien eingesetzt (s. a. Seiten 35-37 und 52-53). Betrachtet man die absoluten Zahlen, so ist die globale Bereitstellung erneuerbarer Primärenergie in 2006 um 3,3 % auf rund 62.500 PJ angewachsen (2005: rd. 60.500 PJ). Durchschnittlich konnten die Erneuerbaren seit 1990 jährlich um 1,8 % zulegen. Dennoch liegt der Anteil der erneuerbaren Energiebereitstellung am globalen Primärenergieverbrauch bereits seit den achtziger Jahren in der Regel immer knapp unter der 13 %-Marke (2006: 12,7 %). Das bedeutet: der Anstieg des gesamten Primärenergieverbrauchs konnte durch den

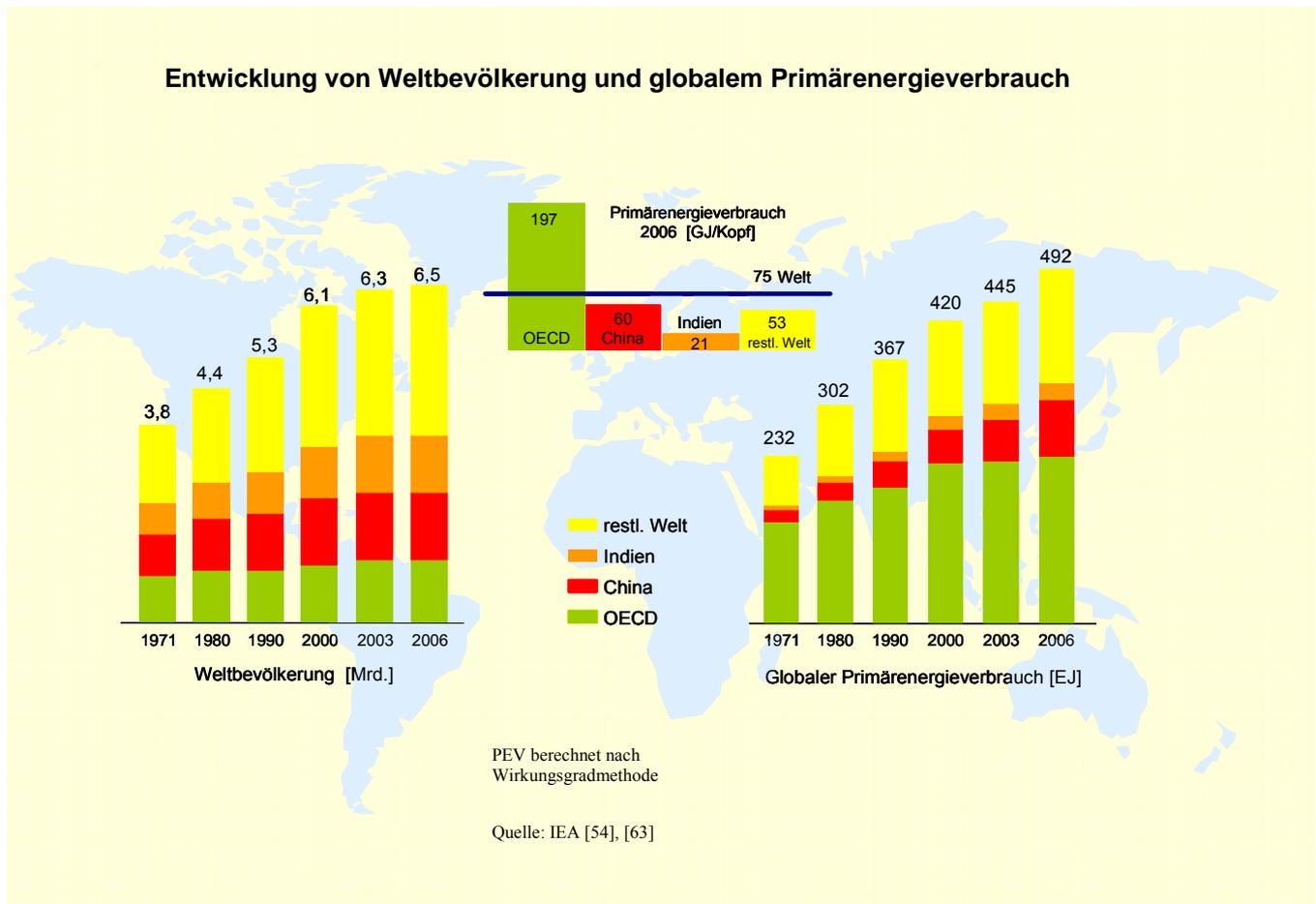
Zuwachs der erneuerbaren Energiebereitstellung gerade kompensiert werden.

Knapp ein Fünftel der Weltbevölkerung (OECD) verbraucht nach wie vor rund die Hälfte der globalen Primärenergie. Dies wird auch durch den hohen Pro-Kopf-Verbrauch deutlich, der in den Industrieländern (OECD) mit rund 200 GJ bald dreimal höher als der Weltdurchschnitt (75 GJ) ist. In China und Indien, den bevölkerungsstärksten Ländern liegt der Energiebedarf pro Kopf sogar lediglich bei 60 bzw. 21 GJ. Doch der Energiebedarf der Entwicklungs- und Schwellenländer wächst.

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass zur Bewältigung der Herausforderungen für die globale Energie-

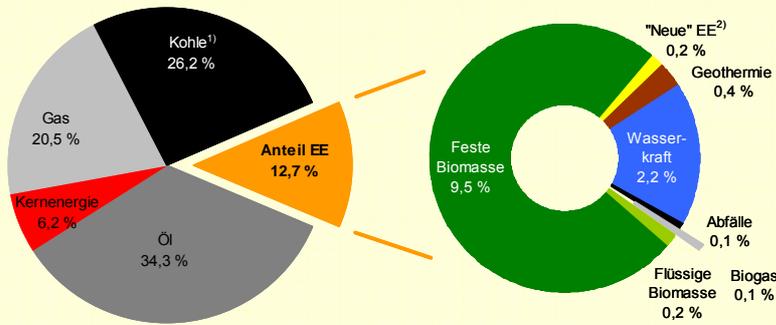
versorgung und insbesondere den Klimaschutz neben der effizienteren Nutzung von Energie vor allem die Entwicklungsdynamik der erneuerbaren Energien erhöht werden muss. Dies gilt vor allem für die Wind-, Solar- und Meeresenergie (die so genannten „neuen“ Erneuerbaren), aber auch für die Geothermie und moderne Verfahren der Biomassennutzung. Die bislang dominierenden klassischen Nutzungsformen – Wärmebereitstellung aus Brennholz und Holzkohle (traditionelle Biomassennutzung) sowie Stromerzeugung aus Wasserkraft – stoßen zunehmend an ihre Grenzen und stellen zuweilen keine nachhaltige Nutzung der erneuerbaren Energien dar (vgl. auch Seite 64).

### Entwicklung von Weltbevölkerung und globalem Primärenergieverbrauch



# Globale Primärenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien

Struktur des globalen Primärenergieverbrauchs im Jahr 2006



Primärenergieverbrauch 2006  
gesamt 491.600 PJ

- 1) inkl. nichterneuerbarem Anteil des Abfalls (0,2 %)
- 2) neue EE = Wind-, Solar- und Meeresenergie

Quelle: IEA [31]

Der globale Primärenergieverbrauch hat sich seit 1971 beinahe verdoppelt und betrug im Jahr 2006 rund 479.100 PJ. Allein im Jahr 2006 stieg der globale Bedarf an Energie um etwa 2,5 % bzw. in absoluten Zahlen um rund 12.000 PJ (zum Vergleich: der gesamte Primärenergieverbrauch in Deutschland betrug im Jahr 2007 rund 13.900 PJ). Die erneuerbaren Energien konnten bereits 12,7 % zur Energiebereitstellung beitragen.

Differenziert man den Anteil nach den verschiedenen Nutzungsformen, so wird ersichtlich, dass aufgrund der weitverbreiteten traditionellen Nutzung die feste Biomasse mit 9,5 % den

größten Anteil am globalen Primärenergieverbrauch ausmacht. An zweiter und dritter Stelle folgen die Wasserkraft mit einem Anteil von 2,2 % und die Geothermie mit einem Anteil von 0,4 %. Dies entspricht innerhalb der erneuerbaren Primärenergiebereitstellung einem Anteil der Biomasse von 78 % (davon 74,7 % feste Biomasse) bzw. der Wasserkraft von 17,5 % und der Erdwärme von 3,2 %. Von besonderem Interesse ist die Entwicklung im Bereich der „neuen“ erneuerbaren Technologien (Wind-, Solar- und Meeresenergie) sowie der modernen Verfahren der Biomassennutzung. Insgesamt konnte mit diesen Nutzungsformen im Jahres-

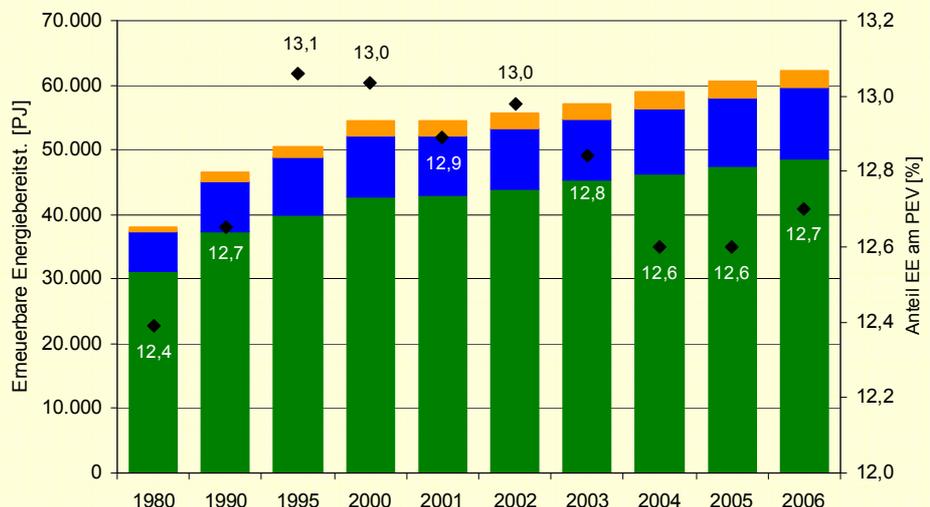
zeitraum ein Zuwachs von rund 16 % verzeichnet werden. Der Beitrag zur globalen Energieversorgung ist aber mit 0,6 % noch marginal.

Entsprechend internationaler Vereinbarungen wird Elektrizität aus Kernenergie primärenergetisch mit einer durchschnittlichen Umwandlungseffizienz von 33 % bewertet. Bei Elektrizität aus Wasserkraft werden hingegen 100 % angesetzt. Nach dieser Berechnungsmethode (so genannte Wirkungsgradmethode) ergibt sich für den Anteil der Kernenergie am Primärenergieverbrauch rd. 6,2 % und für den Anteil der Wasserkraft am PEV rd. 2,2 %, während der Beitrag der Wasserkraft zur Stromerzeugung mit 16 % höher ist als der Kernenergieanteil (14,8 %); siehe Seite 65 und Anhang Abs. 4. Der PEV-Anteil liefert daher bei der Stromgewinnung ein verzerrtes Bild.

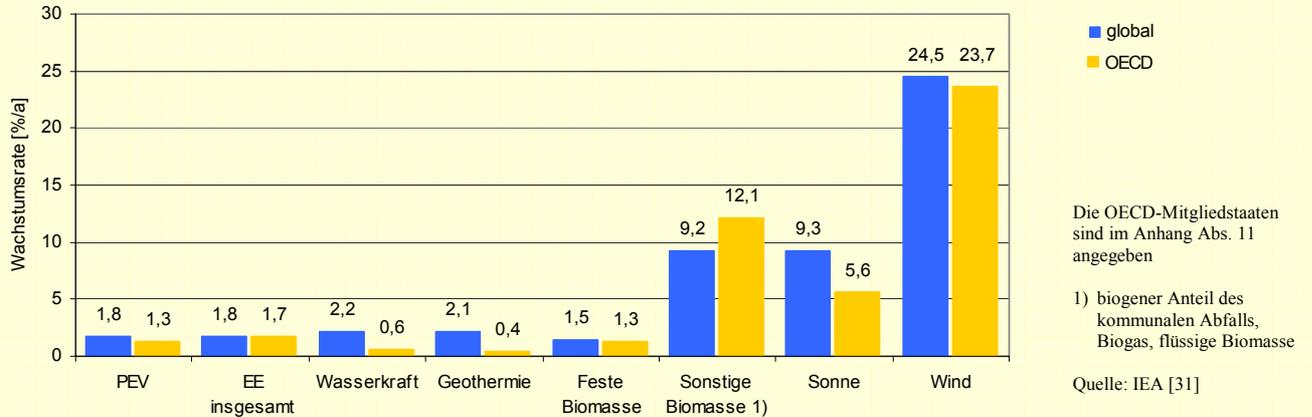
## Entwicklung der globalen erneuerbaren Primärenergiebereitstellung und des Anteils erneuerbarer Energien



1) nur erneuerbarer Anteil des Abfalls berücksichtigt  
Zur Berechnung des Anteils erneuerbarer Energien siehe auch Anhang Abs. 10.  
Quellen: IEA [31], [54]



**Mittlere Wachstumsraten des Primärenergieverbrauchs und der erneuerbaren Energien im Zeitraum 1990 bis 2006**

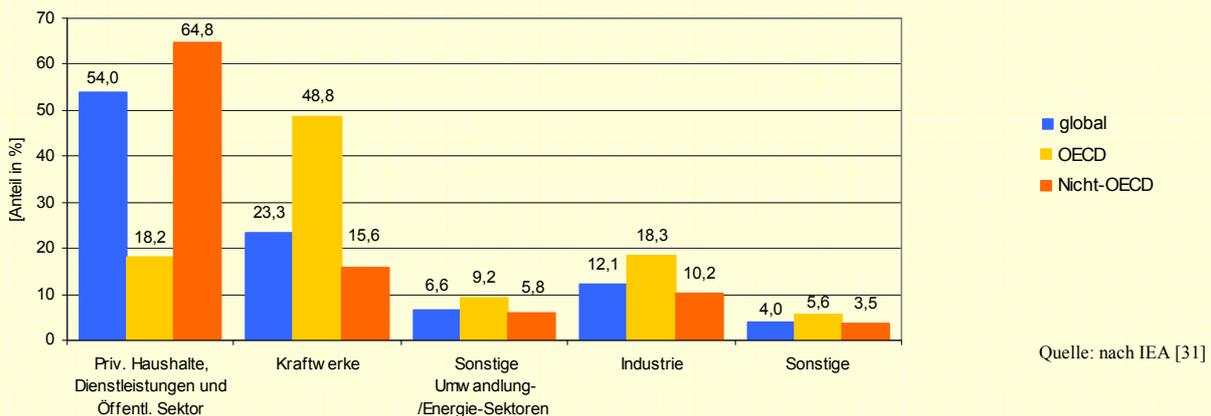


Vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele des Kyoto-Protokolls ist die Entwicklung der erneuerbaren Energien seit dem Jahr 1990 von besonderem Interesse. Bisher ist es jedoch nicht gelungen, ihren Stellenwert in der Energieversorgung deutlich zu erhöhen. Global stieg die Energiebereitstellung bis zum Jahr 2006 um durchschnittlich 1,8 % p.a. und konnte damit lediglich das Wachstum des

gesamten Primärenergieverbrauchs kompensieren. In den Industrieländern (OECD) kann seit dem Jahr 2005 eine Trendänderung beobachtet werden, da das Wachstum der erneuerbaren Energiebereitstellung mit 1,5 % p.a. im 5-Jahres-Zeitraum erstmals über dem Wachstum des gesamten Primärenergieverbrauchs (2005: 1,4 % p.a.) lag. Im Jahr 2006 konnten die Erneuer-

baren bereits ein Wachstum von 1,7 % p.a. verzeichnen, während die Wachstumsrate des gesamten Primärenergieverbrauchs der OECD von 1,4 % p.a. im Jahr 2005 auf 1,3 % p.a. im Jahr 2006 leicht rückläufig war. Der prozentuale Anteil der erneuerbaren Energien lag mit 6,2 % nur 0,4 % über dem Anteil des Jahres 1990. Für das Jahr 2007 schätzt die Internationale Energieagentur den Anteil auf 6,4 %.

**Anteile erneuerbarer Energien am Energiebedarf in den verschiedenen Sektoren im Jahr 2006**



Global werden heute 54 % der erneuerbaren Energien zur Wärmebereitstellung in privaten Haushalten sowie im öffentlichen Sektor und im Dienstleistungssektor genutzt. Im Wesentlichen handelt es sich hierbei um Holz und Holzkohle. Den zweiten wichtigen

Anwendungsbereich stellt die Stromerzeugung dar. Allerdings bestehen erhebliche regionale Unterschiede: Während in den Industrieländern (OECD) die Hälfte der erneuerbaren Energien der Stromerzeugung dient,

sind es in den Nicht-OECD-Ländern nur 15,6 %. Entsprechend groß ist hier mit knapp 65 % der Anteil zur dezentralen Wärmebereitstellung, der in den OECD-Ländern nur rund 18 % beträgt.

# Regionale Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2006 - Global

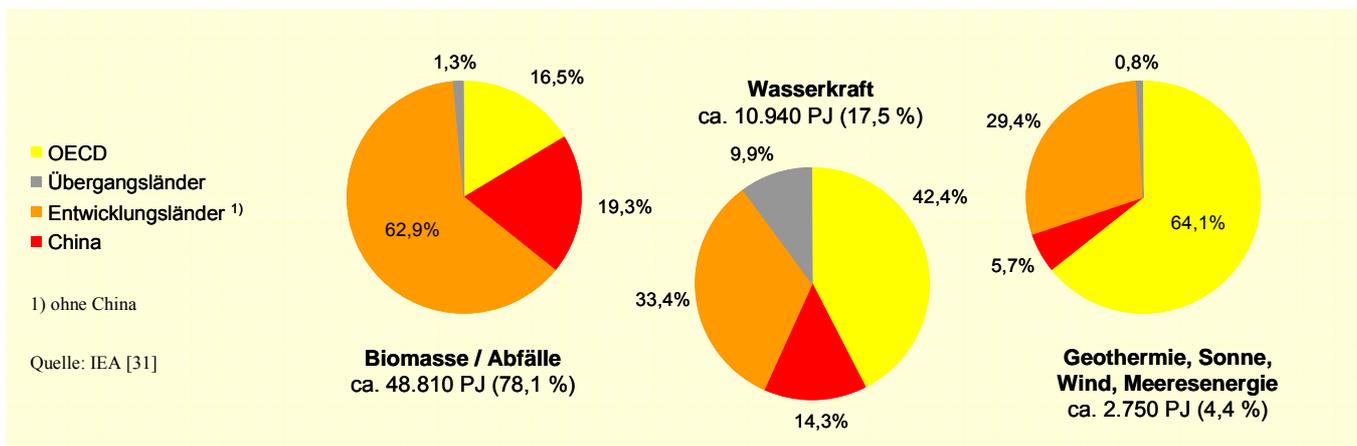
	PEV	davon EE	Anteil EE am PEV	Anteil der wichtigsten EE am Gesamtanteil EE [%]		
	[PJ]	[PJ]	[%]	Wasser	Biomasse / Abfälle <sup>1)</sup>	Sonstige <sup>2)</sup>
Afrika	25.749	12.619	49,0	2,7	97,0	0,3
Lateinamerika <sup>3)</sup>	22.216	6.699	30,2	35,1	63,4	1,5
Asien <sup>3)</sup>	55.740	15.667	28,1	5,5	90,3	4,2
China	79.388	11.171	14,1	14,0	84,5	1,4
Mittlerer Osten	21.877	167	0,8	50,1	29,4	20,5
Übergangsländer	47.124	1.721	3,7	62,8	35,9	1,3
OECD	231.845	14.449	6,2	32,1	55,7	12,2
<b>Global<sup>4)</sup></b>	<b>491.601</b>	<b>62.498</b>	<b>12,7</b>	<b>17,5</b>	<b>78,1</b>	<b>4,4</b>

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

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

PEV berechnet nach der Wirkungsgradmethode, siehe Anhang Abs. 9

Quelle: IEA [31]



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

Quelle: nach IEA [23]

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

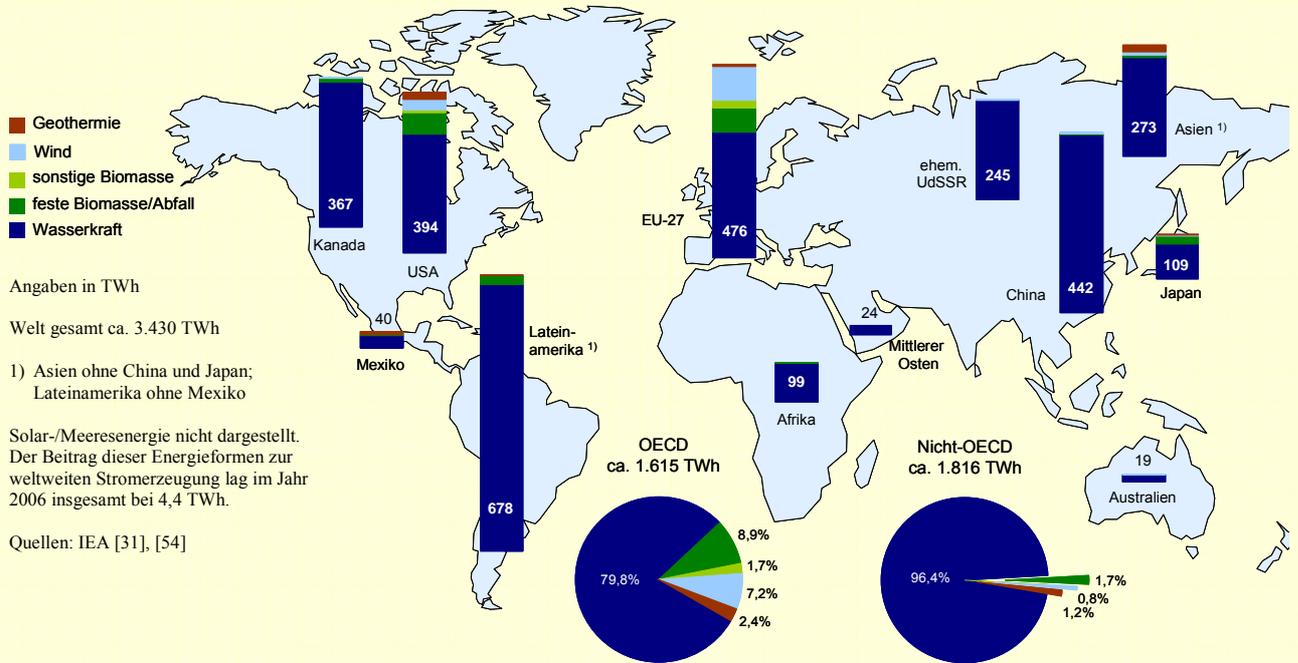
Die Nutzung der Wasserkraft durch große Staudämme stellt zuweilen

ebenfalls eine nicht nachhaltige Nutzung der erneuerbaren Energien dar, da sie z. T. mit gravierenden sozialen und ökologischen Folgen einhergeht.

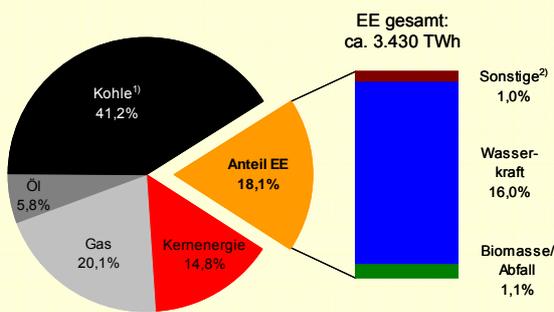


# Globale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in verschiedenen Regionen im Jahr 2006



Anteile erneuerbarer Energien an der globalen Stromerzeugung im Jahr 2006



1) enthält nicht-erneuerbaren Anteil des Abfalls (0,2%)  
 2) Geothermie, Sonne, Wind, Meeresenergie

Quellen: IEA [31], [54]

Die globale Stromerzeugung aus Wasserkraft ist mit einem 16 %-Anteil höher als die der Kernenergie (14,8 %). Betrachtet man die Anteile am PEV so wird dieses Verhältnis umgekehrt, Kernenergie stellt mit 6,2 % einen deutlich größeren Anteil am PEV als die Wasserkraft mit 2,2 %. Ursächlich für diese Verzerrung ist, dass entsprechend internationaler Vereinbarungen Elektrizität aus Kernenergie primärenergetisch mit einer durchschnittlichen Umwandlungseffizienz von 33 % bewertet wird, während bei der Stromerzeugung aus Wasserkraft nach der so genannten Wirkungsgradmethode ein Wirkungsgrad von 100 % angesetzt wird; siehe Seite 62 und Anhang Abs. 4.

Knapp ein Fünftel der globalen Stromerzeugung konnte im Jahr 2006 durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden. Mit 19,5 % im Jahr 1990 und 18,1 % im Jahr 2006 konnte der erneuerbare globale Stromanteil jedoch im Zeitablauf die 20 %-Grenze nicht überwinden und war sogar rückläufig. Die weitere Entwicklung des Anteils

wird durch die unterschiedlichen Rahmenbedingungen in den Industrieländern der OECD sowie den nicht der OECD zugehörigen Ländern (Nicht-OECD) beeinflusst.

Das relativ geringe Wachstum der Wasserkraft in der OECD ist die wesentliche Ursache für den Rückgang

des globalen Anteils. Die Wasserkraft leistet mit rund 80 % den größten Beitrag innerhalb der erneuerbaren Stromerzeugung. Allerdings sind die Wasserkraftpotenziale in den meisten Industrieländern bereits ausgeschöpft. Der für die Erhöhung des globalen Anteils notwendige Wachstumsschub kann in diesen Ländern nur durch einen verstärkten Ausbau anderer erneuerbarer Technologien realisiert werden.

Betrachtet man die Länder der Nicht-OECD, die mehr als die Hälfte (rd. 53 %) der globalen erneuerbaren Stromerzeugung bereitstellen, so ist zu erwarten, dass aufgrund des im Vergleich zu den Industrieländern höheren Bevölkerungswachstums sowie steigender Einkommen zukünftig das Wachstum des gesamten Strombedarfs höher ist als in der OECD, mit der Konsequenz, dass im Hinblick auf den globalen Anteil auch das Wachstum der Erneuerbaren zumindest Schritt halten muss.

## Initiative zur Gründung einer Internationalen Erneuerbaren Energie Agentur (IRENA)

**INITIATIVE FOR AN**  
INTERNATIONAL  
RENEWABLE  
ENERGY AGENCY **IRENA**

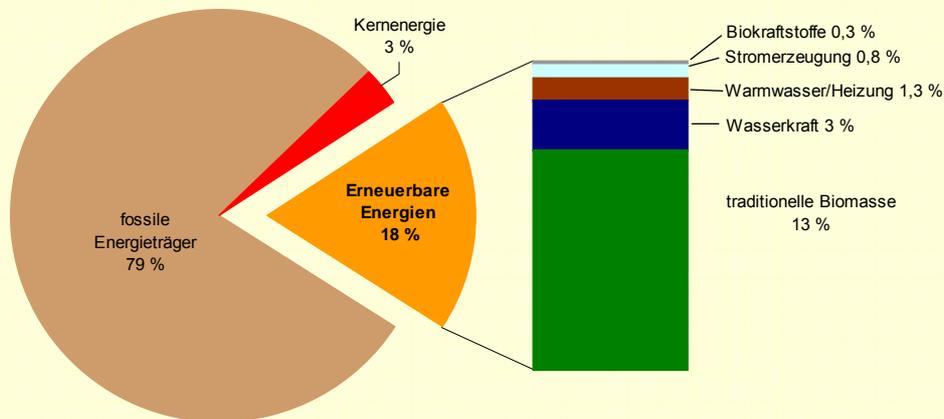
Die Initiative der Bundesregierung und anderer Staaten zur Gründung einer Internationalen Agentur für Erneuerbare Energien (IRENA) hat wesentliche Fortschritte gemacht. Nach einer abschließenden Vorbereitungskonferenz am 23./24. Oktober 2008 in

Madrid wird am 26. Januar 2009 in Bonn die Gründungskonferenz ausgerichtet werden.

Als internationale Regierungsorganisation, die im Auftrag ihrer Mitgliedsstaaten arbeiten wird, fördert IRENA im globalen Energiesektor den Wandel zu einer nachhaltigen Wirtschaft, die sich weitgehend auf erneuerbare Energien stützt. Das übergeordnete Ziel von IRENA ist es, die Einführung sowie nachhaltige Nutzung von regenerativen Energien weltweit zu beschleunigen.

Insbesondere will sie den Beitrag steigern, den erneuerbare Energien zum Umwelt- und Klimaschutz, zum Wirtschaftswachstum und zur Lösung sozialer Fragen leisten, einschließlich der Bekämpfung der Armut, der Sicherung der Energieversorgung der Regionalentwicklung und der generationsübergreifenden Gerechtigkeit ([www.irena.org](http://www.irena.org)).

Anteil erneuerbarer Energien am globalen Endenergieverbrauch, 2006



Quelle: REN21 [33]

## Internationale Konferenz für erneuerbare Energien – Renewables 2004 – und der Folgeprozess



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

Ein weiteres Konferenzergebnis, das inzwischen umgesetzt wurde, ist die Gründung eines globalen Politiknetzwerkes (Renewable Energy Policy Network – REN21).

Im REN21-Netzwerk arbeiten Regierungen, internationale Organisationen und Vertreter der Zivilgesellschaft für die weltweite Förderung der erneuerbaren Energien zusammen. REN21 veröffentlicht jährlich einen Globalen Statusbericht. Dieser gibt einen umfassenden Überblick über die etablierten Förderpolitiken, die Märkte sowie die Investitionen und die damit verbundenen Arbeitsplätze (im Internet

unter [www.ren21.net](http://www.ren21.net)). Zudem unterstützt REN21 den Bericht „Global Trends in Sustainable Energy Investments“ (im Internet unter [www.sefi.unep.org](http://www.sefi.unep.org)). Darüber hinaus verfolgt das REN21-Netzwerk die Umsetzung des IAP. Es unterstützte wichtige Veranstaltungen wie die Brüsseler renewables Conference 2007, die Europäische Nachbarschaftskonferenz vom 19. April 2007 oder den Gleneagles Dialog im Rahmen der G8. REN21 unterstützte zudem die Umsetzung der Bonner Beschlüsse bei den Vereinten Nationen, insbesondere bei der 14. und 15. Sitzung der VN-Kommission für nachhaltige Entwicklung.

Im Anschluss an die Bonner renewables Konferenz hat sich ein fester Prozess von Folgekonferenzen etabliert.

Vom 7. bis 8. November 2005 führte die chinesische Regierung die erste Nachfolgekonferenz Beijing International Renewable Energy Conference (BIREC 2005) mit Unterstützung der deutschen Bundesregierung durch. Die Konferenz war mit 1.300 Teilnehmern aus 100 Ländern, darunter 30 Regierungsvertreter auf Ministerienebene, sehr erfolgreich. Sie machte deutlich, dass erneuerbare Energien nicht exklusiv in Industrieländern Anwendung finden.

Vom 4. bis 6. März 2008 fand auf Einladung der US-Regierung die zweite Nachfolgekonferenz, die Washington International Renewable Energy Conference (WIREC), statt. Wesentliches Ergebnis der Konferenz ist ein Aktionsprogramm, das aus über 90 Verpflichtungserklärungen von Regierungen, Unternehmen und Zivilgesellschaften besteht. Diese Verpflichtungserklärungen sind über die Konferenzwebsite [www.wirec2008.gov](http://www.wirec2008.gov) abrufbar.

Die dritte Nachfolgekonferenz wird voraussichtlich Anfang 2010 von der indischen Regierung durchgeführt werden.

Auch eine Reihe von regionalen Aktivitäten sowie die Zusammenarbeit mit wichtigen Entwicklungs- und Schwellenländern werden weiter verfolgt. So unterstützt die Bundesregierung die Förderung der erneuerbaren Energien in den arabischen Ländern u. a. über die arabische Initiative der Middle East and North Africa Renewable Energy Conferences (MENAREC), 2004 in Sana'a (Jemen), 2005 in Amman (Jordanien), 2006 in Kairo (Ägypten) und 2007 in Damaskus (Syrien). Die fünfte Konferenz wird 2009 in Marokko stattfinden. Im Rahmen des deutsch-indischen Energieforums und des deutsch-brasilianischen Energieabkommens wird ebenfalls der Ausbau der erneuerbaren Energien gefördert.

Auf Initiative des BMU wurde das Implementing Agreement Renewable Energy Technology Deployment (RETd) gegründet. Es handelt sich dabei um ein technologieübergreifendes Abkommen, das im Rahmen der Internationalen Energieagentur (IEA) die Markteinführung von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien durch international koordinierte Aktivitäten beschleunigen soll. Nach dem offiziellen In-Kraft-Treten des Abkommens im September 2005 werden die Aktivitäten des RETd laufend weiter ausgebaut. Mittlerweile sind 10 Staaten offiziell beteiligt (neben Deutschland sind dies Frankreich, Japan, Italien, Großbritannien, Dänemark, Niederlande, Kanada, Irland und Norwegen). RETd publiziert aktuelle Informationen zu erneuerbaren Energien und führt Expertentagungen durch, zuletzt im Oktober 2008 in Kopenhagen. Weitere Informationen unter [www.iea-retd.org](http://www.iea-retd.org).

# Anhang: Methodische Hinweise

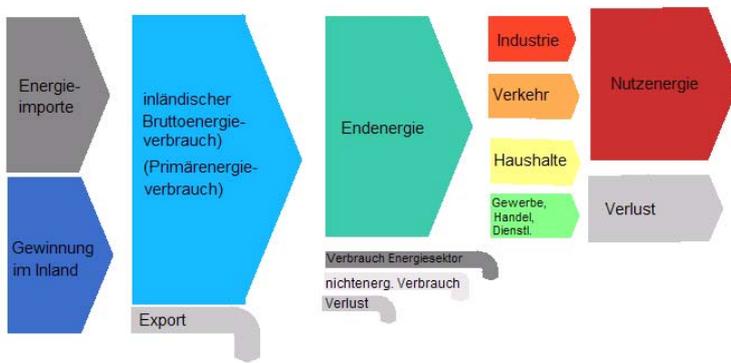
Die hier veröffentlichten Angaben geben teilweise nur vorläufige Ergebnisse wieder. Dies gilt auch für einzelne Zeitreihen, die derzeit durch die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik (AGEE-Stat) geprüft werden (s. a. [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)). Bis zur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

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

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

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

## Schematische Darstellung des Energieflusses



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

Ein Energieflussbild für das Jahr 2006 für Deutschland finden Sie auf den Internetseiten der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) unter [www.ag-energiebilanzen.de](http://www.ag-energiebilanzen.de).

Quelle: nach Erdmann [61]

### 1. Berechnung der Einsparungsfaktoren und der vermiedenen Emissionen für die Stromerzeugung

Die Angaben zur Emissionsvermeidung beruhen auf dem „Gutachten zur CO<sub>2</sub>-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien“ des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung aus dem Jahr 2004 [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 auf Grund ihrer Lagerfähigkeit flexibel eingesetzt werden können, substituieren überwiegend Steinkohle, in geringerem Maße Braunkohle und

Erdgas. Die Stromerzeugung mit Photovoltaik, die mit ihrem Erzeugungsprofil der Stromnachfrage folgt, substituiert zu einem großen Anteil Erdgas und teilweise Steinkohle.

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

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

1) nur biogener Anteil

Quelle: ISI [41]

Die Einsparungsfaktoren wurden entsprechend der hier angegebenen Brennstoffsubstitution ermittelt. Für den CO<sub>2</sub>-Einsparungsfaktor bei Strom ergibt sich im Jahr 2007 der Wert von 909 g/kWh.

## 2. Berechnung der Einsparungsfaktoren und der vermiedenen Emissionen für die Wärmeerzeugung

Die Berechnung berücksichtigt nur direkte Emissionen (inklusive Hilfsstrom und Wärmeverteilung), d. h. keine vor- und nachgelagerten

Prozesse wie z. B. die Herstellung oder die Entsorgung von Anlagen. Wenn davon ausgegangen wird, dass Fernwärme und Elektroheizungen nicht

ersetzt werden, so ergibt sich folgende Struktur des durch erneuerbare Energien substituierten Wärmebereitstellungsmixes:

Erdgas	Heizöl	Kohle
56,9%	40,5%	2,6%

Für den CO<sub>2</sub>-Einsparungsfaktor bei Wärme ergibt sich der Wert von 232 g/kWh.

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

## 3. CO<sub>2</sub>- und SO<sub>2</sub>-Äquivalent

### CO<sub>2</sub>-Äquivalent

Wichtige Treibhausgase sind die sogenannten Kyoto-Gase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, FKW und H-FKW, die im Rahmen des Kyoto-Protokolls reduziert werden sollen. Sie tragen in unterschiedlichem Maße zum Treibhauseffekt bei. Um die Treibhaus-

wirkung der einzelnen Gase vergleichen zu können, wird ihnen ein Faktor - das relative Treibhauspotenzial (THP) - zugeordnet, das ein Maß für ihre Treibhauswirkung bezogen auf die Referenzsubstanz CO<sub>2</sub> darstellt.

Das CO<sub>2</sub>-Äquivalent der Kyoto-Gase berechnet sich durch Multiplikation

des relativen Treibhauspotenzials mit der Masse des jeweiligen Gases und gibt an, welche Menge an CO<sub>2</sub> in einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren die gleiche Treibhauswirkung entfalten würde.

relatives Treibhauspotenzial <sup>1)</sup>		
Gas		Werte nach 1995 IPCC THP [51]
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid	1
CH <sub>4</sub>	Methan	21
N <sub>2</sub> O	Lachgas	310
H-FKW	wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe	140 - 11.700
FKW	perfluorierte Kohlenwasserstoffe	6.500 - 9.200
SF <sub>6</sub>	Schwefelhexafluorid	23.900

In dieser Broschüre wird mit den Werten nach IPCC aus dem Jahr 1995 [51] gerechnet.

Sie sind für die Treibhausgas-Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention und nach dem Kyoto-Protokoll gemäß den UNFCCC Richtlinien [65] vorgeschrieben.

THP Treibhauspotenzial

1) bezogen auf einen Zeithorizont von 100 Jahren; CO<sub>2</sub> als Referenzsubstanz

### SO<sub>2</sub>-Äquivalent

Analog zum CO<sub>2</sub>-Äquivalent wird das Versauerungspotenzial von SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HF, HCl, H<sub>2</sub>S und NH<sub>3</sub> bestimmt. Das SO<sub>2</sub>-Äquivalent dieser Luftschadstoffe gibt an, welche Menge an SO<sub>2</sub> die gleiche versauernde Wirkung aufweist.

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

Quelle: Öko-Institut/IZES [22]

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

Die international angewandte Methode zur Bestimmung des Primärenergieäquivalents von Strom ist die Wirkungsgradmethode. Bei Strom aus Energieträgern, deren Heizwert bekannt ist (fossile Energieträger), wird der jeweilige Heizwert mit der jeweils eingesetzten Menge multipliziert. Bei Strom aus Energieträgern, denen kein Heizwert zugerechnet werden kann, wie bei den erneuerbaren Energieträgern Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik, wird von der Endenergie mit Hilfe eines Wirkungsgrades von 100 % auf die Primärenergie geschlossen. Es entspricht somit z.B. 1 kWh Strom aus Wasserkraft einem Primärenergieäquivalent von 1 kWh. Bei Kernenergie wird für die Festlegung des Primärenergieäquivalents ein Wirkungsgrad von 33 % unterstellt. Diese Methode führt dazu, dass die Energieträger Wasser, Wind und Photovoltaik gegenüber Energie-

trägern, bei deren Umsetzung ein geringerer Wirkungsgrad angesetzt wird, bei der Definition des Primärenergieverbrauchs stark unterrepräsentiert sind. So beträgt der Anteil der erneuerbaren Energien nach der Wirkungsgradmethode im Jahr 2007 6,9 % (s. Seite 9).

Bei der Berechnung des Primärenergieverbrauchs nach der Substitutionsmethode dagegen wird angenommen, dass der Strom aus Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik, der eine entsprechende Menge Strom in konventionellen Kraftwerken ersetzt, auch deren Brennstoff substituiert. Die Menge des ersetzten Brennstoffs wird im Allgemeinen mittels eines Substitutionsfaktors berechnet, der dem Verbrauch an fossilen Brennstoffen zur Stromerzeugung aus diesen Brennstoffen entspricht (nur Kraftwerke der Allgemeinen Versorgung; Brennstoff-

verbrauch in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen nach der so genannten Finnischen Methode [72]). In dieser Broschüre jedoch wurde die Brennstoffeinsparung nach dem Gutachten [41] berechnet. Das Primärenergieäquivalent von Strom aus Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik liegt hierbei etwas höher als bei einer Berechnung mittels des Substitutionsfaktors. Nach der Substitutionsmethode beträgt der Anteil der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2007 9,4 % (s. Seite 9).

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

#### 5. Energiebereitstellung aus Photovoltaik und Solarthermie

##### Photovoltaik

Die Stromerzeugung 2003 bis 2007 entspricht den EEG-Jahresabrechnungen des VDN bzw. BDEW. Bis einschließlich 2002 wurde die Stromerzeugung berechnet, und zwar anhand der installierten Leistung am Jahresanfang und der Hälfte des Leistungszuwachses des jeweiligen Jahres multipliziert mit einem spezifischen Stromertrag. Der spezifische Stromertrag wurde vom Solarenergie-Förderverein Deutschland [28] als Durchschnittswert für Deutschland zur Verfügung gestellt. Die Halbierung trägt der Tatsache Rechnung, dass der Anlagenzubaubau im jeweiligen Jahr nur anteilig zur Stromerzeugung beitragen kann.

##### Solarthermie

Die angegebene Wärmebereitstellung errechnet sich aus der installierten Kollektorfläche und einem mittleren jährlichen Wärmeertrag. Dieser beträgt bei Anlagen zur Warmwasserbereitstellung  $450 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ . Zunehmend werden Solarthermieanlagen jedoch nicht nur zur Warmwasserbereitstellung sondern auch zur kombinierten Warmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung eingesetzt. Für 2007 wird der Anteil am Zubau an verglasten Kollektorenfläche auf 62 % geschätzt.

Weil bei Anlagen zur Heizungsunterstützung in den Sommermonaten die Erzeugungsmöglichkeiten nicht voll genutzt werden können, wird bei ihnen mit einem reduzierten Wärmeertrag von  $300 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$  gerechnet. Bei Schwimmbadabsorbieren wird gleichfalls mit einem Ertrag von  $300 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$  gerechnet.

Da wegen des Anlagenzubaubaus 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	Braunkohlekraftwerke	Steinkohlekraftwerke	Erdgaskraftwerke
Durchschnittliche Nutzungsgrade	36,6%	37,6%	43,9%

Quelle: ISI [41]

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

Bei der Einsparung fossiler Brennstoffe durch die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien werden im Unterschied zur Stromerzeugung die vorgelagerten Prozesse der Energiebereitstellung berücksichtigt. Für die Nutzung von erneuerbaren Energien wird dabei näherungsweise ange-

nommen, 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. 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.

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 kWh, für Rapsöl gegenüber Diesel 0,99 kWh. Pflanzenöl wurde hier mit Rapsöl gleichgesetzt.

Energieträger	Verbrauch an Primärenergie (fossil)
	kWh <sub>prim</sub> /kWh <sub>input</sub>
Ölheizung	1,20
Gasheizung	1,17
Steinkohlebrikettheizung	1,68
Steinkohlekoksheizung	2,12
Braunkohlebrikettheizung	1,89
Holzheizung	0,09

	Verbrauch an Primärenergie (fossil)
	kWh <sub>prim</sub> /kWh <sub>input</sub>
Benzin	1,23
Diesel	1,16
Bioethanol	0,51
Rapsöl	0,17
Biodiesel	-0,10

Quelle: Öko-Institut/IZES [22]

## 7. Umsatzerlöse aus der Nutzung erneuerbarer Energien

Die Umsätze aus der Stromerzeugung lassen sich anhand der eingespeisten Strommengen und der gezahlten Vergütungssätze nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz abschätzen. Zu addieren sind die Erlöse von Anlagen, die nicht in den Geltungsbereich des Gesetzes fallen, insbesondere Wasserkraftwerke über 5 MW Leistung sowie die Stromerzeugung aus der thermischen Abfallbehandlung (nur biogener Anteil). Entsprechend des Börsenpreises für Grundlaststrom kann hierfür ein Durchschnittswert von 5,0 Cent/kWh angesetzt werden. Bei einer Stromerzeugung von rund 22 TWh im Jahr 2007 errechnet sich daraus ein Wert von etwa 1,1 Mrd. Euro.

Für den Kraftstoffbereich kann der Erlös unmittelbar aus dem Verkauf von Biokraftstoffen ermittelt werden. Zu berücksichtigen sind dabei die unterschiedlichen Kraftstoffarten sowie Vertriebswege. Für den Biodieselabsatz an öffentlichen Tankstellen wurde beispielsweise von einem Durchschnittspreis von 88 Cent/l netto (105 Cent/l brutto) ausgegangen, für die Abgabe an Fahrzeugflotten und für Beimischungen zu Dieselmotoren von geringeren Werten.

Der Wert der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien wird vernachlässigt, da die Wärme größtenteils selbst genutzt wird. Als Wertansatz wären hier aber auch die vermiedenen Kosten für Heizöl bzw. Erdgas denk-

bar. Für den Bereich der privaten Haushalte entspräche dies bei einer substituierten Wärmemenge von etwa 91 TWh und einem mittleren Heizölpreis von 58,6 Cent/l und einem mittlerem Erdgaspreis von 6,5 ct/kWh rund 5,7 Mrd. Euro. Unberücksichtigt bleiben ebenfalls die Kosten für die Wartung und Instandhaltung Wärme erzeugender Anlagen und die Erlöse aus dem Wärmeverkauf bei Nah- und Fernwärmenetzen. Damit verbleibt die Bewertung biogener Einsatzstoffe wie Waldrestholz, Industrierestholz, Holzpellets usw. sowie ein Teil des Brennholzeinsatzes, die insgesamt mit 1,9 Mrd. Euro angesetzt wurde.

## 8. Die Europäische Union (EU)

Die EU-Erweiterung 2004 war die bisher größte Erweiterung der Europäischen Union. 10 neue Mitgliedstaaten - Estland, Lettland, Litauen, Malta, Polen, Slowakei, Slowenien, Tschechien, Ungarn und Zypern - wurden nach In-Kraft-Treten des Beitrittsvertrags zum 1. Mai 2004 in die Gemeinschaft aufgenommen. Die EU

bestand somit bis Ende des Jahres 2006 aus 25 Mitgliedstaaten (EU-25). Zum 1. Januar 2007 wurden zwei weitere Staaten – Bulgarien und Rumänien – in die Gemeinschaft aufgenommen. Bis heute sind damit in der Europäischen Union 27 Staaten Europas vereint (EU-27).

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

## 9. Berechnung des Primärenergieäquivalents erneuerbarer Energien für die EU

Das Primärenergieäquivalent für Strom aus Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik wird in den Statistiken von Eurostat entsprechend der Wirkungsgradmethode (vgl. Anhang Abs. 4) mit der Elektrizitätserzeugung gleichgesetzt. Bei der Strom- und Wärmeerzeugung aus Biomasse wird entweder mittels Heizwert und eingesetzter Brennstoffmenge auf die Primärenergie geschlossen oder das Primärenergieäquivalent wird aus erzeugtem Strom und/oder erzeugter Wärme mit Hilfe von typischen Anlagenwirkungsgraden bestimmt (abweichend zur Methode, die in der vorliegenden Broschüre für Deutschland angewendet wird, vgl. Anhang Abs. 4). Bei der geothermischen

Stromerzeugung wird ein Wirkungsgrad von 10 %, bei der Wärmeerzeugung von 50 % unterstellt. D. h., dass 1 GWh Strom aus Geothermie mit 36 TJ Primärenergie bewertet wird, bzw. 1 GWh Wärme mit 7,2 TJ. Bei der Wärmeerzeugung außerhalb des Umwandlungssektors (Heizkraftwerke, Heizwerke) durch z. B. Brennholz, Wärmepumpen und Solarthermieanlagen wird die bereitgestellte Endenergie mit der Primärenergie gleichgesetzt.

Die sich aus der zum Teil unterschiedlichen Methode ergebenden Abweichungen gegenüber der Bilanzierung in Deutschland sind minimal und fallen bei der Berechnung des Gesamtanteils erneuerbarer Energien am

Primärenergieverbrauch nicht ins Gewicht. Große Unterschiede würden sich ergeben, wenn die Energiebereitstellung in Deutschland nach der Substitutionsmethode (siehe Seiten 9, 70) angesetzt werden würde.

Bis heute stand die Primärenergie im Focus der Statistiken, mittelfristig wird insbesondere vor dem Hintergrund des Richtlinienentwurfs der EU vom Januar 2008, die Endenergie als statistisches Maß für die Energieverwendung an Bedeutung gewinnen.

## 10. ANTEIL DER ERNEUERBAREN ENERGIEN AM GLOBALEN PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH

Die Datenbasis im Bereich der erneuerbaren Energien hat sich in den letzten Jahren auch auf internationaler Ebene wesentlich verbessert. Die Aggregation von nationalen Zahlen, um Aussagen über die Entwicklung der erneuerbaren Energien auf globaler Ebene treffen zu können, ist problematisch. Zwei wichtige Problembereiche

sind zu nennen: die Verwendung unterschiedlicher Bilanzierungsmethoden (z. B. die Bilanzierung der thermischen Verwendung von Haus- und Industrieabfällen) und zum anderen Erfassungsprobleme, insbesondere im Bereich der traditionellen Nutzung von Brennholz und Holz-

kohle, die nur mit großen Unsicherheiten geschätzt werden kann.

Für das Jahr 2006 lässt sich für die erneuerbaren Energien ein Anteil von 12,7 % am globalen Primärenergieverbrauch angeben (berechnet nach der Wirkungsgradmethode, s. oben).

## 11. OECD

Die Organization for Economic Cooperation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) besteht seit dem 30.09.1961. Zu den Hauptaufgaben zählen die Koordination der Wirtschaftspolitik, hier insbesondere die Konjunktur- und Währungspolitik, und die Koordination

und Intensivierung der Entwicklungshilfe der Mitgliedstaaten: Australien, Belgien, Deutschland, Dänemark, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Island, Italien, Japan, Kanada, Korea, Luxemburg, Mexiko, Neuseeland, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Polen, Schweden, Schweiz,

Slowakei, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, USA. Die OECD hat ihren Sitz in Paris. Die internationale Energieagentur (IEA) ist eine Unterorganisation der OECD; ihr Sitz ist Paris.

## Umrechnungsfaktoren

Terawattstunde:	1 TWh = 1 Mrd. kWh	Kilo	k	10 <sup>3</sup>	Tera	T	10 <sup>12</sup>
Gigawattstunde:	1 GWh = 1 Mio. kWh	Mega	M	10 <sup>6</sup>	Peta	P	10 <sup>15</sup>
Megawattstunde:	1 MWh = 1.000 kWh	Giga	G	10 <sup>9</sup>	Exa	E	10 <sup>18</sup>

### Einheiten für Energie und Leistung

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

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

### Umrechnungsfaktoren

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

Die Zahlen beziehen sich auf den Heizwert.

### Treibhausgase

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

### Weitere Luftschadstoffe

SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
NO <sub>x</sub>	Stickoxide
HCl	Chlorwasserstoff (Salzsäure)
HF	Fluorwasserstoff (Flusssäure)
CO	Kohlenmonoxid
NM VOC	flüchtige Kohlenwasserstoffe ohne Methan

# Quellenverzeichnis

## Mitteilungen aus:

- [1] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Berlin, 2008 und Vorjahre
- [2] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Satellitenbilanz Erneuerbare Energieträger 1995-1999, Berlin
- [3] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart
- [5] Statistisches Bundesamt (StBA), Wiesbaden, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008
- [6] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), 2008
- [7] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Gülzow, 2004, 2005, 2006, 2007
- [10] Bundesverband Solarwirtschaft (BSW), Berlin
- [12] EnBW Kraftwerke AG Stuttgart, 2008 und Vorjahre
- [15] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Münster, 2007
- [16] Bundesverband WindEnergie (BWE), Osnabrück 2000, 2001, 2002
- [19] Rationelle Energietechnik GmbH (ZfS), Hilden
- [22] Öko-Institut Darmstadt, Institut für Zukunfts-Energie-Systeme (IZES): Umwelteffekte der Strom- und Wärmebereitstellung sowie der Kraftstoffnutzung im Jahr 2004, Saarbrücken
- [24] Umweltbundesamt (UBA), Dessau 2007
- [26] Bundesverband WärmePumpe (BWP) e. V., Berlin, 2008 und Vorjahre
- [28] Solarenergie-Förderverein Deutschland e. V. (SFV), Aachen, 2005
- [66] geo x GmbH, Landau, 2008
- [70] Institut für Energetik und Umwelt (IE), Leipzig, März 2007/Februar 2008
- [71] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW), Berlin
- [75] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Berlin, 2007
- [79] Erdwärme-Kraft GbR, Berlin, 2008

## Literatur:

- [4] Umweltbundesamt (UBA): Deutsches Treibhausgasinventar 1990- 2005, Nationaler Inventarbericht 2007, Dessau, 2008.
- [8] Institut für Energetik und Umwelt (IE): Fortschreibung der Daten zur Stromerzeugung aus Biomasse, Leipzig, 2004, 2005, [www.ie-leipzig.de](http://www.ie-leipzig.de).
- [9] Verband der Netzbetreiber e. V. (VDN) beim VDEW, Berlin.
- [11] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Berlin, [www.bdew.de](http://www.bdew.de).
- [13] Institut für Energetik und Umwelt (IE): Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung auf der Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, Endbericht, Leipzig, 2003, [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de).
- [14] Umweltbundesamt (UBA): Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementinstrumente – ProBas, Dessau 2006.
- [17] Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V. (VDEW): Endenergieverbrauch in Deutschland, VDEW-Materialien, Frankfurt a. M., 1998/1999/2000/2001/2002/2003.
- [18] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Auswertungstabellen zur Energiebilanz für Deutschland von 1990 bis 2007, Berlin, [www.ag-energiebilanzen.de](http://www.ag-energiebilanzen.de).
- [20] Institut für Energetik und Umwelt (IE): Erfahrungen mit dem novellierten EEG hinsichtlich der Stromerzeugung aus Biomasse, Leipzig, Februar 2006, [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de).
- [21] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW): Marktdaten April 2008, [www.bdew.de](http://www.bdew.de).
- [23] International Energy Agency: World Energy Outlook 2006, IEA/OECD, Paris 2006.
- [25] Erfahrungsbericht der Bundesregierung: Bericht über den Stand der Markteinführung und der Kostenentwicklung von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien (Erfahrungsbericht zum EEG) vom 28. Juni 2002, Berlin, [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de).
- [27] Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Leitstudie 2008 – Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas. Fachliche Erarbeitung Nitsch, J. in Zusammenarbeit mit der Abteilung „Systemanalyse und Technikbewertung“ des DLR – Instituts für Technische Thermodynamik, Oktober 2008, [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de).
- [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 2008, IEA/OECD.
- [32] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg: Energie, Jährliche Statistiken, 2008 Edition.
- [33] REN21. 2008. “Renewables 2007 Global Status Report” (Paris: REN21 Secretariat and Washington, DC:Worldwatch Institute).
- [34] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg: Online Database, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>.
- [35] Observatoire des énergies renouvelables (Observ’ER): Solar Thermal Barometer, in: Le Journal des Énergies Renouvelables, N° 187 – 2008, Systèmes Solaires (Ed.), [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org).
- [36] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg: Energy, Monthly statistics – Issue number 8/2008, 2008 Edition.

## QUELLENVERZEICHNIS

- [37] Klein, A.; Pfluger, B; Held, A. et al.: Evaluation of different feed-in tariff design options – Best practice paper for the International Feed-In Cooperation, 2nd edition, update by October 2008. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Oktober 2008, [www.feed-in-cooperation.org](http://www.feed-in-cooperation.org).
- [38] Ramesohl, S.; Nitsch, J.; Pehnt, M.; u. a.: Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Einführung alternativer Kraftstoffe, insbesondere regenerativ erzeugten Wasserstoffs. Arbeitsgemeinschaft WI, DLR, IFEU, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, März 2006.
- [39] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI): Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern, Gutachten für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 6. April 2006, [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de).
- [40] Erster/Zweiter/Dritter/ Vierter und Fünfter nationaler Bericht zur Umsetzung der Richtlinie 2003/30/EG vom 08.05.2003 zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 2007/2008, Vorjahre Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV).
- [41] Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI): Gutachten zur CO<sub>2</sub>-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien, Karlsruhe, 2005, [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de).
- [42] Neubarth, J.; Woll, O.; Weber, C.; Gerecht, M.: Beeinflussung der Spotmarktpreise durch Windstromerzeugung. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 56 (7), S. 42-45, (2006).
- [43] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Strom aus erneuerbaren Energien - Was kostet uns das? März 2008, [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de).
- [44] Statistisches Bundesamt Deutschland: Mikrozensus-Zusatzerhebung 2003.
- [45] European Commission: Fahrplan für erneuerbare Energien – Erneuerbare Energien im 21. Jahrhundert: Größere Nachhaltigkeit in der Zukunft, Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament, KOM(2006)848, <http://eur-lex.europa.eu/>.
- [46] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Wind Energy Barometer – February 2008, in: Le Journal des Énergies Renouvelables, N° 183 – 2008, Systèmes Solaires (Ed.), [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org).
- [47] Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V. (VDEW): Energie Spezial – Endenergieverbrauch in Deutschland 2004, Berlin, 2006.
- [48] Ingenieurbüro für neue Energien (IfnE): Erneuerbare Energien – Vermiedene Energie-Importe und externe Kosten, Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de).
- [49] Deutscher Energie-Pellet-Verband (DEPV), [www.depv.de](http://www.depv.de).
- [50] European Wind Energy Association (EWEA): Wind power installed in Europe by end of 2007 (cumulative), [www.ewea.org](http://www.ewea.org).
- [51] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Second Assessment Report Climate Change 1995; weitere Informationen unter [www.ipcc.de](http://www.ipcc.de).
- [52] Ragwitz, M., Resch, G.; Klessmann, C.: Coordination of national feed-in systems – a promising model to achieve flexibility for a cluster of countries, 5<sup>th</sup> Workshop of the International Feed-in Cooperation, Brussels, April 7<sup>th</sup> 2008, [www.feed-in-cooperation.org](http://www.feed-in-cooperation.org).
- [53] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Biofuels Barometer – June 2008, in: Le Journal des Énergies Renouvelables, N° 185 – 2008, Systèmes Solaires (Ed.), [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org).
- [54] International Energy Agency (IEA): Energy Balances of Non-OECD Countries, 2008 Edition.
- [55] Wagner, E.: Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft, in: VDEW: Elektrizitätswirtschaft, Heft 24, 2000.
- [56] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW): Aktualisierung der Schätzung der Beschäftigungszahlen im Umweltschutz. Gutachten im Auftrag des Umweltbundesamtes. Berlin 2004.
- [57] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS): Verkehr in Zahlen 2007/2008, Deutscher Verkehrs-Verlag.
- [58] Weiss, W.; Bergmann, I.; Faninger, G.: Solar Heat Worldwide – Markets and Contribution to the Energy Supply 2006, Edition 2008, IEA Solar Heating & Cooling Programme (SHC), May 2008.
- [59] European Wind Energy Association (EWEA): Wind power installed in Europe by end of 2006 (cumulative), [www.ewea.org](http://www.ewea.org).
- [60] Global Wind Energy Council (GWEC): US, China & Spain lead world wind power market in 2007, Brussels, 6 February 2008, [www.gwec.net](http://www.gwec.net).
- [61] Erdmann, A.; Zweifel, P.: Energie-ökonomik - Theorie und Anwendungen, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008.
- [62] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in Deutschland – Stand 31.12.2006, DEWI Magazin Nr. 30, Februar 2007, [www.dewi.de](http://www.dewi.de).
- [63] International Energy Agency (IEA): Energy Balances of OECD Countries, 2008 Edition.
- [64] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): „Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte 2006“, Abschlussbericht des Vorhabens „Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt – Follow up“, September 2007.
- [65] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC): Guidelines for the preparation of national communications by Parties included in Annex I to the Convention, Part I: UNFCCC reporting guidelines on annual inventories (following incorporation of the provisions of decision 13/CP.9); FCCC/SBSTA/2004/8.
- [66] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in der Bundesrepublik Deutschland – Stand 31.12.2007, DEWI Magazin Nr. 32, Februar 2008, [www.dewi.de](http://www.dewi.de).
- [67] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Bekanntmachung zur Fortführung der Förderung von Querschnitts- und übergreifenden Untersuchungen im Rahmen der Gesamtstrategie zum weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE), vom 9. Mai 2007, veröffentlicht im Bundesanzeiger Nr. 93 vom 22. Mai 2007 (S. 5137), [www.bmu.de](http://www.bmu.de).
- [68] Kratzat, M.; Edler, D.; Ottmüller, M.; Lehr, U.: Bruttobeschäftigung 2007 – eine erste Abschätzung (Stand: 14.03.2008), Zwischenbericht des Forschungsvorhabens „Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt“, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 2008.

- [72] Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. (VIK): CO<sub>2</sub>-Kennzeichnung von Strom aus KWK-Anlagen - Brennstoffzuordnung auf elektrische- und thermische Energie, [www.vik.de](http://www.vik.de).
- [73] Wenzel, B.; Diekmann, J.: Ermittlung bundesweiter, durchschnittlicher Strombezugskosten von Elektrizitätsversorgungsunternehmen, Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), September 2006.
- [74] Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V. (VDEW): Energie Info – Endenergieverbrauch in Deutschland 2005, Berlin, 2007.
- [76] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in der Bundesrepublik Deutschland – Stand 31.12.2003, DEWI Magazin Nr. 24, Februar 2004, [www.dewi.de](http://www.dewi.de).
- [77] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in Deutschland – Stand 31.12.2004, DEWI Magazin Nr. 26, Februar 2005, [www.dewi.de](http://www.dewi.de).
- [78] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in Deutschland – Stand 31.12.2005, DEWI Magazin Nr. 28, Februar 2006, [www.dewi.de](http://www.dewi.de).
- [80] Morthorst, P. E.: Impact of wind power on power spot prices, Workshop - Renewable Electricity Production in the Internal Energy Market, 12. December 2006, [www.optres.fhg.de](http://www.optres.fhg.de).
- [81] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Innovation durch Forschung – Jahresbericht 2007 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien, Februar 2008, [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de).
- [82] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Photovoltaic Barometer – April 2008, in: Le Journal des Énergies Renouvelables, N° 184 – 2008, Systèmes Solaires (Ed.), [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org).
- [83] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA): Amtliche Mineralölstatistik, [www.bafa.de](http://www.bafa.de).
- [84] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): Energiedaten – Nationale und internationale Entwicklung, Stand: 23.3.2007, [www.bmwi.de](http://www.bmwi.de).
- [85] Ingenieurbüro für neue Energien (IfnE): Ökonomische Wirkungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes – Zusammenstellung der Kosten- und Nutzenwirkungen, Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), November 2007, [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de).
- [86] Sensfuß, F.; Ragwitz, M.: Analyse des Preiseffektes der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien auf die Börsenpreise im deutschen Stromhandel – Analyse für das Jahr 2006-, Gutachten des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 30. April 2007.
- [87] Bohlmann, J.: Biokraftstoffe der zweiten Generation: Herstellungsoptionen, Stand der Technik, Effizienz und Kosten, Tagung „Mobil mit Biomasse“, 27. September 2006, Stuttgart.
- [88] Weiss, W.: Welchen Beitrag kann die Solarthermie in einem nachhaltigen Energiesystem leisten, in: Erneuerbare Energie – Zeitschrift für eine nachhaltige Energiezukunft, 2008-1.
- [89] Sensfuß, F.; Ragwitz, M.; Genoese, M.: The Merit-order effect: A detailed analysis of the price effect of renewable electricity generation on spot market prices in Germany. Working Paper Sustainability and Innovation No. S 7/2007, S. 7. Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research.
- [90] Mineralölwirtschaftsverband e.V. (MWW): Jahresbericht 2006, [www.mww.de](http://www.mww.de).
- [91] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg: Statistik der erneuerbaren Energieträger 2005; Daten kurz gefasst, Reihe Umwelt und Energie, 19/2007, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>.
- [92] European Commission: Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, 2008/0016 (COD), <http://eur-lex.europa.eu/>.
- [93] Multiplying Sustainable Energy Communities Crailsheim (MUSEC Crailsheim): Solare Nahwärme Hirtenwiesen II, [www.musec-crailsheim.de](http://www.musec-crailsheim.de).
- [94] Wenzel, B.: Beschaffungsmehrkosten für Stromlieferanten durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz im Jahr 2007. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 2008.
- [95] International Energy Agency – Solar Heating and Cooling Programme (IEA-SHC) and several solar thermal trade associations: Worldwide capacity of solar thermal energy greatly underestimated, Press release 10 November 2004, [www.estif.org](http://www.estif.org).
- [96] European Wind Energy Association (EWEA): Delivering Offshore Wind Power in Europe – Policy recommendations for large-scale deployment of offshore wind power in Europe by 2020, [www.ewea.org](http://www.ewea.org).
- [97] Aeroe's Worlds Largest Solar Panel Plant and Solar Technology; Download 02/05/2008; <http://www.aeroeisland.com>.
- [98] Hering, G.; Hirshmann, W. P.; Podewils, Ch.; Schmela, M.: Und raus bist du, in: Photon – Das Solarstrom-Magazin, 4/2008.
- [99] International Energy Agency, Implementing Agreement on Ocean Energy Systems (IEA/OES): Ocean energy – opportunity, present status and challenges, [www.iea-oceans.org](http://www.iea-oceans.org).
- [100] Energie-Info, Endenergieverbrauch in Deutschland 2006, BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Berlin.
- [101] Energie-Info, Endenergieverbrauch in Deutschland 2007, BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Berlin.
- [102] Statistik aktuell: Steuereinnahmen des Landes und der Kommunen; Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, [www.statistik-bw.de/FinSteuern/](http://www.statistik-bw.de/FinSteuern/).
- [103] LBS Research: Heizen mit erneuerbaren ist „in“; Pressemitteilung vom 21.07.2008.

## Informationen zu erneuerbaren Energien

(u.a. BMU-Dokumente, Pressemitteilungen, Forschungsergebnisse, Publikationen)

unter [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)