



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

UMWELTPOLITIK



Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung

- Stand: Dezember 2005 -
Internet-Update



DAS HAT ZUKUNFT.

- Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Referat Öffentlichkeitsarbeit – 11055 Berlin
E-Mail: service@bmu.bund.de
Internet: www.bmu.de
www.erneuerbare-energien.de
- Redaktion: BMU, Referat KI I1 „Allgemeine und grundsätzliche Angelegenheiten der Erneuerbaren Energien“, Dr. Wolfhart Dürrschmidt, Dr. Harald Kohl, Dipl.-Ing. (FH) Dieter Böhme
- Inhaltliche Bearbeitung: Dr. Frithjof Staiß
Dipl.-Ing. (FH) Christel Linkohr
Dipl.-Kffr. Ulrike Zimmer
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart
- Bildrechte Titelseite: Getty Images (M. Dunning); Enercon / Block Design; Visum (K. Sawabe); zefa; Getty Images (C. Coleman).
- Stand: Dezember 2005, Internet-Update



Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung

**– Stand: Dezember 2005 –
Internet-Update**

Das Wichtigste im Jahr 2004 auf einen Blick	6
Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung im Jahr 2004 in Deutschland	7
Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2004	7
Zeitliche Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien von 1990 bis 1. Halbjahr 2005.....	8
Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung.....	9
Struktur des Primärenergieverbrauchs im Jahr 2004	9
Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2004.....	9
Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2004	10
Entwicklung der energiebedingten Emissionen in Deutschland von 1990 bis 2004	12
Energiebedingte Emissionen nach Quellgruppen im Jahr 2003	13
Anteile der Quellgruppen an den energiebedingten CO ₂ -Emissionen im Jahr 2003	13
Umsatz aus der Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2004.....	14
Umsatz aus dem Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2004.....	14
Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien im Jahr 2004.....	15
Beschäftigungswirkungen der Nutzung erneuerbarer Energien	15
Förderprogramme für erneuerbare Energien	16
Einspeisung und Vergütung nach dem Stromeinspeisungsgesetz (StrEG) und dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	17
Struktur der nach dem EEG vergüteten Strommengen	17
Das neue EEG	18
Das Marktanzreizprogramm	20
Forschung und Entwicklung im Bereich Erneuerbare Energie	21

Langfristiges Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom- und Wärmeerzeugung sowie Kraftstoffe	22
Szenario zum ökologisch optimierten Ausbau erneuerbarer Energien.....	23
Europa	
Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch von 1990 bis 2004	24
Nutzung erneuerbarer Energien in ausgewählten EU-Ländern im Jahr 2004.....	25
Förderung von Strom aus erneuerbaren Energien im europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt.....	26
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU-15 von 1990 bis 2004	27
Stromerzeugung aus Windenergie in der EU von 1990 bis 2004	27
Gesamte installierte Windleistung in der EU Ende 2004	28
Entwicklung der installierten Windleistung in der EU-15 von 1990 bis 2004	28
Weltweite Nutzung erneuerbarer Energien	
Struktur des Welt-Primärenergieverbrauchs im Jahr 2003 im Vergleich zum Jahr 1971	29
Mittlere Wachstumsraten des Primärenergieverbrauchs und der erneuerbaren Energien im Zeitraum 1990 bis 2003	30
Struktur der Nutzung erneuerbarer Energien nach Anwendungsbereichen im Jahr 2003	30
Anteile erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch in verschiedenen Regionen im Jahr 2002	31
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in verschiedenen Regionen im Jahr 2003	32
Anteile erneuerbarer Energien an der weltweiten Stromerzeugung im Jahr 2003	32
Internationale Konferenz für Erneuerbare Energien - <i>renewables2004</i> – und der Folgeprozess.....	33
Anhang: Methodische Hinweise	34
Umrechnungsfaktoren, Treibhausgase und weitere Luftschadstoffe	39
Quellenverzeichnis	40

Das Wichtigste im Jahr 2004 auf einen Blick !

Deutschland Fotovoltaik-Weltmeister

Zubau von 450 MW_p (2003: 150 MW_p) erstmals höher als in Japan (etwa 272 MW_p);
Zubau solarthermische Kollektorfläche: 757.000 m² (2003: 729.000 m²) auf über 6 Mio. m².

Wind erstmals vor Wasserkraft

Zubau von 2.020 MW etwa 20 % geringer als im Vorjahr, entspricht jedoch den Erwartungen; insgesamt 16.629 MW installiert.

Biokraftstoffe und –strom auf dem Vormarsch

EEG-Novelle stärkt den Ausbau im Strommarkt;
1 Mio. t-Grenze bei Biokraftstoffen überschritten;
Absatz von Pelletheizungen weiter steigend (ca. 7.000 Anlagen).

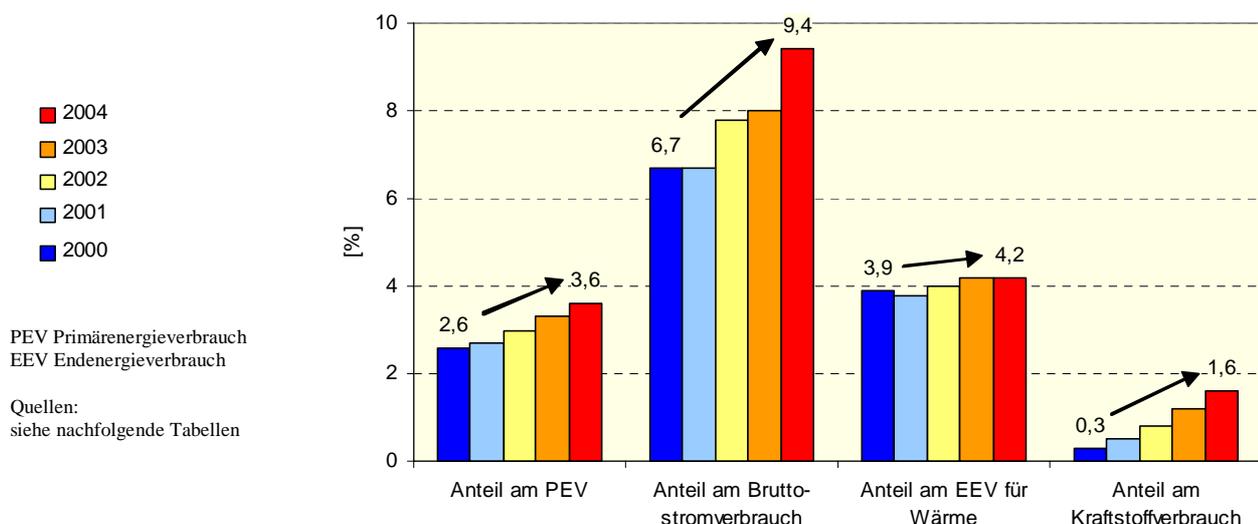
Wasserkraft stabilisiert

Günstigere Witterungsbedingungen führten zu höheren Erträgen.

Geothermie in Position

Im Strommarkt zahlreiche Projekte in der Planung;
Absatz von Wärmepumpen weiter steigend (über 13.000 Anlagen).

- ➔ 3,6 % Anteil am Primärenergieverbrauch (2003: 3,3 %)
- ➔ 9,4 % Anteil am Bruttostromverbrauch (2003: 8,0 %)
- ➔ 4,2 % Anteil am Endenergieverbrauch für Wärme (2003: 4,2 %)
- ➔ 1,6% Anteil am Kraftstoffverbrauch (2003: 1,2 %)



Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung im Jahr 2004 in Deutschland

	Endenergie [GWh]	Primärenergie- äquivalent ¹⁾		Anteil am Endenergie- verbrauch [%]	Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch ¹⁰⁾			
		nach Wirkungs- gradmethode [PJ]	nach Substitutions- methode [PJ]		nach Wirkungs- gradmethode [%]	nach Substitutions- methode [%]		
Stromerzeugung	Wasserkraft ²⁾	21.000	75,6	206,6	Anteil am Stromverbrauch ⁶⁾	3,50	0,5	1,4
	Windenergie	25.509	91,8	242,1		4,25	0,6	1,6
	Fotovoltaik	557	2,0	4,9		0,09	0,01	0,03
	biogene Festbrennstoffe	3.900	32,4	32,4		0,65	0,2	0,2
	biogene flüssige Brennstoffe	77	0,6	0,6		0,01	0,004	0,004
	Biogas	1.350	11,2	11,2		0,23	0,1	0,1
	Klärgas	864	7,2	7,2		0,14	0,05	0,05
	Deponiegas	1.050	8,7	8,7		0,18	0,1	0,1
	Geothermie ³⁾	0,2	0,0	0,0		0,00	0,0	0,0
	biogener Anteil des Abfalls ⁴⁾	2.116	17,6	17,6		0,35	0,1	0,1
Summe	56.423	247,2	531,3	9,4	1,7	3,6		
Wärmeerzeugung	biogene Festbrennstoffe	53.333	192,0		Anteil am EEV für Wärme ⁷⁾	3,52	1,3	1,3
	biogene flüssige Brennstoffe	222	0,8			0,01	0,01	0,01
	biogene gasförmige Brennstoffe ⁵⁾	2.556	9,2			0,17	0,06	0,06
	Solarthermie	2.573	9,3			0,17	0,06	0,06
	tiefe Geothermie	114	0,4			0,01	0,003	0,003
	oberflächennahe Geothermie	1.444	5,2			0,10	0,04	0,04
	biogener Anteil des Abfalls ⁴⁾	3.695	13,3			0,24	0,1	0,1
	Summe	63.937	230,2			4,2	1,6	1,6
Kraftstoff	Biodiesel	10.850	39,1		Anteil Kraftstoffverbrauch ⁹⁾	1,53	0,3	0,3
	Bioethanol	484	1,7			0,07	0,01	0,01
	Summe	11.334	40,8			1,6	0,3	0,3
gesamt	131.694	518,1	802,3	⁸⁾ 5,1	3,6	5,5		

PEV: 14.408 PJ, Stand Nov. 2005
EEV Endenergieverbrauch
PEV Primärenergieverbrauch

- Erklärung der Methoden zur Bestimmung des Primärenergieäquivalents siehe Anhang Abs. 4, bei Wärme und Kraftstoff wird hier Endenergie gleich Primärenergie gesetzt
- bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss
- Stromerzeugung aus Geothermie bisher in einer Pilotphase
- biogener Anteil mit 50 % angesetzt
- abweichend zu den Vorjahren hier einschließlich der Direktnutzung von Klärgas; Angaben zur Wärmebereitstellung aus flüssigen und gasförmigen Brennstoffen teilweise geschätzt
- bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2004 von 600 TWh
- bezogen auf den EEV für Raumwärme, Warmwasser und sonstige Prozesswärme 2003 von 186 Mio t SKE oder 5451 PJ
- bezogen auf EEV 2004 von 9.237 PJ
- bezogen auf Kraftstoffverbrauch 2004 von 2.548 PJ
- bei einem Substitutionsfaktor von 8.309 kJ/kWh (Stand 2004, vorläufig), siehe Anhang Abs. 4.

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

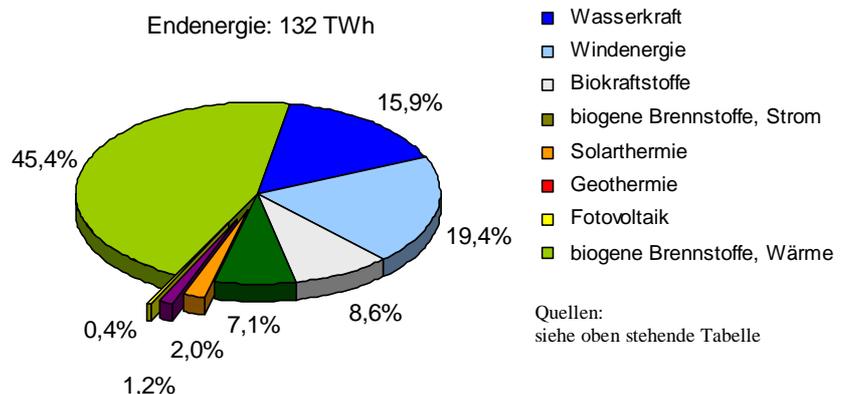
Quellen:
ZSW [3]; nach BSI [10]; IE [20]; AGEB [1], [11], [18]; StBA [5]; FNR [7]; ZfS [19]; VDEW [17]; ISI [41]; BMF [67]; VDN [9]

Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2004

Rund die Hälfte der gesamten Endenergie aus erneuerbaren Energiequellen wird durch Biomasse bereitgestellt.

Bezogen auf die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien hat Biomasse (hauptsächlich Holz) einen Anteil von 93 %.

Für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien hingegen sind vor allem die Windenergie mit 45,2 % und die Wasserkraft mit 37,2 % Anteil von großer Bedeutung.



Zeitliche Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien von 1990 bis 1. Halbjahr 2005

Endenergie

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

- 1) bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss
- 2) biogener Anteil des Abfalls ab 1990 mit 50 % angesetzt; bis 2000 nur Einspeisung in das Netz der allgemeinen Versorgung; Leistungsangaben bis 2002 ohne Thermische Abfallbehandlungsanlagen
- 3) hier einschl. des biogenen Anteils des Abfalls in Höhe von 50 %; abweichend zu den Vorjahren ab 2003 einschließlich der Direkt-nutzung von Klärgas
- 4) ab 2003 tiefe und oberflächennahe Geothermie
- 5) entspricht für 2004: Biodiesel: 1.050.000 t; ca. 1.190 Mio. Liter Bio-Ethanol: 65.000 t; ca. 82 Mio. Liter

	Wasserkraft ¹⁾		Windenergie		Biomasse Strom ²⁾		Fotovoltaik		Geothermie Strom		Summe Strom-erzeugung	Anteil am Bruttostrom-verbrauch
	[GWh]	[MW]	[GWh]	[MW]	[GWh]	[MW]	[GWh]	[MW _p]	[GWh]	[MW]		
1990	17.000	4.403	40	56	1.422	190	1	2	0	0	18.463	3,4
1991	15.900	4.403	140	98	1.450	k.A.	2	3	0	0	17.492	3,2
1992	18.600	4.374	230	167	1.545	227	3	6	0	0	20.378	3,8
1993	19.000	4.520	670	310	1.570	k.A.	6	9	0	0	21.246	4,0
1994	20.200	4.529	940	605	1.870	276	8	12	0	0	23.018	4,3
1995	21.600	4.521	1.800	1.094	2.020	k.A.	11	16	0	0	25.431	4,7
1996	18.800	4.563	2.200	1.547	2.203	358	16	24	0	0	23.219	4,2
1997	19.000	4.578	3.000	2.082	2.479	400	26	36	0	0	24.505	4,5
1998	19.000	4.601	4.489	2.875	2.800	409	32	45	0	0	26.321	4,7
1999	21.300	4.547	5.528	4.444	3.020	448	42	58	0	0	29.890	5,4
2000	24.936	4.572	9.500	6.112	4.129	585	64	100	0	0	38.629	6,7
2001	23.383	4.600	10.456	8.754	5.065	825	116	178	0	0	39.020	6,7
2002	23.824	4.620	15.856	11.965	5.962	1.510	188	258	0	0	45.830	7,8
2003	20.350	4.640	18.919	14.609	7.982	1.694	333	408	0	0	47.584	8,0
2004	21.000	4.660	25.509	16.629	9.357	2.061	557	858	0,2	0,2	56.423	9,4
1. HJ 05	11.500		15.000		5.855		400		0,1	0,2	32.755	10,8

Quellen:
ZSW [3]; Heimerl EnBW [43]; BWE [16]; VDN [9]; StBA [5]; BMVEL [15]; IE [8], [20], [13]; Erdwärme-Kraft [6]; AGEBA [11], [14], [18]; BMVEL [15]; FNR [7]; BMF [67]; SFV [28]

	Biomasse Wärme ³⁾		Solarthermie		Geothermie Wärme ⁴⁾		Summe Wärme-erzeugung	Biodiesel ⁵⁾	Bio-Ethanol ⁵⁾	Summe Kraftstoffe	Summe Endenergie-bereitstellung	Anteil am Endenergie-verbrauch
	[GWh]	[GWh]	[1.000 m ²]	[MW]	[GWh]	[GWh]						
1990	k.A.	130	340	238	k.A.	k.A.	k.A.	0	0	0	k.A.	k.A.
1991	k.A.	166	468	328	k.A.	k.A.	2	0	0	2	k.A.	k.A.
1992	k.A.	218	590	413	k.A.	k.A.	52	0	0	52	k.A.	k.A.
1993	k.A.	279	749	524	k.A.	k.A.	103	0	0	103	k.A.	k.A.
1994	k.A.	351	946	662	k.A.	k.A.	258	0	0	258	k.A.	k.A.
1995	k.A.	440	1.159	811	1.425	k.A.	310	0	0	310	k.A.	k.A.
1996	k.A.	550	1.457	1.020	1.383	k.A.	517	0	0	517	k.A.	k.A.
1997	48.546	695	1.821	1.275	1.335	50.576	827	0	0	827	75.908	2,9
1998	51.613	857	2.194	1.536	1.384	53.854	1.033	0	0	1.033	81.208	3,1
1999	50.951	1.037	2.641	1.849	1.429	53.417	1.343	0	0	1.343	84.650	3,3
2000	54.314	1.279	3.284	2.299	1.433	57.026	2.583	0	0	2.583	98.238	3,8
2001	55.326	1.626	4.199	2.939	1.447	58.399	3.617	0	0	3.617	101.036	3,8
2002	54.626	1.955	4.749	3.324	1.483	58.064	5.683	0	0	5.683	109.577	4,3
2003	59.248	2.465	5.478	3.835	1.532	63.245	8.267	0	0	8.267	119.096	4,7
2004	59.806	2.573	6.235	4.365	1.558	63.937	10.850	484	0	11.334	131.694	5,1
1. HJ 05	31.237	1.420			779	33.436	7.708	680		8.388	74.579	5,9

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

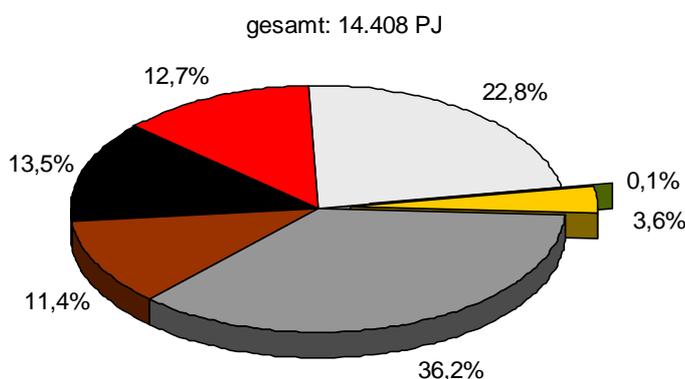
Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004 ¹⁾
Endenergieverbrauch	[%]						
Stromerzeugung (bezogen auf gesamten Bruttostromverbrauch)	4,7	5,4	6,7	6,7	7,8	8,0	9,4
Wärmebereitstellung ²⁾ (bezogen auf gesamte Wärmebereitstellung)	3,5	3,5	3,9	3,8	4,0	4,2	4,2
Kraftstoffverbrauch (bezogen auf gesamten Kraftstoffverbrauch)	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	1,6
Primärenergieverbrauch³⁾	2,1	2,2	2,6	2,7	3,0	3,3	3,6
Stromerzeugung (bezogen auf gesamten Primärenergieverbrauch)	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7
Wärmebereitstellung ²⁾ (bezogen auf gesamten Primärenergieverbrauch)	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6
Kraftstoffverbrauch (bezogen auf gesamten Primärenergieverbrauch)	0,03	0,03	0,06	0,09	0,14	0,2	0,3

- 1) Bezugsjahr für Wärme 2003
2) zu Angaben zur Wärmebereitstellung siehe Seite 7
3) nach Wirkungsgradmethode, siehe Anhang Abs. 4

Quellen:
nach vorherigen Tabellen; nach VDEW [17]; nach AGEB [1], [11], [18], BMVEL [15]; FNR [7]; ZSW [3]; BMF [67];

Struktur des Primärenergieverbrauchs im Jahr 2004



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

Primärenergieverbrauch, Stand November 2005

beinhaltet Außenhandelsaldo Strom mit -0,2 %

Quellen: nach ZSW [3]; nach AGEB [11]

Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2004

	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Öl schwer / Heizöl leicht	Diesel-Kraftstoff	Otto-Kraftstoff	gesamt
Primärenergie [TWh]							
Strom ¹⁾	81,5	60,5	8,8	-	-	-	150,8
Wärme ²⁾	1,3	0,3	36,5	29,5	-	-	67,6
Kraftstoff	-	-	-	-	13,7	0,3	14,0
Gesamt	82,9	60,8	45,2	29,5	13,7	0,3	232,4
Primärenergie [PJ]							
Gesamt	298,4	218,9	162,8	106,1	49,2	1,3	836,6
das entspricht	33,2	7,6	4.815	2.963	1.376	39	
	Mio. t	Mio. t	Mio. m ³	Mio. Liter	Mio. Liter	Mio. Liter	

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

- 1) Substitution nach ISI-Gutachten zur CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien

- 2) Stromheizungen hier nicht berücksichtigt

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

Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2004

Stromerzeugung aus Wasser, Wind, Biomasse, Solarenergie und Geothermie: 56.423 GWh

Die bei der Stromerzeugung aus Biomasse entstehenden Emissionen wurden hier berücksichtigt.

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

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

Treibhausgas/ Luftschadstoff		Emissions- faktor [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhaus- effekt ¹⁾	CO ₂	933.607	52.676
	CH ₄	12,6	0,7
	N ₂ O	32,1	1,8
	CO₂-Äquivalent	943.509	53.235
Versäue- rung ²⁾	SO ₂	514,4	29,0
	NO _x	589,4	33,3
	SO₂-Äquivalent	925,2	52,2
Ozon ³⁾	CO	298,6	16,8
	NMVOG	13,3	0,8
	Staub	28,0	1,6

Quellen:

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

Wärmebereitstellung aus Biomasse, Solarthermie und Geothermie: 63.937 GWh

- 1) bezogen auf Endenergie, nur Raumwärme sowie zentrale Warmwasserversorgung privater Haushalte, Wärmebereitstellungsmix ohne erneuerbare Energien im Jahr 2002
- 2) weitere Treibhausgase (SF₆, FKW, H-FKW) nicht berücksichtigt
- 3) weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH₃, HCl, HF) sind hier nicht berücksichtigt
- 4) Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon

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

Treibhausgas/ Luftschadstoff		Emissions- faktor ¹⁾ [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhaus- effekt ²⁾	CO ₂	228.555	14.613
	CH ₄	8,3	0,5
	N ₂ O	1,9	0,1
	CO₂-Äquivalent	229.308	14.661
Versäue- rung ³⁾	SO ₂	140,8	9,0
	NO _x	88,3	5,6
	SO₂-Äquivalent	202,3	12,9
Ozon ⁴⁾	CO	297,0	19,0
	NMVOG	11,6	0,7
	Staub	2,9	0,2

Quellen:

ZSW [3]; Gemis, Öko-Institut [2], Stat. Bundesamt [44]; VDEW [17]

Biomasse gibt bei der Verbrennung nur die Menge CO₂ in die Atmosphäre ab, die sie während des Wachstums aufgenommen hat, und ist daher CO₂-neutral. Die bei der Verbrennung von Biomasse entstehenden anderen Treibhausgase (Methan, Distickstoffoxid) sind hier nicht berücksichtigt. Dies gilt auch für weitere Luftschadstoffe, insbesondere Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, flüchtige organische Verbindungen, Kohlenmonoxid und Staub. Bei älteren Feuerungsanlagen oder bei der Verbrennung von Holz im Kachel- oder Kaminofen sind sie zum Teil wesentlich höher als im fossilen Wärmebereitstellungsmix. Moderne Holzfeuerungen (Heizungen und Heizwerke) können die Emissionen jedoch erheblich reduzieren.

Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2004

**Biogene Kraftstoffe (1.050.000 t Biodiesel, 65.000 t Bioethanol):
11.334 GWh**

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

Für den bei den biogenen Kraftstoffen vorhandenen Unterschied der Emissionsfaktoren von CO₂ und CO₂-Äquivalent sind Lachgas(N₂O)-Emissionen verantwortlich, die vor allem durch Düngung beim Pflanzenanbau entstehen. Für den in der Tabelle angegebenen CO₂-Äquivalent-Emissionsfaktor wird davon ausgegangen, dass durch den Einsatz von Biokraftstoffen derzeit etwa 80 % der vergleichbaren Klimagasemissionen fossiler Kraftstoffe vermieden werden.

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

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

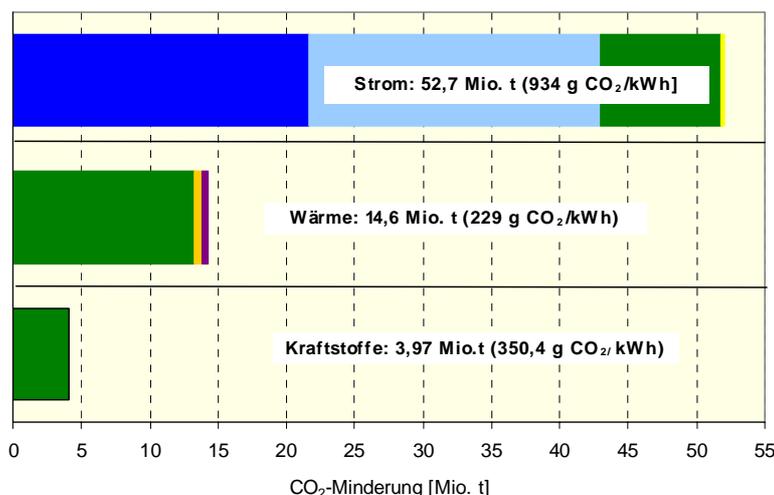
Treibhausgas/ Luftschadstoff		Emissions- faktor [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhaus- effekt ¹⁾	CO ₂	350.436	3.972
	CH ₄	271,5	3,1
	N ₂ O	-383,5	-4,3
	CO₂-Äquivalent	243.156	2.756
Versäue- rung ²⁾	SO ₂	645,2	7,3
	NO _x	153,5	1,7
	SO₂-Äquivalent	-239,8	-2,7
Ozon ³⁾	CO	59,9	0,7
	NMVOC	94,3	1,1
	Staub	5,8	0,1

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

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

Emissionsfaktoren inkl. Vorketten und RME einschließlich Gutschriften für Nebenprodukte (Rapskuchen, Glycerin) in den Vorketten

Gesamte CO₂-Reduktion durch die Nutzung erneuerbarer Energien



- Wasser
- Wind
- Biomasse
- Fotovoltaik
- Geothermie
- Solarthermie

alle Angaben vorläufig

Quellen:
ZSW [3]; ISI [41]; Öko-Institut [2], [24]; IZES [22]

Der Beitrag erneuerbarer Energien zum Klimaschutz ist deutlich größer als zur Energieversorgung. Durch die Nutzung erneuerbarer Energien wurden im Jahr 2004 rund 70 Mio. Tonnen CO₂ vermieden, d.h. ohne ihre Nutzung wären die gesamten CO₂-Emissionen (ca. 830 Mio. Tonnen) rund 8,4 % höher. Der Beitrag der erneuerbaren Energien zum Primärenergieverbrauch beträgt dagegen nur 3,6 %.

Entwicklung der energiebedingten Emissionen in Deutschland von 1990 bis 2004

Stand Februar 2005

- 1) berücksichtigt sind CO₂, CH₄ und N₂O
- 2) berechnet als NO_x
- 3) berücksichtigt sind SO₂, NO_x und NH₃
- 4) Berechnung/Schätzung DIW [40]

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

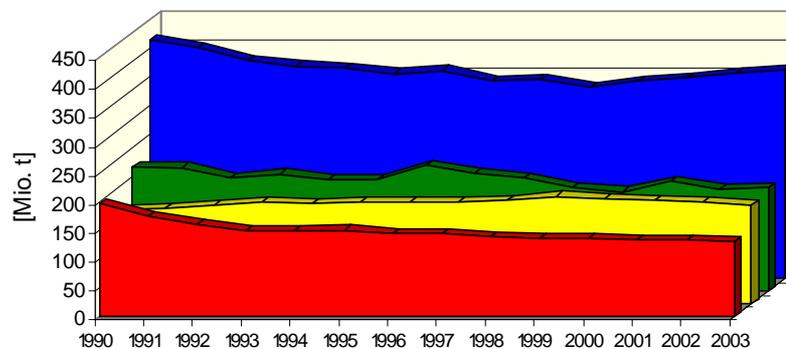
Quellen:
UBA [4]; DIW [40]; ZSW [3]

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -Äquivalent ¹⁾	SO ₂	NO _x ²⁾	NH ₃	SO ₂ -Äquivalent ³⁾	CO	NM VOC	Staub
	[Mio. t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[Mio. t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]
1990	989	1.778	34	1.040	5.269	2.714	16	7.219	10.529	1.980	1.684
1991	954	1.630	34	1.001	3.937	2.497	18	5.740	8.888	1.597	799
1992	906	1.582	35	952	3.251	2.311	18	4.928	7.761	1.369	497
1993	896	1.453	36	940	2.893	2.199	19	4.495	7.148	1.145	353
1994	880	1.306	36	921	2.422	2.037	19	3.912	6.498	979	267
1995	876	1.276	36	916	1.880	1.902	19	3.273	5.957	866	177
1996	900	1.189	36	938	1.285	1.822	19	2.625	5.591	767	169
1997	868	1.132	35	905	985	1.727	19	2.258	5.382	695	164
1998	860	1.056	35	894	781	1.671	19	2.014	4.969	626	154
1999	832	1.017	34	865	681	1.620	18	1.876	4.636	557	154
2000	835	895	33	865	582	1.534	17	1.714	4.304	473	147
2001	850	781	32	878	590	1.465	17	1.674	3.972	432	142
2002	841	752	31	868	558	1.401	16	1.594	3.712	392	138
2003	842	733	31	868	562	1.334	15	1.548	3.571	358	135
⁴⁾ 2004	834	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen von 1990 bis 2003

- Industrie
- Verkehr
- Haushalte und Kleinverbraucher
- Kraft- und Fernheizwerke¹⁾

1) hier gesamte Energieerzeugung/-umwandlung mit Kraftwerken, Heizkraftwerken/Fernheizwerken und übrigen Umwandlungsbereichen



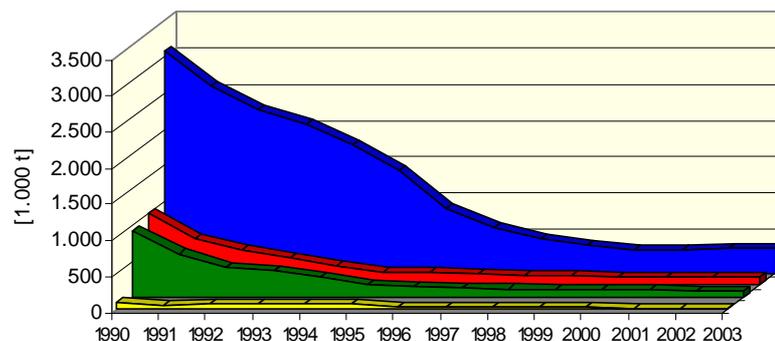
Die energiebedingten CO₂-Emissionen wurden zwischen 1990 und 2004 um rund 16 % gesenkt; die gesamten Treibhausgasemissionen wurden bis zum Jahr 2003 um rund 17 % gesenkt.

Quelle: UBA [4]

Entwicklung der energiebedingten SO₂-Emissionen von 1990 bis 2003

- Verkehr
- Haushalte und Kleinverbraucher
- Industrie
- Kraft- und Fernheizwerke

Quelle: UBA [4]



Die energiebedingten Emissionen von Schwefeldioxid konnten zwischen 1990 und 2003 um rund 89 % gesenkt werden.

Energiebedingte Emissionen nach Quellgruppen im Jahr 2003

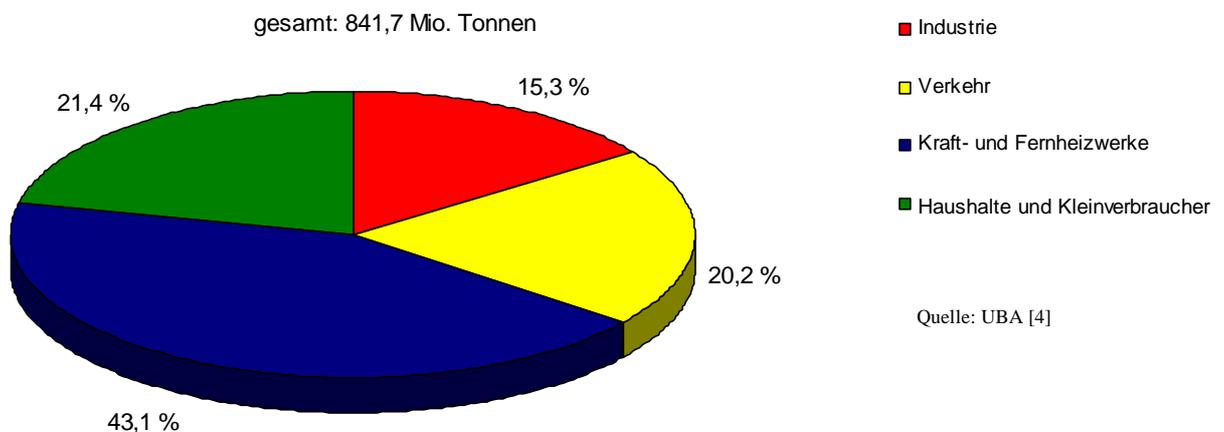
Stand Februar 2005, Einsparung durch Erneuerbare Energien Herbst 2005

		Energie- wirtschaft ¹⁾	Haushalte und Klein- verbraucher ²⁾	Verkehr ³⁾	Industrie ⁴⁾	gesamt ⁵⁾	Einsparung durch EE ⁶⁾ (Jahr 2004)
CO ₂	[Mio. t]	362,6	179,8	170,2	129,1	841,7	71,3
CH ₄	[1.000 t]	5,6	32,2	11,4	5,6	733,2	4,3
N ₂ O	[1.000 t]	12,2	1,9	13,7	2,7	30,5	-2,4
CO ₂ -Äquivalent ⁷⁾	[Mio. t]	366,3	181,1	174,5	130,0	867,6	70,7
SO ₂	[1.000 t]	339,9	87,4	1,5	113,2	561,7	45,3
NO _x ⁸⁾	[1.000 t]	266,4	213,9	700,0	153,9	1.334,2	40,6
SO ₂ -Äquivalent ⁹⁾	[1.000 t]	536,0	249,1	518,4	224,7	1.547,9	62,4
CO	[1.000 t]	119,4	1.049,3	1.756,3	638,0	3.570,8	36,5
NMVOC	[1.000 t]	8,7	89,0	199,2	6,3	357,7	2,6
Staub	[1.000 t]	11,8	21,1	95,3	3,1	135,0	1,8

- 1) Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung, Fernheizwerke sowie Industriefeuernungen 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. forstwirtschaftl. Verkehr sowie militärischer Boden- u. Luftverkehr
- 3) einschl. Schienenverkehr, nationale Luftfahrt, Küsten- und Binnenschifffahrt
- 4) Verarbeitendes Gewerbe; ohne prozessbedingte Emissionen
- 5) Angaben einschließlich der diffusen Emissionen bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung von Brennstoffen.
- 6) Strom- und Wärmeerzeugung sowie Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien
- 7) berücksichtigt sind CO₂, CH₄ und N₂O
- 8) berechnet als NO₂
- 9) berücksichtigt sind SO₂, NO_x und NH₃, bei der Einsparung durch Erneuerbare Energien siehe Anmerkungen der vorigen Seiten

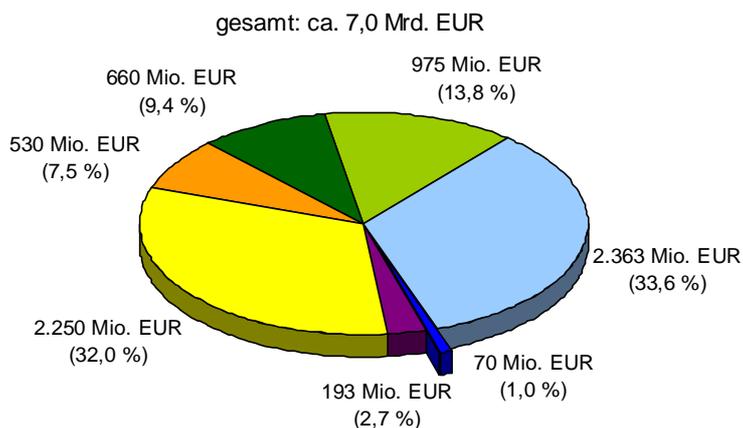
Quellen: UBA [4]; ZSW [3]

Anteile der Quellgruppen an den energiebedingten CO₂-Emissionen im Jahr 2003



Umsatz aus der Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2004

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



Schätzung

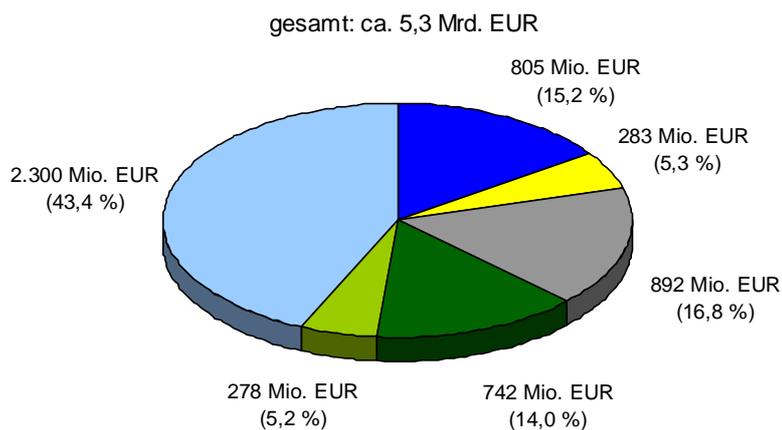
1) Großanlagen und Wärmepumpen

Quelle: ZSW [3]

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

Umsatz aus dem Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2004

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



Schätzung

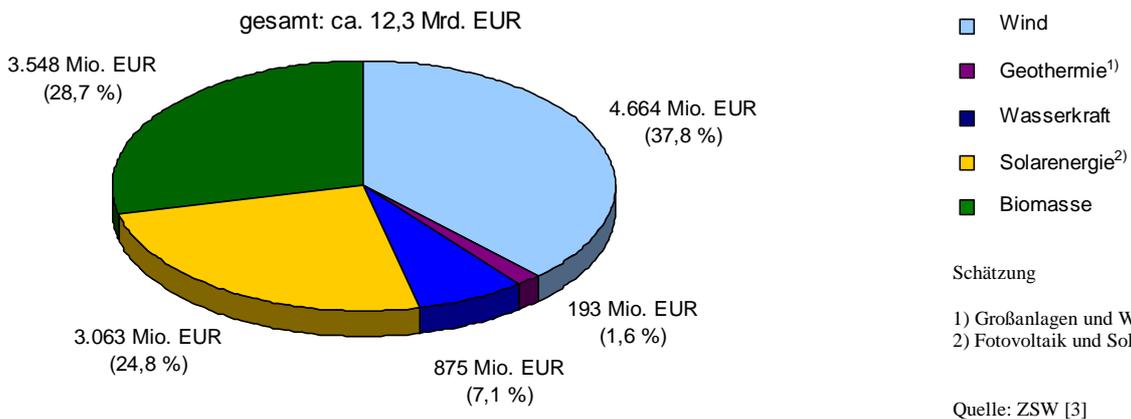
1) nur Brennstoffe, die ausschließlich zur Wärmebereitstellung eingesetzt werden.

Erläuterungen siehe Anhang Abs. 7.

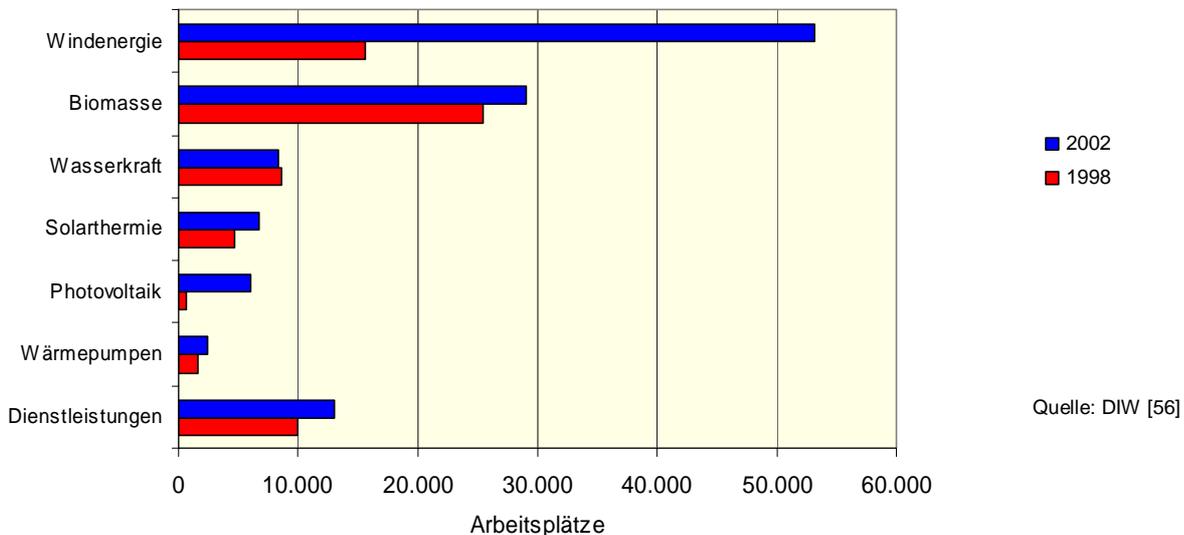
Quelle: ZSW [3]

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

Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien im Jahr 2004



Beschäftigungswirkungen der Nutzung erneuerbarer Energien



Die Beschäftigungswirkung durch die Nutzung erneuerbarer Energien lässt sich abschätzen, in dem zunächst auf der Basis des Investitionsvolumens und der Betriebskosten der Anlagen die gesamte Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen ermittelt wird. Unter Berücksichtigung der Verflechtung der Wirtschaftssektoren untereinander lässt sich dann mit so genannten Arbeitskoeffizienten (Anzahl der Beschäftigten je Einheit Bruttoproduktionswert) auf die Beschäftigung schließen, die durch die Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen in den einzelnen Sektoren entsteht.

Die erneuerbaren Energien sind ein Jobmotor für Deutschland: Rund 130.000 Menschen arbeiteten bereits im Jahr 2004 in diesem Bereich. Der Bundesverband Erneuerbare Energie (BEE) rechnet für die erste Hälfte des Jahres 2005 mit 150.000 Arbeitsplätzen - eine Steigerung um mehr als 15 Prozent.

Förderprogramme für erneuerbare Energien

Die Bundesregierung fördert erneuerbare Energien durch Forschung und Entwicklung sowie verschiedene Maßnahmen zur Marktentwicklung. Zentrale Bedeutung kommt im Strommarkt dem Erneuerbare-Energien-Gesetz zu, während Biokraftstoffe von der Mineralölsteuerbefreiung im Rahmen der Ökologischen Steuerreform profitieren. Das ebenfalls aus der Ökologischen Steuerreform finanzierte Marktanreizprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien dient primär dem Ausbau der Wärmeerzeugung aus Biomasse, Solarnergie und Geothermie. Im Jahr 2005 wurden dafür rund 193 Mio. Euro bereitgestellt.

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

Im Wohngebäudebereich liegen die Schwerpunkte insbesondere in der Förderung von Solarkollektoranlagen und Biomasseheizungen (Pelletanlagen und Scheitholzvergaserkessel). Darüber hinaus werden auch Biogasanlagen sowie Anlagen zur Nutzung fester Biomasse und der Tiefengeothermie gefördert, teilweise mit Nahwärmenetzen.

Seit Juli 2005 gelten im Marktanreizprogramm neue Förderrichtlinien. Wesentliche Neuheiten sind höhere Fördersätze für Solarkollektoren zur kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung, leicht verringerte Fördersätze für Solarkollektoren zur ausschließlichen Warmwasserbereitung und der Ersatz der bisherigen Förderung von Fotovoltaikanlagen auf Schulen durch einen neuen Programmteil „Wärme aus Erneuerbaren Energien in der Schule“. Die bisherigen Fördersätze für Biomasse-, Biogas- und Geothermieanlagen bleiben erhalten. Die Förderung von Maßnahmen zur Erweiterung, Reaktivierung und ökologischen Sanierung von Wasserkraftanlagen entfällt. Hierfür stehen alternative Förderprogramme der KfW-Förderbank zur Verfügung, z. B. das KfW-Umweltprogramm.

Für den Gebäudebereich hält die KfW-Förderbank attraktive Finanzierungsprogramme bereit. Dazu zählen auch der Einsatz erneuerbarer Energien und die Umstellung von Heizungsanlagen. Weiterhin werden Investitionskredite für Fotovoltaikanlagen („Solarstrom erzeugen“), für den Neubau von Energiesparhäusern („Ökologisches Bauen“) und für Maßnahmen zur Modernisierung im Wohnungsbestand („Wohnraum Modernisieren“) vergeben.

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

Fragen zur Gewährung verbilligter Darlehen für gewerbliche oder kommunale Antragsteller beantwortet das Informationszentrum der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), Tel. (01801) 335577 (www.kfw.de).

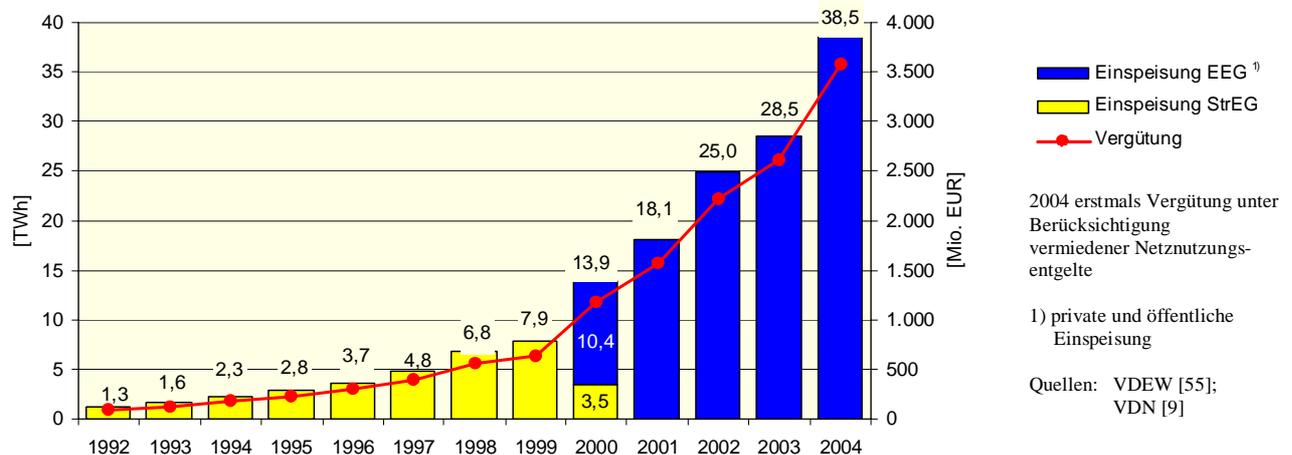
Wer darüber hinaus eine umfassende Energieberatung für ältere Wohngebäude in Anspruch nehmen möchte, erhält einen Zuschuss zu den Beratungskosten (Programm „Vor-Ort-Beratung“).

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

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

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

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



Das Stromeinspeisungsgesetz wurde am 1. April 2000 durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz mit verbesserten Vergütungssätzen abgelöst. Rund zwei Drittel der gesamten Vergütung entfällt derzeit auf Strom aus Windenergie und nur 1,4 % auf Fotovoltaik-Strom. Dank der ersten Strom erzeugenden Geothermieanlage Deutschlands wurde 2004 erstmalig 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. Nach Angaben des VDEW [21] wurden von ihnen im Jahr 2004 rd. 33 TWh Strom zur Verfügung gestellt.

Struktur der nach dem EEG vergüteten Strommengen

			¹⁾ 2000	2001	2002	2003	2004
Letztverbrauch gesamt	[GWh]		344.663	464.286	465.346	478.016	487.627
Privilegierter Letztverbrauch ²⁾	[GWh]		-	-	-	6.552	36.865
EEG-Strommenge	GESAMT	[GWh]	10.391	18.145	24.970	28.496	38.511
	Wasserkraft, Gase ⁴⁾	[GWh]		6.088	6.579	5.874	4.616
	Gase ⁴⁾	[GWh]					2.589
	Biomasse	[GWh]		1.472	2.442	3.469	5.241
	Geothermie	[GWh]		-	-	-	0,2
	Windkraft	[GWh]		10.509	15.786	18.859	25.509
	Solare Strahlungsenergie	[GWh]		76	162	294	557
EEG-Quote³⁾	[%]		3,01	3,91	5,37	6,03	8,48
Durchschnittsvergütung	[ct/kWh]		8,50	8,69	8,91	9,14	9,29

zur Änderung des EEG siehe Seite 18

k.A. = keine Angabe

1) Rumpffahr: 01.04.- 31.12.2000

2) Durch die „Besondere Ausgleichsregelung“ (§ 11a EEG) privilegierter Letztverbraucher (seit Juli 2003)

3) Quote für nicht privilegierten Letztverbrauch

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

Quelle: VDN [9]

Das neue EEG

Mit der am 1. August 2004 in Kraft getretenen EEG-Novelle wurden die Rahmenbedingungen für die Einspeisung, Übertragung und Verteilung von Strom aus erneuerbaren Energien deutlich verbessert. Die Novelle gewährleistet zum einen die notwendige Planungs- und Investitionssicherheit für den inländischen Markt, zum anderen dient sie auch der Umsetzung der Richtlinie der EU zur Förderung erneuerbarer Energien im Strombereich vom September 2001.

Basisvergütung für Neuanlagen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz

(ohne Berücksichtigung der Degression für 2005 und 2006)

Sparte	Anlagenleistung	Vergütungsregelung	Vergütungshöhe [ct/kWh]	Leistungsanteil ¹⁾	Laufzeit (Jahre)	Degression ⁶⁾	Bemerkungen	
Wasserkraft	bis 5 MW	§ 6 Absatz 1	9,67	bis 500 kW	30	-	ab 2008 bestimmte Standortbeschränkungen	
			6,65	ab 500 kW bis 5 MW				
	ab 5 MW bis 150 MW	§ 6 Absatz 2	7,67	bis 500 kW	15	1,0%	nur bei Erneuerungen und nur Vergütung der Leistungserhöhung	
			6,65	ab 500 kW bis 10 MW				
			6,1	ab 10 MW bis 20 MW				
			4,56	ab 20 MW bis 50 MW				
			3,7	ab 50 MW bis 150 MW				
Deponiegas, Klärgas, Grubengas	unbegrenzt	§ 7 Absatz 1	7,67	bis 500 kW	20	1,5%	bei Deponie- und Klärgas wird der dem über 5 MW hinausgehende Leistungsanteil zuzurechnende Strom nach dem Marktpreis vergütet	
			6,65	ab 500 kW bis 5 MW				
	unbegrenzt	§ 7 Absatz 2	9,67	bis 500 kW	20	1,5%	beim Einsatz bestimmter innovativer Technologien	
			8,65	ab 500 kW bis 5 MW				
			8,65	Grubengas ab 5 MW				
Biomasse ²⁾	bis 20 MW	§ 8 Absatz 1 Satz 1	11,5	bis 150 kW	20	1,5%		
			9,9	ab 150 bis 500 kW				
			8,9	ab 500 kW bis 5 MW				
				8,4	ab 5 MW bis 20 MW			
				3,9	bis 20 MW			
	bis 20 MW	§ 8 Absatz 1 Satz 2		17,5	bis 150 kW	20	1,5% ³⁾	Absatz 2 gilt nur bei besonderen Einsatzstoffen (Nachwachsende Rohstoffe)
				15,9	ab 150 kW bis 500 kW			
	bis 20 MW	§ 8 Absatz 2 Satz 1		12,9	ab 500 kW bis 5 MW	20	1,5% ³⁾	Absatz 2 Satz 2 gilt bei der Verbrennung von Holz im Sinne des Satzes 1
				17,5	bis 150 kW			
	bis 20 MW	§ 8 Absatz 2 Satz 2		15,9	ab 150 kW bis 500 kW	20	1,5% ³⁾	
11,4				ab 500 kW bis 5 MW				
bis 20 MW	§ 8 Absatz 3		13,5	bis 150 kW	20	1,5% ⁴⁾	Absatz 3 gilt für den im sogenannten gekoppelten Betrieb erzeugten Strom aus Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen	
			11,9	ab 150 kW bis 500 kW				
			10,9	ab 500 kW bis 5 MW				
			10,4	ab 5 MW bis 20 MW				
			13,5	bis 150 kW				
bis 20 MW	§ 8 Absatz 4		11,9	ab 150 kW bis 500 kW	20	1,5% ⁵⁾	Absatz 4 gilt für den gesamten Strom aus Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen beim Einsatz bestimmter innovativer Technologien	
			10,9	ab 500 kW bis 5 MW				

1) Leistung im Sinne von § 12 Absatz 2.

2) Bei Biomasse sind weitere Kombinationen nach den Absätzen 2 bis 4 in § 8 möglich, die hier nicht dargestellt sind.

3) Die Degression bezieht sich nur auf die Grundvergütung nach Absatz 1, nicht auf den Bonus nach Absatz 2.

4) Die Degression bezieht sich nur auf die Grundvergütung nach Absatz 1, nicht auf den Bonus nach Absatz 3.

5) Die Degression bezieht sich nur auf die Grundvergütung nach Absatz 1, nicht auf den Bonus nach Absatz 4.

6) Die Höhe der Vergütung ist auch abhängig vom Jahr der Inbetriebnahme. Sie wird für neu in Betrieb genommene Anlagen jährlich gesenkt (Degression). Damit besteht ein kontinuierlicher Anreiz zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung.

Sparte	Anlagenleistung	Vergütungsregelung	Vergütungshöhe (ct/kWh)	Leistungsbereich	Laufzeit (Jahre)	Degression ¹⁾	Bemerkungen
Geothermie	unbegrenzt	§ 9 Absatz 1	15	bis 5 MW	20	1% ab 2010	
			14	ab 5 MW bis 10 MW			
			8,95	ab 10 MW bis 20 MW			
			7,16	ab 20 MW			
Windenergie an Land		§ 10 Absatz 1	8,7 ²⁾ bzw. 5,5 ³⁾		20	2%	je nach Referenzertrag der Anlage wird der erhöhte Vergütungssatz über 5 bis 20 Jahre gewährt
Windenergie-Offshore		§ 10 Absatz 3	9,10 ²⁾ bzw. 6,19 ³⁾		20	2% ab 2008	der erhöhte Anfangsvergütungssatz wird bei Inbetriebnahme vor 2011 gezahlt; er wird je nach Standort über 12 bis 20 Jahre gewährt
Solare Strahlungsenergie	auf oder an Gebäuden bzw. Lärmschutzwänden	§ 11 Absatz 2	57,4	bis 30 kW	20	5%	
			54,6	ab 30 kW bis 100 kW			
			54	ab 100 kW			
	Fassadenintegrierte Anlagen	§ 11 Absatz 2 Satz 2	62,4	bis 30 kW	20	5% ⁴⁾	
			59,6	ab 30 kW bis 100 kW			
sonstige Anlagen	§ 11 Absatz 1	45,7		20	5% ab 2005, 6,5% ab 2006	es sind bestimmte Standortkriterien zu erfüllen	

- 1) Die Höhe der Vergütung ist auch abhängig vom Jahr der Inbetriebnahme. Sie wird für neu in Betrieb genommene Anlagen jährlich gesenkt (Degression). Damit besteht ein kontinuierlicher Anreiz zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung.
- 2) Anfangsvergütung
- 3) Endvergütung
- 4) Die Degression bezieht sich nur auf die Grundvergütung, nicht auf den Bonus nach Absatz 2 Satz 2.

Quelle: BMU [12]

Die Vergütungen werden bei größeren Anlagen jeweils anteilig nach den Vergütungsstufen gezahlt (§ 12 Absatz 2). Eine detaillierte Übersicht über die Vergütung für Anlagen, die zwischen 2004 bis 2013 in Betrieb gehen, sowie viele Berechnungsbeispiele stehen auf der Themenseite des BMU www.erneuerbare-energien.de als Download [64] zur Verfügung.

Nach fünf Jahren EEG kann eine erfolgreiche Bilanz gezogen werden: Seit Einführung des Gesetzes ist die eingespeiste und vergütete Strommenge aus erneuerbaren Energien von rd. 8 Terawattstunden (TWh) Ende 1999 auf rd. 38,5 TWh im Jahr 2004 angestiegen. Damit erhöhte sich der insgesamt aus erneuerbaren Energien erzeugte Strom von rd. 30 TWh (Ende 1999) auf rd. 56 TWh. Der Beitrag von Biomasse zur Elektrizitätserzeugung hat sich seitdem mehr als verdreifacht, Windstrom hat sich nahezu verfünffacht, und die solare Stromproduktion ist um den Faktor 10 gewachsen. Durch die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wurden 2004 die Emissionen von knapp 53 Millionen Tonnen des klimaschädlichen Kohlendioxids vermieden, der Großteil davon aufgrund des EEG. Damit gehört das EEG zu den wichtigsten deutschen Klimaschutzinstrumenten.

Das Marktanreizprogramm

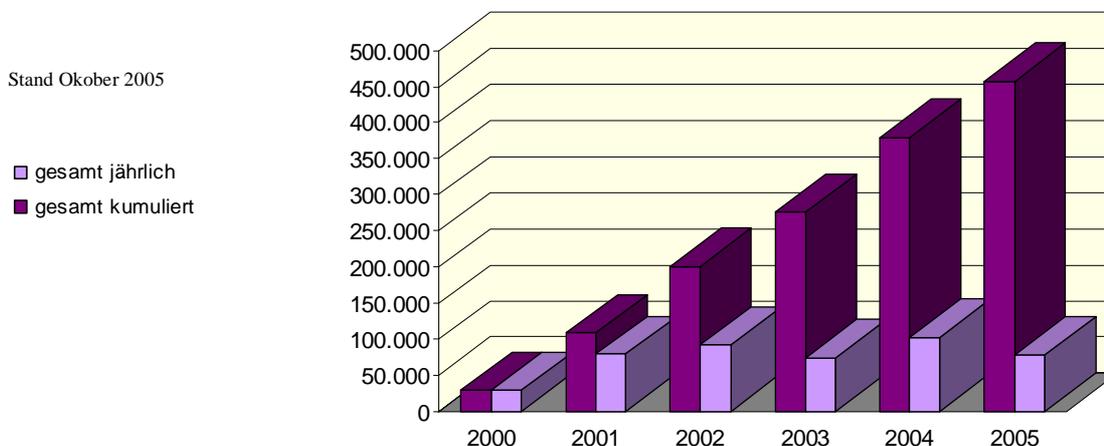
Mit dem Marktanreizprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien, das im Zusammenhang mit dem Aufkommen aus der Ökologischen Steuerreform finanziert wird, werden die Errichtung von Anlagen zur Erzeugung von Wärme und/oder Strom aus erneuerbaren Energien unterstützt. Besondere Bedeutung besitzt das Programm für die Markteinführung der Wärme erzeugenden Technologien. So wurden bisher rd. 400.000 geförderte Solarkollektoranlagen mit einer Fläche von 3,6 Mio. Quadratmetern und rd. 54.000 kleine Biomassekessel installiert

Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) gewährte ergänzend bei Biogasanlagen, größeren Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse, Anlagen zur Nutzung der Tiefengeothermie und kleineren Wasserkraftanlagen Förderdarlehen, die zum Teil aus dem Programm mit Teilschulderlassen zusätzlich verbilligt wurden. Es wurden 2.294 Darlehen in einer Höhe über 655 Mio. Euro zugesagt. Insgesamt wurden aus dem Marktanreizprogramm seit dem Programmstart im Jahr 1999 mehr als 456.000 Investitionsvorhaben zur Nutzung erneuerbarer Energien gefördert.

Mit den ausgereichten Mitteln in Höhe von 557 Mio. Euro wurde seit Programmbeginn 2000 bis Ende Oktober 2005 ein Investitionsvolumen von insgesamt rd. 4 Mrd. Euro, davon rd. 3,1 Mrd. Euro für Solarkollektoren und 0,9 Mrd. Euro für kleine Biomasseanlagen angeschoben.

Im Jahr 2005 flossen vom kalkulatorischen Aufkommen aus der Besteuerung des Stroms aus erneuerbaren Energien in der Höhe von 548 Mio. Euro rund ein Drittel in das Marktanreizprogramm. Ab Juli 2005 gelten neue Förderrichtlinien zum Marktanreizprogramm (s. Seite 16).

Anzahl der durch Investitionskostenzuschüsse geförderten Anlagen



Biokraftstoffe

Seit dem 1. Januar 2004 sind in Deutschland neben den bereits vorher von der Mineralölsteuer freigestellten biogenen Reinkraftstoffen im Rahmen der Ökologischen Steuerreform auch biogene Mischungsanteile z. B. von Biodiesel, Bioethanol oder Bio-ETBE in fossilen Kraft- und Bioheizstoffen von der Mineralölsteuer befreit.

Unmittelbar danach begann die Mineralölwirtschaft in nennenswertem Umfang Biodiesel bis zur zulässigen Höchstgrenze von 5 % dem fossilen Dieselmotorkraftstoff beizumischen. Im Jahr 2004 lag der Anteil der Biokraftstoffe an der Kraftstoffversorgung bei ca. 1,6 % und stieg damit gegenüber dem Vorjahrwert von ca. 1,2 % erheblich. Deutschland ist weltweit der größte Biodieselersteller. Die Anlagenkapazität zur Herstellung von Biodiesel hat sich in den letzten 10 Jahren verzehnfacht. Im Vergleich zu Biodiesel war die Bedeutung von Bioethanol als Kraftstoff mit einem Absatz von 65.000 Tonnen im vergangenen Jahr noch gering. Doch die Bedeutung von Bioethanol als Kraftstoff wird steigen: Produktionsanlagen mit einer Kapazität von mehreren hundert tausend Jahrestonnen sind in Bau oder inzwischen in Betrieb.

Forschung und Entwicklung im Bereich Erneuerbare Energie

Forschung und Entwicklung der erneuerbaren Energien-Technologien werden flankierend zu den anderen Maßnahmen wie dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) oder dem Marktanzreizprogramm gefördert. Die erforderlichen Kostensenkungen und die im EEG festgelegte Degression der Vergütungssätze für regenerativen Strom müssen unter anderem durch technische Innovationen erreicht werden.

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

Schwerpunkte der Forschungsförderung

Ziele und Schwerpunkte der Forschungsförderung sind

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

Im Jahr 2005 wurden in den Bereichen Fotovoltaik, Wind, Geothermie, Niedertemperatur-Solarthermie, solarthermische Kraftwerke sowie Gesamtstrategie und übergeordnete Fragen insgesamt 102 neue Vorhaben mit einem Gesamtvolumen von über 98,019 Mio. Euro bewilligt.

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

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

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

Bewilligte, laufende und abgeschlossene Projekte 2005

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

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

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

Langfristiges Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom- und Wärmeerzeugung sowie Kraftstoffe

	Nutzung	Potenziale		Kommentare
	2004	Ertrag	Leistung	
Stromerzeugung	[TWh]	[TWh/a]	[MW]	
Wasserkraft	21,0	24	5.200	Laufwasser und natürlicher Zufluss zu Speichern
Windenergie				
an Land	25,5	55	25.000	
Offshore	-	110	30.000	
Biomasse	9,4	60	10.000	Erzeugung teilweise in Kraft-Wärme-Kopplung
Fotovoltaik	0,6	105	115.000 ¹⁾	nur geeignete Dach-, Fassaden- und Siedlungsflächen
Geothermie	0,002	200	30.000	Bandbreite 66 - 290 TWh je nach Anforderungen an eine Wärmenutzung (Kraft-Wärme-Kopplung)
Summe	56,4	554		
Anteil bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2004	9,4%	94%		

	[TWh]	[TWh/a]	
Wärmerzeugung			
Biomasse	59,8	200	einschließlich Nutzwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung
Geothermie	1,6	330	nur Energiebereitstellung aus hydrothermalen Quellen
Solarthermie	2,6	290	nur geeignete Dach- und Siedlungsflächen
Summe	63,9	820	
Anteil bezogen auf Endenergieverbrauch für Wärme²⁾ 2003	4,2%	55%	

	[TWh]	[TWh/a]
Kraftstoffe		
Biomasse	11,3	60
Summe	11,3	60
Anteil bezogen auf den Kraftstoffverbrauch 2004	1,6%	8%

Anteil bezogen auf den Endenergieverbrauch 2004	5,1%	56%
--	-------------	------------

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

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

2) Raumwärme, Warmwasser- und sonstige Prozesswärme

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

Aufgrund unterschiedlicher Annahmen zur Verfügbarkeit geeigneter Standorte, zu den technischen Eigenschaften der Nutzungstechnologien und weiteren Faktoren können die Ergebnisse von Potenzialabschätzungen sehr stark streuen. Die hier angegebenen Orientierungswerte berücksichtigen insbesondere auch die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes und stellen somit eher eine Untergrenze des technisch erschließbaren Potenzials dar.

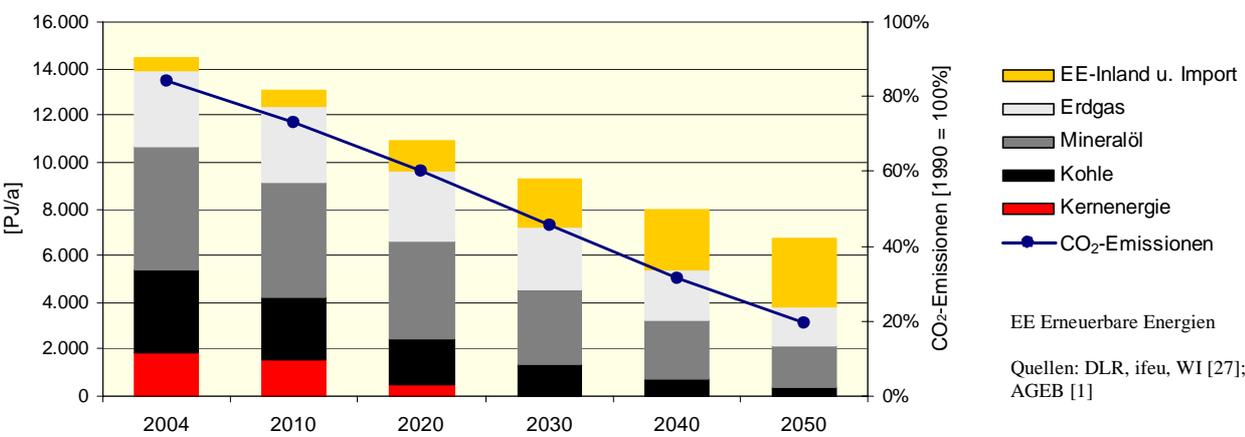
Die energetische Nutzung von Biomasse weist eine hohe Flexibilität auf. Je nach Erfordernis kann sich deshalb die prozentuale Zuordnung auf die Bereiche Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereitstellung verändern. Dies gilt insbesondere für den Anbau von Energiepflanzen (hier auf der Basis einer Anbaufläche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



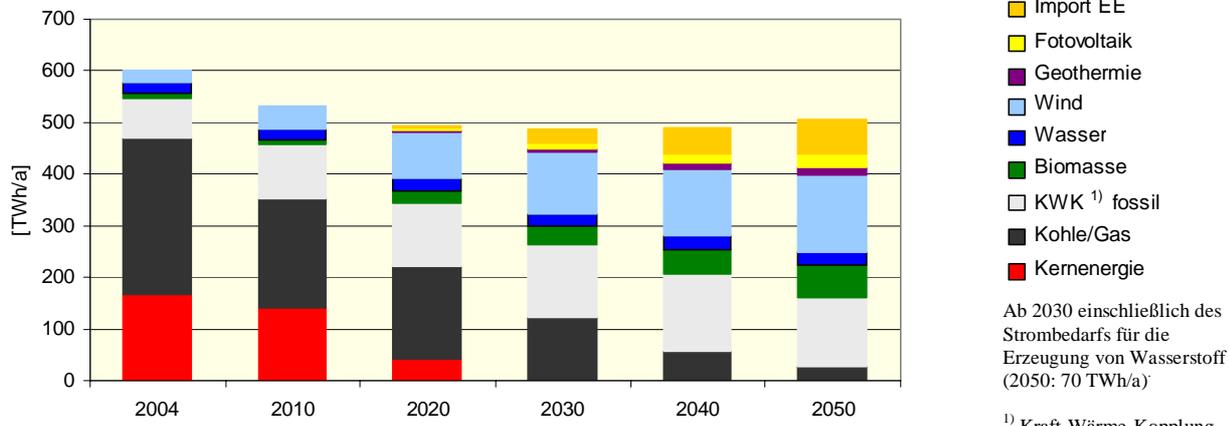
Szenario zum ökologisch optimierten Ausbau erneuerbarer Energien

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

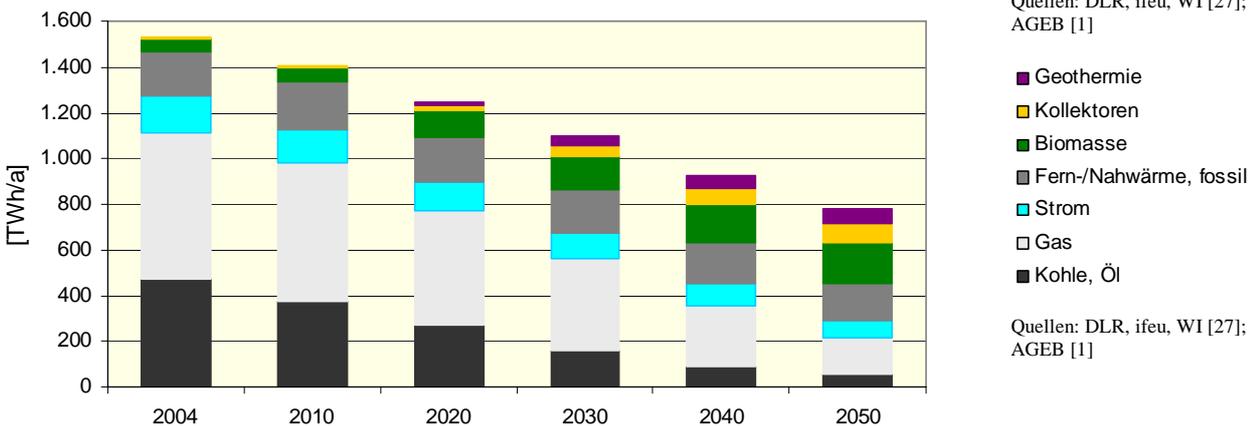
Entwicklung des Primärenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2050



Entwicklung der Stromerzeugung bis zum Jahr 2050



Entwicklung der Wärmebereitstellung bis zum Jahr 2050



Europa: Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch von 1990 bis 2004

Seit 1997 arbeitet die EU-15 auf das Ziel hin, bis zum Jahr 2010 bei den erneuerbaren Energien einen Anteil von 12 % am Bruttoinlandsverbrauch zu erreichen. Mit der Richtlinie 2001/77/EG der Europäischen Kommission wurde ein weiteres als Leitwert dienendes Ziel festgelegt: die Steigerung des Anteils des Stroms aus erneuerbaren Energien am gesamten Stromverbrauch in der EU-15 bis zum Jahr 2010 auf 22 %. Mit der EU-Erweiterung am 1. Mai 2004 haben die neuen Mitgliedsstaaten die Richtlinie 2001/77/EG anerkannt, und die nationalen Zielwerte wurden festgelegt. Hieraus ergibt sich für die EU-25 ein Richtwert von 21 % am Stromverbrauch bis zum Jahr 2010. Die Entwicklung der erneuerbaren Energien in Europa, ergänzt um einen weltweiten Überblick, wird auf den folgenden Seiten dargestellt.

Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch

Fehlende Werte 2004 durch Vorjahreswerte ersetzt

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

Quellen:
nach Eurostat [34]; IEA [31]

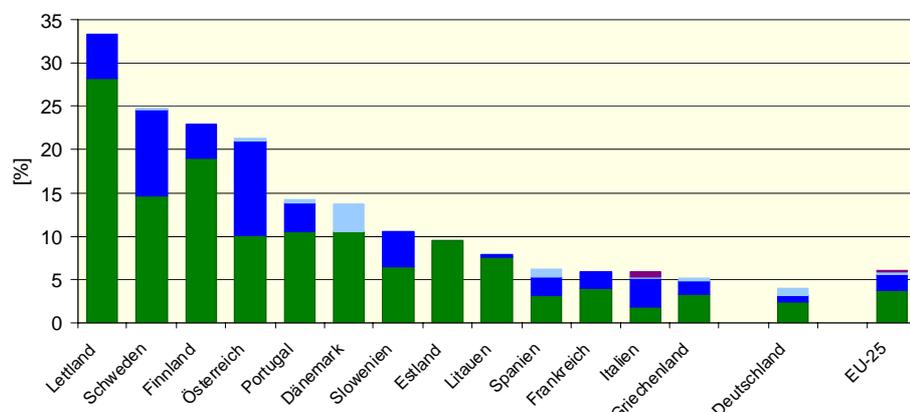
	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	¹⁾ 2003	¹⁾ 2004
	[%]										
Belgien	1,4	1,4	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,6	1,9	1,5
Dänemark	6,7	7,6	7,2	8,3	8,7	9,6	10,7	11,1	12,3	13,3	13,7
Deutschland	1,6	1,9	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	2,8	3,1	3,4	3,9
Finnland	19,2	21,3	19,8	20,6	21,8	22,1	24,0	22,7	22,2	21,2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

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

- Geothermie
- Windenergie
- Wasserkraft
- Biomasse

restliche EU-Länder: Anteil am Primärenergieverbrauch < 5%

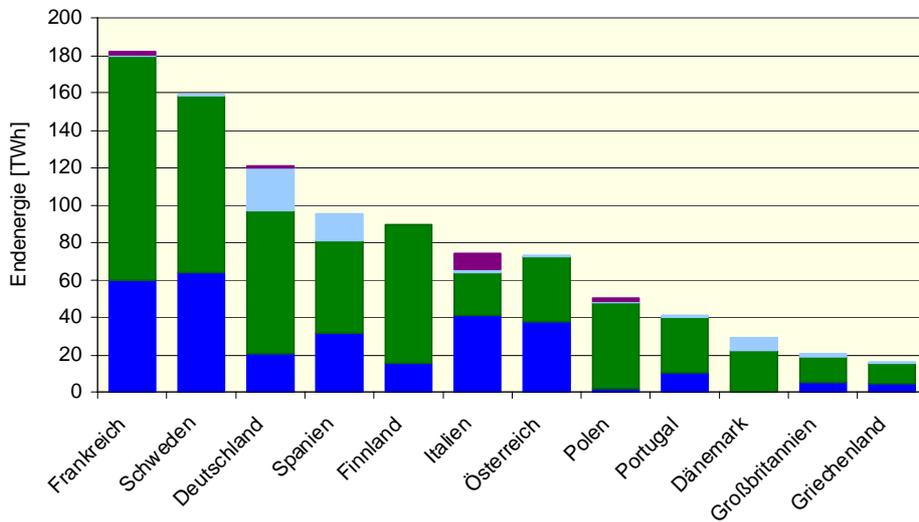
Quellen:
ZSW [3] (nach den einzelnen für die EU angegebenen Quellen)



Die in europäischen und internationalen Statistiken angegebenen Daten zur Energiebereitstellung und -nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland weichen zum Teil von den Angaben deutscher Quellen ab. Neben der unterschiedlichen Datenherkunft spielen hierbei auch abweichende Bilanzierungsmethoden eine Rolle (s. a. Anhang Abs. 8).

Im Teil „Europa“ werden aus Konsistenzgründen für Deutschland die Daten aus den internationalen Statistiken übernommen. Die detaillierteren Angaben der nationalen Quellen auf den vorangehenden Seiten sind jedoch i.d.R. belastbarer.

Nutzung erneuerbarer Energien in ausgewählten EU-Ländern im Jahr 2004



■ Geothermie
■ Windenergie
■ Wasserkraft
■ Biomasse

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

Quellen:
siehe nachfolgende Tabelle

Nutzung erneuerbarer Energien in der EU im Jahr 2004

	Bio- masse ¹⁾	Wasser- kraft ²⁾	Wind- energie	Geo- thermie ³⁾	Summe
Endenergie [TWh]					
Belgien	6,4	0,3	0,13	0,01	6,9
Dänemark	22,2	0,0	6,56	0,02	28,8
Deutschland	76,3	20,6	22,64	1,56	121,1
Finnland	74,2	14,9	0,12	-	89,3
Frankreich	119,9	59,7	0,59	1,53	181,7
Griechenland	10,7	4,6	1,10	0,01	16,5
Großbritannien	13,4	5,0	1,71	0,01	20,1
Irland	1,8	0,6	0,50	-	3,0
Italien	22,9	41,3	1,84	7,96	73,9
Luxemburg	0,3	0,1	0,04	-	0,4
Niederlande	5,5	0,1	2,45	-	8,0
Österreich	34,6	37,4	0,92	0,23	73,1
Portugal	30,1	9,9	0,62	0,10	40,7
Schweden	94,3	64,2	0,77	-	159,3
Spanien	49,6	31,6	14,00	0,09	95,2
EU-15	562,1	290,4	53,99	11,52	918,0
Estland	4,8	0,006	0,02	-	4,9
Lettland	11,8	2,1	0,04	-	14,0
Litauen	6,9	0,3	-	-	7,2
Malta	-	-	-	-	-
Polen	45,9	2,1	0,14	1,70	49,8
Slowakei	3,6	4,1	-	0,02	7,6
Slowenien	5,1	3,1	-	-	8,2
Tschech. Rep.	10,7	2,0	0,002	-	12,7
Ungarn	9,5	0,2	0,01	0,95	10,7
Zypern	0,1	-	-	-	0,1
EU-25	660,5	304,3	54,20	14,19	1.041,0 ⁶⁾

Endenergie [PJ]					
EU-25	2.377,9	1.095,5	195,11	51,08	3.747,5 ⁶⁾

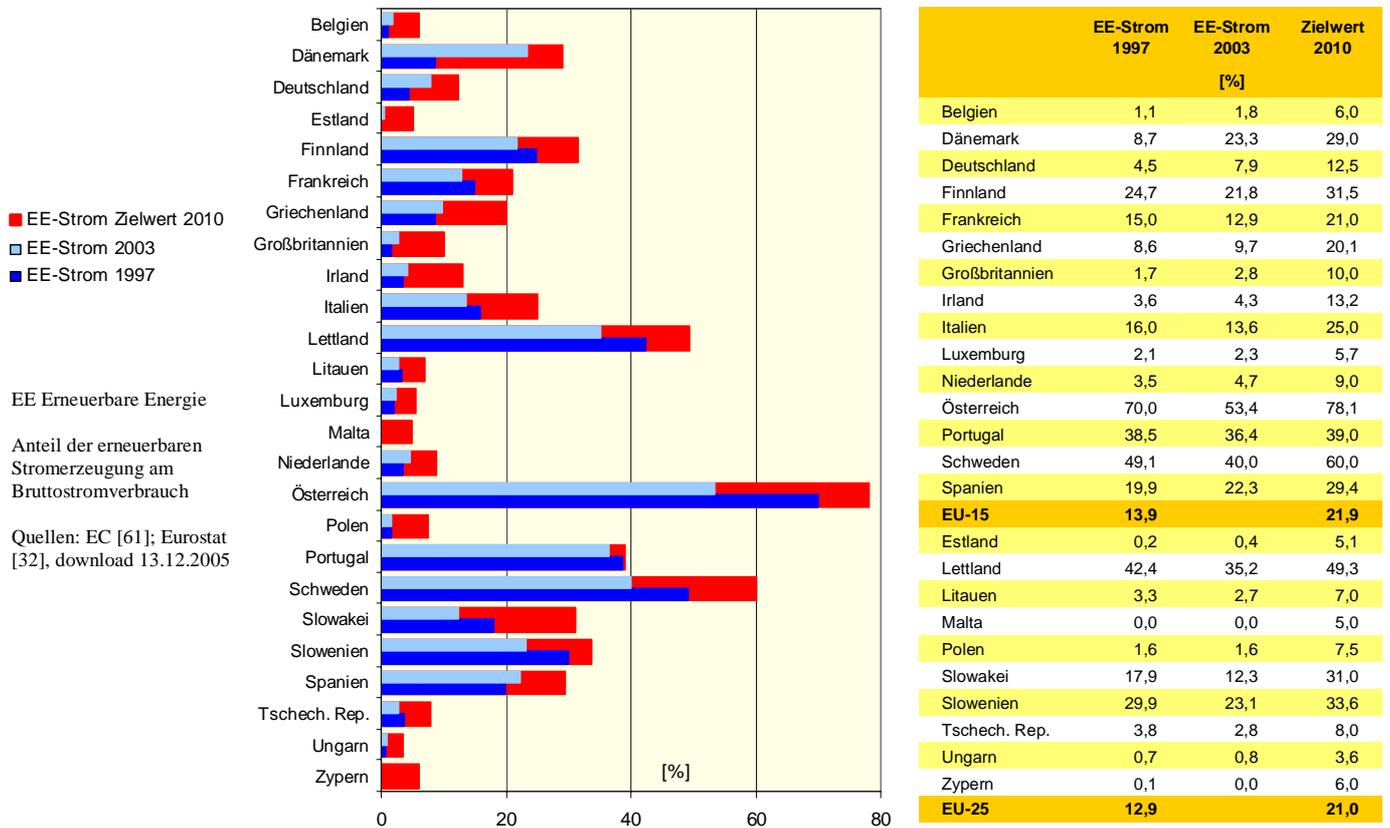
Fläche/ Installierte Leistung im Jahr 2004

Solar- thermie ⁴⁾	Foto- voltaik ⁵⁾
[1.000 m ²]	[MW _{th}]
52,0	36,4
328,4	229,9
6.199,0	4.339,3
12,3	8,6
792,5	554,8
2.826,7	1.978,7
176,2	123,3
7,6	5,3
457,7	320,4
11,50	8,1
503,8	352,7
2.399,8	1.679,9
109,2	76,4
224,8	157,3
440,2	308,1
14.541,6	10.179,2
0,6	0,4
1,7	1,2
1,7	1,2
15,4	10,8
94,6	66,2
56,8	39,7
101,5	71,1
50,0	35,0
48,0	33,6
450,2	315,1
15.361,8	10.753,5
	1.004.063

- 1) Strom- und Wärmeerzeugung aus fester Biomasse, Biogas und dem biogenen Anteil des Abfalls und Biokraftstoffe; Werte für Wärmeerzeugung z. T. aus dem Jahr 2003 ebenso fehlende Daten für die neuen EU-Mitgliedsstaaten.
- 2) fehlende Werte für EU-Beitrittsländer durch Vorjahreswerte ersetzt; für Pumpspeicherkraftwerke nur Erzeugung aus natürlichem Zufluss
- 3) Wärme- und Stromerzeugung; Stromerzeugung in Italien mit 5,4 TWh, Portugal 0,08 TWh, Frankreich 0,02 TWh, Österreich 0,003 TWh. In Deutschland wurden im Jahr 2003 erstmals geothermischer Strom produziert.
- 4) verglaste und unverglaste Kollektoren; Konversionsfaktor 0,7 kWh/m²
- 5) Fotovoltaik einschließlich Anlagen in Übersee-Departements
- 6) Summe beinhaltet 7,1 TWh (25,6 PJ) aus Solarthermie und 0,66 TWh (2,4 PJ) aus Fotovoltaik

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

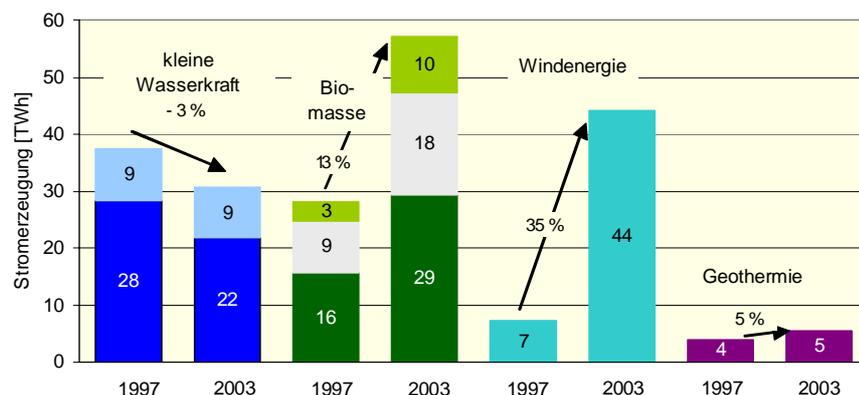
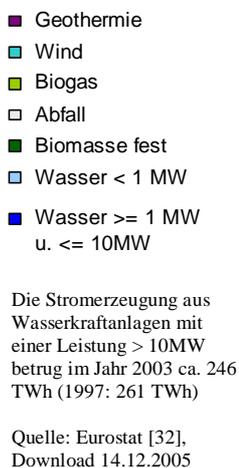
Förderung von Strom aus erneuerbaren Energien im europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt



Im Oktober 2001 ist die Richtlinie zur Förderung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen im europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt in Kraft getreten. Ziel der Gemeinschaft: Erhöhung des Anteils regenerativer Quellen an der Stromerzeugung von 14 % im Jahre 1997 auf 22 % bis 2010 in der EU-15 bzw. 21 % in der EU-25. Die EU-Kommission hat in einem Bericht vom Mai 2004 festgestellt, dass neben Deutschland lediglich Dänemark, Spanien und Finnland auf gutem Weg sind, ihre nationalen Ziele zu erreichen; dies heißt für Deutschland 12,5 % in 2010 bei gegenwärtig 9,4 % (2004) Anteil am gesamten Stromverbrauch.

Der EU-Energieministerrat hat im November 2004 die Kommission zu Vorschlägen für Ziele bei den erneuerbaren Energien nach 2010 aufgefordert, damit er darüber im Jahr 2007 entscheiden kann und dadurch ein Signal für Investitionssicherheit in der gesamten Branche gesetzt wird.

Durchschnittliche Wachstumsraten Erneuerbaren Energien in der EU-15



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

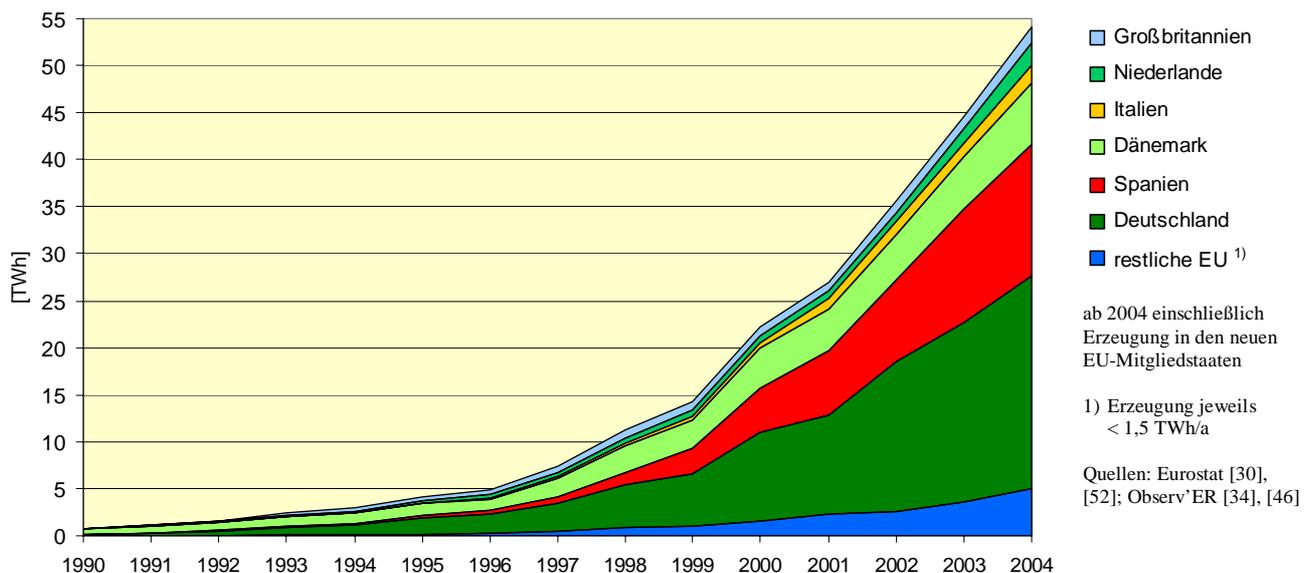
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003 ¹⁾	2004 ¹⁾
	[TWh]														
Biomasse ²⁾	16,6	17,3	18,0	19,4	21,2	23,6	24,4	28,0	31,5	35,0	39,3	39,5	48,4	57,2	55,1
Wasserkraft ³⁾	257,2	264,3	282,5	286,9	295,1	288,8	287,5	294,3	302,1	300,8	316,2	335,7	277,6	276,6	290,4
Windenergie	0,8	1,1	1,6	2,4	3,0	4,1	4,9	7,3	11,3	14,2	22,3	27,0	35,6	44,6	54,0
Geothermie	3,2	3,2	3,5	3,7	3,4	3,4	3,8	3,9	4,3	4,5	4,8	4,6	4,8	5,4	5,5
Fotovoltaik	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,05	0,06	0,08	0,09	0,12	0,18	0,26	0,40	0,66
Summe	277,8	285,9	305,6	312,3	322,7	319,9	320,6	333,7	349,2	354,6	382,8	407,0	366,6	384,3	405,6
Anteil EE⁴⁾ an Bruttostromverbrauch [%]	13,3	12,8	13,6	13,9	14,1	13,6	13,3	13,7	13,9	13,9	14,5	15,0	13,4	13,7	14,6

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

Quellen:
 Biomasse: Eurostat Database [32], download 13.12.2005; IEA [31]
 Wasserkraft: EIA [33]; IEA [31]
 Windenergie: Observ'ER [34], [46]; Eurostat [52]
 Geothermie: IEA [31]; Systèmes Solaires [39]
 Fotovoltaik: BSi [10]; IEA [31]; DGEMP [54], [66]; Fanger [57]
 Anteil EE: ZSW [3]

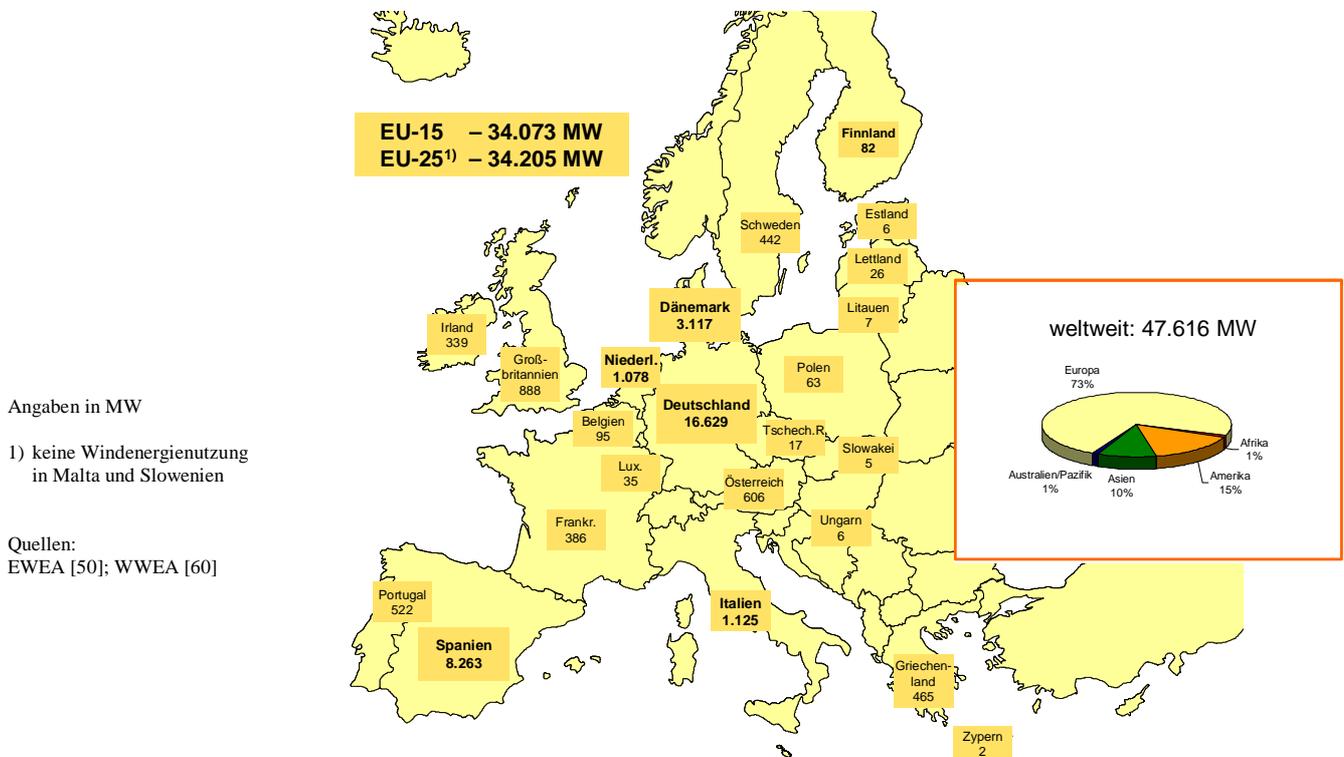
Die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien hat sich in der EU-15 seit dem Jahr 1997 um durchschnittlich 3 % p.a. auf 405,6 TWh im Jahr 2004 erhöht und trägt 14,6 % zur Strombereitstellung bei. Der bisherige Anstieg ist vor allem auf die Entwicklung in zwei Sparten der Erneuerbaren Energien zurückzuführen: die Windenergie mit einem durchschnittlichen Wachstum von 35 % p.a. und die Biomassenutzung zur Stromerzeugung mit 13 %. Um bis zum Jahr 2010 22 % des gesamten Bruttostromverbrauchs durch regenerative Quellen substituieren zu können, ist es erforderlich, dass auch angemessene Wachstumsraten in den anderen Sparten zu verzeichnen sind. Eine Zielerreichung wird nur im optimalen Zusammenspiel aller regenerativen Energiequellen möglich sein.

Stromerzeugung aus Windenergie in der EU von 1990 bis 2004

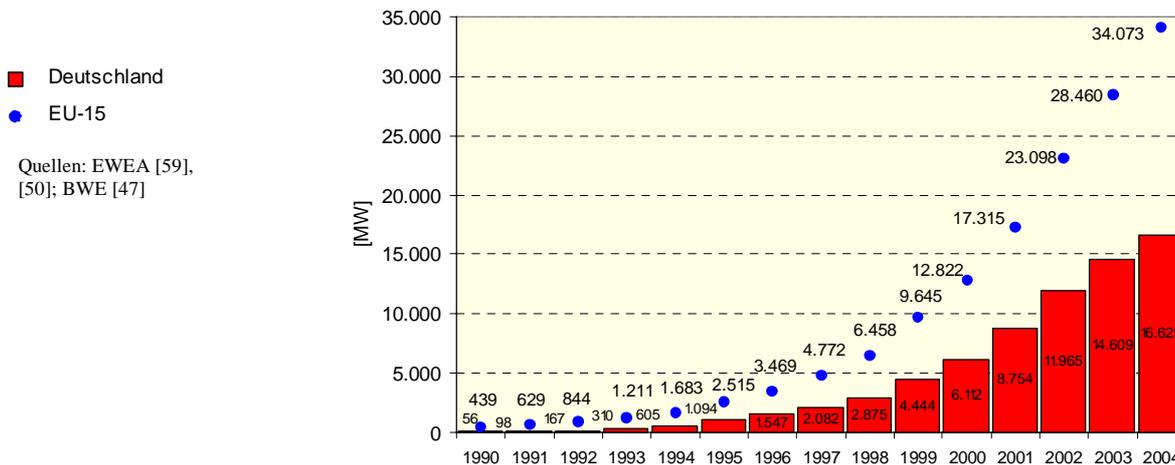


In den EU-Beitrittsländern besteht nur in Polen (63 MW), Lettland (26 MW) und der Tschechischen Republik (17 MW) ein nennenswerter Markt für Windenergieanlagen. Im Jahr 2004 wurden in den neuen Mitgliedsstaaten insgesamt etwa 200 GWh (2003: 178 GWh) Strom aus Wind erzeugt.

Gesamte installierte Windleistung in der EU Ende 2004



Entwicklung der installierten Windleistung in der EU-15 von 1990 bis 2004



Die Windenergienutzung hat in den vergangenen Jahren besonders in den Ländern der EU-15 einen sehr dynamischen Aufschwung genommen. Zunächst in Dänemark, seit Beginn der 1990er Jahre vor allem in Deutschland und später auch in Spanien und einigen anderen Ländern. Die installierte Leistung in der EU hat sich allein in den vergangenen fünf Jahren auf über 34.000 MW mehr als verdoppelt. Mehr als die Hälfte davon entfällt auf Deutschland. Weltweit sind annähernd 48.000 MW installiert, davon mehr als ein Drittel in Deutschland.



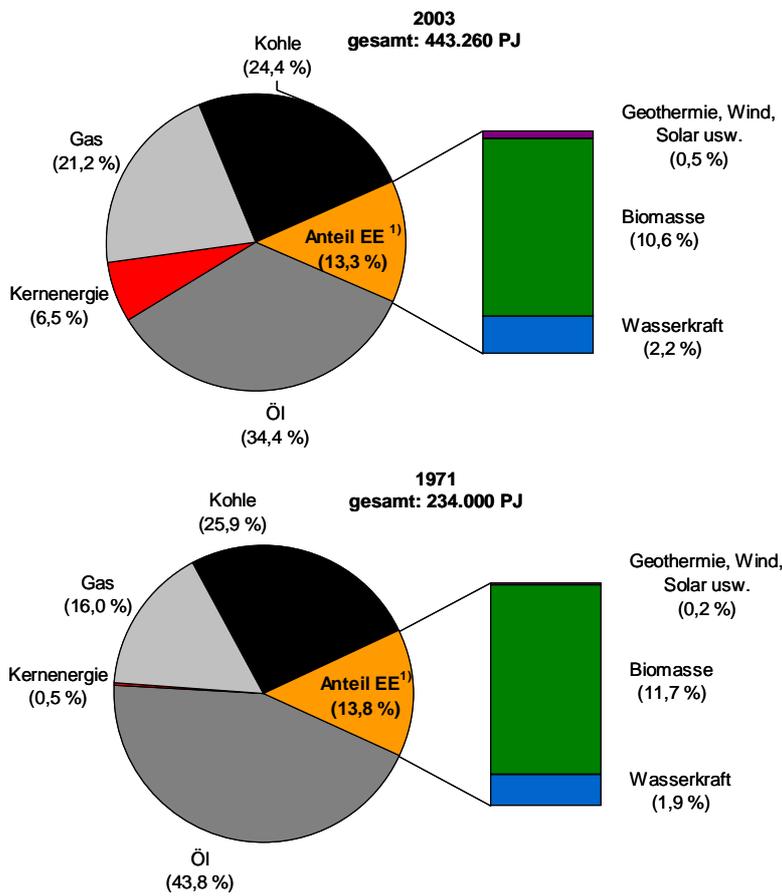
Weltweite Nutzung erneuerbarer Energien

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

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

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

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

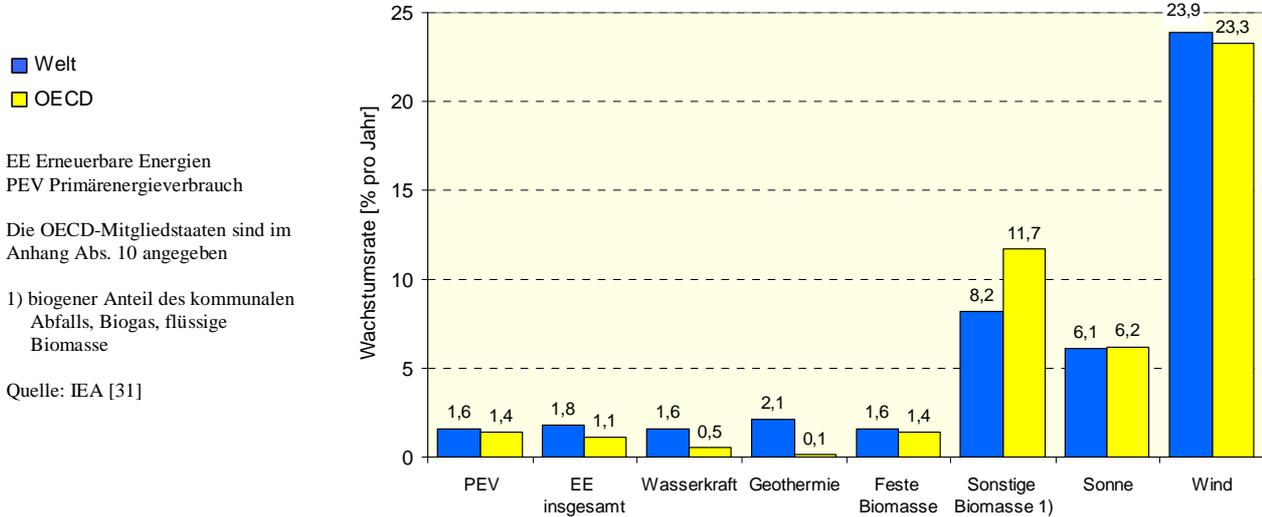


1) EE Erneuerbare Energien

Quellen: IEA [31]; [23]

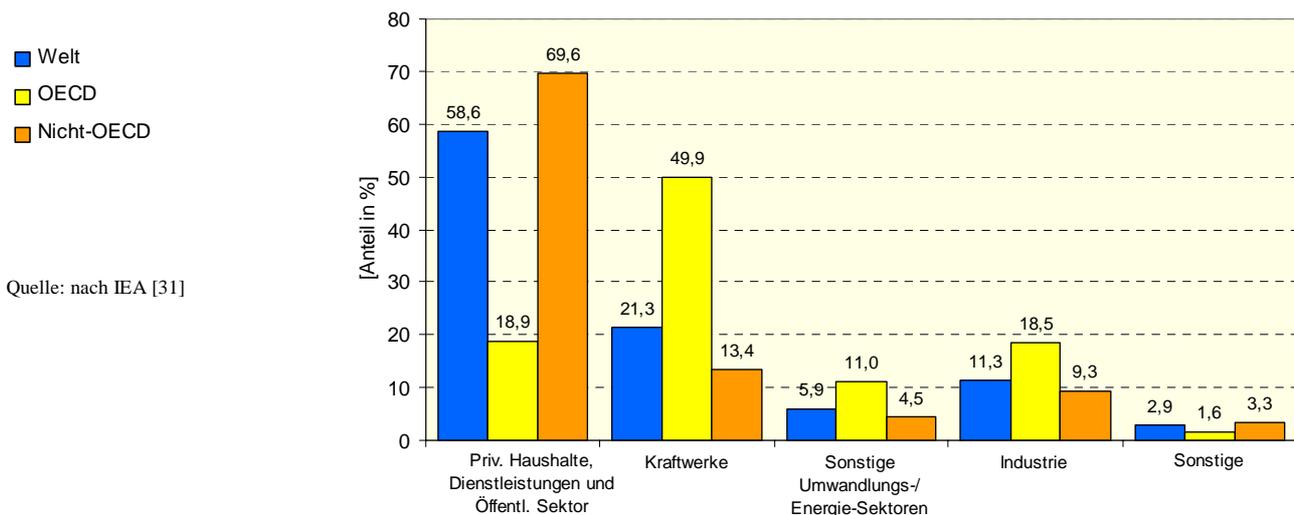
Entsprechend internationaler Vereinbarungen wird Elektrizität aus Kernenergie primärenergetisch mit einer durchschnittlichen Umwandlungseffizienz von 33 % bewertet. Bei Elektrizität aus Wasserkraft werden hingegen näherungsweise 100 % angesetzt. Dadurch ergibt sich für den Anteil der Kernenergie am Primärenergieverbrauch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

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



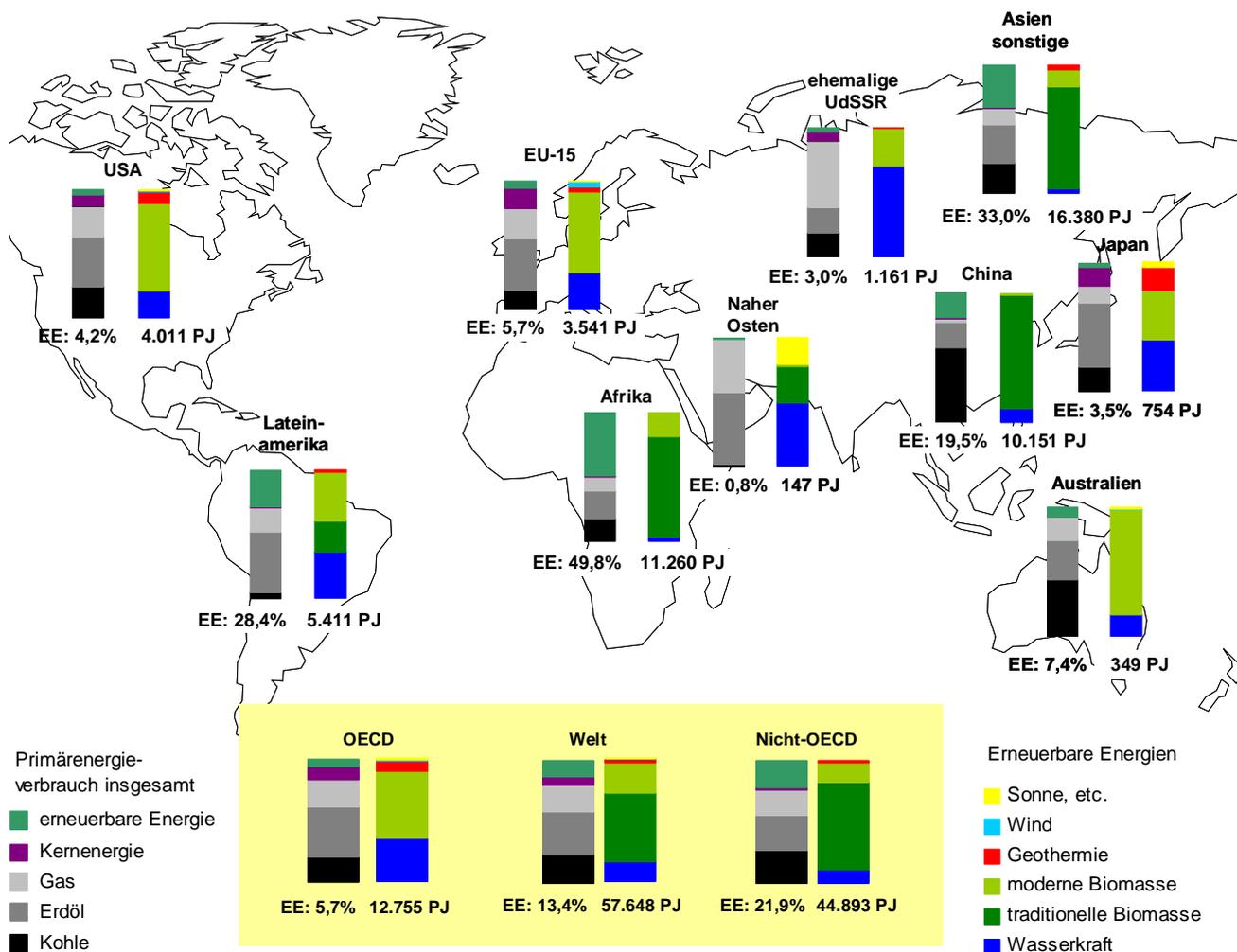
Vor dem Hintergrund verschiedener Klimaschutzziele, u.a. denen des Kyoto-Protokolls, ist die Entwicklung der erneuerbaren Energien seit dem Jahr 1990 von besonderem Interesse. Seither ist es jedoch nicht gelungen, ihren Stellenwert in der Energieversorgung deutlich zu erhöhen. Zwar stieg die Energiebereitstellung bis zum Jahr 2003 weltweit um durchschnittlich 1,8 % p.a., das Wachstum lag jedoch nur geringfügig über dem des gesamten Primärenergieverbrauchs von 1,6 % p.a. In den westlichen Industrieländern (OECD) ging der Beitrag erneuerbarer Energien sogar von 5,9 % im Jahr 1990 auf 5,6 % im Jahr 2003 zurück.

Struktur der Nutzung erneuerbarer Energien nach Anwendungsbereichen im Jahr 2003



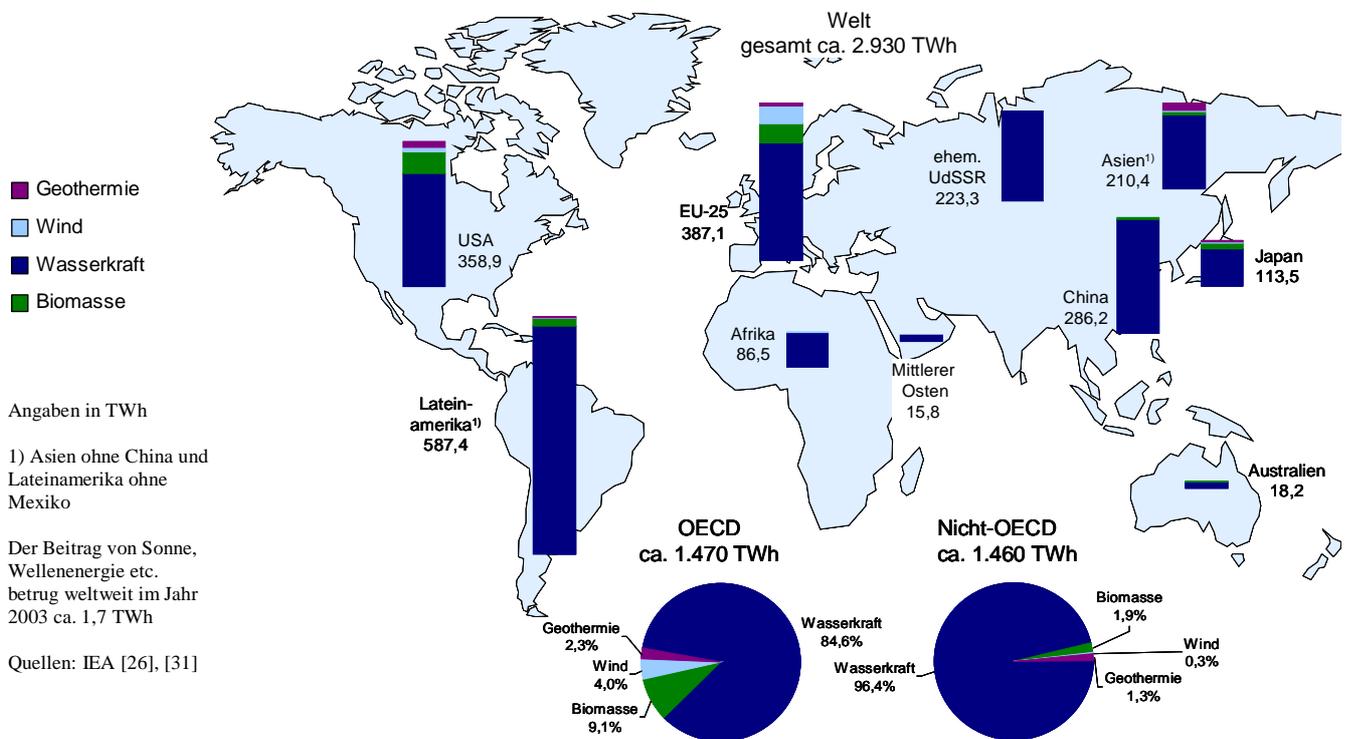
Weltweit werden heute etwa 60 % der erneuerbaren Energien zur Wärmebereitstellung in privaten Haushalten sowie im öffentlichen Sektor und im Dienstleistungssektor genutzt. Im Wesentlichen handelt es sich hierbei um Holz und Holzkohle. Den zweiten wichtigen Anwendungsbereich stellt die Stromerzeugung dar. Allerdings bestehen erhebliche regionale Unterschiede: Während in den westlichen Industrieländern (OECD) die Hälfte der erneuerbaren Energien der Stromerzeugung dient, sind es in den Nicht-OECD-Ländern nur 13,4 %. Entsprechend groß ist hier mit etwa 70 % der Anteil zur dezentralen Wärmebereitstellung, der in den OECD-Ländern nur rund 19 % beträgt.

Anteile erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch in verschiedenen Regionen im Jahr 2002

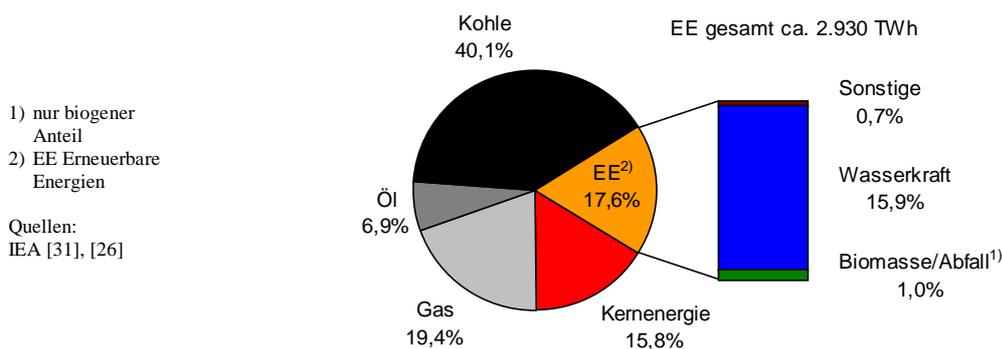


Besonders hoch ist der Anteil der allgemein als erneuerbar bezeichneten Energieformen in Afrika. Ursächlich ist hierfür die traditionelle Nutzung von Biomasse, die jedoch über weite Strecken nicht nachhaltig ist. Einfache Formen des Kochens und Heizens haben Gesundheitsschäden durch offenes Feuer sowie die hier vielfach irreversible Abholzung der Wälder zur Folge. Die 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. Die erfolgreiche Bekämpfung der Armut ist eine Grundvoraussetzung für den Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung.

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in verschiedenen Regionen im Jahr 2003



Anteile erneuerbarer Energien an der weltweiten Stromerzeugung im Jahr 2003



Der Anteil erneuerbarer Energien an der gesamten Stromerzeugung beträgt weltweit 17,6 % und ist seit dem Jahr 1990 (19,3 %) leicht zurückgegangen. Ursächlich hierfür ist das relativ geringe Wachstum der Wasserkraftnutzung in den westlichen Industrieländern (OECD), das hinter dem Anstieg der gesamten Stromerzeugung zurück blieb. Durch die Nutzung anderer Ressourcen wie z. B. der Biomasse oder Windenergie wurde dies nicht kompensiert. Weltweit dominiert innerhalb der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien die Nutzung von Wasserkraft. Auf sie entfallen etwa 90 % (entsprechend 15,9 % der gesamten Stromerzeugung), während Biomasse rund 6 % und die übrigen erneuerbaren Energien fast 4 % beitragen.

Internationale Konferenz für Erneuerbare Energien - renewables2004 – und der Folgeprozess



Die „Renewables“-Konferenz, die vom 1. bis 4. Juni 2004 in Bonn auf Einladung von Bundeskanzler Schröder stattfand, war ein voller Erfolg. Von ihr ging ein weltweites Aufbruchsignal hin zu einem stärkeren Ausbau erneuerbarer Energien aus. Insgesamt 3.600 Teilnehmerinnen und Teilnehmer, darunter 121 Ministerinnen und Minister sowie Vertreterinnen und Vertreter internationaler Organisationen, der Zivilgesellschaft und der Privatwirtschaft demonstrierten Entschlossenheit zu einer „globalen Energiewende“ und transportierten zwei zentrale politische Botschaften:

- Erneuerbare Energien sind – neben der Erhöhung der Energieeffizienz – unverzichtbar für den Klimaschutz und ermöglichen eine sichere, vom Öl unabhängige Energieversorgung.
- Erneuerbare Energien können einen wichtigen Beitrag zur Überwindung der weltweiten Armut leisten.

Das internationale Aktionsprogramm (IAP), eines der drei offiziellen Konferenzergebnisse, hat wesentlich zum Erfolg der Konferenz beigetragen. Die knapp 200 Aktionen aus allen Regionen der Welt erstrecken sich über das gesamte Themenspektrum der Konferenz: Ausbauziele, Gestaltung von förderlichen politischen Rahmenbedingungen, Stärkung privater und öffentlicher Finanzierung, Entwicklung von Kapazitäten in Ausbildung, Forschung und Entwicklung.

Die Effekte des IAP auf Klimaschutz, Armutsbekämpfung und Investitionen in erneuerbaren Energien sind erheblich. Mit der Umsetzung des Internationalen Aktionsprogramms wird der weltweite Ausstoß von CO₂ Absätzungen zufolge ab dem Jahr 2015 um 1,2 Mrd. t CO₂/Jahr sinken. Dies entspräche rund 5 % der globalen CO₂-Emissionen.

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

Deutschland hat ebenfalls einen besonderen Beitrag zum IAP geleistet. Bundeskanzler Gerhard Schröder kündigte an, dass die Bundesregierung von 2005 an für fünf Jahre 500 Mio. Euro zusätzlich für eine neue Finanzierungsfazilität bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau bereitstellen wird. Damit erhöht Deutschland seine schon 2002 in Johannesburg gegebene Zusage, 1 Mrd. Euro für Energieeffizienz und den Ausbau der erneuerbaren Energien bereit zu stellen. Die offizielle Abschlussdokumentation, welche die zentralen Konferenzdokumente vereint, und die Auswertung des IAP sind abrufbar unter www.renewables2004.de.

Ein weiteres Konferenzergebnis, das inzwischen umgesetzt wurde, ist die Gründung eines globalen Politiknetzwerkes (Renewable Energy Network (REN 21). Regierungen, internationale Organisationen und Vertreter der Zivilgesellschaft werden im REN 21 zusammenarbeiten und den hochrangigen Politikdialog fortsetzen. Das Netzwerk REN21 hat anlässlich der Nachfolgekonferenz im November 2005 in Peking einen Globalen Statusbericht Erneuerbare Energie 2005 veröffentlicht. Danach stammen bereits 17% des globalen Energieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen. Der Bericht gibt einen umfassenden Überblick über die etablierten Förderpolitiken, die Märkte sowie die Investitionen und die damit verbundenen Arbeitsplätze (Bericht unter <http://www.ren21.net>).

Anlässlich des ersten Jahrestages der renewables2004 wurde der Bericht zum Stand der Umsetzung des Folgeprozesses und der deutschen Beiträge zum IAP veröffentlicht (abrufbar unter <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/20073>).

Vom 7. bis 8. November 2005 führte die chinesische Regierung die erste Nachfolgekonferenz Beijing International Renewable Energy Conference (BIREC 2005) mit Unterstützung der Bundesregierung durch. Die Konferenz war mit 1.300 Teilnehmer aus 100 Ländern, darunter 30 Regierungsvertretern auf Ministerebene, sehr erfolgreich denn sie machte deutlich, dass Erneuerbare Energien nicht exklusiv in Industrieländern Anwendung finden. Die chinesische Regierung verstärkte ihr Engagement Chinas für Erneuerbare Energien gegenüber dem Beitrag zur Bonner Konferenz. Der Anteil des Stromes aus Erneuerbaren Energien soll bis zum Jahr 2020 auf 30% steigen. BIREC 2005 sendete außerdem ein klares Signal an die Tagung der Kommission für nachhaltige Entwicklung in den Jahren 2006/07: Erneuerbare Energien und die Frage wie ihr Ausbau regelmäßig überprüft wird, stehen dort auf der Tagesordnung. Die Ergebnisse der Konferenz sind unter www.birec2005.cn abrufbar.

Anhang: Methodische Hinweise

Die hier veröffentlichten Angaben geben teilweise nur vorläufige Ergebnisse wieder. Dies gilt auch für einzelne Zeitreihen, die derzeit durch die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik (AGEE-Stat) geprüft werden (s. a. www.erneuerbare-energien.de). Bis zur Veröffentlichung endgültiger Angaben können sich im Vergleich zu früheren Publikationen Änderungen ergeben. Differenzen zwischen den Werten in den Tabellen und den entsprechenden Spalten- bzw. Zeilensummen ergeben sich auf Grund von Rundungen.

Die übliche Terminologie der Energiestatistik umfasst u. a. den Begriff (Primär-)Energieverbrauch, der physikalisch jedoch nicht korrekt ist, weil Energie weder gewonnen noch verbraucht, sondern lediglich in verschiedene Energieformen umgewandelt werden kann (z.B. Wärme, Elektrizität, mechanische Energie). Dieser Vorgang ist allerdings nicht vollständig umkehrbar, so dass die technische Arbeitsfähigkeit der Energie teilweise verloren geht.

1. Berechnung der Emissionsfaktoren für die Stromerzeugung

Die Angaben zur Emissionsvermeidung beruhen auf dem „Gutachten zur CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien“ des Fraunhofer Instituts System- und Innovationsforschung [41]. Hier wurde detailliert untersucht, in welchem Ausmaß erneuerbare Energien bei dem zurzeit vorhandenen Kraftwerkspark konventionelle Energieträger ersetzen.

Die Windstromeinspeisung substituiert zum Großteil Strom aus mit Steinkohle befeuerten Mittellastkraftwerken, zum kleineren Anteil Strom aus Erdgaskraftwerken und in Starkwindzeiten sowie bei niedriger Last auch aus Braunkohlekraftwerken. Wasserkraft dagegen ersetzt auf Grund seiner 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 der Netzlast. Sie ersetzen somit 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 Fotovoltaik, die mit ihrem Erzeugungsprofil der Stromnachfrage folgt und somit überwiegend Spitzenlaststromerzeugung ist, substituiert zu einem großen Anteil Erdgas und teilweise Steinkohle.

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

1) nur biogener Anteil

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

Die Emissionsfaktoren wurden entsprechend der hier angegebenen Brennstoffsubstitution ermittelt.

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

Die Berechnung berücksichtigt nur direkte Emissionen (inklusive Hilfsstrom und Wärmeverteilung), d. h. keine vor- und nachgelagerten Prozesse wie z. B. die Herstellung oder die Entsorgung von Anlagen.

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

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

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

3. CO₂- und SO₂-Äquivalent

CO₂-Äquivalent

Wichtige Treibhausgase sind die so genannten Kyoto-Gase CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, FKW und H-FKW, die im Rahmen des Kyoto-Protokolls reduziert werden sollen. Sie tragen in unterschiedlichem Maße zum Treibhauseffekt bei. Um die Treibhauswirkung der einzelnen Gase vergleichen zu können, wird ihnen ein Faktor - das relative Treibhauspotenzial (THP) - zugeordnet, das ein Maß für ihre Treibhauswirkung bezogen auf die Referenzsubstanz CO₂ darstellt.

Das CO₂-Äquivalent der Kyoto-Gase berechnet sich durch Multiplikation des relativen Treibhauspotenzials mit der Masse des jeweiligen Gases und gibt an, welche Menge an CO₂ in einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren die gleiche Treibhauswirkung entfalten würde.

Gas		relatives Treibhauspotenzial ¹⁾	
CO ₂	Kohlendioxid	1 ²⁾	1 ²⁾
CH ₄	Methan	23	21
N ₂ O	Lachgas	296	310
SF ₆	Schwefelhexafluorid	22.200	23.900
H-FKW	wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe	12 - 12.000	140 - 11.700
FKW	perfluorierte Kohlenwasserstoffe	8.600 - 11.900	6.500 - 9.200

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

1) bezogen auf einen Zeithorizont von 100 Jahren
2) Referenzsubstanz

SO₂-Äquivalent

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

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

Quelle: GEMIS, Öko-Institut Darmstadt [2]

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

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

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

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

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

5. Energiebereitstellung aus Fotovoltaik und Solarthermie

Fotovoltaik

Die Stromerzeugung 2004 entstammt der EEG-Jahresabrechnung des VDN [9] vom 25.10.2005. Bis einschließlich 2003 wurde sie anhand der installierten Leistung am Jahresanfang und der Hälfte des Leistungszuwachses des jeweiligen Jahres multipliziert mit einem spezifischen Stromertrag berechnet. Der spezifische Stromertrag wurde vom Solarenergie-Förderverein Deutschland [28] als Durchschnittswert für Deutschland zur Verfügung gestellt. Die Halbierung trägt der Tatsache Rechnung, dass der Anlagenzubau im jeweiligen Jahr nur begrenzt zur Stromerzeugung beitragen kann.

Solarthermie

Die angegebene Wärmebereitstellung errechnet sich aus der installierten Kollektorfläche und einem mittleren jährlichen Ertrag von 450 kWh/m² für verglaste Kollektoren bzw. 300 kWh/m² für Schwimmbadabsorber. Da wegen des Anlagenzubaus die im Laufe eines Jahres zur Verfügung stehende Kollektorfläche geringer ist als die angegebene installierte Fläche am Jahresende, wird der Flächenzuwachs eines Jahres nur zur Hälfte für die Berechnung der Wärmebereitstellung in diesem Jahr berücksichtigt.

6. Einsparung fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien

Die Einsparung fossiler Brennstoffe wird bei der Stromerzeugung anhand der typischen Nutzungsgrade von Braunkohle-, Steinkohle- und Erdgaskraftwerken berechnet.

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

Quelle: ISI [41]

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

Bei der Einsparung fossiler Brennstoffe durch die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien werden im Unterschied zur Stromerzeugung die vorgelagerten Prozesse der Energiebereitstellung berücksichtigt.

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

Quelle: Öko-Institut Darmstadt [24]

Für die Nutzung von erneuerbaren Energien wird dabei angenommen, dass es sich um Holzheizungen handelt. Daraus ergibt sich für jede eingesetzte Kilowattstunde Energie aus erneuerbaren Quellen gegenüber Ölheizungen eine Einsparung von 1,11 Kilowattstunden (Primärenergie) bzw. von 1,08 gegenüber Erdgas. Für die verschiedenen Kohleheizungen betragen die Werte 1,59 (Steinkohlebriketts), 1,80 (Braunkohlebriketts) und 2,03 (Steinkohlekoks). Die Festlegung, in welchem Umfang fossile Brennstoffe substituiert werden, entspricht der unter 2. beschriebenen Struktur des Wärmebereitstellungsmixes. Für

Kohleheizungen wird angenommen, dass zu 79,6 % Braunkohlebriketts, zu 12,9 % Steinkohlebriketts und zu 7,5 % Steinkohlekoks substituiert werden. Elektrische Heizungen wurden bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

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

	Verbrauch an Primärenergie (fossil)
	kWh _{prim} /kWh _{input}
Benzin	1,23
Diesel	1,16
Bioethanol	0,51
Biodiesel	-0,10

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.

Quelle: Öko-Institut Darmstadt [24]

7. Umsatzerlöse aus der Nutzung erneuerbarer Energien

Die Umsätze aus der Stromerzeugung lassen sich anhand der eingespeisten Strommengen und der gezahlten Vergütungssätze nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz abschätzen. Für Strom aus Wasserkraftwerken mit mehr als 5 MW Leistung wird der am freien Strommarkt erzielbare Preis angesetzt. Bei einem angenommenen Durchschnittswert von 3 ct/kWh und einer Stromerzeugung von etwa 17 TWh im Jahr 2004 ergibt sich hierfür ein Umsatz von etwa 510 Mio. Euro. Für den Kraftstoffbereich beträgt der Erlös bei Biodiesel 852 Mio. Euro bei einem Absatz von 1.050.000 Tonnen (1.190 Mio. Liter) und einem mittleren Tankstellenpreis von ca. 0,716 Euro/Liter (netto) (IWR [45]), bei Bioethanol beträgt er 35 Mio. Euro bei einem Absatz von 65.000 Tonnen (82 Mio. Liter) und einem Preis von 0,43 Euro/Liter (netto) (FNR [7]).

Der Wert der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien wird vernachlässigt, da die Wärme zum weitaus größten Teil selbst verbraucht wird. Als Wertansatz wären hier aber auch die vermiedenen Kosten für Heizöl bzw. Erdgas denkbar. Bei einer Wärmebereitstellung von etwa 64 TWh und einem mittleren Heizöl-/Erdgaspreis von 3,5 ct/kWh entspräche dies z. B. einem Wert von ca. 2,2 Mrd. Euro. Weiterhin werden folgende Faktoren nicht berücksichtigt: Die Kosten für die Wartung und Instandhaltung Wärme erzeugender Anlagen, die Erlöse aus dem Wärmeverkauf bei Nah- und Fernwärmenetzen und die Kosten für Brennholz, das nicht über Märkte gehandelt wird (überwiegender Anteil). Damit verbleibt die Bewertung biogener Einsatzstoffe wie Waldrestholz und Industrierestholz, die nicht in Strom erzeugenden Anlagen eingesetzt werden. Bei mittleren Wertansätzen von 25 Euro/t für Industrierestholz sowie 50 Euro/t für Waldrestholz errechnet sich ein Umsatz in der Größenordnung von 280 Mio. Euro.

8. Berechnung des Primärenergieäquivalents erneuerbarer Energien für die EU

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

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

9. Anteil der erneuerbaren Energien am Welt-Primärenergieverbrauch

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

10. OECD

Die Organization for Economic Cooperation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) 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; Sitz ist ebenfalls Paris

Umrechnungsfaktoren

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

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

Einheiten für Energie und Leistung

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

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

Umrechnungsfaktoren

Die Zahlen beziehen sich auf den Heizwert.

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

Treibhausgase

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

Weitere Luftschadstoffe

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

Quellenverzeichnis

- [1] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Berlin, 2005
- [2] Öko-Institut – Institut für angewandte Ökologie, Darmstadt: Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS), Version 4, 2001
- [3] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)
- [4] Umweltbundesamt (UBA), Berlin, 2005
- [5] Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2004, 2005
- [6] Erdwärme-Kraft GbR, Berlin
- [7] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Gülzow, 2004, 2005
- [8] Institut für Energetik und Umwelt (IE), Leipzig: Fortschreibung der Daten zur Stromerzeugung aus Biomasse, 2004
- [9] Verband der Netzbetreiber (VDN), Berlin
- [10] Bundesverband Solarindustrie (BSi), Berlin
- [11] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Berlin, November 2005
- [12] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin
- [13] Institut für Energetik und Umwelt (IE), Leipzig: Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung auf der Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, Endbericht 2003
- [14] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Berlin: Satellitenbilanz Erneuerbare Energieträger 1995-1999
- [15] Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL), Referat 535 NR
- [16] Bundesverband WindEnergie (BWE), Osnabrück 2005
- [17] Verband der Elektrizitätswirtschaft (VDEW), Frankfurt a.M.: Endenergieverbrauch in Deutschland 1998/1999/2000/2001/2002/2003
- [18] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Berlin: Auswertungstabellen zur Energiebilanz für Deutschland von 1990 bis 2004
- [19] Rationelle Energietechnik GmbH (ZfS), Hilden
- [20] Institut für Energetik und Umwelt (IE), Leipzig: Fortschreibung der Daten zur Stromerzeugung aus Biomasse, 2005
- [21] Verband der Elektrizitätswirtschaft (VDEW) e.V.: Pressemitteilung vom 18.04.2005
- [22] Institut für Zukunfts-Energie-Systeme (IZES), Saarbrücken: Umwelteffekte der Strom- und Wärmebereitstellung sowie der Kraftstoffnutzung im Jahr 2004.
- [23] International Energy Agency: World Energy Outlook 2002, IEA/OECD, Paris 2002
- [24] U. Fritsche, Öko-Institut Darmstadt, 2005
- [25] 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
- [26] International Energy Agency (IEA): Energy Balances of Non-OECD Countries, 2004 Edition
- [27] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (Ifeu), Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (WI): Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung der erneuerbaren Energien in Deutschland, 2004, im Auftrag des Bundesumweltministeriums
- [28] Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V. (SFV), Aachen, 2005
- [29] Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft (VIK), Essen: Statistik der Energiewirtschaft 2000/2001
- [30] International Energy Agency (IEA): World Energy Outlook 2004, OECD/IEA, 2004

- [31] International Energy Agency (IEA), Paris: Renewables Information, Edition 2002, Edition 2003, Edition 2004, Edition 2005, IEA/OECD
- [32] Eurostat Online Database: Table es_105a.tab
- [33] Energy Information Administration (EIA), Washington DC: International Energy Annual, Edition 2003, <http://www.eia.doe.gov/iea/elec.html>, released May - July 2005
- [34] Eurostat Online Database: Tables es_100a, es_1071a, es_1072a
- [35] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): European Barometer 2002, Le bilan 2002 des énergies renouvelables, in : Systèmes Solaires, n°148, 04/2002
- [36] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Solar Thermal Barometer, in : Systèmes Solaires, n°168, August 2005
- [37] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Photovoltaic Energy Barometer, in: Systèmes Solaires, n°166, April 2005
- [38] Öko-Institut, Fraunhofer Institut Umwelt-, Sicherheits- Energietechnik (UMSICHT), Institut für Energetik und Umwelt, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu), Institut für ZukunftsEnergieSysteme (izes), TU Berlin, TU Braunschweig, TU München: Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse, 2004, im Auftrag des Bundesumweltministeriums
- [39] Systèmes Solaires: La production d'électricité d'origine renouvelable dans le monde, Paris, September 2000
- [40] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin: DIW-Wochenbericht Nr. 9/2005
- [41] Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI), Karlsruhe: Gutachten zur CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien, 2005
- [42] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Eschborn, Februar 2004
- [43] S. Heimerl, EnBW Kraftwerke AG Stuttgart, 2005
- [44] Statistisches Bundesamt Deutschland, Mikrozensus-Zusatzerhebung 2003
- [45] Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR), Münster, 2005
- [46] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Wind Energy Barometer, in: Systèmes Solaires n° 165, January 2005
- [47] Bundesverband Windenergie (BWE), Osnabrück: Zahlen zur Windenergie, Stand 31.12.2003
- [48] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung: Globale Umweltveränderungen: Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit, (WBGU), Berlin 2003
- [49] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg-(Ifeu): Gutachten zur Erweiterung der Ökobilanz für RME, Mai 2003
- [50] European Wind Energy Association (EWEA): NEWS RELEASE: Wind power continues to grow in 2004 in the EU, but faces constraints of grid and administrative barriers, Brussels, 27th January 2005
- [51] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1996
- [52] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg: Energie, Jährliche Statistiken, 2001 Edition, 2002 Edition, 2003 Edition, 2004 Edition
- [53] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Biofuels Barometer, in: Systèmes Solaires, n° 167, June 2005
- [54] Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières [DGEMP] : La production d'énergie renouvelable en France en 2004, Paris, Juin 2005
- [55] E. Wagner, VDEW, Elektrizitätswirtschaft 2000, Heft 24
- [56] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW): Aktualisierung der Schätzung der Beschäftigungszahlen im Umweltschutz. Gutachten im Auftrag des Umweltbundesamtes. Berlin, 2004
- [57] Faninger, G.: Der Photovoltaik-Markt in Österreich 2003, iff-Universität Klagenfurt, März 2004

- [58] European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF)/ International Energy Agency (IEA): Press Release: Worldwide capacity of solar thermal energy greatly underestimated, 10 November 2004
- [59] European Wind Energy Association (EWEA): NEWS RELEASE, Brussels, 3rd February 2004
- [60] World Wind Energy Association (WWEA): Press Release: Worldwide Wind Energy Capacity at 47.616 MW – 8.321 MW added in 2004, Bonn/Melbourne/New Delhi, 7 March 2005
- [61] European Commission, Directorate general for Energy and Transport, Beatriz Yordi: Situation of the Renewable Electricity Directive, ECOSOC, 4 April 2005
- [62] Lund, John W.: 100 Years of geothermal power production, GHC Bulletin, September 2004
- [63] International Energy Agency (IEA): Energy Balances of OECD Countries, 2004 Edition
- [64] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Übersicht zur Entwicklung der Vergütungssätze des neuen EEG für die verschiedenen Sparten der erneuerbaren Energien - mit Differenzierung nach Fallgruppen sowie Darstellung der Ermittlung der durchschnittlichen Vergütung in exemplarischen Beispielen, download unter www.erneuerbare-energien.de
- [65] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Third Assessment Report (TAR), 2001
- [66] Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières [DGEMP] : Les énergies renouvelables en France 1970-2003, Paris, Janvier 2005
- [67] Bundesfinanzministerium (BMF), Berlin

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

Grundgesetz, Artikel 20 A

Kontakt:
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Referat Öffentlichkeitsarbeit
D - 11055 Berlin
Fax: (01888) 3 05 - 20 44
Internet: www.bmu.de
E-Mail: service@bmu.bund.de

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit der Bundesregierung.
Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt.
Der Druck erfolgt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.

