



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

UMWELTPOLITIK

ERNEUERBARE ENERGIEN IN ZAHLEN

- Stand: März 2003 -



DAS HAT ZUKUNFT.

ERNEUERBARE ENERGIEN IN ZAHLEN

- Stand: März 2003 -

- Herausgeber:** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Referat Öffentlichkeitsarbeit - 11055 Berlin
- E-Mail:** service@bmu.bund.de
- Internet:** <http://www.bmu.de>
- Redaktion:** BMU, Referat Z III 1 „Allgemeine und grundsätzliche Angelegenheiten der Erneuerbaren Energien“,
Dr. Wolfhart Dürrschmidt, Gisela Zimmermann, Thorsten Falk
BMU, Referat Z II 3 „Öffentlichkeitsarbeit“, Alexandra Liebing
- Inhaltliche Bearbeitung:** Dr. Frithjof Staiß, Dipl.-Phys. Maria Klingebiel, Dipl.-Ing. (FH) Christel Linkohr
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart
- Satz und Gestaltung:** Bieberstein-Fachbuchverlag
- Druck:** Köllen Druck
- Stand:** März 2003 (1. Auflage: 20.000 Stück)

Liebe Leserin, lieber Leser,

Wind, Wasser, Sonne, Biomasse und Erdwärme – die erneuerbaren Energien bergen enorme Potenziale für den Klimaschutz, den Schutz natürlicher Ressourcen und den Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung. Deutschland hat in den vergangenen Jahren die Wende zu einer nachhaltigen Energieversorgung eingeleitet. Die Windenergiebranche ist hierbei Vorreiter: Allein im Jahr 2002 sind in Deutschland rund 3.250 MW Leistung neu installiert worden – ein neues Rekordjahr. 2002 haben insgesamt 13.759 Windkraftanlagen mit einer installierten Leistung von 12.000 MW Strom ins Netz eingespeist – ein Drittel des weltweit aus Windkraft erzeugten Stroms.

Die besondere Rolle der erneuerbaren Energien im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung spiegelt sich auch in der Verlagerung der Kompetenzen auf diesem Gebiet wider. Mit Beginn der 15. Legislaturperiode wurde dem Bundesumweltministerium innerhalb der Bundesregierung die federführende Zuständigkeit für die erneuerbaren Energien übertragen.

Das Bundesumweltministerium erreichen viele Anfragen zum Stand des Ausbaus der erneuerbaren Energien und zu den damit erzielten Umwelteffekten: Wie viele klimaschädliche Treibhausgase und wie viele Schadstoffe werden durch den Einsatz der erneuerbaren Energien vermieden? Oder wie ist der Stand der einzelnen Sparten der erneuerbaren Energien? Die vorliegende Informationsschrift gibt hierzu Auskunft. Sie enthält aktuelle Daten zur Nutzung der erneuerbaren Energien in Deutschland sowie einen Überblick über die Nutzung der erneuerbaren Energien in der EU.

Windkraft, Wasserkraft, Biomasse und Solarenergie haben im Jahr 2002 bereits rund 50 Mio. Tonnen CO₂ vermieden. Im Jahr 2002 arbeiteten rd. 130.000 Menschen in diesen Sparten der erneuerbaren Energien. Diesen Weg wollen wir konsequent weiterverfolgen. Bis 2010 soll der Anteil am Stromverbrauch von 6,25% im Jahr 2000 auf 12,5% und der Anteil bezogen auf den gesamten Primärenergieeinsatz von 2,1% im Jahr 2000 auf 4,2% verdoppelt werden. 2002 lag der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch bei etwa 8%, bezogen auf die Primärenergie bei 2,9%. Nach 2010 soll der Ausbau der erneuerbaren Energien erst richtig durchstarten. Langfristiges Ziel ist es, bis 2050 mindestens die Hälfte der Energieversorgung in Deutschland und global mit erneuerbaren Energien bereitzustellen. Mein Zwischenziel bis 2020 ist es, den Anteil der erneuerbaren Energien auf 20% an der Stromgewinnung und 10% an der Primärenergiebereitstellung zu steigern. Ich werde mich weiter intensiv dafür einsetzen, ein kontinuierliches Wachstum in dieser zukunftsfähigen Branche zu erzielen – mit positiven Umwelteffekten und positiven Arbeitplatzeffekten.



A handwritten signature in black ink, which reads "Jürgen Trittin". The signature is fluid and cursive, with a long horizontal line extending from the end.

Jürgen Trittin
Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Inhaltsverzeichnis

1998 - 2002: Erneuerbare Energien	6-7
Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien 2002	8-9
Zeitliche Entwicklung der energiebedingten Emissionen 1990-2002	10
Struktur der energiebedingten Emissionen nach Verbrauchssektoren 2000	11
Beitrag erneuerbarer Energien zur Energiebereitstellung 2002	12
Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien 2002	12
Zeitliche Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien und installierte Leistung 1990-2002	13
Anteile der erneuerbaren Energien an der Energiebereitstellung	14
Struktur des Primärenergieverbrauchs 2002	14
Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien 2002	14
Gezahlte Vergütung nach Stromeinspeisungsgesetz und Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	15
Der EEG-Erfahrungsbericht des Bundeskabinetts	15
Abschätzung der monetären Förderung zur Markteinführung erneuerbarer Energien aus den wichtigsten Förderinstrumenten auf Bundes- und Länderebene 2001	16
Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien in den Bundesländern 2001	16
Regionale Verteilung der Förderung erneuerbarer Energien in verschiedenen Programmen	17

Investitionsvolumen im Bereich erneuerbarer Energien 2001	18
Umsatzerlöse aus der Nutzung erneuerbarer Energien 2001	18
Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien 2001	19
Arbeitsplätze	19
Technisches Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom- und Wärmeerzeugung	20
Szenario eines verstärkten Ausbaus erneuerbarer Energien	21
CO ₂ -Vermeidung durch die Nutzung erneuerbarer Energien 2000 in der EU	22
Nutzung erneuerbarer Energien 2000 in der EU	23
Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch 2000 in der EU	24
Stromerzeugung aus Wasserkraft in der EU	25
Stromerzeugung aus Biomasse in der EU	25
Stromerzeugung aus Windenergie in der EU	26
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU	26
Anhang: Methodische Hinweise	27
Umrechnungsfaktoren, Abkürzungen	31
Quellenverzeichnis	32

1998 - 2002: ERNEUERBARE ENERGIEN IM ZEICHEN DER ÖKOLOGISCHEN MODERNISIERUNG

Das Konzept der ökologischen Modernisierung richtet sich nach dem Leitbild der Nachhaltigkeit: Es geht darum, Ökonomie und Ökologie in Einklang zu bringen und uns allen jetzt und in der Zukunft eine hohe Lebensqualität zu ermöglichen. Nachhaltigkeit will Wege weisen, mit begrenzten Ressourcen vernünftig zu haushalten und diese gerecht zu verteilen. Nachhaltigkeit betrifft alle Politikbereiche: Umweltschutz, wirtschaftliche Entwicklung und soziale Gerechtigkeit müssen zusammenwirken.

In den fünf umweltpolitisch wichtigsten Themenbereichen hat die Bundesregierung jahrelang vernachlässigte Zukunftsfragen in Angriff genommen. Neben dem Klimaschutz, der Energie- und Verkehrspolitik sind dies vor allem die Themen Leben und Gesundheit sowie der Bereich des Naturschutzes.

Energiewende

Auf dem Weg zu einer wirtschaftlichen, sicheren und umweltverträglichen Energieversorgung setzt die Bundesregierung auf den Ausstieg aus der Kernenergie, auf mehr Energieeffizienz, auf den Ausbau der erneuerbaren Energien, auf den rationellen und sparsamen Einsatz von Energie sowie auf die Entwicklung neuer Energietechnologien. Dabei muss sich die Energieversorgung auf einen ausgeglichenen Energieträgermix stützen, in dem auch die fossilen Energieträger auf absehbare Zeit eine wesentliche Rolle spielen werden.

Erneuerbare Energien

Die Bundesregierung hat eine Offensive zur Förderung der erneuerbaren Energien eingeleitet. Ziel ist es, den Anteil erneuerbarer Energien an der Energieversorgung bereits bis zum Jahr 2010 gegenüber 2000 zu verdoppeln: Beim Strom auf 12,5%, beim Primärenergieverbrauch auf 4,2%. Ein zentraler Baustein hierfür ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vom 29. März 2000. Danach sind Stromnetzbetreiber verpflichtet, Strom aus Sonne, Wasser, Wind, Geothermie und Biomasse abzunehmen und dafür Mindestvergütungen zu zahlen. Das EEG hat sich als ein sehr effektives Instrument zum Ausbau der erneuerbaren Energien erwiesen. Eine Reihe anderer Staaten hat inzwischen ähnliche Einspeise- und Vergütungsregelungen oder arbeitet an der Implementierung solcher Regelungen.

Das EEG soll für einen weiteren Ausbau der Windenergie auf hohem Niveau sorgen und in Verbindung mit der Biomasse-Verordnung eine ähnliche Dynamik bei der Biomassennutzung auslösen. Außerdem hat es bereits der Fotovoltaiknutzung Impulse gegeben und wird den Start der Nutzung der Geothermie zur Stromgewinnung mitinitiiieren. Darüber hinaus haben die Förderprogramme der Bundesregierung für Energie aus Wind und Sonne, Biomasse und Erdwärme zur notwendigen Beschleunigung der Markteinführung der erneuerbaren Energien geführt. Von 1998 bis 2002 stellte die Bundesregierung in verschiedenen Programmen weit über eine Milliarde EUR zur Verfügung. Im Einzelnen sind dies das 100.000-Dächer-Solarstrom-Programm und das Marktanzreizprogramm zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien. Hinzu kommen Maßnahmen zur Forschung und Entwicklung einschließlich des Zukunftsinvestitionsprogramms (ZIP) und steuerliche Maßnahmen.

Die Erfolge sind bereits sichtbar: Im Jahr 2002 wurde durch die Nutzung erneuerbarer Energien die Emission von 50 Mio. Tonnen CO₂ vermieden. Darüber hinaus entwickeln sich erneuerbare Energien zunehmend zu einem Wirtschaftsfaktor. Heute sind bereits 130.000 Menschen im Bereich erneuerbarer Energien beschäftigt.

Windenergie

Im Januar 2002 hat die Bundesregierung im Rahmen ihrer Nachhaltigkeitsstrategie „Perspektiven für Deutschland“ [1] eine Strategie zur Nutzung der Windenergie auf See unter Federführung des BMU vorgelegt. Dabei sind potenzielle Eignungsgebiete und Erwartungsflächen für Eignungsgebiete für Windparks in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Nord- und Ostsee identifiziert worden. Der rechtliche Rahmen zur förmlichen Ausweisung der besonderen Eignungsgebiete sowie von geschützten Gebieten in der AWZ wurde im Zuge der Neuregelung des Bundesnaturschutzgesetzes vom 25. März 2002 verbessert. Die Ausweisung dieser Flächen in der AWZ und die Weiterentwicklung der Strategie befinden sich in der Umsetzungsphase.

Biomasse

Am 28. Juni 2001 ist die Biomasseverordnung der Bundesregierung in Kraft getreten, die den Weg freimacht für die klimaschonende Stromerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen sowie biogenen Rest- und Abfallstoffen. Damit konnte in diesem Bereich ein Investitionsstau aufgelöst werden.

Darüber hinaus hat der Bundestag im Juni 2002 beschlossen, Biokraftstoffe von der Mineralölsteuer zu befreien.

Geothermie

Damit das Geothermie-Potenzial nutzbar gemacht werden kann, fördert die Bundesregierung die Erforschung und Entwicklung der Nutzung dieser Energieform: Mit dem Zukunftsinvestitionsprogramm des Bundesumweltministeriums werden Vorhaben zur geothermischen Stromerzeugung mit einem Volumen von insgesamt 11 Millionen EUR gefördert. Mit der Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes im Jahr 2000 wurde für Strom aus Geothermie erstmals eine Einspeisevergütung festgelegt. Auch im Marktanreizprogramm werden geothermische Anlagen gefördert.

Wasserkraft

Für den Ausbau der Wasserkraft liegen die wesentlichen Potenziale vor allem im Ersatz und in der Modernisierung vorhandener Anlagen unter ökologischen Gesichtspunkten. Eine Leistungssteigerung, verbunden mit der Verbesserung der gewässerökologischen Voraussetzungen ist dabei das Ziel der Bundesregierung. Sowohl das Marktanreizprogramm als auch das EEG tragen diesem Ziel Rechnung.

Fotovoltaik / Solarthermie

Die energiepolitischen Maßnahmen der Bundesregierung haben zwischen 1998 und 2002 zu einer Verfünffachung der Stromerzeugung aus Fotovoltaik-Anlagen geführt. Im Bereich der Solarthermie wurde bis zum Jahr 2002 die insgesamt installierte Kollektorfläche gegenüber 1998 mehr als verdoppelt. Grund für die verstärkte Solarenergienutzung sind u. a. im EEG, im 100.000-Dächer-Solarstrom-Programm sowie für den Wärmesektor im Marktanreizprogramm zu sehen.

Energieeffizienzsteigerung

Die Bundesregierung nutzt die Potenziale für eine Verbesserung der Energieeffizienz. Zentral sind die 1999 eingeleitete Ökologische Steuerreform sowie die im Klimaschutzprogramm vom Oktober 2000 enthaltenen Maßnahmen: Energieeinsparverordnung, Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz, Gebäudesanierungsprogramm zur Senkung der CO₂-Emissionen sowie Maßnahmen im Bereich der Energieverbrauchskennzeichnung.

Ausstieg aus der Atomenergie

Nach intensiven Verhandlungen haben die Bundesregierung und die Energiewirtschaft am 11. Juni 2001 eine Vereinbarung über die Beendigung der Kernenergienutzung in Deutschland unterzeichnet. Mit der Novelle des Atomgesetzes (AtG) vom 22. April 2002 wird der Ausstieg rechtlich umgesetzt. Demnach werden vorhandene Atomkraftwerke stillgelegt, wenn sie die für jede einzelne Anlage festgelegte Strommenge erzeugt haben.

Für die 19 deutschen Atomkraftwerke wurden Restlaufzeiten auf der Basis einer Gesamtlaufzeit für jedes einzelne Kraftwerk von 32 Jahren festgesetzt. Ab Juni 2001 errechnet sich daraus eine mittlere Restlaufzeit von 12 Jahren. Bereits 2003 wird das Kraftwerk Stade stillgelegt werden, das letzte Kernkraftwerk wird in etwa 20 Jahren abgeschaltet.

Klimaschutz

Deutschland ist auf gutem Wege, seine innerhalb der EU übernommene Verpflichtung zu erfüllen, die sechs wichtigsten Treibhausgase um 21 % bis 2008/2012 gegenüber 1990 zu reduzieren. Unter den wenigen Industrieländern, die bis 2000 Minderungen von Treibhausgasemissionen gegenüber dem Niveau des Jahres 1990 ausweisen, ist Deutschland mit einer Reduzierung um 19 % bezogen auf die sechs Kyoto-Gase führend.

Die Bundesregierung hat im Oktober 2000 ihr nationales Klimaschutzprogramm mit einem ganzen Bündel von Maßnahmen fortgeschrieben.

Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien 2002

Stromerzeugung: 45.600 GWh aus Wasser, Biomasse, Wind, Solarenergie

- 1) fossiler Kraftwerksmix und Kernenergie, nur allgemeine Versorgung
- 2) nur fossiler Kraftwerksmix, nur allgemeine Versorgung
- 3) angenommener Kraftwerksmix, der durch erneuerbare Energien ersetzt wird
- 4) bezogen auf Nettostromerzeugung
- 5) weitere Treibhausgase (SF₆, PFC, HFC) hier nicht relevant
- 6) weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (HCl, HF) hier nicht relevant
- 7) bodennahe Ozonvorläuferbildung

Zur Berechnung der Emissionsfaktoren und zu den verschiedenen Varianten des Strommixes siehe Anhang (1).

Quellen: Gemis, Öko-Institut [2]; ZSW [3]

	Strom I ¹⁾			Strom II ²⁾			Strom III ³⁾		
	Treibhausgas / Luftschadstoff	Emissionsfaktor ⁴⁾ [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]	Emissionsfaktor ⁴⁾ [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]	Emissionsfaktor ⁴⁾ [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]		
Treibhaus-effekt⁵⁾	CO ₂	577*10 ³	26.288	923*10 ³	42.051	800*10 ³	36.447		
	CH ₄	10,4	0,5	16,7	0,8	14,5	0,7		
	N ₂ O	20,7	0,9	33,1	1,5	28,7	1,3		
	CO ₂ -Äquivalent	583*10 ³	26.561	934*10 ³	42.552	809*10 ³	36.857		
Versauerung⁶⁾	SO ₂	330	15,0	529	24,1	458	20,9		
	NO _x	411	18,7	657	29,9	569	25,9		
	HCl	15,0	0,7	24,0	1,1	20,8	0,9		
	HF	1,0	0,05	1,6	0,1	1,4	0,1		
	SO ₂ -Äquivalent	631	28,8	1.009	46,0	875	39,9		
Ozon⁷⁾	CO	115,7	5,3	185,2	8,4	160,5	7,3		
	NMVOC	17,2	0,8	27,4	1,3	23,7	1,1		
	Flugasche	29,0	1,3	46,4	2,1	40,2	1,8		
	anderer Staub	5,3	0,2	8,5	0,4	7,3	0,3		

Wärmebereitstellung: 55.500 GWh aus Biomasse, Solarthermie, Geothermie

- 1) bezogen auf Endenergie, nur Raumwärme privater Haushalte, Wärmebereitstellungsmix ohne erneuerbare Energien
- 2) weitere Treibhausgase (SF₆, PFC, HFC) hier nicht relevant
- 3) weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (HCl, HF) hier nicht relevant
- 4) bodennahe Ozonvorläuferbildung

Zur Berechnung der Emissionsfaktoren und der vermiedenen Emissionen siehe Anhang (2).

Quellen: Gemis, Öko-Institut [2]; ZSW [3]

	Treibhausgas / Luftschadstoff	Emissionsfaktor ¹⁾ [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhaus-effekt²⁾	CO ₂	236*10 ³	13.099
	CH ₄	12,0	0,7
	N ₂ O	2,5	0,1
	CO ₂ -Äquivalent	238*10 ³	13.210
Versauerung³⁾	SO ₂	167,8	9,3
	NO _x	92,9	5,2
	HCl	3,3	0,2
	HF	0,2	0,01
	SO ₂ -Äquivalent	235,7	13,1
Ozon⁴⁾	CO	512,7	28,4
	NMVOC	16,7	0,9
	Flugasche	11,5	0,6
	anderer Staub	3,3	0,2

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 sonstigen Schadstoffe – insbesondere NO_x, CO und Staub – sind hier nicht berücksichtigt. 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 erheblich reduzieren.

Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien 2002

Emissionsminderung durch Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien

	Treibhausgas / Luftschadstoff	vermiedene Emissionen [1.000 t]		
		Strom III ¹⁾	Wärme	gesamt
Treibhaus- effekt ²⁾	CO ₂	36.447	13.099	49.546
	CH ₄	0,7	0,7	1,4
	N ₂ O	1,3	0,1	1,4
	CO ₂ -Äquivalent	36.857	13.210	50.067
Versauerung ³⁾	SO ₂	20,9	9,3	30,2
	NO _x	25,9	5,2	31,1
	HCl	0,9	0,2	1,1
	HF	0,1	0,01	0,1
	SO ₂ -Äquivalent	39,9	13,1	53,0
Ozon ⁴⁾	CO	7,3	28,4	35,7
	NMVOG	1,1	0,9	2,0
	Flugasche	1,8	0,6	2,4
	anderer Staub	0,3	0,2	0,5

- 1) angenommener Kraftwerksmix, der durch erneuerbare Energien ersetzt wird; siehe auch Anhang(1)
- 2) weitere Treibhausgase (SF₆, PFC, HFC) hier nicht relevant
- 3) weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (HCl, HF) hier nicht relevant
- 4) bodennahe Ozonvorläuferbildung

Zur Berechnung der Emissionsfaktoren und der vermiedenen Emissionen siehe Anhang (2).

Quellen: Gemis, Öko-Institut [2]; ZSW [3]

Die Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen vermindert die CO₂-Emissionen um rund 50 Mio. Tonnen im Jahr.

Das Ziel, die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005 um 25% gegenüber 1990 zu verringern, erfordert die Einsparung weiterer 100 Mio. Tonnen jährlich durch verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien, durch effizientere Nutzung fossiler Energieträger und durch eine Reduzierung des Energiebedarfs.

Kraftstoff: 550.000 Tonnen Biodiesel

Treibhausgas	Emissionsfaktor ¹⁾ [kg/GWh]	vermiedene Emissionen
		[1.000 t]
CO ₂	276*10 ³	1.570

- 1) bezogen auf Endenergie, Dieselmotorkraftstoff

Quellen: Gemis, Öko-Institut [2]; ZSW [3]

Biodiesel (RME) wird als CO₂-neutraler Kraftstoff angesehen, da das bei der Verbrennung freigesetzte CO₂ zuvor von den Pflanzen während des Wachstums aufgenommen wird. Zur Herstellung von Biodiesel wird jedoch auch Methanol eingesetzt, welches nicht CO₂-neutral ist; andererseits entsteht als Nebenprodukt Glycerin, mit dem aus Erdgas gewonnenes Glycerin ersetzt werden kann. Unter Berücksichtigung von Hilfsstoffen und Nebenprodukten kann Biodiesel als annähernd CO₂-neutral betrachtet werden.

Eine vollständige Klimabilanz muss jedoch auch die durch den Einsatz von Düngemitteln entstehenden N₂O-Emissionen (Lachgas) berücksichtigen.

Zeitliche Entwicklung der energiebedingten Emissionen 1990 - 2002

Angaben einschließlich der bei der Gewinnung und Verteilung von Brennstoffen anfallenden Emissionen.

- 1) berücksichtigt sind SO₂ und NO_x
- 2) berechnet als NO₂
- 3) vorläufige Angaben
- 4) Berechnung/Schätzung DIW [40]

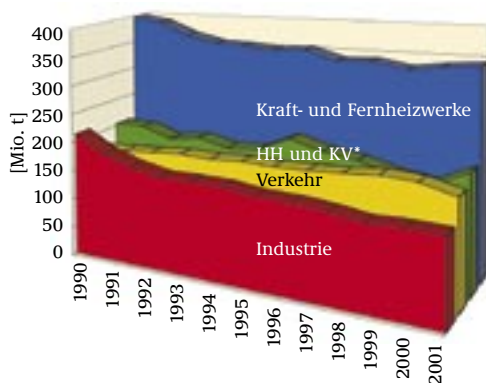
Zur Bedeutung und Berechnung des CO₂- und SO₂- Äquivalents siehe Anhang (3).

Quellen: UBA [4]; DIW [40]; UBA [41]; ZSW [3]

	CO ₂ [Mio. t]	CO ₂ - Äquivalent [Mio. t]	SO ₂ [1.000 t]	SO ₂ - Äquivalent ¹⁾ [1.000 t]	NO _x ²⁾ [1.000 t]	CO [1.000 t]
1990	986,8	1.035,5	5.096	6.958	2.675	10.511
1991	951,1	997,2	3.905	5.623	2.469	8.859
1992	902,9	948,2	3.223	4.813	2.284	7.746
1993	893,0	936,1	2.865	4.377	2.173	7.139
1994	877,2	917,3	2.395	3.804	2.024	6.471
1995	877,4	915,6	1.854	3.212	1.951	5.926
³⁾ 1996	898,6	935,1	1.261	2.560	1.866	5.551
³⁾ 1997	867,5	902,7	961	2.181	1.753	5.359
³⁾ 1998	860,3	894,0	756	1.900	1.643	4.855
³⁾ 1999	833,2	865,4	660	1.764	1.586	4.593
³⁾ 2000	831,8	861,1	562	1.641	1.550	4.207
⁴⁾ 2001	847,1	k. A.	574	1.658	1.558	4.229
⁴⁾ 2002	834,1	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen

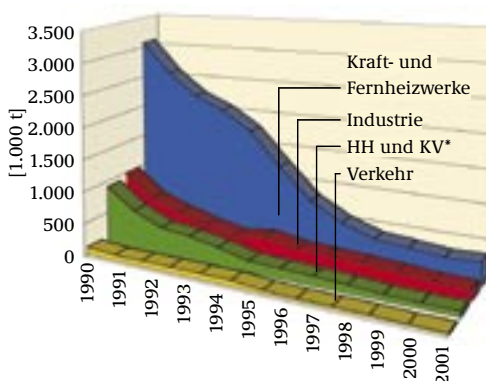
*) Haushalte und Kleinverbraucher
Quelle: UBA [41]



Die energiebedingten CO₂-Emissionen wurden zwischen 1990 und 2002 um rund 15% gesenkt; bis zum Jahr 2000 wurden die gesamten Treibhausgasemissionen um 19% verringert.

Entwicklung der energiebedingten SO₂-Emissionen

*) Haushalte und Kleinverbraucher
Quelle: UBA [41]



Die energiebedingten Emissionen von Schwefeldioxid konnten zwischen 1990 und 2001 um 89% gesenkt werden.

Struktur der energiebedingten Emissionen nach Verbrauchssektoren 2000

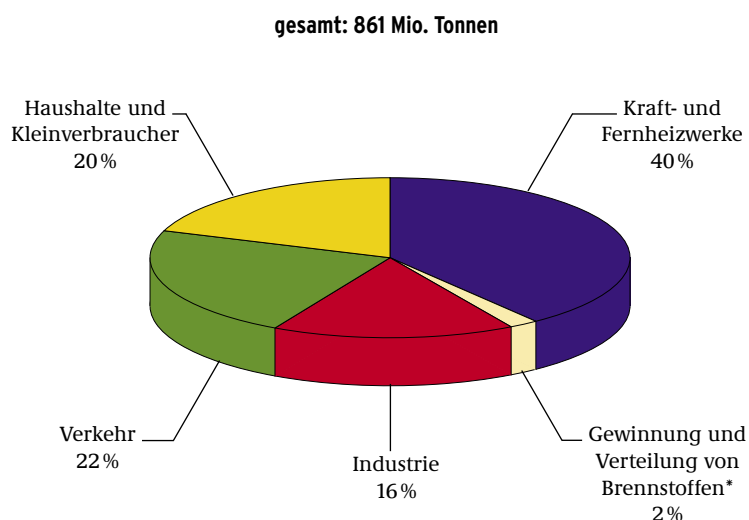
		Kraft- u. Fernheizwerke ¹⁾	Haushalte und Kleinverbr. ²⁾	Verkehr ³⁾	Industrie ⁴⁾	gesamt ⁵⁾	Einsparung durch EE ⁶⁾ (Jahr 2002)
CO ₂	[Mio. t]	338	167	188	139	832	49,6
CH ₄	[1.000 t]	6	29	18	7	885	1,4
N ₂ O	[1.000 t]	12	2	17	4	35	1,4
CO₂-Äquivalent	[Mio. t]	341	168	194	141	861	50,1
SO ₂	[1.000 t]	306	76	22	158	562	30,2
NO _x ⁷⁾	[1.000 t]	256	120	991	183	1.550	31,1
SO₂-Äquivalent⁸⁾	[1.000 t]	484	160	712	285	1.641	53,0
CO	[1.000 t]	102	921	2.522	663	4.207	35,7

vorläufige Angaben

- 1) bei Industriekraftwerken nur Stromerzeugung
- 2) einschließlich militärischer Dienststellen
- 3) einschließlich nationalem Luftverkehr
- 4) Industrieheizungen, ohne prozessbedingte Emissionen; übriger Umwandlungsbereich, Verarbeitendes Gewerbe und Bergbau; Erdgasverdichtungsstationen; bei Industriekraftwerken nur Wärmeerzeugung
- 5) Summe beinhaltet auch Emissionen aus der Gewinnung und Verteilung von Brennstoffen
- 6) Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien
- 7) berechnet als NO₂
- 8) berücksichtigt sind SO₂ und NO_x

Quelle: UBA [4]; UBA [41]

Anteile der Sektoren an den energiebedingten Treibhausgasemissionen berechnet als CO₂-Äquivalent



*) Bergbau, lokale Gasverteilungsnetze, Erdöl- und Erdgasförderung

Quelle: UBA [4]

Beitrag erneuerbarer Energien zur Energiebereitstellung 2002

Schätzwerte

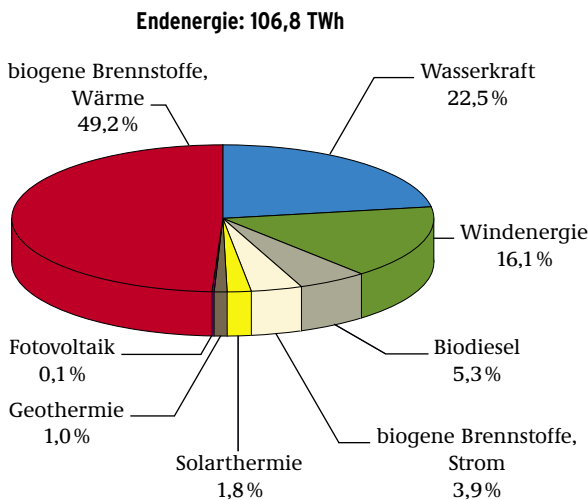
- 1) zur Berechnung siehe Anhang (4)
- 2) bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss
- 3) nur Einspeisung ins öffentliche Netz
- 4) bei einem angesetzten mittleren jährlichen Ertrag von 800 kWh pro kW_p installierter Leistung
- 5) bei einem angesetzten mittleren jährlichen Ertrag von 450 kWh pro m² installierter Kollektorfläche
- 6) bezogen auf Bruttostromerzeugung 2001
- 7) bezogen auf Endenergieverbrauch für Raumwärme, Warmwasser und sonstige Prozesswärme; Bezugsjahr 2001

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

Quellen: EnBW Ingenieure [5]; VDN [6]; nach IÖW [7]; nach IE [8]; nach BSi [10]; ISET [20]; nach DIW [11]; UFOP [13]; nach Geothermische Vereinigung [12]; ZSW [3]

	Endenergie [GWh]	Primärenergie- äquivalent ¹⁾		Anteil am Endenergieverbrauch [%]	Anteil am ges. Primärenergie- verbrauch [%]	
		[GWh]	[PJ]			
Stromerzeugung	Wasserkraft ²⁾	24.000	24.000	86,3	4,2	0,6
	Windenergie	17.200	17.200	61,9	3,0	0,4
	biogene Festbrennstoffe ³⁾	1.250	3.250	11,7	0,2	0,1
	biogene flüssige Brennstoffe ³⁾	20	52	0,2	0,004	0,001
	Biogas	713	1.854	6,7	0,13	0,05
	Klärgas ³⁾	700	1.820	6,5	0,12	0,05
	Deponiegas	1.500	3.900	14,0	0,26	0,1
	Fotovoltaik ⁴⁾	176	176	0,6	0,03	0,004
	gesamt	45.559	52.252	188	8,0	1,3
	Wärmeerzeugung	biogene Festbrennstoffe	51.135	51.135	183,9	3,3
biogene gasförmige Brennstoffe		1.300	1.300	4,7	0,08	0,03
biogene flüssige Brennstoffe		65	65	0,2	0,004	0,002
Solarthermie ⁵⁾		1.955	1.955	7,0	0,13	0,05
Geothermie		1.050	1.050	3,8	0,07	0,03
gesamt		55.505	55.505	199,7	3,6	1,4
Kraftstoff	Biodiesel	5.688	5.688	20,5	0,8	0,1
	Summe	106.752	113.445	408,1		2,9

Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien 2002



Über die Hälfte der gesamten Endenergie aus erneuerbaren Energiequellen wird durch Biomasse bereitgestellt. Bezogen auf die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien hat feste Biomasse (hauptsächlich Holz) einen Anteil von 92%. Für die Stromerzeugung hingegen sind vor allem die Wasserkraft mit 53% und die Windenergie mit 38% von großer Bedeutung.

Quellen: siehe obenstehende Tabelle

Zeitliche Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien und installierte Leistung 1990 - 2002

Endenergie

	Wasserkraft ¹⁾		Windenergie		Biomasse Strom ²⁾		Fotovoltaik		Biomasse Wärme ³⁾		Solarthermie		Geothermie ³⁾		Biodiesel	Summe
	[GWh]	[MW]	[GWh]	[MW]	[GWh]	[MW]	[GWh]	[MW _p]	[GWh]	[GWh]	[1.000 m ²]	[GWh]	[GWh]	[GWh]		
1990	15.908	4.403	40	56	222	190	1	2	k.A.	113	338	k.A.	k.A.	k.A.		
1991	14.652	4.403	140	98	250	k.A.	2	3	k.A.	145	466	k.A.	2	k.A.		
1992	17.317	4.374	230	167	295	227	3	6	k.A.	189	582	k.A.	52	k.A.		
1993	17.676	4.520	670	310	370	k.A.	6	9	k.A.	240	749	k.A.	103	k.A.		
1994	19.495	4.529	940	605	570	276	9	12	k.A.	305	940	k.A.	259	k.A.		
1995	20.865	4.521	1.800	1.094	670	k.A.	12	18	k.A.	380	1.156	k.A.	465	k.A.		
1996	18.380	4.563	2.200	1.547	803	358	18	27	k.A.	476	1.453	k.A.	621	k.A.		
1997	19.274	4.578	3.000	2.082	879	400	27	40	k.A.	599	1.817	k.A.	1.034	k.A.		
1998	19.215	4.601	4.489	2.875	1.050	409	37	52	45.000	855	2.191	820	1.034	72.500		
1999	21.798	4.547	5.528	4.444	1.170	448	48	67	45.000	1.036	2.638	870	1.344	76.794		
2000	25.141	4.572	9.500	6.112	1.625	585	71	111	51.000	1.278	3.283	970	3.516	93.101		
⁴⁾ 2001	23.570	4.600	10.456	8.754	3.785	825	116	179	52.000	1.627	4.207	1.000	4.654	97.208		
⁴⁾ 2002	24.000	4.620	17.200	12.001	4.200	900	176	262	52.500	1.955	4.754	1.050	5.688	106.769		

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

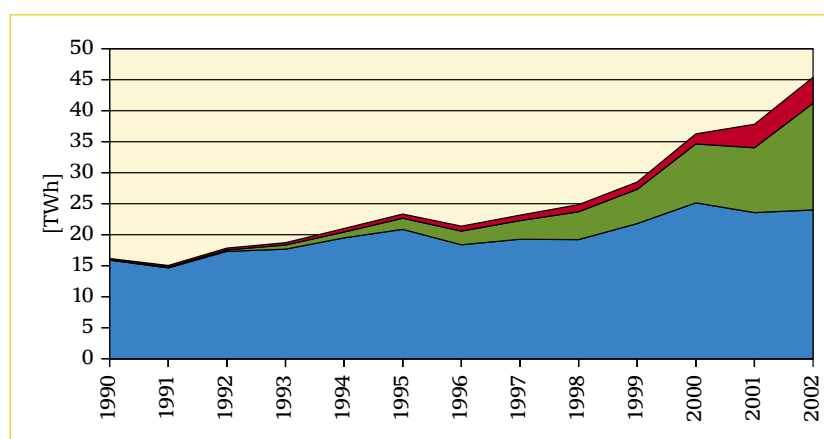
- 1) bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss; Leistungsangabe überschlägig, eine vollständige Erhebung existiert nicht
- 2) Schätzwerte auf der Basis sektoraler Erhebungen; bis 2000 ist nur die Einspeisung in das Netz der allgemeinen Versorgung berücksichtigt
- 3) Schätzwerte
- 4) vorläufige Angaben

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

Quellen: EnBW Ingenieure [5]; BMWA [14]; IWR [15]; BWE [16]; VDEW [17]; nach IÖW [7]; nach IE [8]; nach BSi [10]; nach Geothermische Vereinigung [12]; UFOP [13]; ISET [20]; ZSW [3]

Das Energieangebot aus Wasserkraft, Windenergie und Solarenergie unterliegt natürlichen Schwankungen, die sich sowohl kurzfristig und saisonal als auch auf den gesamten Jahresenergieertrag auswirken. Die Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien wird von der Wärmenachfrage beeinflusst, die mit den Außentemperaturen variiert.

Beitrag erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung



Der Beitrag der Fotovoltaik ist wegen des geringen Anteils nicht dargestellt.

Quellen: siehe obenstehende Tabelle

- Biomasse
- Windenergie
- Wasserkraft

Anteile der erneuerbaren Energien an der Energiebereitstellung

- 1) vorläufige Angaben
 2) Bezugsjahr für Wärme, Strom und Kraftstoff: 2001

Quellen: nach vorherigen Tabellen;
 nach VDEW [17]; nach AGEB [18];
 nach DIW [11]

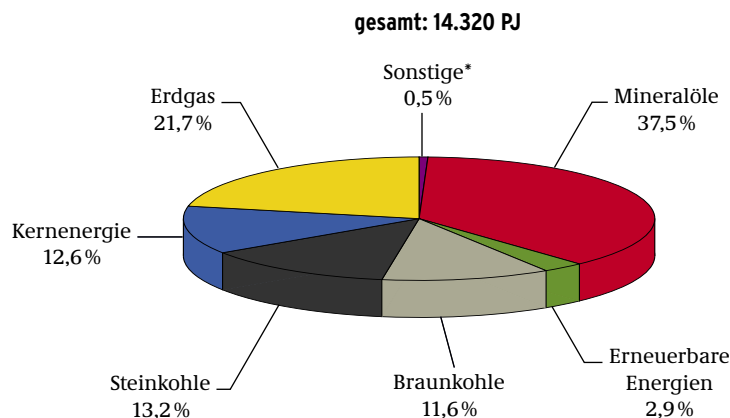
	2000	¹⁾ 2001	^{1) 2)} 2002
Endenergieverbrauch	[%]		
Stromerzeugung (bezogen auf gesamte Bruttostromerzeugung)	6,3	6,7	8,0
Wärmebereitstellung (bezogen auf gesamte Wärmebereitstellung)	3,7	3,8	3,6
Kraftstoffverbrauch (bezogen auf gesamten Kraftstoffverbrauch)	0,5	0,6	0,8
Primärenergieverbrauch	2,4	2,6	2,9
Stromerzeugung (bezogen auf gesamten Primärenergieverbrauch)	1,0	1,1	1,3
Wärmebereitstellung (bezogen auf gesamten Primärenergieverbrauch)	1,3	1,4	1,4
Kraftstoffverbrauch (bezogen auf gesamten Primärenergieverbrauch)	0,09	0,12	0,14

Struktur des Primärenergieverbrauchs 2002

vorläufige Schätzungen

*) Außenhandelsaldo Strom und sonstige Energieträger

Quelle: DIW [11]



Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien 2002

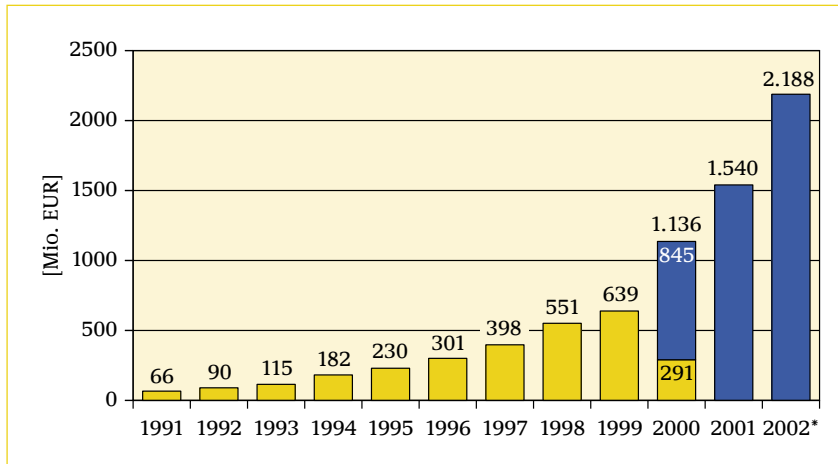
- 1) als Primärelektrizitätserzeugung gewertet
 2) Stromheizungen nicht berücksichtigt
 3) fossiler Dieselmotorkraftstoff, Endenergie

Zur Einsparung fossiler Energieträger durch Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien siehe auch Anhang (6).

Quelle: ZSW [3]

	Braunkohle / Steinkohle	Gas	Öl schwer / Heizöl leicht	Dieselmotorkraftstoff	Kernenergie ¹⁾	gesamt
Primärenergie [TWh]						
Strom	72,0	7,0	0,5	-	16,4	96
Wärme²⁾	1,5	29,1	24,9	-	-	55,5
Kraftstoff³⁾	-	-	-	5,7	-	5,7
Gesamt	73,6	36,1	25,4	5,7	16,4	157,2
Primärenergie [PJ]						
Gesamt	265	130	91	20	59	565

Gezahlte Vergütung nach Stromeinspeisungsgesetz und Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)



*) Prognose

Quellen: VDEW [24]; VDN [6]

■ Stromeinspeisungsgesetz
■ Erneuerbare-Energien-Gesetz

Das Stromeinspeisungsgesetz wurde am 1. April 2000 durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz abgelöst und die Vergütungssätze wurden angehoben. Danach erhielt Fotovoltaikstrom im Jahr 2001 mit 50,62 ct/kWh die mit Abstand höchste Vergütung; wegen seines geringen Anteils fällt diese in der Summe jedoch kaum ins Gewicht. Rund zwei Drittel der gesamten Vergütung entfielen auf Strom aus Windenergie. Im Jahr 2001 wurden im Durchschnitt 8,7 ct/kWh für Strom aus erneuerbaren Energien vergütet.

Der EEG-Erfahrungsbericht des Bundeskabinetts

Das Bundeskabinett hat am 10. Juli 2002 den ersten Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Gesetz [25] vorgelegt, der den Erfolg von EEG und Biomasseverordnung bestätigt: Der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch ist von 5,2% im Jahr 1998 bis zum Ende des Jahres 2001 auf 6,7% gestiegen. Mit dem EEG und zusätzlichen Maßnahmen kann das Ziel der Bundesregierung, den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung bis zum Jahr 2010 gegenüber dem Jahr 2000 auf 12,5% zu verdoppeln, aus heutiger Sicht erreicht werden. Dazu ist jedoch auf absehbare Zeit weiterhin staatliche Unterstützung erforderlich. Diese reicht von der Förderung von Forschung und Entwicklung über die Gewährung von Investitionsanreizen bis hin zu gesetzlichen Einspeise- und Vergütungsregelungen. Das EEG ist international beispielgebend und weltweit auf großes Interesse gestoßen. Es ist mittlerweile in zahlreiche Sprachen übersetzt worden. Verschiedene Länder, darunter Spanien, Frankreich und Tschechien, haben vergleichbare Regelungen eingeführt. Im europäischen Vergleich haben sich Preisregelungen wie das EEG als die effektivsten marktwirtschaftlichen Instrumente herausgestellt, um ein rasches Wachstum der erneuerbaren Energien zu erreichen. Die Entwicklung des Ausbaus erneuerbarer Energien macht deutlich, dass Deutschland mit dem EEG den richtigen Weg eingeschlagen hat. Die bei seiner Verabschiedung erwarteten Erfolge stellen sich ein. Eine Novelle zur weiteren Verbesserung ist vorgesehen.

Abschätzung der monetären Förderung zur Markteinführung erneuerbarer Energien aus den wichtigsten Förderinstrumenten auf Bundes- und Länderebene 2001

Zwar ist in den meisten Bereichen erneuerbarer Energien noch eine finanzielle Förderung erforderlich, andererseits können durch ihre Nutzung externe Kosten der fossilen und nuklearen Energiebereitstellung vermieden werden.

Zur Bewertung der Förderung aus Darlehensprogrammen siehe auch Anhang (9).

Quellen: BINE [19]; VDN [6]; KfW [21]; DtA [22]; ZSW [3].

Instrument	Förderung [Mio. EUR]	Berechnungsgrundlage / Kommentare
Erneuerbare-Energien-Gesetz	693	Einspeisung von 17,8 Mrd. kWh bei einer mittleren Einspeisevergütung von 8,64 ct/kWh und einem angesetzten Wert für den Strom von 4,74 ct/kWh; Strom aus Wasserkraft stammt zu etwa 80% aus Anlagen mit mehr als 5 MW Leistung; dieser Anteil wird nicht vergütet.
Marktanreizprogramm zur Förderung der Nutzung Erneuerbarer Energien	153	Ansatz im Bundeshaushalt 2001: 300 Mio. DM
100.000-Dächer-Solarstrom-Programm	30	Schätzwert auf der Basis der Darlehenszusagen der Kreditanstalt für Wiederaufbau im Zeitraum 1999-2001 bei einer angenommenen Zinsverbilligung von 4,5% p. a.
ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm	76	Schätzwert auf der Basis der Darlehenszusagen der Deutschen Ausgleichsbank im Zeitraum 1992-2001 bei einer angenommenen Zinsverbilligung über 10 Jahre von durchschnittlich etwa 2% p. a.
DtA-Umweltprogramm	36	Schätzwert auf der Basis der Darlehenszusagen der Deutschen Ausgleichsbank im Zeitraum 1992-2001 bei einer angenommenen Zinsverbilligung über 10 Jahre von durchschnittlich etwa 1,5% p. a.
Eigenheimzulage	11	Gezahlte Öko-Zulagen für neue Techniken
Programme der Bundesländer	128	ohne Forschung und Entwicklung
Summe	1.127	ohne kommunale und private Förderung

Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien in den Bundesländern 2001

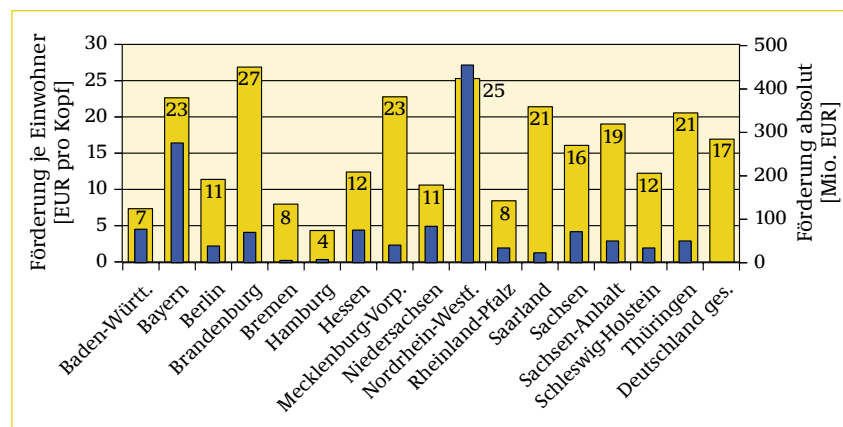
- 1) Angaben für Forschung und Entwicklung nach Haushaltsansatz 2001; Demo- und Pilotprojekte in allen Bereichen
- 2) Haushaltsansatz 2001
- 3) Projekte zu Forschung und Entwicklung und zur Beratung und Schulung werden den einzelnen Technologien zugeordnet
- 4) hauptsächlich Biogas
- 5) überwiegend Solarthermie
-) keine Angabe

Quelle: BINE [19]

	Wind	Wasser	Solarthermie	Fotovoltaik	Biomasse	Wärme-pumpen	Geothermie	Beratung und Schulung	Forschung und Entwicklung	sonstige Förderung	Summe
	[Mio. EUR]										[Mio. EUR]
Baden-Württt.¹⁾	-	-	1,560	0,160	5,560	-	-	-	11,760	0,300	19,340
Bayern²⁾	0,050	1,530	1,890	1,070	17,900	4,760	0,610	0,660	7,410	-	35,880
Berlin	-	-	1,702	0,419	0,011	0,045	0,130	0,167	0,222	0,056	2,752
Brandenburg	1,060	0,100	0,011	0,013	0,340	0,190	-	0,306	-	-	2,020
Bremen	0,600	-	-	-	-	-	-	-	0,900	-	1,500
Hamburg	-	-	0,658	-	-	-	-	0,200	-	-	0,858
Hessen³⁾	-	-	0,250	0,500	2,060	-	-	-	-	1,970	4,780
Mecklenburg-Vorp.	-	0,009	0,042	2,640	1,200	0,190	-	-	-	⁴⁾ 1,68	5,761
Niedersachsen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⁵⁾ 7,000
Nordrhein-Westf.	-	0,120	3,240	18,300	1,070	3,320	1,070	3,990	2,300	16,390	49,800
Rheinland-Pfalz	-	0,016	0,488	2,386	0,945	0,454	-	0,376	0,044	0,485	5,194
Saarland	-	-	-	-	-	-	-	0,130	0,410	0,610	1,150
Sachsen³⁾	0,655	0,400	1,052	0,410	3,276	-	-	-	-	1,080	6,873
Sachsen-Anhalt	-	-	-	0,010	0,360	-	-	-	-	0,140	0,510
Schleswig-Holst.	-	-	-	-	2,400	-	-	0,050	-	-	2,450
Thüringen	-	0,030	1,270	2,010	1,970	-	-	0,290	-	-	5,570

Regionale Verteilung der Förderung erneuerbarer Energien in verschiedenen Programmen

Länderförderung absolut und je Einwohner im Zeitraum 1991-2001 (kumuliert)

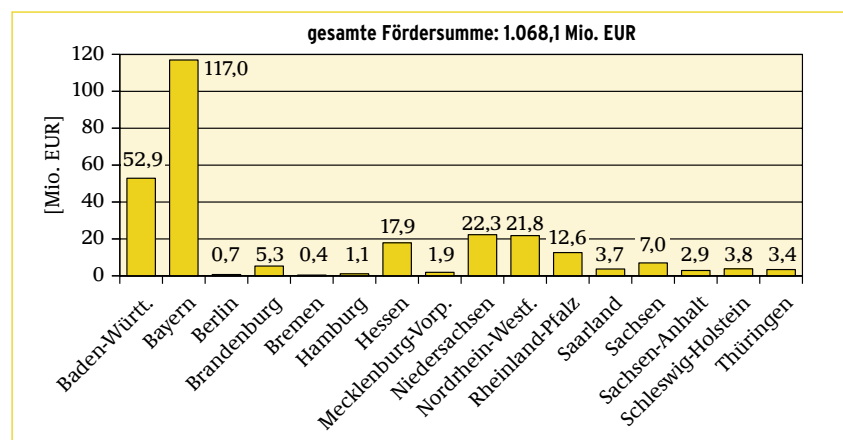


ohne Forschung und Entwicklung

Quellen: BINE [19]; WM BW [23]

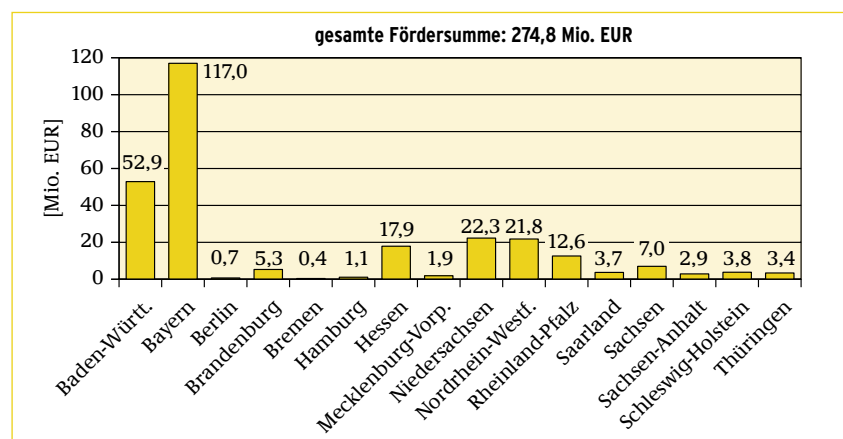
■ Förderung pro Einwohner
■ Förderung absolut

Regionale Verteilung der Förderung im 100.000-Dächer-Solarstrom-Programm 01.01.1999 bis 31.12.2002 (kumuliert)



Quelle: KfW [21]

Regionale Verteilung der Förderung im Marktanreizprogramm 01.09.1999 bis 26.02.2003 (kumuliert)



nur Zuschüsse, keine Darlehen berücksichtigt

Quelle: BAFA [42]

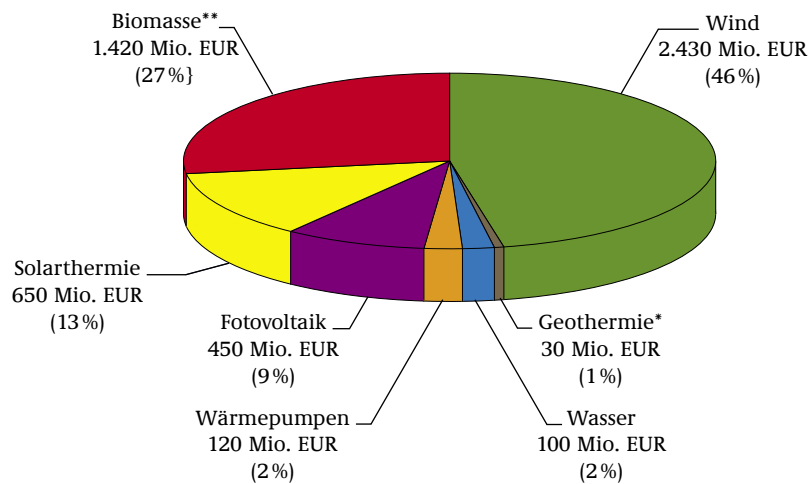
Investitionsvolumen im Bereich erneuerbarer Energien 2001

gesamt: ca. 5,2 Mrd. EUR

Schätzung

- * Großanlagen
- ** einschließlich Biogas

Quelle: ZSW [3]



Die Investitionen entfallen hauptsächlich auf den Neubau, nur zu einem geringen Teil auch auf die Erweiterung oder Ertüchtigung von Anlagen, wie z.B. die Reaktivierung alter Wasserkraftwerke.

Umsatzerlöse aus der Nutzung erneuerbarer Energien 2001

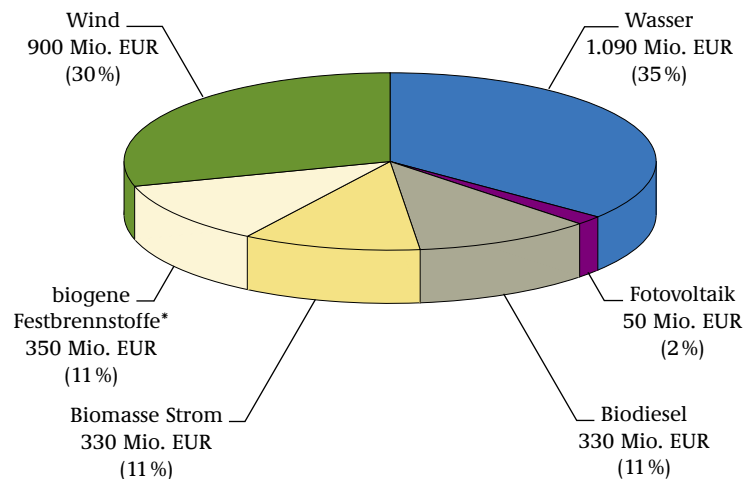
gesamt: ca. 3,0 Mrd. EUR

Schätzung

- * Holz

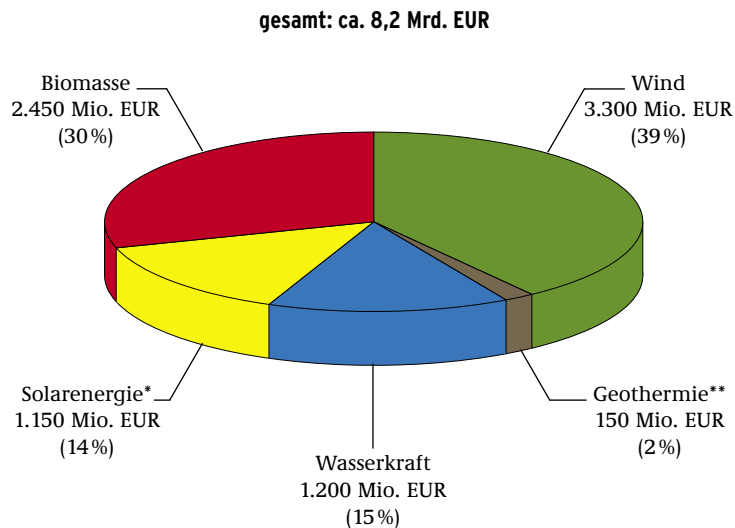
Umsätze aus dem Betrieb der Anlagen. Erläuterungen siehe Anhang (7).

Quelle: ZSW [3]



Neben den Neuinvestitionen werden Umsätze aus dem Betrieb der Anlagen erzielt. Für die Stromerzeugung ergibt sich der Umsatz aus der gezahlten gesetzlichen Einspeisevergütung oder aus dem am freien Strommarkt erzielbaren Preis, für Kraftstoff aus dem Verkauf von Biodiesel. Bei der Wärmeerzeugung trägt nur der Verkauf von Brennstoffen, d.h. in der Regel Holz, zum Umsatz bei, da die erzeugte Wärme meistens nicht verkauft, sondern selbst genutzt wird.

Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien 2001



Schätzung

Der Gesamtumsatz ergibt sich als Summe aus Investitionsvolumen und Umsatzerlösen.

* Fotovoltaik und Solarthermie

** Großanlagen und Wärmepumpen

Quelle: ZSW [3]

Arbeitsplätze

	geschätzte Anzahl an Arbeitsplätzen im Jahr 2001 (direkt und indirekt)	Kommentare
Biomasse	ca. 50.000	
Windenergie	über 35.000	Davon rund 10.000 direkt in der Windbranche (Hersteller, Projektentwickler, Betreiber, Serviceunternehmen); weitaus mehr Arbeitsplätze bei Zulieferbetrieben usw.
Solarthermie	ca. 11.000	
Fotovoltaik	ca. 7.000	
Wasserkraft	einige tausend	Viele deutsche Unternehmen der Branche sind auch im Ausland aktiv, andererseits drängen Anbieter aus Österreich, der Schweiz, Frankreich, Tschechien und Polen auf den deutschen Markt. Eine Abschätzung der Beschäftigungseffekte in Deutschland ist daher schwierig.
Geothermie	ca. 2.000-2.500	
Klär- und Deponiegas	wenige tausend	

Quellen: Bundesverband WindEnergie [16]; BSi [10]; ZSW [3]

Zur Anzahl der Arbeitsplätze im Bereich erneuerbarer Energien gibt es keine vollständigen Angaben. Eine Abschätzung auf der Basis der erzielten Umsätze ergibt für das Jahr 2001 einen Beschäftigungseffekt in der Größenordnung von 130.000 Arbeitsplätzen. Hierbei sind sowohl die direkt im Bereich erneuerbarer Energien Beschäftigten erfasst als auch indirekt Beschäftigte, z. B. in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Herstellung von Anlagenkomponenten, Handelsvermittlung oder Werbung.

Erläuterungen siehe Anhang (8).

Technisches Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom- und Wärmeerzeugung

Bei den Angaben zu den technischen Potenzialen handelt es sich um Orientierungswerte. Aufgrund unterschiedlicher Annahmen zur Verfügbarkeit geeigneter Standorte, zu den technischen Eigenschaften der Nutzungstechnologien und weiteren Faktoren können die Ergebnisse von Potenzialabschätzungen sehr stark streuen. Importe von Energieträgern auf Basis erneuerbarer Energien sind hier nicht erfasst.

- 1) alternativ zu Biokraftstoffen
- 2) z. B. Lärmschutzwände, Überdachungen
- 3) Bei abnehmendem Primärenergieverbrauch infolge erhöhter Energieeffizienz steigt der prozentuale Anteil der erneuerbaren Energien entsprechend.

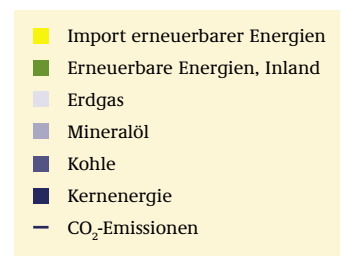
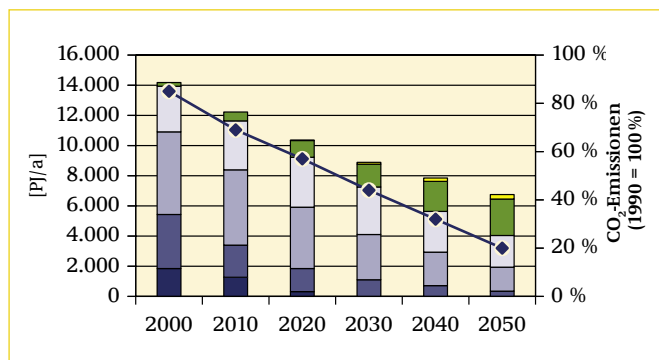
Quellen: nach Klimaschutz durch erneuerbare Energien [27];
Wind / offshore: nach Strategie der Bundesregierung zur Windenergienutzung auf See [1];
Geothermie: Kaltschmitt et al. [28]

	Potenzial der		Leistung [MW _{el}]	Kommentare
	Strom- erzeugung [TWh/a]	Wärme- erzeugung [TWh/a]		
Biomasse¹⁾				
Feste Reststoffe	18	56	4.000	Resthölzer, Reststroh
Anpflanzungen	30	90	7.600	Anbaufläche 2,5 Mio. ha
Vergärung organischer Reststoffe	11	15	2.200	Bio-, Klär- und Deponiegas
Wasserkraft				
Gesamtpotenzial	25		4.650	Laufwasser und natürlicher Zufluss zu Speichern, Bandbreite 21-35 TWh/a
davon Zubaupotenzial	> 1MW < 1MW	5 1	780 300	
Windenergie				
Anlagen an Land	83		50.000	bis 2010 wird die Erschließung von maximal 20.000 MW erwartet
Offshore Anlagen	85		25.000	schrittweise Erschließung bis 2030
Solarenergie (Solarthermie und Fotovoltaik)				
geeignete Dachflächen:	800 km ²			
geeignete Fassadenflächen:	150 km ²			
geeignete Siedlungsflächen²⁾:	700 km ²			
Solarthermie				Wärmeertrag: 450 kWh pro m ² und Jahr
Warmwasser und Raumheizung (Nahwärme)				
75 % der geeigneten Dachflächen:	600 km ²		428	insgesamt 950 km ² Kollektorfläche
50 % der geeign. Siedlungsflächen:	350 km ²			
davon nur Warmwasser (Dachflächen)			68	150 km ² Kollektorfläche
Fotovoltaik				Energieertrag: 800 kWh/kW _p jährlich
Flächenbegrenzung				
25 % der geeigneten Dachflächen:	200 km ²		105.000	insgesamt 700 km ² Modulfläche
100 % der geeign. Fassadenflächen:	150 km ²	84	MW _p	
50 % der geeign. Siedlungsflächen:	350 km ²			
Geothermie				
	(321)			gesamtes Stromerzeugungspotenzial
	66	700		Stromerzeugung soweit begrenzt, dass die dabei entstehende Wärme in Nah- und Fernwärmenetzen genutzt werden kann
Stromerzeugung gesamt	ca. 400			
Wärmeerzeugung gesamt			ca. 1.300	
Anteil am Primärenergieverbrauch 2002³⁾	ca. 45 %			nach Wirkungsgradmethode (für Strom) [vgl. Anhang (4)] nach Substitutionsmethode [vgl. Anhang (4)]
	ca. 60 %			

Szenario eines verstärkten Ausbaus erneuerbarer Energien

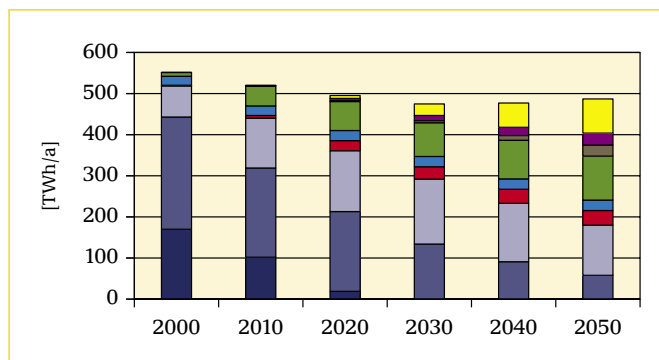
Das Nachhaltigkeitsszenario zeigt eine mögliche Entwicklung der Energiebereitstellung bis 2050, die durch den verstärkten Ausbau der erneuerbaren Energien und eine effizientere Energienutzung die Reduzierung der CO₂-Emissionen um 80 % gegenüber 1990 ermöglicht. Bereits 2020 werden 27 % des Stroms sowie 11 % des Primärenergieverbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt. Bis 2050 steigt der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch auf über 50 % (Strom 63 %, Wärme 46 %).

Entwicklung des Primärenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen bis 2050 im Nachhaltigkeitsszenario



Quelle: UBA [26]

Struktur der Stromerzeugung im Nachhaltigkeitsszenario



Bruttostromerzeugung

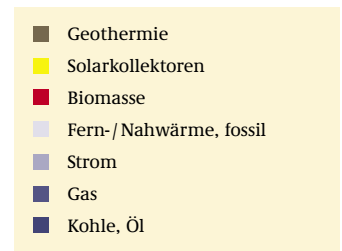
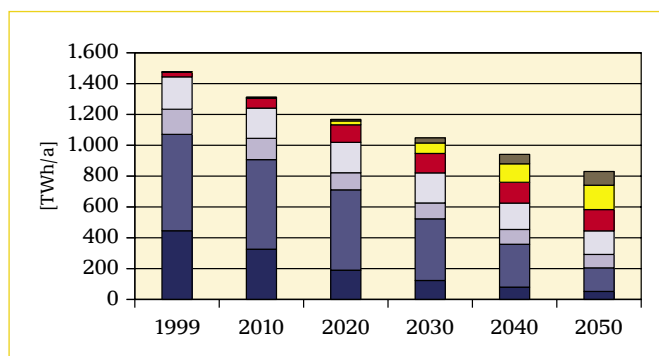
Ab 2030 einschließlich des Strombedarfs für die Wasserstoffherzeugung (2050: 57 TWh/a).



* Kraft-Wärme-Kopplung

Quelle: UBA [26]

Struktur der Wärmebereitstellung im Nachhaltigkeitsszenario



Quelle: UBA [26]

CO₂-Vermeidung durch die Nutzung erneuerbarer Energien 2000 in der EU

vorläufige Angaben

- 1) für Biomasse Werte 1999
- 2) fossiler Kraftwerksmix und Kernenergie
- 3) fossiler Kraftwerksmix, nur Kohle, Gas, Öl
- 4) ohne Solarthermie (4,4 TWh für EU-15)
- 5) Je nach angenommenem Wirkungsgrad der Wärme-erzeugung aus Biomasse (entsprechend verschiedener Referenztechnologien) kann die Emissionsminderung durch Biomassennutzung unter den angegebenen Werten liegen; der Berechnung liegt ein länderspezifischer Wärmebereitstellungsmix aus Heizöl und Erdgas zugrunde
- 6) Biodiesel und Bioethanol

Die Berechnung der vermiedenen Emissionen erfolgt analog zur Berechnung für Deutschland (S. 8 und 9), gemäß den in Anhang (1) und (2) beschriebenen Verfahren.

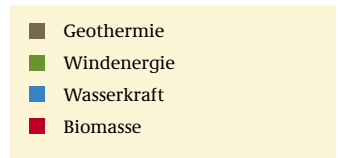
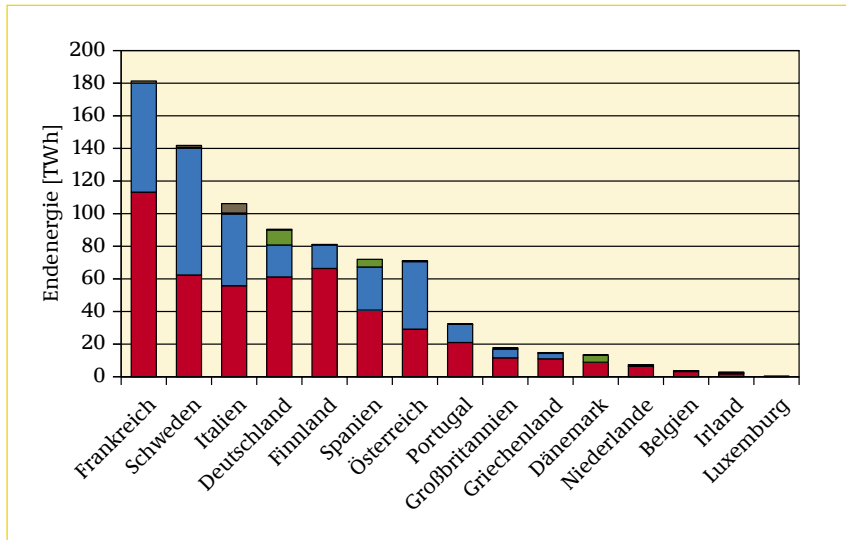
Quellen: spezifische Emissionen nach Gemis [2]; nach VIK [29]; nach Eurostat [30] und [31]; Erzeugung durch erneuerbare Energien: siehe einzelne Tabellen/ Grafiken; Biokraftstoffe: Biofuels Barometer [43]

	Strom- erzeugung	CO ₂ -Vermeidung		Wärme- erzeugung	CO ₂ - Vermeidung ⁵⁾	Biokraftstoff- produktion ⁶⁾	CO ₂ - Vermeidung	CO ₂ - Vermeidung (mit Strom I ²⁾)	CO ₂ - Vermeidung (mit Strom II ³⁾)
	EE ¹⁾ [TWh]	I ²⁾ [1.000 t]	II ³⁾ [1.000 t]	EE ⁴⁾ [TWh]	[1.000 t]	[TWh]	[1.000 t]	gesamt [1.000 t]	gesamt [1.000 t]
Belgien	1,37	296	776	2,38	567	0,2	54	916	1.397
Dänemark	6,18	4.253	4.253	6,69	1.649	-	-	5.902	5.902
Deutschland	33,43	19.286	30.863	54,63	12.547	2,4	642	32.475	44.052
Finnland	22,94	7.554	14.703	58,22	15.462	-	-	23.016	30.164
Frankreich	69,52	5.334	50.456	107,99	25.248	3,8	1.017	31.599	76.721
Griechenland	3,70	3.318	3.318	11,11	2.970	-	-	6.288	6.288
Großbritannien	9,99	4.414	6.094	7,61	1.594	-	-	6.009	7.689
Irland	1,11	755	755	1,63	399	-	-	1.154	1.154
Italien	51,08	29.732	29.732	54,20	11.716	0,8	214	41.662	41.662
Luxemburg	0,17	66	66	0,19	45	-	-	111	111
Niederlande	3,74	1.952	2.052	3,61	752	-	-	2.704	2.804
Österreich	43,14	24.859	24.859	27,74	6.581	0,3	80	31.520	31.520
Portugal	12,57	9.019	9.019	19,77	5.206	-	-	14.226	14.226
Schweden	81,44	4.072	59.292	60,34	15.961	0,1	27	20.060	75.280
Spanien	32,87	16.809	25.257	39,11	9.516	0,5	134	26.459	34.906
EU-15	373,25	131.720		455,23	110.213	8,1	2.168	244.101	373.875

Durch die Nutzung erneuerbarer Energien zur Strom-, Wärme- und Kraftstoffherzeugung wurde im Jahr 2000 in den Ländern der Europäischen Union die Emission von ca. 244 Millionen Tonnen CO₂ vermieden. Die Summe der energiebedingten CO₂-Emissionen in der EU betrug 3.160 Mio. Tonnen.

Die in europäischen und internationalen Statistiken angegebenen Daten zur Energiebereitstellung und -nutzung in Deutschland weichen z. T. von den Angaben deutscher Quellen ab. Neben der unterschiedlichen Datenherkunft spielen hierbei auch abweichende Bilanzierungsmethoden eine Rolle (s. a. Anhang 10). Im folgenden Teil „Europa“ werden aus Konsistenzgründen für Deutschland die Daten aus den internationalen Statistiken übernommen, auch wenn diese von den vorherigen Angaben abweichen. Die detaillierteren Angaben auf den vorangehenden Seiten sind jedoch i. d. R. belastbarer.

Nutzung erneuerbarer Energien 2000 in der EU



Quellen: siehe untenstehende Tabelle

Nutzung erneuerbarer Energien 2000

Installierte Leistung / Fläche 2001

	Biomasse ¹⁾	Wasserkraft ²⁾	Windenergie	Geothermie ³⁾	Summe
Endenergie [TWh]					
Belgien	3,2	0,5	0,02	0,03	3,8
Dänemark	8,9	0,03	4,4	0,02	13,4
Deutschland	61,2	19,6	9,2	0,44	90,4
Finnland	66,4	14,5	0,1	0,13	81,2
Frankreich ⁵⁾	113,2	66,7	0,1	1,36	181,3
Griechenland	11,0	3,3	0,4	0,11	14,8
Großbritannien	11,6	5,2	0,8	0,01	17,6
Irland	1,8	0,8	0,2	k.A.	2,7
Italien	55,8	44,0	0,6	5,75	106,1
Luxemburg	0,2	0,1	0,02	k.A.	0,4
Niederlande	6,4	0,1	0,8	0,02	7,4
Österreich	29,2	41,4	0,1	0,45	71,1
Portugal	21,0	11,2	0,1	0,01	32,3
Schweden	62,4	77,8	0,5	1,15	141,8
Spanien	40,9	26,4	4,7	k.A.	72,0
EU-15	493,2	311,7	21,9	9,5	840,7

Solarthermie ⁴⁾	Fotovoltaik
[1.000 m ²]	[kW _p]
25,5	k.A.
322,0	1.500
3.805,0	194.700
26,0	2.758
321,7	13.856
2.995,0	k.A.
168,5	2.746
2,0	k.A.
306,0	20.000
k.A.	k.A.
208,5	20.509
1.811,0	6.636
231,5	928
192,0	3.032
408,0	15.600
10.822,7	282.265

- 1) Stromerzeugung aus Biomasse (Werte für 1999), Biomasseeinsatz für die Wärmebereitstellung, Biokraftstoff; einschließlich Biogas und städtischem Müll, ohne industriellen Müll
- 2) für Pumpspeicherkraftwerke nur Erzeugung aus natürlichem Zufluss
- 3) Wärme und Stromerzeugung; Stromerzeugung nur in Italien mit 4,7 TWh
- 4) nur verglaste Kollektoren
- 5) Fotovoltaik einschließlich Anlagen in Übersee-Departements
- 6) Summe beinhaltet 4,4 TWh (15,7 PJ) aus Solarthermie und 0,14 TWh (0,5 PJ) aus Fotovoltaik

Quellen:
 Biomasse: Europäische Kommission[32]
 Wasserkraft: EIA [33]
 Windenergie: Wind Energy Barometer [34]
 Geothermie: Le bilan 2001 des énergies renouvelables [35]
 Solarthermie: DFS [36]
 Fotovoltaik: IEA, Trends in Photovoltaic Applications [37]

Endenergie [PJ]					
EU-15	1.774,1	1.121,2	78,7	34,0	3.024,2

Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch 2000 in der EU

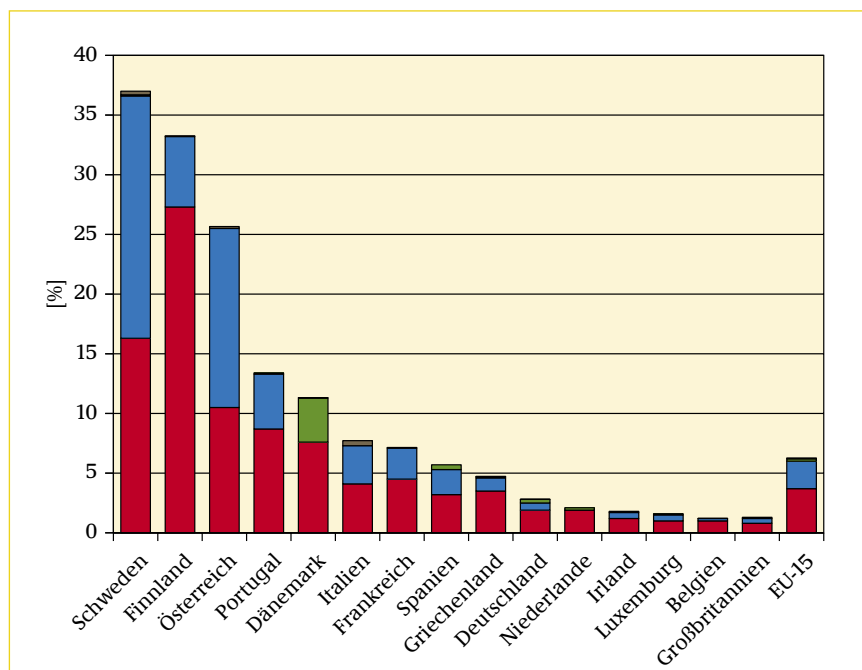
- 1) vorläufige Angaben
 2) Die Steigerung beruht auf einer starken Abnahme des angegebenen Primärenergieverbrauchs und muss bei Vorliegen neuer Angaben überprüft werden.

Zur Berechnung des Primärenergieäquivalents siehe auch Anhang (10).

Quellen: 1990-1999: Eurostat [30]; 2000: ZSW [3] (nach den einzelnen für EU angegebenen Quellen)

	1990	1997	1998	1999	¹⁾ 2000
	[%]				
Belgien	1,4	1,2	1,3	1,2	1,2
Dänemark	6,3	8,0	8,4	9,2	11,4
Deutschland	1,6	2,2	2,5	2,6	2,8
Finnland	18,5	20,5	21,9	22,2	²⁾ 33,3
Frankreich	7,0	6,8	6,7	7,0	7,2
Griechenland	5,0	5,3	5,0	5,5	4,7
Großbritannien	0,5	0,9	1,0	1,1	1,2
Irland	1,6	1,6	2,0	1,8	1,9
Italien	5,3	7,7	7,7	¹⁾ 7,8	7,7
Luxemburg	1,3	1,4	1,5	1,3	1,6
Niederlande	1,2	1,8	1,9	2,1	2,2
Österreich	22,5	23,4	22,6	23,4	25,7
Portugal	15,2	15,4	13,6	11,1	13,4
Schweden	24,6	26,6	28,6	26,7	²⁾ 37,0
Spanien	6,7	6,5	6,4	5,2	5,6
EU 15	5,0	5,8	5,9	¹⁾ 5,9	6,3

- Geothermie
- Windenergie
- Wasserkraft
- Biomasse

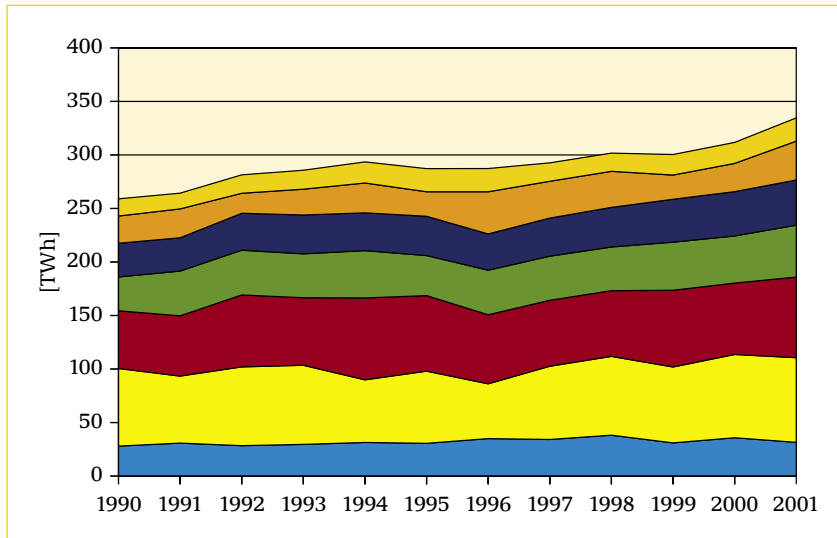


vorläufige Angaben

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

Stromerzeugung aus Wasserkraft in der EU

Ohne Erzeugung aus Pumpspeichern

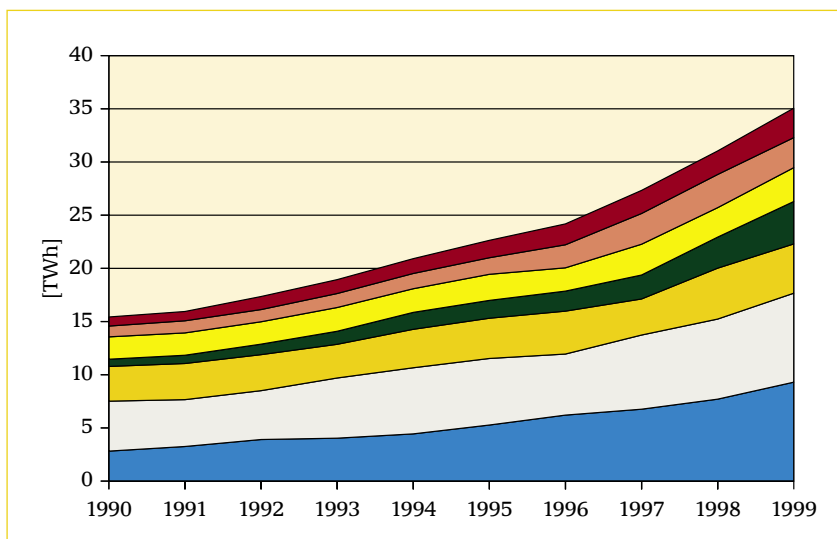


* Erzeugung jeweils < 15 TWh/a

Quellen: Europäische Kommission [32]; EIA [33]; nach BP [38]

Stromerzeugung aus Biomasse in der EU

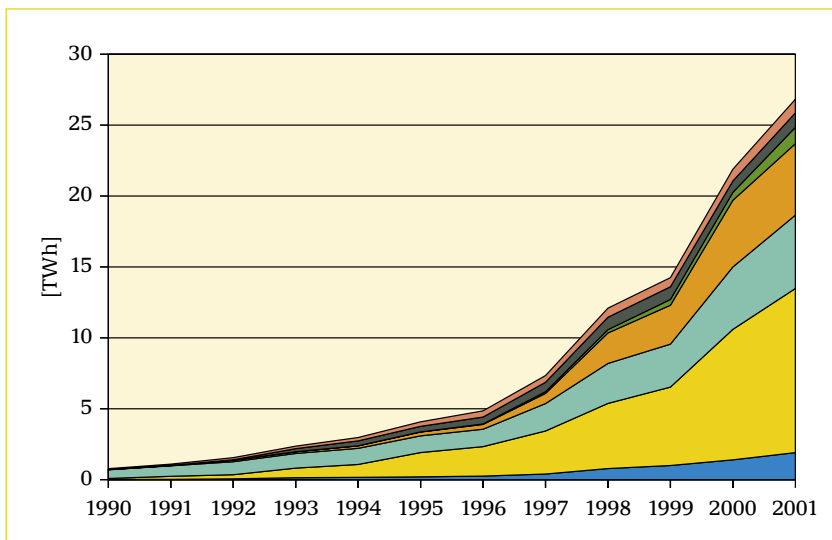
Einschließlich städtischem Müll



* Erzeugung jeweils < 2 TWh/a

Quelle: Europäische Kommission [32]

Stromerzeugung aus Windenergie in der EU



* Erzeugung jeweils < 0,5 TWh/a

Quellen: Europäische Kommission [32];
Wind Energy Barometer [34]

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU

- 1) vorläufige Angaben
- 2) Schätzung
- 3) einschließlich städtischem Müll und Biogas
- 4) für Pumpspeicherkraftwerke nur Erzeugung aus natürlichem Zufluss
- 5) berücksichtigt sind EU-weit ca. 90% der installierten Fotovoltaik-Leistung; Frankreich inkl. Übersee-Departements
- 6) fehlende Angaben für einzelne Technologien durch Vorjahreswerte ersetzt

Quellen:
Biomasse: Europäische Kommission [32]
Wasserkraft:
Europäische Kommission [32]; EIA [33];
nach BP [38]
Windenergie:
Europäische Kommission [32];
Wind Energy Barometer [34]
Geothermie: Systèmes Solaires [39];
Le bilan 2001 des énergies renouvelables [35]
Fotovoltaik: Systèmes Solaires [39];
ZSW [3]

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	¹⁾ 2000	²⁾ 2001
	[TWh]											
Biomasse³⁾	15,4	15,9	17,4	18,9	20,9	22,6	24,2	27,3	31,0	35,1	k. A.	k. A.
Wasserkraft⁴⁾	259,0	264,3	281,4	285,7	293,5	287,2	287,3	292,6	301,7	300,4	311,7	334,6
Windenergie	0,8	1,1	1,6	2,4	3,0	4,1	4,9	7,3	12,1	14,2	21,9	26,8
Geothermie	3,2	3,2	3,5	3,7	3,4	3,4	3,8	3,9	4,3	4,5	4,7	k. A.
Fotovoltaik⁵⁾	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	²⁾ 0,15	0,23
Summe	278,4	284,5	303,8	310,7	320,8	317,4	320,1	331,2	349,3	354,3	⁶⁾ 373,5	⁶⁾ 401,4
Anteil EE an Bruttostromverbrauch [%]	13,3	12,7	13,5	13,8	14,0	13,5	13,2	13,6	13,9	13,9	14,3	k. A.

Die geothermische Stromerzeugung in der EU beschränkt sich im Wesentlichen auf Italien. Darüber hinaus wird auf Guadeloupe (französisch) und auf den Azoren (portugiesisch) in geringem Umfang geothermischer Strom erzeugt. Pilotanlagen existieren im Elsass und in Österreich, in Deutschland und Griechenland wurde mit dem Bau von Anlagen begonnen.

Fotovoltaik wird vor allem in Deutschland genutzt, ca. zwei Drittel der in der EU installierten Leistung befinden sich hier; Deutschland, die Niederlande, Italien, Spanien und Frankreich verfügen zusammen über gut 90% der insgesamt installierten Leistung.

Anhang: Methodische Hinweise

Differenzen zwischen den Werten in den Tabellen und den entsprechenden Spalten- bzw. Zeilensummen ergeben sich auf Grund von Rundungen. Die hier veröffentlichten Zahlenreihen geben teilweise nur vorläufige Ergebnisse wieder. Bis zur Veröffentlichung endgültiger Angaben können sich im Vergleich zu früheren Publikationen Änderungen ergeben.

1. Berechnung der Emissionsfaktoren für die Stromerzeugung

Die Berechnung berücksichtigt nur direkte Emissionen, d. h. keine vorgelagerten Prozesse und Entsorgung. Für die Berechnung der vermiedenen Emissionen muss eine Annahme darüber getroffen werden, welche Energieträger zu welchen Anteilen durch erneuerbare Energien substituiert werden. Strom aus Wasserkraft und biogenen Brennstoffen fällt relativ konstant an und ersetzt in erster Linie Stromerzeugung in Grundlastkraftwerken (Braunkohle, Kernenergie), während die Stromerzeugung aus Windenergie und Solarenergie stark schwankt und daher vor allem Stromerzeugung in Mittel- und Spitzenlastkraftwerken (Steinkohle, Erdgas, Öl) substituiert.

Daher und auch aufgrund unterschiedlicher geografischer Gegebenheiten hinsichtlich der Struktur der Stromerzeugung kann nicht eindeutig bestimmt werden, welche Energieträger zu welchen Anteilen durch erneuerbare Energien substituiert werden. Hier werden deshalb drei Varianten betrachtet:

Strom I: Gesamter Kraftwerksmix im Jahr 2000 einschließlich Kernenergie, ohne erneuerbare Energien

Strom II: Kraftwerksmix im Jahr 2000 ohne Kernenergie, ohne erneuerbare Energien

Strom III: Angenommener Wert, der die Substitution von Kernenergie nur zum Teil berücksichtigt, jedoch nicht in dem Maße, in dem sie heute zur Stromerzeugung beiträgt. Dieser Wert kann mittelfristig als Vergleichsbasis zur Berechnung der vermiedenen Emissionen beibehalten werden und soll dem Umstand Rechnung tragen, dass der Beitrag der Kernenergie zur Stromerzeugung wegen des schrittweisen Ausstiegs aus ihrer Nutzung abnehmen wird.

Die einzelnen Energieträger haben in den drei Varianten folgende Anteile in %:

	Kernenergie	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Öl
Strom I	37,5	28,8	25,7	7,3	0,7
Strom II	0,0	46,1	41,1	11,6	1,2
Strom III	13,3	40,0	35,6	10,1	1,0

Quelle: Strom I, Strom II: nach AG Energiebilanzen[18]

Nicht berücksichtigt wird hier, dass fossile Mittel- und Spitzenlastkraftwerke bei unregelmäßiger Stromeinspeisung durch erneuerbare Energien zeitweilig in Teillast betrieben werden müssen und ihr Wirkungsgrad dabei sinkt, was zu erhöhten Emissionen führt.

Struktur des durch erneuerbare Energien substituierten Wärmebereitstellungsmixes:

Erdgas	Heizöl	Kohle	Strom
50,1 %	42,8 %	2,6 %	4,5 %

Quellen: nach VDEW [17];
nach Statistisches Bundesamt, Mikrozensus-Zusatzerhebung 1998 [44]

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

Die Berechnung berücksichtigt nur direkte Emissionen (inklusive Hilfsstrom und Wärmeverteilung), d. h. keine vorgelagerten Prozesse und Entsorgung. Die Emissionen aus der Verbrennung von Biomasse sind nicht berücksichtigt.

Die Berechnung der vermiedenen Emissionen durch Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien erfolgt über den Endenergieeinsatz. Für Biomasseanlagen wird ein den konventionellen Heizungsanlagen vergleichbarer Wirkungsgrad unterstellt. Aufgrund der Vielzahl verschiedener Technologien sowohl zur Biomassenutzung als auch bei Gas-/Ölheizungen ist eine genaue Bestimmung der mittleren Wirkungsgrade (und damit der vermiedenen Emissionen) nicht zuverlässig möglich. Die getroffene Annahme stellt für Pelletöfen, Zentralheizungskessel und Heizwerke (Wirkungsgrade 80 % bis über 90 %) eine gute Näherung dar – für die heute überwiegend eingesetzten Kachelöfen,

Kaminöfen und Heizkamine mit geringeren Wirkungsgraden wird die Emissionsverminderung dadurch jedoch überschätzt. Geht man von einem mittleren Wirkungsgrad für die Wärmeerzeugung aus Biomasse von 60% und für konventionelle Heizungsanlagen von 80% aus, so verringert sich die angegebene Emissionsvermeidung um 25%. Die hier veröffentlichten Zahlenreihen geben teilweise nur vorläufige Ergebnisse wieder. Bis zur Veröffentlichung endgültiger Angaben können sich im Vergleich zu früheren Publikationen Änderungen ergeben.

3. CO₂- und SO₂-Äquivalent

CO₂-Äquivalent

Wichtige Treibhausgase sind die so genannten Kyoto-Gase CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, PFC und HFC, die in unterschiedlichem Maße zum Treibhauseffekt beitragen. Um die Treibhauswirkung der einzelnen Gase vergleichen zu können, wird ihnen ein Faktor, das relative Treibhauspotenzial (THP), zugeordnet, das ein Maß für ihre Treibhauswirkung im Vergleich zum „Leitgas“ CO₂ darstellt.

Das CO₂-Äquivalent der Kyoto-Gase ergibt 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.

SO₂-Äquivalent

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

	relatives Treibhauspotenzial
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
SF ₆	23.900
PFC	6.500-9.200
HFC	140-11.700

SF₆, PFC und HFC werden im vorliegenden Bericht nicht berücksichtigt.

Quelle: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

	relatives Versauerungspotenzial
SO ₂	1
NO _x	0,696
HF	1,601
HCl	0,878
H ₂ S	0,983
NH ₃	3,762

H₂S und NH₃ werden im vorliegenden Bericht nicht berücksichtigt.

Quelle: Gemis, Öko-Institut [2]

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

Bei der Berechnung des Primärenergieäquivalents für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wird in Deutschland seit 1995 die Wirkungsgradmethode angewendet. Für Energieträger, denen kein Heizwert zugerechnet werden kann, wird für die Umwandlung von Primärenergie in Endenergie ein Wirkungsgrad festgelegt. Dieser wird für Strom aus Wasserkraft, Windenergie und Fotovoltaik mit 100% angesetzt. Im Vergleich zur vorher angewandten Substitutionsmethode, die zur Ermittlung des Primärenergieäquivalents den durchschnittlichen Nutzungsgrad konventioneller Kraftwerke ansetzte, nimmt der Beitrag der erneuerbaren Energien jetzt kleinere Werte an.

Zur Ermittlung des Primärenergieäquivalents für Strom aus Biomasse wird hier der durchschnittliche Nutzungsgrad konventioneller Kraftwerke von ca. 38% angesetzt.

Zur Ermittlung des Primärenergieäquivalents für Wärme und Kraftstoff aus erneuerbaren Energien wird hier Endenergie gleich Primärenergie angesetzt.

5. Energiebereitstellung aus Fotovoltaik und Solarthermie

Fotovoltaik

Die angegebene Stromerzeugung errechnet sich aus der installierten Leistung, wobei ein mittlerer Stromertrag von 800 kWh/kW_p pro Jahr angesetzt wird. Da wegen des Anlagenzubaus die im Laufe eines Jahres zur Verfügung stehende Leistung geringer ist als die angegebene installierte Leistung am Jahresende, wird der Leistungszuwachs eines Jahres nur zur Hälfte für die Berechnung der Stromerzeugung in diesem Jahr berücksichtigt. Die andere Hälfte wird erst im Folgejahr angerechnet.

Solarthermie

Die angegebene Wärmebereitstellung errechnet sich aus der installierten Kollektorfläche, wobei bis 1998 ein mittlerer jährlicher Ertrag von 380 kWh/m² und ab 1999 von 450 kWh/m² angesetzt wird. 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. Die andere Hälfte wird erst im Folgejahr angerechnet.

6. Einsparung fossiler Energieträger durch Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien

Die Berechnung der Einsparung fossiler Energieträger durch Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien erfolgt über den Endenergieeinsatz; Stromheizungen werden hier nicht berücksichtigt. Für Biomasseanlagen wird ein den konventionellen Heizungsanlagen vergleichbarer Wirkungsgrad unterstellt. Aufgrund der Vielzahl verschiedener Technologien sowohl zur Biomassenutzung als auch bei Gas-/Ölheizungen ist eine genaue Bestimmung der mittleren Wirkungsgrade (und damit der eingesparten fossilen Energieträger) nicht zuverlässig möglich. Die getroffene Annahme stellt für Pelletöfen, Zentralheizungskessel und Heizwerke (Wirkungsgrade 80% bis über 90%) eine gute Näherung dar – für die heute überwiegend eingesetzten Kachelöfen, Kaminöfen und Heizkamine mit geringeren Wirkungsgraden wird die Einsparung dadurch jedoch überschätzt. Geht man von einem mittleren Wirkungsgrad für die Wärmeerzeugung aus Biomasse von 60% und für konventionelle Heizungsanlagen von 80% aus, so verringert sich die angegebene Einsparung von Erdgas, Heizöl und Kohle um 25%.

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 3,5 ct/kWh und einer Stromerzeugung von knapp 19 TWh im Jahr 2001 ergibt sich hier ein Umsatz von etwa 660 Mio. EUR. Für den Kraftstoffbereich beträgt der Erlös 330 Mio. EUR, bei einem Absatz von 450.000 t (510 Mio. Liter) und einem mittleren Tankstellenpreis von ca. 0,65 EUR/Liter (netto).

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 55 TWh und einem mittleren Heizöl-/Erdgaspreis von 3 ct/kWh entspräche dies einem Wert von ca. 1,65 Mrd. EUR. 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 weitgehend nicht über Märkte gehandelt wird. Damit verbleibt die Bewertung biogener Einsatzstoffe wie Waldrestholz, Industrierestholz und Altholz. Bei mittleren Wertansätzen von 15 EUR/t für Altholz, von 25 EUR/t für Industrierestholz sowie 75 EUR/t für Waldrestholz errechnet sich ein Umsatz in der Größenordnung von 350 Mio. EUR.

8. Geschätzte Arbeitsplatzeffekte

Der Brutto-Beschäftigungseffekt kann näherungsweise auf der Basis der Umsatzvolumina abgeschätzt werden. Dabei stellt sich zunächst das Problem der Außenhandelsrelationen. Unterstellt man in erster Näherung, dass sich Importe und Exporte im Bereich erneuerbarer Energien ausgleichen, so repräsentieren die genannten Umsatzzahlen die inländische Wertschöpfung.

In einem weiteren Schritt ist zwischen direkten und indirekten Effekten zu unterscheiden. Legt man für den investiven Bereich den durchschnittlichen Umsatz je Beschäftigten im Maschinenbau von 147.000 EUR (1999) zugrunde, so errechnen sich knapp 35.000 Arbeitsplätze. Dabei sind allerdings nicht die Erwerbstätigen bei Vorlieferanten berücksichtigt, die z. B. Halbfertigprodukte oder Anlagenkomponenten liefern, sowie Personen, die in den Bereichen Handelsvermittlung, Werbung, Forschung und Entwicklung usw. tätig sind. Überschlägig kann angenommen werden, dass diese Aktivitäten einem repräsentativen Querschnitt der gesamten Volkswirtschaft entsprechen. Dann kann als Messgröße für den Beschäftigungseffekt das Bruttoinlandsprodukt je Erwerbstätigen dienen, das im Jahr 2000 etwa

53.000 EUR betrug. Unter dieser Annahme errechnen sich – eher als oberer Grenzwert – etwa 156.000 Arbeitsplätze (davon etwa 98.000 im investiven Bereich und etwa 58.000 aus dem Betrieb der Anlagen). In der Summe dürften damit in Deutschland zwischen 93.000 (35.000 + 58.000) und 156.000 Beschäftigte direkt oder indirekt im Bereich erneuerbarer Energien tätig sein.

Diesem positiven Beschäftigungseffekt steht allerdings ein Verlust von Arbeitsplätzen gegenüber, sowohl im Bereich der konventionellen Energiebereitstellung als auch bedingt durch den Produktionsrückgang in anderen Wirtschaftsbereichen aufgrund der geringfügig erhöhten Energiepreise durch die Nutzung erneuerbarer Energien. Hierzu liegen bisher jedoch keine belastbaren quantitativen Angaben vor.

9. Bewertung der Förderung aus Darlehensprogrammen

Bei den Darlehensprogrammen des Bundes ergibt sich die Förderung aus der Gewährung verbilligter Darlehen. Für die Abschätzung der so bereitgestellten Fördermittel werden vereinfachend folgende Annahmen getroffen:

Für die Förderdarlehen wird lediglich die durchschnittliche Zinsverbilligung in angegebener Höhe angesetzt. Als Referenz für die Berechnung des Förderäquivalents dient ein Bankdarlehen, das am freien Kapitalmarkt aufgenommen wird. Hierfür wird ein durchschnittlicher Zinssatz von 6,5% p. a. bei einer Laufzeit von 10 Jahren und einer Auszahlung von 100% angenommen. Das Darlehen werde in gleichbleibenden jährlichen Raten zurückgezahlt.

Für die Ermittlung des gesamten Förderäquivalents im Betrachtungsjahr wird die aus dem Förderprogramm zugesagte Darlehenssumme in diesem und den vorausgegangenen maximal 10 Jahren zugrunde gelegt, abzüglich der angenommenen geleisteten Tilgungszahlungen in diesem Zeitraum.

10. Berechnung des Primärenergieäquivalents erneuerbarer Energien für die EU

Für die Berechnung des Primärenergieäquivalents für die Stromerzeugung aus Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik wird hier in Übereinstimmung mit Eurostat die Primärenergie mit der Elektrizitätserzeugung gleichgesetzt. Biomasse und Biobrennstoffe zur Strom- und Wärmeerzeugung werden entsprechend ihrem Heizwert bewertet (in Übereinstimmung mit Eurostat, aber abweichend zu der Methodik, die in der vorliegenden Broschüre für Deutschland angewendet wird, vgl. Anhang[4]). Für die geothermische Stromerzeugung wird hier (wie beim World Energy Council) 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 wird hier Endenergie gleich Primärenergie gesetzt.

Die sich aus der z.T. unterschiedlichen Methodik ergebenden Abweichungen sind minimal und fallen bei der Berechnung des Gesamtanteils erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch nicht ins Gewicht.

Umrechnungsfaktoren

Vorsätze und Vorsatzzeichen

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

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

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

Umrechnungsfaktoren

		kJ	kcal	kWh
1 Kilojoule	kJ	1	0,2388	0,000278
1 Kilokalorie	kcal	4,1868	1	0,001163
1 Kilowattstunde	kWh	3.600	860	1
1 kg Steinkohleeinheit	SKE	29.308	7.000	8,14
1 kg Rohöleinheit	RÖE	41.868	10.000	11,63

Die Zahlen beziehen sich auf den Heizwert.

Abkürzungen

Treibhausgase

CO₂	Kohlendioxid
CH₄	Methan
N₂O	Distickoxid (Lachgas)
SF₆	Schwefelhexafluorid
PFC	Perfluor-Kohlenwasserstoffe
HFC	wasserstoffhaltige Fluor-Kohlenwasserstoffe

Weitere Luftschadstoffe

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

Quellenverzeichnis

- [1] Strategie der Bundesregierung zur Windenergienutzung auf See, unter Federführung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Januar 2002
- [2] Öko-Institut – Institut für angewandte Ökologie e. V., Darmstadt, Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS), Version 4, 2001
- [3] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart
- [4] Umweltbundesamt (UBA), Berlin: Emissionsdaten unter <http://www.umweltbundesamt.de/luft/emissionen/bericht/aktuelle-daten/index.htm>
- [5] EnBW Ingenieure GmbH, Stuttgart
- [6] Verband der Netzbetreiber e. V. (VDN), Berlin
- [7] Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung gGmbH (IÖW), Berlin
- [8] Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (IE), Leipzig: Monitoring zur Biomasseverordnung, Zwischenbericht, 2002
- [9] Fachverband Biogas e. V., Freising
- [10] Bundesverband Solarindustrie (BSi), Berlin
- [11] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin / Wochenbericht Nr. 6 / 2003
- [12] Geothermische Vereinigung e. V., Geeste
- [13] Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V. (UFOP), Bonn
- [14] Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)
- [15] Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR), Münster
- [16] Bundesverband WindEnergie e. V. (BWE), Osnabrück
- [17] Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V. (VDEW), Frankfurt am Main: Endenergieverbrauch in Deutschland 2000
- [18] AG Energiebilanzen (AGEB), Berlin, Köln: Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die BRD 1990 bis 2001
- [19] Informationsdienst BINE, Fachinformationszentrum Karlsruhe, www.bine.info/
- [20] Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET), Kassel
- [21] Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), Frankfurt am Main
- [22] Deutsche Ausgleichsbank (DtA), Bonn
- [23] Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart
- [24] Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V. (VDEW), Frankfurt am Main
- [25] Bundeskabinett: Bericht über den Stand der Markteinführung und der Kostenentwicklung von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien (Erfahrungsbericht zum EEG), 28. Juni 2002, Berlin
- [26] Umweltbundesamt (UBA), Berlin: Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland, Juni 2002
- [27] Klimaschutz durch Nutzung erneuerbarer Energien, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und des Umweltbundesamtes, 2000, Berlin; Arbeitsgemeinschaft Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt / Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie / Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg / Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien / Forum für Zukunftsenergien
- [28] M. Kaltschmitt, G. Schröder, S. Rogge: Energiewirtschaftliche Einordnung der geothermischen Stromerzeugung im Energiesystem von Deutschland, in: Umweltpolitik, Fachtagung „Geothermische Stromerzeugung – eine Investition in die Zukunft“, BMU, Juni 2002
- [29] Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e. V. (VIK), Essen: Statistik der Energiewirtschaft 2000 / 2001
- [30] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften: Energie, Jährliche Statistiken, 2001 Edition
- [31] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften: Energie, Monatliche Statistiken, 07 / 2002
- [32] Europäische Kommission
- [33] Energy Information Administration (EIA), Washington, DC: International Energy Annual 2000, Mai 2002
- [34] L'Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Wind Energy Barometer, in Systèmes Solaires no 147, Feb. 2002
- [35] L'Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Le bilan 2001 des énergies renouvelables, in Systèmes Solaires no. 148, 04 / 2002
- [36] Deutscher Fachverband Solarenergie e. V. (DFS), Freiburg: Der Europäische Solarthermiemarkt, Mai 2001
- [37] International Energy Agency (IEA): Trends in Photovoltaic Applications in Selected IEA Countries between 1992 and 2000, 11 / 2002
- [38] BP: statistical review of world energy, June 2002
- [39] Systèmes Solaires: La production d'électricité d'origine renouvelable dans le monde, Paris, September 2000
- [40] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin: Wochenbericht Nr. 8 / 2003
- [41] Umweltbundesamt (UBA), Berlin, 2 / 2003
- [42] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), 2 / 2003
- [43] L'Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Biofuels Barometer, in Systèmes Solaires no 144-2001
- [44] Statistisches Bundesamt, Mikrozensus - Zusatzerhebung 1998

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

Grundgesetz, Artikel 20A

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.

