Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

ERNEUERBARE ENERGIEN IN ZAHLEN

Nationale und internationale Entwicklung

IMPRESSUM

IMPRESSUM

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

Redaktion: Dipl.-Ing. (FH) Dieter Böhme, Dr. Wolfhart Dürrschmidt, Dr. Michael van Mark
BMU, Referat KI III 1
(Allgemeine und grundsätzliche Angelegenheiten der Erneuerbaren Energien)

Fachliche Bearbeitung: Dipl.-Ing. (FH) Christel Linkohr, Dr. Frank Musiol, Dipl.-Ing. (FH) Marion Ottmüller, Dipl.-Kffr. Ulrike Zimmer
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart

Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet I 2.5

Gestaltung: design_idee_erfurt
Druck: Silber Druck oHG Niestetal

Abbildungen:
Titel: Jose Giribas
S. 4/5: Friedrich Haun
S. 6: ecopix Fotoagentur
S. 7: Jochen Zick/Keystone
S. 8: Rainer Weisflog
S. 9: die bildstelle/PICTUREDESK.COM
S. 14: Reinhard Eisele/project photos
S. 22/23: Greth Arnaud/Biophoto
S. 29: Thomas Köhler/photothek.net
S. 30: Daniel Schönen/ALIMDI.NET
S. 33: Thomas Köhler/photothek.net
S. 34: Peter Narinda Albaum/JOKER
S. 36: Bernhard Classen
S. 37: T-Pool/STOCK4B
S. 38: Bildagentur-online
S. 40: Bildagentur Begsteiger
S. 42/43: Jochen Zick/Keystone
S. 48: GettyImages
S. 61 (oben): Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
S. 61 (unten): Jörg Böthling/agenda
S. 65: Hartmut Schwarzbach/argus
S. 67: Thomas Imo/photothek.net
S. 68: Lutz Gerken/Bildermehr
S. 71: UpperCut Images B/F1 ONLINE
S. 72: imagebroker/mauritius images
S. 75: Proenca/Andia
S. 76: Bernd Blume
S. 77: A1PIX/FNRe.V.

Stand: Juni 2009
1. Auflage: 20.000 Stück

INHALT

TEIL I
Erneuerbare Energien in Deutschland:
Garanten für Klimaschutz, Nachhaltigkeit und Versorgungssicherheit 8

Erneuerbare Energien (EE) in Deutschland: Das Wichtigste im Jahr 2008 auf einen Blick 11
Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung in Deutschland 2008 12
Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland von 1998 bis 2008 13
Endenergieverbrauch in Deutschland 2008 – Anteile der erneuerbaren Energien 14
Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2008 15
Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland von 1990 bis 2008 16
Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2008 21
Entwicklung der energiebedingten Emissionen in Deutschland von 1990 bis 2008 25
Energiebedingte Emissionen in Deutschland nach Quellgruppen im Jahr 2007 27
Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2008 28
Umsatz mit erneuerbaren Energien in Deutschland 2008 29
Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland 31
Einspeisung und Vergütung nach dem Stromeinspeisungsgesetz (StrEG) und dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) seit 1991 32
Kosten für die Stromverbraucher 33
Auswirkungen der erneuerbaren Energien auf die Strompreise 35
Gesamtwirtschaftliche externe Kosten 36
Kosten und Nutzenwirkungen des EEG im Überblick 37
Förderung erneuerbarer Energien 38
Erforschung und Entwicklung von Technologien zur Nutzung der erneuerbaren Energien 41
Langfristig realisierbares, nachhaltiges Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom-, Wärme- und Kraftstofferzeugung in Deutschland 44
Szenario eines verstärkten Ausbaus erneuerbarer Energien in Deutschland 45

TEIL II
Erneuerbare Energien in der Europäischen Union 48

Nutzung erneuerbarer Energien in der EU 51
Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt 52
Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU 53
Windenergienutzung in der EU 55
Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU 57
Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien in der EU 58
Instrumente zur Förderung der erneuerbaren Energien im EU-Strommarkt 59

TEIL III
Globale Nutzung erneuerbarer Energien 61

Globale Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien 63
Regionale Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2006 - global 65
Globale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien 66
Internationale Organisation für Erneuerbare Energien (International Renewable Energy Agency (IRENA)) 67
Internationale Konferenz für erneuerbare Energien – Renewables2004 – und der Folgeprozess 68

Anhang: Methodische Hinweise 69

Umrechnungsfaktoren 77

Quellenverzeichnis 78

EINLEITUNG

Seit dem Jahr 2002 erscheint nunmehr jährlich die BMU-Dokumentation „Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung“ und informiert über die Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, den Ländern der Europäischen Union und weltweit.

Die erneuerbaren Energien haben sich in den vergangenen Jahren rasch entwickelt, jedoch mit einem unterschiedlichen Tempo in den verschiedenen Regionen der Welt. Viele Länder der Welt haben erkannt, dass mit einer intensiven Nutzung der erneuerbaren Energien ein wichtiger Schritt zum Schutz unseres Klimas getan wird, dem Verbrauch fossiler Ressourcen und der fortschreitenden Importabhängigkeit von Energierohstoffen entgegengewirkt werden kann. Das Klima- und Energieproblem ist nicht nur ein nationales, sondern ein globales Thema und findet in der Politik immer mehr Beachtung. Eine drastische Reduzierung des Ausstoßes klimaschädlicher Treibhausgase ist hier von besonderer Bedeutung.

Die Bundesregierung leistet durch ihr ambitioniertes Klima- und Energieprogramm ihren nationalen Beitrag im Rahmen der gemeinsamen Klimaschutzziele der Europäischen Union und trägt somit auch zum Erfolg der internationalen Klimaverhandlungen bei. Sie lässt sich dabei von anspruchsvollen, aber machbaren Zielen leiten:

- Die Treibhausgasemissionen sollen bis 2020 gegenüber 1990 um 40 % gesenkt werden; Ende 2007 lag Deutschland bei -21,3 %.

- Die Energieproduktivität soll um 3 % pro Jahr gesteigert werden. Dies bedeutet, dass Energie im Jahr 2020 doppelt so effizient genutzt wird wie 1990.

- Der in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegene Anteil der erneuerbaren Energien soll weiter deutlich erhöht werden:
  - am Bruttostromverbrauch von derzeit rund 15 Prozent zunächst bis 2020 auf mindestens 30 Prozent, danach ist ein weiterer kontinuierlicher Ausbau vorgesehen;
  - am Wärmeenergiebedarf von heute knapp 8 Prozent auf 14 Prozent bis 2020;
  - Durch Biokraftstoffe sollen bis 2020 die Treibhausgasemissionen um 7 Prozent gegenüber dem Einsatz fossiler Kraftstoffe reduziert werden, das entspricht etwa einem Anteil von 12 Prozent energetisch.
  - Langfristig soll der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2050 auf etwa 50 Prozent ansteigen.

- Der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) an der Stromerzeugung soll bis 2020 auf 25 Prozent verdoppelt werden.

Die deutschen Ziele beim Ausbau der erneuerbaren Energien stehen im Kontext der aktuellen Ziele der Europäischen Union, die den Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch bis 2020 auf 20 Prozent erhöhen will. In diesem Rahmen ist für Deutschland ein Anteil von 18 Prozent vorgesehen, was fast einer Verdoppelung des aktuellen Standes entspricht.

Die Ausgangssituation für die Erreichung der Ziele ist dabei in Deutschland sehr gut. Mit dem neuen Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2009), dem Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG 2009), der Förderung erneuerbarer Energien über gezielte Markteinführungsprogramme (MAP), mit vielfältigen Initiativen auf dem Gebiet von Forschung und Entwicklung und weiteren Instrumenten haben Bundesregierung und Gesetzgeber die erforderlichen Voraussetzungen für die künftige Entwicklung in Deutschland geschaffen. Flankiert werden diese Instrumente durch zahlreiche Aktivitäten auf Landes- und kommunaler Ebene sowie verschiedene Institutionen, Privatpersonen und Unternehmen.

Die vorliegende aktuelle Dokumentation informiert im ersten Teil über die Entwicklung der erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2008, über deren Umweltwirkungen und die ökonomischen Effekte in Deutschland. Des Weiteren gibt die Dokumentation einen Überblick über die Ziele der Bundesregierung, die Instrumente zur Zielerreichung, informiert über die Förderung der erneuerbaren Energien und die Forschungsschwerpunkte in diesem Bereich. Im zweiten und dritten Teil informiert die Dokumentation über die erneuerbaren Energien in der Europäischen Union und auf globaler Ebene.

ARBEITSGRUPPE ERNEUERBARE ENERGIEN – STATISTIK (AGEE-STAT)

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

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

- dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU),
- dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi),
- dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV),
- dem Umweltbundesamt (UBA),
- dem Statistischen Bundesamt (StBA),
- der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR),
- der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) und
- dem Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW).

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

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

- eine Grundlage für die verschiedenen nationalen, EU-weiten und internationalen Berichtspflichten der Bundesregierung im Bereich der erneuerbaren Energien zu legen und
- allgemeine Informations- und Öffentlichkeitsarbeit zu Daten und Entwicklung der erneuerbaren Energien zu leisten.

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

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

TEIL I: ERNEUERBARE ENERGIEN IN DEUTSCHLAND: GARANTEN FÜR KLIMASCHUTZ, NACHHALTIGKEIT UND VERSORGUNGSSICHERHEIT

Eine intelligente Bereitstellung und ein sparsamer Einsatz von Energie – das sind zentrale Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. In vielen Regionen dieser Welt wächst im Zuge einer nachholenden Industrialisierung der Energiebedarf rasant. Zugleich stehen die Industrieländer vor der Aufgabe, ihren Energieverbrauch drastisch senken zu müssen. Denn nur dann wird es gelingen, die schlimmsten Klimaveränderungen noch abzuwenden und die Abhängigkeit von Öl-, Gas-, Kohle- und Uranimporten zu senken.

Neben der wichtigen Strategie einer sparsamen Nutzung und effizienten Umwandlung von Energieträgern setzt das Bundesumweltministerium auf den Einsatz erneuerbarer Energien. Erneuerbare Energien haben in den vergangenen Jahren insbesondere im Strommarkt, aber auch im Wärme- und Verkehrssektor beträchtlich an Bedeutung gewonnen. Mit einem Anteil von gut 15 % an der deutschen Stromversorgung im Jahr 2008 sind sie zu einer unverzichtbaren Säule der Energiewirtschaft geworden.

Erneuerbare Energien tragen in vielerlei Hinsicht zu einer nachhaltigen Energieversorgung bei:

- Sie leisten einen entscheidenden Beitrag zum Klimaschutz, weil in ihren Anlagen keine fossilen Brennstoffe verbrannt werden – im Jahr 2008 haben sie den Ausstoß von rund 109 Millionen Tonnen des Klimagases CO_2 vermieden.
- Sie diversifizieren die Rohstoffvielfalt, machen unabhängiger von fossilen Rohstoffen und tragen so zur Versorgungssicherheit und zur Vermeidung von Rohstoffkonflikten bei (s. a. BMU-Studie „Die sicherheitspolitische Bedeutung erneuerbarer Energien“ unter www.erneuerbare-energien.de, Rubrik „Studien“).
- Mittelfristig sichern uns erneuerbare Energien damit auch gegen Kostensteigerungen bei Energieimporten ab, die bei den fossilen und nuklearen Ressourcen unvermeidbar eintreten werden und für Öl schon sichtbar waren.
- Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien können am Ende ihrer Lebensdauer einfach abgebaut und recycelt werden. Sie sind keine strahlende Altlast – wie Atomkraftwerke – und hinterlassen keine Kohlegruben.
- Erneuerbare Energien sind hauptsächlich heimische Energieträger, die zur regionalen Wertschöpfung beitragen und Arbeitsplätze sichern. In Deutschland wurde im Jahr 2008 mit erneuerbaren Energien ein Gesamtumsatz von knapp 29 Mrd. Euro erzielt; rund 278.000 Menschen waren im Jahr 2008 in diesem Bereich beschäftigt.
- Erneuerbare Energien können in armen Ländern Wege aus der Armut weisen, zudem vereinfachen sie den Zugang großer Bevölkerungsteile zu Energie, beispielsweise durch ländliche Elektrifizierung.

Ziele

Der Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland ist eine beispiellose Erfolgsgeschichte. Ihr Anteil am gesamten Endenergieverbrauch wurde seit dem Jahr 2000 mehr als verdoppelt – auf inzwischen 9,5 %. Das Ziel der Bundesregierung, bis zum Jahr 2010 12,5 % des Bruttostromverbrauchs mit erneuerbaren Energien zu decken, wurde bereits 2007 deutlich überschritten.
Zum 1. Januar 2009 sind das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) sowie die Neufassung des bewährten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) in Kraft getreten. Letzteres wird derzeit durch eine Reihe von Verordnungen ergänzt,

die der besseren Systemintegration erneuerbar erzeugten Stroms und der Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien dienen. Die Ziele der Bundesregierung für 2020 stehen damit fest: Der Beitrag der erneuerbaren Energien zur Strombereitstellung soll auf mindestens 30 % ansteigen und danach kontinuierlich weiter erhöht werden. Der Anteil an der Wärmebereitstellung soll bis 2020 auf 14 % ansteigen. In der im Herbst des Jahres 2008 verabschiedeten Nachhaltigkeitsstrategie wurde außerdem bestätigt, dass bis zum Jahr 2050 der gesamte Energieverbrauch zu 50 % durch Erneuerbare bereitgestellt werden soll. Mit Blick auf den im April durch das Bundeskabinett beschlossenen Biomasseaktionsplan soll sich der Anteil der Biokraftstoffe bis 2020 so weit erhöhen, dass dadurch die Treibhausgasemissionen um 7 % gegenüber dem Einsatz fossiler Kraftstoffe reduziert werden. Dies entspricht einem Anteil von rd. 12 % energetisch.
Mit den Beschlüssen des Europäischen Rats vom Frühjahr 2007 und der Verabschiedung der Ende Juni 2009 in Kraft getretenen neuen EU-Richtlinie für erneuerbare Energien (2009/28/EG) werden entsprechende Ziele auch im EU-Kontext festgelegt: Bis 2020 sollen 20 % des gesamten Endenergieverbrauchs der Europäischen Union (EU) mit erneuerbaren Energien gedeckt werden. Für Deutschland ist ein Ziel von 18 % vorgegeben.

Windenergie

Mit 20.287 Anlagen und 23.894 MW installierter Leistung Ende des Jahres 2008 hat die Windenergie ihre dominierende Stellung unter den Erneuerbaren im Strombereich weiter behauptet. Die neu installierte Leistung blieb 2008 mit 1.665 MW gegenüber dem Vorjahr konstant. Mit 40,4 TWh konnte die erzeugte Strommenge gegenüber 2007 noch einmal gesteigert werden. Die Windenergie hatte damit im Jahr 2008 allein einen Anteil von 6,6 % am gesamten Bruttostromverbrauch.

Mit dem neuen EEG gelten für die Windenergie ab 2009 erhöhte Vergütungssätze und attraktivere Bedingungen für das Repowering – den Ersatz älterer Anlagen durch neue, leistungsstärkere. Es wird daher erwartet, dass die neu installierte Leistung in den kommenden Jahren wieder ansteigt. Zusätzlich wird die Entwicklung der Offshore-Windenergie ein wichtiger Faktor dafür sein, dass die Bedeutung der Windenergienutzung weiter zunimmt.

Biomasse

Die Nutzung von Biomasse als klimaverträglicher und regionaler Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung hat insbesondere seit den verbesserten Rahmenbedingungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) von 2004 einen Aufschwung erlebt. Zudem hat in den vergangenen Jahren vor allem aufgrund der steigenden Energiepreise die Verbreitung beispielsweise von Pelletheizungen deutlich zugenommen. Biomasse hat unter den Erneuerbaren den Vorteil, dass sie rund um die Uhr zur Verfügung steht und somit bedarfsgerecht eingesetzt werden kann. Sie leistet daher einen wichtigen Beitrag zu einer sicheren Energieversorgung.
Im Jahr 2008 wurden aus fester und flüssiger Biomasse, Biogas, Deponie- und Klärgas sowie dem biogenen Anteil des Abfalls insgesamt 27 TWh Strom erzeugt, was 4,5 % des gesamten deutschen Bruttostromverbrauchs entspricht. Damit konnte die Biomasse ihren 2. Rang unter den Erneuerbaren im Strombereich hinter der Windenergie weiter festigen. Der Beitrag der Biomasse zur Wärmebereitstellung stieg 2008 auf rund 97 TWh an und dominiert mit 94 % des Beitrags der erneuerbaren Energien weiterhin den Wärmebereich deutlich. Nach einem sprunghaften Anstieg in den Vorjahren war bei den Biokraftstoffen hingegen im Jahr 2008 eine Veränderung des Marktes mit einem spürbaren Rückgang des Absatzes zu verzeichnen. Er fiel auf rd. 3,7 Mio. t (2007: 4,6 Mio. t.). Dabei nahm der Absatz von Biodiesel und Pflanzenöl deutlich ab, während bei Bioethanol ein Anstieg zu verzeichnen war. Insgesamt deckten Biokraftstoffe im Jahr 2008 5,9 % des Kraftstoffbedarfs.

Geothermie

Die Wärme aus dem Erdinneren kann zur Beheizung von Gebäuden, zur Speisung von Nahwärmenetzen, aber auch zur Stromerzeugung genutzt werden. Nachdem schon seit einigen Jahren eine Reihe von Geothermie-Heizwerken besteht, hat im Jahr 2008 mit dem Heizkraftwerk Unterhaching die inzwischen dritte deutsche Geothermie-Anlage die Stromerzeugung aufgenommen. Noch ist der Beitrag der Geothermie zur Stromerzeugung nicht bedeutend, in den kommenden Jahren sollen jedoch vor allem im süddeutschen Raum weitere Anlagen gebaut werden.

Wasserkraft

In den vergangenen Jahren wurden in Deutschland die Kapazitäten zur Nutzung der Wasserkraft geringfügig erhöht, unter anderem durch Modernisierung von Anlagen. Der Stromertrag schwankt aufgrund unterschiedlicher Witterungsbedingungen. 2008 wurden 21,3 TWh Strom erzeugt, damit geringfügig mehr als im Vorjahreszeitraum. Für die kommenden Jahre wird die Fertigstellung der Erneuerung einiger größerer Anlagen erwartet, für die bereits im EEG von 2004 neue Anreize gesetzt wurden.

Photovoltaik/Solarthermie

Der steile Anstieg der Stromerzeugung aus Photovoltaik-Anlagen setzte sich auch im Jahr 2008 fort. Mit rund 4,0 TWh wurden 29 % mehr Strom produziert als im Vorjahr. Damit deckte die Photovoltaik immerhin bereits 0,7 % des Bruttostromverbrauchs ab. Technische Innovationen und wachsende Märkte werden zukünftig noch stärker dazu führen, dass Strom aus Photovoltaik-Anlagen immer kostengünstiger wird. Die Vergütung für Solarstrom sinkt daher nach dem neuen EEG 2009 noch stärker als bisher – jährlich um 8 bis 10 %.

Beim Zubau von Sonnenkollektoren (Solarthermieanlagen) zur Brauchwassererwärmung und Raumheizung war 2008 im Zuge hoher Öl- und Gaspreise ein deutlicher Anstieg gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen. Mit mehr als 210.000 Anlagen wurden rund 1,9 Mio. Quadratmeter Kollektorfläche neu installiert – fast doppelt so viel wie 2007. Ende des Jahres 2008 waren damit mehr als 11 Mio. Quadratmeter Kollektorfläche in Deutschland installiert. Voraussichtlich auch zukünftig hohe Energieträgerpreise, die Förderung im Rahmen des Marktanreizprogramms des Bundes und das EEWärmeG werden den Ausbau solarthermischer Anlagen auch weiterhin voranbringen.

Ziele der Bundesregierung im Überblick:

- Die Treibhausgasemissionen sollen bis 2020 gegenüber 1990 um 40 % gesenkt werden. Ende 2007 lag Deutschland bei - 21,3 %.
- Die Energieproduktivität soll um 3 % pro Jahr gesteigert werden. Dies bedeutet, dass Energie im Jahr 2020 doppelt so effizient genutzt wird wie 1990.
- Der Anteil der erneuerbaren Energien soll kontinuierlich erhöht werden, und zwar der Anteil am
  - Endenergieverbrauch von heute rund 10 % auf 18 % bis 2020;
  - Bruttostromverbrauch von derzeit rund 15 % auf mindestens 30 % bis 2020, danach weiterer kontinuierlicher Ausbau;
  - Wärmeenergiebedarf von heute knapp 8 % auf 14 % bis 2020;
  - der Anteil der Biokraftstoffe soll bis 2020 so weit erhöht werden, dass dadurch die Treibhausgasemissionen um 7 % gegenüber dem Einsatz fossiler Kraftstoffe reduziert werden; das entspricht etwa einem Anteil von 12 % energetisch;
  - Energieverbrauch auf 50 % bis 2050.
- Der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) an der Stromerzeugung soll bis 2020 auf 25 % verdoppelt werden.

Weitere Pfeiler der Energiewende und des Klimaschutzes

Die Bundesregierung nutzt neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien konsequent die Potenziale für eine rationelle und sparsame Energieverwendung und die Verbesserung der Energieeffizienz. Zentral sind dabei die bereits 1999 eingeleitete Ökologische Steuerreform sowie weitere bereits umgesetzte Maßnahmen wie die Energieeinsparverordnung, das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz sowie Maßnahmen zur Energieverbrauchskennzeichnung. Der Emissionshandel für Anlagen ab 20 MW Feuerungswärmeleistung wurde 2007 weiterentwickelt, damit die deutsche Wirtschaft langfristig ihre Klimaschutzziele noch kostengünstiger und effizienter als bisher erreicht. Zudem hat die Bundesregierung 2007 und 2008 eine ganze Reihe weiterer Maßnahmen im Rahmen ihres Integrierten Energie- und Klimaprogramms (IKEP) beschlossen und inzwischen weitgehend umgesetzt.
Mit der Novelle des Atomgesetzes (AtG) vom 22. April 2002 ist der Ausstieg aus der Atomenergie rechtlich umgesetzt. Danach werden vorhandene Atomkraftwerke stillgelegt, wenn sie eine für jede einzelne Anlage festgelegte Strommenge erzeugt haben. Für zwei Reaktoren traf dies bereits zu, das letzte Kernkraftwerk wird voraussichtlich in etwa 14 Jahren abgeschaltet werden.
Der Schutz des globalen Klimas, die Schonung wertvoller Ressourcen und eine weltweite nachhaltige Entwicklung – dies sind wichtige Herausforderungen, die wir im 21. Jahrhundert bewältigen müssen. Eine zentrale Voraussetzung dafür ist die Umstrukturierung unserer Energiesysteme.

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

ERNEUERBARE ENERGIEN (EE) IN DEUTSCHLAND: DAS WICHTIGSTE IM JAHR 2008 AUF EINEN BLICK

Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland:

- 9,5 % am gesamten Endenergieverbrauch (Strom, Wärme, Kraftstoffe; 2007: 9,8 %)
- 15,1 % am Bruttostromverbrauch (2007: 14,2 %)
- 7,4 % am Endenergieverbrauch für Wärme (2007: 7,6 %)
- 5,9 % am Kraftstoffverbrauch (2007: 7,2 %)
- 7,0 % am Primärenergieverbrauch (2007: 6,9 %) (nach Wirkungsgradmethode, entspricht 9,2 % nach Substitutionsmethode)

Windenergie leistet den größten Beitrag

Nach einem Bruttozubau von 1.665 MW waren Ende 2008 insgesamt 23.894 MW installiert, 2008 wurden rd. 40,4 TWh Strom erzeugt. (1 TWh = 1 Mrd. kWh)

Bioenergie weiter im Kommen

Verstärkter Ausbau im Strommarkt: Aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse wurden 2008 20,5 TWh erzeugt (einschl. biogenem Abfall, Deponie- und Klärgas 27,1 TWh); rund 3,7 Mio. Tonnen Biokraftstoffe wurden verbraucht; der Bestand an Pelletheizungen ist auf 105.000 gestiegen [DEPV 49].

Wasserkraft stagnierend

Die installierte Leistung war nahezu konstant, 21,3 TWh Strom wurden erzeugt.

Sonnenenergienutzung Weltspitze

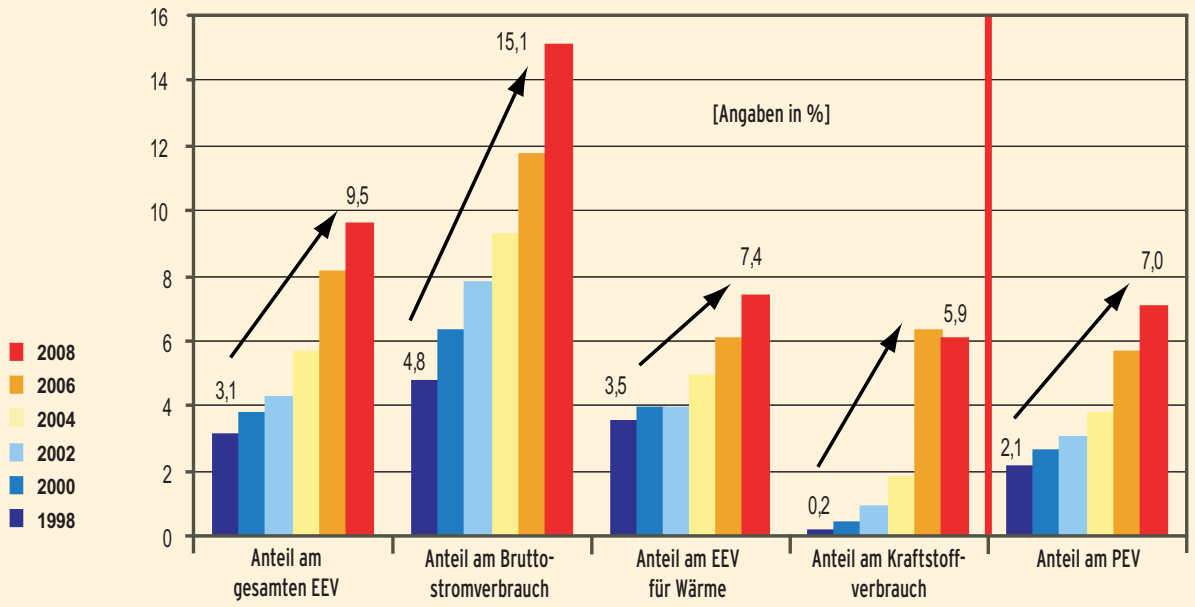
Mit einem Zubau von 1.500 MW ist Deutschland Photovoltaik-Weltmeister, rd. 4 TWh Strom wurden erzeugt.

Der Zubau solarthermischer Kollektorfläche war mit rd. 1,9 Mio. m^2 auf einem hohen Niveau, insgesamt waren Ende 2008 11 Mio. m^2 installiert.

Geothermie in Position

Die Stromproduktion der drei geothermischen Kraftwerke betrug 2008 0,018 TWh; der Absatz von Wärmepumpen stieg um das 1,4-Fache auf rd. 62.450 Anlagen [BWP 26].

Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland



EEV Endenergieverbrauch
PEV Primärenergieverbrauch, berechnet nach Wirkungsgradmethode

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

BEITRAG DER ERNEUERBAREN ENERGIEN ZUR ENERGIEBEREITSTELLUNG IN DEUTSCHLAND 2008

		End-energie	Primärenergie-äquivalent [1]		Anteil am Endenergie-verbrauch		Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch [14]	
			nach Wirkungs-gradmethode	nach Substitutions-methode			nach Wirkungs-gradmethode	nach Substitutions-methode
		[GWh]	[PJ]	[PJ]	[%]		[%]	[%]
Stromerzeugung	Wasserkraft [2]	21.300	76,7	189,0	Anteil am Stromverbrauch [10]	3,5	0,5	1,3
	Windenergie	40.400	145,4	356,8		6,6	1,0	2,5
	Photovoltaik	4.000	14,4	33,9		0,7	0,1	0,2
	biogene Festbrennstoffe	10.949	95,6	96,8		1,8	0,7	0,7
	biogene flüssige Brennstoffe	1.509	13,2	13,2		0,2	0,1	0,1
	Biogas	8.050	70,3	70,2		1,3	0,5	0,5
	Klärgas	1.002	8,8	8,7		0,2	0,1	0,1
	Deponiegas	1.008	8,8	8,8		0,2	0,1	0,1
	biogener Anteil des Abfalls [3]	4.543	39,7	40,2		0,7	0,3	0,3
	Geothermie [4]	18	0,6	0,2		0,003	0,005	0,001
	Summe	**92.779**	**473,5**	**817,6**		**15,1**	**3,4**	**5,7**
Wärmeerzeugung	biogene Festbrennstoffe (Haushalte)	57.778	208,0		Anteil am EEV für Wärme [11]	4,1	1,5	1,4
	biogene Festbrennstoffe (Industrie) [5]	16.800	60,5			1,2	0,4	0,4
	biogene Festbrennstoffe (Heizkraft- und Heizwerke) [6]	6.255	22,5			0,4	0,16	0,16
	biogene flüssige Brennstoffe [7]	6.189	22,3			0,4	0,16	0,16
	biogene gasförmige Brennstoffe [8]	5.066	18,2			0,4	0,13	0,13
	biogener Anteil des Abfalls [3]	5.020	18,1			0,4	0,13	0,13
	Solarthermie	4.131	14,9			0,3	0,11	0,10
	tiefe Geothermie	163	0,6			0,01	0,004	0,004
	oberflächennahe Geothermie [9]	2.353	8,5			0,2	0,06	0,06
	Summe	**103.755**	**373,5**			**7,4**	**2,7**	**2,6**
Kraftstoff	Biodiesel	27.806	100,1		Anteil am Kraftstoff-verbrauch [12]	4,5	0,7	0,7
	Pflanzenöl	4.194	15,1			0,7	0,1	0,1
	Bioethanol	4.694	16,9			0,8	0,1	0,1
	Summe	**36.694**	**132,1**			**5,9**	**0,9**	**0,9**
gesamt		**233.228**	**979,1**	**1.323,3**	**EEV [13]**	**9,5**	**7,0**	**9,2**

Anmerkung:
Angaben in der gesamten Broschüre vorläufig.
Abkürzungen:
EE Erneuerbare Energien
EEV Endenergieverbrauch
PEV Primärenergieverbrauch

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

Zur Stromerzeugung aus Photovoltaik und zur Wärmebereitstellung aus Solarthermie siehe Anhang Abs. 6.

Abweichungen in den Summen durch Rundungen; PEV: 14.003 PJ, Stand Frühjahr 2009

1) Erläuterung der Methoden zur Bestimmung des Primärenergieäquivalents siehe Anhang Abs. 5, bei Wärme und Kraftstoff wird hier Endenergie gleich Primärenergie gesetzt
2) bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss
3) biogener Anteil mit 50 % angesetzt
4) drittes Geothermiekraftwerk Ende 2008 in Betrieb gegangen, Geothermie-Input ermittelt mit einem unterstellten Nutzungsgrad von 10 %
5) Industrie = Betriebe des Bergbaus, der Gewinnung von Steinen und Erden sowie des verarbeitenden Gewerbes, § 8 Energiestatistikgesetz
6) nach §§ 3 und 5, Energiestatistikgesetz
7) Wärme aus mit Pflanzenöl betriebenen KWK-Anlagen (knapp 1,1 TWh, geschätzt nach Quelle [88]), aus der Papierindustrie (Sulfitablauge) und weiterer Industrie vom Statistischen Bundesamt erhoben
8) geschätzt, teilweise nach Quelle [88]; enthält Wert zur Direktnutzung von Klärgas
9) Geothermie einschließlich sonstige Umweltwärme
10) bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2008 von 615,1 TWh
11) EEV für Raumwärme, Warmwasser und sonstige Prozesswärme 2008 172,3 Mio. t SKE oder 5.050 PJ (Schätzwert ZSW)
12) bezogen auf den Kraftstoffverbrauch 2008 von 2.228 PJ
13) bezogen auf EEV 2008 von 8.828 PJ
14) bei einem Substitutionsfaktor (für Strom aus Biomasse) von 8.733 kJ/kWh, siehe Anhang Abs. 5

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie ZSW [3]; BSW [10]; ZfS [19]; AGEB [1], [15], [18]; StBA [5]; Klobasa et al. [41]; IE [70]; IE et al. [88]; BDEW [71]; BAFA [83]; FNR [7]

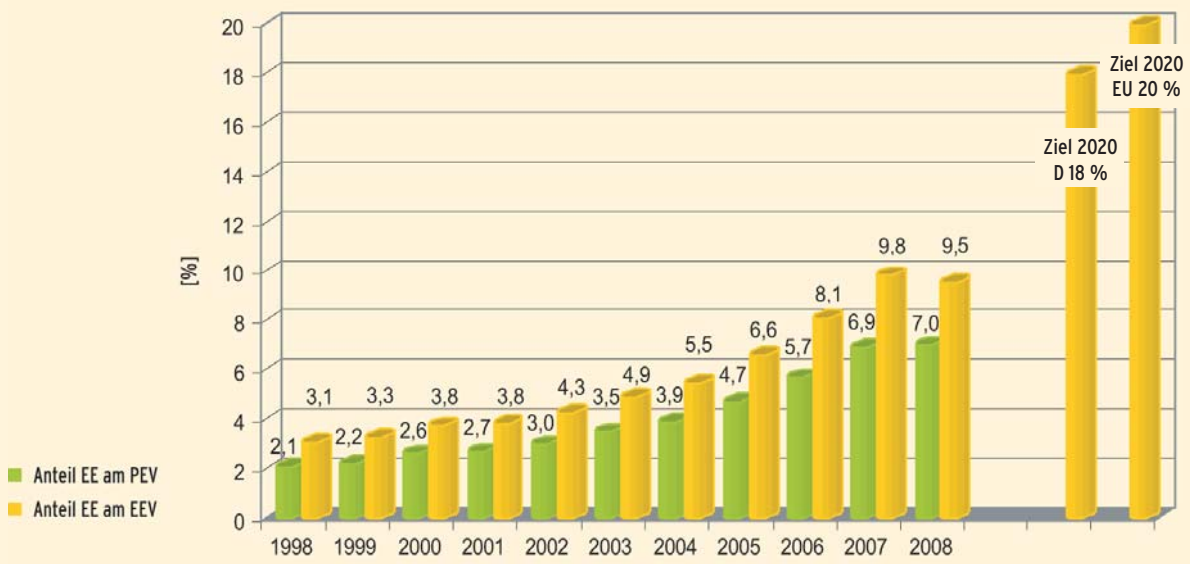
ANTEILE ERNEUERBARER ENERGIEN AN DER ENERGIEBEREITSTELLUNG IN DEUTSCHLAND VON 1998 BIS 2008

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
EE-Anteile am Endenergieverbrauch (EEV)						**[%]**					
Stromerzeugung (bezogen auf gesamten Bruttostromverbrauch)	4,8	5,5	6,3	6,7	7,8	8,1	9,5	10,4	11,7	14,2	15,1
Wärmebereitstellung (bezogen auf gesamte Wärmebereitstellung)	3,5	3,5	3,9	3,8	3,9	4,6	4,9	5,4	6,1	7,6	7,4
Kraftstoffverbrauch[1] (bezogen auf gesamten Kraftstoffverbrauch)	0,2	0,2	0,4	0,6	0,9	1,4	1,8	3,8	6,3	7,2	5,9
Anteil EE am gesamten EEV	**3,1**	**3,3**	**3,8**	**3,8**	**4,3**	**4,9**	**5,5**	**6,6**	**8,1**	**9,8**	**9,5**
EE-Anteile am Primärenergieverbrauch (PEV)											
Stromerzeugung (bezogen auf gesamten PEV)	0,8	0,9	1,1	1,1	1,4	1,5	1,6	2,1	2,5	3,2	3,4
Wärmebereitstellung (bezogen auf gesamten PEV)	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,8	1,9	2,0	2,3	2,6	2,7
Kraftstoffverbrauch (bezogen auf gesamten PEV)	0,03	0,03	0,06	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	1,0	1,2	0,9
Anteil EE am gesamten PEV[2]	**2,1**	**2,2**	**2,6**	**2,7**	**3,0**	**3,5**	**3,9**	**4,7**	**5,7**	**6,9**	**7,0**

1) bis 2002 Bezugsgröße Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr; ab 2003 der gesamte Verbrauch an Motorkraftstoff, ohne Flugkraftstoff
2) nach Wirkungsgradmethode, siehe Anhang Abs. 5

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie den vorherigen und anschließenden Tabellen und nach VDEW [17], [47], [74]; BDEW [100], [101]

Entwicklung der Anteile der erneuerbaren Energien am Primär- und Endenergieverbrauch in Deutschland seit 1998



PEV nach Wirkungsgradmethode

Quellen: siehe Tabelle oben

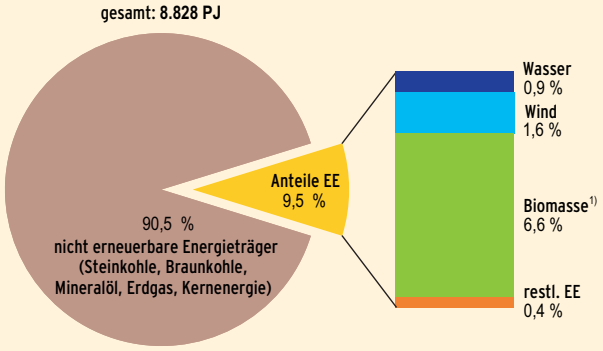
ENDENERGIEVERBRAUCH IN DEUTSCHLAND 2008 – ANTEILE DER ERNEUERBAREN ENERGIEN

EE-Endenergiebereitstellung:
rd. 233 TWh (840 PJ)
(9,5 % Anteil am gesamten Endenergieverbrauch)

1) feste, flüssige, gasförmige Biomasse, biogener Anteil des Abfalls, Deponie- und Klärgas, biogene Kraftstoffe

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat, ZSW [3]; nach AGEB [15]

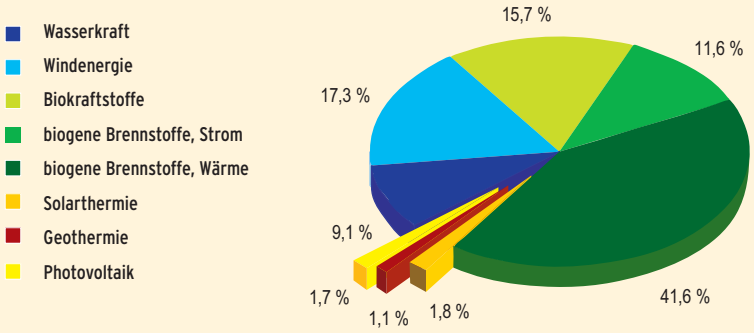
Anteile der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland 2008



Knapp 70 % der gesamten Endenergie aus erneuerbaren Energiequellen wird durch die gesamte Biomasse [1] bereitgestellt.

Bei der Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien hat Biomasse (hauptsächlich Holz) einen Anteil von knapp 94 %.

Struktur der Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2008

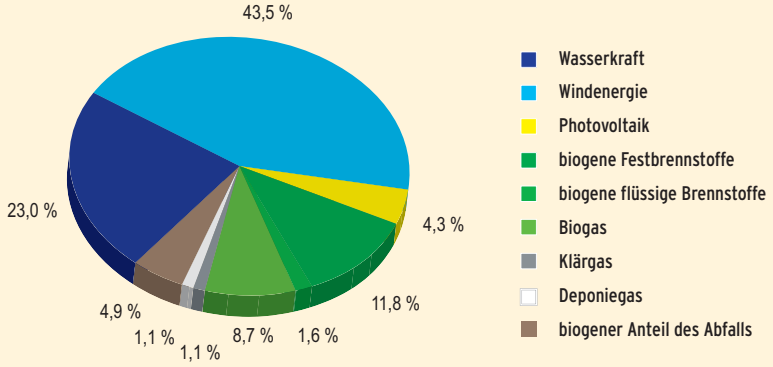


1) biogene Festbrennstoffe, biogene flüssige und gasförmige Brennstoffe, biogener Anteil des Abfalls, Biogas sowie Klär- und Deponiegas und Biokraftstoffe

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen, siehe Tabelle Seite 12

STRUKTUR DER ENERGIEBEREITSTELLUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN IN DEUTSCHLAND 2008

Struktur der Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2008



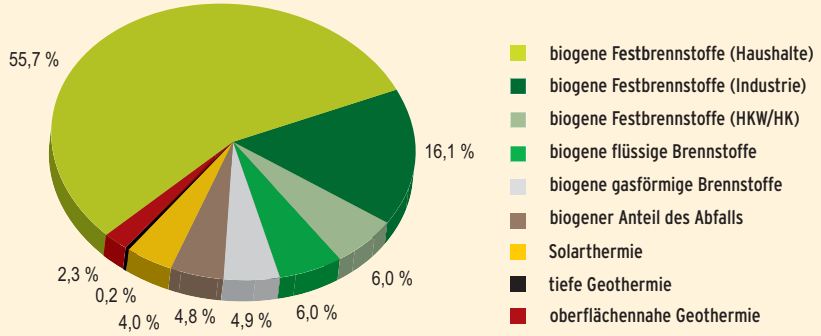
Geothermische Stromerzeugung auf Grund geringer Strommengen nicht dargestellt

EE-Stromerzeugung: rd. 92,8 TWh
(15,1 %-Anteil am gesamten Stromverbrauch)

Für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien sind neben der Biomasse mit rund 22,1 % vor allem die Windenergie mit 43,5 % und die Wasserkraft mit 23,0 % Anteil von Bedeutung. Biomasse einschl. Klärgas, Deponiegas und biogenem Anteil des Abfalls: 29,2 %.

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen, siehe Tabelle Seite 12

Struktur der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2008

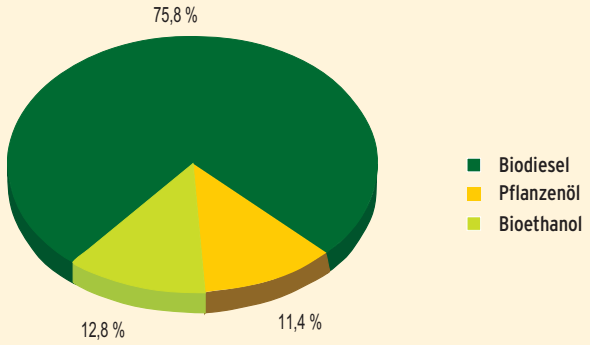


HKW/HW Heizkraft- und Heizwerke

EE-Wärmebereitstellung: rd. 103,8 TWh
(7,4 %-Anteil am gesamten Wärmeverbrauch)

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen, siehe Tabelle Seite 12

Struktur der Kraftstoffbereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2008



Biogene Kraftstoffe: rd. 36,7 TWh (5,9 %-Anteil am gesamten Kraftstoffverbrauch)

Biokraftstoffmengen 2008:
Biodiesel: 2.695.000 Tonnen, 3.066 Mio. Liter;
Pflanzenöl: 401.000 Tonnen, 436 Mio. Liter;
Bioethanol: 626.000 Tonnen, 800 Mio. Liter
Die abgesetzte Menge ist gegenüber dem Vorjahr gesunken.

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen, siehe Tabelle Seite 12

ENTWICKLUNG DER ENERGIEBEREITSTELLUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN IN DEUTSCHLAND VON 1990 BIS 2008

Stromerzeugung (Endenergie) in Deutschland

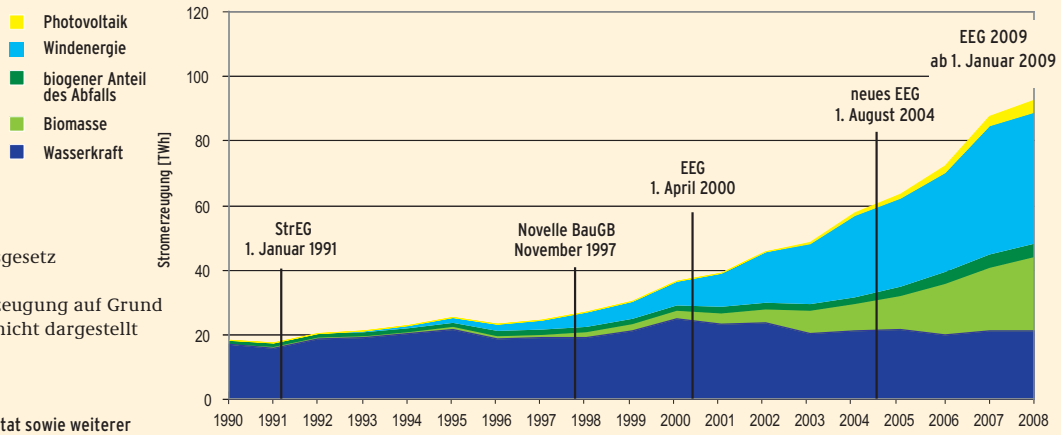
	Wasser-kraft [1]	Wind-energie	Biomasse [2]	biogener Anteil des Abfalls [3]	Photo-voltaik	Geothermie	Summe Strom-erzeugung	Anteil am Bruttostrom-verbrauch
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[%]
1990	17.000	40	222	1.200	1	0	**18.463**	**3,4**
1991	15.900	140	250	1.200	2	0	**17.492**	**3,2**
1992	18.600	230	295	1.250	3	0	**20.378**	**3,8**
1993	19.000	670	370	1.200	6	0	**21.246**	**4,0**
1994	20.200	940	570	1.300	8	0	**23.018**	**4,3**
1995	21.600	1.800	670	1.350	11	0	**25.431**	**4,7**
1996	18.800	2.200	853	1.350	16	0	**23.219**	**4,2**
1997	19.000	3.000	1.079	1.400	26	0	**24.505**	**4,5**
1998	19.000	4.489	1.642	1.750	32	0	**26.913**	**4,8**
1999	21.300	5.528	1.791	1.850	42	0	**30.511**	**5,5**
2000	24.936	7.550	2.279	1.850	64	0	**36.679**	**6,3**
2001	23.383	10.509	3.206	1.859	116	0	**39.073**	**6,7**
2002	23.824	15.786	4.017	1.945	188	0	**45.760**	**7,8**
2003	20.350	18.859	6.970	2.162	313	0	**48.654**	**8,1**
2004	21.000	25.509	8.347	2.116	557	0,2	**57.529**	**9,5**
2005	21.524	27.229	10.495	3.039	1.282	0,2	**63.569**	**10,4**
2006	20.042	30.710	15.593	3.675	2.220	0,4	**72.240**	**11,7**
2007	21.249	39.713	19.438	4.130	3.075	0,4	**87.604**	**14,2**
2008	21.300	40.400	22.518	4.543	4.000	18,0	**92.779**	**15,1**

Das Energieangebot aus Wasserkraft, Windenergie und Solarenergie unterliegt natürlichen Schwankungen, die sich sowohl kurzfristig und saisonal als auch auf den gesamten Jahresenergieertrag auswirken.
Zur Stromerzeugung aus Photovoltaik siehe Anhang Abs. 6.

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

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie ZSW [3]; EnBW [12]; Fichtner [36]; BWE [16]; StBA [5]; BMELV [75]; IE [8], [13], [20], [70]; VDN [9]; AGEB [2], [18]; FNR [7]; SFV [28]; BSW [10]; ZfS [19]; Erdwärme-Kraft [79]; DEWI [62], [67], [76], [77], [78], [103]; geox GmbH [66]; BDEW [71]; Solarthemen [45]; dbfz [44]

Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990



StrEG Stromeinspeisungsgesetz

Geothermische Stromerzeugung auf Grund geringer Strommengen nicht dargestellt

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

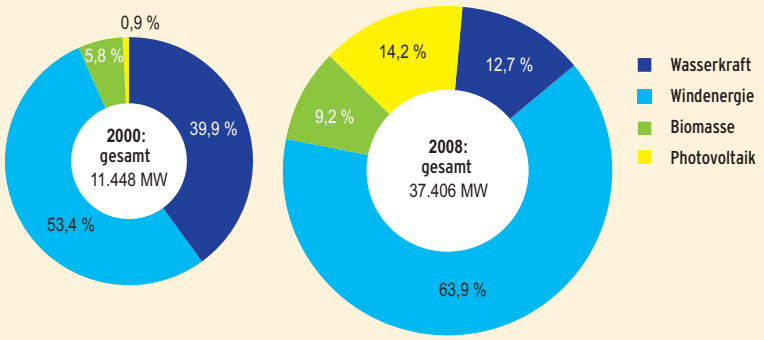
Installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Wasser-kraft	Wind-energie	Biomasse	Photovoltaik	Geothermie	Gesamte Leistung
	[MW]	[MW]	[MW]	[MW_p]	[MW]	[MW]
1990	4.403	56	190	2	0	**4.651**
1991	4.403	98	k.A.	3	0	**4.504**
1992	4.374	167	227	6	0	**4.774**
1993	4.520	310	k.A.	9	0	**4.839**
1994	4.529	605	276	12	0	**5.422**
1995	4.521	1.094	k.A.	16	0	**5.631**
1996	4.563	1.547	358	24	0	**6.492**
1997	4.578	2.082	400	36	0	**7.096**
1998	4.601	2.875	409	45	0	**7.930**
1999	4.547	4.444	604	58	0	**9.653**
2000	4.572	6.112	664	100	0	**11.448**
2001	4.600	8.754	790	178	0	**14.322**
2002	4.620	11.965	952	258	0	**17.795**
2003	4.640	14.609	1.137	408	0	**20.794**
2004	4.660	16.629	1.550	1.018	0,2	**23.857**
2005	4.680	18.428	2.192	1.881	0,2	**27.181**
2006	4.700	20.622	2.740	2.711	0,2	**30.773**
2007	4.720	22.247	3.140	3.811	3,2	**33.921**
2008	4.740	23.895	3.453	5.311	6,6	**37.406**

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

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen siehe Seite 16

Anteile an der installierten Gesamtleistung der erneuerbaren Energien in Deutschland 2000 und 2008



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

Anteil der geothermischen Stromerzeugungskapazitäten im Vergleich zu anderen erneuerbaren Technologien noch marginal und deshalb nicht dargestellt.

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen siehe Seite 16

Wärmebereitstellung (Endenergie) aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

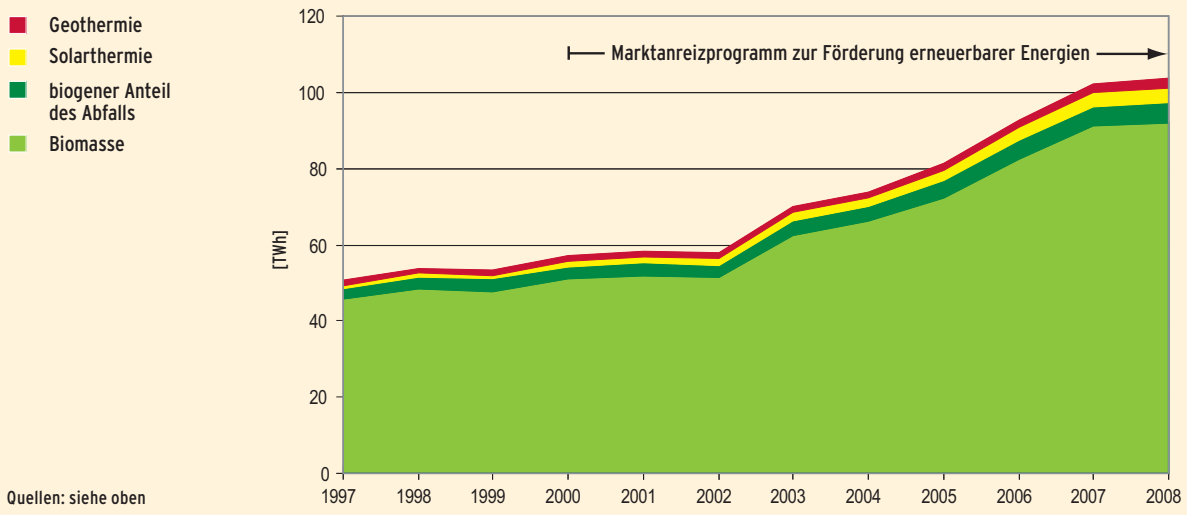
1) abweichend zu den Vorjahren ab 2003 Angaben nach §§ 3, 5 (Heizkraft- und Heizwerke) und § 8 (Industrie) des Energiestatistikgesetzes von 2003 sowie Direktnutzung von Klärgas
2) Anteil des biogenen Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen zu 50 % angesetzt

	Biomasse [1]	biogener Anteil des Abfalls [2]	Solarthermie	Geothermie	Summe Wärme-erzeugung	Anteil am Wärme-verbrauch
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[%]
1990	k.A.	k.A.	127	k.A.	k.A.	k.A.
1991	k.A.	k.A.	164	k.A.	k.A.	k.A.
1992	k.A.	k.A.	215	k.A.	k.A.	k.A.
1993	k.A.	k.A.	273	k.A.	k.A.	k.A.
1994	k.A.	k.A.	348	k.A.	k.A.	k.A.
1995	k.A.	k.A.	431	1.425	k.A.	k.A.
1996	k.A.	k.A.	540	1.383	k.A.	k.A.
1997	45.646	2.900	680	1.335	**50.561**	k.A.
1998	48.625	2.988	837	1.384	**53.834**	**3,5**
1999	47.811	3.140	1.020	1.429	**53.400**	**3,5**
2000	51.036	3.278	1.255	1.433	**57.002**	**3,9**
2001	52.043	3.283	1.581	1.447	**58.354**	**3,8**
2002	51.302	3.324	1.878	1.483	**57.987**	**3,9**
2003	62.555	3.806	2.137	1.532	**70.030**	**4,6**
2004	66.251	3.694	2.437	1.558	**73.940**	**4,9**
2005	72.190	4.692	2.771	1.601	**81.254**	**5,4**
2006	82.558	4.911	3.211	1.934	**92.614**	**6,1**
2007	91.355	4.783	3.636	2.299	**102.072**	**7,6**
2008	92.088	5.020	4.131	2.516	**103.755**	**7,4**

k.A. = keine Angaben

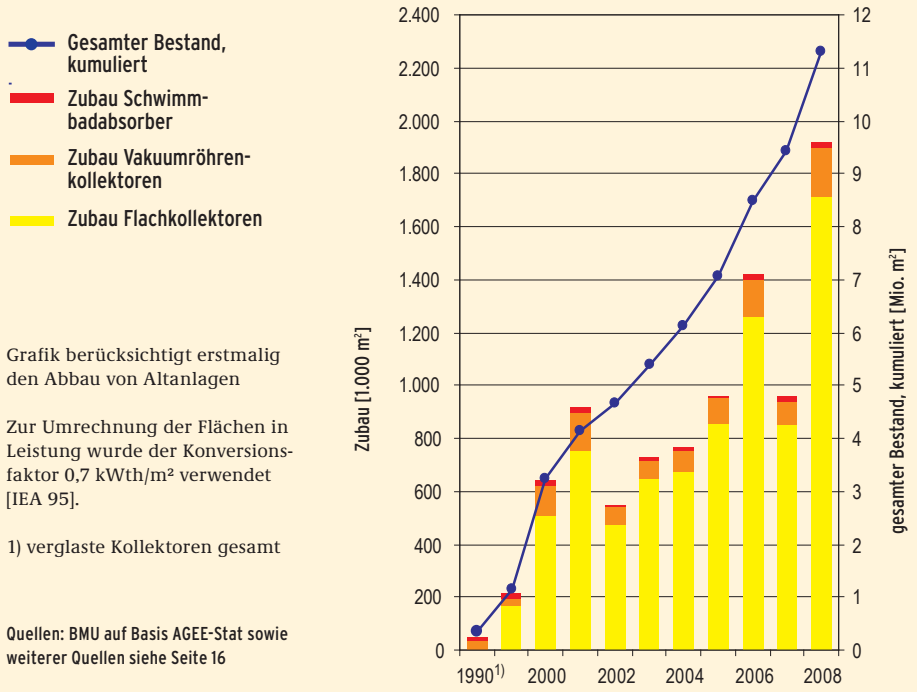
Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen auf Seite 12 sowie VDEW [17], [47], [74]; BDEW [100], [101]

Entwicklung der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1997



Quellen: siehe oben

Entwicklung des Zubaus von Solarkollektoren in Deutschland seit 1990



Grafik berücksichtigt erstmalig den Abbau von Altanlagen

Zur Umrechnung der Flächen in Leistung wurde der Konversionsfaktor 0,7 kWth/m² verwendet [IEA 95].

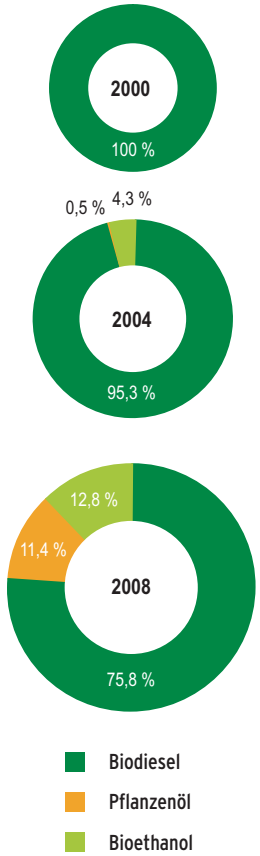
1) verglaste Kollektoren gesamt

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen siehe Seite 16

	Solarthermie	
	kum. Fläche	kum. Leistung
	[1.000 m²]	[MW]
1990	340	238
1991	468	328
1992	585	409
1993	751	526
1994	943	660
1995	1.159	811
1996	1.448	1.013
1997	1.806	1.264
1998	2.171	1.520
1999	2.601	1.821
2000	3.237	2.266
2001	4.136	2.895
2002	4.667	3.267
2003	5.374	3.762
2004	6.125	4.288
2005	7.074	4.952
2006	8.474	5.932
2007	9.419	6.593
2008	11.312	7.919

Kraftstoffbereitstellung (Endenergie) aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Biodiesel	Pflanzenöl	Bioethanol	Summe Biokraftstoffe	Anteil am Kraftstoffverbrauch
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[%]
1990	0	0	0	0	0,0
1991	2	0	0	2	0,0
1992	52	0	0	52	0,01
1993	103	0	0	103	0,02
1994	258	0	0	258	0,04
1995	310	0	0	310	0,05
1996	517	0	0	517	0,1
1997	827	0	0	827	0,1
1998	1.033	0	0	1.033	0,2
1999	1.343	0	0	1.343	0,2
2000	2.583	0	0	2.583	0,4
2001	3.617	0	0	3.617	0,6
2002	5.683	0	0	5.683	0,9
2003	8.267	52	0	8.319	1,4
2004	10.850	52	484	11.386	1,8
2005	18.600	2.047	1.936	22.583	3,8
2006 1)	29.444	7.417	3.556	40.417	6,3
2007	33.673	8.066	3.412	45.151	7,2
2008 2)	27.806	4.194	4.694	36.694	5,9



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

2) Menge entspricht für 2008: Biodiesel: 2.695.000 Tonnen; Pflanzenöl: 401.000 Tonnen; Bioethanol: 626.000 Tonnen

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen siehe Seite 12 sowie BMU/BMELV [40]; BMVBS [57]; BAFA [83]

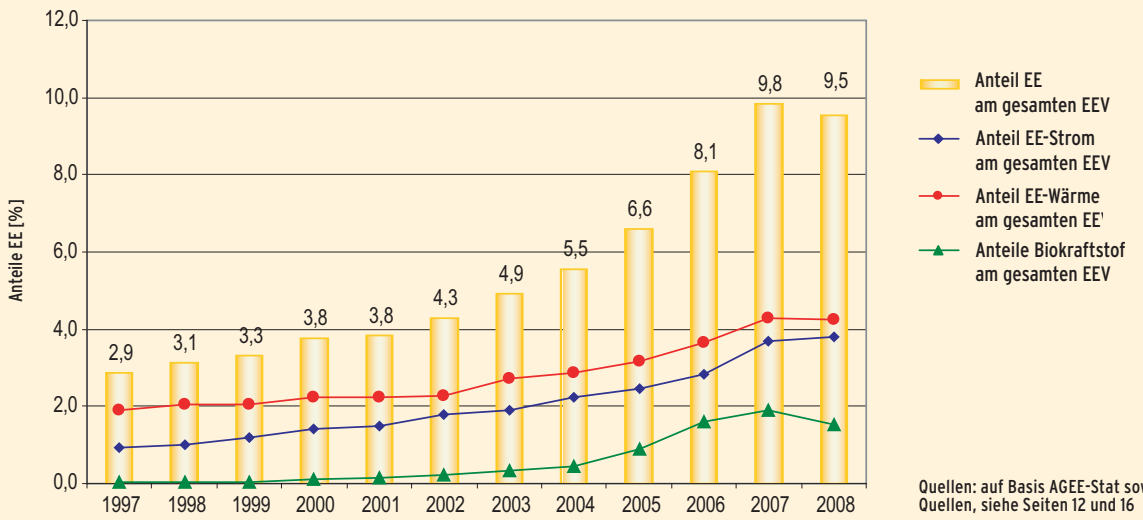
Gesamte Energiebereitstellung und Anteile der erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Gesamter Endenergie-verbrauch	Summe EE-Endener-giebereit-stellung	Anteil am gesamten EEV	Anteil von EE-Strom am gesamten EEV	Anteil von EE-Wärme am gesamten EEV	Anteil der Biokraftstoffe am gesamten EEV	Anteil am gesamten PEV
	[PJ]	[GWh]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
1990	9.472	k.A.	k.A.	0,7	k.A.	0,0	k.A.
1991	9.366	k.A.	k.A.	0,7	k.A.	0,0	k.A.
1992	9.127	k.A.	k.A.	0,8	k.A.	0,0	k.A.
1993	9.234	k.A.	k.A.	0,8	k.A.	0,0	k.A.
1994	9.110	k.A.	k.A.	0,9	k.A.	0,0	k.A.
1995	9.322	k.A.	k.A.	1,0	k.A.	0,0	k.A.
1996	9.686	k.A.	k.A.	0,9	k.A.	0,0	k.A.
1997	9.535	75.908	2,9	0,9	1,9	0,0	2,0
1998	9.458	81.800	3,1	1,0	2,0	0,0	2,1
1999	9.300	85.271	3,3	1,2	2,1	0,1	2,2
2000	9.235	96.288	3,8	1,4	2,2	0,1	2,6
2001	9.455	101.075	3,8	1,5	2,2	0,1	2,7
2002	9.226	109.471	4,3	1,8	2,3	0,2	3,0
2003	9.284	127.049	4,9	1,9	2,7	0,3	3,5
2004	9.322	142.905	5,5	2,2	2,9	0,4	3,9
2005	9.240	167.463	6,6	2,5	3,2	0,9	4,7
2006	9.149	196.498	8,1	2,8	3,6	1,6	5,7
2007	8.585	234.828	9,8	3,7	4,3	1,9	6,9
2008	8.828	233.228	9,5	3,8	4,2	1,5	7,0

PEV berechnet nach Wirkungsgradmethode
k.A. – keine Angabe

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen, siehe Seiten 12 und 16

Entwicklung der Anteile der erneuerbaren Energien an der Endenergiebereitstellung in Deutschland seit 1997



Quellen: auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen, siehe Seiten 12 und 16

VERMIEDENE EMISSIONEN DURCH DIE NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN IN DEUTSCHLAND IM JAHR 2008

Einführung

Die Bestimmung der durch erneuerbare Energien vermiedenen Emissionen erfolgt über eine Nettobilanz. Diese berücksichtigt sowohl die vermiedenen Emissionen aus der Nutzung fossiler Energiequellen als auch die bei der Bereitstellung erneuerbarer Energie resultierenden Emissionen. Den nachfolgenden Emissionsbilanzen für die Nutzung erneuerbarer Energien im Strom-, Wärme- und Verkehrssektor im Jahr 2008 liegen einige wesentliche methodische Änderungen im Vergleich zu den Vorjahren zugrunde. Dies betrifft insbesondere die durchgängige Berücksichtigung der Vorketten der Energiebereitstellung, aktualisierte Substitutionsansätze im Strom- und Wärmesektor sowie eine geänderte Allokationsmethode bei den Biokraftstoffen. Eine Vergleichbarkeit mit den Werten der Vorjahre ist damit nur eingeschränkt gegeben.

Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Stromsektor

		EE Stromerzeugung: gesamt: 92.779 GWh	
Treibhausgas/ Luftschadstoff		Vermeidungs-faktor [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhaus-effekt 1)	CO_2	772.211	71.645
	CH_4	1.851,3	171,8
	N_2O	-8,4	-0,8
	CO_2-Äquivalent	**808.662**	**75.027**
Versauer-ung 2)	SO_2	416,3	38,6
	NO_x	52,8	4,9
	SO_2-Äquivalent	**457,5**	**42,4**
Ozon 3) Staub 4)	CO	-87,9	-8,2
	NMVOC	-2,5	-0,2
	Staub	-45,4	-4,2

Vermeidungsfaktor ist der Quotient aus vermiedenen Emissionen der Energiebereitstellung aus EE (in kg) und Stromerzeugung aus EE (in GWh). Das entspricht der durchschnittlichen Einsparung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen pro erzeugter GWh aus EE.

1) weitere Treibhausgase (SF_6, FKW, H-FKW) nicht berücksichtigt
2) weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH_3, HCl, HF) nicht berücksichtigt
3) NMVOC und CO sind wichtige Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon, das wesentlich zum sogenannten „Sommersmog“ beiträgt.
4) Staub umfasst hier die Gesamtemissionen an Schwebstaub aller Partikelgrößen.

Basis der Berechnungen ist das „Gutachten zur CO_2-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2006 und 2007“ (siehe Anhang Abs. 1). Zur Methodik der Berechnungen siehe Anhang Abs. 1.

Quellen: UBA [110] auf Basis AGEE-Stat und Klobasa et al. [41]; UBA [24]; Öko-Institut [22]; Ecoinvent [111]; Vogt et al. [112]; Ciroth [113]

Zur Stromproduktion aus erneuerbaren Energien wird die Energie von Wasser, Wind und Sonne sowie Erdwärme und Biomasse genutzt. Fossile Energieträger, auf deren Nutzung die Stromversorgung in Deutschland gegenwärtig hauptsächlich noch beruht, werden entsprechend ersetzt. Damit leistet die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien einen großen Beitrag zur Vermeidung von Treibhausgasen und versauernd wirkenden Luftschadstoffen in Deutschland.

Die Bilanzergebnisse berücksichtigen die unmittelbar vermiedenen Emissionen fossiler Kraftwerke sowie die vermiedenen Umweltbelastungen aus den Bereitstellungsketten der fossilen Energieerzeugung, die die Emissionen aus der Bereitstellung erneuerbarer Energien um ein Vielfaches übertreffen können. Insbesondere sind hier die hohen Methan(CH_4)-Emissionen aus der Bereitstellung von Steinkohle und Erdgas zu nennen.

Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmesektor

Vermeidungsfaktor ist der Quotient aus vermiedenen Emissionen der Energiebereitstellung aus EE (in kg) und Wärmeerzeugung aus EE (in GWh). Das entspricht der durchschnittlichen Einsparung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen pro erzeugter GWh aus erneuerbaren Energien.

1) weitere Treibhausgase (SF_6, FKW, H-FKW) nicht berücksichtigt
2) weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH_3, HCl, HF) nicht berücksichtigt
3) NMVOC und CO sind wichtige Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon, das wesentlich zum so genannten „Sommersmog" beiträgt.
4) Staub umfasst hier die Gesamtemissionen an Schwebstaub aller Partikelgrößen.

Zur Methodik der Berechnungen siehe Anhang Abs. 2.

		EE Wärmebereitstellung: gesamt: 103.755 GWh	
Treibhausgas/ Luftschadstoff		Vermeidungsfaktor [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhauseffekt 1)	CO_2	280.101	29.060
	CH_4	323,7	33,6
	N_2O	-3,6	-0,4
	CO_2-Äquivalent	**285.641**	**29.635**
Versauerung 2)	SO_2	207,8	21,6
	NO_X	-99,4	-10,3
	SO_2-Äquivalent	**149,9**	**15,6**
Ozon 3) Staub 4)	CO	-5.682,1	-589,5
	NMVOC	-304,3	-31,6
	Staub	-232,4	-24,1

Quellen: UBA [110] auf Basis AGEE-Stat und Frondel et al. [114]; UBA [24]; Öko-Institut [22]; Ecoinvent [111]; Vogt et al. [112]; Frick et al. [115]; Ciroth [113]; AGEB [116], [85]

Neben der direkten Nutzung von Sonnenenergie und Umweltwärme stammt erneuerbare Energie für Raumwärme und Warmwasser in den Haushalten bzw. für Prozesswärme in der Industrie überwiegend aus der CO_2-neutralen Verbrennung von Biomasse. Dabei wird nur soviel CO_2 freigesetzt, wie die Pflanze für ihr Wachstum vorher aufgenommen hat.

Die erneuerbare Wärmebereitstellung leistet damit einen großen Beitrag zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen. Dieser Klimaschutzeffekt setzt sich zum einen aus der vermiedenen Freisetzung des in den fossilen Energieträgern Öl, Erdgas, Stein- und Braunkohle gebundenen Kohlenstoffs, zum anderen aus der Vermeidung von Umweltbelastungen (z. B. Methanemissionen) bei Gewinnung, Aufbereitung und Transport dieser Energieträger zusammen.

Bei der Verbrennung von Biomasse insbesondere in älteren Feuerungsanlagen wie Kachel- und Kaminöfen werden allerdings höhere Mengen Luftschadstoffe im Vergleich zur fossilen Wärmebereitstellung freigesetzt. Dies betrifft insbesondere die zum Sommersmog beitragenden flüchtigen organischen Verbindungen und Kohlenmonoxid sowie Staubemissionen aller Partikelgrößen.

Durch den Einsatz moderner Kessel und Öfen mit Abgasreinigung sowie ein verantwortungsvolles Nutzerverhalten lassen sich diese Umweltbelastungen jedoch erheblich reduzieren.

Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Verkehrssektor

		Biogene Kraftstoffe: gesamt: 36.694 GWh	
Treibhausgas/ Luftschadstoff		Vermeidungs-faktor [kg/GWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhaus-effekt 1)	CO_2 2)	226.978	8.329
	CO_2-Äquivalent	**144.767**	**5.312**

Basis der Berechnung des Vermeidungsfaktors [kg/GWh]			
	Biodiesel	Pflanzenöl	Bioethanol
CO_2	214.149	273.359	261.534
CO_2-Äqui.	136.584	174.348	166.806

Quellen: UBA [110] auf Basis AGEE-Stat und EP [92]; BR [98]; BMU [56]; BDB[e] [90]; UFOP [87], [108]; TFZ [109]

1) Bei den Treibhausgasemissionen wurden hier nur CO_2, CH_4 und N_2O berücksichtigt, weitere Treibhausgase (SF_6, FKW, H-FKW) nicht.
2) Die vermiedenen CO_2-Emissionen wurden auf Basis der vermiedenen CO_2-Äquivalente abgeleitet.

Vermeidungsfaktor ist der Quotient aus vermiedenen Emissionen der Energiebereitstellung aus EE (in kg) und Kraftstofferzeugung aus EE (in GWh). Das entspricht der durchschnittlichen Einsparung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen pro erzeugter GWh aus erneuerbaren Energien. Er berücksichtigt die Vorketten, die unterschiedlichen Biomassen und basiert auf der Allokation zur Aufteilung in Haupt- und Nebenprodukte auf Basis des unteren Heizwertes

Die Treibhausgas-Bilanz ist von zahlreichen Parametern abhängig, u.a. von der eingesetzten Biomasse, den Prozessen, den gewählten Referenzsystemen und der Allokationsmethodik. Die ermittelten Daten sind daher mit Unsicherheit behaftet. Zur Methodik der Berechnungen siehe Anhang Abs. 3.

Die Bereitstellung und der Einsatz von Biokraftstoffen sind mit Emissionen verbunden, die sowohl aus dem Anbau und der Ernte der Biomasse, der Verarbeitung, der Verbrennung im Motor als auch – in geringerem Maße – aus dem Transport resultieren. Beim Anbau ist insbesondere die Düngung zu nennen, die für klimarelevante Lachgas(N_2O)-Emissionen und für Ammoniak(NH_3)-Emissionen verantwortlich ist. Die NH_3-Emissionen haben zur Folge, dass die Summe der versauernden Emissionen bei der Verwendung von Biokraftstoffen höher ist als bei konventionellen Kraftstoffen. Bei der Herstellung der Biokraftstoffe sind darüber hinaus auch der fossile Prozessenergiebedarf und die benötigten Hilfsstoffe (z. B. Methanol fossilen Ursprungs) zu berücksichtigen.

Betrachtet man die Summe der Treibhausgase, ist das Emissionsniveau stark von der Rohstoffbasis und damit einhergehend von der Herkunft der Biokraftstoffe und den korrespondierenden Emissionsfaktoren abhängig. Gegenwärtig werden durch den Einsatz von Pflanzenölen die spezifisch höchsten Treibhausgas-Minderungen erreicht, gefolgt von Bioethanol und Biodiesel.

Direkte und indirekte Landnutzungsänderungen durch den Anbau von Biokraftstoffen können beträchtliche Treibhausgasemissionen zur Folge haben. Solche Effekte sind bisher nicht berücksichtigt, da methodische Ansätze zur Berechnung der Landnutzungsänderungen gegenwärtig erst entwickelt werden.

Gesamte CO_2-Vermeidung durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2008

Der Beitrag erneuerbarer Energien zum Klimaschutz ist größer als zur Energieversorgung. So wurden durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2008 etwa 109 Mio. Tonnen CO_2 vermieden, d.h. ohne ihre Nutzung wären die gesamten CO_2-Emissionen (ca. 748 Mio. Tonnen) rund 15 % höher gewesen.

Der Beitrag der erneuerbaren Energien zum Primärenergieverbrauch beträgt dagegen nur ca. 7 %. Dies ist zum einen auf die Berechnungsmethodik zur Ermittlung des Primärenergieverbrauchs zurückzuführen (Wirkungsgradmethode, vgl. Anhang Abs. 5).

Zum anderen substituieren die erneuerbaren Energien im Stromsektor gegenwärtig ausschließlich fossile Energieträger, was zu hohen spezifischen Treibhausgas-Vermeidungsfaktoren führt.

Die durch das EEG vergütete Stromerzeugung führte im Jahr 2008 allein zu einer Emissionsvermeidung von ca. 53 Mio. t CO_2.

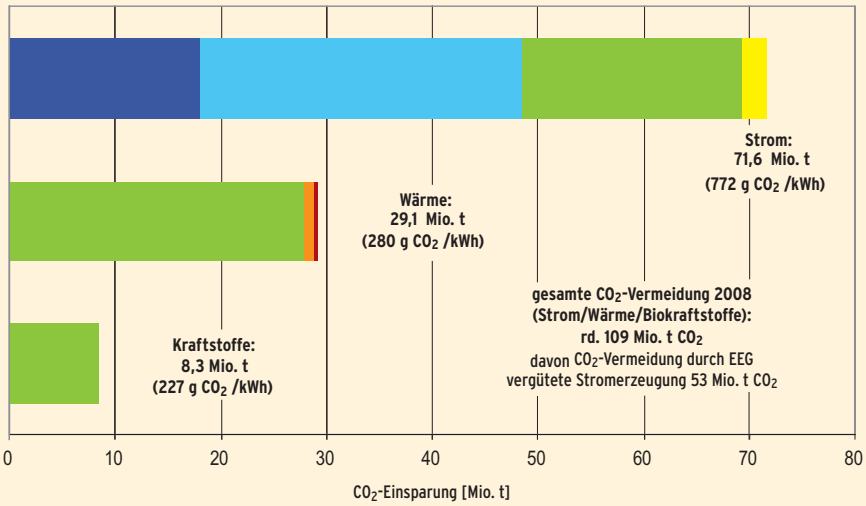
FBSt Festbrennstoffe
HKW/HW Heizkraftwerke/Heizwerke

1) Die vermiedenen CO_2-Emissionen wurden auf Basis der vermiedenen CO_2-Äquivalente abgeleitet.
2) einschließlich sonstiger Umweltwärme

Quellen: UBA auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen, siehe Tabellen Seiten 21 - 23

	Vermeidungsfaktor [g CO_2/kWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]	Anteil [%]
Strom			
Wasserkraft	851	18.131	25,3
Windenergie	753	30.435	42,5
Photovoltaik	591	2.365	3,3
biogene FBSt	819	8.970	12,5
biogene flüssige Brennstoffe	570	860	1,2
Biogas	688	5.536	7,7
Klärgas	780	781	1,1
Deponiegas	784	786	1,1
biogener Anteil des Abfalls	829	3.767	5,3
Geothermie	835	15	0,02
Summe Strom	–	**71.645**	**100**
Wärme			
biogene FBSt (Haushalte)	299	17.295	59,5
biogene FBSt (Industrie)	273	4.586	15,8
biogene FBSt (HKW/HW)	284	1.774	6,1
biogene flüssige Brennstoffe	250	1.549	5,3
biogene gasförmige Brennstoffe	265	1.256	4,3
biogener Anteil des Abfalls	289	1.452	5,0
Solarthermie	218	900	3,1
tiefe Geothermie [1]	219	36	0,1
oberflächennahe Geothermie [2]	91	213	0,7
Summe Wärme	–	**29.060**	**100**
Verkehr			
Biodiesel [1]	214	5.955	71,5
Pflanzenöl [1]	273	1.146	13,8
Bioethanol [1]	262	1.228	14,7
Summe Verkehr	–	**8.329**	**100**
gesamt (Strom/Wärme/Verkehr)		**109.007**	

Gesamte CO_2-Vermeidung durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2008



- Wasser
- Wind
- Biomasse
- Photovoltaik
- Geothermie
- Solarthermie

Quellen: UBA auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen, siehe Tabellen Seiten 21 - 23

ENTWICKLUNG DER ENERGIEBEDINGTEN EMISSIONEN IN DEUTSCHLAND VON 1990 BIS 2008

	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2-Äquivalent 1)	SO_2	NO_X 2)	NH_3	SO_2- Äquivalent 3)	CO	NMVOC	Staub 4)
	[Mio. t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[Mio. t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]	[1.000 t]
1990	948	1.536	24	988	5.146	2.710	15	7.061	11.480	2.190	1.339
1991	915	1.446	24	953	3.833	2.499	16	5.603	9.314	1.699	725
1992	870	1.307	23	905	3.119	2.348	17	4.785	8.019	1.474	454
1993	862	1.338	23	897	2.781	2.245	18	4.378	7.243	1.218	304
1994	843	1.201	23	875	2.317	2.108	18	3.819	6.267	945	191
1995	839	1.154	23	870	1.650	1.999	19	3.076	6.063	845	127
1996	866	1.126	23	896	1.386	1.916	20	2.756	5.704	754	118
1997	830	1.109	22	860	1.141	1.835	20	2.455	5.529	690	115
1998	824	995	22	851	898	1.745	20	2.150	5.146	621	103
1999	800	1.065	22	829	715	1.712	20	1.943	4.798	546	98
2000	798	1.004	21	826	523	1.607	19	1.677	4.472	456	91
2001	820	928	22	847	528	1.536	19	1.633	4.234	425	90
2002	806	887	21	831	488	1.448	19	1.531	3.945	379	85
2003	808	795	21	831	465	1.374	18	1.455	3.736	337	81
2004	797	703	21	818	437	1.306	18	1.380	3.503	309	77
2005	772	656	20	792	424	1.227	17	1.310	3.241	279	74
2006	784	612	21	803	424	1.188	17	1.283	3.218	267	73
2007	755	564	21	774	400	1.120	16	1.210	3.168	252	69
2008	748 *)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

Stand Frühjahr 2009; Angaben einschließlich der diffusen Emissionen bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung von Brennstoffen
*) vorläufiger Wert
k.A. – keine Angabe

1) berücksichtigt sind CO_2, CH_4 und N_2O
2) berechnet als NO_2
3) berücksichtigt sind SO_2, NO_X und NH_3
4) ohne Abrieb von Reifen und Bremsen

Zur Bedeutung und Berechnung des CO_2- und SO_2-Äquivalents siehe Anhang Abs. 4.

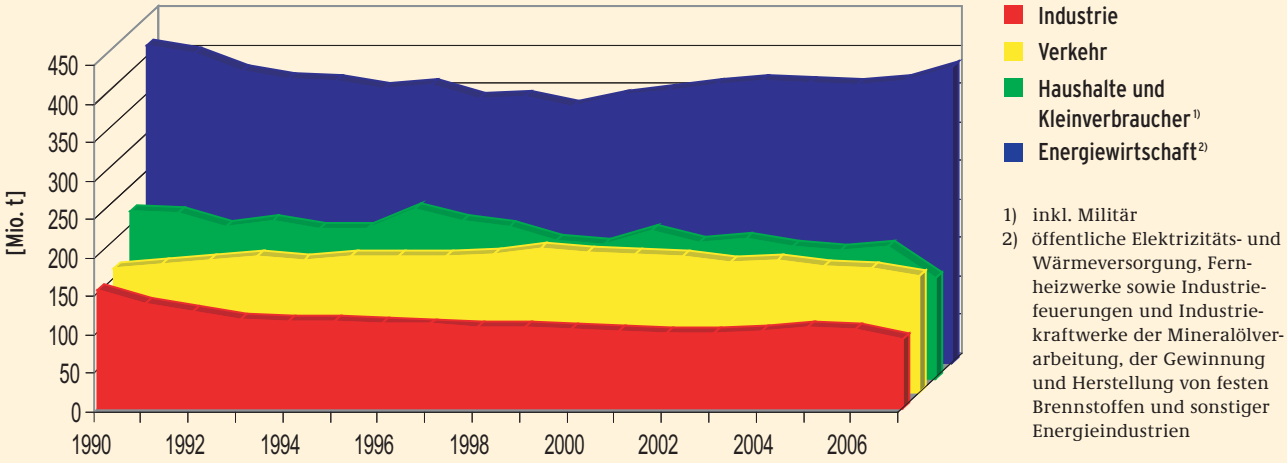
Quelle: UBA [4]

Die gesamten energiebedingten CO_2-Emissionen waren im Jahr 2008 um 200 Mio. t niedriger als im Jahr 1990. Dies entspricht einem Rückgang der Emissionen von 21 %.

Die gesamten energiebedingten Treibhausgasemissionen konnten bis zum Jahr 2007 um knapp 22 % gesenkt werden.

Auch die Emissionen von energiebedingten Luftschadstoffen konnten seit 1990 beträchtlich reduziert werden.

Entwicklung der energiebedingten CO_2-Emissionen in Deutschland seit 1990



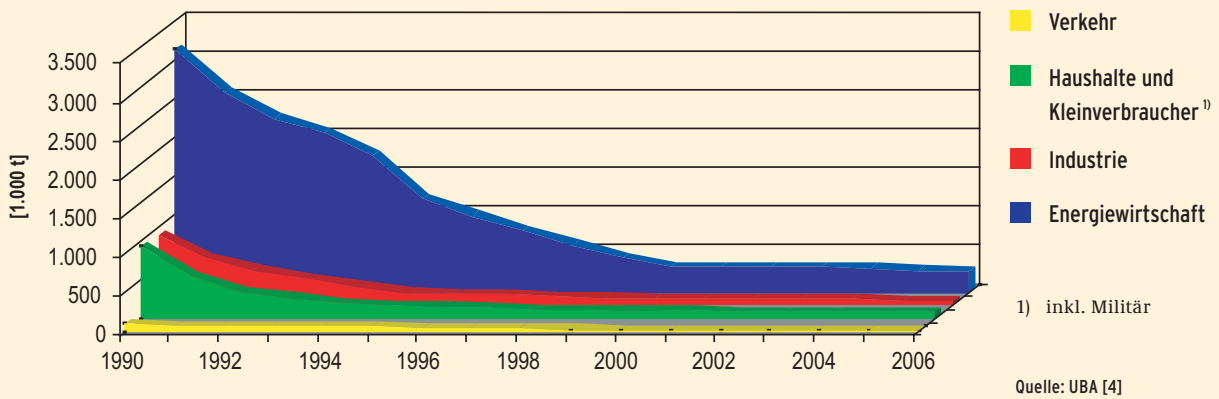
1) inkl. Militär
2) öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung, Fernheizwerke sowie Industriefeuerungen und Industriekraftwerke der Mineralölverarbeitung, der Gewinnung und Herstellung von festen Brennstoffen und sonstiger Energieindustrien

Quelle: UBA [4]

Die sektorale Betrachtung der Entwicklung der energiebedingten CO_2-Emissionen für den Zeitraum 1990 bis 2007 zeigt, dass die Energiewirtschaft als Hauptemittent den energiebedingten CO_2-Ausstoß in dieser Periode um rd. 7 % senken konnte. Auch im Verkehrssektor konnten von 1990 bis Ende 2007 die energiebedingten CO_2-Emissionen um 7 % reduziert werden.

Haushalte und Kleinverbraucher sowie die Industrie konnten 2007 im Vergleich zu 1990 Minderungen der energiebedingten CO_2-Emissionen von 38 % bzw. 42 % realisieren.

Entwicklung der energiebedingten SO_2-Emissionen in Deutschland seit 1990



1) inkl. Militär

Quelle: UBA [4]

Die gesamten energiebedingten Schwefeldioxid (SO_2)-Emissionen konnten zwischen 1990 und 2007 um 92 % gesenkt werden. Wie die oben stehende Grafik verdeutlicht, wurde der überwiegende Teil dieser Reduktion bis zum Jahr 2000 realisiert.

ENERGIEBEDINGTE EMISSIONEN IN DEUTSCHLAND NACH QUELLGRUPPEN IM JAHR 2007

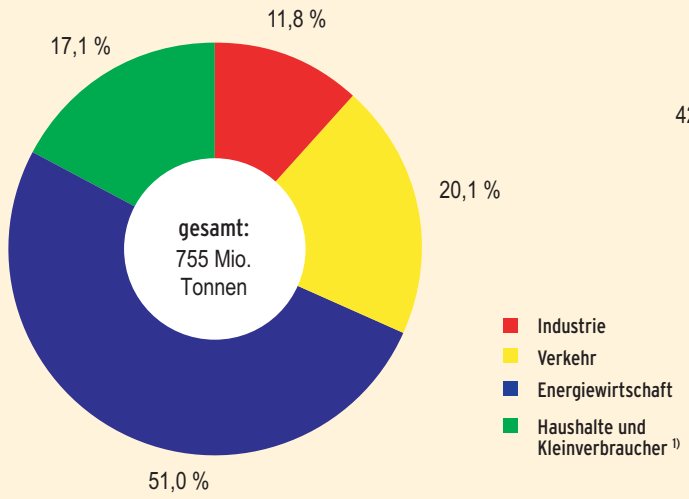
		Energie-wirtschaft [1]	Haushalte/ Kleinver-braucher [2]	Verkehr [3]	Industrie [4]	gesamt
CO_2	[Mio. t]	385,5	128,8	151,9	89,1	755,3
CH_4	[1.000 t]	6,5	29,3	7,2	5,5	48,5
N_2O	[1.000 t]	13,10	1,1	3,7	2,7	20,6
CO_2-Äquivalent[5]	[Mio. t]	389,5	129,8	153,1	90,0	762,5
SO_2	[1.000 t]	282,5	53,9	1,5	44,8	382,8
NO_x[6]	[1.000 t]	295,8	127,6	628,6	68,3	1.120,3
SO_2-Äquivalent[7]	[1.000 t]	494,3	146,8	456,5	94,6	1.192,1
CO	[1.000 t]	143,1	896,9	1.410,3	709,4	3.159,6
NMVOC	[1.000 t]	8,8	53,3	136,3	2,9	201,4
Staub	[1.000 t]	12,4	31,2	52,3	1,8	97,7

Stand Frühjahr 2009. Angaben ohne diffuse Emissionen bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung von Brennstoffen.

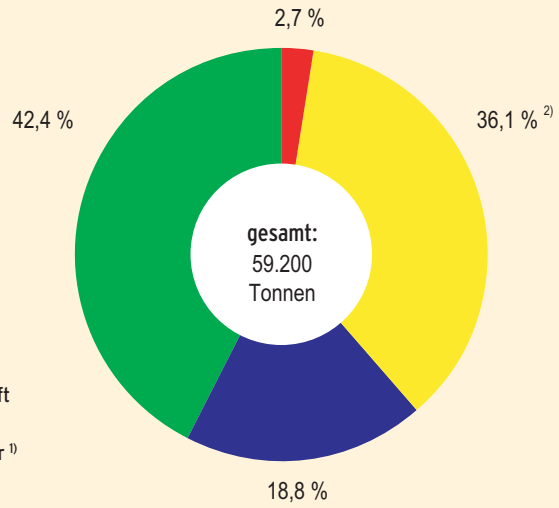
1) öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung, Fernheizwerke sowie Industriefeuerungen und Industriekraftwerke der Mineralölverarbeitung, der Gewinnung und Herstellung von festen Brennstoffen und sonstiger Energieindustrien
2) priv. Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Militär, zusätzlich land- u. forstwirtschaftlicher Verkehr sowie militärischer Boden- u. Luftverkehr
3) einschl. Schienenverkehr, nationale Luftfahrt, Küsten- und Binnenschifffahrt
4) verarbeitendes Gewerbe; ohne prozessbedingte Emissionen
5) berücksichtigt sind CO_2, CH_4 und N_2O
6) berechnet als NO_2
7) berücksichtigt sind SO_2, NO_x und NH_3

Quelle: UBA [4]

Anteile der Quellgruppen an den energiebedingten CO_2-Emissionen in Deutschland im Jahr 2007



Anteile der Quellgruppen an den energiebedingten Feinstaub-Emissionen in Deutschland im Jahr 2007



1) inkl. Militär
2) ohne Abrieb von Reifen und Bremsen

Quelle: UBA [4]

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

EINSPARUNG FOSSILER ENERGIETRÄGER DURCH DIE NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN IN DEUTSCHLAND IM JAHR 2008

Die Berechnung der Einsparung fossiler Energieträger erfolgt analog der Emissionsbilanzierung, siehe auch Anhang Abs. 7.

1) Zur Umrechnung der eingesparten Primärenergie wurden folgende von AGEB 2006 ermittelten Heizwerte angesetzt: Braunkohlen 9.013 kJ/kg, Braunkohlebriketts 19.647 kJ/kg, Staubkohlen 22.039 kJ/kg; Steinkohle 30.705 kJ/kg, Steinkohlekoks 28.650 kJ/kg, Erdgas 31.736 kJ/m³, Heizöl leicht 35.739 kJ/Liter, Dieselkraftstoff 35.871 kJ/Liter, Ottokraftstoff 32.439 kJ/Liter
2) darunter ca. 15,9 Mio. t Braunkohlen, ca. 0,2 Mio. t Braunkohlebriketts und ca. 0,4 Mio. t Staubkohlen
3) darunter ca. 17,3 Mio. t Steinkohle und ca. 0,1 Mio. t Steinkohlekoks

	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl / Heizöl	Diesel-Kraftstoff	Otto-Kraftstoff	gesamt
	Primärenergie [TWh]						
Strom	35,8	140,3	54,9	2,2	-	-	233,2
Wärme	7,6	7,7	55,0	39,0	-	-	109,4
Verkehr	-	-	-	-	23,0	3,9	26,9
gesamt	**43,4**	**148,1**	**109,9**	**41,2**	**23,0**	**3,9**	**369,5**
	Primärenergie [PJ]						
gesamt	**156,2**	**533,1**	**395,6**	**148,4**	**82,9**	**14,0**	**1.330,2**
das entspricht [1]:	16,5 Mio. t [2]	17,4 Mio. t [3]	12.465 Mio. m³	4.153 Mio. Liter	2.312 Mio. Liter	431 Mio. Liter	

Quellen: UBA [110] auf Basis AGEE-Stat und Klobasa et al. [41], Frondel et al. [114]; Öko-Institut [22]; Ecoinvent [111]; Vogt et al. [112]; Frick et al. [115] sowie weiterer Quellen, siehe Tabellen Seiten 21 - 23

Die Tabelle zeigt detailliert die Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr im Jahr 2008. Da in Deutschland fossile, d.h. nicht erneuerbare Energieträger wie Mineralöl, Erdgas und Steinkohle zu einem hohen Anteil importiert werden, führen diese Einsparungen auch zu einer direkten Senkung der deutschen Energieimporte.

Entwicklung der Einsparung fossiler Energieträger in Deutschland durch die Nutzung erneuerbarer Energien 2007 und 2008

	Strom	Wärme	Verkehr	gesamt
	[TWh]			
2007	218,7	106,4	34,0	359,1
2008	233,2	109,4	26,9	369,5

Die wachsenden eingesparten Primärenergiemengen führen in Verbindung mit deutlich gestiegenen Importpreisen bei den Primärenergieträgern zu einem überproportionalen Anstieg der finanziellen Einsparungen.
(Berechnung nach der so genannten Substitutionsmethode, s. Anhang Abs. 5).

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

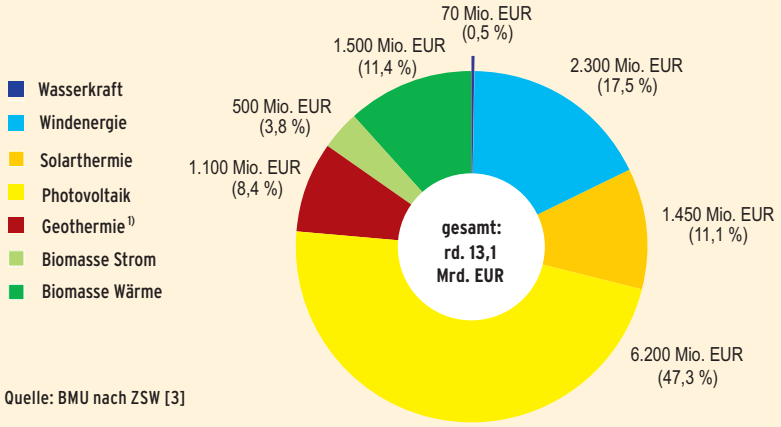
Entwicklung der eingesparten Kosten in Deutschland bei Energieimporten 2007 und 2008 [1]

	Strom	Wärme	Verkehr	gesamt
	[Mrd. EUR]			
2007	0,9	2,6	1,1	4,5
2008	2,7	2,9	0,6	6,2

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

UMSATZ MIT ERNEUERBAREN ENERGIEN IN DEUTSCHLAND 2008

Umsatz aus der Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2008

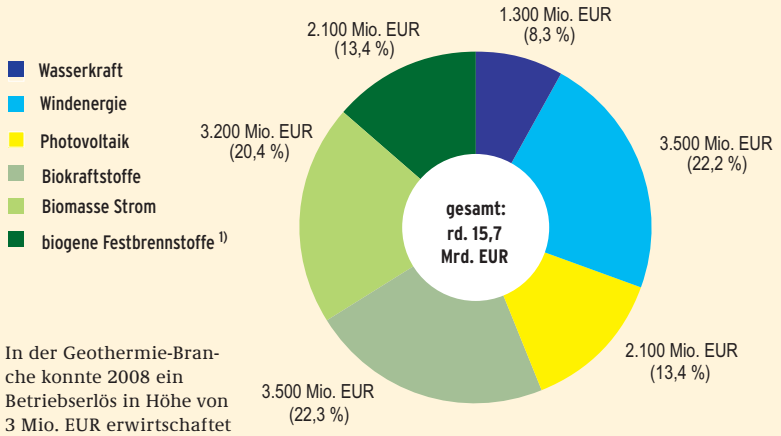


Quelle: BMU nach ZSW [3]

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.

1) Großanlagen und Wärmepumpen

Umsatz in Verbindung mit dem Anlagenbetrieb zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2008



In der Geothermie-Branche konnte 2008 ein Betriebserlös in Höhe von 3 Mio. EUR erwirtschaftet werden.

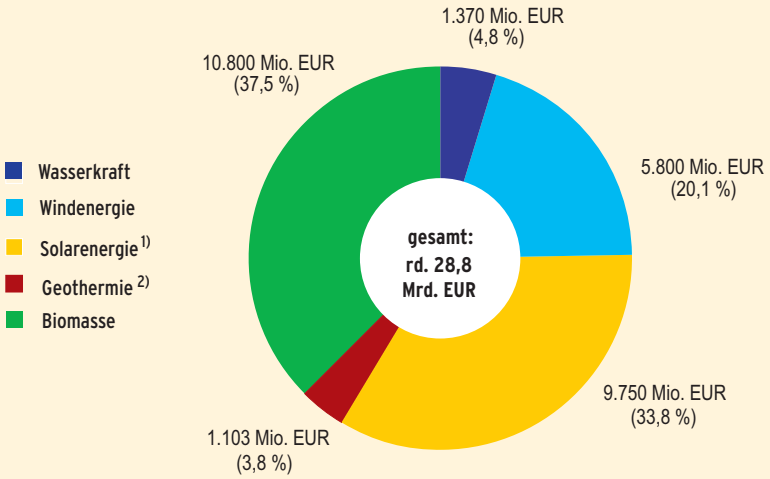
Quelle: BMU nach ZSW [3]

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

1) nur Brennstoffe, die ausschließlich zur Wärmebereitstellung eingesetzt werden

Erläuterungen siehe Anhang Abs. 8.

Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2008

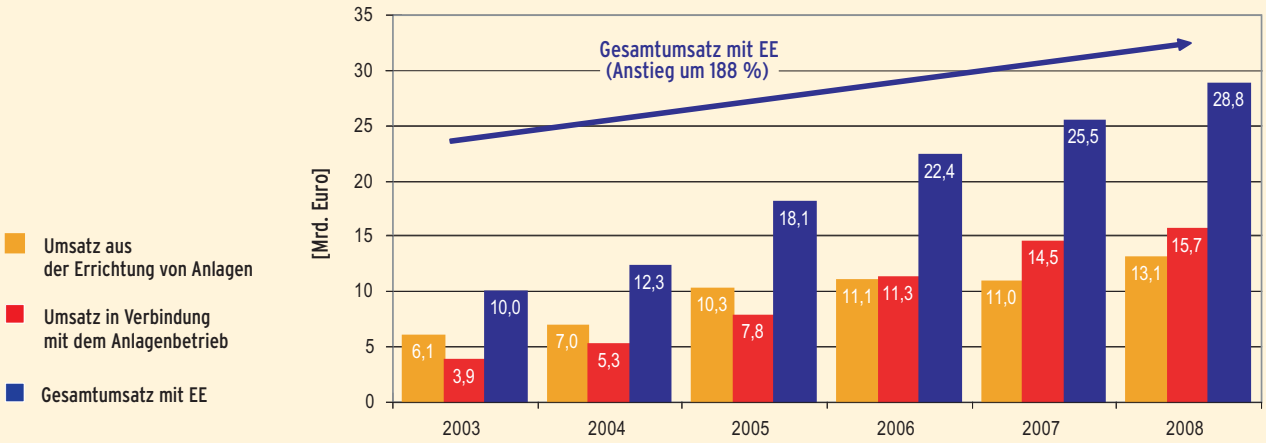


Investitionen und Betrieb

1) Photovoltaik und Solarthermie
2) Großanlagen und Wärmepumpen

Quelle: BMU nach ZSW [3]

Umsatzentwicklung mit erneuerbaren Energien in Deutschland von 2003 bis 2008



Quelle: BMU nach ZSW [3]

Erneuerbare Energien haben sich in den letzten Jahren zu einem bedeutenden Wirtschaftsfaktor entwickelt. Der Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien stieg von 2003 bis 2008 von rd. 10 Mrd. Euro auf rd. 28,8 Mrd. Euro an. Dies entspricht einer Steigerung um 188 %, bezogen auf das Jahr 2003. Die Höhe des Gesamtumsatzes 2008 liegt damit erstmalig über den Steuereinnahmen des Landes Baden-Württemberg für das Jahr 2008 (28 Mrd. €) [102].

BESCHÄFTIGTE IM BEREICH DER ERNEUERBAREN ENERGIEN IN DEUTSCHLAND

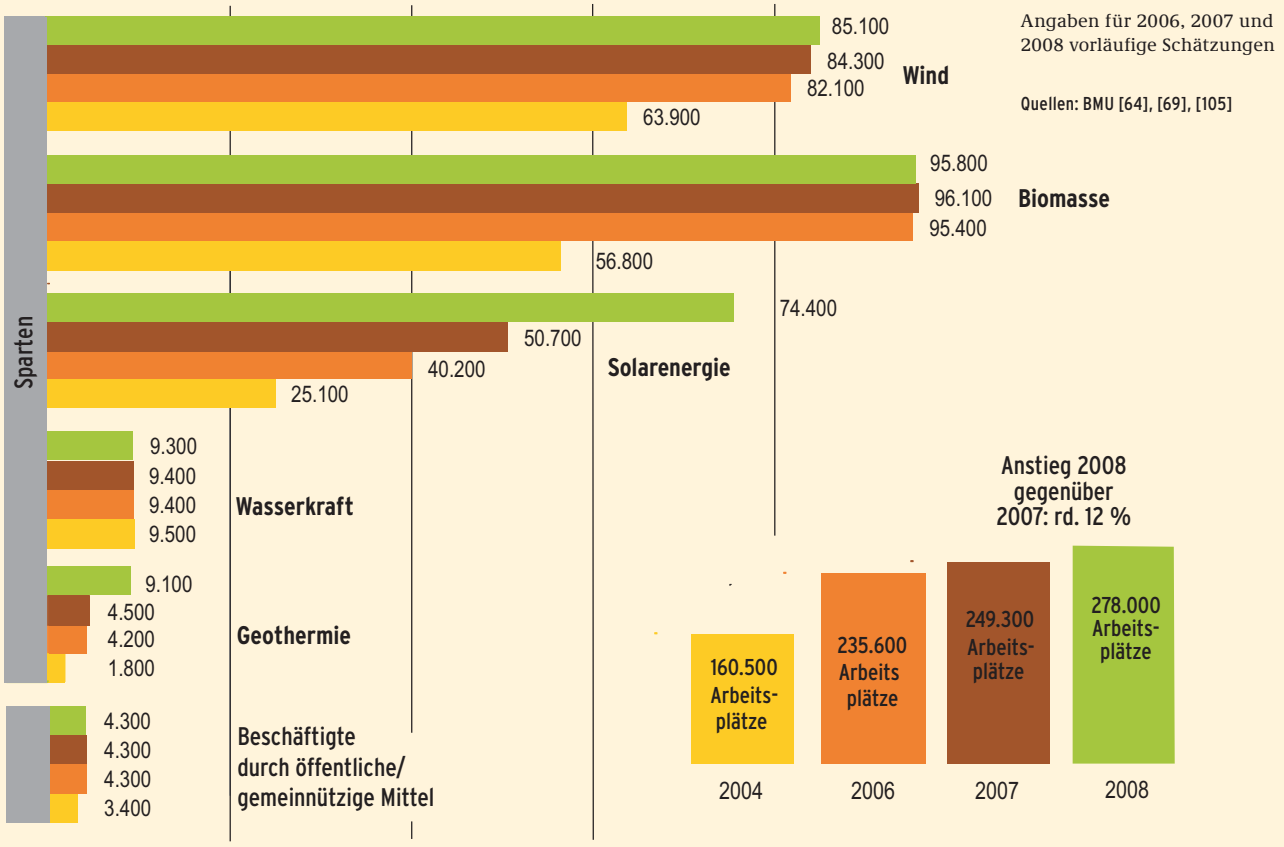
Die erneuerbaren Energien sind ein Jobmotor für Deutschland. Ihr anhaltender Ausbau hat auch im vergangenen Jahr zahlreiche Arbeitsplätze neu geschaffen bzw. gesichert.

Nach Zwischenergebnissen eines laufenden Forschungsvorhabens des BMU [105] können der Branche der erneuerbaren Energien im Jahr 2008 schätzungsweise bereits fast 280.000 Arbeitsplätze in Deutschland zugerechnet werden. Gegenüber 2004 (rund 160.000 Beschäftigte) ist das bereits ein Plus von etwa 75 %. Im Vergleich zum Vorjahr stieg die Beschäftigung um etwa 12 %.

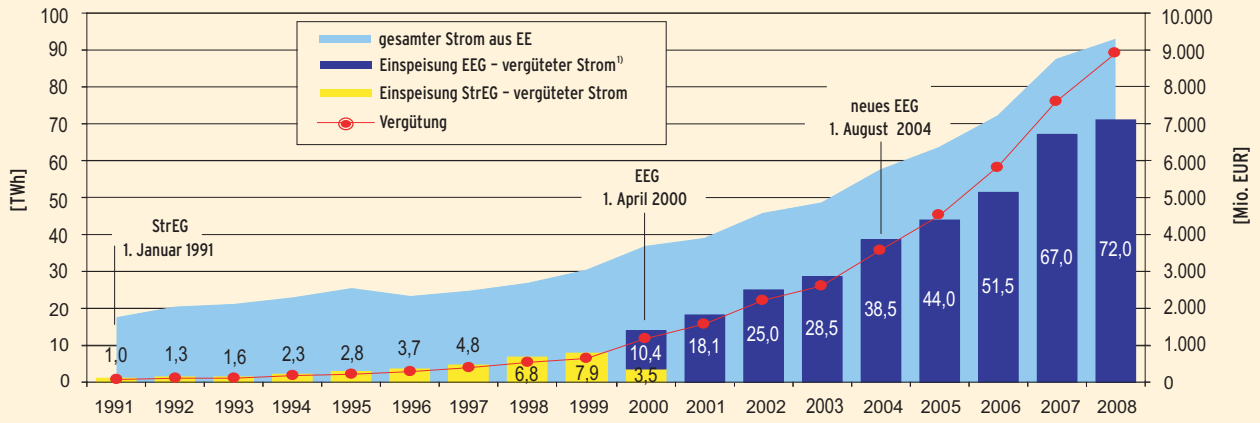
Zur Ermittlung der o. g. Zahlen wurden Daten zu Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen, deren Betrieb, die damit verbundenen Umsätze sowie entsprechende Vorleistungen wie die notwendige Biomassebereitstellung herangezogen. Für das Jahr 2008 konnten so knapp 280.000 Arbeitsplätze ermittelt werden, von denen etwa zwei Drittel auf die Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes zurückzuführen sind. Hinzukommt die Beschäftigung durch öffentliche und gemeinnützige Mittel zugunsten der Erneuerbaren, einschließlich der Beschäftigten im öffentlichen Dienst. Hier wurden die in einem weiteren Forschungsvorhaben des BMU [64] für das Jahr 2006 ermittelten Werte (4.300 Arbeitsplätze) fortgeschrieben.

Für die Folgejahre ist gemäß dieser Studie eine Fortsetzung des positiven Trends wahrscheinlich. Bis zum Jahr 2020 sind demnach etwa 400.000 Beschäftigte in der Branche der erneuerbaren Energien möglich [64], [69], [105]. Wesentliche Einflussfaktoren für die weitere Entwicklung sind die künftige Attraktivität des Produktionsstandortes Deutschland in Verbindung mit der Positionierung deutscher Unternehmen auf dem trotz der aktuellen Finanz- und Wirtschaftskrise voraussichtlich weiterhin stark wachsenden Weltmarkt für erneuerbare Energien. Hierzu läuft derzeit ein weiteres Forschungsvorhaben des BMU, das u. a. auch wieder detailliert auf mögliche negative Beschäftigungswirkungen des EE-Ausbaus eingehen wird. Diese sog. Nettobilanz der Erneuerbaren in Deutschland war bislang eindeutig positiv [64].

Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland



EINSPEISUNG UND VERGÜTUNG NACH DEM STROMEINSPEISUNGSGESETZ (STREG) UND DEM ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZ (EEG) SEIT 1991



Angaben 2008 vorläufig
1) private und öffentliche Einspeisung

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

Struktur der nach dem EEG vergüteten Strommengen seit 2000

		2000 1)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 7)
Letztverbrauch gesamt	[GWh]	**344.663**	**464.286**	**465.346**	**478.101**	**487.627**	**491.177**	**495.203**	**495.041**	**495.000**
Privilegierter Letztverbrauch 2)	[GWh]	-	-	-	5.847	36.865	63.474	70.161	72.050	75.900
vergütete EEG-Strommenge gesamt 3)	[GWh]	**10.391,0**	**18.145,4**	**24.969,9**	**28.417,1**	**38.511,2**	**43.966,6**	**51.545,2**	**67.010,0**	**71.978,0**
Wasserkraft, Gase 4)	[GWh]	4.114,0	6.088,3	6.579,3	5.907,7	4.616,1	4.952,6	4.923,9	5.546,8	5.300,0
Gase 4)	[GWh]					2.588,6	3.135,6	2.789,2	2.751,1	2.700,0
Biomasse	[GWh]	586,0	1.471,7	2.442,0	3.483,6	5.241,0	7.366,5	10.901,6	15.923,9	19.560,0
Geothermie	[GWh]	-	-	-	-	0,2	0,2	0,4	0,4	18,0
Windkraft	[GWh]	5.662,0	10.509,2	15.786,2	18.712,5	25.508,8	27.229,4	30.709,9	39.713,1	40.400,0
Solare Strahlungsenergie	[GWh]	29,0	76,2	162,4	313,3	556,5	1.282,3	2.220,3	3.074,7	4.000,0
EEG-Quote 5)	**[%]**	**3,01**	**3,91**	**5,37**	**6,02**	**8,48**	**10,0**	**12,01**	**15,68**	**17,00**
Durchschnittsvergütung	**[ct/kWh]**	**8,50**	**8,69**	**8,91**	**9,161**	**9,29**	**9,995**	**10,875**	**11,36**	**12,0**
Gesamtvergütung 6)	**[Mrd. EUR]**	**0,88**	**1,58**	**2,23**	**2,61**	**3,61**	**4,50**	**5,81**	**7,61**	**8,95**
Nicht vergütete EEG-Strommenge	[GWh]	26.288,0	20.927,6	20.790,1	20.236,9	19.017,8	19.602,6	20.694,9	20.594,1	20.801,0
Gesamte EEG-Strommenge	**[GWh]**	**36.679,0**	**39.073,0**	**45.760,0**	**48.654,0**	**57.529,0**	**63.569,2**	**72.240,1**	**87.604,1**	**92.779,0**

1) Rumpfjahr: 01.04. – 31.12.2000
2) durch die Besondere Ausgleichsregelung (§ 11 bzw. 16 EEG) seit Juli 2003 privilegierter Letztverbrauch
3) Nachkorrekturen des VDN (2002 bis 2006) sind, da die zusätzlichen Einspeisungen für Vorjahre nach Wirtschaftsprüfer-Bescheinigungen nicht Energieträgern zugeordnet werden können, hier nicht enthalten.
4) Deponie-, Klär- und Grubengas erstmals 2004 gesondert aufgeführt
5) Quote an nicht privilegiertem Letztverbrauch
6) Gesamtvergütung ohne vermiedene Netznutzungsentgelte. Die hier ausgewiesene Vergütung unterscheidet sich deutlich von den Differenzkosten (s. folgende Seiten), liegt aber auch etwas unter den insgesamt ausgezahlten Vergütungen.
7) vorläufig, Angaben gegenüber der BDEW-Mittelfristprognose 2000 bis 2014, Stand 22.04.2008 geändert

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

KOSTEN FÜR DIE STROMVERBRAUCHER

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

EEG-Umlage = EEG-Quote x (EEG-Durchschnittsvergütung - vermiedener Strombezugspreis)

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

Gestützt auf Forschungsvorhaben des BMU [73, 94] erscheint es plausibel, den (betriebswirtschaftlichen) Wert des durch die EEG-Einspeisung substituierten, nicht erneuerbar erzeugten Stroms für 2008 mit 5,7 Cent je kWh anzusetzen. Bei einer EEG-Strommenge 2008 von rund 72 TWh und einer Durchschnittsvergütung von 12 Cent je kWh entstanden so insgesamt Mehrkosten (Differenzkosten) von etwa 4,5 Mrd. Euro. Die Mehrkosten sind damit deutlich niedriger als die 2008 an die Betreiber von EEG-Stromerzeugungsanlagen gezahlten EEG-Vergütungen in Höhe von 9 Mrd. Euro.

Unter Berücksichtigung einer im EEG enthaltenen Sonderregelung für besonders stromintensive Unternehmen[2] ergibt sich hieraus bundesweit für alle nicht begünstigten Stromabnehmer – darunter fallen auch Privathaushalte – eine durchschnittliche EEG-Umlage von 1,1 Cent je kWh. Dies entspricht knapp 5 % der Kosten einer Kilowattstunde Haushaltsstrom im Jahr 2008 (durchschnittlich rd. 21,6 Cent/kWh). Abhängig von Marktsituation und Verhalten der Stromversorger kann die tatsächlich in Rechnung gestellte EEG-Umlage hiervon allerdings abweichen. Einen Musterhaushalt mit 3.500 kWh Stromverbrauch im Jahr kostete das EEG 2008 demnach etwa 3,10 Euro pro Monat. Trotz der weiter steigenden Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien wird sich der EEG-Kostenanteil am Haushaltsstrompreis auch in den nächsten Jahren nur unterproportional erhöhen.

Verbunden mit dem deutlichen Anstieg des EEG-Stroms ist nach aktuellen Abschätzungen für das lfd. Jahr 2009 kein Anstieg der EEG Differenzkosten zu erwarten und – hieraus resultierend – auch keine Erhöhung der EEG-Umlage. Verlässlichere Angaben hierzu liegen erst Anfang 2010 vor.

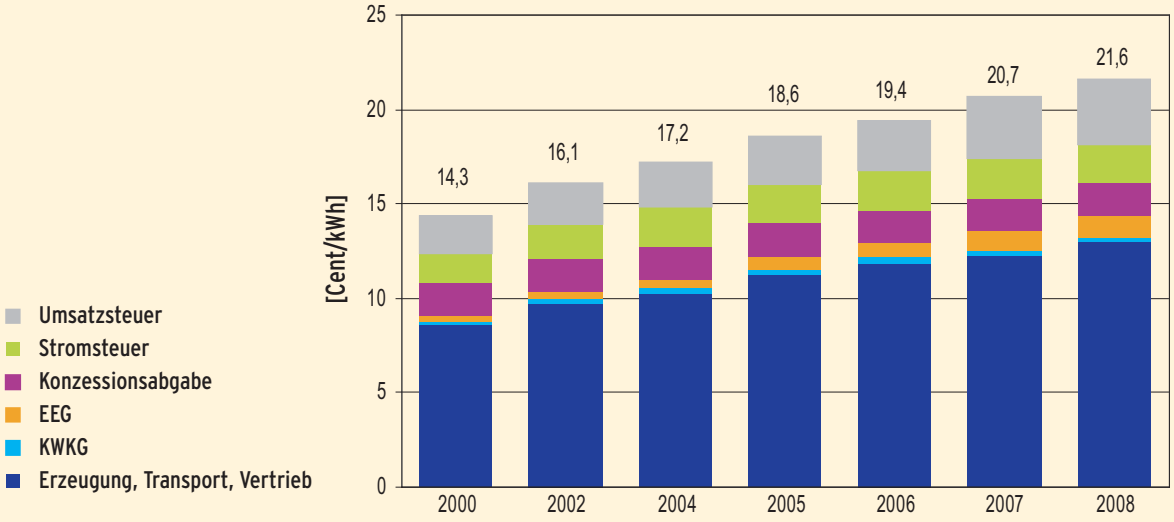
Entwicklung der EEG-Differenzkosten und der spezifischen EEG-Umlage

Jahr	EEG-Kosten [Mrd. Euro]	EEG-Umlage [Cent/kWh]
2000	1,0	0,2
2001	1,2	0,3
2002	1,8	0,4
2003	1,9	0,4
2004	2,5	0,6
2005	2,8	0,6
2006	3,3	0,8
2007	4,3	1,0
2008	4,5	1,1

In Preisen von 2008

1) Bei einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung ergibt sich ein anderes Bild, siehe hierzu S. 36.
2) Diese ermöglicht im Jahr 2009 etwa 500 besonders stromintensiven Unternehmen des produzierenden Gewerbes sowie Schienenbahnen einen deutlich verminderten EEG-Strombezug, orientiert an einer EEG-Umlage (Differenzkosten) von lediglich 0,05 ct/kWh. Hierdurch erhöhen sich die EEG-Kosten aller restlichen Stromkunden rechnerisch in einer Größenordnung von knapp 20 %.

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



	2000	2002	2004	2005	2006	2007	2008
Umsatzsteuer	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	3,3	3,4
Stromsteuer	1,5	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Konzessionsabgabe	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
EEG	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,1
KWKG	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Erzeugung, Transport, Vertrieb	8,6	9,7	10,2	11,2	11,8	12,2	13,0
Gesamt	**14,3**	**16,1**	**17,2**	**18,6**	**19,4**	**20,7**	**21,6**

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

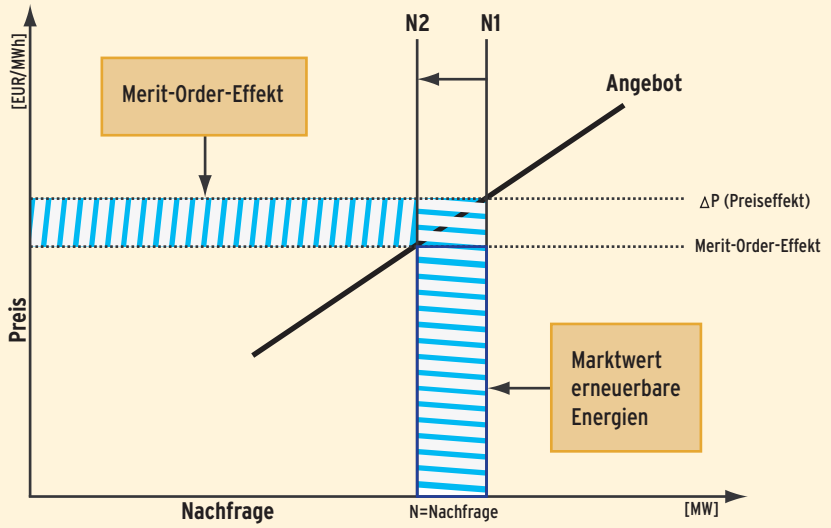
Quelle: BMU [43]

AUSWIRKUNGEN DER ERNEUERBAREN ENERGIEN AUF DIE STROMPREISE

Bei einer ökonomischen Bewertung der Förderung erneuerbarer Energien durch das EEG sind neben dem Marktwert des EEG-Stroms auch die Auswirkungen der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien auf die Großhandelspreise auf dem Strommarkt zu berücksichtigen. Die vorrangige Einspeisung erneuerbarer Energien hat kurzfristig eine senkende Wirkung auf die Strompreise auf dem Großhandelsmarkt. In einer wissenschaftlichen Studie im Auftrag des BMU [86] wurde die Auswirkung der EEG-Stromerzeugung auf die Großhandelspreise bis zum Jahr 2006 analysiert. Derzeit erfolgt eine Überprüfung und Aktualisierung dieser Berechnung.

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

Schematische Darstellung des Merit-Order-Effektes



Anmerkung: Das Modell wird gegen die Marktpreise des jeweiligen Jahres kalibriert, was dazu führt, dass Ergebnisse für verschiedene Jahre nur bedingt vergleichbar sind. Bei den unten dargestellten Zeitreihen ist zu beachten, dass im Jahr 2006 die Einpreisung des CO_2-Preises für Braunkohlekraftwerke etwas abgesenkt wurde, während gleichzeitig die Brennstoffpreise einer höheren zeitlichen Auflösung folgten.

Quelle: BMU [86]

Nach wissenschaftlichen Untersuchungen für das BMU, die auf Basis eines detaillierten Strommarktmodells (PowerACE) erstellt und im Rahmen eines Fachgesprächs grundsätzlich bestätigt wurden, senkte der Merit-Order-Effekt in den letzten drei Jahren die Kosten der Strombeschaffung über den Spotmarkt um 2,5 bis 7,8 Euro/MWh (siehe untenstehende Tabelle) [42], [80], [86]. Dieser Merit-Order-Effekt entlastet somit die Einkaufsrechnung der Stromlieferanten, so dass er tendenziell eine strompreissenkende Wirkung ausübt.

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

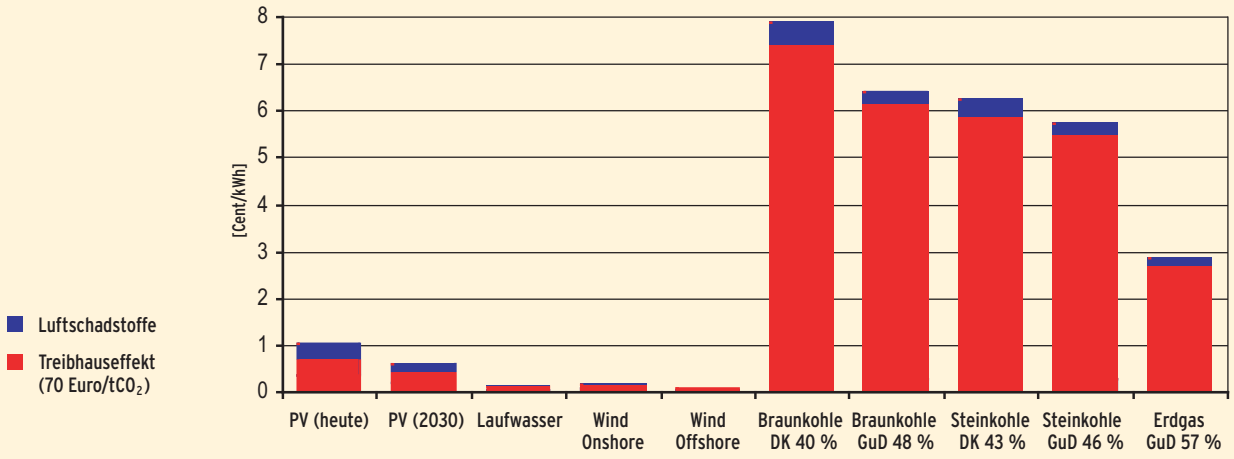
Quelle: Sensfuß [89]

GESAMTWIRTSCHAFTLICHE EXTERNE KOSTEN

Für eine umfassende ökonomische Bewertung der erneuerbaren Energien sind die auf den Vorseiten abgeleiteten Angaben zu den Kosten des EEG allerdings nicht ausreichend, denn als betriebswirtschaftliche Größen spiegeln sie nicht die Tatsache wider, dass die Stromerzeugung aus nicht erneuerbarer Energie trotz aller umweltpolitisch bedingten Fortschritte der letzten Jahrzehnte immer noch deutlich höhere Umweltschäden und damit Kosten verursacht als Strom aus erneuerbaren Energien. Diese so genannten externen Kosten gehen noch nicht verursachergerecht in die Strompreise ein.
Nach einer wissenschaftlichen Studie für das BMU [39] spielen dabei die Treibhausgasemissionen eine zentrale Rolle: Für die hierdurch verursachten Klimaschäden können als derzeit „bester Schätzwert" Schadenskosten von 70 EUR/t CO_2 angesetzt werden. Ein Teil davon wird bereits über den Emissionshandel im Strompreis berücksichtigt. Gewichtig sind daneben auch die durch Luftschadstoffe verursachten Gesundheits- und Materialschäden sowie in geringerem Umfang landwirtschaftliche Ertragsverluste. Für die Stromerzeugung aus Stein- und Braunkohle ergeben sich so – selbst unter Berücksichtigung moderner Technik – externe Kosten in einer Größenordnung von 6 bis 8 Cent/kWh. Für moderne, gasgefeuerte GuD-Kraftwerke liegen sie immer noch bei etwa 3 Cent/kWh[1]. Demgegenüber verursacht die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nur vergleichsweise geringe externe Kosten (i. d. R. unter 0,5 Cent/kWh; nur Photovoltaik derzeit noch etwa 1 Cent/kWh). Der Bau und die Entsorgung der Anlagen ist bei diesen Berechnungen einbezogen.[1]

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

Externe Kosten der Stromerzeugung für verschiedene Stromerzeugungsoptionen in Deutschland



PV Photovoltaik
DK Dampfkraftwerk
GuD Gas- und Dampfkraftwerk

Quelle: BMU [39]

Unter der wissenschaftlich belegten Annahme, dass der aus erneuerbaren Energien erzeugte Strom derzeit vollständig fossil erzeugten Strom verdrängt, können die 2008 durch erneuerbare Energien im Strombereich vermiedenen externen Kosten (Internalisierung durch Emissionshandel berücksichtigt) auf mindestens 3,9 Mrd. Euro (vergüteter und nicht vergüteter EEG-Strom) bzw. 2,9 Mrd. Euro (nur vergüteter EEG-Strom) geschätzt werden [48]. Diese liegen damit in vergleichbarer Größenordnung wie die EEG-Differenzkosten im gleichen Zeitraum (4,5 Mrd. Euro, s. Seite 33 „Kosten für die Stromverbraucher"). Hinzukommen zahlreiche weitere Vorteile der erneuerbaren Energien in strategischer und wirtschaftspolitischer Hinsicht.

KOSTEN UND NUTZENWIRKUNGEN DES EEG IM ÜBERBLICK

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

Kosten des EEG

Strom aus erneuerbaren Energien ist derzeit aus betriebswirtschaftlicher Sicht noch teurer als Strom aus nicht erneuerbaren Energiequellen. Wegen der im EEG festgeschriebenen Abnahmepflicht entstehen auf Seiten der Stromversorger somit höhere Beschaffungskosten. Sie betrugen 2008 etwa 4,5 Mrd. Euro (vgl. Seite 33).

Für den durch erneuerbare Energien verursachten zusätzlichen Bedarf an Regel- und Ausgleichsenergie sowie Transaktionskosten der Übertragungsnetzbetreiber wurden für 2007 von der Bundesnetzagentur rund 0,6 Mrd. Euro genehmigt [72].[1)]

Nutzen

Zu den Nutzenwirkungen des EEG zählt zunächst sein positiver Einfluss auf Innovation, Umsatz und Wertschöpfung in Deutschland, verbunden mit der Schaffung neuer Arbeitsplätze. 2008 waren etwa zwei Drittel der insgesamt fast 280.000 Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien auf das EEG zurückzuführen (siehe S. 31).

Im gleichen Kontext sind auch die EEG-bedingten Einsparungen beim Import von Steinkohle und Erdgas zu sehen. Diese beliefen sich 2008 unter Anrechnung der Netto-Biokraftstoff-Importe auf etwa 2,7 Mrd. Euro (Seite 28).

Durch die Vermeidung externer Schadenskosten ist dem EEG im Jahr 2008 außerdem ein gesamtwirtschaftlich relevanter Nutzen von insgesamt 2,9 Mrd. Euro (EEG vergüteter Strom) zuzurechnen (Seite 36).

Auf Seite 35 wurde schließlich näher erläutert, dass durch das zusätzliche Stromangebot aus erneuerbaren Energien die Kosten der Strombeschaffung über den Spotmarkt im Jahr 2006 um rund 7,8 Euro/MWh geringer ausfielen. Bezogen auf den gesamten Handel am Spotmarkt sind das rund 700 Mio. Euro. Rechnet man den Effekt auf den gesamten Strombedarf hoch, entspräche dies einem Wert von rund 5 Mrd. Euro. Aus dem Merit-Order-Effekt der erneuerbaren Energien resultiert somit eine strompreisdämpfende Wirkung, die sich auch auf die Endkundenpreise auswirken kann. Berechnungen für die Folgejahre sollen in Kürze vorliegen.

Fazit

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

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

FÖRDERUNG ERNEUERBARER ENERGIEN

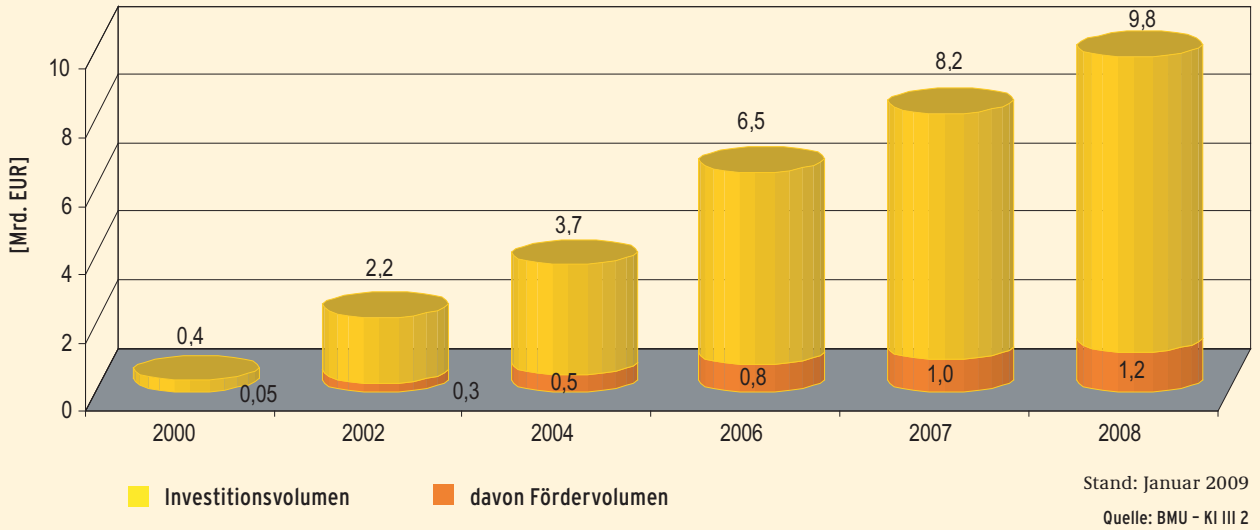
Die Bundesregierung fördert erneuerbare Energien durch Forschung und Entwicklung sowie verschiedene Maßnahmen zur Marktentwicklung.
Zentrale Bedeutung kommt im Strommarkt dem Erneuerbare-Energien-Gesetz zu, während Biokraftstoffe durch die Beimischungspflicht im Rahmen des Biokraftstoffquotengesetzes und die Mineralölsteuerbegünstigung in bestimmten Anwendungsbereichen profitieren.
Das Marktanreizprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien ist ein zentrales Instrument der Bundesregierung für die Förderung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt.
Für den Gebäudebereich hält die KfW-Förderbank weitere attraktive Finanzierungsprogramme bereit. Dazu zählen auch der Einsatz erneuerbarer Energien und die Umstellung von Heizungsanlagen. Weiterhin werden Investitionskredite für Photovoltaikanlagen („KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil Standard“), für den Neubau von Energiesparhäusern („Energieeffizient Bauen“) und für Maßnahmen zur Modernisierung des Wohnraumes („Wohnraum Modernisieren“) vergeben (nähere Informationen unter: www.kfw-foerderbank.de).
Wer darüber hinaus eine umfassende Energieberatung für ältere Wohngebäude in Anspruch nehmen möchte, erhält einen Zuschuss zu den Beratungskosten (Programm „Vor-Ort-Beratung“ www.bafa.de).
Die Förderung auf Bundesebene wird durch zahlreiche Maßnahmen in verschiedenen Bundesländern und Kommunen ergänzt. Eine Übersicht dazu bietet die bundesweite Kampagne „Klima sucht Schutz“ unter www.klimasuchtschutz.de, wo auch Informationen zum Thema Energiesparen im Haushalt zu finden sind.
Das Bundesumweltministerium hat in Kooperation mit dem BINE Informationsdienst (www.bine.info) eine ausführliche Broschüre über alle Fördermöglichkeiten auf der Ebene der EU, des Bundes, der Länder, der Kommunen und der Energieversorgungsunternehmen herausgegeben (www.bmu.de/klimaschutz/).
Eine umfassende Förderdatenbank (http://db.bmwi.de) bietet zudem das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie an.

Das Marktanreizprogramm

Das Marktanreizprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (kurz MAP) stellt die Säule „Fördern“ des zum Jahresbeginn 2009 in Kraft getretenen Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) dar. Mit der weiteren Säule „Fördern“ des EEWärmeG sind Eigentümer von Gebäuden, die neu errichtet werden, verpflichtet, den Wärmeenergiebedarf für Heizung (einschließlich Warmwasserbereitung) und Kühlung anteilig durch erneuerbare Energien zu decken (Stichwort „Nutzungspflicht“).
Nach § 13 des EEWärmeG wird in den Jahren 2009 bis 2012 die Nutzung erneuerbarer Energien für die Erzeugung von Wärme im Rahmen des MAP mit bis zu 500 Mio. Euro pro Jahr gefördert. Damit soll der Ausbau der erneuerbaren Energien im Wärmemarkt nochmals stark beschleunigt werden.
Das MAP unterstützt vorwiegend Investitionen zwecks Errichtung von Anlagen zur Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energien.
Es bestehen zwei Förderteile: Investitionskostenzuschüsse über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) für kleinere Anlagen, zumeist privater Investoren, sowie zinsverbilligte Darlehen mit Tilgungszuschüssen im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien (Programmteil Premium) für größere Anlagen, zumeist gewerblicher Investoren.
Einzelheiten der Förderung sind in den Förderrichtlinien geregelt. Die neuen Förderrichtlinien vom 20. Februar 2009 sind seit dem 1. März 2009 in Kraft. Diese neuen Richtlinien setzen im Wesentlichen die Maßgaben aus dem am 1. Januar 2009 in Kraft getretenen Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) um.
Für die nach dem EEWärmeG zur Nutzung erneuerbarer Energien verpflichteten Eigentümer von Neubauten wurden die Basisfördersätze der Förderung mit Investitionskostenzuschüssen in der Regel pauschal um 25 % abgesenkt. Dies berücksichtigt das Eigeninteresse des Eigentümers eines Neubaus an der Erfüllung seiner Nutzungspflicht, aber auch die Tatsache, dass die Nutzung erneuerbarer Energien in Neubauten wesentlich weniger aufwändig ist.
Für den Förderteil KfW-Programm Erneuerbare Energien (Programmteil Premium) wurden keine Änderungen der Fördersätze für Anlagen in Neubauten vorgenommen.

Seit Programmbeginn bis Februar 2009 wurden über 780.000 Solarkollektoranlagen und über 170.000 kleine Biomassekessel mit einem Investitionskostenzuschuss aus diesem Programm gefördert. Die hierdurch angeschobenen Investitionen betragen 6,2 Mrd. Euro für Solarkollektoren und 2,7 Mrd. Euro für kleine Biomasseanlagen.
Für 24.000 effiziente Wärmepumpen wurde seit Anfang 2008 bis Februar 2009 ein Investitionskostenzuschuss vergeben, das ausgelöste Investitionsvolumen beträgt 409 Mio. Euro.

Fördermittel und ausgelöstes Investitionsvolumen (kumuliert) im Marktanreizprogramm seit dem Jahr 2000



Stand: Januar 2009

Quelle: BMU – KI III 2

Im Rahmen des Marktanreizprogramms hat die KfW-Förderbank (KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil Premium) zum Beispiel für größere Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse, Anlagen zur Nutzung der Tiefengeothermie, Biogasanlagen, Nahwärmenetzen und innovativer Technologien (große Wärmespeicher, Rohbiogasleitungen, Anlagen zur Aufbereitung und Einspeisung von Biogas) im Zeitraum von 2000 bis Januar 2009 über 3.900 Darlehen in einer Höhe von ca. 970 Mio. zugesagt. Insgesamt wurden im MAP seit Programmbeginn bis Ende 2008 ca. 950.000 Vorhaben mit einem Fördervolumen von ca. 1,2 Mrd. Euro unterstützt. Das damit ausgelöste Investitionsvolumen beträgt rund 10 Mrd. Euro.

Seit dem Jahr 2008 wird das Programm mit einer neuen Ausrichtung fortgeführt. Mit einer ergänzend zur Basisförderung möglichen Bonusförderung bzw. der Innovationsförderung werden zusätzliche Anreize für besonders effiziente oder innovative Anwendungen gesetzt.

Im Wohngebäudebereich liegt der Schwerpunkt insbesondere auf der Zuschuss-Förderung von Solarkollektoranlagen zur Warmwasserbereitung, kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung, Biomasseheizungen sowie effizienten Wärmepumpen.

Die Förderung von gewerblichen Investitionen im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien (Programmteil „Premium“) soll weiter verstärkt werden. Neben den Anlagen zur Nutzung fester Biomasse im Leistungsbereich ab 100 kW sowie großen Solarkollektoranlagen und Nahwärmenetzen werden zukünftig auch besonders innovative Technologien über eine Innovationsförderung gefördert. Neu eingeführt wurde im Jahr 2008 die Förderung von großen Wärmespeichern, Anlagen zur Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität und Biogasleitungen. Tiefengeothermieanlagen können zukünftig mit bis zu vier Förderbausteinen gefördert werden. Damit sollen die spezifischen Investitionsrisiken und die hohen Anfangsinvestitionskosten bei Tiefengeothermieanlagen reduziert werden.

BAFA	KfW
Zuschüsse	zinsvergünstigte Darlehen sowie Teilschulderlasse
Biomasseanlagen bis 100 kW	Biomasseanlagen ab 100 kW (auch KWK)
Solarthermische Anlagen	Solarthermische Anlagen ab 40 m²
Effiziente Wärmepumpen	Nahwärmenetze
Zusätzlich Bonus- und Innovationsförderung	Geothermische Anlagen
	Wärmespeicher
	Rohbiogasleitungen sowie Anlagen zur Aufbereitung und Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz

Bei Fragen zur Förderung kann die Klima-Hotline des Bundesumweltministeriums (Tel. 0180 200 4 200, 6 ct. je Anruf aus dem deutschen Festnetz) angerufen werden. Auskünfte über Zuschüsse im Rahmen des 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 im Rahmen des Marktanreizprogramms beantwortet das Informationszentrum der KfW-Förderbank Tel. 01801 335577, (www.kfw-foerderbank.de).

BIOKRAFTSTOFFE

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

Auf Grundlage des im Oktober 2006 vom Bundestag verabschiedeten Biokraftstoffquotengesetzes werden seit 2007 reine Biokraftstoffe außerhalb der Quote degressiv steuerlich begünstigt, während Beimischungen zu fossilen Kraftstoffen über die Biokraftstoffquote gefördert werden. Die Förderung soll künftig davon abhängig gemacht werden, ob die Erzeugung der eingesetzten Biomasse nachweislich bestimmte Anforderungen an eine nachhaltige Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen und bestimmte Anforderungen zum Schutz natürlicher Lebensräume erfüllt. Konkret bedeutet dies auch, dass Biokraftstoffe nur dann auf die Quote angerechnet werden sollen, wenn über den gesamten Lebenszyklus im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen eine Minderung der Treibhausgase nachgewiesen wird. Der Anteil der Biokraftstoffe am gesamten Kraftstoffverbrauch in Deutschland lag Ende 2008 bereits bei 5,9 % energetisch, d.h. oberhalb des EU-Ziels für 2010 in Höhe von 5,75 %.

Der Rat und das Europäische Parlament haben im April 2009 die Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen endgültig verabschiedet (siehe auch Seite 48). Damit wird für jeden EU-Mitgliedstaat ein verbindlicher Mindestanteil von erneuerbaren Energien im Verkehrssektor in Höhe von 10 % für das Jahr 2020 sowie die Einführung von Nachhaltigkeitsstandards festgeschrieben.

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

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

Übersicht über Biokraftstoffe

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

1) nur Biokraftstoffe der ersten Generation
2) im Allgemeinen Raps
3) Bioethanol kann dem Benzin direkt beigemischt werden oder aber zu ETBE (Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether) weiterverarbeitet werden.

Quelle: ZSW [3]

ERFORSCHUNG UND ENTWICKLUNG VON TECHNOLOGIEN ZUR NUTZUNG DER ERNEUERBAREN ENERGIEN

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

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

Ziele und Schwerpunkte der Forschungsförderung

Übergeordnete Ziele der Forschungsförderung sind:

- Den Ausbau erneuerbarer Energien weiter vorantreiben.
- Die internationale Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen und Forschungseinrichtungen ausbauen.
- Zukunftsfähige Arbeitsplätze schaffen und ausbauen.

Um diese Ziele zu erreichen, setzt das BMU folgende Schwerpunkte:

- Die Kosten für die Herstellung und Nutzung erneuerbarer Energien kontinuierlich senken.
- Die Energiesysteme insgesamt optimieren, z. B. durch Verbesserung der Integration erneuerbarer Energien und systemorientierte Lösungsansätze.
- Die Weiterentwicklung und den Ausbau erneuerbarer Energien umwelt- und naturverträglich gestalten, z. B. durch Ressourcen sparende Produktionsweisen.
- Der rasche Technologietransfer von der Forschung in den Markt.
- Querschnittsforschung (ökon. Fragen, Arbeitsplätze, Systemstudien etc.) [68].

Im Jahr 2008 hat das BMU in den Bereichen Photovoltaik, Geothermie, Wind, Niedertemperatur-Solarthermie, solarthermische Kraftwerke, Meeresenergie, internationale Zusammenarbeit sowie Gesamtstrategie und übergeordnete Fragen insgesamt 168 neue Vorhaben mit einem Gesamtvolumen von über 150 Mio. Euro bewilligt. Damit wurde das Neubewilligungsvolumen des Vorjahres (2007: rund 100 Mio. Euro) deutlich übertroffen.

Der größte Teil der neu bewilligten Mittel floss 2008 in die Photovoltaik und die Windenergie. Bei der Photovoltaik sind Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten besonders dringlich, weil an dieser Stelle die Vergütungssätze des EEG die höchste Degression aufweisen und entsprechende Kostensenkungen erreicht werden müssen. Zudem besteht hier nach wie vor ein großes Innovationspotenzial. Schließlich geht es darum, die international führende Position der deutschen Photovoltaik-Forschung zu sichern und die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Unternehmen in einem weltweit rasant wachsenden Markt zu verbessern. Bei der Windenergieforschung liegen die größten Herausforderungen im Offshore-Bereich. Das BMU fördert im Rahmen der Forschungsinitiative RAVE umfangreiche Forschungsprojekte im Zusammenhang mit dem ersten deutschen Offshore-Testfeld „alpha ventus“.

Auch in den anderen Bereichen wird die Forschungsförderung auf hohem Niveau fortgesetzt. Um die ambitionierten Ausbauziele der Bundesregierung zu erreichen, werden alle erneuerbaren Energien gebraucht. Die Energiegewinnung aus Geothermie in Deutschland ist 2007 und 2008 mit der Strom- und Wärmeerzeugung in den Geothermiekraftwerken in Landau (Pfalz) und Unterhaching (Bayern) einen großen Schritt vorangekommen. 2008 wurde zudem ein geologischer Online-Atlas fertig gestellt. Damit können die Risiken bei geothermischen Bohrungen in Zukunft deutlich gesenkt werden.

Mit dem zunehmenden Ausbau erneuerbarer Energien und aufgrund der Altersstruktur der Netze und des Kraftwerksparks bekommt die Optimierung der Energieversorgungssysteme zunehmende Bedeutung. Das BMU hat dem 2008 mit der Einrichtung eines neuen Förderschwerpunktes Rechnung getragen. Ziel ist es, innovative Energiesysteme mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien zu schaffen. In diesem Zusammenhang spielt auch Elektromobilität eine Rolle.

Das BMU legt großen Wert auf eine transparente Darstellung seiner Forschungsförderung. Ausführliche Informationen enthalten der Jahresbericht 2008, der kostenlose Newsletter sowie die regelmäßig aktualisierte Übersicht über die laufenden Forschungsprojekte.
Link: www.erneuerbare-energien.de/inhalt/4595/

Neu bewilligte und laufende Projekte des BMU

	Neu bewilligte Projekte								
	2006			2007			2008		
	[Anzahl]	[1.000 EUR]	[Anteil in %]	[Anzahl]	[1.000 EUR]	[Anteil in %]	[Anzahl]	[1.000 EUR]	[Anteil in %]
Photovoltaik	39	43.367	43,9	49	41.653	40,8	38	39.735	26,3
Wind	29	16.083	16,3	52	34.713	34,0	32	40.097	26,6
Geothermie	11	23.718	24,0	17	8.051	7,9	18	16.381	10,9
Niedertemperatur-Solarthermie	13	5.058	5,1	20	7.505	7,3	20	10.129	6,7
Solarthermische Kraftwerke	16	6.875	7,0	18	5.851	5,7	15	8.217	5,4
Systemintegration	-	-	-	-	-	-	26	28.184	18,7
Sonstiges	10	3.716	3,8	21	4.391	4,3	20	8.070	5,4
gesamt	**118**	**98.818**	**100,0**	**177**	**102.164**	**100,0**	**169**	**150.813**	**100,0**

	Laufende Projekte 2008		Abgeschlossene Projekte 2008	
	[Anzahl]	[1.000 EUR]	[Anzahl]	[1.000 EUR]
Photovoltaik	133	150.530	27	28.563
Wind	125 [1)]	102.414	37 [1)]	22.230
Geothermie	48	46.327	16	12.454
Niedertemperatur-Solarthermie	60	29.294	14	5.481
Solarthermische Kraftwerke	41	24.786	11	5.085
Systemintegration	26	28.184		
Sonstiges	51	28.811	11	4.811
gesamt	**484**	**410.346**	**116**	**78.624**

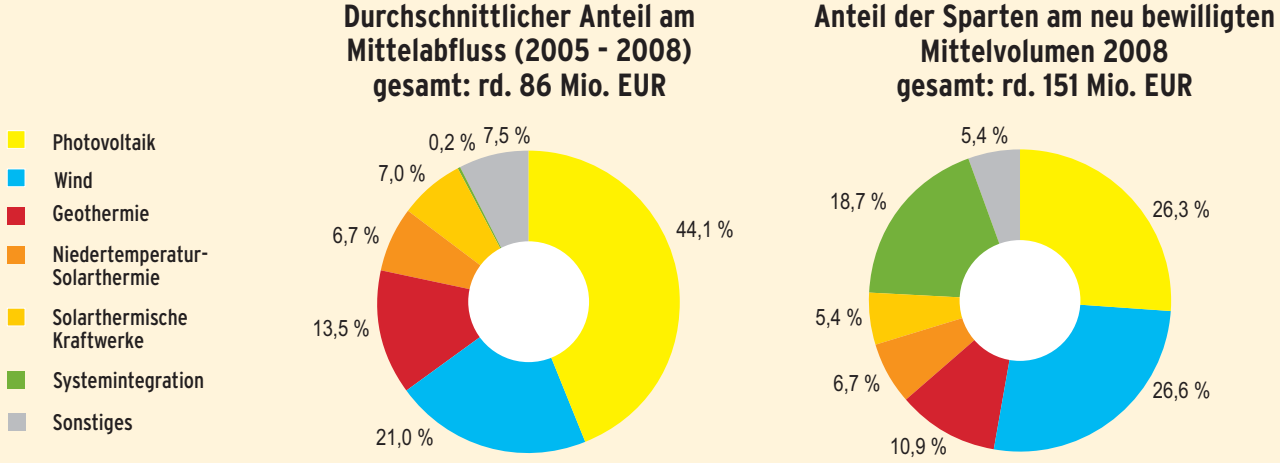
1) davon 10 Einzelvorhaben im Rahmen des 250 MW-Wind-Programms

Quellen: BMU [81], [106]

Mittelabfluss der Forschungsförderung des BMU

Mittelabfluss (1.000 EUR)						
	2005	2006	2007	2008	Durchschnitt 2005 - 2008	Durchschnittl. Anteil in %
Photovoltaik	41.961	37.609	32.108	39.939	37.904	44,1
Wind	16.885	9.765	15.741	29.908	18.075	21,0
Geothermie	10.667	13.985	14.443	7.415	11.628	13,5
Niedertemperatur-Solarthermie	4.920	6.612	5.676	5.736	5.736	6,7
Solarthermische Kraftwerke	5.154	5.906	5.935	7.078	6.018	7,0
Systemintegration	-	-	-	822	206	0,2
Sonstiges	6.229	6.490	6.437	6.460	6.404	7,5
gesamt	**85.816**	**80.367**	**80.340**	**97.358**	**85.970**	**100,0**

Quelle: BMU [106]



Quelle: BMU [106]

LANGFRISTIG REALISIERBARES, NACHHALTIGES NUTZUNGSPOTENZIAL ERNEUERBARER ENERGIEN FÜR DIE STROM-, WÄRME- UND KRAFTSTOFFERZEUGUNG IN DEUTSCHLAND

	Nutzung 2008	Potenziale Ertrag	Potenziale Leistung	Kommentare
Stromerzeugung	[TWh]	[TWh/a]	[MW]	
Wasserkraft [1]	21,3	25	5.200	Laufwasser und natürlicher Zufluss zu Speichern
Windenergie				
an Land	40,4	100	45.000	
Offshore	-	135	35.000	
Biomasse [2]	27,1	50	10.000	Erzeugung teilweise in Kraft-Wärme-Kopplung
Photovoltaik	4,0	105	115.000 [3]	nur geeignete Dach-, Fassaden- und Siedlungsflächen
Geothermie	0,02	150	25.000	Bandbreite 66 - 290 TWh je nach Anforderungen an eine Wärmenutzung (Kraft-Wärme-Kopplung)
Summe	**92,8**	**565**		
Anteil bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2008	**15,1 %**	**91,9 %**		
Wärmerzeugung	[TWh]	[TWh/a]		
Biomasse	97,1	150		einschließlich Nutzwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung
Geothermie	2,5	330		nur Energiebereitstellung aus hydrothermalen Quellen
Solarthermie	4,1	300		nur geeignete Dach- und Siedlungsflächen
Summe	**103,8**	**780**		
Anteil bezogen auf Endenergieverbrauch für Wärme 2008 [4]	**7,4 %**	**55,6 %**		
Kraftstoffe	[TWh]	[TWh/a]		
Biomasse	36,7	155		
Summe	**36,7**	**155**		
Anteil bezogen auf den Kraftstoffverbrauch 2008	**5,9 %**	**25,0 %**		
Anteil bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch 2008	**9,5 %**	**61,2 %**		Der prozentuale EE-Anteil steigt auf rd. 60 %, wenn der Endenergieverbrauch gegenüber 2008 gesenkt wird (Verbesserung der Energieeffizienz)

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

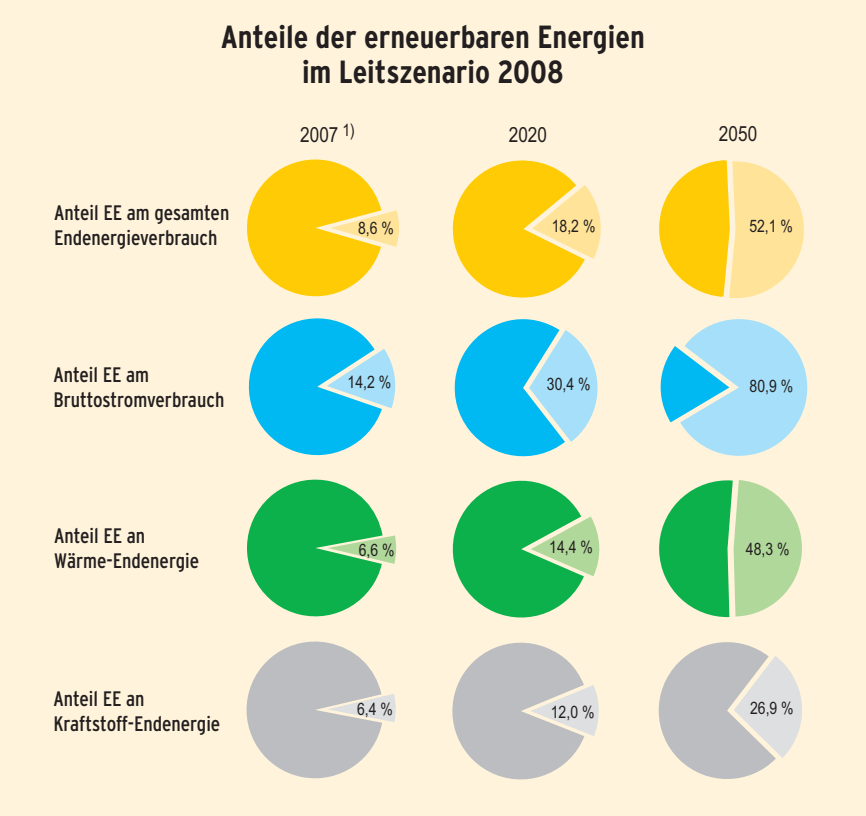
1) ohne Meeresenergie
2) einschließlich biogenem Abfall
3) Leistungsangabe bezogen auf die Modulleistung (MWp), die korrespondierende Wechselstromleistung beträgt 106.000 MW
4) Raumwärme, Warmwasser- und sonstige Prozesswärme

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

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

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

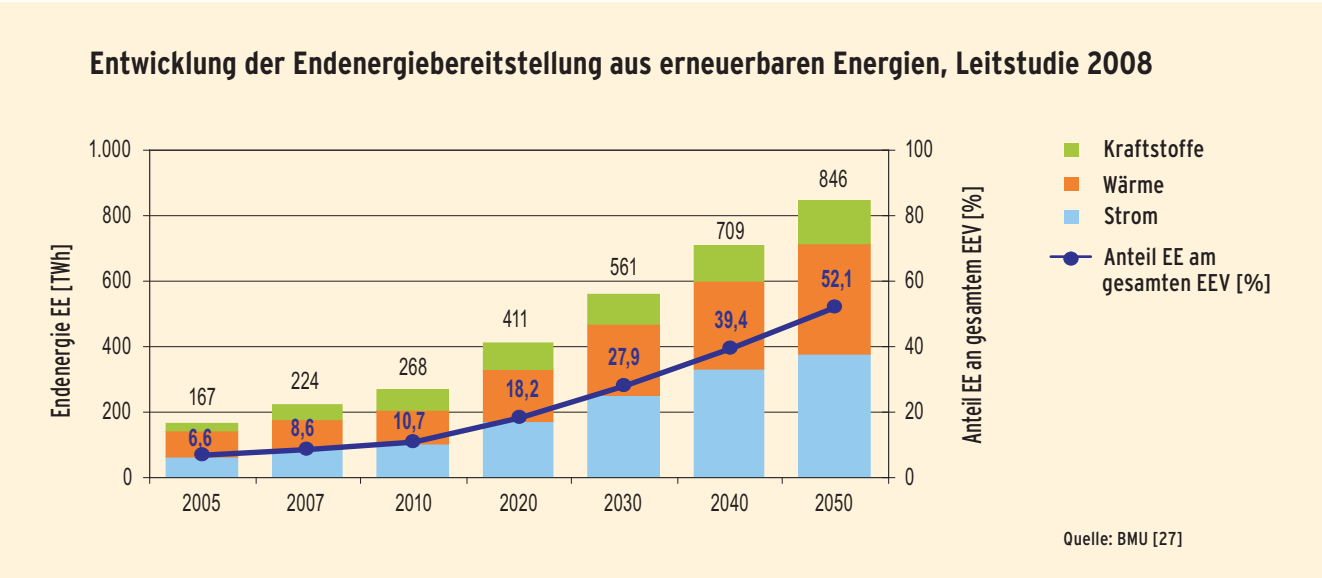
SZENARIO EINES VERSTÄRKTEN AUSBAUS ERNEUERBARER ENERGIEN IN DEUTSCHLAND



In der im Oktober 2008 veröffentlichten „Leitstudie 2008“ [27][1)] des BMU wird in einem Leitszenario 2008 sowie fünf weiteren Szenarien eine wahrscheinliche Bandbreite der zukünftigen Entwicklung der erneuerbaren Energien und der korrespondierenden Energieversorgung bis zum Jahr 2050 beschrieben. Durch eine Kombination von kontinuierlichem Ausbau der erneuerbaren Energien und deutlicher Effizienzsteigerung im Leitszenario 2008 könnte der Anteil der Erneuerbaren am gesamten Endenergieverbrauch bis 2020 auf rund 18 % steigen, der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung auf knapp 21 %. Rund 30 % des Bruttostromverbrauchs könnten erneuerbaren Ursprungs sein. Bis zum Jahr 2050 könnten die erneuerbaren Energien rund die Hälfte des gesamten Endenergieverbrauchs, d.h. Strom, Wärme und Mobilität, decken.

1) Basis des Leitszenarios 2008 war der Datenstand Juni 2008.

Quelle: BMU [27]



Quelle: BMU [27]

Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien gemäß dem neuen Leitszenario wird ein jährliches Investitionsvolumen von etwa 12 Mrd. Euro_{2005} kontinuierlich aufrechterhalten. Damit festigen sich die Chancen, die Technologieführerschaft in vielen erneuerbaren Energien Technologien zu erhalten und den wirkungsvollen Aufbau von Exportmärkten weiter zu betreiben. Nach 2020 steigen die jährlichen Investitionen auf über 15 Mrd. Euro_{2005} jährlich.

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

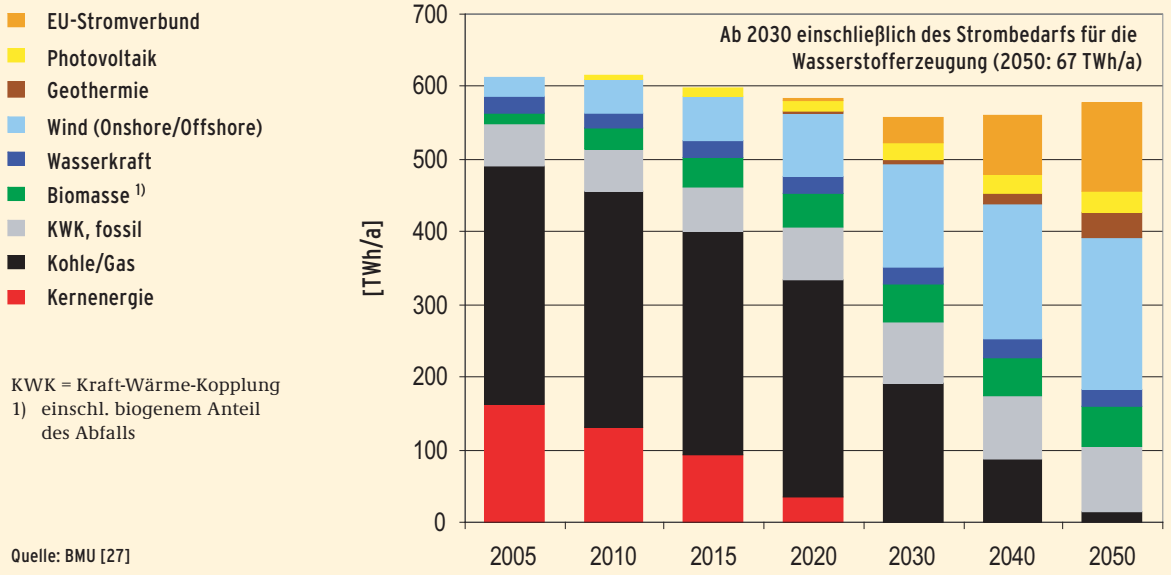
Ausbau der erneuerbaren Energien und Steigerung der Energieeffizienz – der mögliche Beitrag zur CO_2-Minderung bis zum Jahr 2020 nach Handlungsbereichen, Leitstudie 2008

Die strukturellen Veränderungen in der Energieversorgungsstruktur im Leitszenario 2008 führen zu einer Reduzierung der CO_2-Emissionen um 36 % bis 2020 gegenüber dem Jahr 1990 und um knapp 80 % bis 2050.

Handlungsbereich/Maßnahmenbündel	Beitrag zur CO_2-Minderung im Jahr 2020
Ausbau EE im Strombereich	70 - 80 Mio. t CO_2/a
Effizienzsteigerungen in der Wärmebereitstellung und -nutzung, insbesondere im Gebäudebereich	70 - 80 Mio. t CO_2/a
Ausweitung der KWK in Verbindung mit Effizienzsteigerungen beim Stromverbrauch	60 Mio. t CO_2/a
Ausbau EE im Wärmebereich	20 - 25 Mio. t CO_2/a
Effizienzsteigerungen im Verkehr	20 - 25 Mio. t CO_2/a
EE im Verkehrsbereich (Biokraftstoffe u. Elektromobilität	20 - 25 Mio. t CO_2/a

Quelle: BMU [27]

Bruttostromerzeugung, Leitstudie 2008

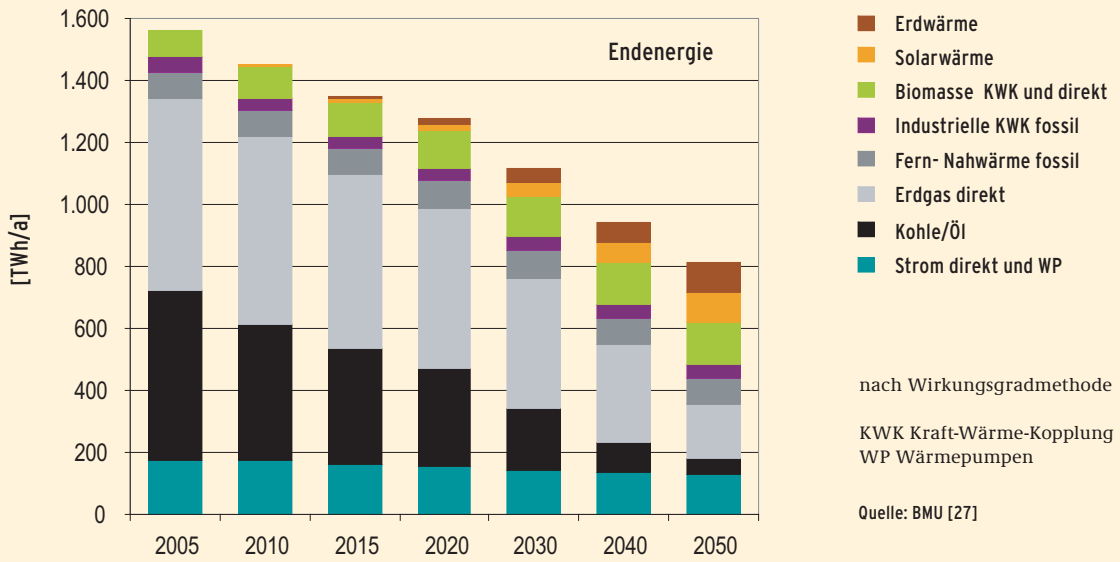


KWK = Kraft-Wärme-Kopplung
1) einschl. biogenem Anteil des Abfalls

Quelle: BMU [27]

Im Leitszenario 2008 steigt der Beitrag der erneuerbaren Energien zur Stromversorgung bis 2020 auf knapp 180 TWh/a, entsprechend 30 % des Bruttostromverbrauchs. 2030 werden bereits 50 % des Bruttostromverbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt.
Insgesamt ist 2020 eine Leistung von 70 GW an EE-Anlagen installiert, der doppelte Wert von 2007. 2030 sind es rund 100 GWh. Die seit dem Jahr 2000 neu installierten EE-Anlagen produzieren in jedem Jahr mehr Strom, als bis zu dem betreffenden Jahr durch den Kernenergieausstieg wegfällt.

Energieeinsatz für Wärme, Leitstudie 2008



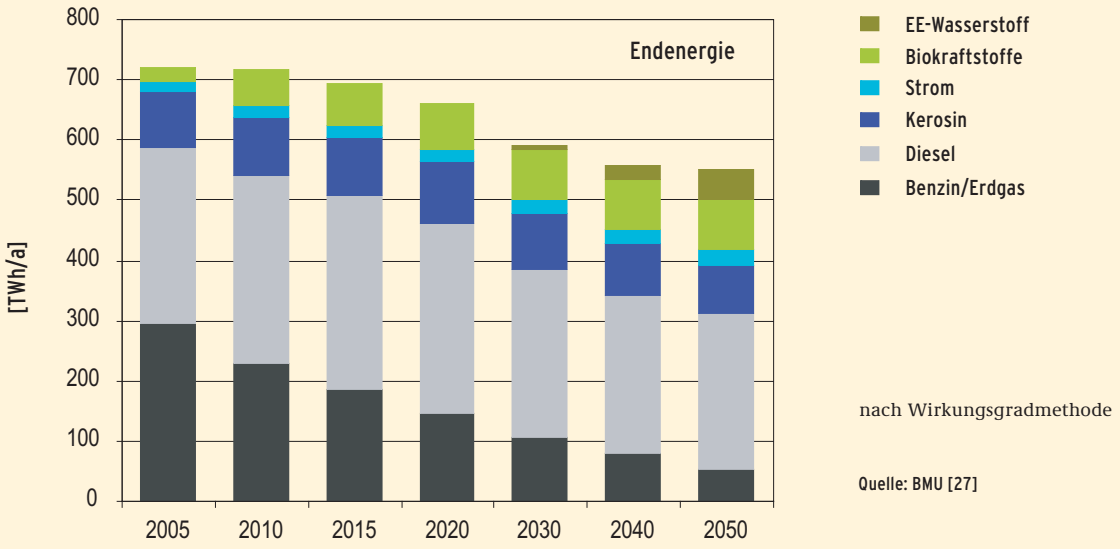
nach Wirkungsgradmethode

KWK Kraft-Wärme-Kopplung
WP Wärmepumpen

Quelle: BMU [27]

Die Nachfrage nach Wärme sinkt im Leitszenario bis 2020 um 18 % des heutigen Wertes und bis 2050 um 50 %. Der Beitrag der erneuerbaren Energien zur Wärmeversorgung steigt bis 2020 auf 14 %. 2050 kann die Hälfte der dann noch verbleibenden Nachfrage nach Wärmeenergie mittels erneuerbaren Energien bereitgestellt werden. An fossilen Energien werden 2050 noch 25 % des heutigen Einsatzes benötigt.

Kraftstoffbereitstellung, Leitstudie 2008



nach Wirkungsgradmethode

Quelle: BMU [27]

Im Jahr 2020 werden biogene Kraftstoffe einen Anteil am gesamten Kraftstoffverbrauch von energetisch 12 % (bzw. rund 15 % am Verbrauch des Straßenverkehrs) erreichen. Der langfristig erreichbare Anteil von nachhaltigen Biokraftstoffen am Kraftstoffverbrauch liegt bei 17 % (20 %).

TEIL II: ERNEUERBARE ENERGIEN IN DER EUROPÄISCHEN UNION

Mit der im Juni 2009 in Kraft getretenen Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen werden ehrgeizige Ziele gesetzt: 20 % des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien sowie ein Mindestanteil von 10 % erneuerbare Energien im Verkehrssektor im Jahr 2020

Auf EU-Ebene gibt es bisher zwei Instrumente zur Förderung von erneuerbaren Energien: die EU-Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien im Strommarkt sowie die Biokraftstoff-Richtlinie. Zentrales Element der 2001 in Kraft getretenen Strom-Richtlinie ist die Erhöhung des Anteils regenerativer Quellen an der Stromerzeugung von 14 % im Jahre 1997 auf 21 % bis 2010 in der EU-25. Die Biokraftstoff-Richtlinie gibt das Ziel von 5,75 % Biokraftstoffe am Kraftstoffverbrauch 2010 vor. Diese beiden im Jahr 2011 auslaufenden Instrumente werden durch eine neue, die Sektoren Strom, Transport und Wärme/Kälte umfassende EU-Richtlinie zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien ersetzt (RL 2009/28/EG).

Diese neue Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien ist Teil des Europäischen Klima- und Energiepakets, für das auf dem Europäischen Rat im Dezember 2008 nach einjähriger Verhandlung der politische Durchbruch erzielt werden konnte. Die Richtlinie (2009/28/EG) ist im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft veröffentlicht und in Kraft getreten. Mit der neuen Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien sollen die wegweisenden Beschlüsse des Frühjahrsgipfels der Staats- und Regierungschefs (Europäischer Rat) vom 9. März 2007 umgesetzt werden. Der Europäische Rat hat unter deutscher EU-Ratspräsidentschaft beschlossen, den Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch in der EU von ca. 8,5 % 2005 verbindlich auf 20 % bis 2020 zu steigern. Dieses Ziel soll durch verbindliche nationale Ziele konkretisiert sowie im Rahmen von nationalen Aktionsplänen mit Angabe der Verteilung auf die jeweiligen Sektoren umgesetzt werden. Für Biokraftstoffe wurde ein verbindliches Mindestziel von 10 % am gesamten Benzin- und Dieselverbrauch für alle Mitgliedstaaten für das Jahr 2020 sowie die Einführung von Nachhaltigkeitsstandards beschlossen.

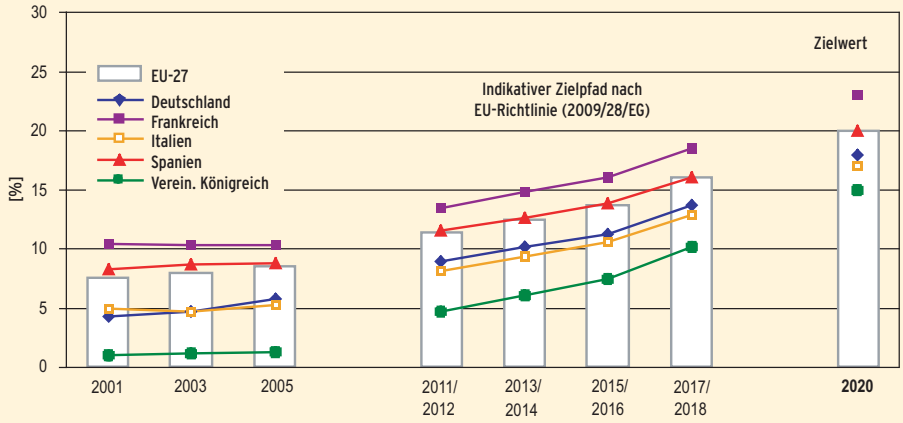
In der Richtlinie werden differenzierte nationale Gesamtziele der Mitgliedstaaten für den Anteil von erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch im Jahr 2020 festgelegt, die sich an den jeweiligen Ausgangswerten im Jahr 2005 und jeweiligen nationalen Potenzialen orientieren. Die nationalen Ziele der EU-Mitgliedstaaten für 2020 liegen zwischen 10 % für Malta und 49 % für Schweden. Für Deutschland ist ein nationales Ziel von 18 % vorgesehen. In Abweichung zu den Beschlüssen des Europäischen Rates vom 9. März 2007 sieht die Richtlinie kein ausschließliches Ziel für Biokraftstoffe vor, sondern legt ein einheitliches Ziel von mindestens 10 % erneuerbarer Energien am Energieverbrauch im Transportbereich fest. Somit kann neben Biokraftstoffen z. B. auch Elektrizität aus erneuerbaren Energien, die durch Elektroautos genutzt wird, angerechnet werden.
Zur nationalen Zielerreichung baut die Richtlinie in erster Linie auf die nationalen Fördermechanismen. Die Mitgliedstaaten haben die Wahl zur Ausgestaltung ihres Fördersystems, um ihre Potenziale optimal erreichen zu können. Darüber hinaus führt die Richtlinie flexible Kooperationsmechanismen ein, mit denen die Mitgliedstaaten eine Möglichkeit erhalten, bei Bedarf, zur Erfüllung ihrer Ziele zusammenzuarbeiten.

Diese Kooperationsmechanismen sind der statistische Transfer von Überschussmengen erneuerbarer Energie, gemeinsame Projekte zur Förderung erneuerbarer Energien oder die (Teil-)Zusammenlegung von nationalen Fördersystemen zweier Mitgliedstaaten.

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

Mit dieser neuen Richtlinie wird erstmals eine Gesamtregelung in der EU für alle Bereiche erneuerbarer Energien eingeführt: Strom, Wärme/Kälte und Transport. Damit wird ein verlässlicher Rechtsrahmen für die notwendigen Investitionen und damit der Grundstein für einen weiterhin erfolgreichen Ausbau erneuerbarer Energien in der kommenden Dekade gesetzt.

Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch in ausgewählten EU-Ländern

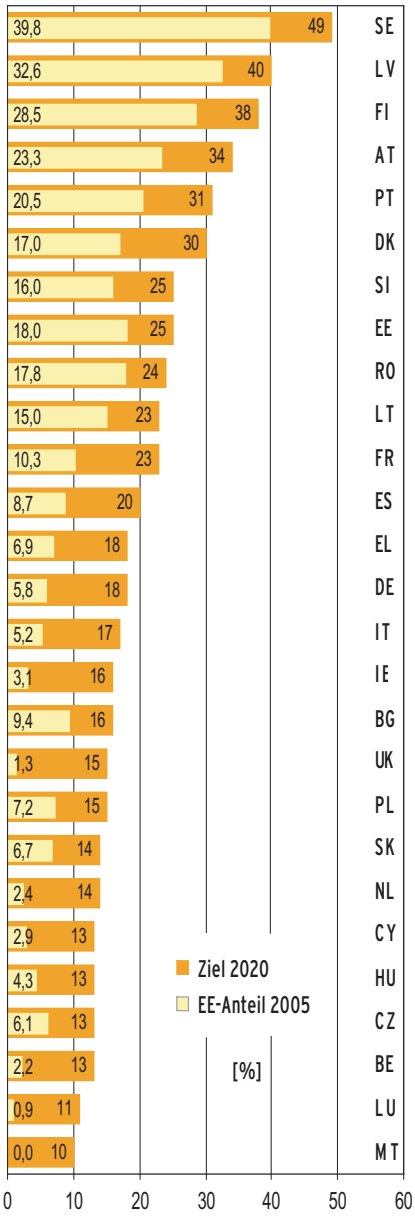


Ausgewählt wurden die 5 EU-Mitgliedstaaten mit dem höchsten Endenergieverbrauch.

In der neuen EU-Richtlinie (2009/28/EG) ist ein indikativer Zielpfad für den Anteil von EE am Endenergieverbrauch vorgegeben. Die Mitgliedstaaten sind verpflichtet, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um zu gewährleisten, dass ihr Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen die jeweiligen nationalen Richtwerte des Zielpfads mindestens erreicht.

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

	Anteil EE am gesamten EEV 2005 [%]	Zielwert[1)] 2020
Belgien	2,2	13 %
Bulgarien	9,4	16 %
Dänemark	17,0	30 %
Deutschland	5,8	18 %
Estland	18,0	25 %
Finnland	28,5	38 %
Frankreich	10,3	23 %
Griechenland	6,9	18 %
Irland	3,1	16 %
Italien	5,2	17 %
Lettland	32,6	40 %
Litauen	15,0	23 %
Luxemburg	0,9	11 %
Malta	0,0	10 %
Niederlande	2,4	14 %
Österreich	23,3	34 %
Polen	7,2	15 %
Portugal	20,5	31 %
Rumänien	17,8	24 %
Schweden	39,8	49 %
Slowakei	6,7	14 %
Slowenien	16,0	25 %
Spanien	8,7	20 %
Tschech. Republik	6,1	13 %
Ungarn	4,3	13 %
Verein. Königreich	1,3	15 %
Zypern	2,9	13 %
EU-27	**8,5**	**20 %**



Allgemeine Anmerkungen:

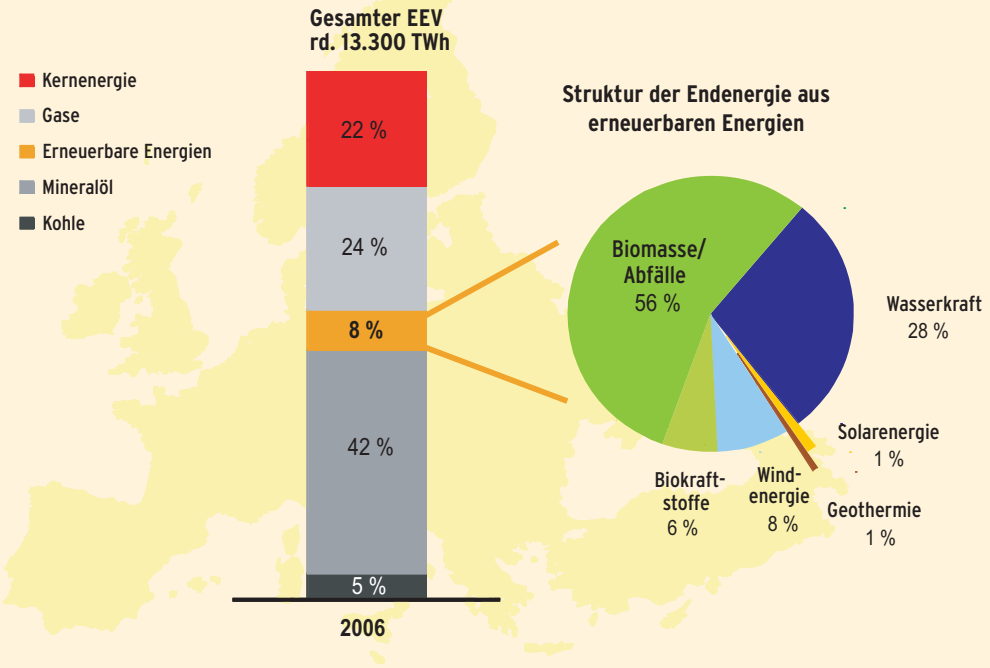
Im Jahr 2004 wurde die EU-15 um 10 neue Staaten zur EU-25 erweitert. Im Jahr 2007 traten zwei weitere Mitgliedstaaten bei, die EU besteht seitdem aus 27 Mitgliedstaaten (EU-27) (vgl. auch Anhang, Abs. 9).
In dieser Broschüre werden in den Texten und Zeitreihen die neuen Mitgliedstaaten ab dem Jahr des Beitritts berücksichtigt.

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. 5 und 11.
Im Teil „Europa" werden aus Konsistenzgründen für Deutschland die Daten aus den internationalen Statistiken übernommen. Die detaillierteren Angaben der nationalen Quellen auf den vorangehenden Seiten sind jedoch i.d.R. belastbarer.

1) Nationale Gesamtziele und Anteile 2005 nach EU-Richtlinie (2009/28/EG)

Quelle: EC [92], Eurostat [91]

Struktur des Endenergieverbrauchs in der EU

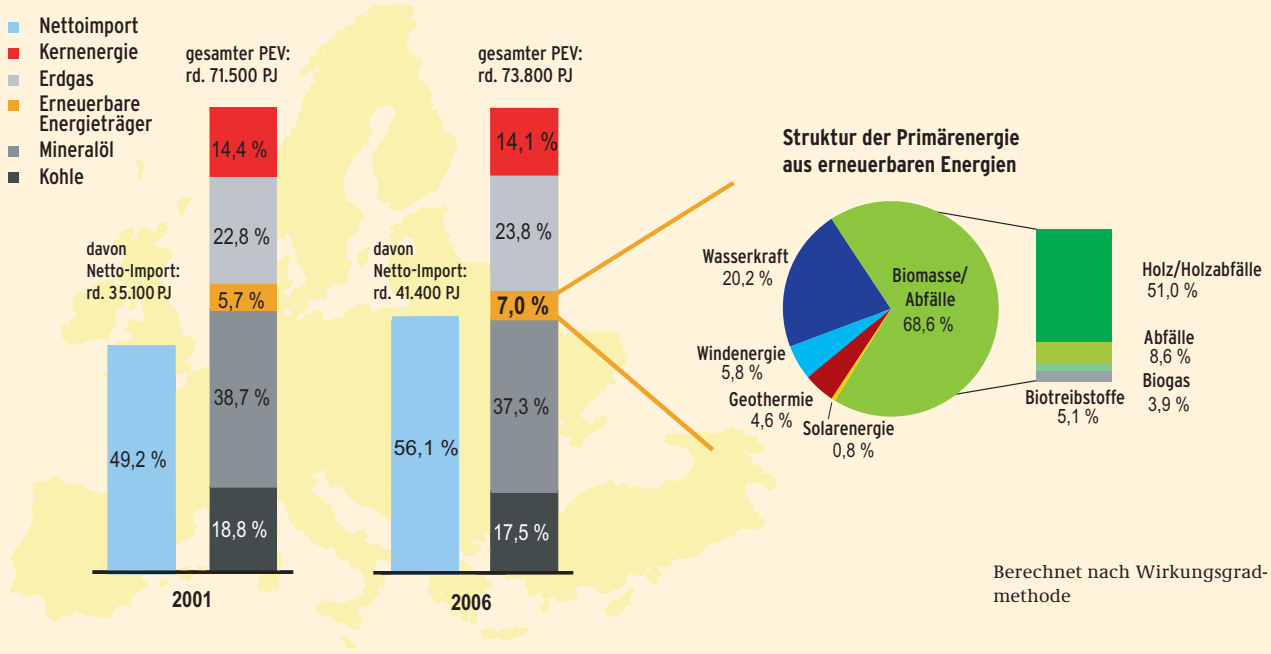


Im Rahmen der neuen EU-Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen ist der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Statistiken zum Endenergieverbrauch weisen bisher i.d.R. lediglich die Anteile der verschiedenen Sektoren aus. Die nebenstehende Grafik weist die Aufteilung nach den verschiedenen Energieträgern aus, die anhand verschiedener Statistiken aus der Eurostat Online Database berechnet wurden. Die dargestellten Anteile dienen dabei lediglich einer größenmäßigen Einordnung.

Berechnet nach Wirkungsgradmethode

Quellen: ZSW[3] nach Eurostat [34]

Struktur des Primärenergieverbrauchs in der EU



Berechnet nach Wirkungsgradmethode

Quellen: ZSW [3] nach Eurostat [32]

NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN IN DER EU

	2007					2008		
	Biomasse 1)	Wasserkraft 2)	Windenergie	Geothermie 3)	Summe	Solarthermie 4), 5)		Photovoltaik 5)
	Endenergie [TWh]					[1.000 m²]	[MW_{th}]	[kW_p]
Belgien	11,8	0,4	0,52	0,01	12,7	280	196	71.191
Dänemark	17,7	0,0	7,17	-	24,9	431	302	3.210
Deutschland	151,1	20,9	39,50	2,14	213,6	11.317	7.922	5.351.000
Finnland	62,3	14,2	0,19	-	76,7	25	18	5.679
Frankreich	135,0	58,7	4,05	1,51	199,3	1.701	1.191	91.155
Griechenland	12,9	2,6	1,85	0,16	17,5	3.870	2.709	18.500
Irland	2,5	0,7	1,88	0,02	5,1	79	55	400
Italien	28,9	32,8	4,03	8,05	73,8	1.616	1.131	317.500
Luxemburg	0,7	0,1	0,06	-	0,9	11	8	24.414
Niederlande	14,1	0,1	3,44	-	17,7	704	493	54.900
Österreich	39,1	36,0	2,02	0,07	77,2	3.964	2.775	30.201
Portugal	33,5	10,1	4,04	0,32	48,0	390	273	67.952
Schweden	72,5	66,2	1,43	-	140,1	388	272	7.942
Spanien	51,8	27,8	27,05	0,09	106,7	1.463	1.024	3.404.762
Verein. Königr.	21,3	5,1	5,27	0,01	31,7	387	271	21.590
EU-15	**655,3**	**275,6**	**102,51**	**12,39**	**1.045,8**	**26.627**	**18.639**	**9.470.396**
Estland	5,7	-	0,07	-	5,8	2	1	20
Lettland	11,7	2,7	0,05	-	14,5	7	5	6
Litauen	6,8	0,4	0,07	-	7,3	4	3	55
Malta	-	-	-	-	-	36	26	238
Polen	49,9	2,4	0,47	0,12	52,8	366	256	1.638
Slowakei	5,8	4,5	0,01	0,02	10,3	92	64	66
Slowenien	5,0	3,3	-	-	8,3	135	94	2.145
Tschech. Rep.	20,1	2,1	0,13	-	22,4	414	290	54.290
Ungarn	10,5	0,2	0,11	0,94	11,8	57	40	450
Zypern	0,2	-	-	-	0,2	665	466	2.089
EU-25	**771,1**	**291,1**	**103,41**	**13,47**	**1.179,1**	**28.405**	**19.883**	**9.531.393**
Bulgarien	7,9	2,9	0,06	0,38	11,2	62	43	1.407
Rumänien	37,9	16,0	0,01	0,30	54,2	80	56	450
EU-27	**816,9**	**310,0**	**103,48**	**14,16**	**1.259,2 6)**	**28.547**	**19.983**	**9.533.250**

Die vorliegende Übersicht gibt den derzeitigen Stand verfügbarer Statistiken wieder (siehe Quellen). Diese Daten können von nationalen Statistiken abweichen, unter anderem aufgrund von unterschiedlichen Methodiken.

Alle Angaben vorläufig; Abweichungen in den Summen durch Rundungen

1) Strom- und Wärmeerzeugung aus fester Biomasse, Biogas und dem kommunalen Abfall sowie Biokraftstoffe, Transformationssektor nicht berücksichtigt
2) Bruttoerzeugung; für Pumpspeicherkraftwerke nur Erzeugung aus natürlichem Zufluss
3) Wärme- und Stromerzeugung; Stromerzeugung in Italien mit 5,6 TWh, Portugal 0,2 TWh und Österreich 0,002 TWh (Frankreich 0,08 TWh in Übersee-Departements nicht enthalten). In Deutschland wurde im Jahr 2004 erstmals geothermischer Strom produziert.
4) verglaste und unverglaste Kollektoren; Konversionsfaktor 0,7 kW_{th}/m^2
5) einschließlich Anlagen in Übersee-Departements
6) Summe beinhaltet 10,9 TWh aus Solarthermie und 3,8 TWh aus Photovoltaik.

Quellen:
Biomasse: Eurostat [34]
Wasserkraft: Eurostat [34]
Windenergie: Observ'ER [46]
Geothermie: Eurostat [34]
Solarthermie: Observ'ER [35]
Photovoltaik: Observ'ER [82]

Die EU spielt in Bezug auf die Nutzung erneuerbarer Energien im globalen Kontext eine wichtige Rolle. Besonders erwähnenswert ist der Beitrag der so genannten „neuen" erneuerbaren Technologien (Solar-, Wind- und Meeresenergie).
Im PV-Sektor der EU zeichnet sich im Jahr 2008 eine eindrucksvolle Entwicklung ab. Der Zubau konnte im Vergleich zum Vorjahr um rd. 152 % zulegen (2007: 1,8 GW_p; 2008: 4,6 GW_p). Dies entspricht 80 % des globalen Zubaus an Photovoltaik-Leistung (geschätzte 5,8 GW_p). Insgesamt waren in der EU Ende 2008 rd. 9,5 GW_p an PV-Leistung installiert (2007: rd. 4,9 GW_p) [82].
Im Windsektor ist die EU mit rd. 65 GW (2007: rd. 56,5 GW) installierter Windenergieleistung Ende 2008 und einem globalen Anteil von 54 % weltweit führend.
Die Internationale Energie Agentur schätzt die installierte globale Solarkollektorfläche für das Jahr 2007 auf 154 GW_{th}, der EU-Anteil beträgt dann mit 16,8 GW_{th} rund 11 %. Der Beitrag der Meeresenergie zur Energieversorgung in der EU, und auch global, ist heute noch vernachlässigbar gering, allerdings wird diesem Sektor ein beträchtliches Potenzial zuerkannt. Für die Technologien der Meeresenergie schätzt die IEA Ocean Energy Systems das globale Potenzial zur Stromerzeugung auf mehr als 80.000 TWh/a [99].

AUSBAU DER STROMERZEUGUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN IM EUROPÄISCHEN ELEKTRIZITÄTSBINNENMARKT

Im Oktober 2001 ist die Richtlinie 2001/77/EG zur Förderung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen im europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt in Kraft getreten. Ziel der Gemeinschaft ist die Erhöhung des Anteils regenerativer Quellen an der Stromerzeugung von 14 % im Jahre 1997 auf 22 % bis 2010 in der EU-15 bzw. 21 % in der EU-25.

Mit dem Fortschrittsbericht „Erneuerbare Energien" der Europäischen Kommission (KOM (2009) 192) vom 28.04.2009[1)] wird informiert, das die Analysen der Kommission davon ausgehen, dass Europa die 21 %-Zielmarke für 2010 im Strombereich verfehlen wird, wenn nicht erhebliche zusätzliche Anstrengungen in den verschiedenen Mitgliedstaaten unternommen werden. Nach dem Bericht haben Deutschland und Ungarn bereits ihre Zielvorgabe für 2010 erfüllt. Der erneuerbare Anteil an der gesamten Stromerzeugung der EU stieg von 2004 bis 2006 um fast 1,5 Prozentpunkte. Insgesamt konnten neben Deutschland weitere fünf EU-Mitgliedstaaten ihren Anteil von 2004 bis 2006 um mehr als 2 Prozentpunkte steigern und damit wesentlich zur Entwicklung des EU-Gesamtanteils an der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien beitragen. Das Wachstum war vor allem auf den Ausbau der Nutzung von fester Biomasse und der Windenergie zurückzuführen. Trotz der erreichten Fortschritte ist die Wachstumsrate nach wie vor gering. In den meisten Mitgliedstaaten bestehen noch erhebliche Wachstumshindernisse in sämtlichen Sektoren.

Im 7. EU-Forschungsrahmenprogramm wurde bei der nicht nuklearen Forschungsförderung eine deutliche Priorität für Energieeffizienz und die erneuerbaren Energien gesetzt.

In dem im März 2005 vorgestellten Grünbuch „Eine europäische Strategie für nachhaltige, wettbewerbsfähige und sichere Energie" hebt die EU-Kommission den Beitrag hervor, den Wind- und Sonnenenergie, Biomasse, Wasserkraft und Geothermie als heimische Energieträger zu einer sicheren Stromversorgung leisten – gerade angesichts einer EU-weit ständig wachsenden Importabhängigkeit. Mit Verweis auf rund 300.000 Arbeitsplätze in der EU im Bereich der erneuerbaren Energien unterstreicht das Grünbuch die Bedeutung der erneuerbaren Energien für die Wirtschaft und die technologische Führungsrolle Europas in diesem Sektor. Mit der am 10. Januar 2007 vorgelegten Road Map hat die Kommission einen Fahrplan für den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien in Europa vorgelegt. Die im Rahmen des Europäischen Klima- und Energiepakets verabschiedete neue Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien ist ein wichtiger Meilenstein auf diesem Weg. (s. a. Seite 48).

1) Die Kommission ist gemäß Artikel 3 Absatz 4 der Richtlinie 2001/77/EG verpflichtet alle zwei Jahre einen Bericht zu veröffentlichen, in dem sie die Fortschritte der Mitgliedstaaten bei der Erreichung ihrer nationalen Richtziele im Bereich erneuerbarer Energien bewertet.

Anteil der Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch

	EE-Strom						Zielwert
	1997	2000	2002	2004	2006	2007	2010
	[%]						[%]
Belgien	1,0	1,5	1,8	2,1	3,9	4,2	6,0
Dänemark	8,9	16,7	19,9	27,1	26,0	29,0	29,0
Deutschland	4,3	6,5	8,1	9,5	12,0	15,1	12,5
Finnland	25,3	28,5	23,7	28,3	24,0	26,0	31,5
Frankreich	15,2	15,1	13,7	12,9	12,5	13,3	21,0
Griechenland	8,6	7,7	6,2	9,5	12,1	6,8	20,1
Irland	3,8	4,9	5,4	5,1	8,5	9,3	13,2
Italien	16,0	16,0	14,3	15,9	14,5	13,7	25,0
Luxemburg	2,0	2,9	2,8	3,2	3,4	3,7	5,7
Niederlande	3,5	3,9	3,6	5,7	7,9	7,6	9,0
Österreich	67,5	72,4	66,1	58,7	56,6	59,8	78,1
Portugal	38,3	29,4	20,8	24,4	29,4	30,1	39,0
Schweden	49,1	55,4	46,9	46,1	48,2	52,1	60,0
Spanien	19,7	15,7	13,8	18,5	17,7	20,0	29,4
Verein. Königreich	1,9	2,7	2,9	3,7	4,6	5,1	10,0
EU-15	**13,8**	**14,6**	**13,5**	**14,7**	**15,3**	**16,6**	**22,0**
Estland	0,1	0,3	0,5	0,7	1,4	1,5	5,1
Lettland	46,7	47,7	39,3	47,1	37,7	36,4	49,3
Litauen	2,6	3,4	3,2	3,5	3,6	4,6	7,0
Malta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
Polen	1,7	2,0	2,1	2,9	3,5	3,5	7,5
Slowakei	14,5	16,9	19,2	14,4	16,6	16,6	31,0
Slowenien	26,9	31,7	25,4	29,1	24,4	22,1	33,6
Tschech. Rep.	3,5	3,6	4,6	4,0	4,9	4,7	8,0
Ungarn	0,8	0,7	0,7	2,3	3,7	4,6	3,6
Zypern	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
EU-25	**12,8**	**13,7**	**12,7**	**13,7**	**14,3**	**15,5**	**21,0**
Bulgarien	7,0	7,4	6,0	8,9	11,2	7,5	11,0
Rumänien	30,5	28,8	30,8	29,9	31,4	26,9	33,0
EU-27	**13,1**	**13,8**	**12,9**	**13,9**	**14,6**	**15,6**	**21,0**

Die vorliegende Übersicht gibt den derzeitigen Stand verfügbarer Statistiken wieder (siehe Quelle). Diese Daten können von nationalen Statistiken abweichen, unter anderem aufgrund von unterschiedlichen Methodiken.

Quelle: Eurostat [34]

STROMBEREITSTELLUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN IN DER EU

	1990	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007 [1]
					[TWh]					
Biomasse [2]	17,0	28,0	39,6	41,0	47,2	56,2	68,8	79,9	89,8	101,8
Wasserkraft [3]	260,3	297,8	321,5	339,7	280,8	277,4	303,6	282,4	286,4	310,0
Windenergie	0,8	7,3	22,2	27,0	35,6	44,2	58,8	70,5	81,9	103,5
Geothermie	3,2	4,0	4,8	4,6	4,8	5,4	5,5	5,4	5,6	5,8
Photovoltaik	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,5	2,5	3,8
Summe	**281,4**	**337,1**	**388,2**	**412,5**	**368,7**	**383,7**	**437,5**	**439,6**	**466,3**	**524,8**
Anteil EE am Bruttostromverbrauch [%]	**12,9**	**13,8**	**14,7**	**15,2**	**13,5**	**13,7**	**13,7**	**13,6**	**14,3**	**15,6**

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

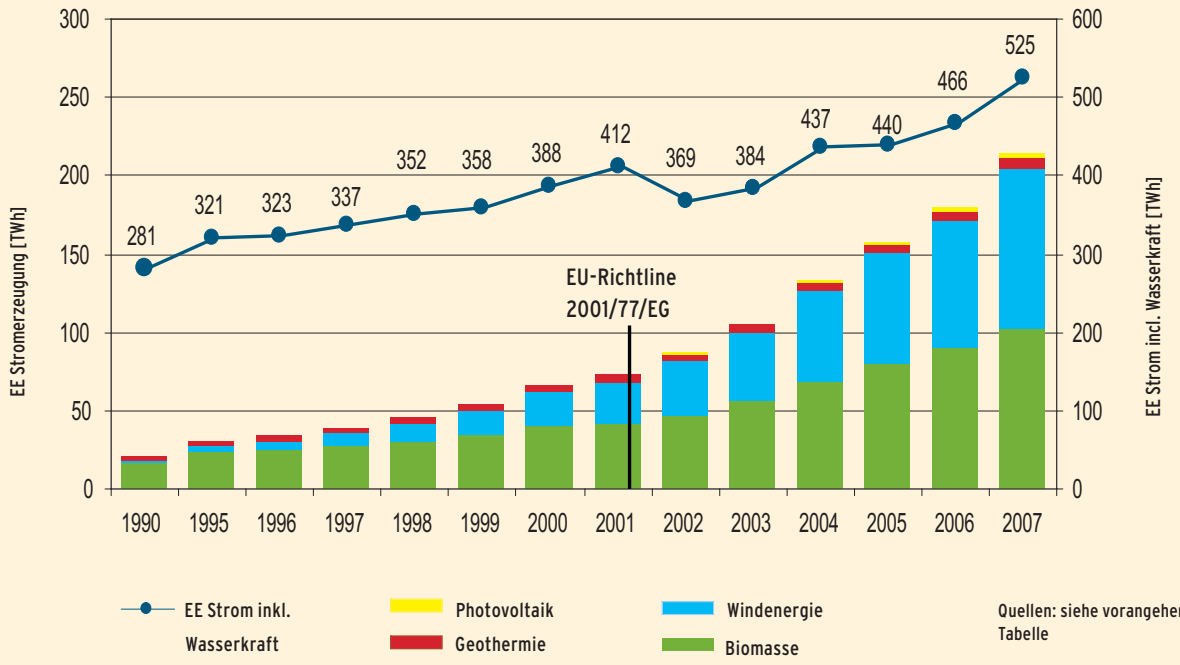
1) vorläufige Angaben
2) einschließlich städtischem Abfall und Biogas
3) für Pumpspeicherkraftwerke nur Erzeugung aus natürlichem Zufluss

Die vorliegende Übersicht gibt den derzeitigen Stand verfügbarer Statistiken wieder (siehe Quellen). Diese Daten können von nationalen Statistiken abweichen, unter anderem aufgrund von unterschiedlichen Methodiken.

Quellen: Eurostat [34]; Observ'ER [46]; ZSW [3]

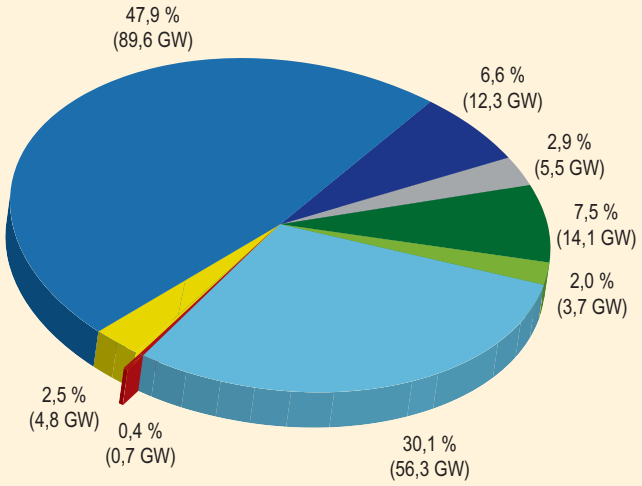
Seit Inkrafttreten der EU-Stromrichtlinie (s. a. Seite 52) hat sich die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU um durchschnittlich 4,1 % p. a. auf rund 525 TWh im Jahr 2007 erhöht. Auf Basis der vorliegenden Daten lässt sich der erneuerbare Beitrag zur gesamten Strombereitstellung für das Jahr 2007 auf 15,6 % abschätzen. Betrachtet man die Entwicklung der erneuerbaren Strombereitstellung ohne Berücksichtigung der Wasserkraft, hat sich der absolute Beitrag der Erneuerbaren in diesem Zeitraum beinahe verdreifacht bzw. im Durchschnitt um knapp 20 % pro Jahr erhöht. Im Jahr 2007 konnte die Stromerzeugung aus Erneuerbaren um rd. 60 TWh zulegen. Unterstellt man einen durchschnittlichen Stromverbrauch eines Musterhaushalts von 3.500 kWh/a, so ist das gleichbedeutend mit einer zusätzlichen erneuerbaren Stromversorgung von mehr als 16 Mio. Haushalten in der Europäischen Union.
Der bisherige Anstieg ist vor allem auf die Entwicklung in zwei Sparten der erneuerbaren Energien zurückzuführen: die Windenergie mit einem durchschnittlichen Wachstum im Betrachtungszeitraum von rd. 25 % p. a. und die Biomassenutzung zur Stromerzeugung mit rd. 16 % p. a. Erfreulich ist auch die Entwicklung in der Photovoltaik-Branche, die – wenn auch auf Basis eines niedrigen Ausgangsniveaus – ein Durchschnittswachstum von 64 % verzeichnen konnte.

Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU



Quellen: siehe vorangehende Tabelle

Installierte Leistung zur Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU 2007

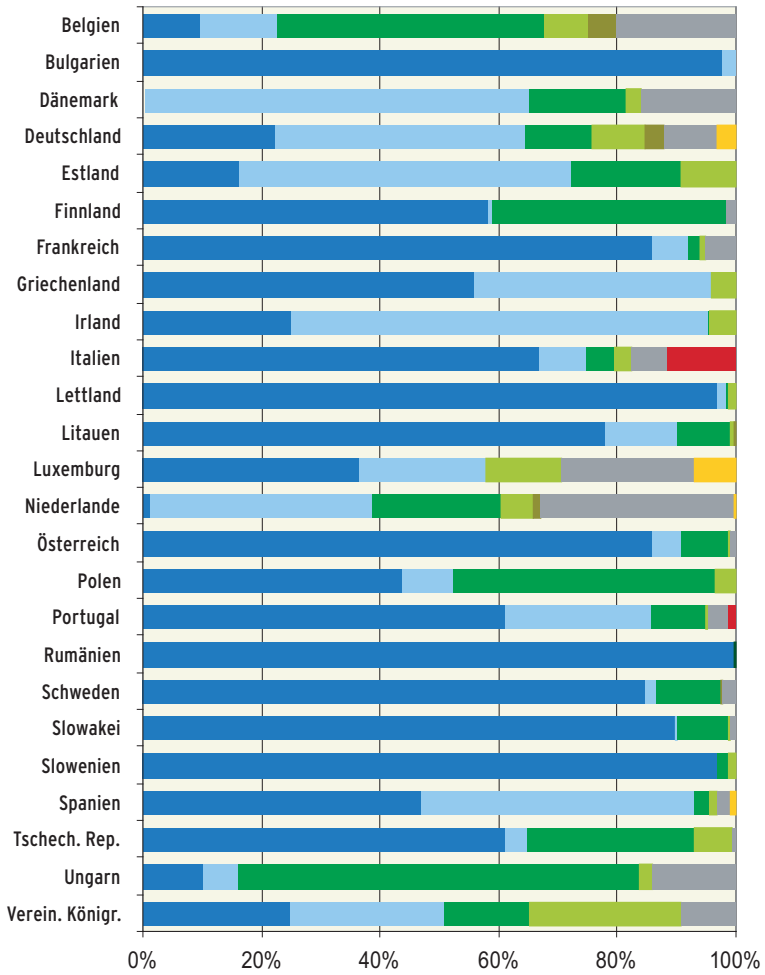


Gesamte installierte Leistung auf Basis von erneuerbaren Energietechnologien: rd. 190 GW
(24 % Anteil an der gesamten Stromerzeugungskapazität)

- Wasserkraft > 10 MW
- Wasserkraft < 10 MW
- Abfall
- Holz-/Holzabfall
- Biogas
- Wind
- Geothermie
- Photovoltaik

Quelle: Eurostat [34]

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



- Wasserkraft
- Windenergie
- feste Biomasse
- Biogas
- flüssige Biomasse
- Abfall
- Geothermie
- Photovoltaik

Quellen: siehe Tabelle Seite 51

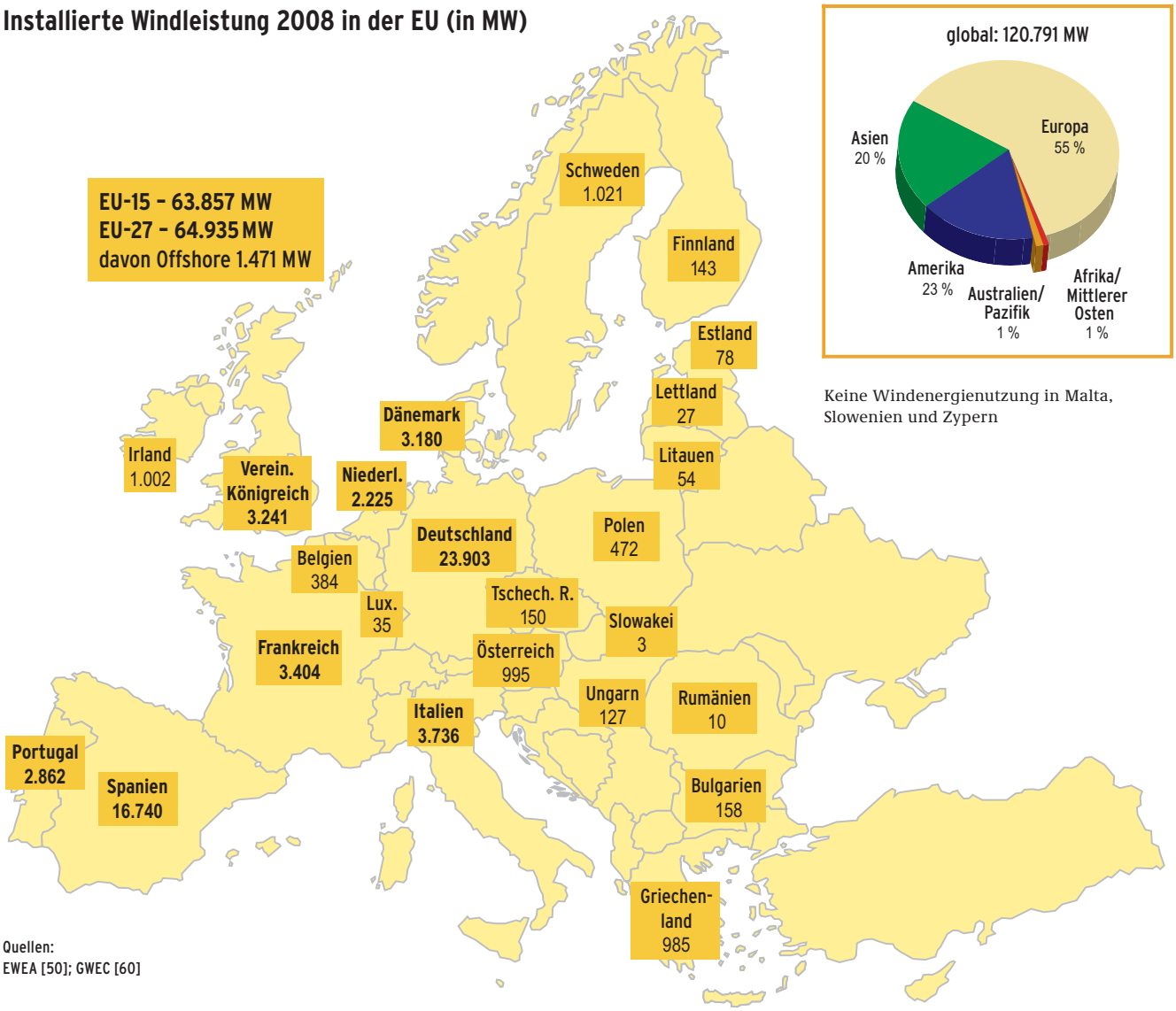
Die Grafik gibt den derzeitigen Stand verfügbarer Statistiken wieder (siehe Quellen). Diese Daten können von nationalen Statistiken abweichen, unter anderem aufgrund von unterschiedlichen Methodiken.

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

Die Struktur des erneuerbaren Strommixes variiert stark in den verschiedenen EU-Mitgliedstaaten.
In 5 Ländern dominiert die Stromerzeugung aus Wasserkraft mit einem Anteil von über 90 % (Bulgarien, Lettland, Rumänien, Slowakei, Slowenien).
In Dänemark und Irland kann die Windstromerzeugung mit 65 % bzw. 70 % beträchtliche Anteile aufweisen. Die Windstromanteile in den Niederlanden, Griechenland, Deutschland, Spanien und Estland liegen zwischen 38 und 56 %.
Der Beitrag der biogenen Ressourcen ist vor allem in Ungarn (84 %) und Belgien (77 %) beträchtlich. Bezogen auf die moderne Biomassenutzung pendelt der Anteil am erneuerbaren Strommix im Vereinigten Königreich, in den Niederlanden, Luxemburg und Belgien um 35 %.
Italien ist der Pionier im Bereich der Tiefengeothermie. Bereits im Jahr 1904 wurde die erste geothermische Anlage zur Stromerzeugung (Larderello) errichtet. Heute leistet die Erdwärme mit einem Anteil von 11 % bereits einen bedeutenden Anteil zur erneuerbaren Strombereitstellung des Landes. Mit einem 7 %igen Anteil ist die Photovoltaik in Luxemburg von Relevanz.

WINDENERGIENUTZUNG IN DER EU

Installierte Windleistung 2008 in der EU (in MW)



Keine Windenergienutzung in Malta, Slowenien und Zypern

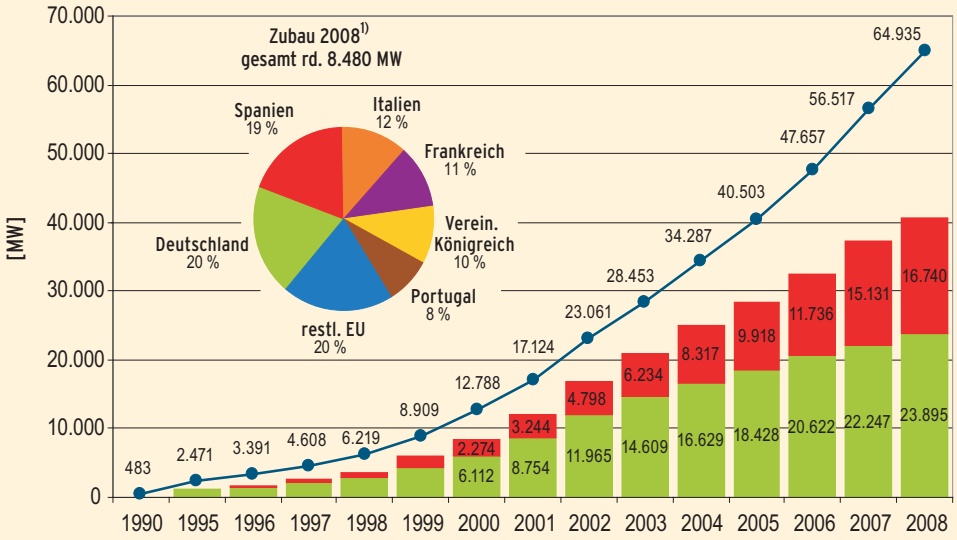
Quellen:
EWEA [50]; GWEC [60]

Der stetige Ausbau der Windenergienutzung in der EU konnte auch im Jahr 2008 fortgesetzt werden. Gemäß der European Wind Energy Association (EWEA) lag die Windenergie mit einem Zubau von rd. 8,5 GW 2008 erstmals vor den neu installierten Stromerzeugungskapazitäten anderer Technologien. Ende 2008 war in der EU eine gesamte Windenergiekapazität von rd. 65 GW realisiert, das entspricht einem Anteil von 54 % an der globalen Windenergiekapazität, die insgesamt bei knapp 121 GW lag. Der Aufschwung in der Nutzung von Windenergie in der EU war in der Vergangenheit vor allem auf den Ausbau der Märkte in Deutschland und Spanien zurückzuführen. Auf diese beiden Länder entfallen Ende 2008 beinahe zwei Drittel der gesamten EU-Windenergiekapazitäten bzw. rund 34 % der globalen Kapazitäten. Ende 2008 lag Deutschland mit insgesamt 23.903 MW auf dem 2. Platz der globalen Top-10, nach den USA (25.170 MW) und vor Spanien (16.754 MW), China (12.210 MW) und Indien (9.645 MW).

Ende des Jahres 2008 waren in der EU insgesamt knapp 1,5 GW an Offshore-Windleistung installiert. Nach einer aktuellen Statistik der EWEA sind in den Küstengewässern der EU bereits weitere 2,6 GW im Bau. Mit der Realisierung aller bis zum Jahr 2015 geplanten Offshore-Windparks (rd. 32 GW) könnten bis Ende 2015 insgesamt rund 36 GW Offshore-Windleistung installiert sein [96].

Im Rahmen der Offshore-Strategie der deutschen Bundesregierung wurde im Jahr 2008 nördlich der Nordseeinsel Borkum mit dem Bau des ersten deutschen Offshore-Windparks „alpha ventus“ begonnen. Der Windpark mit 60 MW Leistung soll der deutschen Windindustrie als Test- und Demonstrationsfeld zur Verfügung stehen. Die Forschungsinitiative RAVE (Research at alpha ventus) koordiniert die Forschungsprojekte. Bis Ende 2008 hat das BMU bereits 20 Projekte im Umfang von rd. 34. Mio. EUR für die Forschung im Testfeld bewilligt [106].

Entwicklung der Windenergieleistung in den EU-Mitgliedstaaten



1) Die gesamte Windleistung 2008 entspricht nicht genau der Summe aus installierter Leistung Ende 2007 plus Zubau 2008; dies ist auf Repowering und Stilllegung bestehender Windenergieanlagen zurückzuführen.

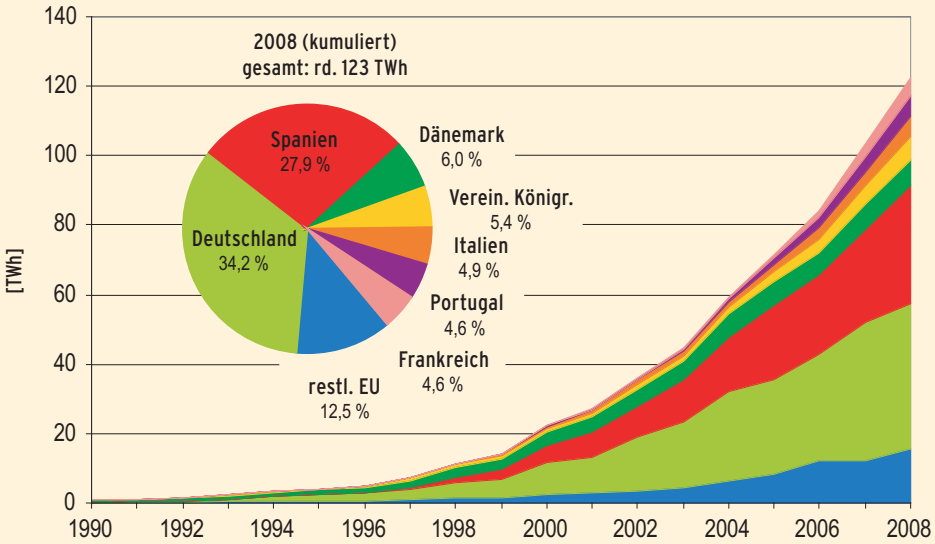
Die Zeitreihe erfasst die neuen EU-Mitgliedstaaten ab dem Jahr des Beitritts (2004: EU-25; 2007: EU 27).

Quellen: EWEA [50]; Eurostat [34]; Deutschland s. Seite 17

Mit einer erzeugten Strommenge von 123 TWh und einem Anteil von geschätzten 4 % an der gesamten EU-Stromerzeugung im Jahr 2008 ist die Windenergie nach der Wasserkraft die wichtigste erneuerbare Ressource im Stromerzeugungsportfolio der EU.
Der Ausbau 2008 konnte mit 8.484 MW Windleistung auf gleich hohem Niveau wie im Vorjahr vorangetrieben werden. Rund 40 % dieser zusätzlichen Windenergiekapazität wurden in Deutschland (Zubau: 1.665 MW) und Spanien (Zubau: 1.609 MW) errichtet. Im Vergleich zu den Vorjahren war der Windmarkt 2008 jedoch ausgeglichener, da auch Italien (1.010 MW), Frankreich (950 MW) und das Vereinigte Königreich (836 MW) erheblich zum weiteren Ausbau der Windenergienutzung beigetragen haben. Die neuen EU-Mitgliedstaaten (EU-12) konnten ihren Marktanteil im Jahr 2008 auf rd. 5 % ausbauen (2007: 1,2 %).

Bereits 2007 konnten der Windenergiebranche in der EU insgesamt 154.000 Arbeitsplätze zugerechnet werden, bis zum Jahr 2020 rechnet die EWEA mit einer Verdoppelung dieser Zahl auf knapp 330.000. Die Wachstumspotenziale liegen vor allem im Offshore-Bereich, der bis 2020 bereits fast die Hälfte der Arbeitsplätze stellen könnte [104].

Entwicklung der Stromerzeugung aus Windenergie in der EU

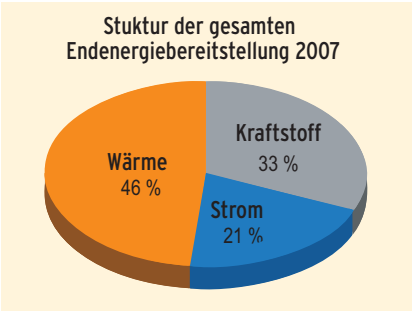


Angaben 2008 vorläufig

Die Zeitreihe erfasst die neuen EU-Mitgliedstaaten ab dem Jahr des Beitritts (2004: EU-25; 2007: EU-27).

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

WÄRMEBEREITSTELLUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN IN DER EU



Rund die Hälfte der gesamten Endenergiebereitstellung der EU-27 im Jahr 2007 ist dem Wärmesektor zuzurechnen. Der Beitrag der erneuerbaren Energien in diesem Segment lag jedoch lediglich bei 10 %. Die Bedeutung der erneuerbaren Energien im Wärmemarkt ist somit deutlich geringer als im Strommarkt (s. vorangehende Seiten).

Die mit Abstand wichtigste erneuerbare Ressource im Wärmesektor ist die Biomasse mit einem Anteil von rund 97 % bzw. 623 TWh, wobei der größte Anteil auf die Wärmeerzeugung mit Holz in privaten Haushalten entfällt. Der Beitrag der anderen beiden Sparten, Solarthermie und Geothermie, ist mit rund 2 % bzw. 1 % noch vergleichsweise unbedeutend.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	Endenergie [TWh]							
Biomasse, davon	548,5	540,1	545,7	579,0	592,2	597,8	616,7	622,7
Holz/Holzabfälle	537,1	525,2	527,8	567,1	579,3	585,2	603,2	608,2
Biogas	4,8	7,1	9,2	4,0	4,1	4,2	4,6	4,5
Kommunale Abfälle	6,6	7,8	8,8	8,0	8,9	8,4	8,9	10,0
Solarthermie	4,8	5,5	6,0	6,4	7,1	7,9	9,0	10,9
Geothermie	5,3	6,5	6,9	6,9	6,8	7,3	7,9	8,4
EE Wärme gesamt	558,5	552,1	558,6	592,4	606,2	613,0	633,5	642,0

Abweichend zur sonstigen Herangehensweise im internationalen Teil dieser Broschüre (vgl. auch Anmerkung auf Seite 49) sind in dieser Tabelle durchgehend Daten für die EU-27 aufgeführt.

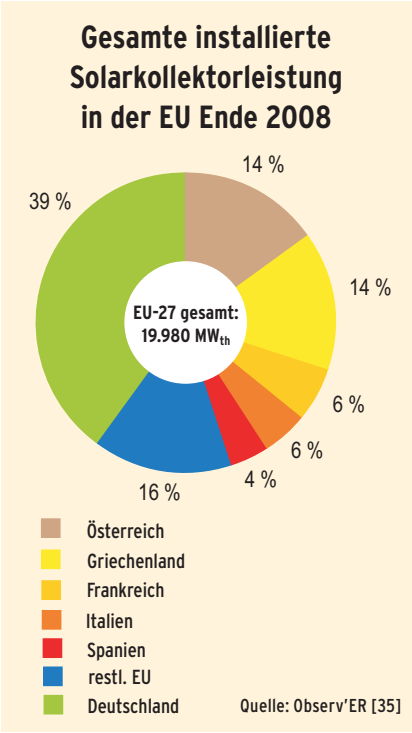
Quelle: nach Eurostat [34]

Entwicklung im Solarthermie-Markt

Der EU-Solarthermie-Markt hat sich 2008 mit einem Wachstum von 51,4 % äußerst positiv entwickelt, insgesamt konnten 3.238,5 MW_{th} (2007: 2.138 MW_{th}) an Solarkollektorleistung zugebaut werden. Dies entspricht einer zusätzlichen Kollektorfläche von rd. 4,6 Mio. m². Die kumulierte Solarkollektorleistung in der EU lag Ende 2008 bei knapp 20 GW_{th}. Die länderspezifische Marktdurchdringung der solarthermischen Anwendungen divergiert jedoch stark. Die Spitzenposition wird hier wie auch in den Vorjahren von Zypern gehalten mit einer Leistung von rd. 590 kW_{th} je 1.000 Einwohner. Der EU-Durchschnitt lag lediglich bei rd. 40 kW_{th} je 1.000 Einwohner [35].

Bis heute ist die Warmwasserbereitung der wichtigste Anwendungsbereich der Solarthermie. In den letzten Jahren wurden jedoch zunehmend Kombianlagen errichtet, die neben der Warmwasserbereitstellung auch zur Deckung des Heizenergiebedarfs beitragen. So betrug der Anteil der in Deutschland im Jahr 2008 installierten Kombianlagen bezogen auf die Anzahl der zugebauten Anlagen fast 50 % und leistungsbezogen sogar rund zwei Drittel.

Ende 2007 waren in Europa insgesamt 130 Großanlagen (≥ 500 m²; 350 kW_{th}) in Betrieb mit einer Leistung von insgesamt 137 MW_{th}, unter anderem auch zur solaren Nah-/Fernwärmeversorgung [58].
Die weltweit größte solare Fernwärmeanlage findet sich in Marstal (Dänemark). Mit einer Kollektorfläche von 18.365 m² und einer thermischen Leistung von 12,9 MW_{th} stellt die Anlage ein Drittel des Wärmebedarfs in Marstal bereit. Die derzeit größte solare Nahwärmeanlage Deutschlands entsteht in Crailsheim, mit einer Leistung von 7 MW_{th} und 10.000 m² Kollektorfläche [93, 97].
Global waren Ende 2007 146,8 GW_{th} an Solarkollektorleistung installiert (für das Jahr 2008 schätzt SHC [58] die Leistung auf 165 GW_{th}). Mit dieser installierten Leistung konnten rund 89 TWh_{th} (320 PJ) produziert werden und damit etwa 39 Mio. Tonnen des Treibhausgases Kohlendioxid vermieden werden. Global waren 2007 in der Solarthermie-Branche schätzungsweise 200.000 Menschen beschäftigt.

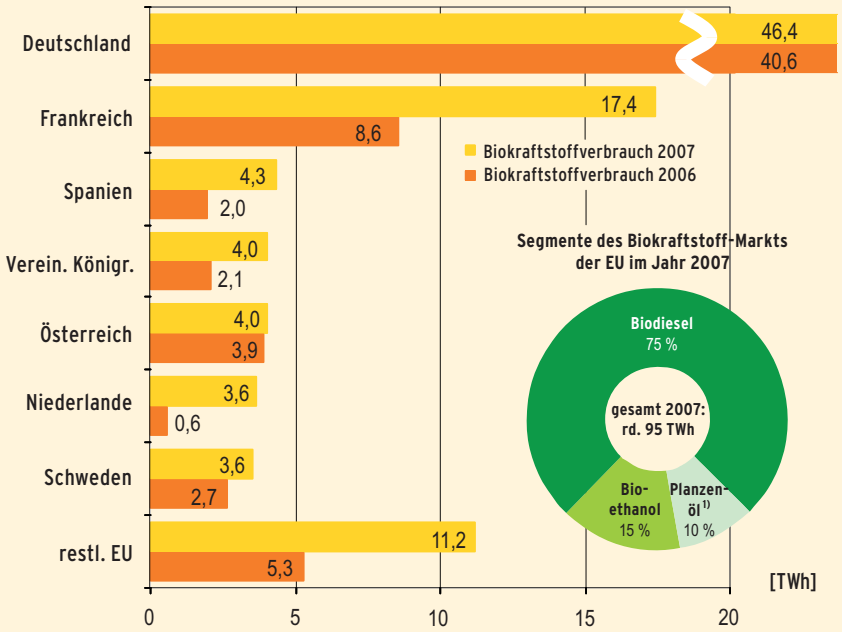


KRAFTSTOFFE AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN IN DER EU

Neben dem Strom- und Wärmesektor ist auch der Verkehrssektor im Hinblick auf eine Steigerung der Substitution von fossilen durch erneuerbare Energieträger relevant. Ein Drittel des gesamten EU-Endenergieverbrauchs ist dem Verkehrssektor zuzurechnen.
Mit einem Anteil von knapp 50 % am gesamten europäischen Biokraftstoffverbrauch spielt Deutschland die führende Rolle im EU-Biokraftstoffmarkt. Insgesamt schätzt Eurobserv'ER den Konsum an Biokraftstoffen im Jahr 2007 in der EU auf rd. 95 TWh. Das entspricht einem Fünftel der globalen Biokraftstoffbereitstellung, die bei geschätzten 450 TWh lag. Der Anteil der Biokraftstoffe am gesamten Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs kann für 2007 global auf ca. 2,4 %[1] geschätzt werden [nach 107].

In der EU ist Biodiesel mit einem Anteil von 75 % am gesamten Biokraftstoffverbrauch der wichtigste Biokraftstoff. Biodiesel wird in der EU überwiegend aus Rapsöl produziert und kann fossilem Diesel beigemischt werden. 2007 wurden EU-weit rd. 71 TWh Biodiesel verbraucht. Der Einsatz von Biodiesel im Straßenverkehr der EU konnte damit gegenüber 2006 um rd. 49 % (+ 23,3 TWh) zulegen. Global betrachtet entfällt auf Biodiesel nur ein Viertel der gesamten Biokraftstoffbereitstellung, der wichtigste Biokraftstoff ist hier das Ethanol bzw. daraus hergestelltes ETBE.
Ethanol wird in der EU vorwiegend durch Fermentation von Zuckerrüben und/oder Getreide erzeugt. Es kann dem Benzin direkt beigemischt werden oder aber zu ETBE (Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether) weiterverarbeitet werden. Im Jahr 2007 konnte der Bioethanol-Verbrauch um rd. 40 % gesteigert werden (Verbrauch 2006: 10,2 TWh). Insgesamt wurden in der EU 2007 14,3 TWh (2006: 10,2 TWh) dieses biogenen Kraftstoffs verwendet.
Neben Biodiesel und Ethanol leistet in der EU auch Pflanzenöl einen nennenswerten Beitrag im Portfolio der Biokraftstoffe. Von insgesamt 9,2 TWh Pflanzenöl 2007 wurden allein in Deutschland 8,8 TWh verbraucht.
Nicht nur im Hinblick auf eine Minderung der Abhängigkeit von Energieimporten ist die Relevanz des Verkehrssektors in Bezug auf den Ausbau der Erneuerbaren offensichtlich. Biokraftstoffe leisten auch einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen im Straßenverkehr.
Mit der Biokraftstoff-Richtlinie 2003/30/EC wurden erste indikative Ziele für Biokraftstoffe auf EU-Ebene formuliert: 2 % Anteil im Jahr 2005 und 5,75 % Anteil im Jahr 2010. Die Umsetzung dieser rechtlich nicht bindenden Zielsetzungen auf nationaler Ebene erfolgte mit unterschiedlicher Intensität. Für das Jahr 2007 schätzt Eurobserv'ER den Anteil der Biokraftstoffe am gesamten Verbrauch des Straßenverkehrs der EU auf 2,7 %[1].
In der neuen EU-Richtlinie (2009/28/EG) wird erstmals ein verbindliches Ziel für den Verkehrssektor formuliert. Bis zum Jahr 2020 soll der Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen in den einzelnen EU-Mitgliedstaaten für alle Verkehrsträger mindestens 10 % des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor entsprechen.
Die Richtlinie stellt nicht explizit auf den Biokraftstoff-Anteil ab, sondern auf Energie aus erneuerbaren Quellen im Allgemeinen. Dies hat zur Folge, dass neben den bereits im Kraftstoffsektor etablierten Biokraftstoffen sowie den heute noch nicht marktreifen Biokraftstoff-Optionen (z. B. Bioethanol aus lignozellulosehaltigen Rohstoffen) zukünftig auch der Beitrag von Strom und Wasserstoff, erzeugt aus erneuerbaren Ressourcen, zur Erfüllung des Mindestanteils herangezogen werden kann.

Verbrauch an Biokraftstoffen im Straßenverkehr der EU im Jahr 2006 und 2007



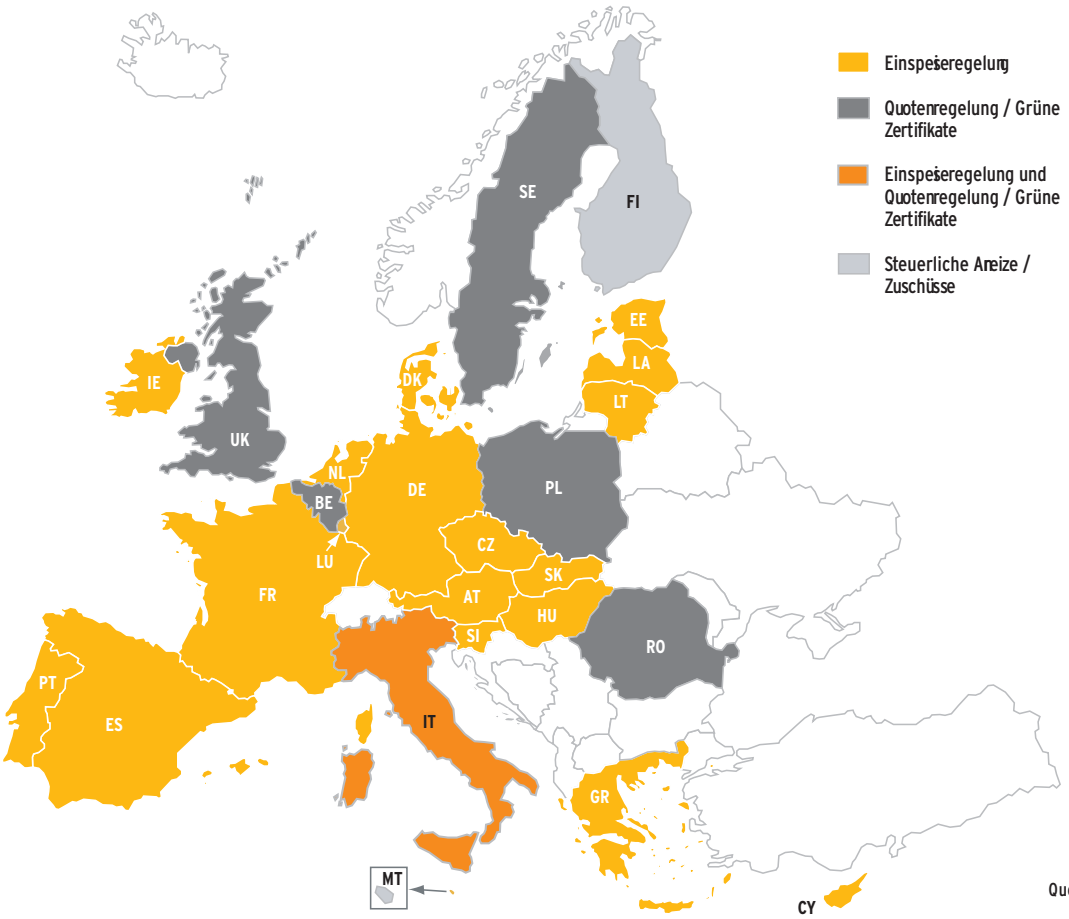
Angaben 2007 geschätzt
1) Pflanzenöl als Biokraftstoff nur in Deutschland, Irland und den Niederlanden; inkl. Biogas (nur Schweden)

Die vorliegende Grafik gibt den derzeitigen Stand verfügbarer Statistiken wieder (siehe Quelle). Diese Daten können von nationalen Statistiken abweichen, unter anderem aufgrund von unterschiedlichen Methodiken.

Quelle: Observ'ER [53]

1) Biokraftstoffmenge 2007 bezogen auf gesamten Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr 2006.

INSTRUMENTE ZUR FÖRDERUNG DER ERNEUERBAREN ENERGIEN IM EU-STROMMARKT



Quelle: Ragwitz [52]

Mit der neuen EU-Richtlinie über erneuerbare Energien (2009/28/EG) wird der Beschluss des Europäischen Rates vom März 2007 umgesetzt, den Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch in der EU bis 2020 auf 20 % auszubauen (s. a. Seite 48). Für Deutschland sieht die Richtlinie für das Jahr 2020 ein verbindliches Ziel des Anteils der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch von 18 % vor. Um dieses Ziel zu erreichen, hat sich Deutschland im Rahmen des integrierten Energie- und Klimapakets das Ziel gesetzt, auf nationaler Ebene im Strombereich bis 2020 einen erneuerbaren Anteil von mindestens 30 % zu realisieren. Nach 2020 soll der Ausbau kontinuierlich weitergeführt werden, was einem Anteil von rund 50 % erneuerbarer Energie im Strombereich in 2030 entspricht.

Das Beispiel der Windenergie und anderer EE-Sparten zeigt, dass die Ausbauerfolge im Stromsektor in den einzelnen EU-Staaten sehr unterschiedlich sind. Dies ist vor allem auf die jeweiligen energiepolitischen Rahmenbedingungen und weniger auf die natürlichen Potenziale zurückzuführen. Speziell das deutsche EEG steht, neben der spanischen Gesetzgebung, im internationalen Vergleich der Fördermodelle sehr gut da. So stellt die Europäische Kommission in ihrem Bericht vom Januar 2008 fest, dass gut ausgestaltete Einspeiseregelungen für Strom aus erneuerbaren Energien, wie im EEG, effektiver und effizienter als andere Instrumente zur Förderung der erneuerbaren Energien sind. Die in einzelnen Ländern bestehenden Quotensysteme mit handelbaren Zertifikaten können dagegen vergleichbare Erfolge bisher nicht vorweisen. Auch sind die Kosten dort höher als in den Ländern mit Einspeiseregelungen. Hier spiegeln sich bei Quotenregelungen insbesondere die höheren Risiken für Anlagenbetreiber wider. Denn während das EEG eine vorab auf 20 Jahre festgelegte technologiespezifische Vergütung gesetzlich garantiert, ist die Förderung in einer Quotenregelung limitiert. Des Weiteren sind die Erlöse aus dem Verkauf des Stroms und der Zertifikate höchst unsicher und hängen von einer Vielzahl von schwer abschätzbaren Faktoren ab. Zudem werden mangels technologiedifferenzierter Förderung nicht alle notwendigen Technologien gefördert und es kommt zu potenziell hohen Mitnahmeeffekten. Durch das EEG hat Deutschland schon 2007 und damit vor der Frist seinen nationalen Beitrag zur Erreichung des von der Europäischen Union formulierten Ausbauziels für 2010 deutlich übererfüllt.

Global hatten Anfang 2009 bereits 45 Länder und weitere 18 Staaten/Provinzen/Gebiete Einspeiseregelungen für Strom aus erneuerbaren Energien eingeführt [33].

Ausgestaltung der Einspeiseregelungen der EU-Mitgliedstaaten

	Abnahme-verpflichtung	Tarif-Differenzierung	Tarif-Degression	Bonus-option	Gleiche Kosten-verteilung	Prognose Verpflichtung
Bulgarien	x	x	-	-	-	-
Dänemark	x (außer Wind onshore)	x	-	x (nur Wind)	x[1)]	-
Deutschland	x	x	x	-	x[1)]	-
Estland	x (bis zur Höhe der Netzverluste)	-	-	x (neuer Gesetzent-wurf)	x	x (neuer Ge-setzentwurf)
Frankreich	x	x	Wind	-	x	-
Griechenland	x	x	-	-	x	-
Irland	x	x	-	-	x	-
Italien	x	x	PV	-	x	-
Lettland	x	x	-	-	-	-
Litauen	x	-	-	-	x	-
Luxemburg	x	x	-	-	x	-
Niederlande [2)]	-	x	-	x	[3)]	-
Österreich	x	x	-	-	x [1)]	-
Portugal	x	x	-	-	x	-
Slowakei	x (bis zur Höhe der Netzverluste)	x	-	-	x	-
Slowenien	x (soweit fixe Vergütung)	x	-	x	x	x
Spanien	x (soweit fixe Vergütung)	x	-	x	x	x
Tschech. Rep.	x (soweit fixe Vergütung)	x	-	x	x	-
Ungarn	x	-	-	-	x	-
Zypern	x	x	-	-	x	-

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

Anmerkung:
Mit dem Energiegesetz 2008 wurde in Großbritannien die gesetzliche Grundlage für die Einführung einer Einspeiseregelung gelegt. Die Förderung von EE-Anlagen (sowie KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung ≤ kW) durch Einspeisevergütungen soll parallel zur bereits bestehenden Quotenregelung erfolgen und ist auf Anlagen mit einer Leistung bis 5 W beschränkt. Die Einführung einer Einspeiseregelung ist bis zum Jahr 2010 geplant.

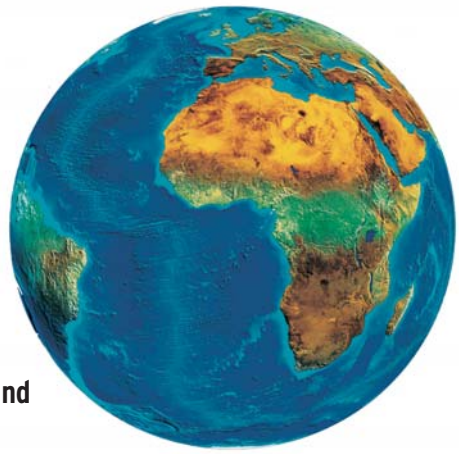
Quelle: BMU [37]

Die obige Tabelle verdeutlicht die unterschiedliche Ausgestaltung der Förderpolitiken der EU-Mitgliedstaaten. Auch die neue EU-Richtlinie zu erneuerbaren Energien lässt den Mitgliedstaaten die erforderliche Flexibilität, um die länderspezifischen Potenziale durch effektive nationale Fördersysteme optimal nutzen zu können.
Allen Interessierten bietet das Bundesumweltministerium unter www.res-legal.de eine kostenlos zugängliche Internet-Datenbank „Rechtsquellen für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien“ („RES LEGAL“). Dort können wesentliche juristische Inhalte zur Förderung und zum Netzzugang von Strom aus erneuerbaren Energien aus 25 EU-Mitgliedstaaten recherchiert werden. Auch technologiespezifische Regelungen werden explizit aufgeführt.

Die International Feed-In Cooperation (IFIC)

Auf der Internationalen Konferenz für Erneuerbare Energien 2004 in Bonn haben Spanien und Deutschland beschlossen, die Erfahrungen mit ihren Einspeisevergütungsregelungen für Strom aus erneuerbaren Energien auszutauschen und stärker zu kooperieren (International Feed-In Cooperation). Durch Unterzeichung einer Gemeinsamen Erklärung im Oktober 2005 wurde dieser Zusammenarbeit eine Basis gegeben. Im Januar 2007 hat auch Slowenien die Gemeinsame Erklärung unterschrieben. Damit setzen diese Staaten die Empfehlung der Kommission um, stärker zu kooperieren. Weitere Staaten haben Interesse gezeigt und sind willkommen.
Ziele der Kooperation sind die Förderung des Austausches von Erfahrungen mit Einspeisevergütungssystemen, deren Optimierung, die Unterstützung anderer Länder bei der Verbesserung und Entwicklung von Einspeisesystemen und das Einbringen der gewonnenen Erfahrungen in internationale Foren, insbesondere in den Prozess der politischen Debatten der Europäischen Union. Insgesamt haben inzwischen weitere 17 EU-Mitgliedstaaten Vorrang- und Vergütungsregelungen, die mit dem deutschen, slowenischen und spanischen System vergleichbar sind (s. a. Grafik Seite 59).
Weitere Informationen zur Kooperation sind im Internet unter www.feed-in-cooperation.org abrufbar.

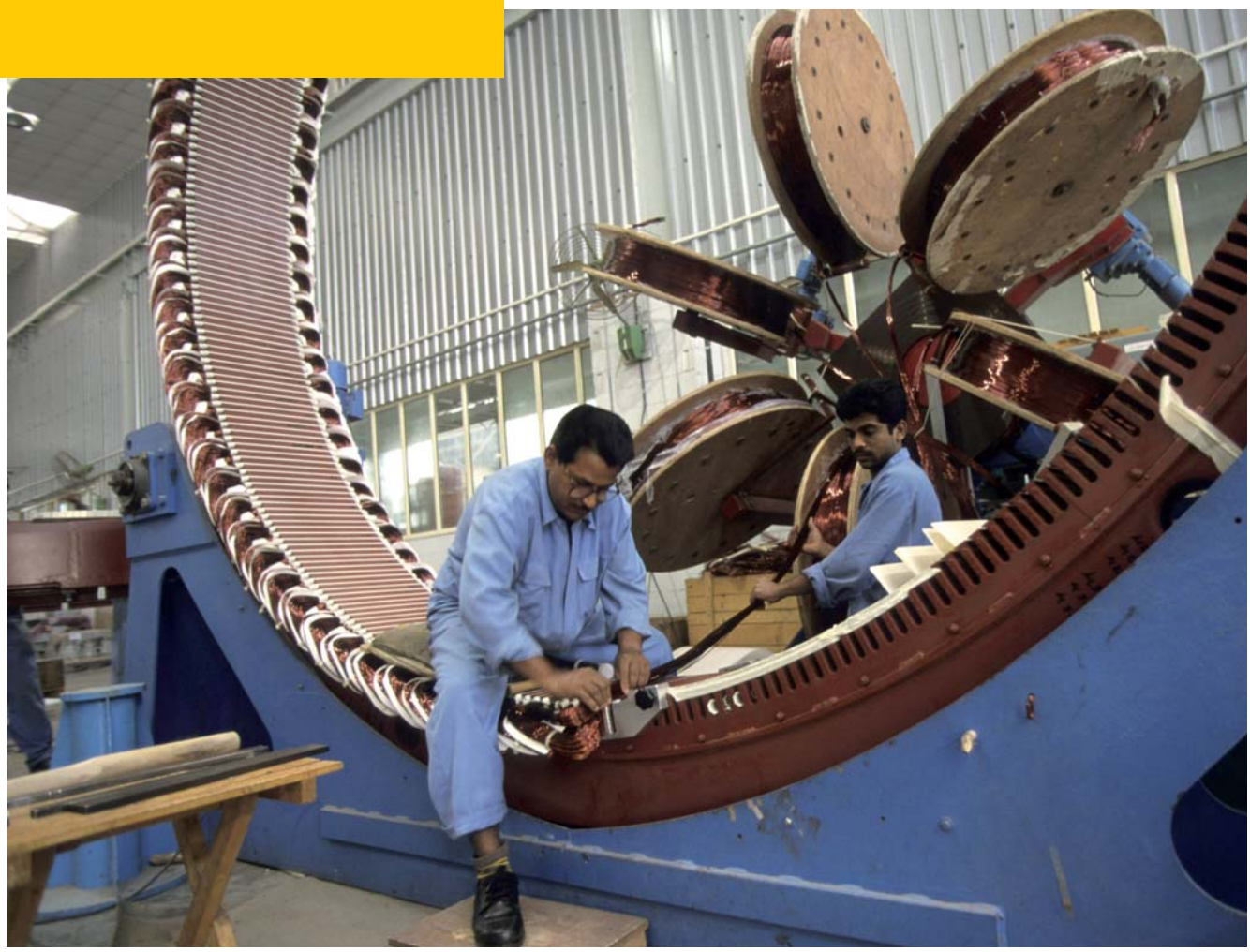
TEIL III: GLOBALE NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN



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

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

Weiterhin sind erneuerbare Energien auch eine Chance für die Entwicklungsländer, denn Zugang zu Energie ist ein Schlüsselfaktor, um die Armut zu bekämpfen. Ein Großteil der Bevölkerung dieser Länder bewohnt den ländlichen Raum. Durch fehlende Übertragungsnetze ist hier eine konventionelle Energieversorgung nicht möglich. Aufgrund des dezentralen Charakters können die Erneuerbaren die Basisversorgung liefern, z.B. in Form von netzfernen Photovoltaikanlagen für den häuslichen Bedarf. In mehr als 2,5 Mio. Haushalten in den Entwicklungsländern wird heute Strom mittels einer Photovoltaikanlage erzeugt [33]. Erneuerbare Energien ermöglichen so mehr Menschen einen Zugang zu modernen Energieformen – insbesondere Elektrizität – und damit verbesserte Lebensbedingungen und wirtschaftliche Entwicklungschancen.

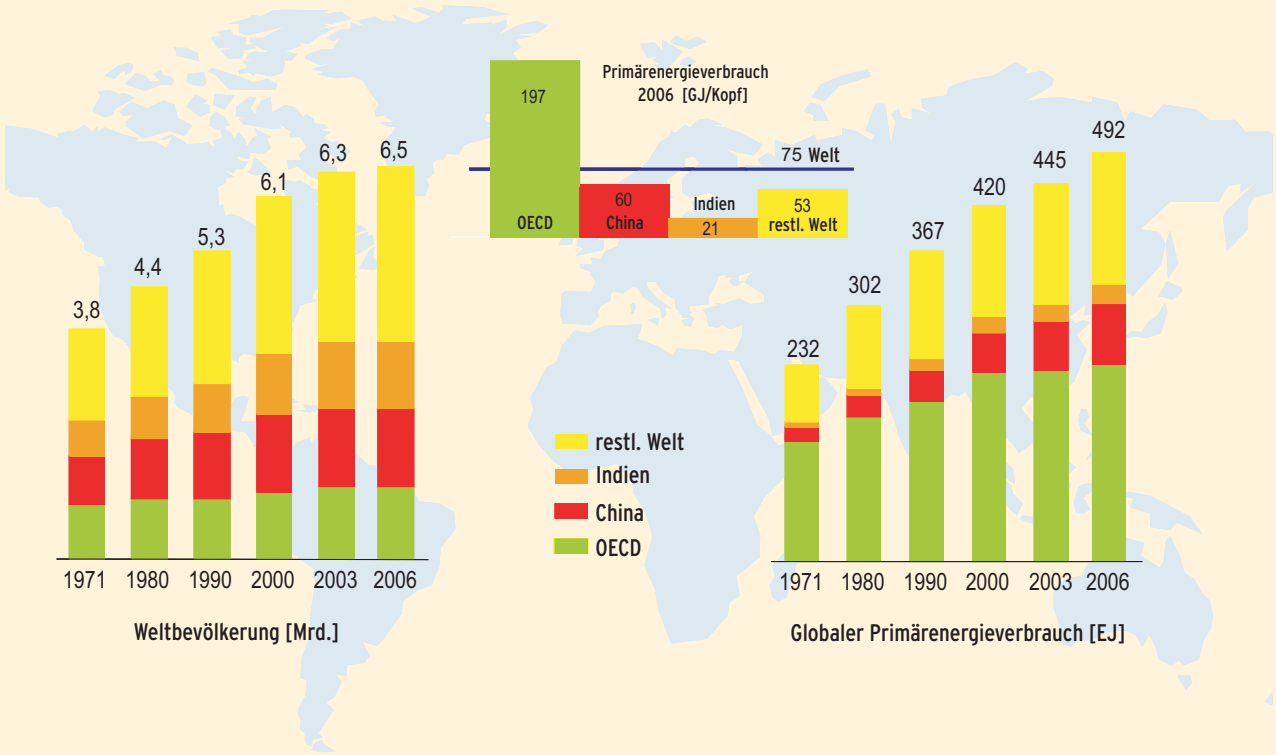


Der hohe Stellenwert der erneuerbaren Energien für eine nachhaltige Entwicklung ist allgemein anerkannt. Auf nationaler Ebene werden heute verschiedene Instrumente zur Förderung der Entwicklung der erneuerbaren Energien eingesetzt (s.a. Seiten 36 - 39 und 59 - 60). Betrachtet man die absoluten Zahlen, so ist die globale Bereitstellung erneuerbarer Primärenergie 2006 um 3,3 % auf rund 62.500 PJ angewachsen (2005: rd. 60.500 PJ). Durchschnittlich konnten die Erneuerbaren seit 1990 jährlich um 1,8 % zulegen. Dennoch liegt der Anteil der erneuerbaren Energiebereitstellung am globalen Primärenergieverbrauch bereits seit den achtziger Jahren in der Regel immer knapp unter der 13 %-Marke (2006: 12,7 %). Das bedeutet: Der Anstieg des gesamten Primärenergieverbrauchs konnte durch den Zuwachs der erneuerbaren Energiebereitstellung gerade kompensiert werden.

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

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass zur Bewältigung der Herausforderungen für die globale Energieversorgung und insbesondere den Klimaschutz neben der effizienteren Nutzung von Energie vor allem die Entwicklungsdynamik der erneuerbaren Energien erhöht werden muss. Dies gilt vor allem für die Wind-, Solar- und Meeresenergie (die so genannten „neuen“ Erneuerbaren), aber auch für die Geothermie und moderne Verfahren der Biomassenutzung. Die bislang dominierenden klassischen Nutzungsformen – Wärmebereitstellung aus Brennholz und Holzkohle (traditionelle Biomassenutzung) sowie Stromerzeugung aus Wasserkraft – stoßen zunehmend an ihre Grenzen und stellen zuweilen keine nachhaltige Nutzung der erneuerbaren Energien dar (vgl. auch Seite 65).

Entwicklung von Weltbevölkerung und globalem Primärenergieverbrauch

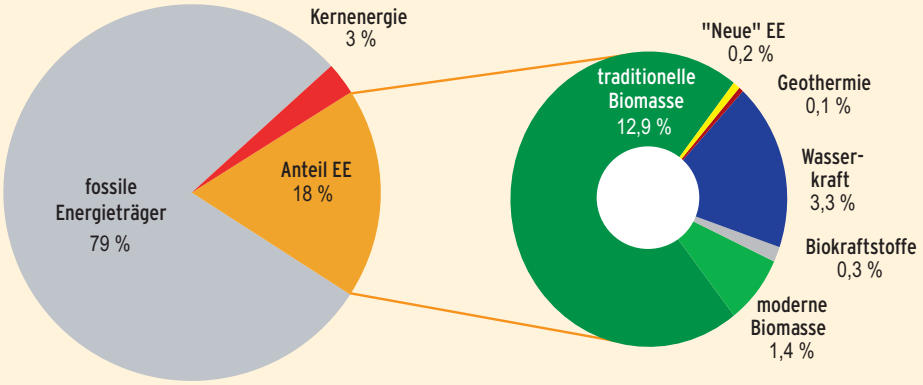


PEV berechnet nach Wirkungsgradmethode

Quelle: IEA [54], [63]

GLOBALE ENERGIEBEREITSTELLUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN

Struktur des globalen Endenergieverbrauchs im Jahr 2006



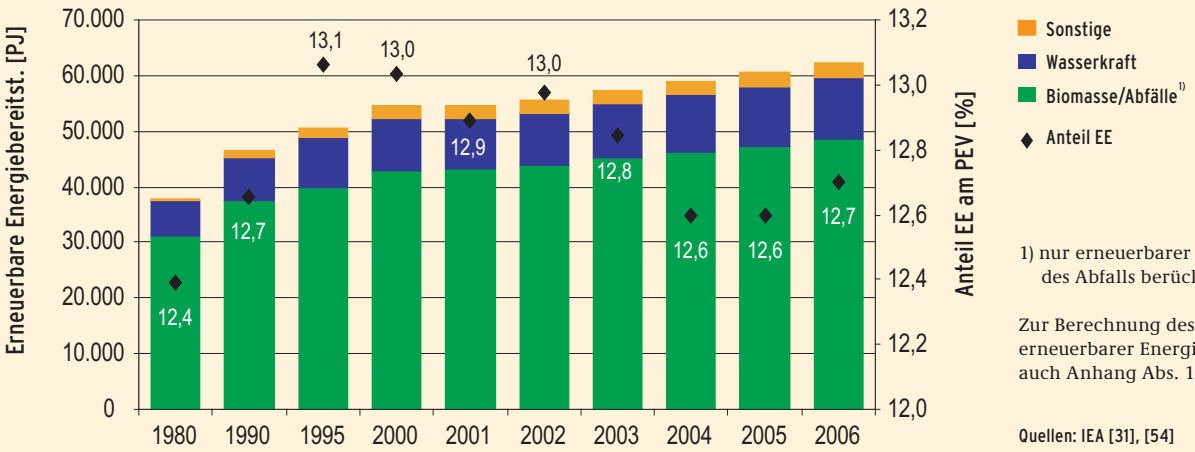
Der globale erneuerbare Endenergieanteil ist höher als der globale erneuerbare Primärenergieanteil. Dies ist zum Teil auf die traditionelle Biomasse zurückzuführen, die gänzlich Endenergieverbrauch darstellt [33]. Des Weiteren ist die Höhe des Primärenergieanteils auch davon abhängig, welche Methode der Berechnung des Primärenergieäquivalents der erneuerbaren Energien zugrunde liegt (vgl. Anhang Abs. 5, 11 und 12).

Neue EE = Wind-, Solar- und Meeresenergie

Quelle: nach REN21 [33]

2006 konnte ein knappes Fünftel (18 %) der globalen Nachfrage nach Endenergie durch erneuerbare Energien bestritten werden. Allerdings entfällt mit einem 13 %igen Anteil der Großteil auf die traditionelle Biomassenutzung (vgl. auch Seite 65). 3 % können der großen Wasserkraft (> 10 MW) zugerechnet werden. Der verbleibende Anteil von 2,4 % verteilt sich auf die weiteren Erneuerbare-Energien-Technologien. Betrachtet man die Entwicklung des Zubaus der globalen Produktionskapazitäten dieser Technologien, so zeichnet sich ein erfreulicher Trend ab. So konnten z.B. Windkraft, geothermische Wärmeerzeugung, solare Warmwasserbereitung und Inselsystem-Photovoltaik im Fünf-Jahres-Zeitraum 2002 bis Ende 2006 die Kapazitäten jährlich um 15 - 30 % ausbauen. Die netzgekoppelte Photovoltaik lag mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 60 % deutlich vor allen anderen erneuerbaren Technologien [33].
Die Entwicklung des globalen Endenergieverbrauchs folgt dem Trend des Primärenergieverbrauchs, der sich seit 1971 beinahe verdoppelt hat (2006: rd. 491.600 PJ). Allein im Jahr 2006 stieg der globale Bedarf an Energie um etwa 2,5 % bzw. in absoluten Zahlen um rund 12.000 PJ (zum Vergleich: Der gesamte Primärenergieverbrauch in Deutschland betrug im Jahr 2008 rund 14.000 PJ).

Entwicklung der globalen erneuerbaren Primärenergiebereitstellung und des Anteils erneuerbarer Energien

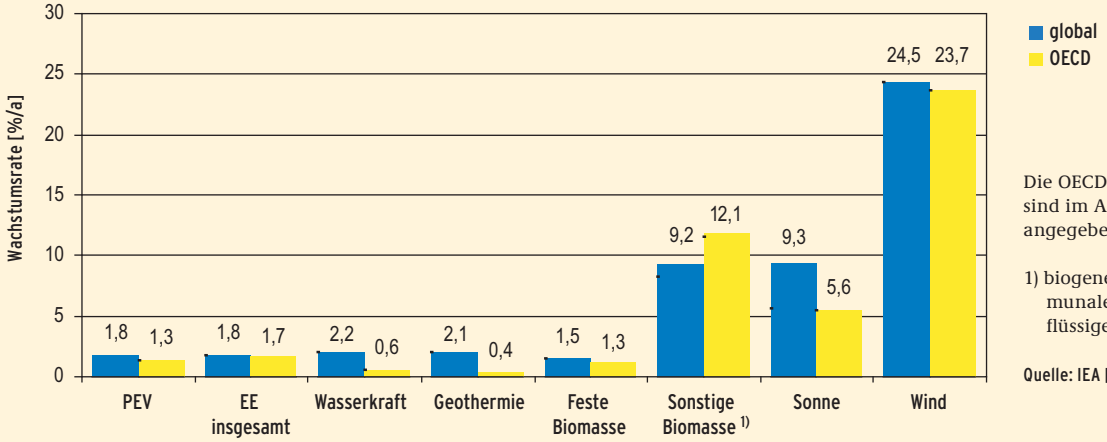


1) nur erneuerbarer Anteil des Abfalls berücksichtigt

Zur Berechnung des Anteils erneuerbarer Energien siehe auch Anhang Abs. 12.

Quellen: IEA [31], [54]

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



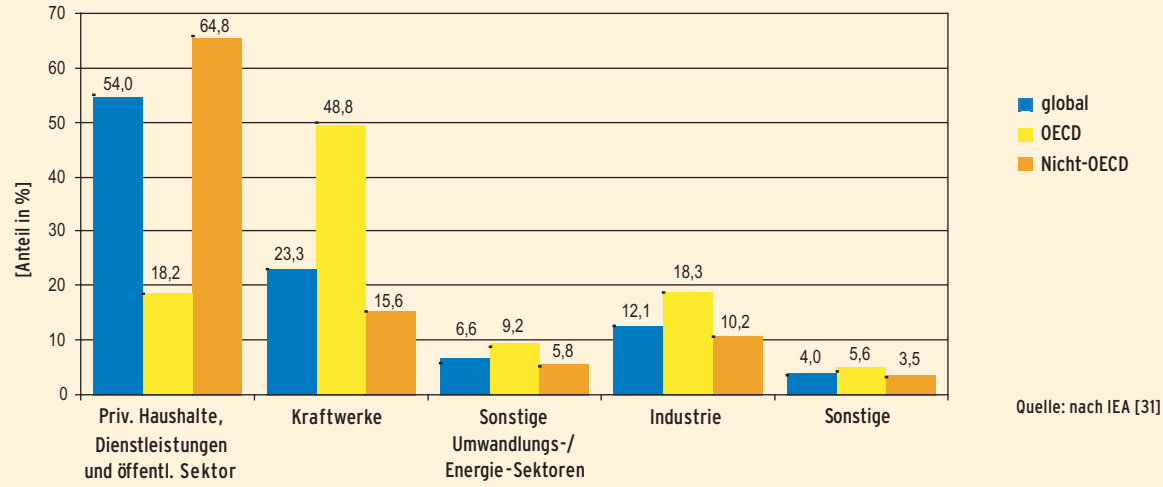
Die OECD-Mitgliedstaaten sind im Anhang Abs. 10 angegeben.

1) biogener Anteil des kommunalen Abfalls, Biogas, flüssige Biomasse

Quelle: IEA [31]

Vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele des Kyoto-Protokolls ist die Entwicklung der erneuerbaren Energien seit dem Jahr 1990 von besonderem Interesse. Bisher ist es jedoch nicht gelungen, ihren Stellenwert in der Energieversorgung deutlich zu erhöhen. Global stieg die Energiebereitstellung bis zum Jahr 2006 um durchschnittlich 1,8 % p.a. und konnte damit lediglich das Wachstum des gesamten Primärenergieverbrauchs kompensieren. In den Industrieländern (OECD) kann seit dem Jahr 2005 eine Trendänderung beobachtet werden, da das Wachstum der erneuerbaren Energiebereitstellung mit 1,5 % p.a. im 5-Jahres-Zeitraum erstmals über dem Wachstum des gesamten Primärenergieverbrauchs (2005: 1,4 % p.a.) lag. Im Jahr 2006 konnten die Erneuerbaren bereits ein Wachstum von 1,7 % p.a. verzeichnen, während die Wachstumsrate des gesamten Primärenergieverbrauchs der OECD von 1,4 % p.a. im Jahr 2005 auf 1,3 % p.a. im Jahr 2006 leicht rückläufig war. Der prozentuale Anteil der erneuerbaren Energien lag mit 6,2 % nur 0,4 % über dem Anteil des Jahres 1990. Für das Jahr 2007 schätzt die Internationale Energieagentur den Anteil auf 6,4 %.

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



Quelle: nach IEA [31]

Global werden heute 54 % der erneuerbaren Energien zur Wärmebereitstellung in privaten Haushalten sowie im öffentlichen Sektor und im Dienstleistungssektor genutzt. Im Wesentlichen handelt es sich hierbei um Holz und Holzkohle. Den zweiten wichtigen Anwendungsbereich stellt die Stromerzeugung dar. Allerdings bestehen erhebliche regionale Unterschiede: Während in den Industrieländern (OECD) die Hälfte der erneuerbaren Energien der Stromerzeugung dient, sind es in den Nicht-OECD-Ländern nur 15,6 %. Entsprechend groß ist hier mit knapp 65 % der Anteil zur dezentralen Wärmebereitstellung, der in den OECD-Ländern nur rund 18 % beträgt.

REGIONALE NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN IM JAHR 2006 – GLOBAL

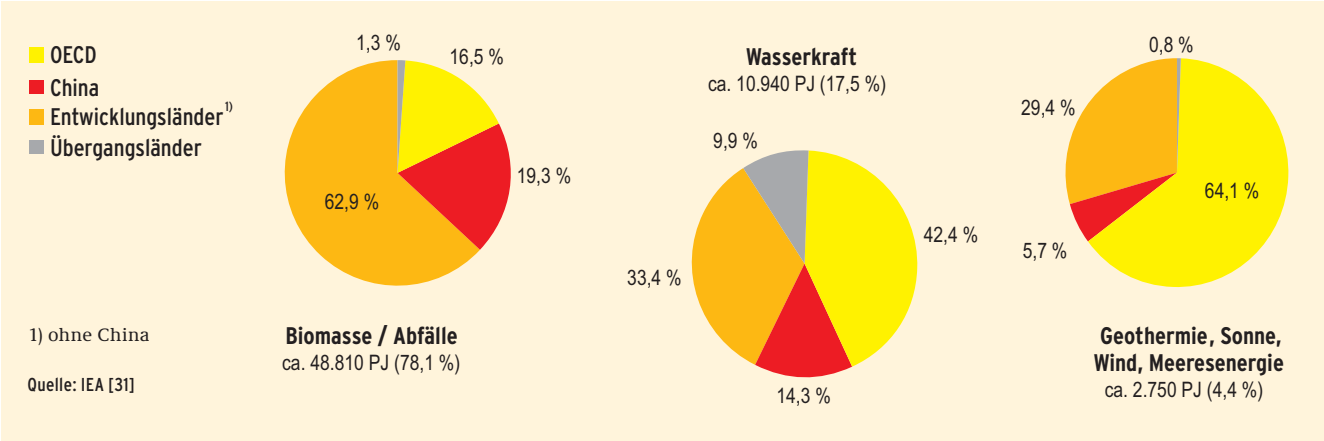
	PEV	davon EE	Anteil EE am PEV	Anteil der wichtigsten EE am Gesamtanteil EE [%]		
	[PJ]	[PJ]	[%]	Wasser	Biomasse / Abfälle [1]	Sonstige [2]
Afrika	25.749	12.619	49,0	2,7	97,0	0,3
Lateinamerika [3]	22.216	6.699	30,2	35,1	63,4	1,5
Asien [3]	55.740	15.667	28,1	5,5	90,3	4,2
China	79.388	11.171	14,1	14,0	84,5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

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

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

PEV berechnet nach der Wirkungsgradmethode, s.a. Anhang Abs. 12

Quelle: IEA [31]



1) ohne China

Quelle: IEA [31]

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

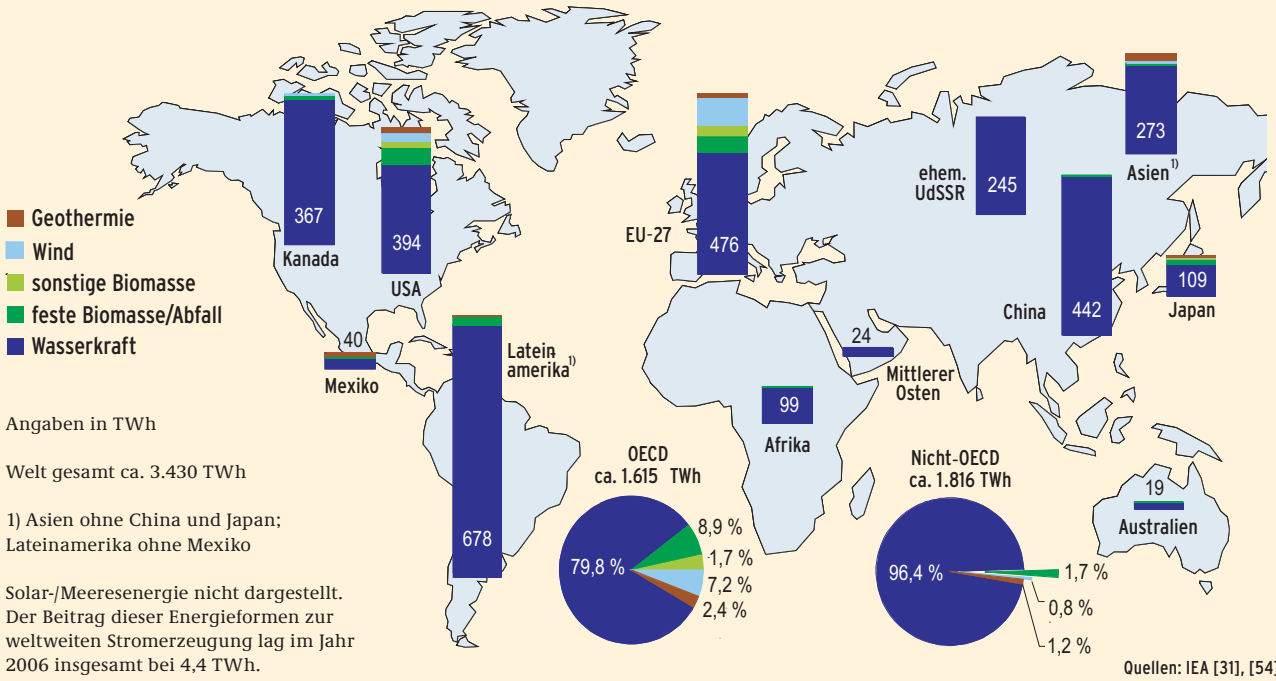
Quelle: nach IEA [23]

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

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

GLOBALE STROMERZEUGUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in verschiedenen Regionen im Jahr 2006



Angaben in TWh

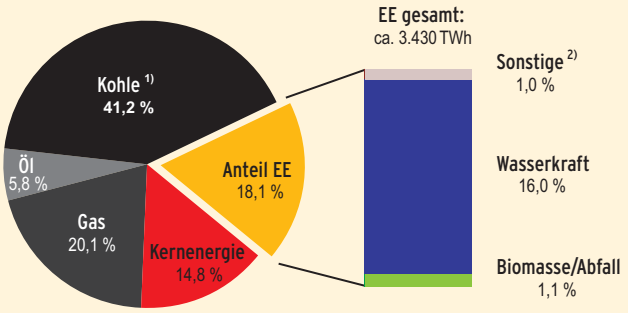
Welt gesamt ca. 3.430 TWh

1) Asien ohne China und Japan; Lateinamerika ohne Mexiko

Solar-/Meeresenergie nicht dargestellt. Der Beitrag dieser Energieformen zur weltweiten Stromerzeugung lag im Jahr 2006 insgesamt bei 4,4 TWh.

Quellen: IEA [31], [54]

Anteile erneuerbarer Energien an der globalen Stromerzeugung im Jahr 2006



Die globale Stromerzeugung aus Wasserkraft ist mit einem 16 %-Anteil höher als die der Kernenergie (14,8 %). Betrachtet man die Anteile am PEV so wird dieses Verhältnis umgekehrt, Kernenergie stellt mit 6,2 % einen deutlich größeren Anteil am PEV als die Wasserkraft mit 2,2 %. Ursächlich für diese Verzerrung ist, dass entsprechend internationaler Vereinbarungen Elektrizität aus Kernenergie primärenergetisch mit einer durchschnittlichen Umwandlungseffizienz von 33 % bewertet wird, während bei der Stromerzeugung aus Wasserkraft nach der so genannten Wirkungsgradmethode ein Wirkungsgrad von 100 % angesetzt wird; s.a. Anhang Abs. 5.

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

Quellen: IEA [31], [54]

Knapp ein Fünftel der globalen Stromerzeugung konnte im Jahr 2006 durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden. Mit 19,5 % im Jahr 1990 und 18,1 % im Jahr 2006 konnte der erneuerbare globale Stromanteil jedoch im Zeitablauf die 20 %-Grenze nicht überwinden und war sogar rückläufig. Die weitere Entwicklung des Anteils wird durch die unterschiedlichen Rahmenbedingungen in den Industrieländern der OECD sowie den nicht der OECD zugehörigen Ländern (Nicht-OECD) beeinflusst.

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

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

INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA))

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY IRENA

Die Internationale Organisation für Erneuerbare Energien (International Renewable Energy Agency (IRENA)) wurde am 26. Januar 2009 in Bonn gegründet. 75 von 124 teilnehmenden Staaten unterzeichneten das Statut (Gründungsvertrag). Mittlerweile sind mehr als 130 Staaten weltweit der auf eine Initiative der Bundesregierung zurückgehenden Organisation beigetreten. Als internationale Regierungsorganisation ist es Ziel von IRENA, Industrie- und Entwicklungsländer beim Ausbau erneuerbarer Energien zu beraten und zu unterstützen. IRENA wird die weltweite Verbreitung aller nachhaltig genutzten regenerativen Energieträger fördern und beschleunigen. IRENA wird Wissensträger für erfolgreiche politische Maßnahmen und praktische Anwendungen sein und darüber hinaus technologisches Know-how zu erneuerbaren Energien zur Verfügung stellen. Der Gründungsvertrag tritt in Kraft, wenn 25 Staaten nach den jeweiligen innerstaatlichen Regeln den Vertrag ratifiziert haben. Bis dahin trifft eine auf der Gründungskonferenz eingesetzte Vorbereitungskommission, der alle Signatarstaaten angehören alle für den Aufbau der Organisation erforderlichen Entscheidungen. Auf ihrer zweiten Sitzung am 29. und 30. Juni 2009 in Sharm EL Sheikh, Ägypten, hat die Vorbereitungskommission über den Sitz entschieden und die Französin Hélène Pelosse als erste Generaldirektorin ernannt. Der Hauptsitz von IRENA wird in Abu Dhabi aufgebaut. Zudem wird in Bonn ein Innovationszentrum errichtet. Wien erhält ein Verbindungsbüro für Kontakte zur UN und anderen internationalen Institutionen. Weitere Informationen finden sich im Internet unter www.irena.org.

Ehemaliger Plenarsaal des Deutschen Bundestages in Bonn, Veranstaltungsort der Gründungskonferenz

INTERNATIONALE KONFERENZ FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN – RENEWABLES2004 – UND DER FOLGEPROZESS

Die Internationale Konferenz für Erneuerbare Energien – renewables2004 – hat einen Aufbruch zum Ausbau der erneuerbaren Energien im globalen Kontext initiiert. Die erfolgreiche Umsetzung der knapp 200 Aktionen des Internationalen Aktionsprogramms (IAP) von Bonn trägt bereits heute zum globalen Klimaschutz und zur nachhaltigen Entwicklung bei und bei vollständiger Umsetzung des IAP können bis zum Jahr 2015 1,2 Mrd. t CO_2/Jahr weniger emittiert werden. Dies entspricht etwa 5 % der globalen Emissionen im Jahre 2015. Darüber hinaus wird durch die Umsetzung des IAP bis zu 300 Mio. Menschen erstmals Zugang zu Strom ermöglicht. Die Abschlussdokumentation mit Konferenzdokumenten und der Auswertung des IAP ist abrufbar unter www.renewables2004.de.

Ein weiteres Konferenzergebnis ist die Gründung eines globalen Politiknetzwerkes (Renewable Energy Policy Network – REN21).
Im REN21-Netzwerk arbeiten Regierungen, internationale Organisationen und Vertreter der Zivilgesellschaft für die weltweite Förderung der erneuerbaren Energien zusammen. REN21 veröffentlicht jährlich einen globalen Statusbericht. Dieser gibt einen umfassenden Überblick über Förderpolitiken, Märkte sowie Investitionen und Arbeitsplätze (im Internet unter www.ren21.net). Zudem unterstützt REN21 den Bericht „Global Trends in Sustainable Energy Investments“ (im Internet unter www.sefi.unep.org). Darüber hinaus verfolgt das REN21-Netzwerk die Umsetzung des IAP. REN21 unterstützte zudem die Umsetzung der Bonner Beschlüsse bei den Vereinten Nationen, insbesondere bei der 14. und 15. Sitzung der VN-Kommission für nachhaltige Entwicklung.

Im Anschluss an die Bonner Konferenz hat sich ein fester Prozess von Folgekonferenzen etabliert.
Im Jahr 2005 führte die chinesische Regierung die erste Nachfolgekonferenz Beijing International Renewable Energy Conference (BIREC 2005) mit Unterstützung der deutschen Bundesregierung durch. Die Konferenz war mit 1.300 Teilnehmern aus 100 Ländern, darunter 30 Regierungsvertreter auf Ministerebene, sehr erfolgreich.
2008 fand auf Einladung der US-Regierung die zweite Nachfolgekonferenz, die Washington International Renewable Energy Conference (WIREC), statt. Wesentliches Ergebnis der Konferenz ist ein Aktionsprogramm, das aus über 90 Verpflichtungserklärungen von Regierungen, Unternehmen und Zivilgesellschaften besteht. Diese Verpflichtungserklärungen sind über die Konferenzwebsite www.wirec2008.gov abrufbar.
Die dritte Nachfolgekonferenz wird voraussichtlich in der zweiten Jahreshälfte 2010 von der indischen Regierung durchgeführt werden.
Darüber hinaus unterstützt die Bundesregierung regionale Aktivitäten und die Zusammenarbeit mit wichtigen Entwicklungs- und Schwellenländern. Dazu gehört die Förderung der erneuerbaren Energien in den arabischen Ländern u. a. über die arabische Initiative der Middle East and North Africa Renewable Energy Conferences (MENAREC), 2004 in Sana’a (Jemen), 2005 in Amman (Jordanien), 2006 in Kairo (Ägypten) und 2007 in Damaskus (Syrien). Die fünfte Konferenz wird 2010 in Marokko stattfinden. Im Rahmen des deutsch-indischen Energieforums und des deutsch-brasilianischen Energieabkommens wird ebenfalls der Ausbau der erneuerbaren Energien gefördert.

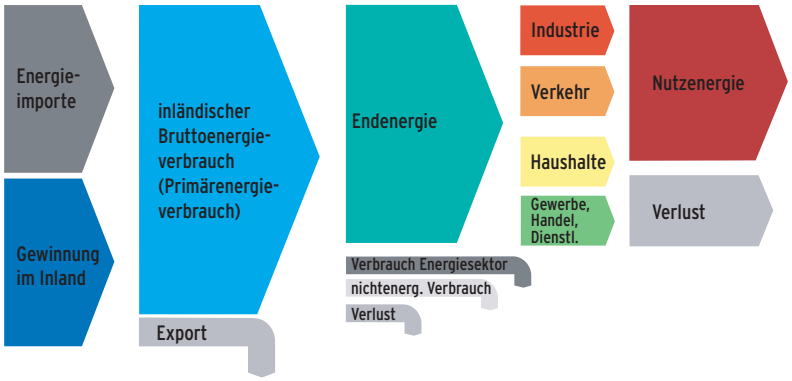
Auf Initiative des BMU wurde das Implementing Agreement Renewable Energy Technology Deployment (RETD) gegründet. Es handelt sich dabei um ein technologieübergreifendes Abkommen, das im Rahmen der Internationalen Energieagentur (IEA) die Markteinführung von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien beschleunigen soll. Das Abkommen wurde 2005 geschlossen, mittlerweile sind 10 Staaten aktiv beteiligt (Deutschland, Frankreich, Japan, Italien, Großbritannien, Dänemark, Niederlande, Kanada, Irland und Norwegen). RETD unterstützt entsprechende Projekte zu erneuerbaren Energien und führt Expertentagungen durch, zuletzt im April 2009. Weitere Informationen unter www.iea-retd.org.

ANHANG: METHODISCHE HINWEISE

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

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

Schematische Darstellung des Energieflusses



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

Ein Energieflussbild für das Jahr 2007 für Deutschland finden Sie auf den Internetseiten der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) unter www.ag-energiebilanzen.de.

Quelle: nach Erdmann [61]

1. Berechnung der Vermeidungsfaktoren und der vermiedenen Emissionen für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

In die Berechnung der vermiedenen Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien gehen das Mengengerüst der erneuerbaren Stromerzeugung sowie Substitutions- und Emissionsfaktoren ein. Substitutionsfaktoren drücken aus, welche fossilen Brennstoffe durch die jeweilige erneuerbare Energiequelle ersetzt werden. Emissionsfaktoren geben die Menge emittierter Treibhausgase und Luftschadstoffe je Einheit fossiler bzw. erneuerbarer Stromerzeugung an. Sie setzen sich aus den direkten Emissionen bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe und den Emissionen aus der so genannten Vorkette zusammen. Die Vorkette beinhaltet den Schadstoffausstoß bei der Herstellung der Erzeugungsanlagen sowie bei der Gewinnung, Aufbereitung und dem Transport der fossilen wie erneuerbaren Energieträger. Bei gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung erfolgt eine Allokation gemäß der in der EU-RL 2004/8/EG festgelegten „Finnischen Methode“.
Die verwendeten Substitutionsfaktoren beruhen auf dem „Gutachten zur CO_2- Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2006 und 2007“ (Klobasa et al. [41]). Über ein Strommarktmodell wurde dort ermittelt, in welchem Ausmaß erneuerbare Energien bei dem zurzeit vorhandenen Kraftwerkspark konventionelle Energieträger ersetzen. Zur Berechnung der Emissionseinsparungen wurden die Substitutionsfaktoren aus dem Jahr 2006 angesetzt. Die von Kernkraftwerken bereitgestellte Grundlast wird demnach gegenwärtig nicht durch erneuerbare Energien substituiert, da sie gegenüber Braunkohlekraftwerken geringere variable Kosten aufweist.
Die Emissionsfaktoren für fossile und erneuerbare Stromproduktion wurden aus verschiedenen Datenbanken entnommen bzw. aus Forschungsprojekten abgeleitet. Die direkten Emissionsfaktoren der fossilen Stromerzeugung entstammen hierbei der UBA-Datenbank zur nationalen Emissionsberichterstattung (ZSE) [24]; die Emissionen der fossilen Vorketten wurden der Datenbank GEMIS des Öko-Instituts [22] entnommen. Für die Emissionsfaktoren der erneuerbaren Energien wurden repräsentative Datensätze aus verschiedenen Datenbanken ausgewählt und teilweise angepasst. Als Quellen wurden insbesondere Öko-Institut [22], Ecoinvent [111], UBA [24], Vogt et al. [112], Ciroth [113] und Frick et al. [115] herangezogen. Ausführliche Angaben zur Berechnungsmethodik und den Datenquellen sind in UBA [110] dargestellt.

1) EE-Strom substituiert x % konventionellen Strom.
2) Anteil des biogenen Abfalls mit 50 % angesetzt

	Substitutionsfaktoren des EE-Strom [1]				
	Kernkraft	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöle
Wasser	0 %	30 %	45 %	25 %	0 %
Wind	0 %	11 %	63 %	24 %	2 %
Photovoltaik	0 %	0 %	50 %	50 %	0 %
feste Biomasse	0 %	16 %	59 %	25 %	0 %
flüss. Brennstoffe	0 %	5 %	62 %	32 %	1 %
Biogas	0 %	5 %	62 %	32 %	1 %
Deponiegas	0 %	5 %	62 %	32 %	1 %
Klärgas	0 %	5 %	62 %	32 %	1 %
biog. Anteil des Abfalls [2]	0 %	16 %	59 %	25 %	0 %
Geothermie	0 %	30 %	45 %	25 %	0 %

Quelle: Klobasa et al. [41]

2. Berechnung der Vermeidungsfaktoren und der vermiedenen Emissionen für die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien

Die Berechnung der durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmesektor vermiedenen Emissionen an Treibhausgasen und Luftschadstoffen erfolgt in drei Schritten:
Zunächst wurden für jeden der erneuerbaren Wärmebereitstellungspfade Substitutionsfaktoren ermittelt. Diese geben an, welche fossilen Primär-, aber auch Sekundärenergieträger wie Fernwärme oder Strom die erneuerbare Wärmebereitstellung übernehmen müssten, wenn letztere nicht verfügbar wäre. Wichtige Hinweise hierzu lieferten die Ergebnisse einer empirischen Erhebung zum Einsatz von Solarthermie, Wärmepumpen und Holzfeuerungen in privaten Haushalten [114]. Darüber hinaus wurden Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen zum Energieverbrauch der Wirtschaftszweige Verarbeitung von Steinen und Erden, Papierindustrie und sonstige Gewerbe (u.a. Holzwirtschaft) sowie der privaten Haushalte herangezogen. Hinsichtlich der Bereitstellung erneuerbarer Fern- und Nahwärme aus Holz, aus dem biogenen Anteil des Abfalls und aus Geothermie wird angenommen, dass diese zu 100 % fossil erzeugte Fernwärme ersetzt und die Netzverluste gleich sind.
In einem zweiten Schritt werden Emissionsfaktoren sowohl für die erneuerbare Wärmebereitstellung in privaten Haushalten, Landwirtschaft und Industrie als auch für die entsprechend vermiedene fossile Wärmebereitstellung aus UBA [24], Öko-Institut [22], Ecoinvent [111], Vogt et al. [112], Ciroth [113], Frick et al. [115] entnommen bzw. abgeleitet. Die Emissionsfaktoren beziehen dabei die gesamte „Vorkette“ der Bereitstellung fossiler wie erneuerbarer Energieträger mit ein. Bei gekoppelter Strom- und Wärmerzeugung erfolgt eine Allokation auf Strom und Wärme gemäß der in der EU-RL 2004/8/EG vorgesehenen „Finnischen Methode“.
Im letzten Bilanzierungsschritt werden die vermiedenen fossilen Emissionen den bei der Nutzung erneuerbarer Energien auftretenden Emissionen gegenübergestellt, um die Netto-Vermeidung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen zu ermitteln. Ausführliche Angaben zur Berechnungsmethodik und den Datenquellen sind in UBA [110] dargestellt.

Quelle: UBA [110], [24] auf Basis AGEE-Stat und Frondel et al. [114]; AGEB [1], [18]

	Substitutionsfaktoren der EE-Wärme					
	Heizöl	Erdgas	Steinkohle	Braunkohle	Fernwärme	El. Heizung
Holz-Einzelöfen (Haushalte)	41 %	50 %	0 %	1 %	2 %	6 %
Holz-Zentralfeuerungen (Haush.)	65 %	20 %	2 %	3 %	0 %	10 %
feste Biomasse (Industrie)	11 %	62 %	11 %	13 %	4 %	0 %
feste Biomasse-Heiz(kraft)werke	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %
flüssige Biomasse (Industrie)	4 %	78 %	11 %	2 %	5 %	0 %
flüssige Biomasse (Haushalte)	35 %	48 %	1 %	1 %	6 %	8 %
Bio-, Klär-, Deponiegas – BHKW	48 %	46 %	6 %	0 %	0 %	0 %
biogener Anteil d. Abfall – H(K)W	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %
Tiefen-Geothermie – H(K)W	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %
Solarthermie (Haushalte)	45 %	51 %	0 %	0 %	2 %	3 %
Wärmepumpen (Haushalte)	45 %	44 %	1 %	2 %	5 %	3 %
Gesamt	**33 %**	**43 %**	**3 %**	**3 %**	**13 %**	**4 %**

3. Berechnung der Vermeidungsfaktoren und der vermiedenen Emissionen bei der Verwendung von Biokraftstoffen

Die Berechnung der durch die Verwendung von Biokraftstoffen vermiedenen Emissionen an Treibhausgasen beruht auf folgenden Eckpunkten:

- Stärkere Berücksichtigung der Art und Herkunft der Rohstoffe zur Biokraftstofferzeugung sowie Einbeziehung von Biokraftstoffimporten
- Allokation der Haupt- und Nebenprodukte auf Basis der unteren Heizwerte
- Berücksichtigung unterschiedlicher Produktionstechnologien/Energieversorgung
- Bezug auf die typischen Werte der EU-EE-Richtlinie

Die Substitutionsbeziehungen sind sehr einfach: 1 kWh Bioethanol ersetzt 1 kWh Benzin, und 1 kWh Biodiesel bzw. Pflanzenöl ersetzt 1 kWh mineralischen Diesel. Die Biokraftstoffe werden analog zu den fossilen Kraftstoffen einzelnen Fahrzeugarten/Fahrmodi (Strukturelemente in TREMOD und im ZSE) zugeordnet. Eine Differenzierung der fahrzeugbedingten Emissionen durch den Einsatz von Biokraftstoffen bzw. von konventionellen Kraftstoffen erfolgt nicht.

Die Rohstoffgrundlagen bzw. die Herkunft der Rohstoffe sind ein wesentlicher Faktor für die Höhe der Emissionsvermeidung beim Einsatz von Biokraftstoffen. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht dazu.

Anteile einzelner Rohstoffe an der gesamten Biokraftstoffverwendung in Deutschland im Jahr 2008 (in %)

	Raps	Soja	Palm	Abfälle	Getreide	Zuckerrohr	Rüben	andere
Biodiesel	45,4	44,7	7,5	2,4				
Pflanzenöl	95,0	5,0	0	0				
Bioethanol					44,2	27,5	25,9	2,4

Quellen: UBA [110] auf Basis BDB[e] [90]; UFOP [87], [108]; TFZ [109]

Des Weiteren wird der Umfang der Emissionsminderung durch die Emissionsfaktoren der verschiedenen biogenen und fossilen Kraftstoffe bestimmt. Den Berechnungen der Treibhausgasemissionsminderungen liegen die typischen Werte der neuen EU-EE-Richtlinie (RL 2009/28/EG) zugrunde. Für Pflanzenölkraftstoff auf Basis von Soja beinhaltet die Richtlinie keine Angabe. Für diesen Kraftstoff wurde der Standardwert der BioNachVO, der auf Methoden und Annahmen der EU-EE-RL beruht, herangezogen und analog der Systematik der EU-EE-RL in einen typischen Wert umgerechnet.
Im letzten Schritt wird die Netto-Vermeidung an CO_2 und der gesamten Treibhausgase durch Verrechnung der vermiedenen fossilen Emissionen mit den bei der Nutzung erneuerbarer Energien entstandenen Emissionen ermittelt. Ausführliche Angaben zur Berechnungsmethodik und den Datenquellen sind in UBA [110] dargestellt.

Direkte und indirekte Landnutzungsänderungen – welche bei Biokraftstoffen eine große Rolle spielen – wurden bislang nicht in die Bilanzierung einbezogen. Da Landnutzungsänderungen hohe Treibhausgasemissionen aufweisen können und folglich von erheblicher Relevanz sind, müssten sie bei der Bilanz berücksichtigt werden. Methodische Ansätze zur Berücksichtigung der indirekten Landnutzungsänderungen werden derzeit allerdings noch entwickelt und stehen für Berechnungen daher noch nicht zur Verfügung. Direkte Landnutzungsänderungen spielen zudem für auf deutschen Flächen erzeugte Rohstoffe momentan nur eine geringe Rolle. Bei Importen ist der Kenntnisstand über direkte Landnutzungsänderungen gering.

THG = Treibhausgas
Quellen: UBA [110] auf Basis AGEE-Stat und EP [92]; BR [98]; BMU [56]

Verwendete THG-Emissionsfaktoren verschiedener Kraftstoffe

Kraftstoff (Rohstoffgrundlage)	Emissionsfaktor [g CO_2-Äqui./kWh]
Benzin/Diesel (fossil)	301,7
Biodiesel (Raps)	165,6
Biodiesel (Soja)	180,0
Biodiesel (Palm)	115,2
Biodiesel (Abfälle)	36,0
Pflanzenöl (Raps)	126,0
Pflanzenöl (Soja)	152,6
Bioethanol (Getreide)	180,0
Bioethanol (Rüben)	118,8
Bioethanol (Zuckerrohr)	86,4
Bioethanol (Andere)	36,0
Biodiesel (gewichtet)	**165,1**
Pflanzenöl (gewichtet)	**127,3**
Bioethanol (gewichtet)	**134,9**

4. CO_2- und SO_2-Äquivalent

CO_2-Äquivalent
Wichtige Treibhausgase sind die so genannten Kyoto-Gase CO_2, CH_4, N_2O, SF_6, 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 CO_2 darstellt. Das CO_2-Äquivalent der Kyoto-Gase berechnet sich durch Multiplikation des relativen Treibhauspotenzials mit der Masse des jeweiligen Gases und gibt an, welche Menge an CO_2 in einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren die gleiche Treibhauswirkung entfalten würde.

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

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

1) bezogen auf einen Zeithorizont von 100 Jahren; CO_2 als Referenzsubstanz

	relatives Treibhauspotenzial [1]	
Gas		Werte nach IPCC 1995 [51]
CO_2	Kohlendioxid	1
CH_4	Methan	21
N_2O	Lachgas	310
H-FKW	wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe	140 - 11.700
FKW	perfluorierte Kohlenwasserstoffe	6.500 - 9.200
SF_6	Schwefelhexafluorid	23.900

SO_2-Äquivalent
Analog zum CO_2-Äquivalent wird das Versauerungspotenzial von SO_2, NO_x, HF, HCl, H_2S und NH_3 bestimmt. Das SO_2-Äquivalent dieser Luftschadstoffe gibt an, welche Menge an SO_2 die gleiche versauernde Wirkung aufweist.

Gas	relatives Versauerungspotenzial	
SO_2	Schwefeldioxid	1
NO_x	Stickoxide	0,696
HF	Salzsäure	1,601
HCl	Flusssäure	0,878
H_2S	Schwefelwasserstoff	0,983
NH_3	Ammoniak	1,88

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

Die international angewandte Methode zur Bestimmung des Primärenergieäquivalents von Strom ist die **Wirkungsgradmethode**. Bei Strom aus Energieträgern, deren Heizwert bekannt ist (fossile Energieträger), wird der jeweilige Heizwert mit der jeweils eingesetzten Menge multipliziert. Bei Strom aus Energieträgern, denen kein Heizwert zugerechnet werden kann, wie bei den erneuerbaren Energieträgern Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik, wird von der Endenergie mit Hilfe eines Wirkungsgrades von 100 % auf die Primärenergie geschlossen. Es entspricht somit z.B. 1 kWh Strom aus Wasserkraft einem Primärenergieäquivalent von 1 kWh. Bei Kernenergie wird für die Festlegung des Primärenergieäquivalents ein Wirkungsgrad von 33 % unterstellt. Diese Methode führt dazu, dass die Energieträger Wasser, Wind und Photovoltaik gegenüber Energieträgern, bei deren Umsetzung ein geringerer Wirkungsgrad angesetzt wird, bei der Definition des Primärenergieverbrauchs stark unterrepräsentiert sind.
Bei Strom aus Biomasse, deren Heizwert bzw. eingesetzte Menge schwer bestimmbar ist, wird mit Hilfe eines so genannten Substitutionsfaktors [15] von der Endenergie auf die Primärenergie geschlossen. Dieser Substitutionsfaktor entspricht dem Verhältnis des Brennstoffeinsatzes zur Stromerzeugung aus diesem Brennstoff (nur Kraftwerke der allgemeinen Versorgung; Brennstoffverbrauch in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen nach der so genannten Finnischen Methode).
Bei der Berechnung des Primärenergieverbrauchs nach der **Substitutionsmethode** wird der eingesparte fossile Brennstoff für alle er-

neuerbare Energieträger mit Hilfe des Substitutionsfaktors berechnet. Abweichend davon wurde in dieser Broschüre jedoch die Substitution nach dem Gutachten [41] errechnet (siehe Seiten 69 - 70). Durch die Festlegung, welcher erneuerbare Energieträger welchen fossilen Energieträger ersetzt, kann unter Berücksichtigung der Wirkungsgrad fossil betriebener Kraftwerke die Brennstoffeinsparung ermittelt werden. Das Primärenergieäquivalent von Strom aus Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik liegt bei diesem Vorgehen etwas niedriger als bei einer Berechnung mittels des Substitutionsfaktors.
Die Auswirkungen der unterschiedlichen Bewertungsansätze verdeutlicht der signifikante Unterschied in der Höhe des Anteils der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch. Bei Anwendung der Wirkungsgradmethode liegt dieser Anteil bei 7 %, während die Substitutionsmethode zu einem deutlich höheren Anteil von 9,2 % führt (s. Seite 12).

6. Energiebereitstellung aus Photovoltaik und Solarthermie

Photovoltaik

Die Angabe zur Stromerzeugung 2008 orientiert sich an der in der EEG-Mittelfristprognose des BDEW genannten Zahl. Die Stromerzeugung 2003 bis 2007 entspricht den EEG-Jahresabrechnungen des VDN bzw. BDEW. Bis einschließlich 2002 wurde die Stromerzeugung berechnet, und zwar anhand der installierten Leistung am Jahresanfang und der Hälfte des Leistungszuwachses des jeweiligen Jahres multipliziert mit einem spezifischen Stromertrag. Der spezifische Stromertrag wurde vom Solarenergie-Förderverein Deutschland [28] als Durchschnittswert für Deutschland zur Verfügung gestellt. Die Halbierung trägt der Tatsache Rechnung, dass der Anlagenzubau im jeweiligen Jahr nur anteilig zur Stromerzeugung beitragen kann.

Solarthermie

Die angegebene Wärmebereitstellung errechnet sich aus der installierten Kollektorfläche und einem mittleren jährlichen Wärmeertrag. Dieser beträgt bei Anlagen zur Warmwasserbereitstellung 450 kWh/m²*a. Zunehmend werden Solarthermieanlagen jedoch nicht nur zur Warmwasserbereitstellung sondern auch zur kombinierten Warmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung eingesetzt. Für 2008 wird der Anteil am Zubau an verglaster Kollektorenfläche auf 66 % geschätzt.

Weil bei Anlagen zur Heizungsunterstützung in den Sommermonaten die Erzeugungsmöglichkeiten nicht voll genutzt werden können, wird bei ihnen mit einem reduzierten Wärmeertrag von 300 kWh/m²*a gerechnet. Bei Schwimmbadabsorbern wird gleichfalls mit einem Ertrag von 300 kWh/m²*a gerechnet.
Da wegen des Anlagenzubaus die im Laufe eines Jahres zur Verfügung stehende Kollektorfläche geringer ist als die angegebene installierte Fläche am Jahresende, wird der Flächenzuwachs eines Jahres nur zur Hälfte für die Berechnung der Wärmebereitstellung in diesem Jahr berücksichtigt.

7. Einsparung fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien

Die Berechnung der Einsparung fossiler Energieressourcen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Strom-, Wärme- und Verkehrssektor orientiert sich eng an Methodik und Datenquellen der Emissionsbilanzen (s.a. Anhang Abs. 1 - 3). Je nach Substitutionsbeziehung sparen die verschiedenen erneuerbaren Energiebereitstellungspfade dabei unterschiedliche fossile Brennstoffe ein. Auch werden die vorgelagerten Prozesse der Gewinnung, Aufbereitung und Bereitstellung der fossilen wie erneuerbaren Energieträger und der Herstellung der Anlagen berücksichtigt.
Die Einsparung fossiler Brennstoffe im **Stromsektor** errechnet sich aus den von Klobasa et al. [41] ermittelten Substitutionsfaktoren der erneuerbaren Energien (vgl. Anhang Abs. 1), den durchschnittlichen Brennstoffausnutzungsgraden der deutschen Kraftwerke sowie dem kumulierten Aufwand an fossiler Primärenergie zur Bereitstellung und Nutzung der fossilen Energieträger. Anschließend werden der so ermittelten Brutto-Einsparung der fossile Primärenergieaufwand zur Bereitstellung biogener Energieträger sowie zur Herstellung und zum Betrieb erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen gegenübergestellt (vgl. Tabelle). Im Ergebnis lässt sich für 2008 eine über alle erneuerbaren Energien gemittelte Einsparung um ca. 2,51 kWh Primärenergie je kWh erneuerbar erzeugten Strom feststellen.

Energieträger	Verbrauch an Primärenergie (fossil) kWh_{prim}/kWh_{el}
Braunkohle (Kraftwerk)	2,70
Steinkohle (Kraftwerk)	2,81
Erdgas (Kraftwerk)	2,40
Mineralöl (Kraftwerk)	2,66
Wasserkraft	0,01
Windenergie	0,04
Photovoltaik	0,31
feste Biomasse (HKW)	0,06
flüssige Biomasse (BHKW)	0,26
Biogas (BHKW)	0,37
Klär- / Deponiegas (BHKW)	0,00
biogener Anteil des Abfalls	0,03
Geothermie	0,47

Quellen: Öko-Institut [22]; Ecoinvent [111]; Vogt et al. [112]; Frick et al. [115]

Energieträger	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl
Mittlerer Brennstoff-ausnutzungsgrad	38,5 %	39,3 %	46,3 %	43,5 %

Quelle: UBA [110]

Energieträger	Verbrauch an Primärenergie (fossil) kWh_{prim}/kWh_{input}
Erdgas (Heizung)	1,15
Heizöl (Heizung)	1,18
Braunkohlebrikett (Ofen)	1,22
Steinkohlenkoks (Ofen)	1,38
Fernwärme (inkl./exkl. NV)	1,12/0,98
Strom (Grundlast inkl. NV)	1,81
Brennholz (Heizung)	0,04
Biomasse (Industrie)	0,15
Biomasse (HKW)	0,02
flüssige Biomasse (BHKW)	0,09
Biogas (BHKW)	0,06
biogener Anteil des Abfalls	0,01
tiefe Geothermie	0,47
Wärmepumpen	0,72
Solarthermie	0,12

Die Primärenergieeinsparung im **Wärmesektor** errechnet sich ebenfalls aus den Substitutionsfaktoren und den kumulierten fossilen Energieaufwendungen der fossilen wie erneuerbaren Wärmebereitstellung (Tabelle; vgl. Anhang Abs. 2). Die Einsparung der Sekundärenergieträger Fernwärme und Strom wird dabei proportional auf die zur Fernwärme- bzw. Strombereitstellung eingesetzten Primärenergieträger aufgeteilt. Der eingesparte Brennstoffmix der Fernwärme setzt sich demnach aus 54 % Erdgas, 27 % Steinkohle, 6 % Mineralöl, 2 % Braunkohle und 11 % Siedlungsabfall zusammen. Als Strommix für Grundlaststrom werden 40 % Braunkohle, 12 % Steinkohle, 8 % Erdgas und 40 % Kernenergie angesetzt. Netzverluste werden pauschal mit 14 % bei Fernwärme und mit 10 % bei Strom angesetzt. In der Summe ergibt sich hieraus ein gewichteter Einsparfaktor von 1,06 kWh Primärenergie je kWh erneuerbare Wärme.

Quellen: Öko-Institut [22]; Ecoinvent [111]; Vogt et al. [112]; Frick et al. [115]

Energieträger	Verbrauch an Primärenergie (fossil) kWh_{prim}/kWh_{input}
Benzin	1,21
Diesel	1,15
Biodiesel (Raps)	0,47
Biodiesel (Soja)	0,39
Biodiesel (Palmöl)	0,65
Pflanzenöl (Raps)	0,24
Pflanzenöl (Soja)	0,18
Bioethanol (Zuckerrübe)	0,28
Bioethanol (Zuckerrohr)	0,23
Bioethanol (Weizen)	0,50

Die Einsparung fossiler Primärenergie im **Verkehrssektor** geht von der Substitution von Dieselkraftstoff durch Biodiesel und Pflanzenöl sowie von Ottokraftstoff durch Bioethanol aus. Neben der landwirtschaftlichen Erzeugung und der Herkunft der Biokraftstoffe bestimmt insbesondere die Allokationsmethode zur Aufteilung des Energieverbrauchs auf Haupt- und Nebenprodukte, zum Beispiel Sojaschrot und Sojaöl, die Höhe der Primärenergieeinsparung durch Biokraftstoffe. Im vorliegenden Fall werden Datensätze aus Öko-Institut [22] verwendet, welche nach der energetischen Wertigkeit der Produkte alloziert wurden. Hieraus ergibt sich für jede eingesetzte Kilowattstunde Biodiesel eine Einsparung von 0,69 kWh Primärenergie gegenüber fossilem Dieselkraftstoff. Bei Bioethanol bzw. Pflanzenöl betragen die Einsparfaktoren im Mittel 0,84 kWh Primärenergie bzw. 0,91 kWh Primärenergie.

Quelle: Öko-Institut [22]

8. Umsatzerlöse aus der Nutzung erneuerbarer Energien

Die Umsätze aus der **Stromerzeugung** lassen sich anhand der eingespeisten Strommengen und der gezahlten Vergütungssätze nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz abschätzen. Zu addieren sind die Erlöse von Anlagen, die nicht in den Geltungsbereich des Gesetzes fallen, insbesondere Wasserkraftwerke über 5 MW Leistung sowie die Stromerzeugung aus der thermischen Abfallbehandlung (nur biogener Anteil). Entsprechend des Börsenpreises für Grundlaststrom kann hierfür ein Durchschnittswert von 5,7 Cent/kWh angesetzt werden. Bei einer Stromerzeugung von rund 22 TWh im Jahr 2008 errechnet sich daraus ein Wert von etwa 1,3 Mrd. Euro.

Für den **Kraftstoffbereich** kann der Erlös unmittelbar aus dem Verkauf von Biokraftstoffen ermittelt werden. Zu berücksichtigen sind dabei die unterschiedlichen Kraftstoffarten sowie Vertriebswege. Für den Biodieselabsatz an öffentlichen Tankstellen wurde beispielsweise von einem Durchschnittspreis von 92 Cent/l netto (127 Cent/l brutto) ausgegangen, für die Abgabe an Fahrzeugflotten und für Beimischungen zu Dieselkraftstoff von geringeren Werten.
Der Wert der **Wärmebereitstellung** aus erneuerbaren Energien wird vernachlässigt, da die Wärme größtenteils selbst genutzt wird. Als Wertansatz wären hier aber auch die vermiedenen Kosten für Heizöl bzw. Erdgas denkbar. Für den Bereich der privaten Haushalte entspräche dies bei einer substituierten Wärmemenge von etwa 94 TWh und einem mittleren Heizölpreis von 65 Cent/l und einem mittleren Erdgaspreis von 7 ct/kWh rund 6,4 Mrd. Euro. Unberücksichtigt bleiben ebenfalls die Kosten für die Wartung und Instandhaltung Wärme erzeugender Anlagen und die Erlöse aus dem Wärmeverkauf bei Nah- und Fernwärmenetzen. Damit verbleibt die Bewertung biogener Einsatzstoffe wie Waldrestholz, Industrierestholz, Holzpellets usw. sowie ein Teil des Brennholzeinsatzes, die insgesamt mit 2,1 Mrd. Euro angesetzt wurde.

9. Die Europäische Union (EU)

Die EU-Erweiterung 2004 war die bisher größte Erweiterung der Europäischen Union. 10 neue Mitgliedstaaten – Estland, Lettland, Litauen, Malta, Polen, Slowakei, Slowenien, Tschechien, Ungarn und Zypern – wurden nach Inkrafttreten des Beitrittsvertrags zum 1. Mai 2004 in die Gemeinschaft aufgenommen. Die EU bestand somit bis Ende des Jahres 2006 aus 25 Mitgliedstaaten (EU-25). Zum 1. Januar 2007 wurden zwei weitere Staaten – Bulgarien und Rumänien – in die Gemeinschaft aufgenommen. Bis heute sind damit in der Europäischen Union 27 Staaten Europas vereint (EU-27). Soweit in der Broschüre Informationen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien dargestellt werden, sind die neuen Mitgliedstaaten in den Zahlenreihen ab dem Jahr des Beitritts berücksichtigt.

10. OECD

Die Organisation 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 30 Mitgliedstaaten: Australien, Belgien, Deutschland, Dänemark, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Island, Italien, Japan, Kanada, Korea, Luxemburg, Mexiko, Neuseeland, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Polen, Schweden, Schweiz, Slowakei, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, USA. Die OECD hat ihren Sitz in Paris. Die internationale Energieagentur (IEA) ist eine Unterorganisation der OECD; ihr Sitz ist Paris.

11. Berechnung des Primärenergieäquivalents erneuerbarer Energien für die EU

Das Primärenergieäquivalent für Strom aus Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik wird in den Statistiken von Eurostat entsprechend der Wirkungsgradmethode (vgl. Anhang Abs. 5) mit der Elektrizitätserzeugung gleichgesetzt. Bei der Strom- und Wärmeerzeugung aus Biomasse wird entweder mittels Heizwert und eingesetzter Brennstoffmenge auf die Primärenergie geschlossen oder das Primärenergieäquivalent wird aus erzeugtem Strom und/oder erzeugter Wärme mit Hilfe von typischen Anlagenwirkungsgraden bestimmt (abweichend zur Methode, die in der vorliegenden Broschüre für Deutschland angewendet wird, vgl. Anhang Abs. 5). Bei der geothermischen Stromerzeugung wird ein Wirkungsgrad von 10 %, bei der Wärmeerzeugung von 50 % unterstellt. D. h., dass 1 GWh Strom aus Geothermie mit 36 TJ Primärenergie bewertet wird bzw. 1 GWh Wärme mit 7,2 TJ. Bei der Wärmeerzeugung außerhalb des Umwandlungssektors (Heizkraftwerke, Heizwerke) durch z. B. Brennholz, Wärmepumpen und Solarthermieanlagen wird die bereitgestellte Endenergie mit der Primärenergie gleichgesetzt.
Die sich aus der zum Teil unterschiedlichen Methodik ergebenden Abweichungen gegenüber der Bilanzierung in Deutschland sind minimal und fallen bei der Berechnung des Gesamtanteils erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch nicht ins Gewicht. Große Unterschiede würden sich ergeben, wenn die Energiebereitstellung in Deutschland nach der Substitutionsmethode (siehe Seiten 12, 72) angesetzt werden würde.

Bis heute stand die Primärenergie im Focus der Statistiken, mit dem Inkrafttreten der neuen EU-Richtlinie (2009/28/EG) zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen gewinnt die Endenergie als statistisches Maß für die Energieverwendung an Bedeutung.

12. ANTEIL DER ERNEUERBAREN ENERGIEN AM GLOBALEN ENERGIEVERBRAUCH

Die Datenbasis im Bereich der erneuerbaren Energien hat sich in den letzten Jahren auch auf internationaler Ebene wesentlich verbessert. Die Aggregation von nationalen Zahlen, um Aussagen über die Entwicklung der erneuerbaren Energien auf globaler Ebene treffen zu können, ist problematisch. Zwei wichtige Problembereiche sind zu nennen: die Verwendung unterschiedlicher Bilanzierungsmethoden (z. B. die bereits oben dargestellten Unterschiede in der Berechnung der Primärenergieäquivalente der erneuerbaren Energien) und zum anderen Erfassungsprobleme, insbesondere im Bereich der traditionellen Nutzung von Brennholz und Holzkohle, die nur mit großen Unsicherheiten geschätzt werden kann.
Die Internationale Energy Agentur (IEA) schätzt den Anteil der Erneuerbaren am globalen Primärenergieverbrauch für das Jahr 2006 auf 12,7 % (berechnet nach der Wirkungsgradmethode, s. oben). Der Anteil der Erneuerbaren am globalen Endenergieverbrauch lag hingegen gemäß REN21 bei 18 %. Die Tatsache, dass der Anteil am Endenergieverbrauch deutlich höher als der Anteil am Primärenergieverbrauch ist, kann nach REN21 zum einen auf die traditionelle Biomasse zurückgeführt werden, die gänzlich Endenergieverbrauch darstellt. Des Weiteren wird aber auch auf die Problematik der Methoden zur Berechnung des Primärenergieäquivalents hingewiesen.

UMRECHNUNGSFAKTOREN

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

Einheiten für Energie und Leistung

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

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

Umrechnungsfaktoren

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

Die Zahlen beziehen sich auf den Heizwert.

Treibhausgase

CO_2	Kohlendioxid
CH_4	Methan
N_2O	Lachgas
SF_6	Schwefelhexafluorid
H-FKW	wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe
FKW	perfluorierte Kohlenwasserstoffe

Weitere Luftschadstoffe

SO_2	Schwefeldioxid
NO_x	Stickoxide
HCl	Chlorwasserstoff (Salzsäure)
HF	Fluorwasserstoff (Flusssäure)
CO	Kohlenmonoxid
NMVOC	flüchtige Kohlenwasserstoffe ohne Methan

QUELLENVERZEICHNIS

Mitteilungen aus:

[1] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Berlin, 2009 und Vorjahre
[2] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Satellitenbilanz Erneuerbare Energieträger 1995-1999, Berlin
[3] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart
[5] Statistisches Bundesamt (StBA), Wiesbaden, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009
[6] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), 2009
[7] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Gülzow, 2004, 2005, 2006, 2007, 2009
[10] Bundesverband Solarwirtschaft (BSW), Berlin
[12] EnBW Kraftwerke AG Stuttgart, 2008 und Vorjahre
[15] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Münster, 2009
[16] Bundesverband WindEnergie (BWE), Osnabrück 2000, 2001, 2002
[19] Rationelle Energietechnik GmbH (ZfS), Hilden
[28] Solarenergie-Förderverein Deutschland e. V. (SFV), Aachen, 2005
[36] Fichtner GmbH & Co. KG, Stuttgart
[66] geo x GmbH, Landau, 2009
[70] Institut für Energetik und Umwelt (IE), Leipzig, März 2007/Februar 2009
[71] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW), Berlin
[75] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Berlin, 2007
[79] Erdwärme-Kraft GbR, Berlin, 2009
[108] Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V. (UFOP) vom 29.04.09
[109] Technologie- und Förderzentrum (TFZ) vom 28.04.09

Literatur:

[4] Umweltbundesamt (UBA): Deutsches Treibhausgasinventar 1990-2007, Nationaler Inventarbericht 2009, Dessau 2009.
[8] Institut für Energetik und Umwelt (IE): Fortschreibung der Daten zur Stromerzeugung aus Biomasse, Leipzig, 2004, 2005.
[9] Verband der Netzbetreiber e. V. (VDN) beim VDEW, Berlin.
[11] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Berlin, www.bdew.de.
[13] Institut für Energetik und Umwelt (IE): Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung auf der Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, Endbericht, Leipzig 2003.
[14] Umweltbundesamt (UBA): Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementinstrumente – ProBas, Dessau 2006.
[17] Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V. (VDEW): Endenergieverbrauch in Deutschland, VDEW-Materialien, Frankfurt a. M. 1998/1999/2000/2001/ 2002/2003.
[18] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Auswertungstabellen zur Energiebilanz für Deutschland von 1990 bis 2007, Berlin, www.ag-energiebilanzen.de.
[20] Institut für Energetik und Umwelt (IE): Erfahrungen mit dem novellierten EEG hinsichtlich der Stromerzeugung aus Biomasse, Leipzig, Februar 2006.
[21] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW): Marktdaten April 2008, www.bdew.de.
[22] Öko-Institut: Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS), Version 4.5, 2008, www.gemis.de.
[23] International Energy Agency: World Energy Outlook 2006, IEA/OECD, Paris 2006.
[24] Umweltbundesamt (UBA): Zentrales System Emissionen. UBA-Datenbank zur Unterstützung der Emissionsberichterstattung, Submission 2008, Stand: Februar 2008.
[25] Erfahrungsbericht der Bundesregierung: Bericht über den Stand der Markteinführung und der Kostenentwicklung von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien (Erfahrungsbericht zum EEG) vom 28. Juni 2002, Berlin, www.erneuerbare-energien.de.
[26] Bundesverband WärmePumpe (BWP) e. V., Berlin, 2008 und Vorjahre.
[27] Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Leitstudie 2008 – Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas. Fachliche Erarbeitung Nitsch, J. in Zusammenarbeit mit der Abteilung „Systemanalyse und Technikbewertung“ des DLR-Instituts für Technische Thermodynamik, Oktober 2008, www.erneuerbare-energien.de.
[29] Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft (VIK): Statistik der Energiewirtschaft, Essen 2000/2001.
[30] International Energy Agency (IEA): World Energy Outlook 2004, OECD/IEA, 2004, www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/weo2004.pdf.
[31] International Energy Agency (IEA), Paris: Renewables Information, Edition 2008, IEA/OECD.
[32] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg: Energie, Jährliche Statistiken, 2008 Edition.
[33] REN21: “Renewables - Global Status Report” (Paris: REN21 Secretariat and Washington, DC:Worldwatch Institute), 2008 Edition, 2009 Update, www.ren21.net.
[34] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg: Online Database, http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/introduction.
[35] Observatoire des énergies renouvelables (Observ’ER): Solar Thermal Barometer – EurObserv’ER – June 2009, Systèmes Solaires – Le Journal des Énergies Renouvelables (Ed.), N°191 - 2009, www.energies-renouvelables.org.
[37] Klein, A. et al.: Evaluation of different feed-in tariff design options – Best practice paper for the International Feed-In Cooperation, 2nd edition, update by October 2008. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Oktober 2008, www.feed-in-cooperation.org.
[38] Ramesohl, S. et al.: Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Einführung alternativer Kraftstoffe, insbesondere regenerativ erzeugten Wasserstoffs. Arbeitsgemeinschaft WI, DLR, IFEU, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, März 2006.
[39] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI): Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern, Gutachten für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 6. April 2006, www.erneuerbare-energien.de.
[40] Erster/Zweiter/Dritter/ Vierter und Sechster nationaler Bericht zur Umsetzung der Richtlinie 2003/30/EG vom 08.05.2003 zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 2007/2008, Vorjahre Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV).
[41] Klobasa, M.; Sensfuß, F.; Ragwitz, M.: CO_2-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2006 und 2007 – Gutachten, Bericht für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) im Auftrag des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Karlsruhe, 2009.
[42] Neubarth, J. et al.: Beeinflussung der Spotmarktpreise durch Windstromerzeugung. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 56 (7), S. 42 - 45, (2006).
[43] Bundesministerium für Umwelt, Natur-schutz und Reaktorsicherheit (BMU): Strom aus erneuerbaren Energien - Was kostet uns das? April 2009, www.erneuerbare-energien.de.
[44] Deutsches BiomasseForschungszentrum (dbfz): Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetz auf die Entwicklung zur Stromerzeugung aus Biomasse – Zwischenbericht, Leipzig, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, März 2009.
[45] Solarthemen: EE in Zahlen für 2008, Ausgabe 296, 29. Januar 2009.
[46] Observatoire des énergies renouvelables (Observ’ER): Wind Energy Barometer – EUROBSERV’ER - February 2009, in: le journal de l’éolien, N° 4 – 2009, Systèmes Solaires (Ed.), www.energies-renouvelables.org.
[47] Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V. (VDEW): Energie Spezial – Endenergieverbrauch in Deutschland 2004, Berlin, 2006.
[48] Ingenieurbüro für neue Energien (IfnE): Nutzen durch Erneuerbare Energien im Jahr 2008 – Vermiedene fossile Energie-Importe und externe Kosten, Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), noch nicht veröffentlicht.
[49] Deutscher Energie-Pellet-Verband (DEPV), www.depv.de.
[50] European Wind Energy Association (EWEA): Wind power installed in Europe by end of 2008 (cumulative), www.ewea.org.
[51] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Second Assessment Report Climate Change 1995; weitere Informationen unter www.ipcc.de.
[52] Ragwitz; M., Resch, G.; Klessmann, C.: Coordination of national feed-in systems – a promising model to achieve flexibility for a cluster of countries, 5th Workshop of the International Feed-in Cooperation, Brussels, April 7th 2008, www.feed-in-cooperation.org.
[53] Observatoire des énergies renouvelables (Observ’ER): The state of renewable energies in Europe, 8th EurObserv’ER report, www.energies-renouvelables.org.
[54] International Energy Agency (IEA): Energy Balances of Non-OECD Countries, 2008 Edition.
[55] Wagner, E.: Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft, in: VDEW: Elektrizitätswirtschaft, Heft 24, 2000.
[56] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung (Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung – BioSt-NachV) (Entwurf). Stand: 18. März 2009.

[57] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS): Verkehr in Zahlen 2007/2008, Deutscher Verkehrs-Verlag.
[58] Weiss, W.; Bergmann, I.; Stelzer, R.: Solar Heat Worldwide – Markets and Contribution to the Energy Supply 2007, Edition 2009, IEA Solar Heating & Cooling Programme (SHC), May 2009, www.iea-shc.org.
[59] European Wind Energy Association (EWEA): Wind power installed in Europe by end of 2006 (cumulative), www.ewea.org.
[60] Global Wind Energy Council (GWEC): Global installed wind power capacity (MW) – regional distribution, www.gwec.net.
[61] Erdmann, A.; Zweifel, P.: Energieökonomik - Theorie und Anwendungen, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008.
[62] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in Deutschland – Stand 31.12.2006, DEWI Magazin Nr. 30, Februar 2007, www.dewi.de.
[63] International Energy Agency (IEA): Energy Balances of OECD Countries, 2008 Edition.
[64] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): „Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte 2006“, Abschlussbericht des Vorhabens „Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt – Follow up“, September 2007.
[65] United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC): Guidelines for the preparation of national communications by Parties included in Annex I to the Convention, Part I: UNFCCC reporting guidelines on annual inventories (following incorporation of the provisions of decision 13/CP.9); FCCC/SBSTA/2004/8.
[67] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in der Bundesrepublik Deutschland – Stand 31.12.2007, DEWI Magazin Nr. 32, Februar 2008, www.dewi.de.
[68] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Bekanntmachung zur Fortführung der Förderung von Querschnitts- und übergreifenden Untersuchungen im Rahmen der Gesamtstrategie zum weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE), Stand: Februar 2009, www.erneuerbare-energien.de.
[69] Kratzat, M. et al.: Bruttobeschäftigung 2007 – eine erste Abschätzung (Stand: 14.03.2008), Zwischenbericht des Forschungsvorhabens „Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt“, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 2008.
[72] Bundesnetzagentur: Monitoringbericht 2008, Stand Juli 2008, www.bundesnetzagentur.de.
[73] Wenzel, B.; Diekmann, J.: Ermittlung bundesweiter, durchschnittlicher Strombezugskosten von Elektrizitätsversorgungsunternehmen, Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), September 2006.
[74] Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V. (VDEW): Energie Info – Endenergieverbrauch in Deutschland 2005, Berlin, 2007.
[76] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in der Bundesrepublik Deutschland – Stand 31.12.2003, DEWI Magazin Nr. 24, Februar 2004, www.dewi.de.
[77] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in Deutschland – Stand 31.12.2004, DEWI Magazin Nr. 26, Februar 2005, www.dewi.de.
[78] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in Deutschland – Stand 31.12.2005, DEWI Magazin Nr. 28, Februar 2006, www.dewi.de.
[80] Morthorst, P. E.: Impact of wind power on power spot prices, Workshop – Renewable Electricity Production in the Internal Energy Market, 12. December 2006, www.optres.fhg.de.
[81] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Innovation durch Forschung – Jahresbericht 2007 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien, Februar 2008, www.erneuerbare-energien.de.
[82] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Photovoltaic Barometer – EurObserv'ER – March 2009, Systèmes Solaires - Le Journal des Énergies Renouvelables (Ed.), N° 1 - 2009, www.energies-renouvelables.org.
[83] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA): Amtliche Mineralölstatistik, www.bafa.de.
[84] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): Energiedaten – Nationale und internationale Entwicklung, Stand: 23.3.2007, www.bmwi.de.
[85] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2006. Stand: 29.10.2008, www.ag-energiebilanzen.de.
[86] Sensfuß, F.; Ragwitz, M.: Analyse des Preiseffektes der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien auf die Börsenpreise im deutschen Stromhandel - Analyse für das Jahr 2006, Gutachten des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 30. April 2007.
[87] Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP):. Bericht 2007/2008. http://www.ufop.de/downloads/Ufop_Bericht_07_08.pdf (21.04.09), 2008.
[88] Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (IE), Fichtner GmbH & Co. KG, Thüringer Landesanstalt für Landwirt-schaft, Prof. Dr. jur. Stefan Klinski: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes auf die Stromerzeugung aus Biomasse, Berlin im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).
[89] Sensfuß, F.; Ragwitz, M.; Genoese, M.: The Merit-order effect: A detailed analysis of the price effect of renewable electricity generation on spot market prices in Germany. Working Paper Sustainability and Innovation No. S 7/2007, Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research.
[90] Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft (BDBᵉ): Deutsche Bioethanolstatistik 2008: Bioethanolproduktion um 46 Prozent gewachsen. http://www.lab-biokraftstoffe.de/PM_BioethStat.html (20.04.09), 2009.
[91] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg: Statistik der erneuerbaren Energieträger 2005; Daten kurz gefasst, Reihe Umwelt und Energie, 19/2007, http://epp.eurostat.ec.europa.eu/.
[92] Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG; Amtsblatt der Europäischen Union, veröffentlicht am 5.6.2009.
[93] Multiplying Sustainable Energy Communities Crailsheim (MUSEC Crailsheim): Solare Nahwärme Hirtenwiesen II, www.musec-crailsheim.de.
[94] Wenzel, B.: Beschaffungsmehrkosten für Stromlieferanten durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz im Jahr 2008. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 2009, www.erneuerbare-energien.de.
[95] International Energy Agency – Solar Heating and Cooling Programme (IEA-SHC) and several solar thermal trade associations: Worldwide capacity of solar thermal energy greatly underestimated, Press release 10. November 2004, www.estif.org.
[96] European Wind Energy Association (EWEA): Offshore Statistics January 2009, www.ewea.org.
[97] Aeroe's Worlds Largest Solar Panel Plant and Solar Technology; Download 02/05/2008; www.aeroeisland.com.
[98] Bundesregierung (BR): Verordnungsentwurf über Anforderungen an eine nachhaltige Erzeugung von zu Biokraftstoffen verwendeter Biomasse (Biomasse-Nachhaltigkeits-Verordnung – BioNachV) vom 24.10.2007.
[99] International Energy Agency, Imple-menting Agreement on Ocean Energy Systems (IEA/OES): Ocean energy – opportunity, present status and challenges, www.iea-oceans.org.
[100] Energie-Info, Endenergieverbrauch in Deutschland 2006, BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Berlin.
[101] Energie-Info, Endenergieverbrauch in Deutschland 2007, BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Berlin.
[102] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: "Kassenmäßige Steuereinnahmen des Landes Baden-Württemberg“, Stuttgart 2009, www.statistik-bw.de.
[103] Deutsches Windenergie-Institut (DEWI): Windnutzung in Deutschland – Stand 31.12.2008, DEWI Magazin Nr. 34, Februar 2009, www.dewi.de.
[104] European Wind Energy Association (EWEA): Wind at Work – Wind energy and job creation in the EU, January 2009, www.ewea.org.
[105] Kratzat, M. et al.: Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2008 – eine erste Abschätzung, Stand: 06. März 2009, Forschungsvorhaben „Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt“, zweiter Bericht zur Bruttobeschäftigung, im Auftrag des Bundes-ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 2009.
[106] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Innovation durch Forschung – Jahresbericht 2008 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien, Januar 2009, www.erneuerbare-energien.de.
[107] Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD): Biofuel Support Policies – An Economic Assessment, 2008.
[110] Umweltbundesamt (UBA): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, Dessau 2009 (in Vorbereitung).
[111] Ecoinvent: Datenbank des Schweizer Zentrums für Ökoinventare v2.0. EMPA, St. Gallen 2008, www.ecoinvent.org.
[112] Vogt, R. et. al.: Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland. Endbericht zum Forschungsvorhaben 032 75 44 des BMU, IFEU, Heidelberg 2008.
[113] Ciroth, A.: Validierung der Emissionsfaktoren ausgewählter erneuerbarer Energiebereitstellungsketten. Forschungsbericht UBA, Berlin 2009 (in Vorbereitung).
[114] Frondel, M. et al.: Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für das Jahr 2005. Forschungsprojekt Nr. 15/06 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, 2008, www.bmwi.de.
[115] Frick, S. et al.: Umwelteffekte einer geothermischen Stromerzeugung. Analyse und Bewertung der klein- und großräumigen Umwelteffekte einer geothermischen Stromerzeugung. Endbericht zum Forschungsvorhaben 205 42 110 des UBA. Leipzig 2008.
[116] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2007 – Berechnungen auf Basis des Wirkungsgradansatzes. Stand: September 2008, www.ag-energiebilanzen.de.

INFORMATIONEN ZU ERNEUERBAREN ENERGIEN (u.a. BMU-Dokumente, Pressemitteilungen, Forschungsergebnisse, Publikationen) unter www.erneuerbare-energien.de

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

Grundgesetz, Artikel 20 a

BESTELLUNG VON PUBLIKATIONEN:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Postfach 30 03 61
53183 Bonn
Tel.: 0228 99 305-33 55
Fax: 0228 99 305-33 56
E-Mail: bmu@broschuerenversand.de
Internet: www.bmu.de

Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Gedruckt auf Recyclingpapier.