



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:** Dr. Frank Musiol, Dipl.-Ing. Thomas Nieder, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Thorsten Rüther, Dipl.-Ing. (FH) Marion Walker,
Dipl.-Kffr. Ulrike Zimmer, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart;
Dipl.-Forstwirt Michael Memmler, M.A. Stefan Rother, Dipl.-Ing./Lic. rer. reg. Sven Schneider, Dipl.-Kffr. Katja Merkel,
Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet I 2.5
- Gestaltung:** design_idee, büro_für_gestaltung, Erfurt
Druck: Bonifatius GmbH, Paderborn
- Abbildungen:**
- | | |
|--|---|
| Titelseite: Paul Langrock | S. 55: BMU/Maria Parussel |
| S. 5: CDU/CSU-Bundestagsfraktion/Christian Doppelgatz | S. 57: Rainer Weisflog |
| S. 7: BMU/Brigitte Hiss | S. 64: BMU/Böhme |
| S. 8: BMU/Maria Parussel | S. 66: Stephan Leyk/Fotolia |
| S. 10: Getty Images | S. 72: VRD/Fotolia |
| S. 11: BMU/Brigitte Hiss | S. 76: www.offshore-stiftung.com |
| S. 13: BMU/Maria Parussel | S. 79: Bernd Müller |
| S. 18: BMU/Ulf Hauke | S. 80: BMU/Holger Vonderlind |
| S. 22: Rainer Weisflog | S. 82: BMU/Holger Vonderlind |
| S. 27: BMU/Böhme | S. 88 (oben): Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) |
| S. 28: Rainer Weisflog | S. 88 (unten): Don Boroughs/Getty Images |
| S. 31: BMU/Holger Vonderlind | S. 90: Paul Langrock/Zenit/laif |
| S. 33: Rainer Weisflog | S. 93: www.offshore-stiftung.com |
| S. 34: vario images | S. 97: BMU/Ulf Hauke |
| S. 35: Rainer Weisflog | S. 100: @nt/Fotolia |
| S. 36: BMU/Maria Parussel | S. 102: IRENA |
| S. 44: ls.pictures /Fotolia | S. 105: IRENA |
| S. 47: BMU/Holger Vonderlind | S. 107: BMU/Werner Rudhart |
| S. 50: BMU/Maria Parussel | S. 114: BMU/Maria Parussel |
| S. 53: BMU/Ulf Hauke | S. 117: BMU/Holger Vonderlind |
- Stand:** Juli 2012
1. Auflage: 20.000 Exemplare

INHALT

Vorwort	5
TEIL I:	
Deutschland auf dem Weg ins Zeitalter der erneuerbaren Energien	8
Erneuerbare Energien in Deutschland: Das Wichtigste im Jahr 2011 auf einen Blick	12
Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung und vermiedene Treibhausgas-Emissionen in Deutschland 2011	14
Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland 1990 und von 2000 bis 2011	15
Endenergieverbrauch in Deutschland 2011 – Anteile der erneuerbaren Energien	16
Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2011	17
Biomassenutzung im Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereich in Deutschland 2011	18
Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland von 1990 bis 2011	20
Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2011	28
Einsparung von fossilen Energieträgern und Energieimporten durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2011	36
Umsätze aus dem Bau und Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2011	38
Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland	40
Aus- und Weiterbildung im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland	41
EEG-Förderung und Umlageanteil am Strompreis	42
Merit-Order-Effekt	44
Struktur der nach dem EEG vergüteten Strommengen seit 2000	45
Gesetzgebung, Förderung und Wirkung des Ausbaus erneuerbarer Energien im Wärme- und Mobilitätsbereich	46
Positive Wirkungen des Einsatzes erneuerbarer Energien für die Gesellschaft	50
Erneuerbare Energien und Naturschutz	53
Überblick über die ökonomischen Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien	54
Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich erneuerbarer Energien	57
Langfristig realisierbares, nachhaltiges Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom-, Wärme- und Kraftstoffherzeugung in Deutschland	59
Langfristszenarien 2011 für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland	60

TEIL II:

ERNEUERBARE ENERGIEN IN DER EUROPÄISCHEN UNION	64
Fortschrittsbericht nach Artikel 22 der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen	66
Zukünftige Entwicklung der erneuerbaren Energien in der EU – Abschätzung auf Basis der Nationalen Aktionspläne für erneuerbare Energie (NREAP) der Mitgliedstaaten	68
Nutzung erneuerbarer Energien in der EU	69
Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU	70
Windenergienutzung in der EU	74
Windenergienutzung auf See – offshore	76
Solarenergie – Strom aus erneuerbaren Energien	78
Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU	80
Entwicklung im Solarthermie-Markt	81
Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien in der EU	83
Sozio-ökonomische Aspekte der erneuerbaren Energien in der EU im Jahr 2010	84
Instrumente zur Förderung der erneuerbaren Energien im EU-Strommarkt	86

TEIL III:

GLOBALE NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN	88
Globale Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien	89
Regionale Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2009 – Global	96
Globale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien	98
Internationale Netzwerke für erneuerbare Energien	100
Anhang: Methodische Hinweise	108
Umrechnungsfaktoren	119
Abkürzungsverzeichnis	120
Glossar	121
Quellenverzeichnis	128

VORWORT



LIEBE LESERINNEN, LIEBE LESER,

im zehnten Jahr veröffentlicht das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit die Fachpublikation „Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung“. Es dokumentiert damit die eindrucksvolle Entwicklung der erneuerbaren Energien in den vergangenen zwei Jahrzehnten. Lag der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch 1990 noch bei nur 3,1 Prozent, so waren es 2011 bereits rund 20 Prozent! Und auch im Wärmebereich gab es wichtige Fortschritte. Hier war es besonders die Biomasse, die mit ihrem Beitrag zum Ausbau der erneuerbaren Energien beitrug. Ausgehend von 2,1 Prozent im Jahr 1990 steigerte sich ihr Anteil auf 11 Prozent im Jahr 2011. Biokraftstoffe, die erst ab dem Jahr 2000 nennenswert zum Einsatz kamen, trugen im Jahr 2011 mit einem Anteil von 5,5 Prozent zur Mobilität bei.

Mit dem Energiekonzept 2010 und den Beschlüssen zur Energiewende im Juni 2011 hat die Bundesregierung erstmals eine umfassende Strategie für den Ausbau der erneuerbaren Energien in den kommenden Jahrzehnten vorgelegt. Bis 2020 soll ihr Anteil an der Stromversorgung auf mindestens 35 Prozent steigen, bis 2050 sollen sie zum Hauptpfeiler unserer Energieversorgung werden, flankiert durch große Fortschritte bei der Verbesserung der Energieeffizienz. Versorgungssicherheit, Nachhaltigkeit und vor allem Bezahlbarkeit müssen dabei gleichermaßen gewährleistet sein. Das gelingt, wenn Bund, Länder und Kommunen in einem nationalen Energiekonsens an einem Strang ziehen.

Die Bundesregierung stellt jetzt mit Nachdruck die Weichen für den Erfolg der Energiewende. Hauptaufgabe ist, den Ausbau der erneuerbaren Energien besser mit dem Ausbau der Stromnetze zu synchronisieren. Zugleich hat die Bundesregierung das Erneuerbare-Energien-Gesetz reformiert – für mehr Markt, mehr Wettbewerb und mehr Kosteneffizienz. So stellen wir sicher, dass die Energiewende für alle bezahlbar bleibt.

Die Energiewende ist das größte Innovationsprojekt der Nachkriegszeit. Der künftige Erfolg des Industriestandorts Deutschland wird an ihrem Erfolg gemessen werden. Sie ist zugleich ein Projekt der Bürgerinnen und Bürger. Darum wird sie gelingen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'P. Altmaier'.

Peter Altmaier
Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

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 Veröffentlichung.

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 e. V. (AGEB) und
- dem Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW).



Im Internet auf der BMU-Themenseite Erneuerbare Energien, unter www.erneuerbare-energien.de, Rubrik „Datenservice“, finden sich jeweils aktualisierte Daten zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, einschließlich ihrer Umwelteffekte. Dort finden sich komplette Zeitreihen, die in dieser Fachinformation teilweise verkürzt dargestellt wurden.

Die in dieser Broschüre veröffentlichten Daten für das Jahr 2011 und teilweise für die Vorjahre sind vorläufig und geben den Stand zum Zeitpunkt der Drucklegung im Juli 2012 wieder.

Des Weiteren finden sich auf der BMU-Themenseite Grafiken und Tabellen mit aktuellen Daten und weiteren Informationen rund um die erneuerbaren Energien.



Leiter der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik ist seit Anfang 2010 Dr. Frank Musiol (Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg).

Schwerpunkt der Tätigkeiten der AGEE-Stat ist es, umfassende Statistiken zur Nutzung der erneuerbaren Energien zu entwickeln und zu pflegen. 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
- Fachinformationen zu Daten und zur Entwicklung der erneuerbaren Energien zu leisten.

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

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

TEIL I: Deutschland auf dem Weg ins Zeitalter der erneuerbaren Energien

Mit den Kabinettsbeschlüssen zur Energiewende vom 6. Juni 2011 hat die Bundesregierung auf der Basis des Energiekonzepts vom September 2010 eine weitgehende Neuausrichtung der Energiepolitik besiegelt: Der Ausstieg aus der Kernenergienutzung soll zügig vollzogen und zugleich der Einstieg ins Zeitalter der erneuerbaren Energien geschaffen werden. In ihren Beschlüssen sieht die Bundesregierung auch einen Meilenstein in der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung Deutschlands. Eckpfeiler sind:

- die Beendigung der Kernenergienutzung bis spätestens Ende 2022,
- der dynamische Ausbau der erneuerbaren Energien in allen Sparten,
- der zügige Ausbau und die Modernisierung der Stromnetze,
- Steigerung der Energieeffizienz mit modernen Technologien, insbesondere im Gebäudebereich, bei der Mobilität und beim Stromverbrauch.

Damit sorgt die Bundesregierung dafür, dass die Energieversorgung zuverlässig bleibt, der Wirtschaftsstandort Deutschland gestärkt wird und die Nachhaltigkeits- und Klimaschutzziele konsequent umgesetzt werden.

Ausstieg aus der Kernenergienutzung

Nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima hat die Bundesregierung die Restrisiken der Kernenergie neu bewertet und entschieden, zügig aus der Kernenergienutzung auszusteigen. Im Rahmen einer Änderung des Atomgesetzes wurde der Ausstieg klar und rechtsverbindlich mit einem Stufenplan festgelegt. Spätestens Ende 2022 wird danach das letzte Kernkraftwerk vom Netz gehen.



Ausbau der erneuerbaren Energien

Die erneuerbaren Energien sollen zur tragenden Säule der zukünftigen Energieversorgung werden. Bis spätestens zum Jahr 2020 soll der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromversorgung mindestens 35 Prozent betragen. Wichtigste Grundlage dafür ist die am 1.1.2012 in Kraft getretene Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Rückwirkend zum 1. April 2012 treten die Änderungen des EEG unter anderem für den Bereich der solaren Strahlungsenergie (sogenannte PV-Novelle) in Kraft. Mit dieser fortentwickelten Regelung soll die Stromgewinnung aus erneuerbaren Energien weiter kontinuierlich steigen und gleichzeitig deren Markt- und Systemintegration verbessert werden. Die Grundsätze – vorrangige Abnahme des Stroms und feste Einspeisevergütungen als wichtige Voraussetzung für gute Investitionsbedingungen – sind dabei erhalten geblieben. Darüber hinaus wurde das Vergütungssystem insbesondere im Bereich Biomasse einfacher und transparenter gestaltet. Ferner wurden eine Flexibilitätsprämie und eine optionale Marktprämie eingeführt, die einen bedarfs- und marktorientierten Betrieb der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien anregen soll. Das EEG ist zentraler Baustein der Umsetzung der EU-Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien. Darüber hinaus wirken das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) und das Markteinführungsprogramm (MAP) für den stärkeren Ausbau der erneuerbaren Energien im Wärme- und im Gebäudebereich. Innovative Lösungen werden durch eine Steigerung der Förderung von Forschung und Entwicklung (FuE) vorangebracht.

Ausbau der Stromnetze

Unser Stromnetz muss zukünftig so weiterentwickelt werden, dass es besser auf den Transport von Strom aus erneuerbaren Energien ausgelegt ist. Aus diesem Grund wurde das Energiewirtschaftsgesetz dahingehend geändert, dass erstmals eine bundesweit koordinierte Netzausbauplanung ermöglicht wird. Die neuen Regelungen sollen durch eine starke Öffentlichkeitsbeteiligung zudem für eine umfassende Transparenz sorgen, so dass für den Netzausbau eine hohe Akzeptanz erreicht werden kann. Zudem ist im Juli 2011 das „Gesetz über Maßnahmen zur Beschleunigung des Netzausbaus Elektrizitätsnetze“ (NABEG) in Kraft getreten, das dafür sorgen soll, den Bau neuer Übertragungsleitungen zu beschleunigen. Darüber hinaus steht auch im Bereich der Verteilnetze eine Modernisierung unter anderem im Sinne der Umsetzung von „intelligenten Stromnetzen“ (Smart Grids) an, um Stromerzeugung und Stromverbrauch besser aufeinander abzustimmen, was insbesondere bei steigenden Anteilen fluktuierender Stromerzeugung aus Wind und Sonne zunehmende Bedeutung erlangt.



Energie- und Klimafonds

Zur Finanzierung der beschleunigten Energiewende hat die Bundesregierung ein Sondervermögen, den „Energie- und Klimafonds“, eingerichtet. Aus diesem wird Geld unter anderem für die CO₂-Gebäudesanierung, die Forschung und Entwicklung zu erneuerbaren Energien und Speichertechnologien bereitgestellt. Der Fonds wird unter anderem mit Einnahmen aus der Versteigerung von Emissionszertifikaten gespeist.

Monitoring der Energiewende

Im Oktober 2011 hat die Bundesregierung den Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ beschlossen. Dieser dient dem Ziel, die Umsetzung des beschlossenen Maßnahmenprogramms zur Energiewende und des Energiekonzepts einschließlich der darin enthaltenen Ziele zu überprüfen, um bei Bedarf nachsteuern zu können. Die Bundesregierung wird im Rahmen dieses Prozesses jährlich einen Monitoringbericht und alle drei Jahre einen Fortschrittsbericht vorlegen. Die Berichte werden unter anderem von einem 4-köpfigen Expertengremium begutachtet.

Die in dieser Broschüre enthaltenen Zahlen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien stellen eine wichtige Grundlage für die Monitoring- und Fortschrittsberichte dar.

Zukunftschance

Die Energiewende bedeutet eine große Kraftanstrengung – aber auch eine enorme Chance: Deutschland kann eine beispielgebende Industrienation mit einem hocheffizienten Energiesystem werden, das auf erneuerbaren Energien beruht. Wir können damit Vorreiter und Vorbild für eine wirtschaftlich erfolgreiche und nachhaltige Energiewende weltweit werden. Der Weg in eine Zukunft ohne weitere ökologische Lasten und ohne Abhängigkeit von teuren Energieimporten eröffnet unserem Land hervorragende neue Möglichkeiten für Export, Beschäftigung und Wachstum. Alle Kriterien der Nachhaltigkeit – ökologische, ökonomische und soziale – sollen dabei gleichermaßen erfüllt werden.





Erneuerbare Energien: Ziele der Bundesregierung

	EE-Anteil am Stromverbrauch		EE-Anteil am Bruttoendenergieverbrauch
bis spätestens	[%]		[%]
2020	mindestens 35	2020	18
2030	mindestens 50	2030	30
2040	mindestens 65	2040	45
2050	mindestens 80	2050	60

Bis zum Jahr 2020 soll der Anteil der erneuerbaren Energien an der gesamten Wärmebereitstellung auf 14 Prozent und auf 10 Prozent am Endenergieverbrauch im Verkehrssektor ansteigen.

Diese Ziele tragen unter anderem mit dazu bei, die Treibhausgasemissionen in Deutschland bis zum Jahr 2020 (bezogen auf das Jahr 1990) um 40 Prozent und bis zum Jahr 2050 um 80 bis 95 Prozent zu senken. Dabei soll der Stromverbrauch bis zum Jahr 2020 um 10 Prozent und bis zum Jahr 2050 um 25 Prozent sowie der Primärenergieverbrauch bis 2020 um 20 Prozent und bis 2050 um 50 Prozent gesenkt werden.

Erneuerbare Energien in Deutschland: Das Wichtigste im Jahr 2011 auf einen Blick

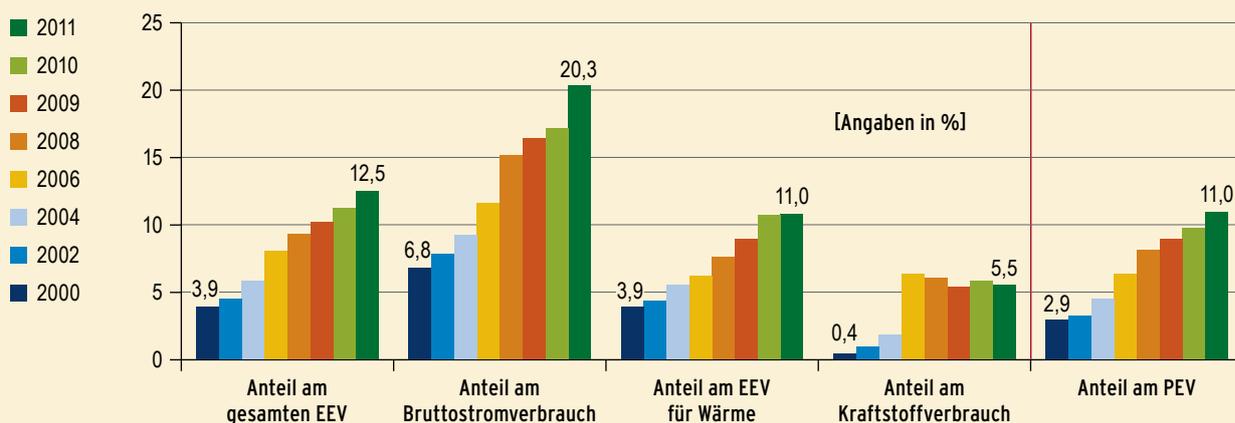
Das haben die erneuerbaren Energien 2011 erreicht:

- 12,5 Prozent am gesamten Endenergieverbrauch – Strom, Wärme und Kraftstoffe (2010: 11,2 Prozent)
- 20,3 Prozent am Bruttostromverbrauch (2010: 17,1 Prozent)
- 11,0 Prozent am Endenergieverbrauch für Wärme (2010: 10,7 Prozent)
- 5,5 Prozent am Kraftstoffverbrauch (2010: 5,8 Prozent)
- Vermeidung von 130 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten Treibhausgasemissionen (2010: 120 Millionen Tonnen), davon 70 Millionen Tonnen durch EEG-vergüteten Strom
- Investitionen in Höhe von 22,9 Milliarden Euro ausgelöst (2010: 27,9 Milliarden Euro)
- 381.600 Menschen in der Branche beschäftigt (2010: 367.400)

Sinkender Energieverbrauch und steigende Anteile der erneuerbaren Energien

Nach konjunkturbedingtem Anstieg des deutschen Energieverbrauchs im Vorjahr hat die warme Witterung im Jahr 2011 wieder zu einem Rückgang des Endenergieverbrauchs geführt. Die gleichzeitig angestiegene Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien hat zu einem deutlichen Anstieg des Anteils der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch von 11,2 Prozent auf 12,5 Prozent geführt.

Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland



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



Windverhältnisse wieder im Normalbereich - Stromerzeugung auf Rekordniveau

Nach zwei windschwachen Jahren mit einem Minusrekord im Jahr 2010 hat der Wind im vergangenen Jahr wieder normal geweht. Das Ergebnis ist mit 48,9 Terawattstunden (TWh) ein Windstromertrag in Rekordhöhe. Dazu trug auch bei, dass der Nettozubau an Windkraftleistung mit 1.880 Megawatt (MW) gegenüber dem Vorjahr (1.488 MW) deutlich angestiegen ist.

Biogasnutzung weiter im Aufwärtstrend

Im Bereich der Biomasse hielt insbesondere der Trend zum Ausbau der Stromerzeugung aus Biogas weiter an. Aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse wurden 2011 insgesamt 30,2 TWh Strom erzeugt (einschließlich Strom aus Deponie- und Klärgas sowie biogenem Abfall waren es 36,9 TWh). Gut 132 TWh Wärme wurden aus der gesamten Biomasse bereitgestellt und knapp 3,7 Millionen Tonnen Biokraftstoffe abgesetzt.

Photovoltaik stellt Vorjahresrekord ein

Mit einem Zubau von rund 7.500 MW hat die Photovoltaik ihren Zubaurekord des Vorjahres (rund 7.000 MW) auch im Jahr 2011 eingestellt. Ende des Jahres waren damit in Deutschland bereits rund 25.000 MW Photovoltaikleistung installiert. Mit einer Stromerzeugung von 19,3 TWh stieg der Anteil am Bruttostromverbrauch auf mittlerweile 3,2 Prozent und befand sich damit auf Augenhöhe mit der Wasserkraft. Der Zubau solarthermischer Kollektorfläche blieb mit rund 1,2 Millionen Quadratmetern etwa auf Vorjahresniveau.

Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung und vermiedene Treibhausgas-Emissionen in Deutschland 2011

		Endenergie 2011	Anteil am Endenergieverbrauch		vermiedene THG-Emissionen	Endenergie 2010
		[GWh]	[%]		[1.000 t]	[GWh]
Stromerzeugung	Wasserkraft ¹⁾	18.074	Anteil am Stromverbrauch ⁹⁾	3,0	14.072	20.956
	Windenergie	48.883		8,1	35.239	37.793
	an Land	48.315		8,0	34.830	37.619
	auf See (offshore)	568		0,09	409	174
	Photovoltaik	19.340		3,2	12.848	11.729
	biogene Festbrennstoffe	11.300		1,9	8.648	11.204
	biogene flüssige Brennstoffe	1.400		0,2	821	1.676
	Biogas	17.500		2,9	9.613	14.454
	Klärgas	1.100		0,2	805	1.101
	Deponiegas	620		0,1	454	650
	biogener Anteil des Abfalls ²⁾	4.950		0,8	3.760	4.781
	Geothermie	18,8		0,003	9	28
	Summe	123.186		20,3	86.270	104.372
Wärmeerzeugung	biogene Festbrennstoffe (Haushalte) ³⁾	67.500	Anteil am EEV für Wärme ¹⁰⁾	5,2	20.165	79.435
	biogene Festbrennstoffe (Industrie) ⁴⁾	23.600		1,8	7.506	23.339
	biogene Festbrennstoffe (HW/HKW) ⁵⁾	6.800		0,5	1.976	6.744
	biogene flüssige Brennstoffe ⁶⁾	7.700		0,6	2.139	7.974
	Biogas	17.000		1,3	2.900	13.971
	Klärgas ⁷⁾	1.090		0,08	305	1.086
	Deponiegas	280		0,02	78	294
	biogener Anteil des Abfalls ²⁾	7.600		0,6	2.252	7.566
	Solarthermie	5.600		0,4	1.240	5.200
	tiefe Geothermie	307		0,02	21	285
	oberflächennahe Geothermie, Umweltwärme ⁸⁾	5.990		0,5	487	5.300
Summe	143.467	11,0	39.070	151.194		
Kraftstoff	Biodiesel	24.920	Anteil am Kraftstoffverbrauch ¹¹⁾	4,0	3.541	26.095
	Pflanzenöl	205		0,03	36	636
	Bioethanol	9.091		1,5	1.191	8.714
	Summe	34.216		5,5	4.767	35.444
gesamt	300.869	EEV ¹²⁾	12,5	130.108	291.010	

Zur Stromerzeugung aus Photovoltaik und zur Wärmebereitstellung aus Solarthermie siehe Anhang Absatz 1.

- 1) bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss
- 2) biogener Anteil des Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 Prozent angesetzt
- 3) überwiegend Holz einschließlich Holzpellets
- 4) Betriebe des Bergbaus, der Gewinnung von Steinen und Erden sowie des verarbeitenden Gewerbes, nach § 8 EnStatG
- 5) nach §§ 3 und 5 EnStatG
- 6) inklusive Pflanzenöl

- 7) enthält Wert zur Wärmenutzung in den Kläranlagen
- 8) durch Wärmepumpen nutzbar gemachte erneuerbare Wärme (Luft/Wasser-, Wasser/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen).
- 9) bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2011 von 605,8 Terawattstunden, nach AGEB [4]
- 10) EEV für Raumwärme, Warmwasser und sonstige Prozesswärme 2011 von 1.307 Terawattstunden (4.705 Petajoule) nach ZSW [1]
- 11) bezogen auf den Kraftstoffverbrauch (ohne Flugkraftstoff, Militär und Binnenschifffahrt) 2011 von 621,5 Terawattstunden, ZSW [1] nach BAFA [16]
- 12) bezogen auf EEV 2011 von 2.415 Terawattstunden (8.692 Petajoule) nach AGEB [4]

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat und weitere Quellen, siehe nachfolgende Tabellen; teilweise vorläufige Angaben

Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland 1990 und von 2000 bis 2011

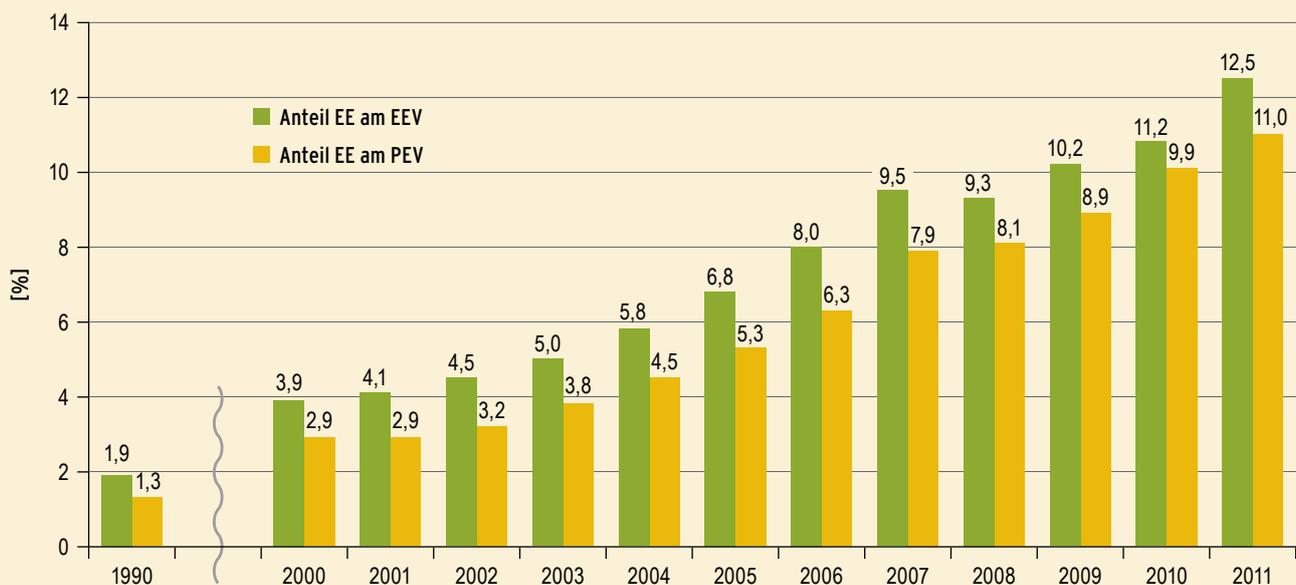
	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Endenergieverbrauch (EEV)	[%]	[%]											
Stromerzeugung (bezogen auf gesamten Bruttostromverbrauch)	3,1	6,8	6,7	7,8	7,5	9,2	10,1	11,6	14,3	15,1	16,4	17,1	20,3
Wärmebereitstellung (bezogen auf gesamte Wärmebereitstellung)	2,1	3,9	4,2	4,3	5,0	5,5	6,0	6,2	7,4	7,6	8,9	10,7	11,0
Kraftstoffverbrauch ¹⁾ (bezogen auf gesamten Kraftstoffverbrauch)	0,0	0,4	0,6	0,9	1,4	1,8	3,7	6,3	7,4	6,0	5,4	5,8	5,5
Anteil EE am gesamten EEV	1,9	3,9	4,1	4,5	5,0	5,8	6,8	8,0	9,5	9,3	10,2	11,2	12,5
Primärenergieverbrauch (PEV)	[%]	[%]											
Anteil EE am gesamten PEV ²⁾	1,3	2,9	2,9	3,2	3,8	4,5	5,3	6,3	7,9	8,1	8,9	9,9	11,0

Die vollständigen Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien finden sich auf der BMU-Themenseite „Erneuerbare Energien“ unter www.erneuerbare-energien.de.

- 1) bis 2002 Bezugsgröße Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr; ab 2003 der gesamte Verbrauch an Motorkraftstoff, ohne Flugkraftstoff, Militär und Binnenschifffahrt
2) berechnet nach Wirkungsgradmethode; nach AGEB [4]

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat nach VDEW [8], [9], [10]; DIW [13]; EEFA [67] und BDEW [11] sowie weitere Quellen, siehe Seiten 20, 24 und 26

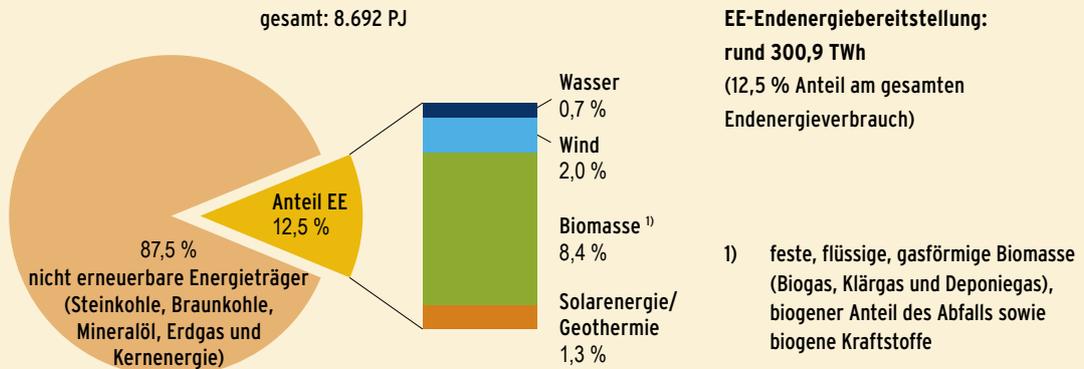
Entwicklung der Anteile der erneuerbaren Energien am End- und Primärenergieverbrauch in Deutschland 1990 und von 2000 bis 2011



Quellen: siehe Tabelle oben

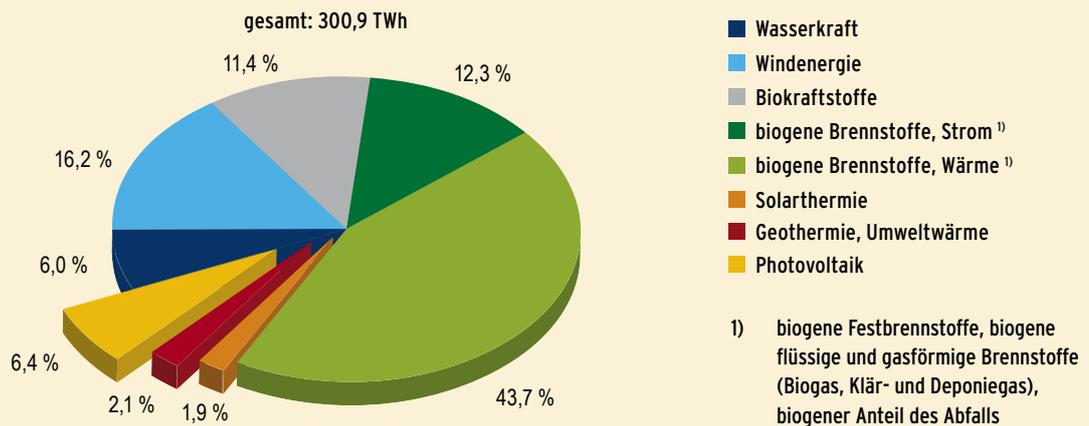
Endenergieverbrauch in Deutschland 2011 - Anteile der erneuerbaren Energien

Anteile der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland 2011



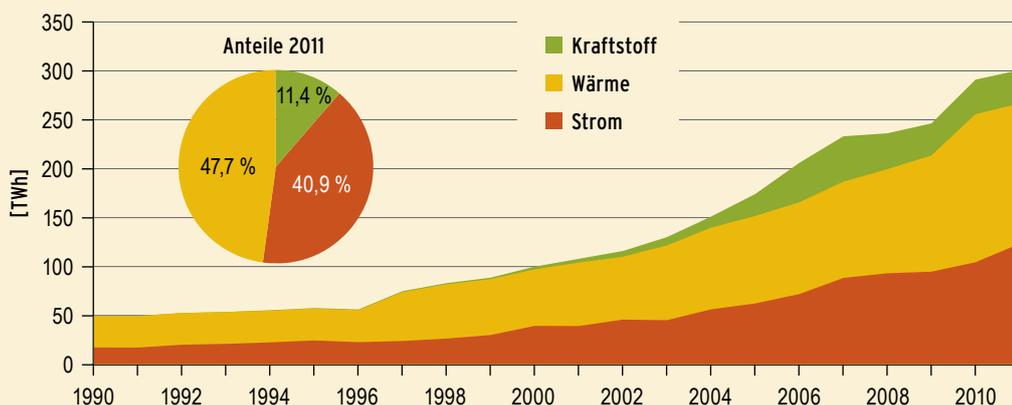
Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe Seiten 20, 24 und 26

Struktur der Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2011



Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe Seiten 20, 24 und 26

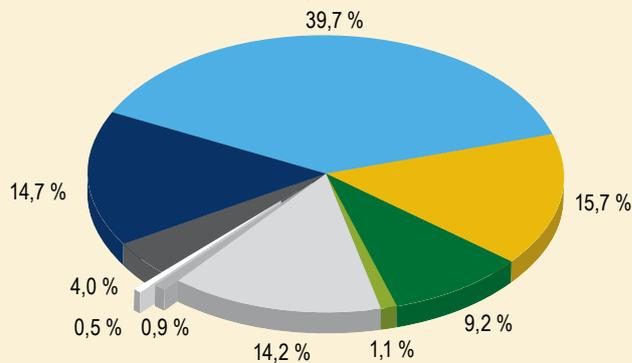
Entwicklung der Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland nach Sektoren



Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe Seiten 20, 24 und 26

Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2011

Struktur der Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2011



EE-Strombereitstellung: 123,2 TWh

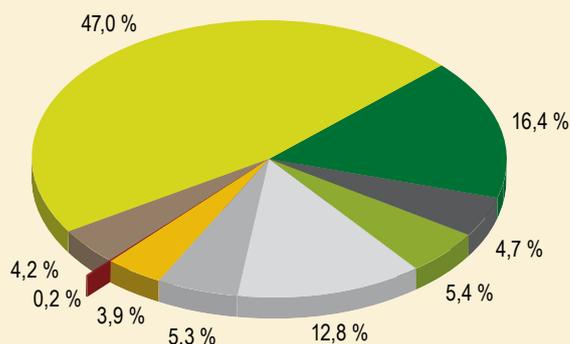
(Anteil am gesamten Bruttostromverbrauch: 20,3 %)

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

geothermische Stromerzeugung auf Grund geringer Strommengen nicht dargestellt

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe Tabelle Seite 20

Struktur der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2011



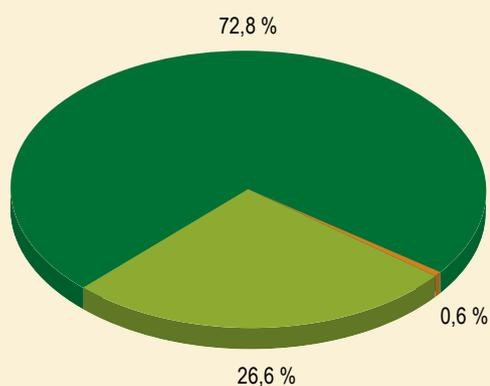
EE-Wärmebereitstellung: 143,5 TWh

(Anteil am gesamten Wärmeverbrauch: 11,0 %)

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

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe Tabelle Seite 24

Struktur der Kraftstoffbereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2011



Biogene Kraftstoffe: 34,2 TWh

(Anteil am gesamten Kraftstoffverbrauch: 5,5 %)

- Biodiesel
- Pflanzenöl
- Bioethanol

Biokraftstoffmengen 2011:
 Biodiesel: 2.426.000 Tonnen,
 2.748 Mio. Liter;
 Pflanzenöl: 20.000 Tonnen,
 21 Mio. Liter;
 Bioethanol: 1.233.000 Tonnen,
 1.554 Mio. Liter.

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe Tabelle Seite 26



Biomassenutzung im Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereich in Deutschland 2011

Die gesamte Bioenergie deckte 2011 mit einer bereitgestellten Endenergie von 202,7 Terawattstunden (TWh) in den Sektoren Strom, Wärme und Kraftstoffe insgesamt rund 8,4 Prozent des gesamten Endenergieverbrauchs von 2.415 TWh in Deutschland. Die Bioenergie hatte damit einen Anteil von rund 67 Prozent an der insgesamt aus erneuerbaren Energien bereitgestellten Endenergie (300,9 TWh).

Der weitaus größte Anteil an der gesamten Bioenergiebereitstellung von 202,7 TWh ging auf die biogenen festen Brennstoffe zurück (im Wesentlichen Holzprodukte) mit 109,2 TWh (entspricht 53,9 Prozent der Bioenergiebereitstellung). 90 Prozent der Endenergie aus festen Brennstoffen wurden im Wärmebereich genutzt, die restlichen 10 Prozent im Strombereich.

Auf Biokraftstoffe entfielen mit 34,2 TWh 16,9 Prozent der gesamten Bioenergie. Davon entfielen wiederum rund 73 Prozent auf Biodiesel, der Rest auf Bioethanol. Pflanzenöl hat nur noch geringe Bedeutung.

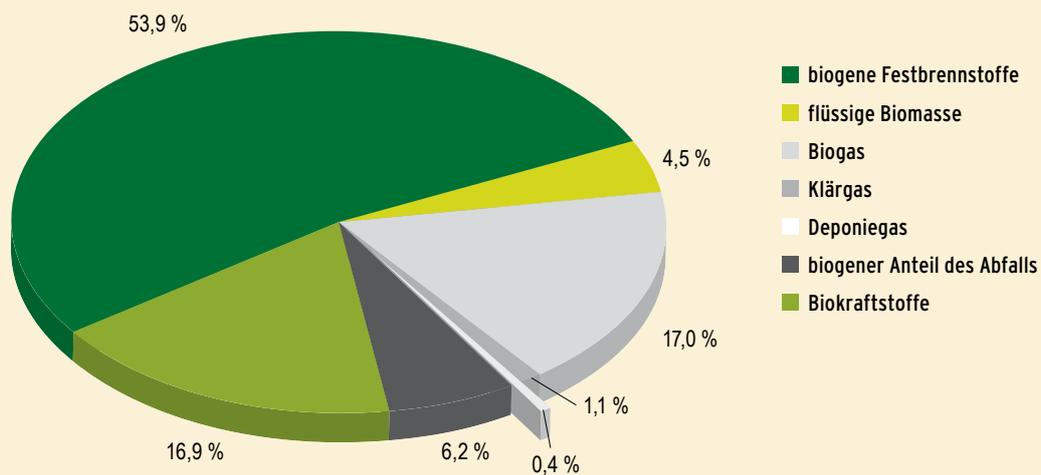
Der Anteil von Biogas an der Endenergiebereitstellung aus der gesamten Biomasse belief sich mit 34,5 TWh auf 17,0 Prozent. Davon entfallen 50,7 Prozent auf den Strombereich und 49,3 Prozent auf den Wärmebereich. Die Wärme aus Biogas fällt hauptsächlich in Kraft-Wärme-Kopplungsprozessen an.

Als weitere Bioenergieträger, die sowohl zur Strom- als auch zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden, sind der biogene Anteil des Abfalls, Deponiegas, Klärgas und flüssige Biomassen (darunter Pflanzenöl) zu nennen.



Struktur der Endenergiebereitstellung aus der gesamten Biomasse im Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereich in Deutschland im Jahr 2011

gesamt: 202,7 TWh



Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe Tabelle Seite 20, 24 und 26

Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland von 1990 bis 2011

Stromerzeugung (Endenergie) aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Wasser- kraft ¹⁾	Wind- energie	Biomasse ²⁾	biogener Anteil des Abfalls ³⁾	Photo- voltaik	Geothermie	Summe Strom- erzeugung	Anteil am Bruttostrom- verbrauch
	[GWh]						[GWh]	[%]
1990	15.580	71	221	1.213	1	0	17.086	3,1
1991	15.402	100	260	1.211	2	0	16.974	3,1
1992	18.091	275	296	1.262	3	0	19.927	3,7
1993	18.526	600	433	1.203	6	0	20.768	3,9
1994	19.501	909	569	1.306	8	0	22.293	4,2
1995	20.747	1.500	665	1.348	11	0	24.271	4,5
1996	18.340	2.032	759	1.343	16	0	22.490	4,1
1997	18.453	2.966	880	1.397	26	0	23.722	4,3
1998	18.452	4.489	1.642	1.618	32	0	26.233	4,7
1999	20.686	5.528	1.849	1.740	42	0	29.845	5,4
2000	24.867	9.513	2.893	1.844	64	0	39.181	6,8
2001	23.241	10.509	3.348	1.859	76	0	39.033	6,7
2002	23.662	15.786	4.089	1.949	162	0	45.648	7,8
2003	17.722	18.713	6.086	2.161	313	0	44.995	7,5
2004	19.910	25.509	7.960	2.117	556	0,2	56.052	9,2
2005	19.576	27.229	10.978	3.047	1.282	0,2	62.112	10,1
2006	20.042	30.710	14.841	3.844	2.220	0,4	71.657	11,6
2007	21.169	39.713	19.760	4.521	3.075	0,4	88.238	14,3
2008	20.446	40.574	22.872	4.659	4.420	17,6	92.989	15,1
2009	19.036	38.639	25.989	4.352	6.583	18,8	94.618	16,4
2010	20.956	37.793	29.085	4.781	11.729	27,7	104.372	17,1
2011	18.074	48.883	31.920	4.950	19.340	18,8	123.186	20,3

Die vollständigen Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien finden sich auf der BMU-Themenseite „Erneuerbare Energien“ Rubrik „Datenservice“ unter www.erneuerbare-energien.de.

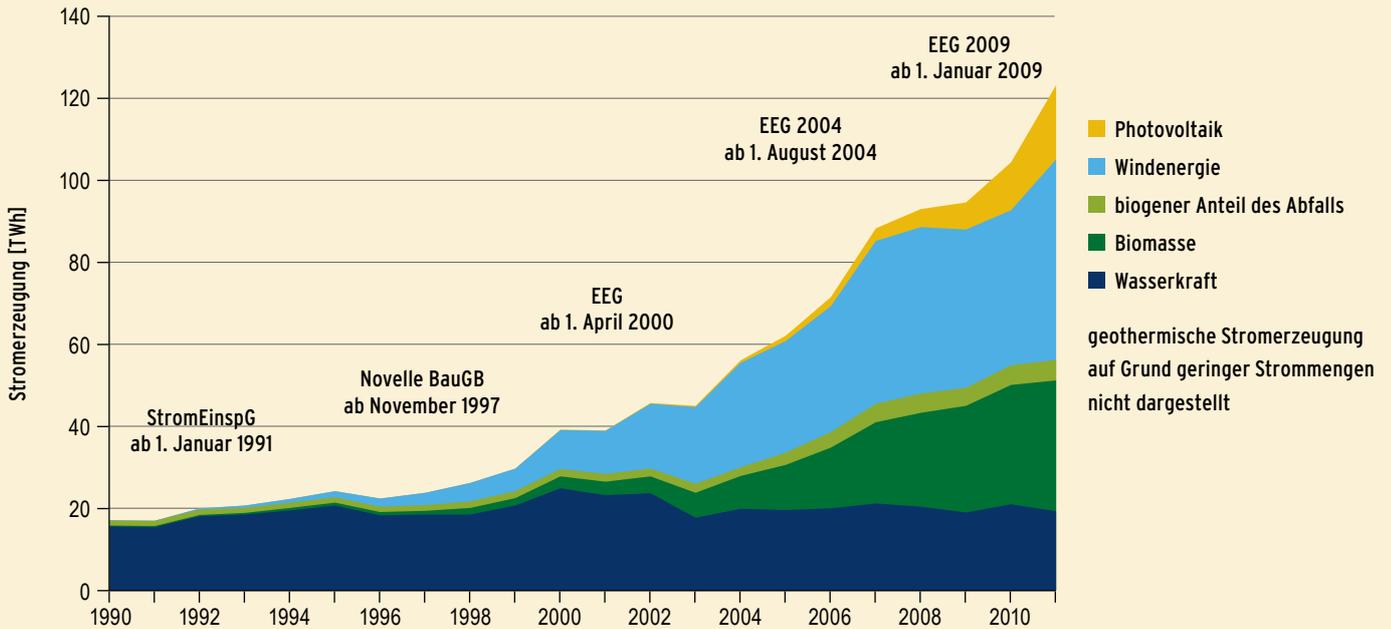
Zur Stromerzeugung aus Photovoltaik siehe Anhang Absatz 1.

- 1) bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss
- 2) bis 1998 nur Einspeisung in das Netz der allgemeinen Versorgung, Angaben ab 2003 beinhalten auch die industrielle Stromerzeugung aus flüssiger Biomasse inklusive Pflanzenöl

- 3) Anteil des biogenen Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 Prozent angesetzt

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat; ZSW [1]; VDEW [17], [18], [22], [27], [28], [29]; AGE B [2], [4]; BDEW [6]; ÜNB [68]; StBA [21]; SFV [26]; Erdwärme-Kraft GbR [41]; geo x [42]; Geothermie Unterhaching [43]; Pfalzwerke geofuture [44]; ewb Bruchsal [45]; Energie AG Oberösterreich [46]; DBFZ [57]

Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990



Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe Tabelle Seite 20

Installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Wasser- kraft	Wind- energie	Biomasse	biogener Anteil des Abfalls	Photo- voltaik	Geo- thermie	Gesamte Leistung
	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[MW _p]	[MW]	[MW]
1990	3.429	55	85	499	1	0	4.069
1991	3.394	106	96	499	2	0	4.097
1992	3.550	174	105	499	3	0	4.331
1993	3.509	326	144	499	5	0	4.483
1994	3.563	618	178	499	6	0	4.865
1995	3.595	1.121	215	525	8	0	5.464
1996	3.510	1.549	253	551	11	0	5.874
1997	3.525	2.089	318	527	18	0	6.476
1998	3.601	2.877	432	540	23	0	7.473
1999	3.523	4.435	467	555	32	0	9.012
2000	3.538	6.097	579	585	76	0	10.875
2001	3.538	8.750	696	585	186	0	13.755
2002	3.785	11.989	843	585	296	0	17.498
2003	3.934	14.604	1.091	847	435	0	20.911
2004	3.819	16.623	1.444	1.016	1.105	0,2	24.007
2005	4.115	18.390	1.964	1.210	2.056	0,2	27.735
2006	4.083	20.579	2.620	1.250	2.899	0,2	31.431
2007	4.169	22.194	3.434	1.330	4.170	3,2	35.300
2008	4.138	23.826	3.969	1.440	6.120	3,2	39.497
2009	4.151	25.703	4.519	1.550	10.566	7,5	46.497
2010	4.395	27.191	5.014	1.650	17.554	7,5	55.812
2011	4.401	29.071	5.479	1.700	25.039	7,5	65.698

Anmerkungen: Bis einschließlich 1999 beinhalten die Angaben zur installierten elektrischen Leistung der Biomasseanlagen nur die „Kraftwerke der allgemeinen Versorgung“ sowie die „sonstigen EE-Einspeiser“.

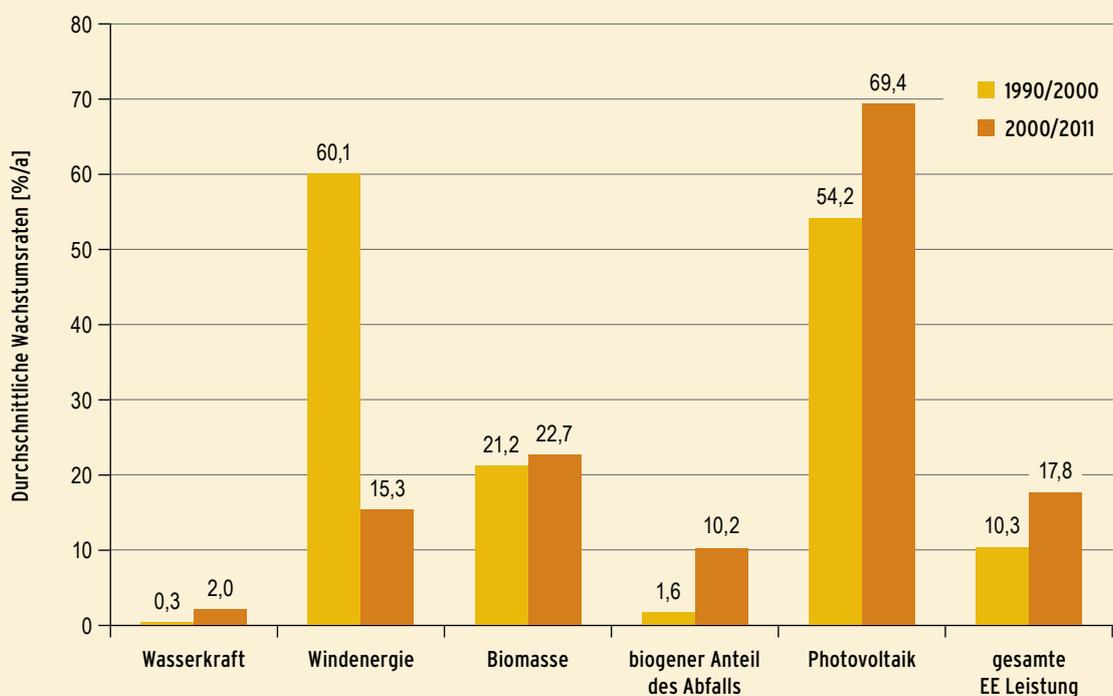
Die Angaben zur installierten Leistung beziehen sich jeweils auf den Stand zum Jahresende.

Die vollständigen Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien finden sich auf der BMU-Themenseite „Erneuerbare Energien“ Rubrik „Datenservice“ unter www.erneuerbare-energien.de.

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie VDEW [17], [18], [22], [27], [28], [29]; BDEW [30]; EnBW [39]; Fichtner [40]; BWE [47]; DEWI et al. [33]; DEWI [48]; BSW [51]; IE [58]; DBFZ [57]; ITAD [66]; Erdwärme-Kraft GbR [41]; geo x GmbH [42]; Geothermie Unterhaching [43]; Pfalzwerke geofuture [44]; ewb Bruchsal [45]; Energie AG Oberösterreich [46]; BNetzA [52], [74]; ZSW [1].



Durchschnittliche Wachstumsraten der installierten Leistung zur Stromerzeugung in Deutschland

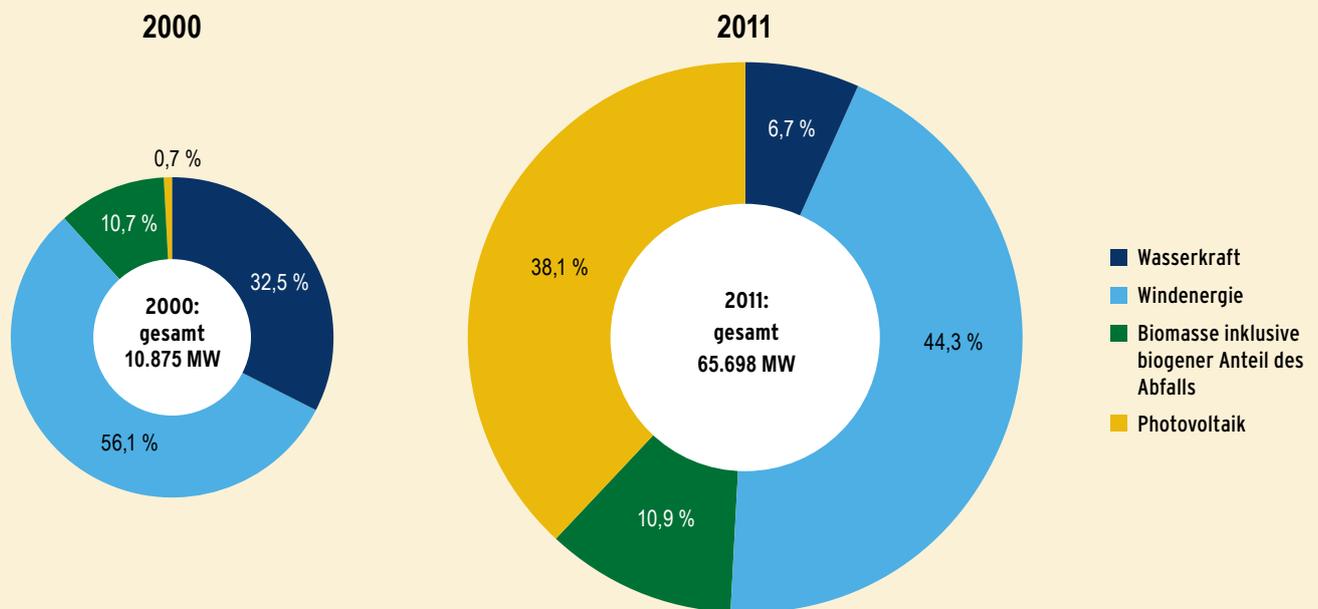


Anmerkung: Kapazitäten zur geothermischen Stromerzeugung sind in Deutschland erst seit 2004 (0,2 Megawatt) in Betrieb. Ende 2011 waren 7,5 Megawatt installiert, das ist gleichbedeutend mit einem durchschnittlichen Wachstum von 67,8 Prozent pro Jahr.

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe Tabelle Seite 21



Anteile an der installierten Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2000 und 2011



Wegen des geringen Anteils geothermischer Stromerzeugungsanlagen werden diese nicht dargestellt.

Seit dem Inkrafttreten des EEG im Jahr 2000 hat sich die installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien etwa versechsfacht. Der Anteil der Wasserkraft ist in diesem Zeitraum kontinuierlich gesunken, der Anteil der Photovoltaik drastisch gestiegen.

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe Tabelle Seite 21

Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Biomasse ¹⁾	biogener Anteil des Abfalls ²⁾	Solar- thermie ³⁾	Geothermie, Umweltwärme ⁴⁾	Summe Wärme- erzeugung	Anteil am Wärme- verbrauch
	[GWh]				[GWh]	[%]
1990	28.265	2.308	107	1.515	32.195	2,1
1991	28.360	2.308	169	1.517	32.354	2,1
1992	28.362	2.308	221	1.522	32.413	2,1
1993	28.368	2.308	280	1.530	32.486	2,1
1994	28.375	2.308	355	1.537	32.575	2,2
1995	28.387	2.308	440	1.540	32.675	2,1
1996	28.277	2.538	549	1.551	32.915	2,0
1997	45.591	2.290	690	1.569	50.140	3,2
1998	49.740	3.405	848	1.604	55.597	3,6
1999	50.858	3.674	1.026	1.645	57.203	3,8
2000	51.419	3.548	1.261	1.694	57.922	3,9
2001	58.220	3.421	1.587	1.765	64.993	4,2
2002	57.242	3.295	1.884	1.855	64.276	4,3
2003	69.182	3.169	2.144	1.956	76.451	5,0
2004	75.376	3.690	2.443	2.086	83.595	5,5
2005	79.746	4.692	2.778	2.294	89.510	6,0
2006	83.023	4.911	3.218	2.762	93.914	6,2
2007	86.670	4.783	3.638	3.415	98.506	7,4
2008	93.133	5.020	4.134	4.168	106.455	7,6
2009	102.403	6.832	4.733	4.931	118.899	8,9
2010	132.843	7.566	5.200	5.585	151.194	10,7
2011	123.970	7.600	5.600	6.297	143.467	11,0

Die vollständigen Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien finden sich auf der BMU-Themenseite „Erneuerbare Energien“ unter www.erneuerbare-energien.de, Rubrik „Datenservice“.

- 1) Erhebungsmethode 1996/1997 geändert; abweichend zu den Vorjahren ab 2003 Angaben nach §§ 3, 5 (Heizkraft- und Heizwerke) und § 8 (Industrie) des EnStatG von 2003 sowie Wärmenutzung in Klärgasanlagen
- 2) Angaben 1990 bis 1994 gleichgesetzt mit 1995, Angaben 2000 bis 2002 geschätzt mit Orientierung an Werten 1999 und 2003. Biogener Anteil des Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 Prozent angesetzt. Steigerung bei Wärme 2009 gegenüber dem Vorjahr durch erstmalige Berücksichtigung neu verfügbarer Daten. Es handelt sich um eine statistische Anpassung, die keine Aussage über den tatsächlichen Nutzungsausbau zulässt.
- 3) Rückbau von Altanlagen ist berücksichtigt.
- 4) einschließlich Wärme aus Tiefengeothermie und durch Wärmepumpen nutzbar gemachte erneuerbare Wärme (Luft/Wasser-, Wasser/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen)

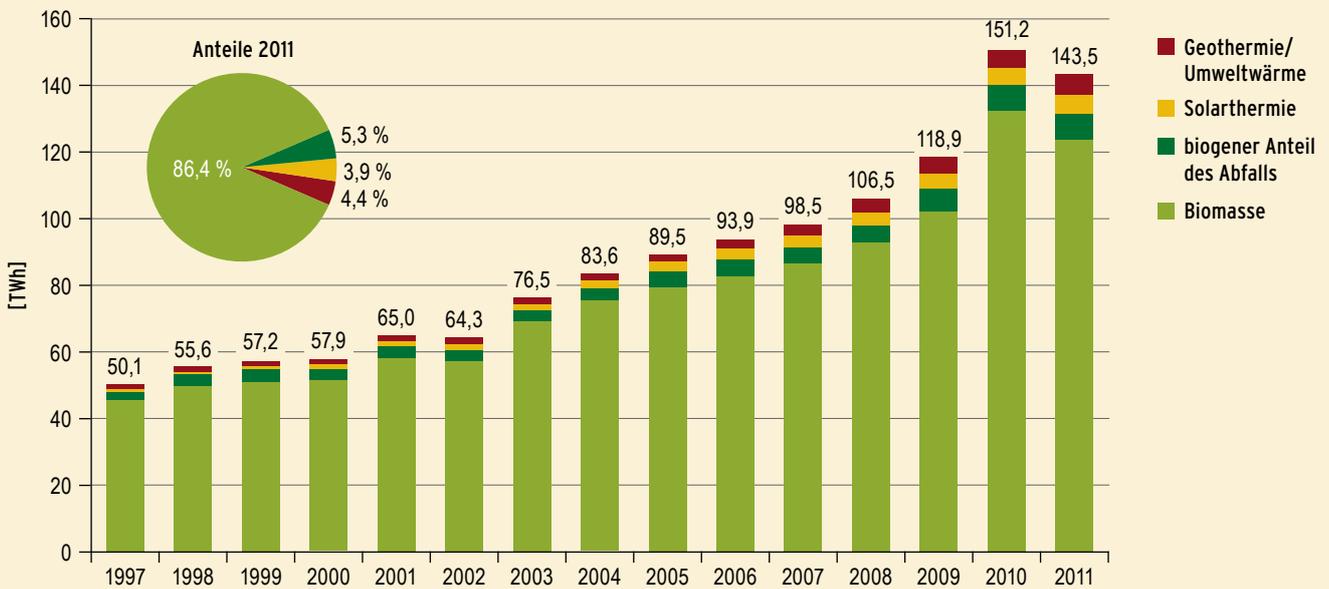
Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie ZSW [1]; StBA [21]; IEA [65]; AGEb [4], [69], [70]; BSW [51]; ZfS [54]; IE et al. [58]; ITW [72]; GZB [59]; LIAG [61]; BWP [3]; DBFZ [57]

Solarwärme: Entwicklung der Fläche und der Leistung der Solarkollektoren in Deutschland seit 1990

		1990	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011
kumulierte Fläche	[1.000 m ²]	348	3.251	4.679	6.151	8.501	11.330	14.044	15.234
kumulierte Leistung	[MW]	243	2.276	3.275	4.306	5.951	7.931	9.831	10.664

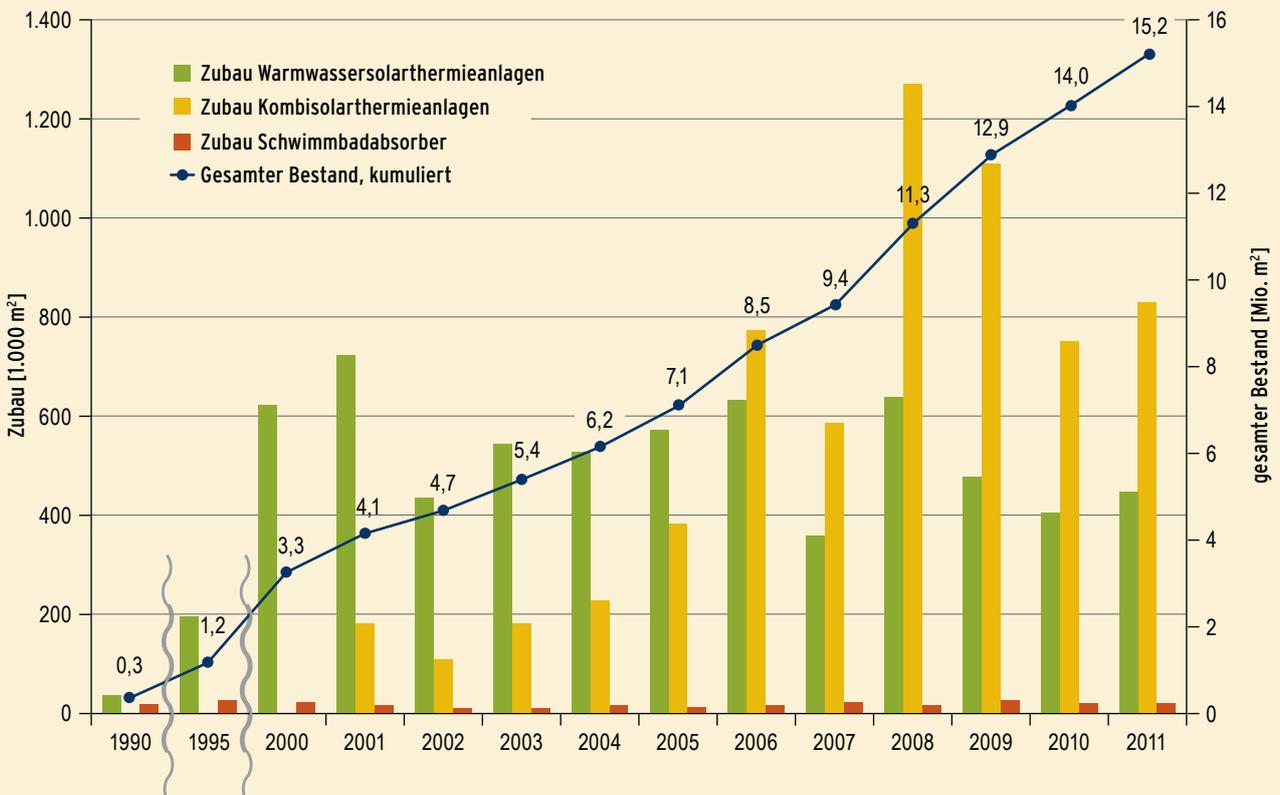
Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie ZSW [1]; ZfS [54]; BSW [51]

Entwicklung der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1997



Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe Seite 24

Entwicklung des Zubaus von Solarkollektoren (Solarwärme) in Deutschland seit 1990



Grafik berücksichtigt den Abbau von Altanlagen; Kombisolarthermieanlagen: Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung.

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie ZSW [1]; ZfS [54]; BSW [51]

Kraftstoffbereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 1998 und ab 2000

	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	[1.000 Tonnen]												
Biodiesel	100	250	350	550	800	1.017	1.800	2.817	3.318	2.695	2.431	2.529	2.426
Pflanzenöl	11	16	20	24	28	33	196	711	838	401	100	61	20
Bioethanol	0	0	0	0	0	65	238	512	460	625	892	1.165	1.233
Gesamt	111	266	370	574	828	1.115	2.234	4.040	4.616	3.721	3.423	3.755	3.679

Quelle: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe folgende Tabelle

Kraftstoffbereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Biodiesel	Pflanzenöl	Bioethanol	Summe Biokraftstoffe	Anteil am Kraftstoffverbrauch ¹⁾
	[GWh]			[GWh]	[%]
1990	0	k.A.	0	0	0
1991	2	k.A.	0	2	0
1992	52	21	0	73	0,012
1993	52	31	0	83	0,013
1994	258	31	0	289	0,05
1995	310	53	0	363	0,06
1996	516	53	0	569	0,09
1997	825	104	0	929	0,1
1998	1.032	115	0	1.147	0,2
1999	1.341	146	0	1.487	0,2
2000	2.579	167	0	2.746	0,4
2001	3.611	209	0	3.820	0,6
2002	5.674	251	0	5.925	0,9
2003	8.253	292	0	8.545	1,4
2004	10.493	345	481	11.319	1,8
2005	18.570	2.047	1.763	22.380	3,7
2006 ²⁾	29.062	7.426	3.792	40.280	6,3
2007	34.239	8.748	3.437	46.424	7,4
2008	27.810	4.192	4.673	36.675	6,0
2009	25.086	1.044	6.673	32.803	5,4
2010	26.095	636	8.713	35.444	5,8
2011	24.920	205	9.091	34.216	5,5

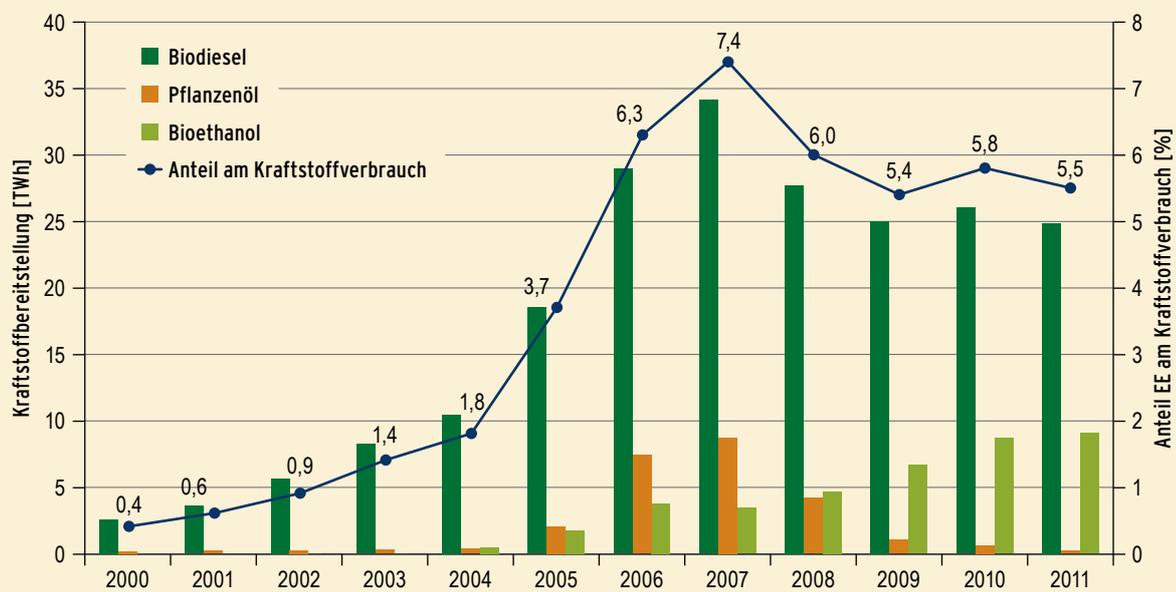
Die vollständigen Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien finden sich auf der BMU-Themenseite „Erneuerbare Energien“ unter www.erneuerbare-energien.de, Rubrik „Datenservice“.

- 1) bis 2002 Bezugsgröße Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr; ab 2003 der gesamte Verbrauch an Motorkraftstoff, ohne Flugkraftstoff, Militär und Binnenschifffahrt
- 2) In der Biodieselmenge 2006 ist auch Pflanzenöl enthalten. AGQM [31] und UFOP [32] weisen für 2006 einen Biodieserverbrauch von 25.800 Gigawattstunden aus.

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie BMU/BMELV [14]; BMELV [15]; BAFA [16]; FNR [60]; UFOP [32]; AGQM [31]



Entwicklung der Kraftstoffbereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 2000



Quelle: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe Tabelle Seite 26

Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2011

Der Ausbau erneuerbarer Energien trägt wesentlich zur Erreichung der Klimaschutzziele bei. In allen Verbrauchssektoren (Strom, Wärme, Verkehr) werden fossile Energieträger durch erneuerbare Energien ersetzt. Die energiebedingten Treibhausgasemissionen sinken entsprechend.

Insgesamt resultierte im Jahr 2011 eine Treibhausgasvermeidung von rund 130 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten. Auf den Stromsektor entfielen 86,3 Millionen Tonnen, davon sind 70 Millionen Tonnen der Strommenge mit EEG-Vergütungsanspruch zuzuordnen. Im Wärmebereich wurden 39,1 Millionen Tonnen und im Kraftstoffbereich 4,8 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente vermieden.

Bei einer ausschließlichen Betrachtung des Treibhausgases Kohlendioxid (CO₂), bei der unter anderem Methanemissionen bei der Nutzung fossiler und biogener Brennstoffe sowie Lachgasemissionen beim Anbau von Energiepflanzen außer Acht bleiben, ergibt sich ein leicht abweichendes Bild. Danach haben die erneuerbaren Energien 2011 insgesamt 128 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen vermieden. Hiervon entfielen 81,4 Millionen Tonnen auf die erneuerbare Stromerzeugung (davon 66 Millionen Tonnen auf Strom aus EE mit EEG-Vergütungsanspruch), 39,3 Millionen Tonnen auf die erneuerbare Wärmebereitstellung und 7,0 Millionen Tonnen auf den Einsatz von Biokraftstoffen.

Die Netto-Bilanz der vermiedenen Emissionen durch erneuerbare Energien berücksichtigt grundsätzlich alle vorgelagerten Prozessketten zur Gewinnung und Bereitstellung der Energieträger sowie zur Herstellung der Anlagen.

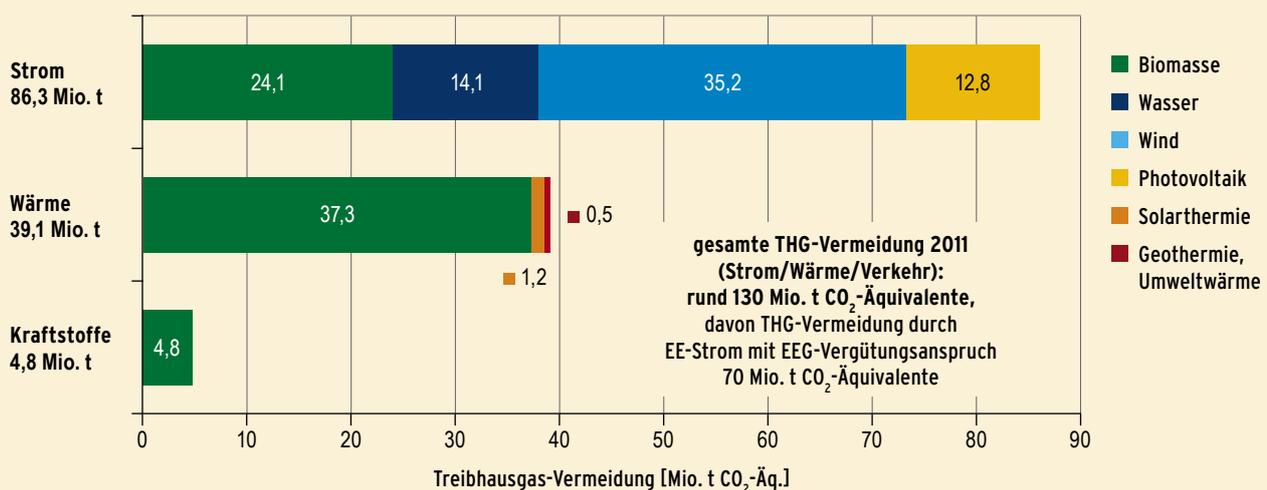


Den Emissionen der durch erneuerbare Energien ersetzten konventionellen Energieträger werden dabei diejenigen Emissionen gegenübergestellt, die aus den Vorketten und dem Betrieb der regenerativen Energieerzeugungsanlagen stammen (siehe auch methodische Anmerkungen im Anhang).

Bei Strom und Wärme wird das Ergebnis maßgeblich dadurch beeinflusst, welche fossilen Brennstoffe durch erneuerbare Energien ersetzt werden. Bei den Biokraftstoffen sind besonders die Art und die Herkunft der verwendeten Rohstoffe ausschlaggebend. Weitere Informationen hierzu finden sich im Anhang.

Die Treibhausgasvermeidung durch Bioenergieträger ist in besonderem Maße sowohl von der Emissionsintensität der ersetzten fossilen Energieträger als auch von Art und Herkunft der eingesetzten Rohstoffe abhängig. Sofern es sich dabei nicht um biogene Reststoffe (unter anderem Holz) und Abfälle handelt, sind Landnutzungsänderungen durch den landwirtschaftlichen Anbau der Energiepflanzen zu beachten. Sie können die Bilanzergebnisse entscheidend beeinflussen. Die Effekte indirekter (das heißt durch Verdrängungseffekte mittelbar verursachte) Landnutzungsänderungen werden bei der Berechnung der Treibhausgasemissionen noch nicht berücksichtigt. Methodische Ansätze werden derzeit unter anderem von der Europäischen Kommission erarbeitet. Direkte Landnutzungsänderungen sind seit Januar 2011 bei Biokraftstoffen und flüssigen Biobrennstoffen durch die Regelungen der Biokraftstoff- und Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung weitgehend ausgeschlossen; beim Energiepflanzenanbau zur Biogasgewinnung besteht bezüglich direkter Landnutzungsänderungen weiterhin eine gewisse Relevanz, zum Beispiel aufgrund von Grünlandumbrüchen.

Vermiedene Treibhausgas-Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2011



Abweichungen in den Summen durch Rundungen

Quellen: UBA auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe Seite 31, 33 und 35

Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Stromsektor 2011

Die erneuerbare Stromerzeugung aus Wasser, Wind, Sonnenstrahlung, Biomasse sowie Erdwärme reduziert den Verbrauch fossiler Energieträger, auf deren Nutzung die Stromversorgung in Deutschland gegenwärtig noch hauptsächlich beruht. Damit leistet die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien einen großen Beitrag zur Vermeidung von energiebedingten Treibhausgasen und versauernd wirkenden Luftschadstoffen in Deutschland.

Die Netto-Bilanzierung der erneuerbaren Stromerzeugung berücksichtigt sowohl die unmittelbar vermiedenen Emissionen an Treibhausgasen und Luftschadstoffen fossiler Kraftwerke in Deutschland als auch die vermiedenen Emissionen aus den Bereitstellungsketten der fossilen Primärenergieträger. Vor allem sind hier die hohen Emissionen von Methan (CH₄) bei der Bereitstellung und dem Transport von Steinkohle und Erdgas zu nennen. Aber auch die bei der Herstellung erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen sowie bei der Bereitstellung und der Nutzung von Biomasse auftretenden Emissionen an Treibhausgasen und Luftschadstoffen werden berücksichtigt.

Im Ergebnis weichen die spezifischen Treibhausgas-Vermeidungsfaktoren der verschiedenen erneuerbaren Energien leicht voneinander ab. Ein besonders hoher Klimaschutzeffekt ergibt sich bei der Stromerzeugung aus Wasserkraft, fester Biomasse (Holz) und biogenen festen sowie gasförmigen Abfällen. Bei der Stromerzeugung aus Biogas machen sich hingegen die Emissionen aus dem Anbau der Energiepflanzen bemerkbar.

THG-Vermeidungsfaktoren der erneuerbaren Stromerzeugung 2011

Strom	Vermeidungsfaktor
	[g CO ₂ -Äq./kWh]
Wasserkraft	779
Windenergie	721
Photovoltaik	664
biogene Festbrennstoffe	765
biogene flüssige Brennstoffe	586
Biogas	549
Klärgas	732
Deponiegas	732
biogener Anteil des Abfalls	760
Geothermie	472

Der Vermeidungsfaktor ist der Quotient aus vermiedenen Emissionen und der Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien. Er entspricht der durchschnittlichen Vermeidung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen (weitere Erläuterung siehe Anhang).

Quellen: UBA auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe folgende Tabelle

Emissionsbilanz erneuerbarer Stromerzeugung 2011

		EE Stromerzeugung gesamt: 123.186 GWh	
Treibhausgas/ Luftschadstoff		Vermeidungsfaktor [g/kWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhauseffekt 1)	CO ₂	660	81.353
	CH ₄	1,81	223
	N ₂ O	0,02	3,0
	CO₂-Äquivalent	700	86.270
Versauerung 2)	SO ₂	0,22	27,6
	NO _x	0,04	5,0
	SO₂-Äquivalent	0,25	31,2
Ozon 3) Staub 4)	CO	-0,23	-28,3
	NMVOC	-0,0001	-0,014
	Staub	-0,01	-1,1

- 1) Weitere Treibhausgase (SF₆, FKW, H-FKW) sind nicht berücksichtigt.
- 2) Weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH₃, HCl, HF) sind 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.

Basis der Berechnungen ist das „Gutachten zur CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2008 und 2009“ (Klobasa et al. [88]). Zur Methodik der Berechnungen siehe Anhang Absatz 3.

Quellen: UBA [75] auf Basis AGEE-Stat und Klobasa et al. [88]; UBA [92]; Öko-Institut [90]; Ecoinvent [84]; Vogt et al. [89]; Ciroth [83]; UBA [37]



Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmesektor 2011

Neben der Nutzung von Sonnenlicht und Umweltwärme stammt erneuerbare Energie für Raumwärme und Warmwasser in den Haushalten sowie für industrielle Prozesswärme überwiegend aus der CO₂-neutralen Verbrennung von Biomasse. Dabei wird nur soviel CO₂ freigesetzt, wie die Pflanze für ihr Wachstum vorher aufgenommen hat.

Die erneuerbare Wärmebereitstellung leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen. Dieser Klimaschutzeffekt geht zum einen auf vermiedene Freisetzung des in fossilen Energieträgern wie Öl, Erdgas, Stein- und Braunkohle gebundenen Kohlenstoffs, zum anderen auf vermiedene Umweltbelastungen (zum Beispiel Methanemissionen) bei der Gewinnung, der Aufbereitung und dem Transport fossiler Energieträger zurück.

Bei der Verbrennung von Biomasse in älteren Feuerungsanlagen wie Kachel- und Kaminöfen werden allerdings höhere Mengen Luftschadstoffe im Vergleich zur fossilen Wärmebereitstellung freigesetzt (die Emissionsbilanz wird negativ). Dies betrifft insbesondere die zum Sommersmog beitragenden flüchtigen organischen Verbindungen und Kohlenmonoxid sowie Staubemissionen aller Partikelgrößen. Durch den Einsatz moderner Heizungen und Öfen sowie ein verantwortungsvolles Nutzerverhalten lassen sich diese Umweltbelastungen reduzieren.

Hinsichtlich der Treibhausgas-Vermeidungsfaktoren der einzelnen erneuerbaren Energien zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei der erneuerbaren Stromerzeugung. Ein besonders hoher Klimaschutzeffekt ergibt sich bei der Nutzung fester Biomasse (Holz) und von biogenen Abfällen. Bei der Wärmeerzeugung aus Biogas sind wiederum die Emissionen aus dem Anbau der Energiepflanzen relevant.

Hinsichtlich des Vermeidungsfaktors für Geothermie ist zu berücksichtigen, dass sich dieser nicht auf den Brennstoffeinsatz, sondern direkt auf die Nutzenergie bezieht.

THG-Vermeidungsfaktoren der erneuerbaren Wärmebereitstellung 2011

Wärme	Vermeidungsfaktor
	[g CO ₂ -Äq./kWh]
biogene Festbrennstoffe (Haushalte)	299
biogene Festbrennstoffe (Industrie)	318
biogene Festbrennstoffe (HW/HKW)	291
biogene flüssige Brennstoffe	278
Biogas	171
Klärgas	280
Deponiegas	280
biogener Anteil des Abfalls	296
Solarthermie	221
tiefe Geothermie	68
oberflächennahe Geothermie, Umweltwärme ¹⁾	81

Der Vermeidungsfaktor ist der Quotient aus vermiedenen Emissionen und der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien. Er entspricht der durchschnittlichen Vermeidung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen (weitere Erläuterung siehe Anhang).

1) durch Wärmepumpen nutzbar gemachte erneuerbare Wärme (Luft/Wasser-, Wasser/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen)

Quellen: UBA auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe folgende Tabelle

Emissionsbilanz erneuerbarer Wärmebereitstellung 2011

		EE Wärmebereitstellung gesamt: 143.467 GWh	
Treibhausgas/ Luftschadstoff		Vermeidungsfaktor [g/kWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhauseffekt	CO ₂	274	39.304
	CH ₄ ¹⁾	0,17	24,1
	N ₂ O	-0,02	-2,4
	CO₂-Äquivalent	272	39.070
Versauerung ²⁾	SO ₂	0,19	27,8
	NO _x	-0,17	-24,8
	SO₂-Äquivalent	0,07	10,6
Ozon ³⁾ Staub ⁴⁾	CO	-4,34	-623,3
	NMVOG	-0,22	-31,4
	Staub	-0,16	-23,3

- 1) Weitere Schadstoffe mit Treibhausgaspotenzial (SF₆, FKW, H-FKW) sind nicht berücksichtigt.
- 2) Weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH₃, HCl, HF) sind nicht berücksichtigt.
- 3) NMVOC und CO sind wichtige Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon, das wesentlich zum „Sommersmog“ beiträgt.
- 4) Staub umfasst hier die Gesamtemissionen an Schwebstaub aller Partikelgrößen.

Zur Methodik der Berechnungen siehe Anhang Absatz 4.

Quellen: UBA [75] auf Basis AGEE-Stat und Frondel et al. [87]; UBA [92]; Öko-Institut [90]; Ecoinvent [84]; Vogt et al. [89]; Ciroth [83]; AGEb [2], [73]; UBA [37]



Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Verkehrssektor 2011

Die Bereitstellung und der Einsatz von Biokraftstoffen sind mit Emissionen verbunden, die sowohl aus Anbau und Ernte der Biomasse, der Verarbeitung, der Verbrennung im Motor als auch – in geringerem Maße – aus dem Transport resultieren. Beim Anbau gilt die Düngung als besonders wichtiger Faktor. Sie ist beispielsweise für die klimarelevanten Lachgas- (N₂O-)Emissionen verantwortlich.

Die Emissionsbilanzen sind von zahlreichen Parametern abhängig. Insbesondere haben die Art der eingesetzten Biomasse, die Verarbeitungsprozesse bei der Kraftstoffherstellung, die den Berechnungen zugrunde gelegten Referenzsysteme sowie die Allokationsmethodik Auswirkungen auf die Ergebnisse. Betrachtet man die Summe der Treibhausgase, wird das Emissionsniveau von der Rohstoffbasis und damit einhergehend von der Herkunft der Biokraftstoffe sowie den korrespondierenden Emissionsfaktoren bestimmt.

Treibhausgas-Emissionen, insbesondere durch indirekte Landnutzungsänderungen infolge des Energiepflanzenanbaus, stellen eine relevante Größe dar (seit Januar 2011 sind direkte Landnutzungsänderungen bei Biokraftstoffen durch die Regelungen der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung weitgehend ausgeschlossen). Sie konnten – wie auf Seite 29 bereits dargestellt – aus methodischen Gründen bisher noch nicht berücksichtigt werden.

THG-Vermeidungsfaktoren der erneuerbaren Kraftstoffbereitstellung 2011



Verkehr	Vermeidungsfaktor
	[g CO ₂ -Äq./kWh]
Biodiesel	142
Pflanzenöl	176
Bioethanol	131

Der Vermeidungsfaktor ist der Quotient aus vermiedenen Emissionen und der Kraftstoffherzeugung aus erneuerbaren Energien. Das entspricht der durchschnittlichen Einsparung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen.

Quellen: UBA auf Basis AGEE-Stat sowie weitere Quellen, siehe folgende Tabelle

Emissionsbilanz erneuerbare Kraftstoffbereitstellung 2011

		Biogene Kraftstoffe gesamt: 34.216 GWh	
Treibhausgas/ Luftschadstoff		Vermeidungsfaktor [g/kWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhauseffekt ¹⁾	CO ₂	204	6.985
	CH ₄	-0,27	-9,2
	N ₂ O	-0,19	-6,6
	CO₂-Äquivalent	139	4.767
Versauerung ²⁾	SO ₂	-0,05	-1,5
	NO _x	-0,38	-13,0
	SO₂-Äquivalent	-0,139	-4,7
Ozon ³⁾ Staub ⁴⁾	CO	-0,07	-2,5
	NMVOC	0,14	4,9
	Staub	-0,03	-1,0



- 1) Weitere Schadstoffe mit Treibhausgaspotenzial (SF₆, FKW, H-FKW) sind nicht berücksichtigt.
- 2) Weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH₃, HCl, HF) sind nicht berücksichtigt.
- 3) NMVOC und CO sind wichtige Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon, das wesentlich zum „Sommersmog“ beiträgt.
- 4) Staub umfasst hier die Gesamtemissionen an Schwebstaub aller Partikelgrößen.

Zur Methodik der Berechnungen siehe Anhang Absatz 5.

Quellen: UBA [75] auf Basis AGEE-Stat und EP/ER [85]; BR [79]; BR [80]; BDBe [82]; VDB [81]; Greenpeace [78]; BLE [96]; IFEU [5]

Einsparung von fossilen Energieträgern und Energieimporten durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2011

Primärenergieeinsparung durch die Nutzung erneuerbarer Energieträger

	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl/ Heizöl	Diesel- Kraftstoff	Otto- Kraftstoff	gesamt
Primärenergie [TWh]							
Strom	17,0	189,8	69,1	0,0	–	–	275,9
Wärme	11,9	13,7	72,4	58,1	–	–	156,0
Verkehr	–	–	–	–	14,1	6,2	20,4
gesamt	28,9	203,5	141,5	58,1	14,1	6,2	452,3
Primärenergie [PJ]							
gesamt	104,0	732,6	509,5	209,0	50,9	22,4	1.628,3
das entspricht ¹⁾:	10,3 Mio. t ²⁾	24,3 Mio. t ³⁾	14.486 Mio. m³	5.848 Mio. Liter	1.420 Mio. Liter	691 Mio. Liter	

Die Berechnung der Einsparung fossiler Energieträger erfolgt analog der Emissionsbilanzierung, siehe auch Anhang Absatz 6.

1) Zur Umrechnung der eingesparten Primärenergie wurden folgende von der AGEb 2008 ermittelten Heizwerte angesetzt: Braunkohlen 2,501 Kilowattstunden/Kilogramm, Braunkohlebriketts 5,421 Kilowattstunden/Kilogramm, Staubkohlen 6,060 Kilowattstunden/Kilogramm; Steinkohle 8,366 Kilowattstunden/Kilogramm, Steinkohlekoks 7,958 Kilowattstunden/Kilogramm, Erdgas 9,769 Kilowattstunden/Kubik-

meter, Heizöl leicht 9,928 Kilowattstunden/Liter, Dieseldieselkraftstoff 9,964 Kilowattstunden/Liter, Ottokraftstoff 9,011 Kilowattstunden/Liter.

2) darunter circa 9,3 Millionen Tonnen Braunkohlen, circa 0,3 Millionen Tonnen Braunkohlebriketts und circa 0,7 Millionen Tonnen Staubkohlen

3) darunter circa 24,1 Millionen Tonnen Steinkohle und circa 0,2 Millionen Tonnen Steinkohlekoks

Quellen: UBA [75] auf Basis AGEb-Stat und Klobasa et al. [88]; Frondel et al. [87]; Öko-Institut [90]; Ecoinvent [84]; Vogt et al. [89]; Frick et al. [86] sowie weitere Quellen, siehe Tabellen Seiten 31, 33 und 35



Die Tabellen zeigen detailliert die Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr im Jahr 2011. Die Gesamteinsparung ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Da in Deutschland fossile, das heißt nicht erneuerbare Energieträger wie Mineralöl, Erdgas und Steinkohle, zu einem hohen Anteil importiert werden, führen diese Einsparungen auch zu einer Senkung der deutschen Energieimporte. Dessen Höhe wird mitbestimmt von der Entwicklung der Energiepreise.

Entwicklung der Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien

	Strom	Wärme	Verkehr	gesamt
	Primärenergie [TWh]			
2009	217,5	129,4	20,2	367,0
2010	236,5	166,3	21,2	424,0
2011	275,9	156,0	20,4	452,3

Quellen: UBA [75] auf Basis AGEE-Stat und Klobasa et al. [88]; Frondel et al. [87]; Öko-Institut [90]; Ecoinvent [84]; Vogt et al. [89]; Frick et al. [86] sowie weitere Quellen, siehe Tabellen auf den Seiten 31, 33 und 35

Entwicklung der eingesparten Kosten in Deutschland bei fossilen Energieimporten¹⁾

	Strom	Wärme	Verkehr	gesamt
	[Mrd. EUR]			
2009	2,1	3,1	0,9	6,1 ²⁾
2010	2,5	3,3	0,8	6,6 ²⁾
2011	2,9	3,4	0,7	7,1 ²⁾

Vorläufige Angaben

- 1) Ohne importierte Braunkohle für Heizzwecke (Briketts). Importanteile von Erdöl und Erdgas nach [BMWi]. Für Kesselkohle Importanteil 100 Prozent, 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 75 Prozent. Importpreise nach [BAFA].
- 2) Bruttoangaben. Bei Berücksichtigung biogener Brennstoffimporte verringern sich die Importersparnisse auf rund 6,0 Milliarden Euro (2011), 5,8 Milliarden Euro (2010) beziehungsweise 5,7 Milliarden Euro (2009). Vergleiche zum Berechnungsweg [133]

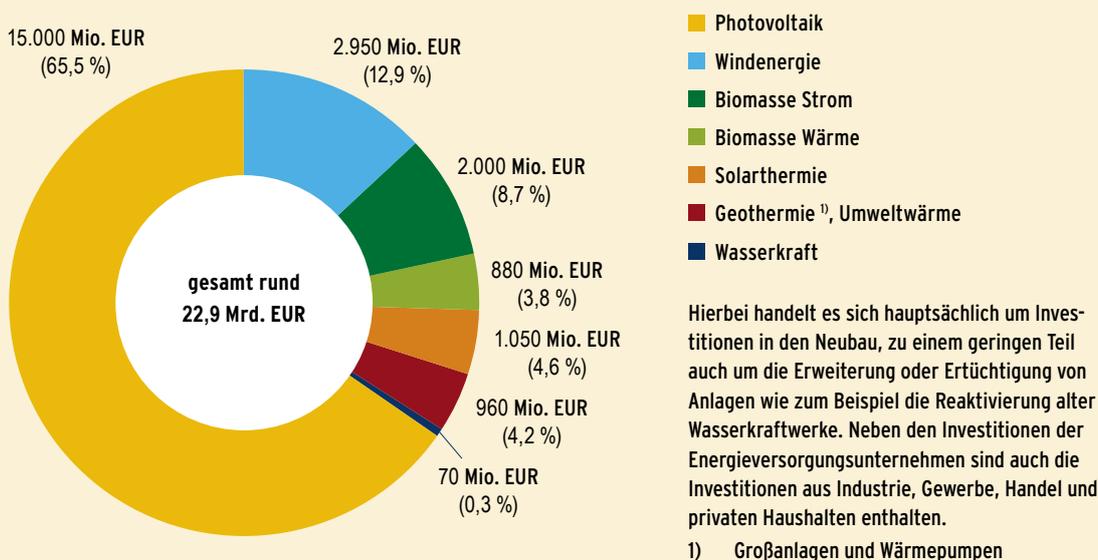
Quellen: ISI et al. [50]

Umsätze aus dem Bau und Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2011

Obwohl der Zubau von Stromerzeugungskapazitäten zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2011 den Vorjahreswert nochmals leicht übertreffen konnte, waren die Investitionen in Deutschland im Vergleich zum Vorjahr erstmals seit Jahren rückläufig. Dies ist vor allem auf die stark gesunkenen Preise für Photovoltaikanlagen zurückzuführen, die die Gesamtinvestitionen wie schon im Vorjahr dominierten. Auch der im Vergleich zum Vorjahr etwas schwächere Zubau von Biomasse- und Wasserkraftanlagen konnte durch den Anstieg in den Bereichen Wind, Solarthermie und Geothermie nicht vollständig kompensiert werden. Im Ergebnis lagen die Investitionen mit 22,9 Milliarden Euro um 18 Prozent niedriger als im Vorjahr. Nach wie vor entfällt mit 87 Prozent der überwiegende Anteil der Investitionen auf Anlagen zur Stromerzeugung, die nach dem EEG gefördert werden. Dagegen lag der Umsatz mit Techniken der erneuerbaren Energien deutscher Unternehmen im Jahr 2011 mit rund 24,9 Milliarden Euro etwa auf Vorjahresniveau (2010: 25,3 Milliarden Euro) [38].

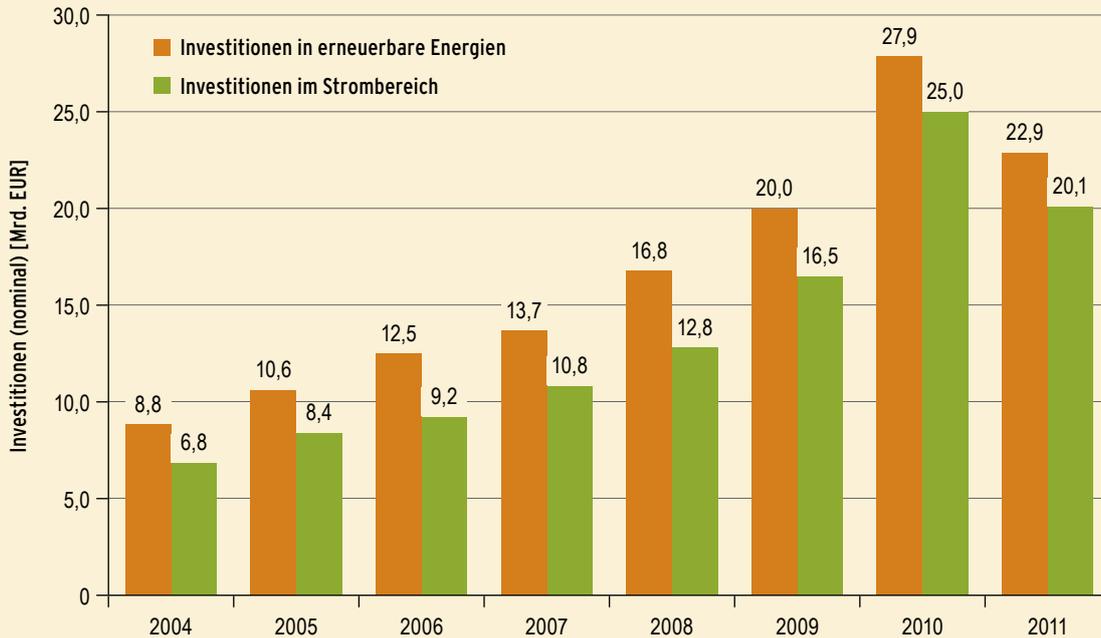
Der Rückgang bei den Investitionen darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass die erneuerbaren Energien einen wichtigen Wirtschaftsfaktor darstellen, der tendenziell in seiner Bedeutung nach wie vor wächst. Dies wird auch durch die zunehmende wirtschaftliche Bedeutung des Anlagenbetriebs unterstrichen. Auf Grund der stark gewachsenen Anlagenzahl nahmen die Umsätze aus dem Betrieb von EE-Anlagen 2011 im Vorjahresvergleich um 12 Prozent auf 13,8 Milliarden Euro zu. Diese Umsätze stärken die Wirtschaft nachhaltig, da sie über die gesamte Laufzeit der Anlagen von zumeist 20 Jahren kontinuierlich anfallen und durch jede neu installierte Anlage weiter ansteigen.

Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2011



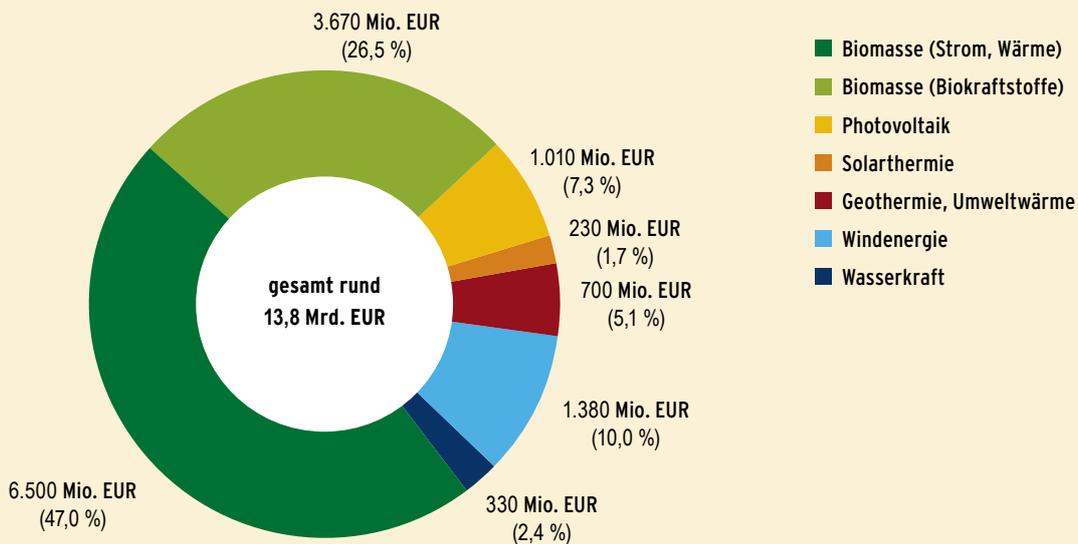
Quelle: BMU nach ZSW [1]

Entwicklung der Investitionen im Bereich der erneuerbaren Energien und deren induzierter Anteil im Strombereich in Deutschland bis zum Jahr 2011



Quelle: BMU nach ZSW [1]

Umsätze aus dem Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2011



Quellen: BMU nach ZSW [1]

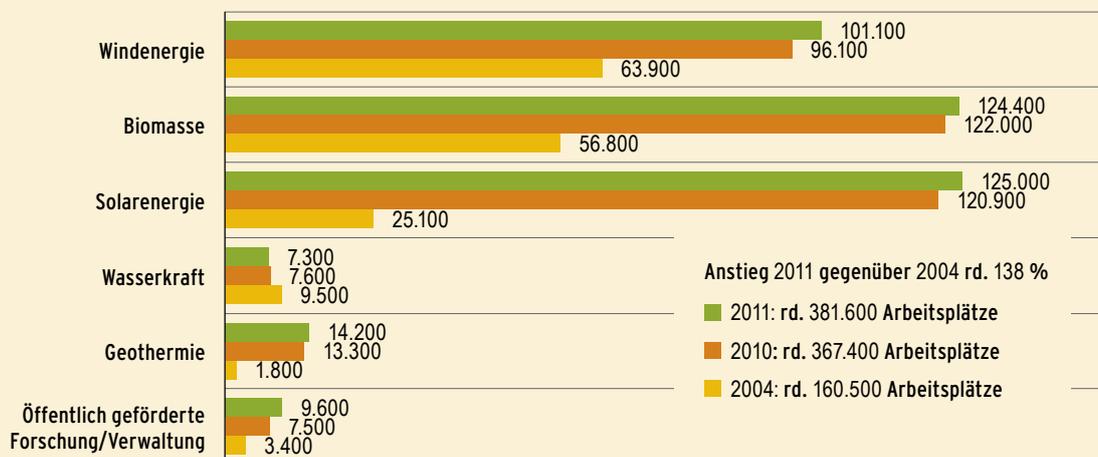
Die ermittelten Umsätze aus dem Anlagenbetrieb ergeben sich aus den Aufwendungen für Betrieb und Wartung der Anlagen, insbesondere in Form von Personalkosten und Hilfsenergiekosten, zuzüglich der Kosten gegebenenfalls erforderlicher Brennstoffe. Eine detaillierte Beschreibung der verwendeten Methodik ist im Anhang Absatz 7 zu finden.

Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland

Die Bedeutung der erneuerbaren Energien als Wirtschaftsfaktor in Deutschland wächst weiterhin. Dies äußert sich in hohen Investitionen in Anlagen ebenso wie in einem anhaltenden Anstieg der Beschäftigung in diesem Bereich. Nach einem aktuellen Forschungsvorhaben des BMU [38] sind der Branche der erneuerbaren Energien nach einer ersten Abschätzung im Jahr 2011 insgesamt bereits etwa 382.000 Arbeitsplätze in Deutschland zuzurechnen. Diese Zahl stellt gegenüber 2004 (rund 160.000 Beschäftigte) deutlich mehr als eine Verdoppelung dar. Rund 276.500, das heißt gut zwei Drittel der für 2011 insgesamt ermittelten Arbeitsplätze, sind auf die Wirkung des EEG zurückzuführen.

Zur Ermittlung der Beschäftigten werden Daten zu Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, Ausgaben für deren Betrieb, Abschätzungen zum Außenhandel der betreffenden Industrie und den jeweiligen Vorleistungen, etwa die notwendige Biomassebereitstellung, aber auch industrielle Vorleistungen anderer Wirtschaftszweige herangezogen. Hinzu kommt die Beschäftigung durch öffentliche und gemeinnützige Mittel in diesem Bereich, einschließlich der Beschäftigten im öffentlichen Dienst. Die weltweiten Konjunkturerwartungen werden für 2012 gedämpft durch die ungelösten Probleme der Eurozone, die Angst vor Überhitzung in den Schwellenländern und die Unsicherheiten der amerikanischen Schuldenkrise. Auf die Märkte der erneuerbaren Energien kann sich diese Entwicklung übertragen, sie kann jedoch auch ein Ausweichen in genau diese Märkte bewirken. Entscheidend ist daneben, wie sich die deutsche EE-Branche auf den Weltmärkten behauptet. Laut [38] ist es nach wie vor möglich, dass die Zahl der Beschäftigten im Bereich der erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2030 auf 500.000 bis 600.000 weiter steigt. In gesamtwirtschaftlichen Modellrechnungen (siehe zuletzt [63]) wurden darüber hinaus den positiven Beschäftigungswirkungen die derzeit negativen Impulse gegenübergestellt und die resultierende Netto-Beschäftigung ermittelt. Demnach führt bislang ein ambitionierter Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland in nahezu allen analysierten Szenarien im Saldo zu mehr Beschäftigung als eine Energieversorgung, die weitestgehend auf erneuerbare Energien verzichtet. Wie sich die für 2011 ermittelte Beschäftigung für die einzelnen Bundesländer darstellt und welche Impulse von den Produktionsstätten in einzelnen Bundesländern auf die Regionen ausgehen, wurde in einer gesonderten Untersuchung ermittelt, deren Ergebnisse im Juni 2012 auf der BMU-Themenseite (siehe unten) veröffentlicht wurden [115]. Weitere Informationen zum Thema im Internet auf der BMU-Themenseite www.erneuerbare-energien.de/40289.

Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland



Quellen: BMU [62], [63], [38]

Aus- und Weiterbildung im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland

Der Ausbau der erneuerbaren Energien soll in Deutschland in den kommenden Jahren dynamisch weiter voranschreiten, hierzu hat sich die Bundesregierung ehrgeizige Ziele gestellt. Dieser Ausbau hat auch positive Wirkungen auf den Arbeitsmarkt. Heute sind schon rund 382.000 Menschen (siehe Seite 40) in der Branche beschäftigt und die Zahl der Beschäftigten kann in den kommenden Jahren weiter ansteigen. Um über genügend Fachkräfte für diese weiter wachstumsstarke Zukunftsbranche zu verfügen, ist eine Auseinandersetzung mit dem Thema der erneuerbaren Energien auf jeder Bildungsstufe im Bereich der Aus- und Weiterbildung erforderlich. Das BMU hat in den vergangenen Jahren Diskussionsprozesse angestoßen, die vereinzelt bereits in gewerke- oder bildungswegübergreifende Aktivitäten gemündet haben. Hier ist nunmehr der Bildungssektor gefragt, das Zukunftsthema „Erneuerbare“ aufzugreifen.

Die projektorientierte Förderung der erneuerbaren Energien durch das Bundesumweltministerium (siehe im Internet unter www.erneuerbare-energien.de/42761) hat dazu beigetragen, den Bereich Bildung für erneuerbare Energien näher zu untersuchen und Unterrichtsmaterialien für verschiedene Bildungsbereiche zu entwickeln. So gibt es für Schulen und für den Bereich der Aus- und Weiterbildung zahlreiche Materialien, die unter anderem vom BMU-Bildungsservice (www.bmu.de/6807) zu beziehen sind.

Im Hochschulbereich haben sich bereits viele auf erneuerbare Energien ausgerichtete Studiengänge und solche, die eine Schwerpunktlegung in diesem Bereich ermöglichen, herausgebildet. Eine ständig aktualisierte Übersicht zu den Weiterbildungsmöglichkeiten und der Qualität der Angebote gibt es bislang jedoch nicht.

Einen ersten Überblick bieten Internetportale zu branchenspezifischen Weiterbildungsangeboten im Bereich der erneuerbaren Energien. Die folgende Aufzählung stellt nur eine Auswahl dar, es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben.

Informationsportal Studium Erneuerbare Energien	Umfangreiche Übersichtseite mit detaillierten Informationen der in Deutschland angebotenen Studiengänge im Bereich EE sowie duale Studiengänge mit integrierter Ausbildung, des Weiteren Infos über berufsbegleitende Weiterbildungen (geordnet nach Bundesländern), Infos über Zugangsvoraussetzungen, Studiendauer und Karrierechancen. www.studium-erneuerbare-energien.de/
Wissensportal – Energieagentur NRW	Online Datenbank für Aus- und Weiterbildung im Bereich EE http://whoiswho.wissensportal-energie.de/
Wissenschaftsladen Bonn	Informationsportal über den Bereich EE, Ausbildungsmöglichkeiten, Stellenangebote, Informationen über Messen im Bereich EE. www.jobmotor-erneuerbare.de/
Bildungsportal Windenergie	Netzwerk für Windenergie, Informationen über Qualifizierung im Bereich Windenergie, Studiumsmöglichkeiten im On- und Offshorebereich, Aus-, Fort- und Weiterbildung im Bereich Windenergie. www.bildungsportal-windenergie.de/bildungsportal/suche_index.html
SolarServer - Internetportal zur Sonnenenergie	Umfassende Informationen zur Solarenergie, unter anderem auch Aus- und Weiterbildung. www.solarserver.de/branchen/ausbildung-und-fortbildung.html
Agentur für Erneuerbare Energien	Umfassende Informationen über den aktuellen Stand des Bereichs EE, weiterführende Informationen und Links zu Portalen für Arbeitsmarkt, Studium, Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten. www.unendlich-viel-energie.de/de/wirtschaft/arbeitsplaetze-erneuerbare-karriere.html
Karriereportal der Energiewirtschaft	Stellenangebote, Karrieretipps und Infos zu Jobs in der gesamten Energiewirtschaft, Praktikangebote und -gesuche. www.energiejobs.de/

EEG-Förderung und Umlageanteil am Strompreis

Bislang ist der erneuerbar erzeugte und nach dem EEG vergütete Strom in Deutschland im Durchschnitt noch teurer als aus fossilen oder nuklearen Quellen erzeugter Strom¹⁾. Hieraus entstehen Förderkosten, die über eine sogenannte EEG-Umlage als Teil des Strompreises auf die Stromkunden überwältigt werden. Im Jahr 2011 profitierten insgesamt rund 600 besonders stromintensive Unternehmen des produzierenden Gewerbes und Schienenbahnen von der Besonderen Ausgleichsregelung im EEG; sie sind weitestgehend von dieser Kostenumlage befreit [123]. Im Gegenzug erhöhen sich die EEG-Kosten aller übrigen Stromkunden derzeit um etwa 20 Prozent.

Wie wird die EEG-Umlage berechnet?

Seit dem Jahr 2010 ist das Verfahren zur Umlage der EEG-Kosten im Detail im EEG sowie durch Verordnungen – insbesondere die Ausgleichsmechanismus-Verordnung (AusglMechV) – geregelt. Demnach wird der nach dem EEG vergütete Strom von den vier Übertragungsnetzbetreibern (ÜNB) direkt über die Strombörse vermarktet. Die erwartete Differenz zwischen den Verkaufserlösen an der Strombörse und den Kosten für die Vergütungszahlungen an die EEG-Anlagenbetreiber sowie der Vermarktung des EEG-Stroms werden über die EEG-Umlage anteilig auf den gesamten EEG-pflichtigen Stromletzterverbrauch umgelegt. Dies erhöht die Strombeschaffungskosten der Vertriebe. Eine Abschätzung der zu erwartenden EEG-Differenzkosten müssen die ÜNB laut AusglMechV jeweils bis zum 15. Oktober für das kommende Jahr vorlegen und die hieraus resultierende, bundesweit einheitliche EEG-Umlage veröffentlichen. Diese gilt dann für das gesamte Folgejahr. Mögliche Über- beziehungsweise Unterdeckungen des EEG-Kontos aufgrund einer von der Prognose abweichenden Marktentwicklung sind dann im jeweiligen Folgejahr auszugleichen. Nähere Informationen hierzu finden sich unter anderem in [132] sowie auf der Informationsplattform der ÜNB zur EEG-Umlage (www.eeg-kwk.net).

EEG-Umlage im Jahr 2011

Am 15. Oktober 2010 hatten die ÜNB für das Jahr 2011 mit Ausgaben von insgesamt rund 17,1 Milliarden Euro gerechnet. Dem standen erwartete Einnahmen von rund 4,7 Milliarden Euro entgegen. Aufgrund der zu niedrig kalkulierten EEG-Umlage für 2010 wies das EEG-Konto außerdem eine Unterdeckung von rund 1,1 Milliarden Euro auf, die 2011 als Nachholung in die Berechnung eingingen. Die Differenz zwischen Einnahmen und Ausgaben von rund 13,5 Milliarden Euro war demnach 2011 über die EEG-Umlage zu decken, woraus sich für 2011 eine EEG-Umlage von 3,53 Cent pro Kilowattstunde ableitete [124].

Angaben nominal, nach Abzug der vermiedenen Netzentgelte. Wegen des Wechsels des Berechnungsverfahrens sind die Werte ab 2010 nicht direkt mit denen der Vorjahre vergleichbar. Sie sind auf Grundlage der EEG-Jahresabrechnung berechnet, weichen daher von den vorab vorgelegten Prognosen der ÜNB ab.

Quelle: IfnE [7]

Entwicklung der EEG-Differenzkosten für nicht privilegierte Stromkunden

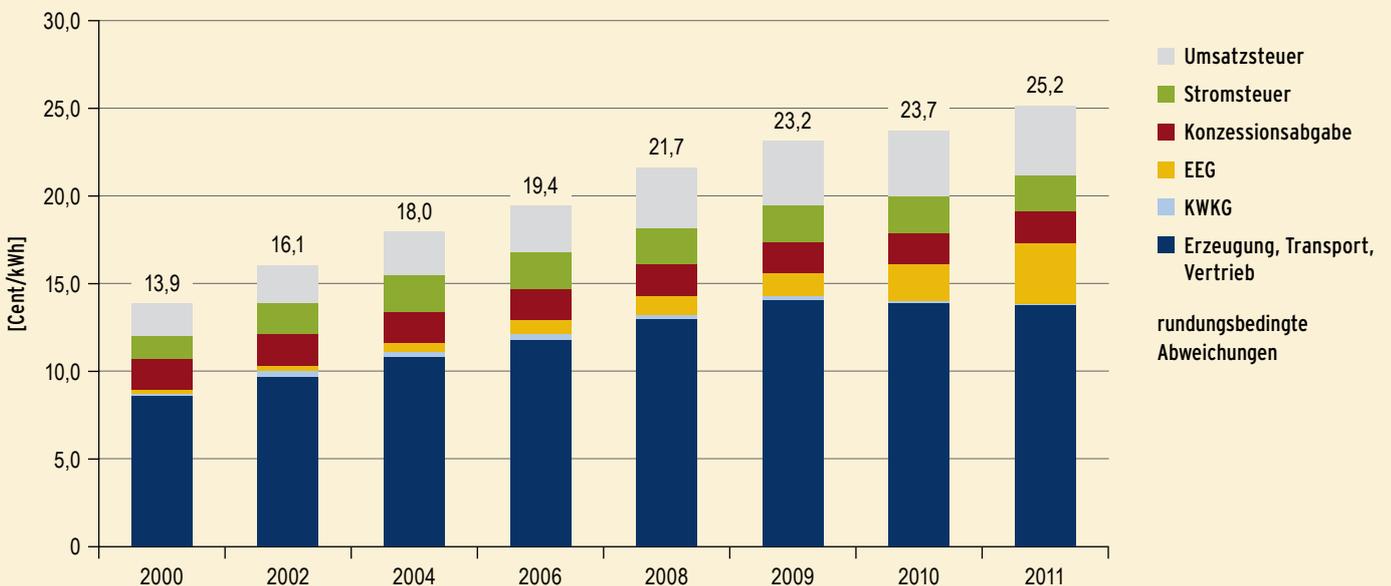
	EEG-Differenzkosten
Jahr	[Mrd. Euro]
2000	0,9
2001	1,1
2002	1,7
2003	1,8
2004	2,4
2005	2,8
2006	3,3
2007	4,3
2008	4,7
2009	5,3
2010	9,4
2011	12,1

- 1) Grund hierfür ist unter anderem, dass in dieser betriebswirtschaftlichen Kalkulation wesentliche Nutzenpositionen unberücksichtigt bleiben. Bei einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung kann sich ein anderes Bild ergeben, siehe hierzu genauer die Seiten 54-56 und die dort genannten Literaturquellen.

Wesentliche Annahmen dieser Abschätzung erwiesen sich im Rückblick auf das Jahr 2011 als nicht zutreffend. Zum einen wurden der Zubau bei Photovoltaik und die Entwicklung der Vergütungen für Biomasse unterschätzt. Hieraus entstanden den ÜNB 2011 höhere Kosten. Zum anderen lagen die für den EEG-Strom erzielten Erlöse aufgrund niedrigerer Börsenstrompreise unter den Erwartungen. Angesichts dieser Entwicklung wies das von den ÜNB eingerichtete EEG-Konto Ende Oktober 2011 eine Unterdeckung von rund 700 Millionen Euro auf, die in die Berechnung der EEG-Umlage für 2012 einfluss.

Die Ende Juli 2012 vorgelegte EEG-Jahresschlussrechnung für 2011 bestätigte die zwischenzeitlichen Abschätzungen. Demnach betragen die jahresscharf berechneten EEG-Differenzkosten 2011 rund 12,1 Milliarden Euro. Hieraus ergäbe sich – rein rechnerisch – für 2011 eine EEG-Umlage von etwa 3,2 Cent pro Kilowattstunde.

Kostenanteile für eine Kilowattstunde Strom für Haushaltskunden



Quellen: siehe unten stehende Tabelle

	2000	2002	2004	2006	2008	2009	2010	2011
	Cent/kWh							
Erzeugung, Transport, Vertrieb	8,6	9,7	10,8	11,8	13,0	14,1	13,9	13,8
KWKG	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,03
EEG	0,2	0,3	0,5	0,8	1,1	1,3	2,1 ¹⁾	3,5 ¹⁾
Konzessionsabgabe	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Stromsteuer	1,3	1,8	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Umsatzsteuer	1,9	2,2	2,5	2,7	3,5	3,7	3,8	4,0
gesamt	13,9	16,1	18,0	19,4	21,7	23,2	23,7	25,2

1) Tabelle enthält die im jeweiligen Jahr aufgrund der ÜNB-Prognose erhobene EEG-Umlage. Auf Grundlage der EEG-Jahresabrechnung ergäben sich rechnerische Werte von rund 2,3 Cent/Kilowattstunde (2010) beziehungsweise rund 3,2 Cent/Kilowattstunde (2011).

Quellen: IfnE [7]; BDEW [23]

Merit-Order-Effekt

Bei der Analyse der Auswirkungen erneuerbarer Energien und speziell des EEG auf die Strompreise ist auch der sogenannte Merit-Order-Effekt zu beachten. Dieser beschreibt den Einfluss, den die vorrangige Einspeisung erneuerbar erzeugten Stroms, insbesondere aus Windenergie, zunehmend aber auch aus Photovoltaikanlagen, auf die Großhandels-Strompreise ausübt.

Da sich die Nachfrage nach konventionellem Strom verringert, werden entsprechend der Merit-Order die teuersten sonst eingesetzten Kraftwerke nicht mehr zur Nachfragedeckung benötigt. Entsprechend sinkt der Börsenpreis. Während so die Einnahmen der Stromerzeuger sinken, profitieren Lieferanten und – je nach Marktverhältnissen – auch Stromverbraucher von den Preissenkungen. Mehrere wissenschaftliche Studien, auch im Auftrag des BMU (zuletzt [135]), haben gezeigt, dass der Merit-Order-Effekt in der Vergangenheit auch unter konservativen Annahmen eine erhebliche Größenordnung hatte. Demnach betrug die strompreisdämpfende Wirkung der EEG-geförderten Stromerzeugung 2011 rund 0,9 Cent/Kilowattstunde beziehungsweise – bezogen auf die gesamte am Spotmarkt gehandelte Strommenge – rund 4,6 Milliarden Euro. Ob und in welchem Ausmaß sich diese Effekte in den Strompreisen der Endkunden niederschlagen, hängt zentral vom Beschaffungs- und Marktverhalten der Stromversorger ab. Hauptnutznießer des Merit-Order-Effekts dürften insbesondere die durch die Besondere Ausgleichsregel des EEG privilegierten, besonders stromintensiven Unternehmen sein. Während ihre EEG-Umlage auf 0,05 Cent/Kilowattstunde begrenzt ist, profitieren sie als Sondervertragskunden in der Regel am ehesten von sinkenden Strompreisen an der Börse.

Wirkungen des Merit-Order-Effekts

	Simulierte EEG-Stromerzeugung	Absenkung des Phelix Day Base	Merit-Order-Effekt
Jahr	[TWh]	[ct/kWh]	[Mrd. EUR]
2009	76,1	0,61	3,1
2010	83,5	0,53	2,8
2011	102,0	0,87	4,6

Quellen: Sensfuß [135], [148]



Struktur der nach dem EEG vergüteten Strommengen seit 2000

		2000 ¹⁾	2002	2004	2006	2008	2010	2011 ⁵⁾	
Letztverbrauch gesamt		344.663	465.346	487.627	495.203	493.506	485.465	462.205	
Privilegierter Letztverbrauch ²⁾		–	–	36.865	70.161	77.991	80.665	85.118	
EEG-vergütete Strommenge gesamt ³⁾		10.391,0	24.969,9	38.511,2	51.545,3	71.147,8	80.698,9	91.227,6	
Wasserkraft, Gase ⁴⁾	[GWh]	4.114,0	6.579,3	4.616,1	4.923,9	4.981,5	5.049,0	2.397,2	
Gase ⁴⁾		–	–	2.588,6	2.789,2	2.208,2	1.160,0	487,3	
Biomasse		586,0	2.442,0	5.241,0	10.901,6	18.947,0	25.145,9	23.373,6	
Geothermie		–	0,0	0,2	0,4	17,6	27,7	18,8	
Windkraft		5.662,0	15.786,2	25.508,8	30.709,9	40.573,7	37.633,8	45.611,1	
Solare Strahlungsenergie		29,0	162,4	556,5	2.220,3	4.419,8	11.682,5	19.339,5	
Durchschnittsvergütung ⁵⁾		[ct/kWh]	8,50	8,91	9,29	10,88	12,25	15,86	17,94
Gesamtvergütung ⁶⁾		[Mrd. EUR]	0,88	2,23	3,61	5,81	9,02	13,18	16,76
Nicht vergütete EE-Strommenge		[GWh]	28.790	20.678	17.541	20.112	21.841	23.627	31.958
Gesamte EE-Strommenge	[GWh]	39.181	45.648	56.052	71.657	92.989	104.326	123.186	

1) Rumpffahr: 01.04.-31.12.2000

2) durch die Besondere Ausgleichsregel des EEG seit Juli 2003 privilegierter Letztverbrauch

3) Nachkorrekturen (2002 bis 2010) 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

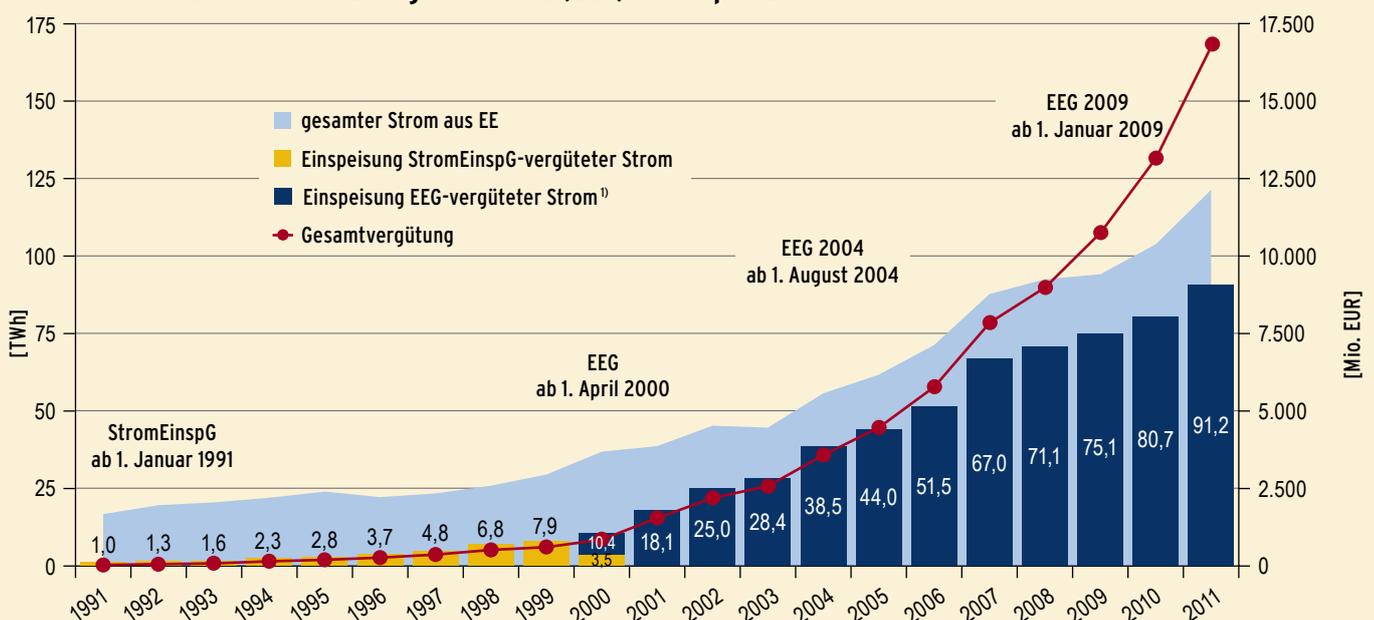
5) nach Abzug der vermiedenen Netzentgelte

6) Gesamtvergütung ohne Abzug der vermiedenen Netznutzungsentgelte

Weitere Informationen finden sich auf den Internetseiten der Informationsplattform der Deutschen Übertragungsnetzbetreiber unter www.eeg-kwk.net.

Quellen: ÜNB [68]; ZSW [1]

Einspeisung und Vergütung nach dem Stromeinspeisungsgesetz (StromEinspG) ab 1991 und dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ab 1. April 2000



1) private und öffentliche Einspeisung

Quellen: VDEW [28]; ÜNB [68]; ZSW [1]

Gesetzgebung, Förderung und Wirkung des Ausbaus erneuerbarer Energien im Wärme- und Mobilitätsbereich

Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

Auf den Sektor Wärme- und Kälteerzeugung entfällt mehr als die Hälfte der in Deutschland verbrauchten Endenergie. Damit kommt dem Ausbau der erneuerbaren Energien im Wärme- und Kältemarkt (in Kombination mit Fortschritten bei der Energieeinsparung) eine zentrale Rolle zu, um die Gesamtziele zu erreichen. Das wichtigste Instrument ist das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) für den Neubaubereich im Zusammenspiel mit dem Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien im Wärmemarkt (MAP) für den Gebäudebestand. Das EEWärmeG ist am 1. Januar 2009 in Kraft getreten und wurde zuletzt mit Wirkung zum 1. Mai 2011 zur Umsetzung europarechtlicher Vorgaben novelliert.

Das EEWärmeG setzt ein verbindliches Ziel für die Wärme (und Kälte) aus erneuerbaren Energien. Im Jahr 2020 sollen mindestens 14 Prozent der Wärme (und Kälte) in Deutschland aus EE bereitgestellt werden. Hierdurch sollen die CO₂-Emissionen der Energieversorgung reduziert, die Ressourcen geschont und ein Beitrag zu einer sicheren und nachhaltigen Energieversorgung geleistet werden.

Aufgrund des EEWärmeG müssen die Eigentümer von Gebäuden, die ab dem 1. Januar 2009 neu gebaut wurden, zu einem bestimmten Mindestanteil erneuerbare Energieträger für ihre Wärme- und Kälteversorgung nutzen. Diese Nutzungspflicht kann durch alle Formen von erneuerbaren Energien, mit denen Wärme/Kälte erzeugt wird (zum Beispiel solare Strahlungsenergie, Geothermie, Umweltwärme oder Biomasse), erfüllt werden, auch in Kombination unterschiedlicher erneuerbarer Energieträger. Anstelle des Einsatzes von Techniken zur Nutzung der EE können auch andere klimaschonende Maßnahmen ergriffen werden, so genannte Ersatzmaßnahmen. Hierbei kommt die Nutzung von Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), Abwärme oder Fernwärme ebenso in Frage wie eine verstärkte Wärmedämmung, die über das Niveau der Energieeinsparverordnung (EnEV) hinausgeht. Die Kosten der Nutzungspflicht und ihrer Erfüllung entstehen dadurch beim Bauherrn oder Eigentümer des Neubaus.

Seit dem 1. Mai 2011 müssen öffentliche Gebäude eine Vorbildfunktion bei der Nutzung von EE zur Wärme- und Kälteversorgung einnehmen. Bei öffentlichen Neubauten, aber auch bei grundlegenden Renovierungen von bestehenden öffentlichen Gebäuden muss die öffentliche Hand nun sicherstellen, dass ein Mindestanteil des Wärme- und Kältebedarfs aus EE gedeckt wird (zum Beispiel aus Solarenergie, Geothermie, Umweltwärme oder Biomasse). Die europäische Erneuerbare-Energien-Richtlinie 2009/28/EG verpflichtet alle Mitgliedstaaten auch im Wärme- und Kältebereich zum weiteren Ausbau der Nutzung von erneuerbaren Energien; hierbei sollen öffentliche Gebäude eine Vorbildfunktion übernehmen. Die Regelungen zur Vorbildfunktion berücksichtigen die spezifischen Bedürfnisse der öffentlichen Hand, insbesondere die der Kommunen. Da die Vorbildfunktion anfänglich zu höheren Investitionskosten gerade bei den Kommunen führt, fördert das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) im Rahmen der bestehenden Förderprogramme gezielt auch Kommunen bei der Erfüllung der Vorbildfunktion. Fördermöglichkeiten für Investitionen durch Kommunen bestehen insbesondere im Rahmen des Marktanreizprogramms und aus der Nationalen Klimaschutzinitiative im Rahmen der Kommunalrichtlinie.



Neben der Nutzungspflicht ist die zweite Säule des EEWärmeG die finanzielle Förderung. Das EEWärmeG bildet den rechtlichen Rahmen für die Förderung durch das Marktanzreizprogramm für erneuerbare Energien (MAP). Das MAP besteht seit 1994, wurde schrittweise ausgeweitet und ist das wesentliche Förderinstrument, das für den Gebäudebestand mit dazu beiträgt, dass bis zum Jahr 2020 das Ziel eines Anteils von 14 Prozent erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung erreicht wird (Stand 2011: 11,0 Prozent).

Das EEWärmeG sieht vor, dass der Bund die Nutzung von erneuerbaren Energien für die Erzeugung von Wärme bedarfsgerecht in den Jahren 2009 bis 2012 mit bis zu 500 Millionen Euro pro Jahr unterstützt. Die Finanzausstattung des Förderinstrumentes MAP erfolgt seit 2011 zum einen aus dem Bundeshaushalt und zum anderen mit Mitteln aus dem Energie- und Klimafonds (EKF).

Die finanzielle Förderung im Wärmebereich unterscheidet sich damit grundlegend von der Förderung im Strombereich nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das mittels einer Umlage auf die Stromverbraucher (EEG-Umlage) die Einspeisevergütungen für Strom aus EE finanziert.

Das Marktanzreizprogramm

Konkret umgesetzt wird das Marktanzreizprogramm (MAP) durch Verwaltungsvorschriften, die die einzelnen Fördertatbestände und -voraussetzungen festsetzen. Diese „Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt“ werden regelmäßig, in der Regel jährlich, an den Stand der Technik und an die aktuelle Marktentwicklung angepasst.

Das MAP umfasst zwei Förderteile:

- Investitionskostenzuschüsse über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) für kleinere Anlagen zumeist privater Investoren im Ein- und Zweifamilienhausbereich sowie
- zinsverbilligte Darlehen mit Tilgungszuschüssen im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien (Variante Premium) für größere Wärmelösungen, die zumeist im gewerblich-kommunalen Bereich realisiert werden.

Im Förderteil BAFA wurden im Zeitraum 2000 bis 2011 circa 1,05 Millionen (Mio.) thermische Solaranlagen und über 270.000 kleinere Biomasseheizungen mit Investitionskostenzuschüssen gefördert. Die hierdurch angeschobenen Investitionen betragen circa 8,9 Milliarden (Mrd.) Euro im Segment Solar und circa 3,9 Mrd. Euro im Segment Biomasse.

Für effiziente Wärmepumpenanlagen, die seit 2008 förderfähig sind, wurden im Zeitraum 2008 bis 2011 rund 75.000 Investitionskostenzuschüsse gewährt. Das ausgelöste Investitionsvolumen beträgt circa 1,3 Mrd. Euro.

Im Förderteil KfW wurden von 1999 bis 2011 rund 10.900 zinsverbilligte Darlehen mit Tilgungszuschüssen in einem Darlehensvolumen von insgesamt circa 2,1 Mrd. Euro zugesagt, zum Beispiel für große Biomasseanlagen, Tiefengeothermieanlagen, Nahwärmenetze und Wärmespeicher, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden. Von den insgesamt zugesagten 10.900 Darlehen entfallen über 2.800 auf das Jahr 2011.

Insgesamt hat das MAP im Jahr 2011 mit einem Fördervolumen von circa 229 Mio. Euro ein Investitionsvolumen von über 1,3 Mrd. Euro angestoßen.

Weitere Informationen zum MAP stehen auf der Themenseite www.erneuerbare-energien.de, Rubrik Förderung/Marktanzreizprogramm bereit.

Auskünfte über Investitionskostenzuschüsse im Rahmen des Marktanzreizprogramms erteilt das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Tel. 06196 908-625, www.bafa.de, in der Rubrik Energie/Erneuerbare Energien.

Fragen zur Gewährung zinsverbilligter Darlehen aus dem gewerblich-kommunalen Teil des Marktanzreizprogramms (KfW-Programm Erneuerbare Energien, Premium) beantwortet das Informationszentrum der KfW-Bankengruppe, Tel. 01801 335577 (3,9 Cent/Minute aus dem Festnetz der Deutschen Telekom, Mobilfunk maximal 42 Cent/Minute), www.kfw.de Rubrik Inlandsförderung/Suchwort Erneuerbare Energien.

Fördermittel und ausgelöste Investitionsvolumina des Marktanreizprogramms seit dem Jahr 2000



Quelle: BMU - KI III 2

Gesetzgebung und Förderung von Biokraftstoffen

Mit dem Biokraftstoffquotengesetz von 2007 wurde die Mineralölwirtschaft verpflichtet, einen steigenden Anteil von Biokraftstoffen in den Verkehr zu bringen, der durch eine Quote geregelt wird. Auf die Quote können sowohl beigemischte als auch reine Biokraftstoffe angerechnet werden (in beiden Fällen werden sie dann mit dem vollen Energiesteuersatz für Benzin und Diesel versteuert). Reine Biokraftstoffe außerhalb der Quote werden zudem bis Ende 2012 steuerlich begünstigt werden.

Seit 2011 wird die Förderung der Biokraftstoffe nach der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung davon abhängig gemacht, ob ihre Erzeugung nachweislich bestimmte Nachhaltigkeitsanforderungen erfüllt. Im Interesse des Umwelt-, Natur- und Klimaschutzes darf der Anbau der Pflanzen keine besonders schützenswerten Flächen (zum Beispiel Regenwälder) oder Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand (zum Beispiel Feuchtgebiete, Torfmoore) zerstören. Die Biokraftstoffe müssen im Verhältnis zum fossilen Kraftstoff eine Treibhausgasminde- rung von mindestens 35 Prozent erreichen. Schließlich müssen beim Anbau der Biomasse inner- halb der EU die Vorgaben der CrossCompliance eingehalten werden.

Der Anteil der Biokraftstoffe am gesamten Kraftstoffverbrauch (ohne Schiffs- und Flugver- kehr) in Deutschland lag im Jahr 2011 bei 5,5 Prozent.

Nach der EU-Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen wird für jeden EU-Mitgliedstaat ein verbindlicher Mindestanteil von erneuerbaren Energien im Verkehrssektor in Höhe von 10 Prozent für das Jahr 2020 sowie die Einführung von Nach- haltigkeitsstandards festgeschrieben. Diese Quote muss jedoch nicht ausschließlich mit Bio- kraftstoffen erfüllt werden. Auch der Anteil erneuerbarer Energien an der Elektromobilität wird angerechnet.

Positive Wirkungen des Einsatzes erneuerbarer Energien für die Gesellschaft

Auf den vorangehenden Seiten wurden bereits Informationen zu den positiven Auswirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf Investitionen und Umsatz, Beschäftigung sowie die Verminderung von Energieimporten und deren Kosten dargestellt. Im Folgenden werden weitere positive Wirkungen erläutert.

Verminderung von Umweltbelastungen/vermiedene externe Kosten

Im Vergleich zur Energiebereitstellung aus fossilen Energieträgern werden beim Einsatz erneuerbarer Energien deutlich weniger Treibhausgase und zum Teil auch Luftschadstoffe emittiert. Die erneuerbaren Energien leisten so einen wesentlichen Beitrag, der sich als positiver Effekt auch monetär bewerten und in einer systemanalytischen Betrachtung den Kosten des EE-Ausbaus gegenüberstellen lässt. Die komplexen methodischen Fragen, die sich dabei stellen, wurden unter anderem in Studien für das Umweltbundesamt [126] und des BMU (vergleiche [50], [53], [55], [125] und [147]) näher untersucht. Hieraus lässt sich inzwischen als derzeit „bester Schätzwert“ für die durch erneuerbare Energien vermiedenen Klimaschäden ein Wert von 80 Euro pro Tonne CO₂ ableiten. Hierauf aufbauend sind in den beiden folgenden Abbildungen die Umweltbelastungen, die durch die Emission von konventionellen Treibhausgasen (nach IPCC, ohne „black carbon“) und Luftschadstoffen entstehen, monetär in Cent pro Kilowattstunde für die wichtigsten Strom- und Wärmeerzeugungsoptionen dargestellt. Die auf fossilen Energieträgern basierende Strom- beziehungsweise Wärmeerzeugung weist insgesamt deutlich höhere Umweltschäden aus als Strom oder Wärme aus erneuerbaren Energien. Den ausgewiesenen Umweltschäden stehen hingegen Ausgaben der Unternehmen für CO₂-Emissionsberechtigungen gegenüber, welche in der Regel bei den Stromerzeugern und im geringen Umfang bei den Wärmeerzeugern durch den Erwerb von CO₂-Zertifikaten anfallen. Hierdurch sollen zumindest teilweise die verursachten Umweltschäden kompensiert werden. Die derzeit noch sehr geringen Kosten für die Zertifikate führen somit zu einer Teil-Internalisierung der Umweltbelastungen, die allerdings noch weit unter den verursachten Umweltschäden liegen.



Allein aus der Vermeidung von rund 128 Millionen Tonnen CO₂ durch alle erneuerbaren Energien (Strom, Wärme und Mobilität) im Jahr 2011 ergeben sich bei Ansatz des oben genannten Schätzwerts von 80 Euro pro Tonne CO₂ parallel hierzu vermiedene Klimaschäden (nur CO₂-Emissionen, ohne Teil-Internalisierung) von etwa 10 Milliarden Euro.

Nach [50] und [147] wurden 2011 durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmesektor Umweltschäden (Klimagase und Luftschadstoffe) von rund 10,1 Milliarden Euro vermieden. Hierzu tragen die erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung circa 8 Milliarden Euro und bei der Wärmeerzeugung circa 2,1 Milliarden Euro bei. Bei Berücksichtigung der Kosten für CO₂-Zertifikate beziehungsweise der Teil-Internalisierung von Umweltbelastungen [125] vermindern sich diese Bruttogrößen auf insgesamt 9 Milliarden Euro (6,9 Milliarden Euro bei Strom) vermiedene Umweltschäden.

Die Kostenansätze zur monetären Bewertung der durch Emissionen hervorgerufenen Umweltschäden ergeben sich aus der Summe

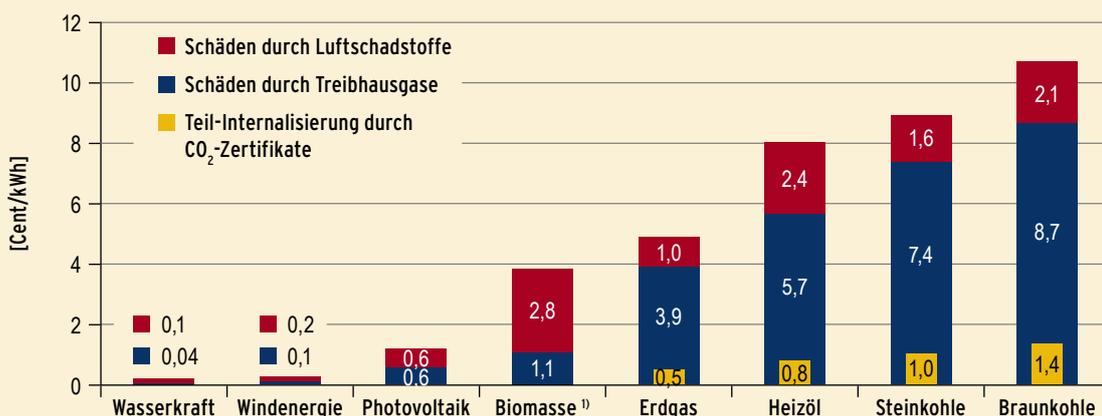
- der durch den Klimawandel bedingten Kosten, in die Ertragseinbußen, Landverluste, Wirkungen auf Gesundheit und Wasserressourcen sowie Schäden am Ökosystem etc. eingehen, sowie
- der durch Luftschadstoffe bedingten Gesundheitsschäden, Ernteverluste, Materialschäden und Beeinträchtigungen der Artenvielfalt.

Grundgedanke bei der Ermittlung des Schadenskostenansatzes für die einzelnen Emissionsgase ist, die durch gegenwärtige Emissionen auch in Zukunft sowie in anderen Ländern entstehenden Schäden zu heutigen Kosten zu erfassen.

Durch erneuerbare Energien vermiedene externe Kosten der Nutzung der Kernenergie sowie weitere Risiken der Energieversorgung (Vulnerabilität, Ressourcenprobleme etc.) sind hier nicht erfasst, da ihre Berechnung methodisch schwierig ist.



Spezifische Umweltschäden und CO₂-Kosten in Cent pro Kilowattstunde Strom nach Energieträgern im Jahr 2011

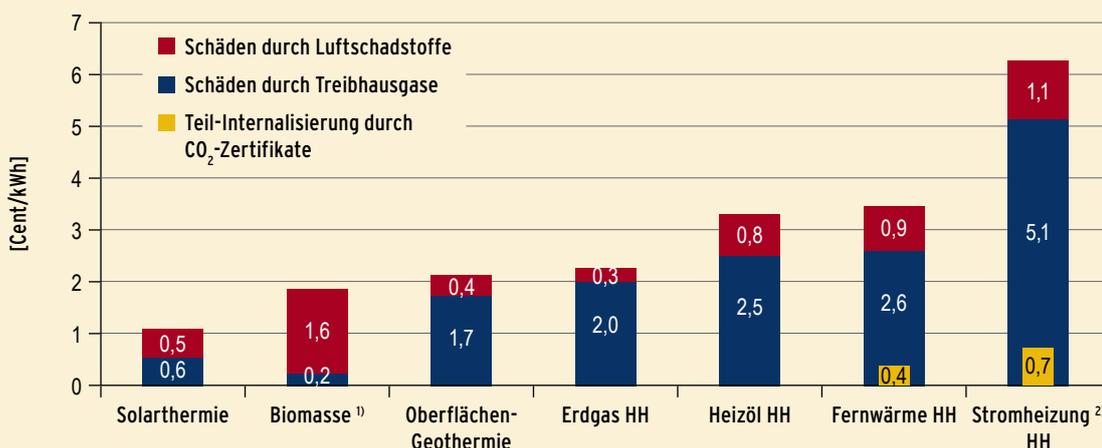


vorläufige Werte;
Anmerkung: durchschnittlicher Preis für CO₂-Zertifikate (2011) von 12,9 Euro/Tonne

1) gewichteter Durchschnittswert für Biomasse fest, flüssig und gasförmig, Bandbreite von 1,9 bis 7,2 Cent/Kilowattstunde

Quellen: eigene Berechnungen Fraunhofer ISI nach ISI et al. [147], [53], [50]; NEEDS [128]; UBA [75]; PointCarbon [127]

Spezifische Umweltschäden und CO₂-Kosten in Cent pro Kilowattstunde Wärme nach Energieträgern im Jahr 2011



vorläufige Werte;
HH-Haushalte

1) gewichteter Durchschnittswert für Biomasse gasförmig, flüssig und fest (Haushalte und Industrie), Bandbreite von 0,3 bis 3,2 Cent/Kilowattstunde

2) mit Netzverlusten

Anmerkung: durchschnittlicher Preis für CO₂-Zertifikate (2011) von 12,9 Euro/Tonne

Quellen: eigene Berechnungen Fraunhofer ISI nach ISI et al. [147] [53], [50]; NEEDS [128]; UBA [75]; PointCarbon [127]

Weitere gesellschaftlich positive Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien

Neben den vermiedenen Umweltschäden sind weitere positive Effekte des Ausbaus der erneuerbaren Energien für die Gesellschaft zu nennen, die bisher nicht oder nur teilweise quantifiziert wurden (vergleiche [50], [53]). Hierzu zählen

- die Schonung knapper Ressourcen,
- Innovationsimpulse für den Anlagenbau erneuerbarer Energien,
- Stärkung dezentraler Strukturen und damit auch regionaler Wertschöpfung,
- der Transfer von Know-how, Technologien und Anlagen in andere Länder und
- die Verminderung der Importabhängigkeit und Stärkung der Versorgungssicherheit durch Diversifizierung und Verminderung des Risikopotenzials von Energiequellen.

Von hoher, in Zukunft noch weiter wachsender Bedeutung ist ferner, dass der Einsatz erneuerbarer Energien Verteilungskämpfe um knappe Ressourcen entschärft und somit indirekt einen Beitrag zur äußeren und inneren Sicherheit leistet.

Auf makroökonomischer Ebene lösen diese Effekte ökonomische Impulse aus, die regionale und nationale Entwicklungen anstoßen beziehungsweise beeinflussen und sich letztendlich positiv auf Beschäftigung und Wertschöpfung auswirken können.



Erneuerbare Energien und Naturschutz

Für die Umwelt- und Naturschutzpolitik sind der Klimawandel und der Rückgang der biologischen Vielfalt die zentralen Herausforderungen der Zukunft, denn die Natur liefert Leistungen, die ohne sie mit erheblichem Aufwand und zu sehr hohen Kosten technisch gelöst werden müssten. Mit dem Ausbau erneuerbarer Energien ergeben sich neue, weitergehende Anforderungen an die Gesellschaft und damit auch an Naturschutz und Landschaftspflege.

Einerseits führt die Nutzung erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung und im Kraftstoffbereich durch Einsparung fossiler Ressourcen zu einer Senkung der Treibhausgase. Die klimaschützende Wirkung beeinflusst den Naturschutz positiv, da ein rascher Klimawandel zum Verlust von Artenvielfalt und Lebensräumen beitragen kann. Andererseits kann der ungesteuerte Ausbau der erneuerbaren Energien selbst auch zur Belastung von Natur und Landschaft beitragen, zum Beispiel durch Windenergieanlagen, Freiflächenphotovoltaikanlagen, großflächigen Anbau von Energiepflanzen, die mit zunehmenden Flächennutzungskonkurrenzen verbunden sein können.

Ein Höchstmaß an Effizienz, sowohl bei der Erzeugung und der Verteilung erneuerbarer Energien als auch beim Energieverbrauch, reduziert den Bedarf an erneuerbaren Energien und kann damit gesamtgesellschaftlich den Einfluss auf Natur und Landschaft verringern helfen. Von zentraler Bedeutung ist aber gerade auch, angepasste Standorte für die verschiedenen Anlagen zu finden, um so die Effekte auf Natur und Landschaft zu minimieren. Auch über finanzielle Steuerungsinstrumente, wie zum Beispiel im Rahmen der Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes zum 1.1.2012, können Anreize gesetzt werden, um negative Auswirkungen auf Natur und Landschaft zu vermeiden beziehungsweise zu minimieren und eine nachhaltige Ausgestaltung zu fördern. So wurde zum Beispiel dem einseitigen Anbau von Energiemais durch eine neu eingeführte Deckelung des Einsatzes von Mais in Biogasanlagen entgegengewirkt und zugleich finanzielle Anreize geschaffen, um ökologisch vorteilhafte Substrate intensiver zu mobilisieren.

Unter Berücksichtigung des gesamten Maßnahmenpakets kann die Energiewende bei einem naturverträglichen Ausbau der erneuerbaren Energien auch eine Chance für die Erhaltung der Biodiversität als Bestandteil des Naturkapitals bedeuten und sich damit positiv auf die Gesellschaft auswirken.

Überblick über die ökonomischen Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien

Auf den vorhergehenden Seiten wurde gezeigt, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien einerseits Kosten verursacht, auf der anderen Seite aber auch mit erheblichen Nutzenwirkungen verbunden ist.

In der Öffentlichkeit gilt die Aufmerksamkeit oft den mit dem EEG verbundenen Kosten der erneuerbaren Stromerzeugung. Die übrigen Einsatzbereiche der erneuerbaren Energien sowie gerade auch die mit ihrem Ausbau verbundenen Nutzenaspekte stehen demgegenüber häufig eher im Hintergrund. Um diese Lücke zu schließen, hat das BMU umfangreiche Forschungsarbeiten an ein vom Fraunhofer ISI/Karlsruhe geführtes Projektteam vergeben, das 2010 einen ersten, ausführlichen Bericht veröffentlicht hat. Dieser wurde zuletzt im Juni 2012 durch ein Zahlen-Update für wichtige Kenngrößen des Jahres 2011 ergänzt [50]. Eine fundierte ökonomische Gesamtschau der ökonomischen Effekte der erneuerbaren Energien im Sinne einer Kosten-Nutzen-Betrachtung hat vielfältige und komplexe Aspekte zu berücksichtigen. Der folgende Überblick über zentrale Wirkungszusammenhänge ist ein Ergebnis dieses Vorhabens (vergleiche ISI et al. [50], [53]).

Wirkungszusammenhänge einer ökonomischen Gesamtbetrachtung der erneuerbaren Energien



1) Die weiteren Wirkungen sind nicht eindeutig den drei genannten Hauptkategorien zuzurechnen. Hierzu zählen mögliche Auswirkungen des EE-Ausbaus auf die Innovationsintensität, nicht nur im Bereich der EE-Technologien, Spill-over-Effekte im Bereich von Technik und Politik, Auswirkungen auf Umweltbewusstsein, die Veränderung gesellschaftlich normativer Vorstellungen mit Blick auf den Klimaschutz sowie Vorteile der EE für die innere und äußere Sicherheit.

2) zum Beispiel Investitionen

3) Bruttobeschäftigung

4) Nettobeschäftigung, Bruttoinlandsprodukt (BIP)

5) zum Beispiel Verkehr/Mobilität

Quellen: ISI et al. [53], [50]



Ein Teil der inzwischen identifizierten Kosten- und Nutzenwirkungen der erneuerbaren Energien ist bislang noch nicht quantifiziert worden. Dies gilt unter anderem im Hinblick auf ihre Bedeutung für die innere und äußere Sicherheit. Angesichts der Vielzahl der Effekte ist es zudem von zentraler Bedeutung, dass quantitative Vergleiche nur innerhalb der einzelnen Haupt-Wirkungskategorien möglich sind. Hierzu bietet sich bislang vor allem die system-analytisch fundierte Kosten- und Nutzenbetrachtung an.

Ein grober Überschlag der vorliegenden, quantitativ ermittelten Systemkosten in den Bereichen Strom und Wärme ergibt für 2011 Gesamtkosten von knapp 11 Milliarden Euro. Diesen stand im gleichen Jahr ein quantifizierter Brutto-Nutzen von etwa 10 Milliarden Euro gegenüber, wobei nur ein Teil der Nutzeneffekte quantifiziert wurde und ein anderer Teil unberücksichtigt blieb (zum Beispiel das geringere Risikopotenzial der erneuerbaren Energien). Dieser statischen Kostenbetrachtung im Jahr 2011 stehen also weitere, insbesondere auch dynamische Nutzenwirkungen wie Spillover-Effekte von Politik und Forschungs- und Entwicklungs(FuE)-Aktivitäten, technischer Fortschritt sowie erhöhte (Versorgungs-)Sicherheit gegenüber, die bisher nicht monetär quantifiziert sind. Hier, wie gerade auch in den übrigen Kategorien, besteht noch erheblicher Forschungsbedarf. Gleichwohl zeigt sich angesichts der erheblichen Nutzenpositionen schon jetzt, dass eine allein kostenseitig argumentierende Analyse des Ausbaus der erneuerbaren Energien deutlich zu kurz greift.

Folgende Tabelle enthält die wichtigsten derzeit bekannten Kosten- und Nutzenwirkungen der erneuerbaren Strom- und Wärmeerzeugung noch einmal im Überblick.

Ausgewählte Kennzahlen zur ökonomischen Analyse des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland im Strom- und Wärmebereich im Jahr 2011

Systemanalytische Kosten- und Nutzenaspekte			
	Kosten	Nutzen	
Direkte Differenzkosten Strom	9,3 Mrd. EUR		
Regel-/Ausgleichsenergie ¹⁾	ca. 0,16 Mrd. EUR		
Netzausbau ¹⁾	ca. 0,13 Mrd. EUR		
Transaktionskosten ²⁾	ca. 0,03 Mrd. EUR		
Gesamte Differenzkosten Strom	ca. 9,6 Mrd. EUR	8,0 Mrd. EUR	Vermiedene Umweltschäden durch EE-Strom (brutto) ⁵⁾
Direkte Differenzkosten Wärme	1,4 Mrd. EUR	2,1 Mrd. EUR	Vermiedene Umweltschäden durch EE-Wärme (brutto) ⁵⁾
		n.q. ⁴⁾	Weitere, insbes. dynamische Nutzenwirkungen, die bisher noch nicht monetär quantifiziert sind (zum Beispiel Spillover-Effekte von Politik und FuE-Aktivitäten, technischer Fortschritt, verminderte Risiken hoher Schäden, insbesondere bei Kernenergie)
Gesamt ⁵⁾	rd. 10,9 Mrd. EUR	rd. 10,1 Mrd. EUR	

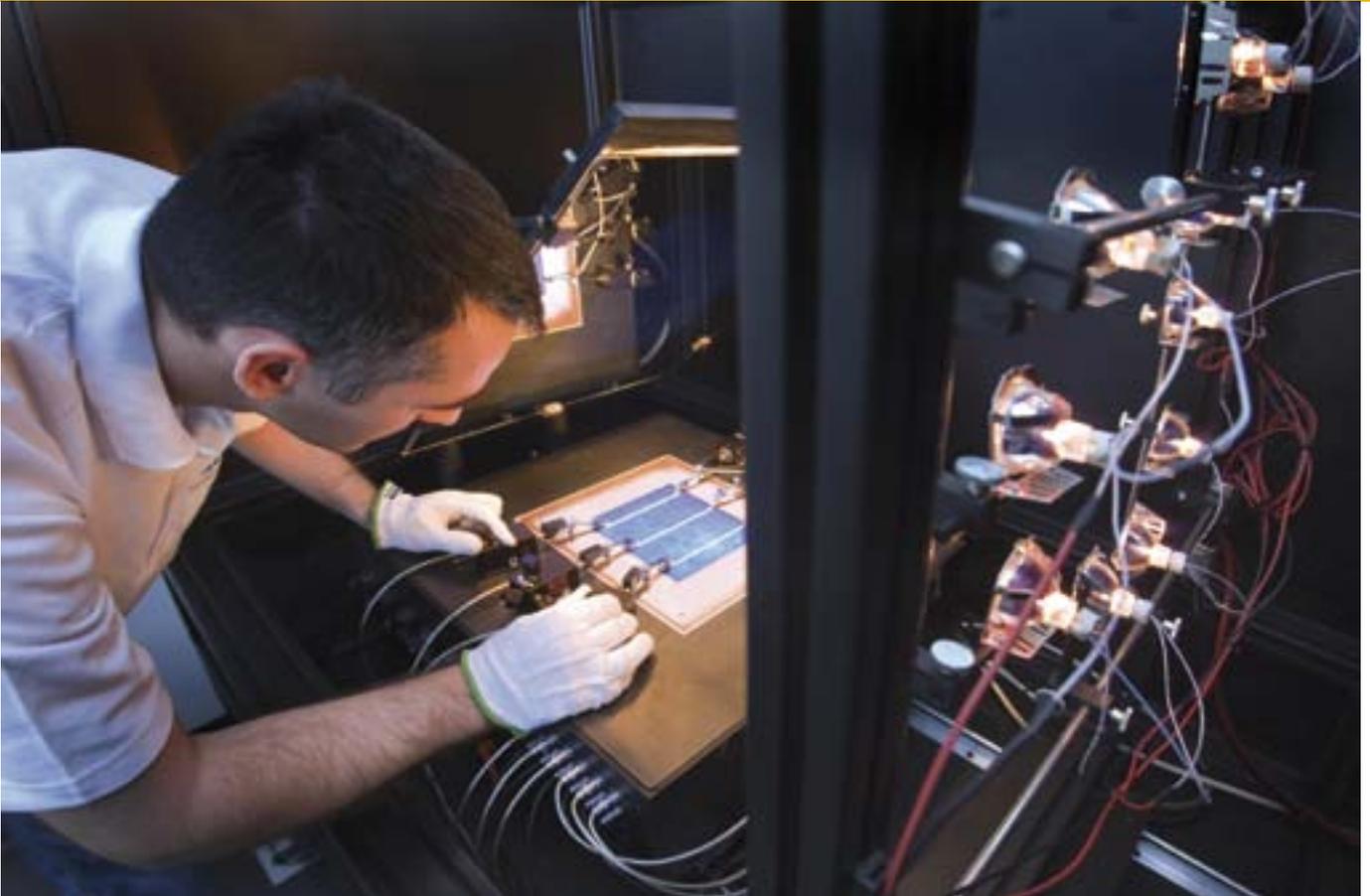
Verteilungswirkungen			
	Gesamthöhe	Nutznieser	Belastete
EEG-Differenzkosten/ einzelwirtschaftliche Mehrkosten	rd. 12,1 Mrd. EUR ³⁾	Anlagenbetreiber	Alle Stromkunden, Ausnahme: Nutznieser der Besonderen Ausgleichsregelung im EEG (geringere Belastung)
Merit-Order-Effekt (EE-Strom)	4,6 Mrd. EUR	Stromkunden oder -lieferanten je nach Überwälzung, voraussichtlich insbesondere stromintensive Sondervertragskunden wegen Senkung des Börsenstrompreises	Konventionelle Stromerzeuger
Besteuerung von EE-Strom ¹⁾	1,6 Mrd. EUR	Bundshaushalt/ Rentenversicherung	Stromverbraucher, evtl. EE-Stromerzeuger (bei Eigenvermarktung)
Fördermittel des Bundes für EE	0,6 Mrd. EUR	Anlagenbetreiber durch Marktförderung; Anlagenhersteller durch FuE-Förderung	Bundshaushalt
Besondere Ausgleichsregelung im EEG ⁶⁾	ca. 2,2 Mrd. EUR	Rund 600 stromintensive Unternehmen und Schienenbahnen	Alle übrigen Stromverbraucher

Makroökonomische und sonstige Effekte (Auswahl)	
Umsatz deutscher Unternehmen inklusive Exporte (EE-gesamt)	24,9 Mrd. EUR
Beschäftigung (EE-gesamt)	rund 381.600 direkt und indirekt Beschäftigte
Vermiedene Energieimporte (EE-gesamt)	rund 7,1 Mrd. EUR (brutto); rund 6,0 Mrd. EUR (netto)
Energiepreis-BIP-Effekt	100–200 Mio. EUR ⁷⁾
Auswirkungen auf innere und äußere Sicherheit (geringere Importabhängigkeit; geringere Risiken etc.)	n.q. ⁴⁾

- 1) Mittelwert
- 2) Schätzungen aus dem Jahr 2008
- 3) IST-Werte auf Basis EEG-Jahresabrechnung nach [7]; Prognose der ÜNB war Ende 2010 zunächst von 13,5 Milliarden Euro ausgegangen.
- 4) n.q. nicht quantifiziert

- 5) Eine einfache Saldierung der unterschiedlichen systemanalytischen Kosten- und Nutzenwirkungen für 2010 ist nicht möglich, weil wesentliche Nutzenwirkungen bislang nicht quantifiziert sowie vermiedene Umweltschäden nur als Bruttogrößen verfügbar sind.
- 6) Abschätzungen der ÜNB
- 7) Wert bislang nur für 2008 verfügbar

Quellen: ISI [50]; IfnE [7]



Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich erneuerbarer Energien

Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu den Technologien der erneuerbaren Energien werden im Rahmen des Energieforschungsprogramms der Bundesregierung gefördert. Das Bundesumweltministerium ist zuständig für die anwendungsorientierte Projektförderung im Bereich erneuerbarer Energien.

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 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:

- Ausbau erneuerbarer Energien als Teil der Nachhaltigkeits-, Energie- und Klimapolitik der Bundesregierung,
- Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen und Forschungseinrichtungen,
- Schaffung zukunftsfähiger Arbeitsplätze.

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

- Energiesysteme mit Blick auf den wachsenden Anteil erneuerbarer Energien zu optimieren,
- technische Weiterentwicklung der Nutzung der erneuerbaren Energien in den einzelnen Sparten,
- Ausbau erneuerbarer Energien umwelt- und naturverträglich zu gestalten, zum Beispiel durch Ressourcen sparende Produktionsweisen (recyclingfähige Anlagenkonstruktionen) sowie ökologische Begleitforschung,
- Kosten für die Nutzung erneuerbarer Energien kontinuierlich zu senken,
- einen raschen Wissens- und Technologietransfer von der Forschung in den Markt zu erreichen.

Im Jahr 2011 hat das BMU in den Bereichen Photovoltaik, Geothermie, Wind, Niedertemperatur-Solarthermie, solarthermische Kraftwerke, Meeresenergie, internationale Zusammenarbeit, Gesamtstrategie, ökologische Begleitforschung und spartenübergreifende Fragen insgesamt 300 neue Vorhaben mit einem Gesamtvolumen von über 245 Millionen Euro bewilligt.

Das BMU legt großen Wert auf eine transparente Darstellung seiner Forschungsförderung. Ausführliche Informationen enthalten der Jahresbericht 2011, der kostenlose Newsletter sowie die regelmäßig aktualisierte Übersicht über die laufenden Forschungsprojekte (www.erneuerbare-energien.de/inhalt/36049/).

Auf den Internetseiten des vom BMU beauftragten Projektträgers Jülich (Ptj), www.ptj.de finden sich unter anderem Informationen zu Förderthemen und zur Antragstellung für Forschungsförderprogramme im Bereich erneuerbarer Energien.

Neu bewilligte Projekte des BMU

	2008			2009			2010			2011		
	[Anzahl]	[1.000 EUR]	Anteil in [%]	[Anzahl]	[1.000 EUR]	Anteil in [%]	[Anzahl]	[1.000 EUR]	Anteil in [%]	[Anzahl]	[1.000 EUR]	Anteil in [%]
Photovoltaik	38	39.735	26,3	36	31.446	26,6	45	39.842	28,3	96	74.332	30,3
Wind	32	40.097	26,6	45	28.227	23,8	37	52.956	37,6	74	77.102	31,5
Geothermie	18	16.381	10,9	14	14.892	12,6	30	15.045	10,7	42	24.056	9,8
Niedertemperatur-Solarthermie	20	10.129	6,7	17	7.013	5,9	16	6.795	4,8	21	9.367	3,8
Solarthermische Kraftwerke	15	8.217	5,4	22	8.612	7,3	16	9.667	6,9	20	11.164	4,6
Systemintegration	26	28.184	18,7	6	11.458	9,7	22	12.227	8,7	26	26.269	10,7
Übergreifende Forschung	11	3.004	2,0	16	3.314	2,8	16	3.517	2,5	17	4.896	2,0
Sonstiges	9	5.066	3,4	7	13.478	11,3	2	649	0,5	4	18.000	7,3
gesamt	169	150.813	100,0	163	118.440	100,0	184	140.698	100,0	300	245.186	100,0

Quelle: BMU - KI III5

Langfristig realisierbares, nachhaltiges Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom-, Wärme- und Kraftstoffherzeugung in Deutschland

	Endenergie 2011	realisierbare Potenziale Ertrag	Leistung	Kommentare
Stromerzeugung	[TWh]	[TWh/a]	[MW]	
Wasserkraft ¹⁾	18,1	25	5.200	Laufwasser und natürlicher Zufluss zu Speichern
Windenergie ²⁾	48,9			
an Land	48,3	175	70.000	Leistung berechnet auf Basis des Durchschnittswerts 2.600 h/a
auf See (Offshore)	0,6	280	70.000	Leistung berechnet auf Basis des Durchschnittswerts 4.000 h/a
Biomasse ³⁾	36,9	60	10.000	Erzeugung teilweise in Kraft-Wärme-Kopplung
Photovoltaik	19,3	150	165.000 ⁴⁾	nur geeignete Dach-, Fassaden- und Siedlungsflächen
Geothermie	0,02	90	15.000	Bandbreite 66 – 290 TWh je nach Anforderungen an eine Wärmenutzung (Kraft-Wärme-Kopplung)
Summe	133,2	780		
Anteil bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2011	20,3 %	128,8 %		
Wärmerzeugung	[TWh]	[TWh/a]		
Biomasse ³⁾	131,6	170		einschließlich Nutzwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung
Geothermie	6,3	300		nur Energiebereitstellung aus hydrothermalen Quellen
Solarthermie	5,6	400		nur geeignete Dach- und Siedlungsflächen
Summe	143,5	870		
Anteil bezogen auf Endenergieverbrauch für Wärme 2011 ⁵⁾	11,0 %	66,6 %		
Kraftstoffe	[TWh]	[TWh/a]		
Biomasse	34,2	90		2,35 Mio. ha Anbaufläche für Energiepflanzen (von insgesamt 4,2 Mio. ha Anbaufläche)
Summe	34,2	90		
Anteil bezogen auf den Kraftstoffverbrauch 2011	5,5 %	14,5 %		
Anteil, bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch 2011	12,5 %	72,1 %		Der prozentuale Anteil des EE-Nutzungspotenzials erhöht sich durch Steigerung der Energieeffizienz und Energieeinsparung, so dass langfristig eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien möglich ist.

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

1) ohne Meeresenergie

2) vorläufige Werte (laufende gutachterliche Untersuchung)

3) einschließlich des biogenen Abfalls

4) Leistungsangabe bezogen auf die Modulleistung (MW_p), die korrespondierende Wechselstromleistung beträgt ungefähr 150 Gigawatt

5) Raumwärme, Warmwasser- und sonstige Prozesswärme

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat; Scholz [25]; ZSW [1]; Arbeitsgemeinschaft: WI, DLR, IFEU [76]

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 4,2 Millionen Hektar ermittelt).

Langfristszenarien 2011 für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland

Mit dem Energiekonzept der Bundesregierung vom Jahr 2010 und dem Gesetzespaket zur Energiewende vom Sommer 2011 liegt ein langfristiger Fahrplan für den Klimaschutz und den Umbau der Energieversorgung in Deutschland vor. Gemäß dem Energiekonzept sollen die Emissionen an Treibhausgasen in Deutschland bis zum Jahr 2050 um 80 Prozent bis 95 Prozent gegenüber dem Wert von 1990 gesenkt werden. Für die energiebedingten CO₂-Emissionen erfordert diese Zielsetzung eine Reduktion um mindestens 85 Prozent bis hin zu einer in letzter Konsequenz emissionsfreien Energieversorgung. Die Herausforderungen der dazu erforderlichen Transformation des Energiesystems sind beträchtlich und derzeit noch nicht im gesamten Umfang erfasst. Die im März 2012 im Auftrag des BMU fertiggestellten Langfristszenarien 2011 stellen dazu Ergebnisse systemanalytischer Untersuchungen vor. Sie sind, wie alle ihre Vorgänger, zielorientierte Szenarien. Auf der Basis der technisch-strukturellen Möglichkeiten und unter Berücksichtigung wirtschaftlicher, politischer und gesellschaftlicher Gegebenheiten und Interessen und den daraus resultierenden Hemmnissen und Anreizen werden konsistente Entwicklungen aufgezeigt, die prinzipiell zu einer Erfüllung der im Energiekonzept vorgegebenen Ziele führen können.

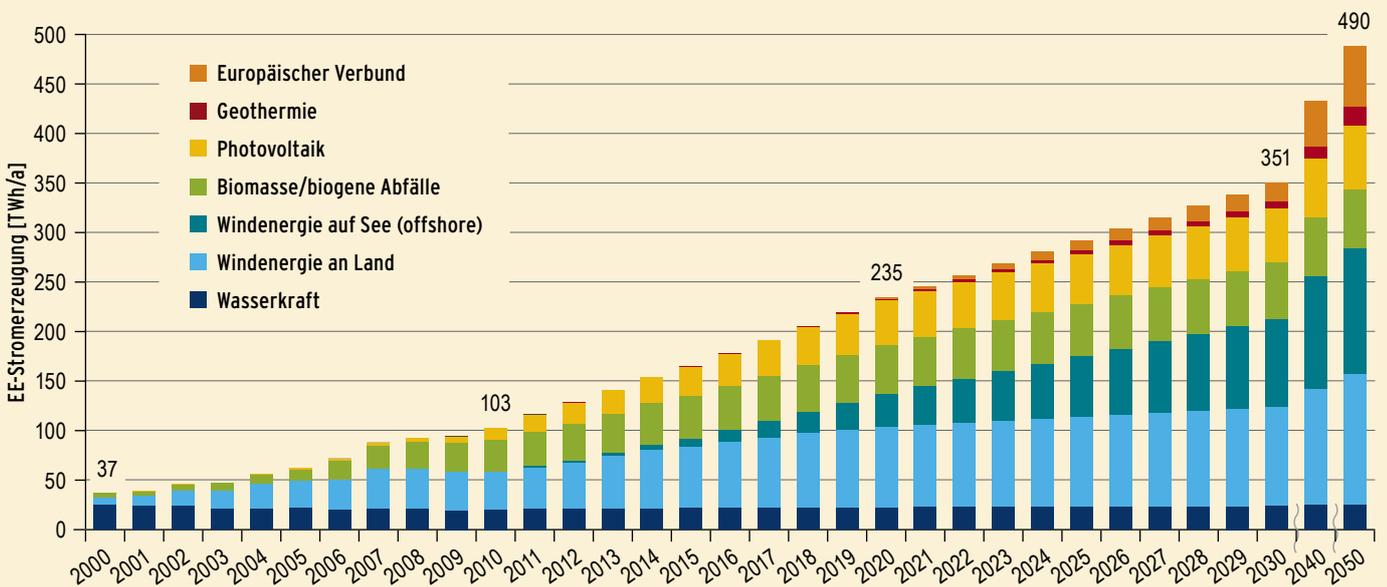
Strategien für das Erreichen der Klimaschutzziele: Ausbau erneuerbarer Energien und umfangreiche Effizienzmaßnahmen

Größe und Gewichtung der Hauptstrategien „Effizienzsteigerung“ und „EE-Ausbau“ sind in den Szenarien 2011 durch die Unterziele des Energiekonzepts in gewissen Grenzen festgelegt. Diese grundsätzliche Zielstruktur, die das Ergebnis zahlreicher früherer systemanalytischer Untersuchungen darstellt, kann als relativ ausgewogen und belastbar angesehen werden. In den Szenarien 2011, die bis 2050 eine 80-prozentige Reduktion der Treibhausgasemissionen anstreben, sinkt der Primärenergieverbrauch bis 2050 auf 50 bis 53 Prozent des Wertes von 2010, im Jahr 2020 ist er bereits um 19 Prozent geringer. Soll das Ziel einer 50-prozentigen Verbrauchsminderung bis 2050 erreicht werden, so muss die Primärenergieproduktivität bei der hier unterstellten Wachstumsrate des Bruttoinlandsprodukts während der gesamten 40 Jahre um durchschnittlich 2,5 Prozent/Jahr steigen. Im Zeitraum 1990 bis 2010 lag die mittlere Produktivitätssteigerung bei lediglich 1,6 Prozent/Jahr, Effizienzsteigerungen müssen also zukünftig deutlich wirksamer erfolgen.

Die EE dominieren im Jahr 2050 mit 53 bis 55 Prozent Anteil, bereits bis 2020 sollte sich ihr Beitrag am Primärenergieverbrauch mit 20 Prozent gegenüber heute verdoppeln. Innerhalb des letzten Jahrzehnts hat sich der EE-Anteil verdreifacht was einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 11 Prozent/Jahr entspricht. Die Zielsetzung des Energiekonzepts verlangt weiterhin ein außerordentlich dynamisches und stetiges Wachstum aller EE-Technologien bis zur Mitte des Jahrhunderts. Vorrangig gilt dies für die EE-Stromerzeugung. Bereits bis 2020 wird sich ihr Beitrag mit 235 Terawattstunden (TWh)/Jahr (Szenario 2011 A) auf einen Anteil von 41 Prozent steigern. 2030 werden die EE mit 350 TWh/Jahr rund 63 Prozent des Bruttostromverbrauchs decken (vergleiche Abbildung Seite 57). Der zur Erreichung einer THG-Reduktion von 80 Prozent bis 2050 erforderliche Beitrag der EE-Stromerzeugung in Höhe von 490 TWh/Jahr setzt sich aus 53 Prozent Windstrom, 26 Prozent Solarstrom (Photovoltaik und solaren Stromimport) und 4 Prozent Geothermiestrom zusammen. Die restlichen 17 Prozent decken Wasserkraft und Biomasse, die mit zusammen 85 TWh/Jahr ihre Potenziale ausgeschöpft haben.

In den Szenarien werden unterschiedliche Energienutzungsoptionen abgebildet, die für eine effiziente Nutzung hoher EE-Anteile ab etwa 2030 relevant werden. Zum einen wird EE-Strom als zukünftige „Hauptenergiequelle“ in allen Verbrauchssektoren in hohem Umfang direkt eingesetzt (Szenario C). Eine Stromspeicherung in chemischer Form als Wasserstoff findet nur zur Absicherung der Strombereitstellung statt, seine Verwendung als Kraftstoff unterbleibt. Im zweiten Fall (Szenario A) wird EE-Strom in Form von Wasserstoff zusätzlich in größerem Umfang im Verkehr eingesetzt, im dritten Fall (Szenario B) wird Wasserstoff durch synthetisches Methan ersetzt. Das Ziel einer 95-prozentigen Reduktion der Treibhausgase, was einer weitgehenden EE-Vollversorgung in allen Sektoren entspricht, wird in einem weiteren Szenario (2011 THG95) abgebildet.

Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Szenario 2011A



Quelle: DLR [134]

Der deutliche Zubau von EE-Strom, insbesondere aus Sonne und Wind, führt zu deutlich steigenden Leistungen der EE-Erzeugungskapazitäten. Die Untergrenze wird durch das Szenario C charakterisiert, die Obergrenzen durch das Szenario THG95. Von 65 Gigawatt (GW) EE-Leistung im Jahr 2011 steigt die im Inland installierte EE-Leistung bis 2050 auf 164 bis 217 GW. Rund 80 Prozent der EE-Leistung stammen von den fluktuierenden Energiequellen Wind und Photovoltaik. Dies verlangt eine zunehmend flexible Restlastdeckung durch gut regelbare konventionelle Erzeugungskapazitäten und in wachsendem Ausmaß auch durch Speicher. Die Leistung konventioneller Kraftwerke geht dagegen kontinuierlich zurück. Längerfristig bleibt ein regelbarer konventioneller Leistungsbedarf in der Größenordnung von 40 GW in Form von flexiblen gasgefeuerten Anlagen unterschiedlicher Leistung, unter anderem auf der Basis flexibler KWK-Anlagen mit Wärmespeichern, und von Speicheranlagen bestehen. In unterschiedlichem Ausmaß wird die installierte Gaskraftwerksleistung längerfristig auch mit Wasserstoff beziehungsweise Methan versorgt. Diese Kombination gewährleistet zusammen mit dem verfügbaren Teil der EE-Leistung (Biomasse, Wasserkraft, Geothermie, Import solarthermischen Stroms) eine jederzeit gesicherte Stromversorgung.

Kosten und Wirtschaftlichkeit:

Sinkende Kosten erneuerbarer Energien versus steigende Kosten fossiler Energien

Das gesamte Investitionsvolumen der EE lag im Jahr 2010 bei 27,9 Milliarden (Mrd.) Euro, auf den Stromsektor entfielen 90 Prozent. Der beträchtliche Anstieg der letzten Jahre ist auf die Photovoltaik zurückzuführen, deren Investitionen einen Anteil von 70 Prozent erreichen. Mittelfristig wird sich das Investitionsvolumen der EE auf einem Niveau zwischen 17 und 19 Mrd. Euro/Jahr einpendeln. Bis Ende 2010 wurden in EE-Anlagen zur Strom- und Wärmebereitstellung insgesamt rund 150 Mrd. Euro investiert. In den nächsten Jahrzehnten bis 2050 liegt das Niveau der EE-Investitionen bei rund 200 Mrd. Euro pro Jahrzehnt. Deutlich höher auf 250 Mrd. Euro bis 350 Mrd. Euro je Jahrzehnt müssten die Investitionen steigen, wenn bis 2060 das obere Klimaschutzziel (- 95 Prozent THG-Emissionen) verwirklicht werden soll.

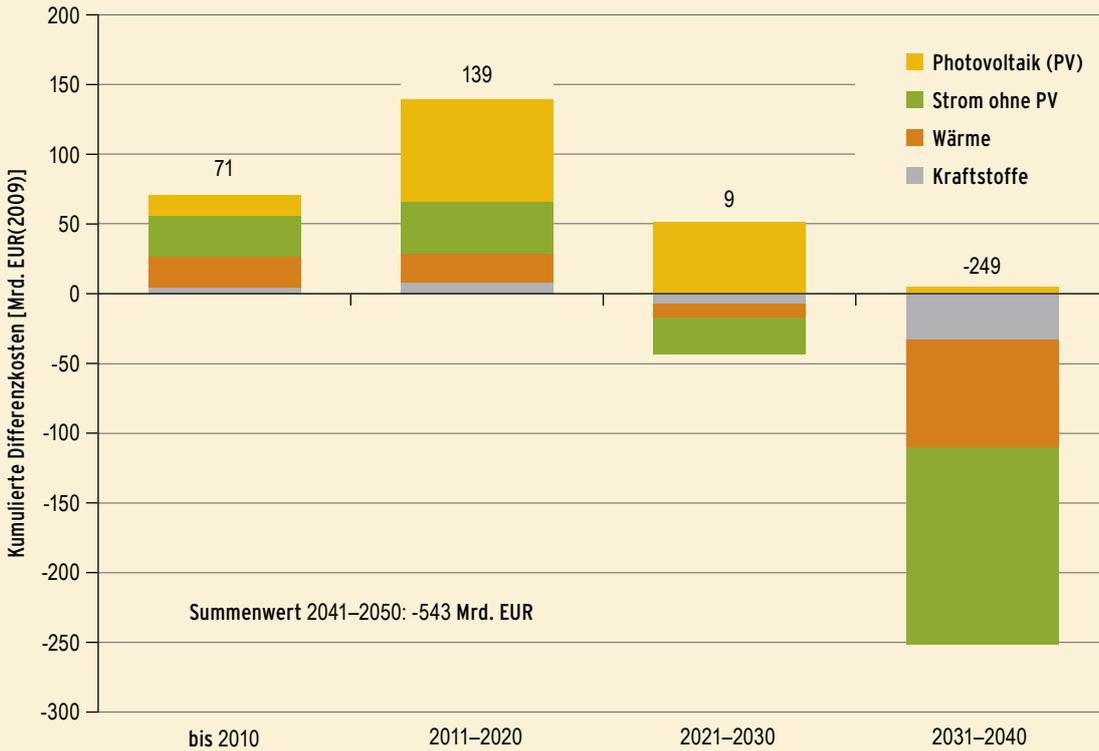
Der Ersatz fossiler Energieanlagen durch EE-Anlagen geht einher mit einer massiven Verlagerung von „Energieausgaben“ auf die investive Seite. Dadurch reduzieren sich die Ausgaben für den Einkauf zukünftig teurer werdender fossiler Energien erheblich. Im Jahr 2010 vermieden die EE bereits rund 6 Mrd. Euro an Energieimporten. Bis 2030 steigt die Kosteneinsparung für Energieimporte in den Szenarien auf 30 bis 40 Mrd. Euro/Jahr und bis 2050 auf 60 bis 70 Mrd. Euro/Jahr. Dies ist nur einer der Nutzenaspekte des EE-Ausbaus.

Die gesamtwirtschaftlich aufzubringenden Kosten der Einführung von EE werden in Form von Differenzkosten gegenüber einer fiktiven Energieversorgung, die ihren Energiebedarf ohne EE deckt, dargestellt. Als ein zentrales Ergebnis werden in der Abbildung auf der Folgeseite die kumulierten systemanalytischen Differenzkosten des gesamten EE-Ausbaus für den Preisfad A: „Deutlich“ dargestellt. Bis 2010 sind für den gesamten EE-Ausbau 71 Mrd. Euro an systemanalytischen Differenzkosten aufgelaufen, wenn gegen die bisherigen anlegbaren Energiekosten verglichen wird. Addiert man die folgenden 10-Jahres-Blöcke hinzu, steigen die kumulierten Differenzkosten bis 2020 auf 210 Mrd. Euro, um dann bis 2030 nur noch gering auf 219 Mrd. Euro weiter zu steigen. Davon verursacht der EE-Stromausbau 76 Prozent und die EE-Wärmebereitstellung 15 Prozent. Bis 2040 sind die kumulierten systemanalytischen Differenzkosten aller EE-Technologien mit einem Saldo von - 30 Mrd. Euro (219–249 Mrd. Euro) vollständig kompensiert. Zur Jahrhundertmitte hat die Versorgung mit EE bereits rund 570 Mrd. Euro potenzielle Mehrausgaben vermieden, die bei der Weiterführung einer fossilen Energieversorgung aufzubringen wären.

Die ökonomischen Modellrechnungen zeigen, dass die im Energiekonzept angestrebte Transformation des Energiesystems nur dann marktgetrieben erfolgen kann, wenn sich in den Energiepreissignalen die vermiedenen Kosten des Klimawandels und andere unberücksichtigte Schäden der fossilen Energiebeschaffung angemessen widerspiegeln. Dies erfordert ein gegenüber dem heutigen Zustand deutlich verändertes Marktdesign. Kurzfristige Grenzkosten der Strombereitstellung in Kombination mit einem unzulänglichen Emissionshandel eignen sich nicht als Signalgeber für den Weg in eine nachhaltige Energiezukunft.

Derzeit werden die notwendigen Anreize in Form von Förderinstrumenten und anderer staatlicher „Leitplanken“ eher als zusätzliche Kosten und damit als „Belastung“ wahrgenommen. Der notwendigen und langfristig vorteilhaften Korrektur dieses „Marktversagens“ und ihrer Akzeptanz muss daher in der Energiepolitik besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Kumulierte systemanalytische Differenzkosten der Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereitstellung aus erneuerbaren Energien ¹⁾



Anmerkung: im Vergleich zu einem fossilen Energiesystem bei einem zukünftigen Anstieg der fossilen Brennstoffpreise gemäß Preispfad A „Deutlich“.

1) Szenario 2011A für 10-Jahres-Abschnitte

Quelle: DLR [134]

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 Prozent des Bruttoendenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien sowie ein Mindestanteil von 10 Prozent erneuerbare Energien im Verkehrssektor im Jahr 2020.

Am 25. Juni 2009 ist die Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates in Kraft getreten. Diese neue EU-Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien ist Teil des europäischen Klima- und Energiepakets, mit dem die Beschlüsse des Frühjahrgipfels der Staats- und Regierungschefs (Europäischer Rat) vom 9. März 2007 umgesetzt werden. Verbindliches Ziel der Richtlinie ist es, den Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Bruttoendenergieverbrauch in der EU von circa 8,5 Prozent im Jahr 2005 auf 20 Prozent bis 2020 zu steigern.



In der Richtlinie wird das EU-Ziel von 20 Prozent auf differenzierte nationale Gesamtziele der Mitgliedstaaten für den Anteil von erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch im Jahr 2020 aufgeteilt. Diese verbindlichen nationalen Ziele orientieren sich an den jeweiligen Ausgangswerten im Jahr 2005 und nationalen Potenzialen. Die nationalen Ziele der EU-Mitgliedstaaten für 2020 liegen demnach zwischen 10 Prozent für Malta und 49 Prozent für Schweden. Für Deutschland ist ein nationales Ziel von 18 Prozent vorgesehen.

Neben dem nationalen Ziel sieht die Richtlinie auch ein einheitliches Ziel von mindestens 10 Prozent erneuerbare Energien am Energieverbrauch im Transportbereich vor. Die Mitgliedstaaten können somit neben Biokraftstoffen zum Beispiel auch Elektrizität aus erneuerbaren Energien, die im Schienenverkehr oder von Elektroautos genutzt wird, anrechnen.

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 die Möglichkeit erhalten, zur Erfüllung ihrer Ziele bei Bedarf auch zusammenzuarbeiten. Diese Kooperationsmechanismen sind der statistische Transfer von Überschussmengen erneuerbarer Energie, gemeinsame Projekte zur Förderung erneuerbarer Energien oder die (Teil-)Zusammenlegung von nationalen Fördersystemen mehrerer Mitgliedstaaten.

Die Richtlinie sieht vor, dass die Mitgliedstaaten nationale Aktionspläne zur Umsetzung ihrer Ziele verabschieden und der Kommission bis 2020 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 in der Richtlinie gelten jedoch nur für Biokraftstoffe und flüssige Bioenergieträger. Im Februar 2010 hat die Europäische Kommission einen Bericht zu Nachhaltigkeitskriterien für gasförmige und feste Bioenergie vorgelegt. Im Gegensatz zu den verbindlichen Nachhaltigkeitskriterien in der Richtlinie enthält dieser Bericht lediglich Empfehlungen an die Mitgliedstaaten.

Mit der Richtlinie wird erstmals eine Gesamtregelung in der EU für alle Bereiche erneuerbarer Energien eingeführt: Strom, Wärme/Kälte und Transport. Die Richtlinie ersetzt damit die am 1.1.2012 ausgelaufenen EU-weiten Regelungen zur Förderung von erneuerbaren Energien, die EU-Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien im Strommarkt und die Biokraftstoff-Richtlinie. Die 2001 in Kraft getretene Strom-Richtlinie sieht eine Erhöhung des Anteils regenerativer Quellen an der Stromerzeugung von 14 Prozent im Jahre 1997 auf 21 Prozent bis 2010 in der EU-25 vor. Die Biokraftstoff-Richtlinie gibt das Ziel eines Anteils von 5,75 Prozent Biokraftstoffe am Kraftstoffverbrauch im Jahr 2010 vor.

Durch die neue, umfassende EU-Richtlinie zur Förderung der erneuerbaren Energien wird ein verlässlicher EU-weiter Rechtsrahmen für die notwendigen Investitionen und damit der Grundstein für einen weiterhin erfolgreichen Ausbau erneuerbarer Energien bis 2020 gesetzt.



Fortschrittsbericht nach Artikel 22 der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen

Der an die Europäische Kommission übermittelte erste Fortschrittsbericht gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen für das Jahr 2009 und 2010 zeigt den gegenwärtigen Stand der Zielerreichung Deutschlands beim Ausbau der erneuerbaren Energien.

Ende 2011 legten die Mitgliedstaaten der Europäischen Kommission den ersten Fortschrittsbericht nach EU-Richtlinie 2009/28/EG zum Stand der nationalen Entwicklung der erneuerbaren Energien vor (anschließend alle zwei Jahre). Die Berechnungen nach der Methodik der EU-Richtlinie auf der Basis der Daten für das Jahr 2010 ergaben einen Anteil der erneuerbaren Energien von 11,3 Prozent am gesamten Bruttoendenergieverbrauch von Deutschland. Nach 10,2 Prozent im Jahr 2009 konnte der Anteil damit um 1,1 Prozentpunkte gesteigert werden, obwohl der gesamte Bruttoendenergieverbrauch des Jahres 2010 konjunktur- und witterungsbedingt gegenüber 2009 um über 4 Prozent angestiegen ist (von 8.947 Petajoule auf 9.327 Petajoule).

Damit ist Deutschland weiterhin auf einem guten Weg, seine anspruchsvollen Ziele für den Ausbau der erneuerbaren Energien zu erreichen: Bis zum Jahr 2020 soll der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Bruttoendenergieverbrauch 18 Prozent betragen. Nach dem im deutschen Nationalen Aktionsplan (NREAP) aufgezeigten Zielpfad geht die Bundesregierung davon aus, dass im Jahr 2020 sogar ein Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch von 19,6 Prozent erreicht werden kann. Für den Stromanteil der erneuerbaren Energien wurden im Jahr 2020 rund 38,6 Prozent abgeschätzt.

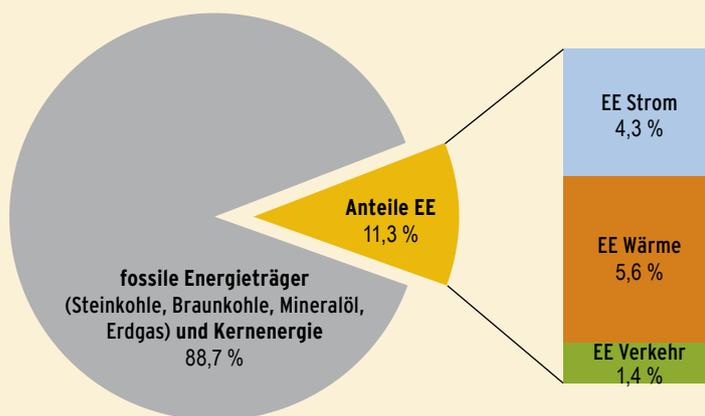


Mit dem im Jahr 2010 erreichten Anteil erneuerbarer Energien von 11,3 Prozent am Bruttoendenergieverbrauch hat Deutschland bereits jetzt das nationale Zwischenziel der EU-Richtlinie 2009/28/EG der Jahre 2013/2014 (9,46 Prozent) übertroffen. Dennoch bedarf es weiterer Anstrengungen, insbesondere im Wärmesektor, um die Ziele für 2020 langfristig und sicher zu erreichen.

Informationen zu den nationalen Fortschrittsberichten der Mitgliedstaaten finden sich im Internet unter www.ec.europa.eu/energy/renewables/reports/2011_en.htm.

Anteile der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch in Deutschland 2010 nach EU-Richtlinie 2009/28/EG

Bruttoendenergieverbrauch: 9.327 PJ¹⁾



Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat, ZSW [1]; Angaben vorläufig, Stand: 31.12.2011

Für die Berechnung des Anteils der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch enthält die Richtlinie detaillierte Vorgaben.

Aufgrund besonderer Regeln sind die nach dieser Methodik erhaltenen Ergebnisse nicht vergleichbar mit den Daten zur nationalen Entwicklung (siehe Seiten 12 ff.). Erläuterungen zu der Methodik der EU-Richtlinie finden sich im Anhang, Absatz 9 der Broschüre.

1) Schätzung EEFA [67]

Zukünftige Entwicklung der erneuerbaren Energien in der EU – Abschätzung auf Basis der Nationalen Aktionspläne für erneuerbare Energie (NREAPs) der EU-Mitgliedstaaten

Geplante Entwicklung der erneuerbaren Energiebereitstellung in der EU auf Basis der Nationalen Aktionspläne der EU-Mitgliedstaaten

	Erneuerbare Energiebereitstellung [TWh]				Durchschnittliche Wachstumsrate p.a. [%/Jahr]			Anteile [%]
	2005	2010	2015	2020	2005/2010	2010/2015	2015/2020	2020
EE – Stromsektor	479	638	901	1.216	5,9	7,1	6,2	34,5
EE – Wärme-/Kältesektor	632	789	985	1.297	4,5	4,6	5,7	21,4
EE – Transportsektor ¹⁾	36	163	230	345	35,2	7,1	8,5	9,5 ²⁾
EE gesamt	1.147	1.591	2.117	2.860	6,8	5,9	6,2	20,8

Das Energy Research Centre of Netherlands (ECN) wurde von der European Environment Agency mit der Aufarbeitung und Auswertung der NREAPs beauftragt, mit dem Ziel, Schätzungen für die EU-27 zu generieren. In dem veröffentlichten Report [119] gibt es zwei unterschiedliche Vorgehensweisen, die zum Teil zu leicht abweichenden Ergebnissen führen: Eine Ermittlung von Daten auf Basis der Detailplanungen oder es wurden bereits aggregierte Daten aus den NREAPs übernommen. Die in der Tabelle dokumentierten Daten wurden auf Basis der Detailplanungen der NREAPs ermittelt.

- 1) unter Berücksichtigung von Art. 5.1 der EU-Richtlinie 2009/28/EG
- 2) entspricht nicht dem Anteil der EE am Verkehrssektor gemäß EU-Richtlinie

Quelle: ECN [119]

Die EU hat sich im Jahr 2009 das verbindliche Ziel gesetzt, dass bis zum Jahr 2020 ein Fünftel des Bruttoendenergieverbrauchs durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden soll. Der Weg zur Zielerreichung wird in den Nationalen Aktionsplänen (NREAPs) der EU-Mitgliedstaaten konkretisiert, die im Hinblick auf die jeweiligen nationalen Ziele im Detail die bestehenden und geplanten Maßnahmen, Instrumente und Politiken zur Unterstützung des Ausbaus der erneuerbaren Energien aufzuführen. Zwölf EU-Mitgliedstaaten haben in ihren Nationalen Aktionsplänen die Erwartung geäußert, die in der EU-Richtlinie vorgegebenen nationalen Zielwerte zu überschreiten: Deutschland, Dänemark, Litauen, Malta, die Niederlande, Österreich, Polen, Schweden, Slowenien, Spanien, die Tschechische Republik und Ungarn.

Die Auswertung aller NREAPs durch das ECN ergibt, dass das verbindliche EU-Ziel von 20 Prozent im Jahr 2020 nicht nur erreicht, sondern mit 20,8 Prozent voraussichtlich sogar übertroffen werden kann. Des Weiteren wurden in den Nationalen Aktionsplänen auch Ziele für die Nutzungssektoren formuliert, die Aufschluss über die Entwicklung der sektoralen Anteile in der EU geben. Für den Stromsektor ergibt sich ein Anteil der erneuerbaren Energien von 34,5 Prozent bis zum Jahr 2020. Für die erneuerbaren Energien im Wärme-/Kältesektor sowie im Transportbereich werden Anteile von 21,4 Prozent beziehungsweise 9,5 Prozent prognostiziert [119].

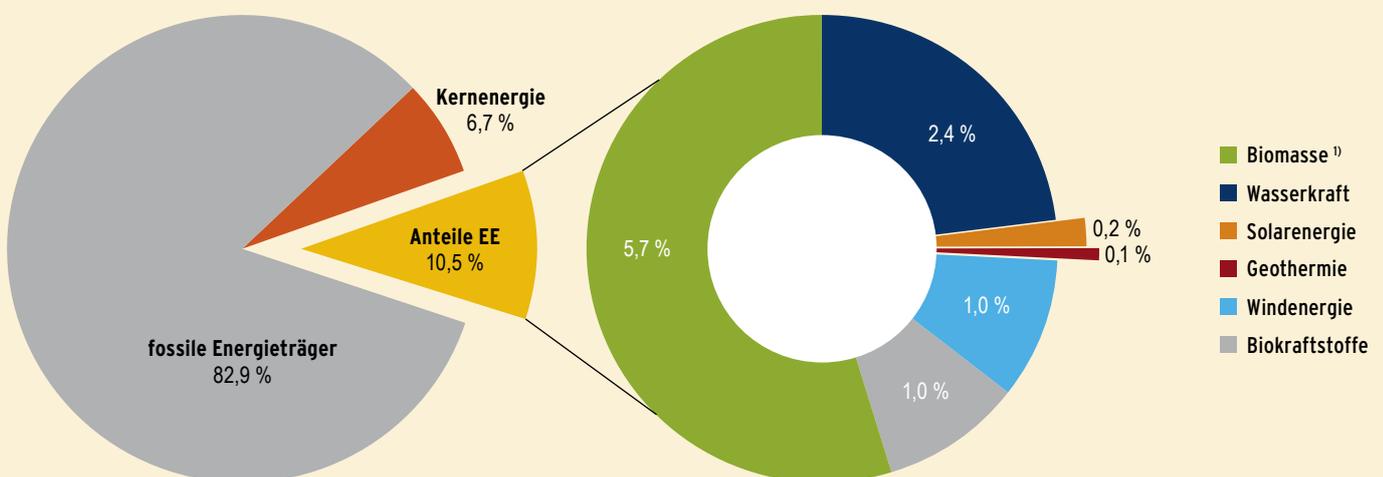
Nutzung erneuerbarer Energien in der EU

Eine wettbewerbsfähige, nachhaltige und sichere Energieversorgung ist das Schlüsselement für die weitere positive Entwicklung der Wirtschaft und Industrie in der EU sowie das Wohlergehen der Bevölkerung. Der Ausbau der erneuerbaren Energiebereitstellung ist somit ein wesentliches Element im Rahmen der EU-Strategie 2020. Mit der Einführung der Stromrichtlinie im Jahr 2001 wurden bereits positive Impulse für den Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor gegeben. Der weitere Ausbau in allen Nutzungssektoren wird maßgeblich durch die EU-Richtlinie 2009/28/EG bestimmt.

Rückblickend haben sich in der letzten Dekade zwei Technologien besonders rasant entwickelt: die Photovoltaik und die Windenergie. Ausgehend von einer installierten Leistung von insgesamt 180 Megawatt-Peak (MW_p) im Jahr 2000 war bei der Photovoltaik eine exponentielle Entwicklung zu beobachten. Ende des Jahres 2011 waren in der EU bereits Photovoltaikmodule mit einer Gesamtleistung von rund 51,4 Gigawatt-Peak (GW_p) installiert, nachdem im Laufe des Jahres rund 21,5 GW_p zugebaut wurden. Global waren Ende des Jahres 2011 bereits mehr als 67 GW_p an Photovoltaik-Leistung installiert [120, 143].

Die Windenergieleistung der EU-Mitgliedstaaten hat sich im vergangenen Jahrzehnt mehr als verfünffacht. Im Laufe des Jahres 2011 wurden Windenergieanlagen mit einer Leistung von 9.616 Megawatt zugebaut. Somit war Ende 2011 in den EU-Mitgliedstaaten eine Gesamtleistung von rund 94 Gigawatt verfügbar. Dies entspricht 40 Prozent der globalen Windenergieleistung [111].

Struktur des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern in der EU, 2009



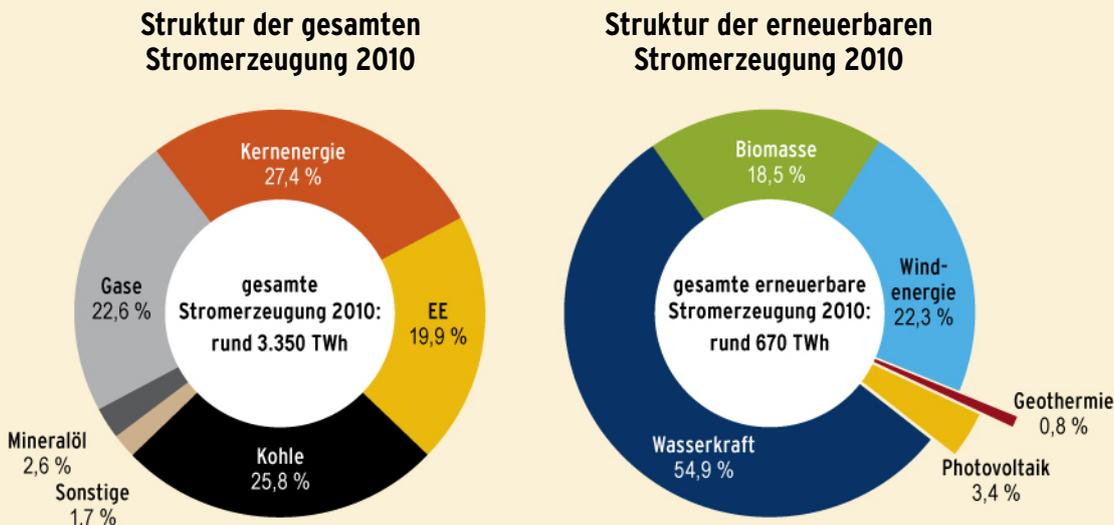
Anmerkung: Der Endenergieverbrauch wurde hier nicht nach den Vorgaben der EU-Richtlinie 2009/28/EG berechnet. Der Anteil der Meeresenergie lag bei 0,004 Prozent (0,5 Terawattstunden) und ist in der Grafik nicht sichtbar. Die Summe der Anteile der erneuerbaren Energieträger entspricht aufgrund von Rundungen nicht dem ausgewiesenen Gesamtanteil der erneuerbaren Energien von 10,5 Prozent.

Statistiken zum Endenergieverbrauch weisen bisher in der Regel lediglich die Anteile der Konsumenten aus. Die obenstehende Grafik weist die Aufteilung nach den unterschiedlichen Energieträgern aus, die anhand verschiedener Statistiken der IEA berechnet wurde. Die dargestellten Anteile dienen dabei lediglich einer größenmäßigen Einordnung.

1) inklusive biogenem Anteil des kommunalen Abfalls

Quelle: ZSW [1] nach IEA [104]

Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU



Sonstige = Industriemüll, nicht erneuerbarer kommunaler Abfall, Pumpspeicher etc.
Solarthermische Kraftwerke und Gezeitenenergie sind aufgrund geringer Strommengen nicht dargestellt.

Quelle: ZSW [1] nach Eurostat [98]

Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU

	1990	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	[TWh]												
Biomasse ¹⁾	14,3	25,9	34,1	36,5	41,9	48,4	58,9	69,1	78,0	87,1	93,9	107,2	123,3
Wasserkraft ²⁾	286,2	331,8	352,5	372,5	315,0	305,8	323,2	305,6	309,3	310,0	327,3	328,2	366,2
Windenergie	0,8	7,4	22,3	26,7	36,3	44,4	58,9	70,4	82,3	104,3	119,5	133,0	149,1
Geothermie	3,2	4,0	4,8	4,6	4,8	5,4	5,5	5,4	5,6	5,8	5,7	5,5	5,6
Photovoltaik	0,01	0,06	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,5	2,5	3,8	7,4	14,0	22,4
Solarthermie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,008	0,02	0,10	0,69
Summe ³⁾	305,1	369,7	414,4	441,0	398,8	405,0	447,8	452,5	478,2	511,5	554,4	588,5	667,8
Anteil EE am Bruttostromverbrauch [%] ⁴⁾	11,6	13,0	13,6	14,2	12,7	12,6	13,6	13,6	14,2	15,1	16,4	18,3	19,9

- 1) einschließlich Biogas sowie des erneuerbaren Anteils des kommunalen Abfalls
- 2) für Pumpspeicherkraftwerke nur Erzeugung aus natürlichem Zufluss
- 3) inklusive Stromerzeugung des Gezeitenkraftwerkes La Rance in Frankreich. Aufgrund des derzeit noch geringen Beitrags der Meeresenergie zur gesamten Strombereitstellung wurde die Zeitreihe dieser Technologie nicht aufgeführt.

- 4) Bruttostromverbrauch = Bruttostromerzeugung plus Import minus Export
- Die vorliegende Übersicht gibt den derzeitigen Stand verfügbarer Statistiken wieder (siehe Quelle).

Quelle: ZSW [1] nach Eurostat [98]

Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in den EU-Mitgliedstaaten im Jahr 2010

	Biomasse ¹⁾	Wasserkraft ²⁾	Windenergie	Geothermie	Photovoltaik	Gesamt	Anteil EE am Bruttostromverbrauch	Zielwerte nach EU-Richtlinie 2001/77/EG
	[TWh]						[%]	[%]
Belgien	4,3	0,3	1,3	–	0,6	6,5	6,8	6,0
Bulgarien	0,04	5,1	0,7	–	0,02	5,8	15,1	11,0
Dänemark	4,6	0,02	7,8	–	0,01	12,5	33,1	29,0
Deutschland	33,7	20,4	37,8	0,03	11,7	103,6	16,9	12,5
Estland	0,7	0,03	0,3	–	–	1,0	10,8	5,1
Finnland	11,0	12,9	0,3	–	0,01	24,2	26,5	31,5
Frankreich	4,7	62,0	10,0	–	0,6	77,8 ³⁾	14,5	21,0
Griechenland	0,2	7,5	2,7	–	0,2	10,5	16,7	20,1
Irland	0,3	0,6	2,8	–	–	3,7	12,8	13,2
Italien	9,4	51,1	9,1	5,4	1,9	77,0	22,2	25,0
Lettland	0,1	3,5	0,05	–	–	3,6	48,5	49,3
Litauen	0,1	0,5	0,2	–	–	0,9	7,8	7,0
Luxemburg	0,1	0,1	0,1	–	0,02	0,3	3,1	5,7
Malta	–	–	–	–	k.A.	–	–	5,0
Niederlande	7,0	0,1	4,0	–	0,1	11,2	9,3	9,0
Österreich	4,6	38,4	2,1	–	0,1	45,1	61,4	78,1
Polen	6,3	2,9	1,7	–	–	10,9	7,0	7,5
Portugal	2,6	16,1	9,2	0,2	0,2	28,4	50,0	39,0
Rumänien	0,1	19,5	0,3	–	–	19,9	34,2	33,0
Schweden	12,2	66,4	3,5	–	0,01	82,1	54,5	60,0
Slowakei	0,7	5,3	0,01	–	–	5,9	20,5	31,0
Slowenien	0,2	4,5	–	–	0,01	4,7	33,1	33,6
Spanien	3,9	42,3	44,2	–	6,4	97,4 ⁴⁾	33,1	29,4
Tschech. Republik	2,2	2,8	0,3	–	0,6	5,9	8,3	8,0
Ungarn	2,3	0,2	0,5	–	–	3,0	7,1	3,6
Verein. Königreich	11,9	3,6	10,2	–	0,03	25,7	6,7	10,0
Zypern	–	–	0,03	–	0,01	0,04	0,7	6,0
EU	123,3	366,2	149,1	5,6	22,4	667,8	19,9	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. Alle Angaben vorläufig; Abweichungen in den Summen durch Rundungen

- 1) inklusive Deponie- und Klärgas sowie sonstigen Biogasen und biogenem Anteil des kommunalen Abfalls
 2) Bruttoerzeugung; für Pumpspeicherkraftwerke nur Erzeugung aus natürlichem Zufluss

- 3) Summe enthält 0,53 Terawattstunden durch das Gezeitenkraftwerk „La Rance“ erzeugten Stroms.
 4) Summe enthält 0,69 Terawattstunden in Solarkraftwerken erzeugten Stroms.

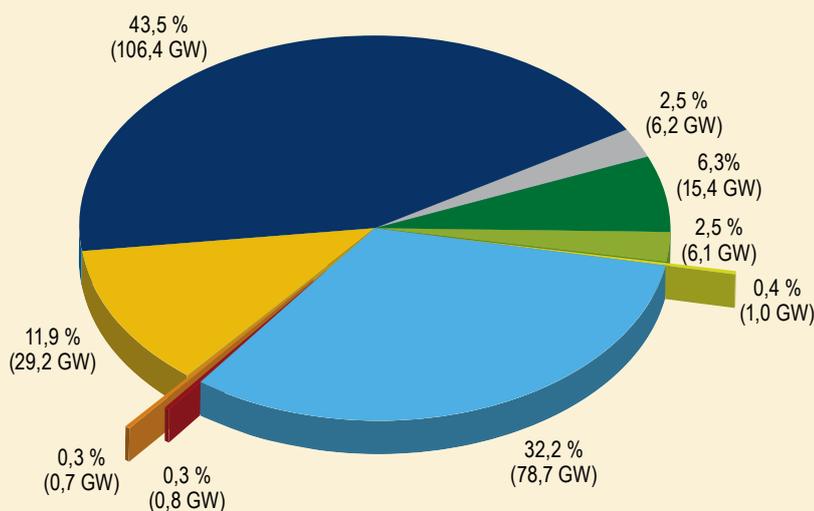
Quelle: ZSW [1] nach Eurostat [98]



Mehr als die Hälfte des in der EU erzeugten Stroms wurde im Jahr 2010 aus fossilen Energieträgern gewonnen. Mit der im Jahr 2001 in Kraft getretenen EU-Stromrichtlinie wurde ein wichtiger Impuls für den Ausbau der Erneuerbaren im Stromsektor gegeben unter anderem mit dem Ziel einer Verringerung der Importabhängigkeit der EU-Mitgliedstaaten.

Mit der Erneuerbare-Energien-Richtlinie 2009/28/EG hat sich die EU das verbindliche Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 20 Prozent des gesamten Bruttoendenergieverbrauchs mit erneuerbaren Energien bereitzustellen. Um dieses Ziel zu erreichen, wird der Anteil der erneuerbaren Energien im Stromsektor auf über 30 Prozent gesteigert werden müssen.

Struktur der gesamten installierten Leistung zur erneuerbaren Strombereitstellung in der EU 2010



gesamte installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien rund 244 GW

- Wasserkraft
- Abfall ¹⁾
- Holz/Holzabfall
- Biogas ²⁾
- Biogene flüssige Brennstoffe
- Windenergie
- Geothermie
- Solarthermie
- Photovoltaik

Vorläufige Angaben

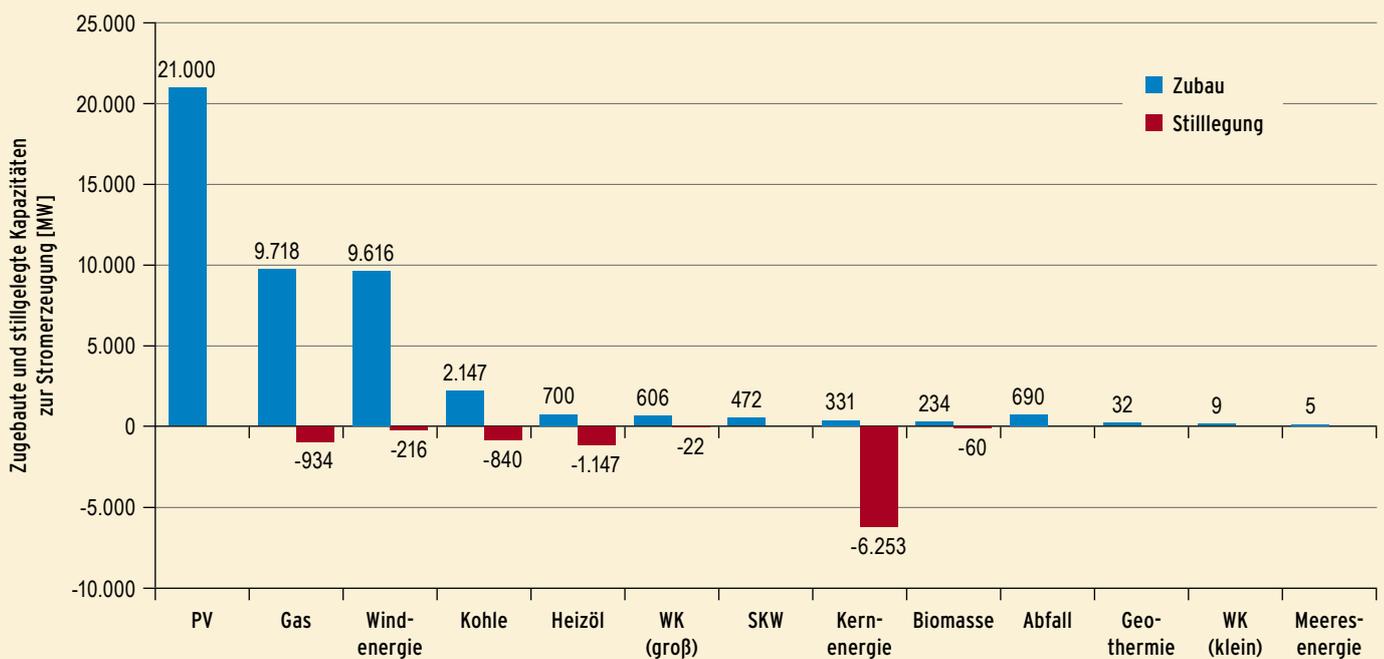
- 1) erneuerbarer und nicht erneuerbarer Anteil des kommunalen Abfalls
- 2) inklusive Deponie- und Klärgas

Quelle: ZSW [1] nach Eurostat [98]



Am Ende des Jahres 2010 standen EU-weit Kapazitäten zur erneuerbaren Stromerzeugung in Höhe von rund 244 Gigawatt (GW) zur Verfügung. Die European Wind Energy Association (EWEA) schätzt den Zubau über alle Stromerzeugungstechnologien im Laufe des Jahres 2011 auf insgesamt über 45 GW, wovon auf erneuerbare Energien rund 72 Prozent entfallen. Mit 21 GW trug die Photovoltaik beinahe die Hälfte zum gesamten Zubau bei, gefolgt von Gas mit einem Leistungszubau von rund 9,7 GW und Wind mit rund 9,6 GW. Das zweite Jahr in Folge wurde bei Kohlekraftwerken mehr Kapazität zugebaut (rund 2,2 GW) als stillgelegt (0,84 GW). Von den nuklearen Stromerzeugungskapazitäten wurden im Laufe des Jahres 2011 mehr als 6 GW abgebaut. Auch bei der Heizölkapazität konnte der Zubau von 0,7 GW die stillgelegte Kapazität von 1,1 GW nicht kompensieren [100].

Zubau und Stilllegung von Kapazitäten zur Stromerzeugung in der EU im Jahr 2011



WK = Wasserkraft
SKW = Solarthermische Kraftwerke

Quelle: EWEA [100]

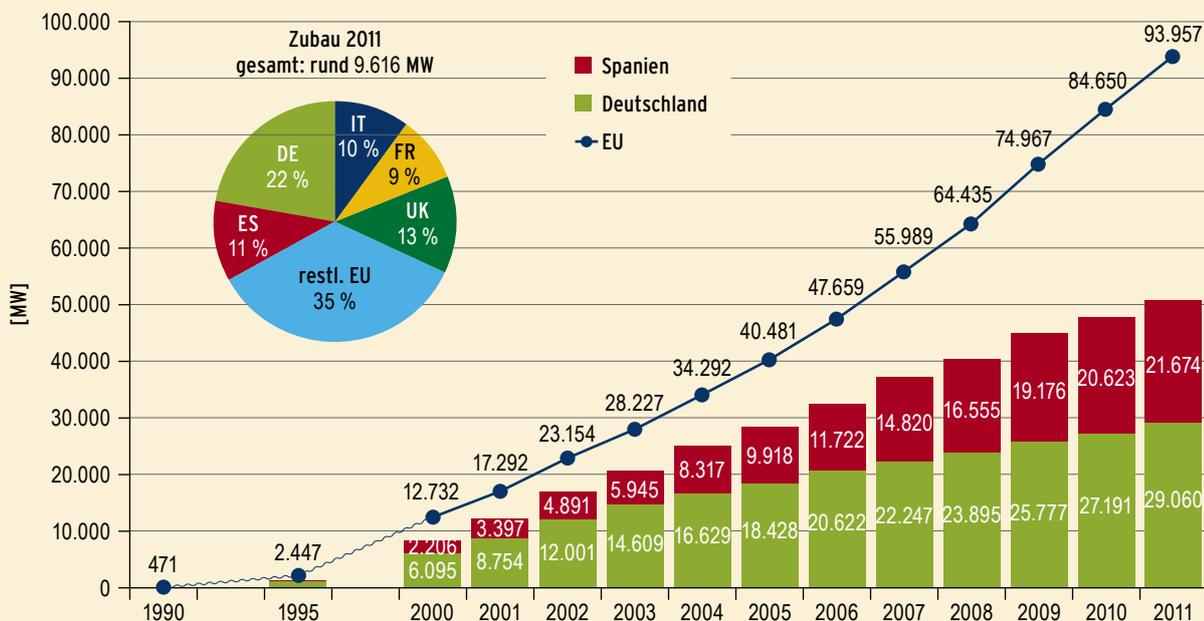
Ungeachtet der wirtschaftlichen Turbulenzen der letzten Jahre wird die Nutzung der Windenergie in der EU weiterhin stetig ausgebaut. Insgesamt waren Ende 2011 bereits 93.957 MW Windenergieleistung installiert – ein Plus von 11 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Weiterhin führend ist Deutschland mit einer Gesamtleistung von 29.060 MW vor Spanien, Frankreich, Italien und dem Vereinigten Königreich [100]. Im Hinblick auf den relativen Ausbaugrad ergibt sich jedoch ein anderes Bild. Hier ist Dänemark führend mit 696,1 Kilowatt (kW)/1.000 Einwohner, während Deutschland mit 355,5 kW/1.000 Einwohner lediglich an fünfter Stelle nach Spanien (469,6 kW/1.000 Einwohner), Portugal (383,9 kW/1.000 Einwohner) und Irland (364 kW/1.000 Einwohner) steht. Der EU-Durchschnitt lag bei 187 kW/1.000 Einwohner.

Im Laufe des Jahres wurden in der EU insgesamt 9.616 MW Windenergieleistung zugebaut. Mit einem Zubau von 2.086 MW war Deutschland bei weitem der größte Windenergiemarkt in der EU. Das Vereinigte Königreich mit knapp 1.300 MW und Spanien mit 1.050 MW waren der zweit- beziehungsweise drittgrößte Markt [100].

Mit der bisher in der EU installierten Windenergieleistung können nach Angaben der European Wind Energy Association (EWEA) in einem normalen Windjahr 204 Terawattstunden erneuerbarer Strom erzeugt und damit 6,3 Prozent¹⁾ des gesamten Stromverbrauchs der EU bereitgestellt werden [100]. EurObserv'ER schätzt die tatsächliche Windstromerzeugung für die Jahre 2010 und 2011 auf 149,1 Terawattstunden beziehungsweise 172,1 Terawattstunden [101].

1) Basis der Berechnung: Bruttostromverbrauch 2009: 3.225,2 Terawattstunden (Eurostat).

Entwicklung der kumulierten Windenergieleistung in den EU-Mitgliedstaaten



Anmerkung: Daten 2011 vorläufig

Die gesamte Windleistung 2011 entspricht nicht genau der Summe aus installierter Leistung Ende 2010 plus Zubau 2011; dies ist auf Repowering und Stilllegung bestehender Windenergieanlagen (siehe auch Seite 73) sowie die Rundung von Daten zurückzuführen.

Quellen: EWEA [100]; Eurostat [98]



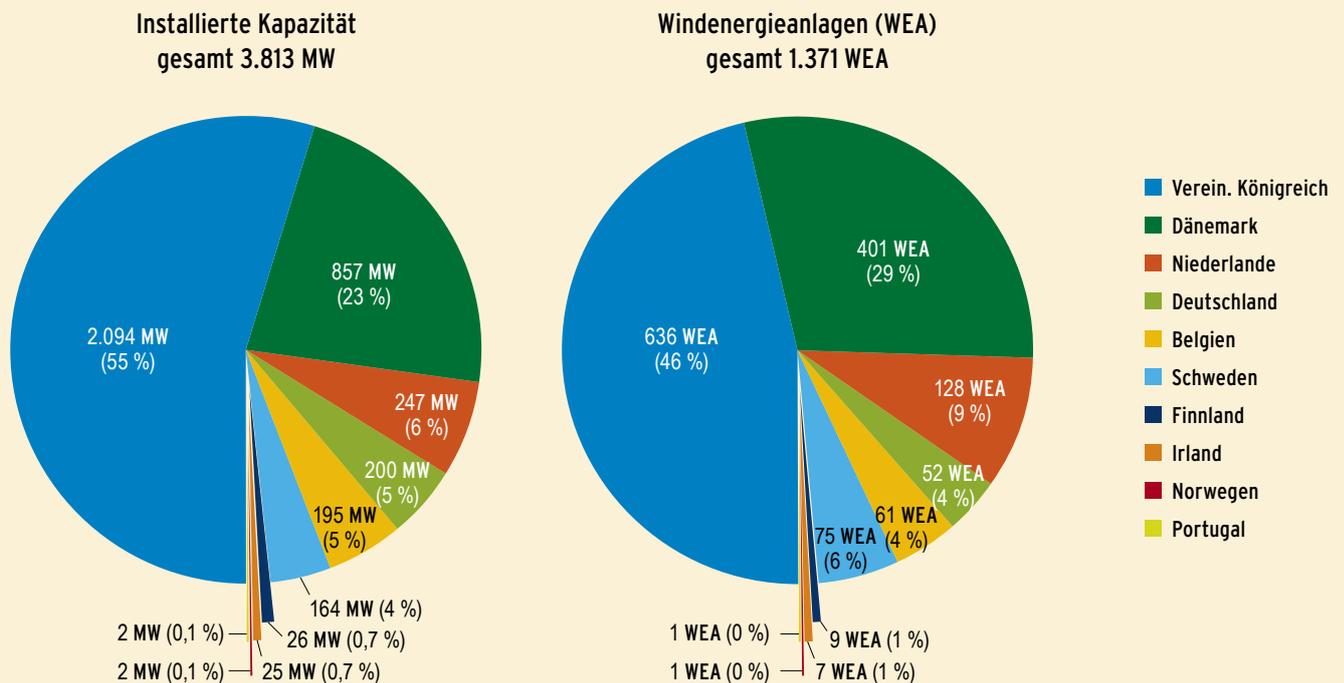
Windenergienutzung auf See – offshore

Im Laufe des Jahres 2011 wurden in den EU-Gewässern 235 Offshore-Windenergieanlagen in neun Windparks installiert. Dies entspricht einer zusätzlichen Leistung von 866 Megawatt (MW), die mit Investitionen in Höhe von rund 2,4 Milliarden Euro verbunden war. Der wichtigste Akteur in dieser Branche war das Vereinigte Königreich, denn mehr als 750 MW dieser Windenergieleistung auf See wurden in britischen Gewässern errichtet. In Deutschland erfolgte ein Zubau von 108 MW [108].

Insgesamt waren Ende 2011 in zehn europäischen Ländern 1.371 Offshore-Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 3.813 MW am Netz. Der Offshore-Anteil an der gesamten EU-Windenergieleistung lag bei rund 4 Prozent [108].

In einem Mitte des Jahres 2011 veröffentlichten Report der European Wind Energy Association (EWEA) wurden alle Offshore-Windparkprojekte in den EU-Mitgliedstaaten analysiert. Im Rahmen dieser Analyse konnten insgesamt rund 141 Gigawatt (GW) an Windenergieleistung auf See identifiziert werden. Davon waren etwa 26 GW entweder in Betrieb, im Bau oder hatten eine Baugenehmigung. Weitere 115 GW befanden sich in der Planungsphase. Bis Ende des Jahres 2020 erwartet die EWEA, dass die Offshore-Windenergienutzung in den EU-Gewässern auf 40 GW ausgebaut sein wird [116].

Installierte Windenergieleistung und Anzahl der Windenergieanlagen auf See in Europa Ende 2011

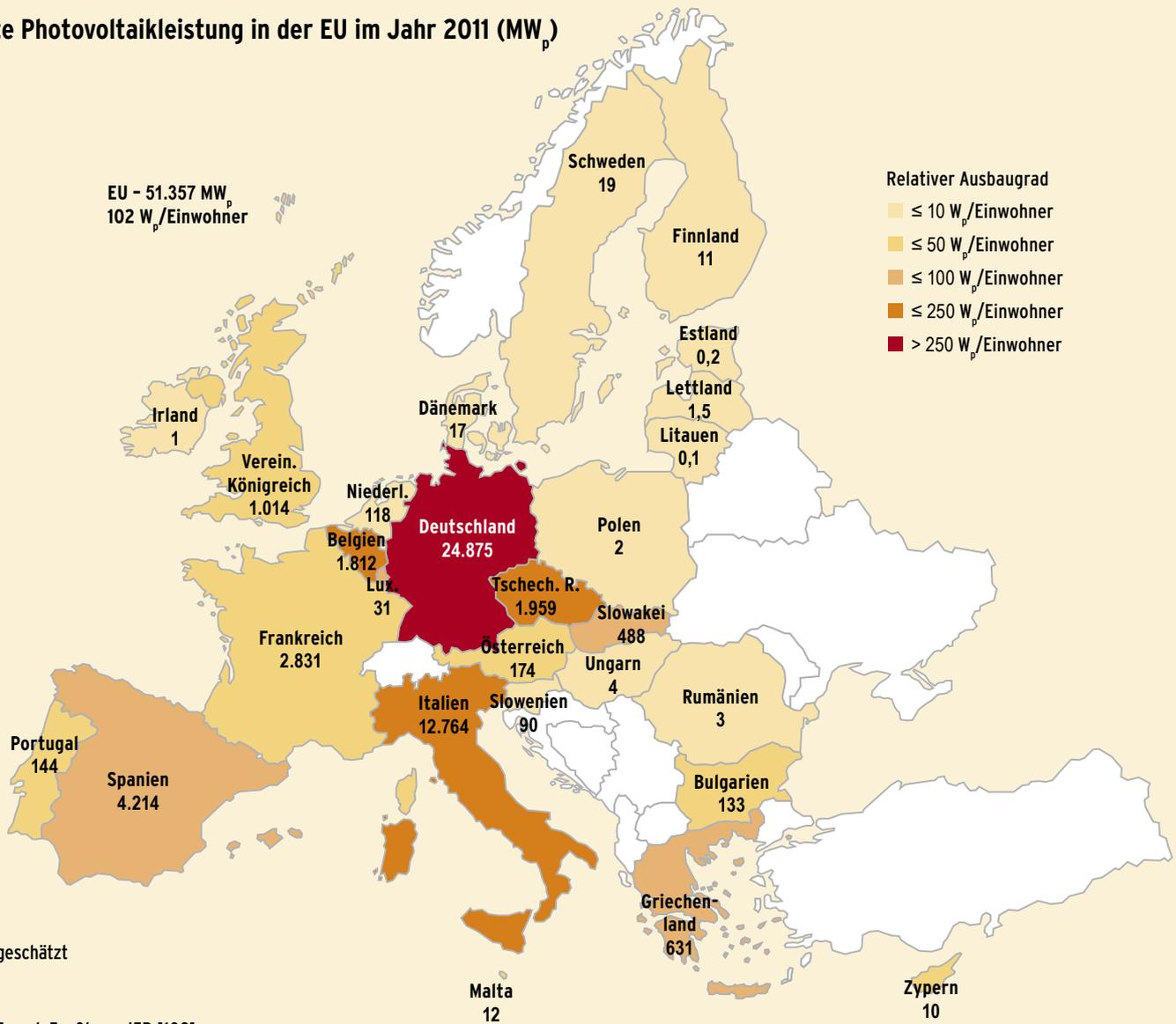


Ungefähr 462.000 direkte und indirekte Arbeitsplätze könnten bis zum Jahr 2020 in der gesamten Windenergiebranche bereitstehen, davon mehr als 300.000 im Offshore-Bereich [116].

Windenergieanlagen auf See unterliegen zum Teil extremen Witterungseinflüssen, über deren Auswirkung noch keine ausreichenden Erkenntnisse vorliegen. Um Wissenslücken zu schließen, belastbare Planungsdaten für die Auslegung und den Betrieb von Offshore-WEA zu generieren und die Auswirkungen auf die Meeresumwelt zu untersuchen, wurden in der deutschen Nord- und Ostsee drei Forschungsplattformen, Fino 1–3, errichtet. Die dort gesammelten Daten können von verschiedenen wissenschaftlichen Institutionen abgerufen werden – so auch durch das Forschungsprogramm RAVE (Research at alpha ventus), das im Rahmen des deutschen Offshore-Testfelds alpha ventus etabliert wurde. Im Jahr 2010 bewilligte das Bundesumweltministerium die Förderung von alpha ventus in Höhe von beinahe 30 Millionen Euro. RAVE wurde durch das BMU bisher bereits mit 43,1 Millionen Euro gefördert [142], [143].

Solarenergie – Strom aus erneuerbaren Energien

Installierte Photovoltaikleistung in der EU im Jahr 2011 (MW_p)



Der Photovoltaik-Markt der EU konnte im Jahr 2011 im Vergleich zum Vorjahr nochmals deutlich zulegen. Insgesamt wurden rund 21,5 Gigawatt-Peak (GW_p) Photovoltaikleistung zugebaut. Dies entspricht mehr als 75 Prozent des Photovoltaik-Weltmarkts. Mit einem Anteil von insgesamt 60 Prozent wurde der globale Zubau im Wesentlichen in zwei Ländern realisiert: Italien und Deutschland. Erstmals war Italien der Photovoltaik-Topmarkt mit einem Leistungszubau von rund 9,3 GW. Mit 7,5 GW blieb der deutsche Photovoltaik-Markt auf etwa dem gleichen Niveau wie im Vorjahr (7,4 GW) [109, 120].



Spanien hat den Ausbau der solarthermischen Kraftwerksleistung auch im Jahr 2011 beträchtlich vorangetrieben. Insgesamt wurden 420 Megawatt (MW) zusätzliche Kraftwerksleistung in Betrieb genommen, so dass Ende des Jahres eine Gesamtleistung von 1.151,4 MW zur erneuerbaren Stromerzeugung installiert war. Gemäß der REE (Red Eléctrica de España) wurden damit im Jahr 2011 mehr als 2 Terawattstunden erneuerbarer Strom erzeugt. Anfang des Jahres 2012 waren in Spanien bereits weitere solarthermische Kraftwerke mit einer Gesamtleistung von mehr als 1.000 MW im Bau [71]. EU-weit waren Ende des Jahres 2011 1.157,2 MW an solarthermischer Kraftwerksleistung in Betrieb [71].

Sechs EU-Mitgliedstaaten haben für den Ausbau der solarthermischen Kraftwerksleistung in ihren Nationalen Aktionsplänen Ziele für das Jahr 2020 gesetzt. Insgesamt könnte bis zum Jahr 2020 eine Gesamtleistung von mehr als 7.000 MW zur Verfügung stehen. Werden die Nationalen Aktionspläne wie geplant umgesetzt, so wird Spanien mit einer Gesamtleistung von 5.079 MW weiterhin die Spitzenposition einnehmen, gefolgt von Italien (600 MW), Frankreich (540 MW), Portugal (500 MW), Griechenland (250 MW) und Zypern (75 MW) [102].

Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU

Rund 40 Prozent der gesamten Endenergiebereitstellung in der EU-27 ist dem Wärme-/Kältesektor zuzurechnen. Der Beitrag der erneuerbaren Energien in diesem Segment lag im Jahr 2010 jedoch lediglich bei rund 13 Prozent. Die Bedeutung der erneuerbaren Energien ist somit in diesem Sektor deutlich geringer als im Strommarkt (siehe vorherige Seiten). Werden die in den Nationalen Aktionsplänen für erneuerbare Energie (NREAPs) geplanten zusätzlichen Kapazitäten im erneuerbaren Wärme-/Kältesektor realisiert, so könnte der Anteil der erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2020 auf über 21 Prozent wachsen.

Die mit Abstand wichtigste erneuerbare Ressource im Wärmesektor ist die Biomasse mit einem Anteil von rund 96 Prozent beziehungsweise 765 Terawattstunden, wobei der größte Anteil auf die Wärmeezeugung aus Holz in privaten Haushalten entfällt. Der Beitrag der anderen beiden Sparten, Solarthermie und Geothermie, ist mit rund 2 Prozent beziehungsweise 1 Prozent noch vergleichsweise unbedeutend.

Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU

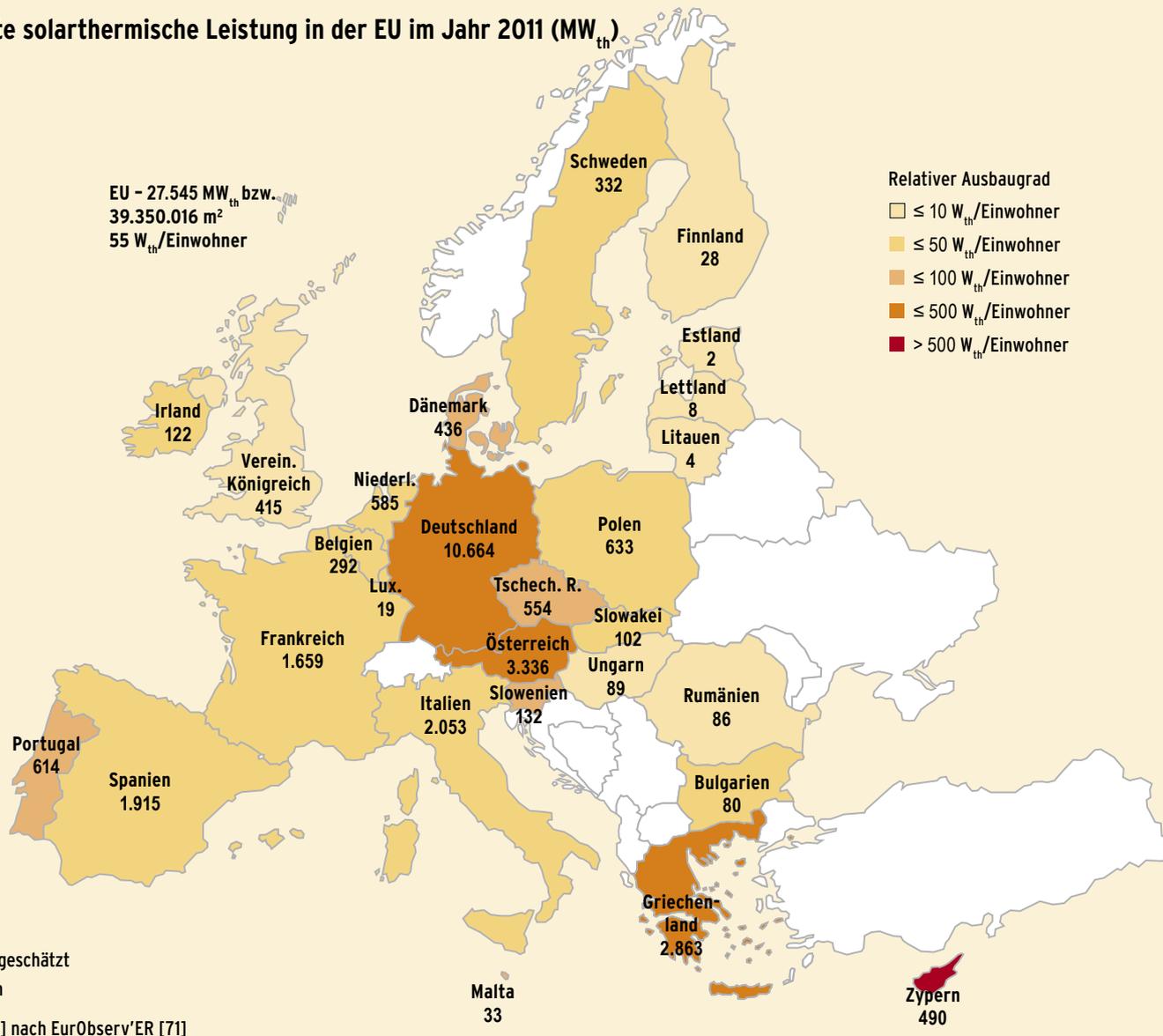
	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Endenergie [TWh]												
Biomasse, davon	437,4	492,1	541,5	540,9	541,4	560,6	574,1	584,0	601,5	635,1	653,9	658,5	736,7
Holz/Holzabfälle	429,3	483,6	529,5	523,4	520,4	548,4	561,4	571,0	588,1	601,5	617,7	631,2	699,6
Biogas	7,6	7,2	9,3	14,0	17,0	7,8	8,1	8,3	9,2	23,5	25,3	21,1	30,5
biog. Anteil des Abfalls	0,4	1,3	2,6	3,5	3,9	4,4	4,6	4,7	4,2	10,1	10,9	6,2	6,6
Solarthermie	1,6	3,2	4,9	5,4	5,9	6,4	7,2	7,9	9,0	10,9	12,6	14,5	17,1
Geothermie	4,8	6,5	6,6	6,7	6,9	6,8	6,9	7,4	7,7	7,7	8,3	10,8	10,9
EE Wärme gesamt	443,8	501,9	552,9	552,9	554,2	573,9	588,1	599,3	618,1	653,7	674,8	683,8	764,7

Quelle: ZSW [1] nach Eurostat [98]



Entwicklung im Solarthermie-Markt

Installierte solarthermische Leistung in der EU im Jahr 2011 (MW_{th})



Nach Schätzungen von EurObserv'ER wurden in der EU im Laufe des Jahres 2011 beinahe 2,6 Gigawatt-thermisch (GW_{th}) an Solarkollektorleistung zugebaut, das entspricht einer zusätzlichen Kollektorfläche von rund 3,7 Millionen Quadratmeter. Insgesamt lag die kumulierte Solarkollektorleistung in der EU Ende 2011 bei 27,5 GW_{th} (entspricht 39,4 Millionen Quadratmeter) [71].

Bis heute ist die Warmwasserbereitung der wichtigste Anwendungsbereich der Solarthermie. In den letzten Jahren wurden jedoch zunehmend Kombianlagen errichtet, die neben der Warmwasserbereitstellung auch der Heizungsunterstützung dienen. So betrug der Anteil der in Deutschland im Jahr 2011 installierten Kombianlagen bezogen auf die Anzahl der zugebauten Anlagen ungefähr 50 Prozent, bezogen auf die installierte Kollektorleistung etwa zwei Drittel.



Ende 2010 waren in Europa 149 Großanlagen (> 500 Quadratmeter; > 350 Kilowatt-thermisch [kW_{th}]) mit einer Leistung von insgesamt 215 Megawatt-thermisch (MW_{th}) in Betrieb, im Wesentlichen zur solaren Nah- und Fernwärmeversorgung. Die größte solare Fernwärmanlage Europas mit einer Kollektorfläche von 18.365 Quadratmetern und einer thermischen Leistung von 12,9 MW_{th} befindet sich in Marstal (Dänemark). Im Rahmen des Sunstore-4-Projekts, gefördert durch das siebte Rahmenprogramm der EU, wird die bestehende Anlage um weitere 15.000 Quadratmeter erweitert [106, 110].

Im Juli 2011 ist die – mit einer Solarkollektorfläche von 36.305 Quadratmetern – weltweit größte Solarthermieanlage in Riad, Saudi-Arabien, für die Princess Nora University in Betrieb genommen worden. Deutschlands größte solare Nahwärmanlage ist in Crailsheim zu finden, mit einer Leistung von 7 MW_{th} beziehungsweise 10.000 Quadratmetern Kollektorfläche.

Die weltweit größte Anlage zur solaren Kühlung wird derzeit für das United World College in Singapur errichtet. Die Anlage wird nach ihrer Fertigstellung die Versorgung von 2.500 Personen auf dem Campusgelände mit Klimatisierung und Warmwasser sicherstellen [99, 107, 110].

Global waren Ende 2010 rund 196 GW_{th} Solarkollektorleistung in Betrieb (für das Jahr 2011 schätzt IEA-SHC [110] die Leistung bereits auf 245 GW_{th}). Mit dieser installierten Leistung konnten mehr als 162 Terawattstunden-thermisch (TWh_{th}) (584 Petajoule) produziert und damit rund 53 Millionen Tonnen des Treibhausgases Kohlendioxid vermieden werden. Weltweit waren in der Solarthermiebranche im Jahr 2011 schätzungsweise 375.000 Menschen beschäftigt [110].

Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien in der EU

Bis zum Jahr 2020 soll der Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen in den einzelnen EU-Mitgliedstaaten mindestens 10 Prozent des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor entsprechen. Dieses verbindliche Ziel wurde in der EU-Richtlinie 2009/28/EG festgelegt. Der Weg zur Realisierung dieses Ziels wird in den Nationalen Aktionsplänen für erneuerbare Energie der Mitgliedstaaten auf nationaler Ebene aufgezeigt. Die Auswertung dieser Aktionspläne zeigt, dass sich der Verbrauch von Bioethanol und Biodiesel bis zum Jahr 2020 verdoppeln könnte. So steigt der Verbrauch von Biodiesel von rund 125 Terawattstunden (TWh) im Jahr 2010 auf rund 252 TWh (davon 91 TWh importiert) im Jahr 2020. Gleichzeitig könnte sich die Bioethanol-Nachfrage von rund 34 TWh auf rund 85 TWh (davon 37,4 TWh importiert) erhöhen [119].

Kraftstoffbereitstellung aus erneuerbaren Energien in den EU-Mitgliedstaaten in den Jahren 2009 und 2010

	2009				2010 ¹⁾				2010 ²⁾
	Bioethanol	Biodiesel	Sonstige ³⁾	Gesamt	Bioethanol	Biodiesel	Sonstige ³⁾	Gesamt	EE-Anteil am Kraftstoffverbrauch des Verkehrs
	[TWh]				[TWh]				[%]
Belgien	0,5	3,3	–	3,8	0,6	3,6	–	4,2	k.A.
Bulgarien	–	0,1	–	0,1	–	0,4	–	0,4	1,0
Dänemark	0,1	0,04	–	0,1	0,4	0,01	–	0,4	0,3
Deutschland	6,8	25,9	1,0	33,7	8,7	26,5	0,6	35,8	5,7
Estland	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2
Finnland	0,9	0,7	0,0004	1,5	0,9	0,7	0,0007	1,6	3,9
Frankreich	4,8	23,7	–	28,5	5,7	24,9	–	30,6	k.A.
Griechenland	–	0,9	–	0,9	–	1,5	–	1,5	1,9
Irland	0,3	0,6	0,02	0,9	0,3	0,9	0,02	1,3	2,4
Italien	1,4	12,2	–	13,6	1,8	15,1	–	16,9	4,8
Lettland	0,01	0,04	–	0,1	0,1	0,2	–	0,3	3,3
Litauen	0,2	0,4	–	0,6	0,1	0,4	–	0,5	3,6
Luxemburg	0,01	0,5	–	0,5	0,01	0,5	–	0,5	2,0
Malta	–	0,01	–	0,01	–	0,01	–	0,01	0,3
Niederlande	1,6	2,7	–	4,3	1,6	1,1	–	2,7	3,0
Österreich	0,7	3,7	1,4	5,9	0,7	4,1	1,4	6,3	5,4
Polen	1,7	6,6	–	8,4	2,2	8,3	0,04	10,5	5,9
Portugal	–	2,6	–	2,6	–	3,8	–	3,8	5,6
Rumänien	0,6	1,5	–	2,1	0,5	2,2	–	2,7	3,2
Schweden	2,3	1,9	0,4	4,6	2,4	2,3	0,6	5,3	7,7
Slowakei	0,5	1,4	–	1,9	0,5	1,5	–	2,1	7,8
Slowenien	0,02	0,3	–	0,3	0,03	0,5	–	0,5	2,9
Spanien	1,8	10,6	–	12,3	2,7	13,9	–	16,6	4,7
Tschech. Rep.	0,6	1,5	–	2,0	0,7	2,0	–	2,7	4,6
Ungarn	0,5	1,4	–	2,0	0,7	1,4	–	2,0	k.A.
Verein. Königr.	1,9	9,6	–	11,4	3,7	9,6	–	13,3	3,0
Zypern	–	0,2	–	0,2	–	0,2	–	0,2	2,0
EU	27,1	112,4	2,8	142,3	34,3	125,4	2,6	162,4	4,7 ⁴⁾

1) Schätzung EurObserv'ER

2) Zitat Eurostat: „Dieser Indikator wird auf der Grundlage der unter die Energiestatistik-Verordnung fallenden einschlägigen Statistiken berechnet. Die für den relevanten Indikator maßgebliche Methodik wird in der Richtlinie 2009/28/EG beschrieben. Allerdings fließen in

diesen Indikator sämtliche Biokraftstoffe ein und nicht nur jene, die die Nachhaltigkeitskriterien erfüllen.“

3) Pflanzenölverbrauch in Deutschland, Österreich und Irland; Biogas in Schweden und Finnland.

4) Schätzung Eurostat

Quellen: Eurostat [98]; EurObserv'ER [102]

Sozio-ökonomische Aspekte der erneuerbaren Energien in der EU im Jahr 2010

Umsätze mit erneuerbaren Energien im Jahr 2010

	Photo- voltaik	Wind- energie	Feste Biomasse	Biokraft- stoffe	Biogas	Solar- thermie	Wärme- pumpen ¹⁾	kleine Wasser- kraft ²⁾	Geo- thermie	Gesamt Länder
	[Mio. EUR]									
Deutschland ³⁾	20.240	3.780	6.060	3.050	1.510	1.160	720	250	90	36.860
Italien	8.000	3.450	942	1.318	900	490	k.A.	464	600	16.164
Frankreich	4.695	2.989	1.176	2.110	227	577	280	400	148	12.602
Schweden	70	725	5.986	2.052	0	30	1.000	295	k.A.	10.158
Dänemark	270	6.860	5	750	36	50	k.A.	5	<5	7.981
Spanien	2.845	1.800	1.437	950	53	300	0	471	<5	7.861
Verein. Königreich	1.200	4.500	350	170	1.044	75	75	k.A.	<5	7.419
Österreich	750	470	2.829	424	55	420	207	500	k.A.	5.655
Tschech. Republik	4.000	25	5	286	86	110	40	60	k.A.	4.612
Belgien	1.200	370	2.173	85	0	35	22	10	30	3.925
Niederlande	1.000	840	71	170	100	55	85	0	75	2.396
Polen	<1	550	565	500	36	100	75	28	15	1.870
Rumänien	5	500	1.057	38	<1	20	k.A.	14	26	1.661
Portugal	180	700	214	350	0	157	k.A.	k.A.	<5	1.606
Finnland	5	780	106	214	10	<5	145	26	0	1.291
Griechenland	500	140	203	110	0	175	0	22	k.A.	1.150
restl. EU	603	785	1.441	704	29	105	79	128	115	3.991
Gesamt Sektoren	45.564	29.264	24.621	13.281	4.084	3.864	2.728	2.673	1.119	127.203

Die Daten berücksichtigen Herstellung, Vertrieb und Installation der Anlagen sowie Betrieb und Instandhaltung.

1) Erdwärmepumpen (geothermische Wärmepumpen)

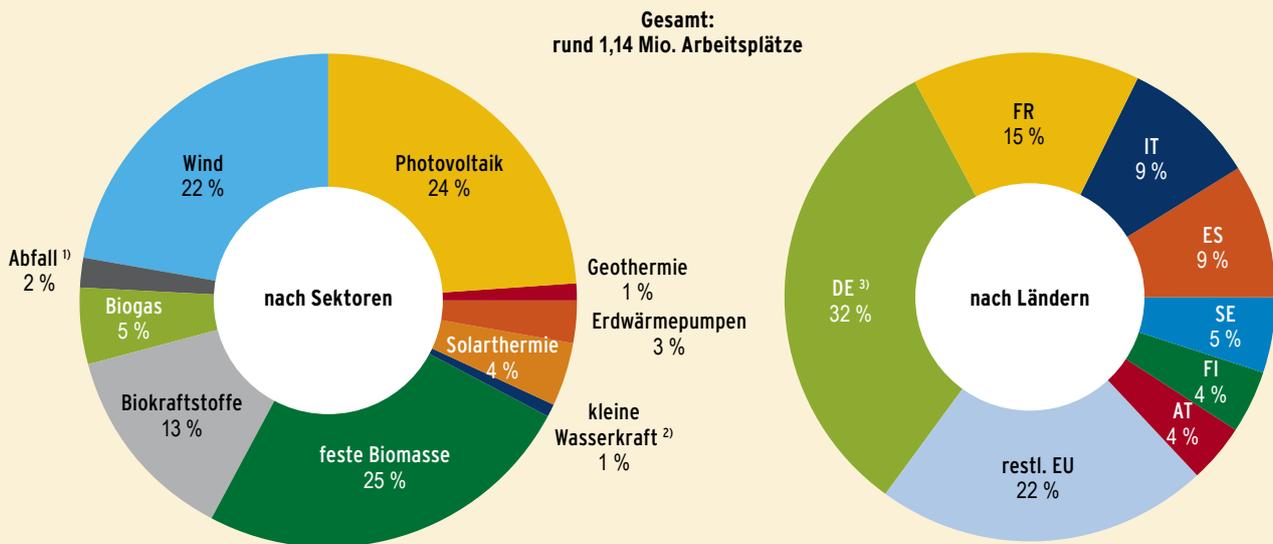
2) < 10 Megawatt installierte Leistung

Quelle: EurObserv'ER [102]

3) Für Deutschland wurden aus Konsistenzgründen die Zahlen aus der verwendeten Quelle übernommen; da die Daten der Seiten 38-39 auf Basis einer anderen Systematik berechnet wurden, ist ein Vergleich nicht möglich.

Nach EurObserv'ER konnte im Jahr 2010 in der EU ein Umsatzvolumen von mehr als 127 Milliarden (Mrd.) Euro mit erneuerbaren Energien erwirtschaftet werden. An erster Stelle des Länder-Rankings stand Deutschland mit einem Gesamtumsatz von beinahe 37 Mrd. Euro. Mit deutlichem Abstand folgen Dänemark, Frankreich und Schweden, in denen zusammen rund 39 Mrd. Euro umgesetzt wurden. Insgesamt entfielen somit knapp 60 Prozent des Umsatzes der gesamten Erneuerbare-Energien-Branche der EU auf diese vier Länder. Mit mehr als 45 Mrd. Euro – und damit knapp einem Drittel des Gesamtvolumens – war die Photovoltaik im Jahr 2010 die umsatzstärkste Branche und verdrängte die Windbranche mit beinahe 30 Mrd. auf den zweiten Platz [102].

Arbeitsplätze in der Erneuerbare-Energien-Branche im Jahr 2010



1) nur direkte Arbeitsplätze

2) < 10 Megawatt installierte Leistung

3) Die Angaben für Deutschland weichen von den auf Seite 40 dargestellten Zahlen ab, da von EurObserv'ER die Arbeitsplätze ohne Berücksichtigung der großen Wasserkraft ermittelt wurden. Des Weiteren wurden auch Arbeitsplätze in der öffentlich geförderten Forschung und Verwaltung nicht berücksichtigt.

Quelle: EurObserv'ER [102]

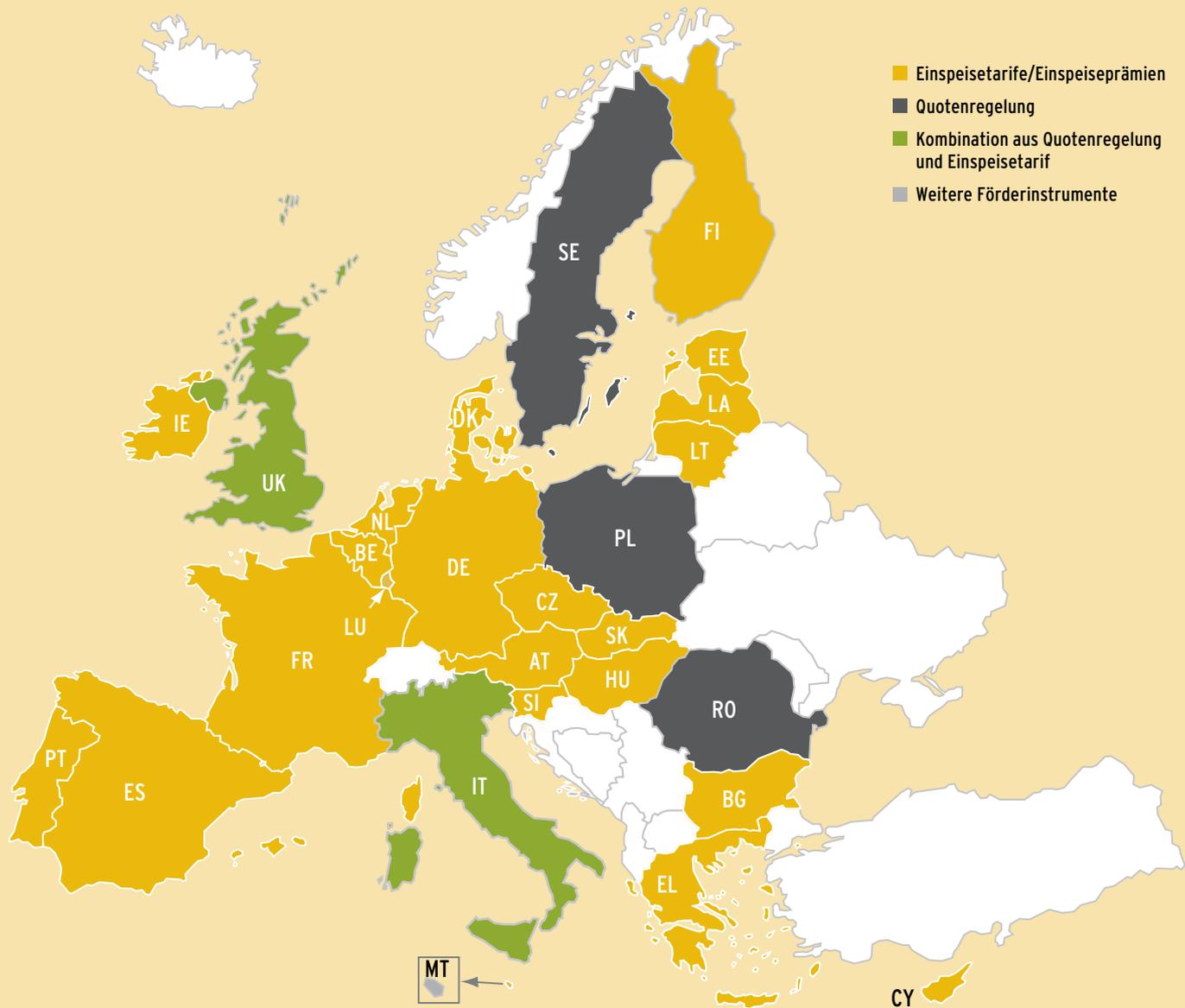
EU-weit waren im Jahr 2010 bereits mehr als eine Million Menschen in der Erneuerbare-Energien-Branche beschäftigt. Deutschland ist nicht nur das umsatzstärkste EU-Land, hier ist auch ein Drittel der Arbeitsplätze der Branche entstanden. Mit einem Anteil von 15 Prozent liegt Frankreich an zweiter Stelle [102].

Nach einer Schätzung von REN21 [113] waren im Jahr 2011 weltweit ungefähr 5 Millionen Menschen entweder direkt oder indirekt in der Erneuerbare-Energien-Branche beschäftigt (siehe auch Seite 91).

Instrumente zur Förderung der erneuerbaren Energien im EU-Strommarkt

Mit der neuen EU-Richtlinie für erneuerbare Energien (2009/28/EG) soll der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch in der EU bis 2020 auf 20 Prozent ausgebaut werden (siehe auch Seiten 64–65). Hierzu wird der Strom aus erneuerbaren Energien mit einem erwarteten EU-Anteil von rund 34 Prozent einen erheblichen Beitrag leisten.

Die wichtigsten Förderinstrumente für Strom aus erneuerbaren Energien in den EU-Mitgliedstaaten



Quelle: Klein et al. [114]

Insbesondere das Beispiel der Windenergie und Photovoltaik zeigt, dass die Ausbauerfolge im Stromsektor in den einzelnen EU-Staaten sehr unterschiedlich sind (siehe auch Seite 71). Dies ist vor allem auf die jeweiligen umwelt- und energiepolitischen Rahmenbedingungen zurückzuführen. Einspeisetarife beziehungsweise Einspeiseprämien werden derzeit von über 20 EU-Mitgliedstaaten ausschließlich beziehungsweise zum Teil genutzt. Das Instrument der Einspeiseregulierung, insbesondere auch das deutsche Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), hat im europäischen Vergleich sehr erfolgreich zum Ausbau des Anteils von Strom aus erneuerbaren Energien beigetragen. So wurden 93 Prozent der bis Ende 2010 EU-weit installierten Kapazität von Windenergie an Land und beinahe 100 Prozent der installierten Kapazität von Photovoltaik durch Einspeisesysteme realisiert.

Weitere Informationen zu Fördersystemen werden im Internet unter www.res-legal.de durch eine kostenlos zugängliche Internet-Datenbank „Rechtsquellen für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien“ zur Verfügung gestellt („RES LEGAL“). Dort können wesentliche juristische Inhalte zur Förderung und zum Netzzugang von Strom aus erneuerbaren Energien in den 27 EU-Mitgliedstaaten recherchiert werden. Auch technologiespezifische Regelungen werden explizit aufgeführt.

Die International Feed-In Cooperation (IFIC)

Auf der Internationalen Konferenz für Erneuerbare Energien 2004 in Bonn haben Spanien und Deutschland beschlossen, die Erfahrungen mit ihren Einspeisevergütungsregelungen für Strom aus erneuerbaren Energien auszutauschen und stärker zu kooperieren (International Feed-In Cooperation). Durch Unterzeichnung einer Gemeinsamen Erklärung im Oktober 2005 wurde dieser Zusammenarbeit eine Basis gegeben. Im Januar 2007 ist Slowenien durch Unterzeichnung der Gemeinsamen Erklärung der IFIC beigetreten. Anlässlich des 9. Workshops der IFIC im Januar 2012 in Athen wurde mit Aufnahme Griechenlands die IFIC um ein viertes Mitglied erweitert.

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 sowie das Einbringen der gewonnenen Erfahrungen in internationale Foren, insbesondere in den Prozess der politischen Debatten der Europäischen Union.

Global hatten zu Beginn des Jahres 2012 bereits mindestens 65 Länder und 27 Staaten/ Provinzen Einspeiseregulungen für Strom aus erneuerbaren Energien (ähnlich dem EEG) eingeführt [113].

Weitere Informationen zur IFIC finden sich im Internet unter www.feed-in-cooperation.org.

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 17 Prozent des globalen Energieverbrauchs sind erneuerbaren Ursprungs.

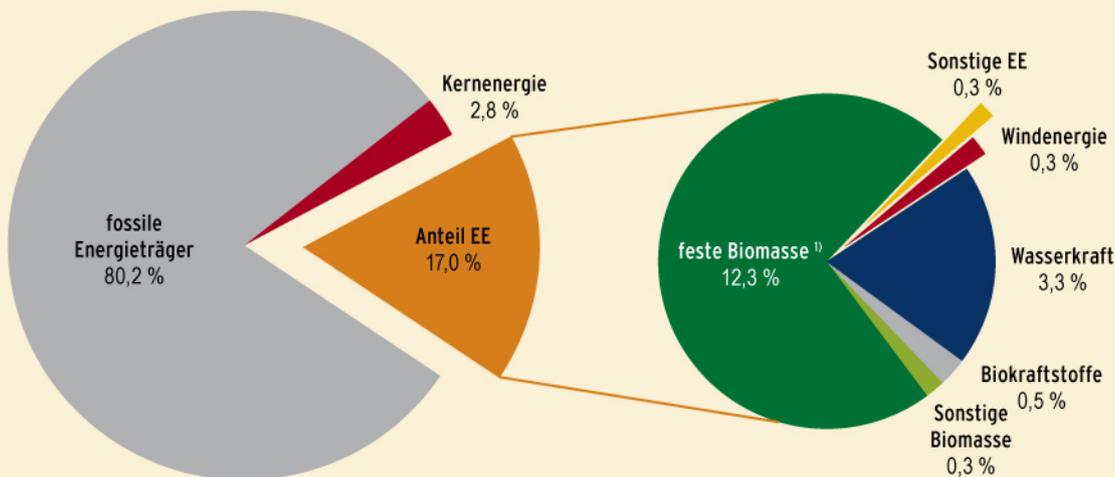
Die zukünftige Energieversorgung wird auch im globalen Maßstab nur dann die Kriterien der Nachhaltigkeit erfüllen, wenn die erneuerbaren Energien kräftig und kontinuierlich weiter ausgebaut werden. Auch im Hinblick auf die Umsetzung der Ziele des Kyoto-Protokolls ist ihr weiterer Ausbau eine entscheidende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

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 Energien die Basisversorgung liefern, zum Beispiel als netzferne Photovoltaikanlagen für den häuslichen Bedarf oder als Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Dorfstromversorgung. Erneuerbare Energien ermöglichen so mehr Menschen einen Zugang zu modernen Energieformen – insbesondere Elektrizität –, tragen zu verbesserten Lebensbedingungen bei und eröffnen wirtschaftliche Entwicklungschancen.



Globale Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien

Struktur des globalen Endenergieverbrauchs im Jahr 2009



Der globale erneuerbare Endenergieanteil ist größer als der globale erneuerbare Primärenergieanteil. Dies ist zum Teil auf die traditionelle Biomasse zurückzuführen, die gänzlich Endenergieverbrauch darstellt. Des Weiteren ist die Höhe des Primärenergieanteils auch davon abhängig, welche Methode der Berechnung des Primärenergieäquivalents der erneuerbaren Energien zugrunde liegt.

Statistiken zum Endenergieverbrauch weisen in der Regel lediglich die Anteile der Konsumenten aus. Die obenstehende Grafik weist die Aufteilung nach den verschiedenen Energieträgern aus und wurde anhand verschiedener IEA-Statistiken berechnet. Die dargestellten Anteile dienen dabei lediglich einer größenmäßigen Einordnung.

Sonstige EE = Geothermie, Solar- und Meeresenergie

1) inklusive biogenem Anteil des Abfalls

Quelle: ZSW [1] nach IEA [104]

Im Jahr 2009 wurde bereits ein Sechstel des globalen Endenergiebedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt. Die biogenen Energieträger sind mit einem Anteil von insgesamt rund 12,3 Prozent die dominierende erneuerbare Ressource. Dieser hohe Anteil ist vor allem auf die traditionelle Biomassennutzung zurückzuführen. Der Wasserkraft können rund 3,3 Prozent zugerechnet werden, ein verbleibender Anteil von 1,4 Prozent verteilt sich auf die weiteren Erneuerbare-Energien-Technologien.

Der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch ist heute vor allem in der EU der bevorzugte Indikator für ihre Entwicklung, da die Richtlinie 2009/28/EG ihren Zielwert für das Jahr 2020 daran definiert. In vielen Statistiken, wie zum Beispiel denen der IEA, wird jedoch nach wie vor der traditionelle Indikator – der Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch – ausgewiesen.

Der globale Primärenergieverbrauch hat sich seit 1971 mehr als verdoppelt (2009: rund 509.000 Petajoule). Im Jahr 2009 wurde der Aufwärtstrend jedoch unterbrochen – der Primärenergiebedarf lag rund 5.000 Petajoule unter dem Vorjahresbedarf von rund 514.000 Petajoule. Die Primärenergiebereitstellung aus erneuerbaren Ressourcen konnte jedoch im Jahr 2009 mit 67.000 Petajoule ein Wachstum von knapp 2 Prozent aufweisen. Der Anteil der erneuerbaren Energien am globalen Primärenergieverbrauch lag im Jahr 2009 mit 13,1 Prozent nur 0,1 Prozentpunkte über dem Niveau des Jahres 2000.



Top-Länder der Investitionen im Erneuerbare-Energien-Sektor

Land	2011 EE-Investment ¹⁾	2010 EE-Investment ¹⁾
	[Mrd. USD]	
USA	48,0	33,7
China	45,5	45,0
Deutschland	30,6	32,1
Italien	28,0	20,2
Restl. EU	11,1	15,2
Indien	10,2	6,6
Verein. Königreich	9,4	7,0
Japan	8,6	7,0
Spanien	8,6	6,9
Brasilien	8,0	6,9

1) private Investitionen

Quelle: PEW [121]

Top-Länder/Regionen der installierten Leistung erneuerbarer Energien, Ende des Jahres 2011

Land	Gesamte installierte EE-Leistung	Installation Leistung pro Einwohner	Gesamte installierte EE-Leistung
	exkl. Wasserkraft		inkl. Wasserkraft
	[GW]	[kW/Einwohner]	[GW]
China	70	0,05	282
USA	68	0,22	147
Deutschland	61	0,75	65
Spanien	28	0,60	48
Italien	22	0,37	40
Indien	20	0,02	62
Japan	11	0,09	39
EU	174	0,35	294
Welt	390	0,06	1.360

Quelle: REN21 [113]

Einer Studie von PEW Charitable Trusts [121] zufolge erreichten die globalen Investitionen im Erneuerbare-Energien-Sektor im Jahr 2011 einen Rekordwert von 263 Milliarden (Mrd.) USD¹⁾, gegenüber dem Vorjahr konnte ein Zuwachs von 6,5 Prozent realisiert werden.

Besonders intensiv werden die erneuerbaren Energien in Deutschland gefördert, wo 30,6 Mrd. USD in Erneuerbare-Energien-Technologien investiert wurden. Deutschland ist somit weltweit die Nummer drei hinter den Spitzenreitern USA und China mit 48 beziehungsweise 45,5 Mrd. USD. In der EU wurden insgesamt private Investitionen in Höhe von 78,3 Mrd. USD getätigt [121].

1) Investitionen insgesamt, das heißt öffentlich und privat, inklusive Forschung und Entwicklung



Globale Beschäftigung durch Erneuerbare-Energien-Technologien

Technologie	Global	China	Indien	Brasilien	USA	EU	Deutschland	Spanien	Sonstige
	[1.000 Jobs]								
Biomasse (Strom/Wärme)	750	266	58	–	152	273	51	14	2 ¹⁾
Biokraftstoffe	1.500	–	–	889 ²⁾	47–160	151	23	2	194 ³⁾
Biogas	230	90	85	–	–	53	51	1	–
Geothermie (Strom/Wärme)	90	–	–	–	10	53	14	1	–
Wasserkraft (klein)	40	–	12	–	8	16	7	2	1 ¹⁾
Photovoltaik	820 ⁴⁾	300	112	–	82	268	111	28	60 ⁵⁾
Solarthermische Kraftwerke	40	–	–	–	9	–	2	24	–
Solarthermie (Wärme/Kälte)	900	800	41	–	9	50	12	10	1 ¹⁾
Windenergie	670 ⁴⁾	150	42	14	75	253	101	55	33 ⁶⁾
Gesamt ⁷⁾	5.000	1.606	350	903	392–505	1.117	372	137	291

1) Australien

2) inklusive 200.000 indirekte Arbeitsplätze

3) APEC-Mitgliedstaaten ohne USA

4) Bloomberg New Energy Finance schätzt auf Basis einer anderen Berechnungsmethode weltweit 675.000 Jobs in der Photovoltaik- und 517.000 Jobs in der Wind-Branche.

5) Bangladesch

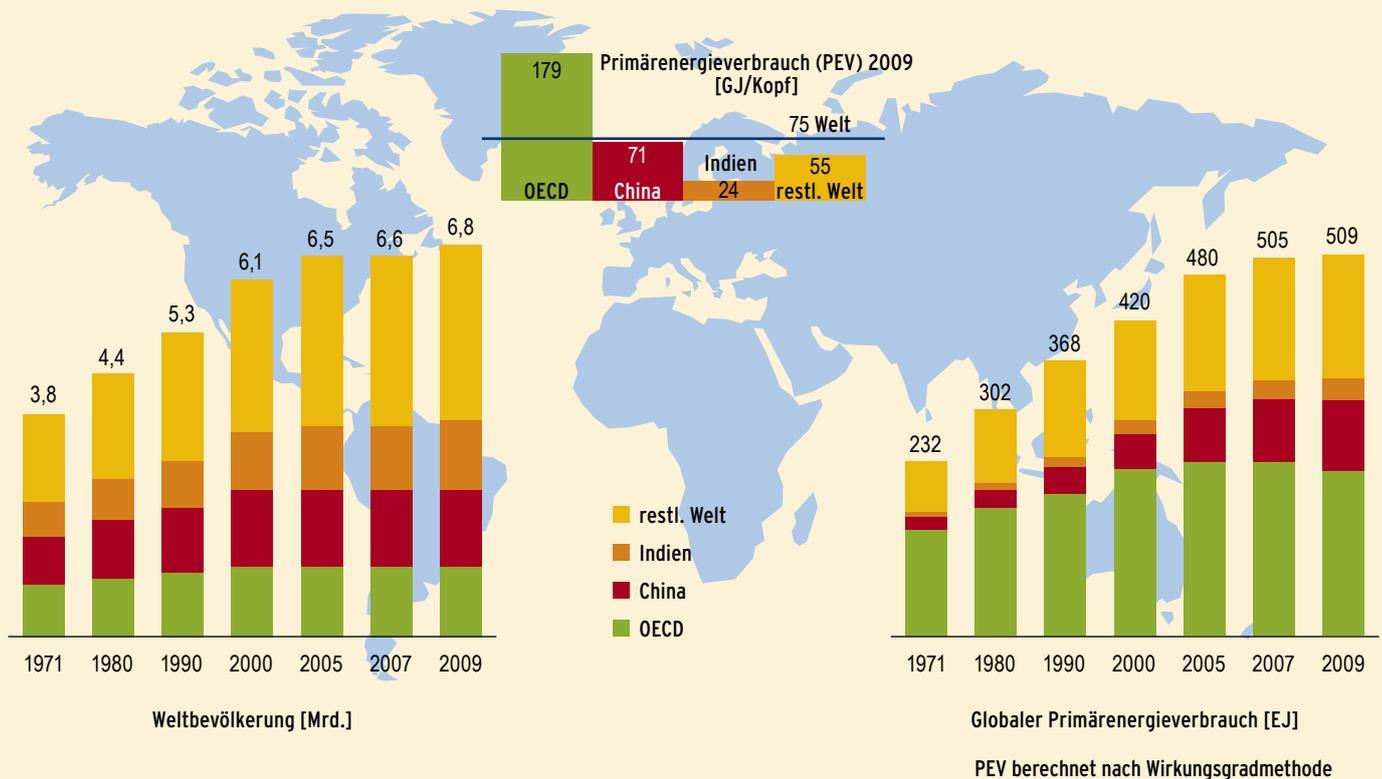
6) verschieden

7) gerundet

Anmerkung: Alle Angaben sind grobe Schätzungen.

Quelle: REN21 [113]

Entwicklung von Weltbevölkerung und globalem Primärenergieverbrauch

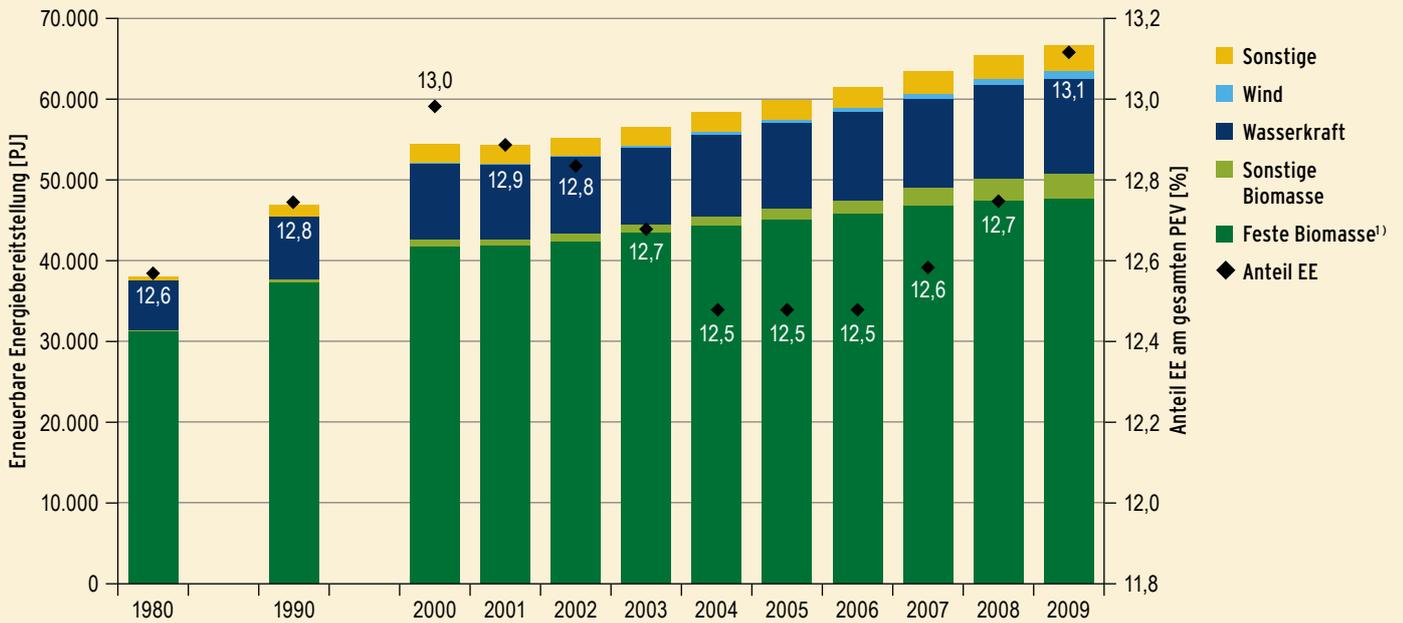


Quelle: ZSW [1] nach IEA [97], [104]

Der globale Primärenergiebedarf ist seit dem Jahr 2000 im Mittel um jährlich 2,3 Prozent gewachsen. Insgesamt wurden im Jahr 2009 global rund 509.000 Petajoule an Primärenergie verbraucht mit einem erneuerbaren Anteil von 13,1 Prozent. Betrachtet man den Pro-Kopf-Verbrauch an Energie, so wird deutlich, dass dieser in den Industrieländern (OECD) mit 179 Gigajoule (GJ)/Kopf um das 2,4-Fache höher als der globale Durchschnitt (75 GJ/Kopf) ist. In China und Indien, den bevölkerungsreichsten Ländern, liegt der Energiebedarf pro Kopf sogar lediglich bei 71 beziehungsweise 24 GJ. Doch der Energiebedarf der Entwicklungs- und Schwellenländer wächst, da diese neben einem steigenden Pro-Kopf-Verbrauch auch ein stärkeres Wachstum der Bevölkerung aufweisen als die Industrieländer.

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 weiter erhöht werden muss. Dies gilt vor allem für die Wind-, Solar- und Meeresenergie, aber auch für die Technologien der Geothermie sowie moderne Verfahren der Biomassennutzung. Die bislang dominierenden klassischen Nutzungsformen – Wärmebereitstellung aus Brennholz und Holzkohle (traditionelle Biomassennutzung) sowie Stromerzeugung aus Wasserkraft – stoßen zunehmend an ihre Grenzen und stellen zuweilen keine nachhaltige Nutzung der erneuerbaren Energien dar.

Entwicklung der globalen erneuerbaren Primärenergiebereitstellung und des Anteils erneuerbarer Energien



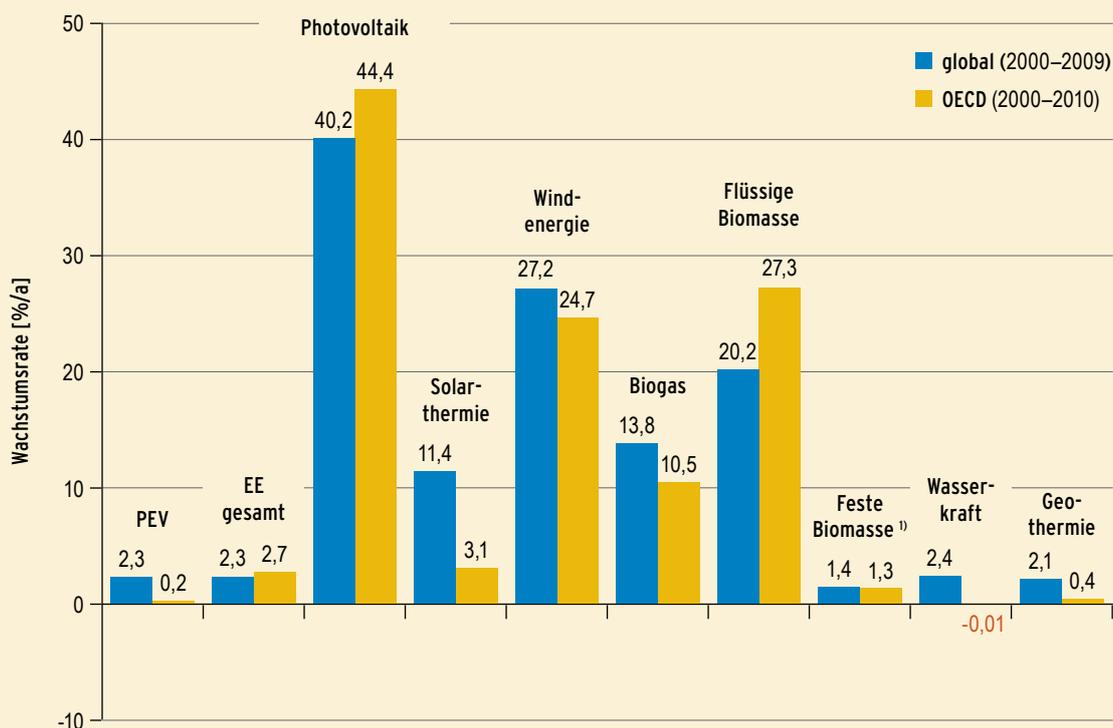
PEV berechnet nach der Wirkungsgradmethode

1) inklusive biogener Anteil des Abfalls

Quelle: ZSW [1] nach IEA [104]



Mittlere Wachstumsraten der erneuerbaren Energien



Die OECD-Mitgliedstaaten sind im Anhang Absatz 8 angegeben.

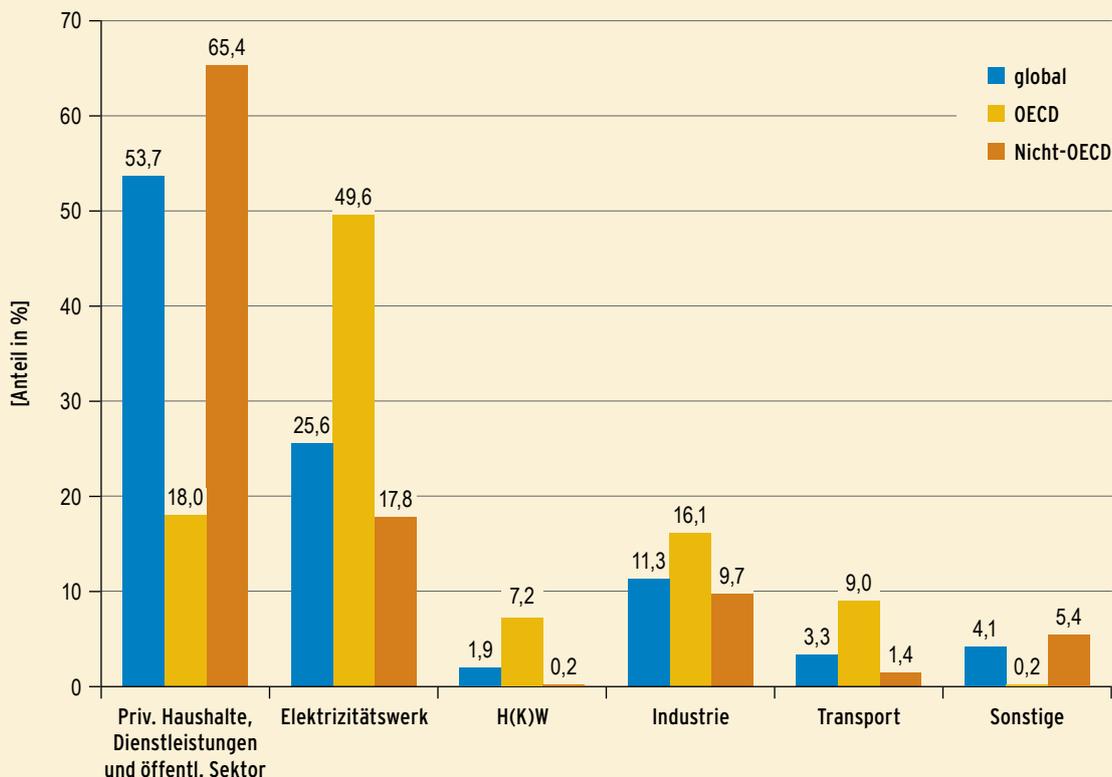
1) inklusive biogener Anteil des kommunalen Abfalls

Quelle: ZSW [1] nach IEA [104]

Die globale Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien konnte im Zeitraum 2000–2009 ein durchschnittliches Wachstum von 2,3 Prozent pro Jahr aufweisen, was auf gleichem Niveau wie das Wachstum des gesamten globalen Primärenergieverbrauchs lag. Ein besonders rasantes Wachstum ist mit 40,2 Prozent pro Jahr bei der Photovoltaik zu beobachten und auch Windenergie und flüssige Biomasse konnten mit 27,2 Prozent beziehungsweise 20,2 Prozent pro Jahr beträchtliche Zuwächse verzeichnen. Zu beachten ist jedoch, dass diese Wachstumsraten von einem sehr niedrigen absoluten Niveau ausgehen. Die feste Biomasse, deren Anteil an der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien rund 43 Prozent ausmacht, sowie die Wasserkraft mit einem Anteil von etwa 28 Prozent konnten im gleichen Zeitraum nur Wachstumsraten von 1,4 Prozent beziehungsweise 2,4 Prozent pro Jahr realisieren.

Mehr als 40 Prozent des gesamten globalen Primärenergieverbrauchs findet in den OECD-Ländern statt. Der Zuwachs hat sich jedoch im 10-Jahres-Zeitraum (2000–2010) deutlich abgeschwächt auf lediglich 0,2 Prozent jährlich. Demgegenüber wuchs die Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien im Mittel um 2,7 Prozent jährlich. Insbesondere die Photovoltaik, flüssige Bioenergieträger und die Windenergie konnten im Mittel beträchtliche Zuwächse von 44,4 Prozent, 27,3 Prozent und 24,7 Prozent pro Jahr aufweisen. Nur die Wasserkraft, nach der festen Biomasse die wichtigste erneuerbare Energiequelle, konnte keine positive Wachstumsrate aufweist, sondern war sogar leicht rückläufig.

Anteile erneuerbarer Energien am Energiebedarf in den verschiedenen Sektoren im Jahr 2009



Die OECD-Mitgliedstaaten sind im Anhang Absatz 8 angegeben.

H(K)W = Heizwerk/Heizkraftwerk

Quelle: ZSW [1] nach IEA [103]

Global wird mehr als die Hälfte der erneuerbaren Energien zur dezentralen Wärmebereitstellung in privaten Haushalten, im öffentlichen Sektor und im Dienstleistungssektor genutzt. Ausschlaggebend hierfür ist die weitverbreitete traditionelle Biomassenutzung in den Nicht-OECD-Ländern. Rund 65,4 Prozent des Verbrauchs erneuerbarer Energien in den Nicht-OECD-Ländern findet in diesem Bereich statt. In den Industrieländern (OECD) lag der Anteil lediglich bei 18,0 Prozent.

Die Stromerzeugung stellt mit einem globalen Anteil von rund 25,6 Prozent den zweiten wichtigen Anwendungsbereich dar. Auch hier bestehen erhebliche regionale Unterschiede: Während in den Industrieländern knapp die Hälfte der erneuerbaren Energien der Stromerzeugung dient, sind es in den Nicht-OECD-Ländern nur 17,8 Prozent.

In der OECD gewinnt der Beitrag der erneuerbaren Energien zudem im Transportsektor immer mehr an Bedeutung. Im Jahr 2009 lag der Anteil bereits bei 9 Prozent, mit 1,4 Prozent ist der Beitrag in den Nicht-OECD-Ländern vergleichsweise unbedeutend.

Regionale Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2009 - Global

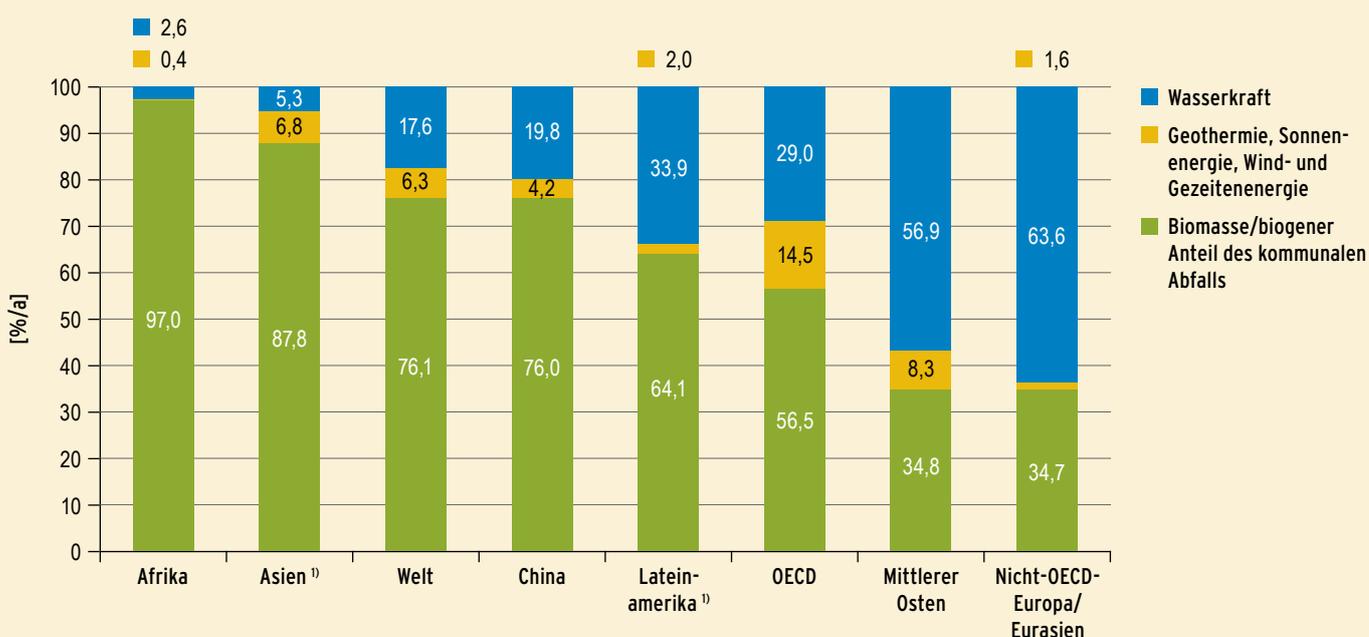
	PEV	davon EE	Anteil EE am PEV	Anteil der wichtigsten EE am Gesamtanteil EE [%]		
	[PJ]	[PJ]	[%]	Wasser	Sonstige ¹⁾	Biomasse ²⁾
Afrika	28.199	13.805	49,0	2,6	0,4	97,0
Lateinamerika ³⁾	22.610	7.114	31,5	33,9	2,0	64,1
Asien ³⁾	61.095	16.426	26,9	5,3	6,8	87,8
China	95.128	11.218	11,8	19,8	4,2	76,0
Nicht-OECD-Europa/Eurasien	43.982	1.654	3,8	63,6	1,6	34,7
Mittlerer Osten	24.640	82	0,3	56,9	8,3	34,8
OECD	219.298	16.390	7,5	29,0	14,5	56,5
Welt ⁴⁾	508.716	66.690	13,1	17,6	6,3	76,1

- 1) Geothermie, Sonnenenergie, Wind- und Gezeitenenergie
- 2) inklusive biogenem Anteil des kommunalen Abfalls
- 3) Lateinamerika ohne Chile und Mexiko; Asien ohne China, Japan und Korea
- 4) inklusive Treibstoffbevorratung für Schifffahrt und Flugverkehr (rund 13.800 Petajoule)

PEV berechnet nach der Wirkungsgradmethode
Die OECD-Mitgliedstaaten sind im Anhang Absatz 8 angegeben.

Quelle: ZSW [1] nach IEA [104]

Erneuerbare Energieerzeugung nach Regionen - Anteile der Erneuerbare-Energien-Technologien im Jahr 2009



1) Lateinamerika ohne Chile und Mexiko; Asien ohne China, Japan und Korea

Die OECD-Mitgliedstaaten sind im Anhang Absatz 8 angegeben.

Quelle: ZSW [1] nach IEA [104]



2009	Personen, die traditionelle Biomasse nutzen [Mio.]			Personen ohne Zugang zu Elektrizität [Mio.]		
	Ländliche Gebiete	Stadtgebiete	Gesamt	Ländliche Gebiete	Stadtgebiete	Gesamt
Afrika	481	176	657	466	121	587
Afrika südl. d. Sahara	477	176	653	465	120	585
Asien	1.694	243	1.937	716	82	799
China	377	47	423	8	0	8
Indien	765	90	855	380	23	404
Asien sonstige	553	106	659	328	59	387
Lateinamerika	60	24	85	27	4	31
Entwicklungsländer ¹⁾	2.235	444	2.679	1.229	210	1.438
Welt ²⁾	2.235	444	2.679	1.232	210	1.441

1) inklusive Mittlerer Osten

2) inklusive OECD und Übergangsländer

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

Quelle: IEA [105]

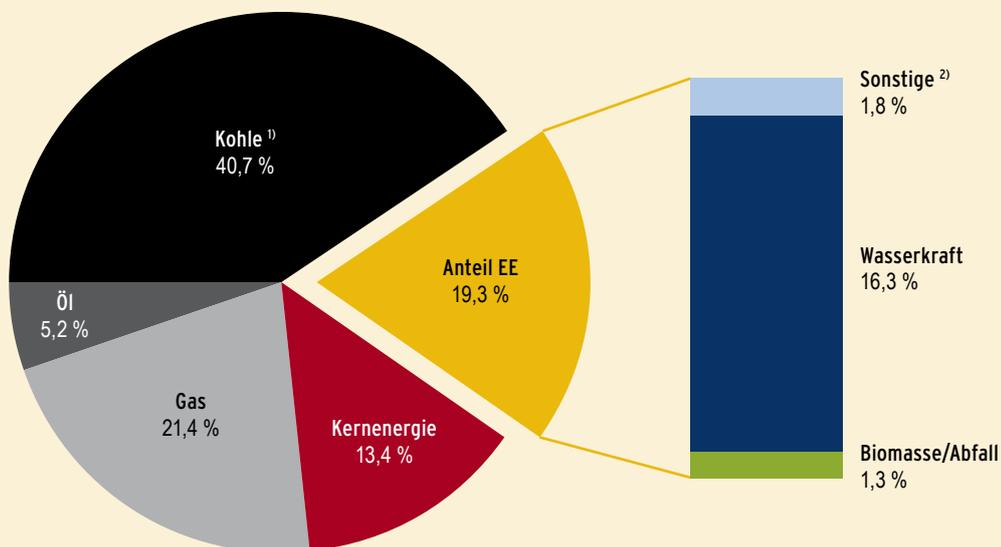
Besonders hoch ist der Anteil der allgemein als erneuerbar bezeichneten Energieformen in Afrika. Ursächlich ist hierfür die traditionelle Nutzung von Biomasse, die jedoch über weite Strecken nicht nachhaltig ist. Einfache Formen des Kochens und Heizens haben Gesundheitsschäden durch offenes Feuer sowie die hier vielfach irreversible Abholzung der Wälder zur Folge.

In den Entwicklungsländern – insbesondere in ländlichen Gebieten – sind rund 2,7 Milliarden Menschen ausschließlich auf traditionelle Biomasse zum Kochen und Heizen angewiesen, das entspricht etwa 40 Prozent der Weltbevölkerung. Die IEA rechnet aufgrund des Bevölkerungswachstums mit einem Anstieg auf rund 2,8 Milliarden bis zum Jahr 2030 [105].

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

Globale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Anteile erneuerbarer Energien an der globalen Stromerzeugung im Jahr 2009



Die globale Stromerzeugung aus Wasserkraft ist mit einem Anteil von 16,3 Prozent höher als die der Kernenergie (13,4 Prozent). Betrachtet man die Anteile am PEV, so wird dieses Verhältnis umgekehrt, Kernenergie stellt mit 5,8 Prozent einen deutlich größeren Anteil am PEV als die Wasserkraft mit 2,3 Prozent. Ursächlich für diese Verzerrung ist, dass entsprechend internationaler Vereinbarungen Elektrizität aus Kernenergie primärenergetisch mit einer durchschnittlichen Umwandlungseffizienz von 33 Prozent bewertet wird, während bei der Stromerzeugung aus Wasserkraft nach der so genannten Wirkungsgradmethode ein Wirkungsgrad von 100 Prozent angesetzt wird.

- 1) enthält den Anteil von sonstigen nicht erneuerbaren Energieressourcen (gesamt 0,3 Prozent) zum Beispiel nicht erneuerbarer kommunaler Abfall
- 2) Geothermie, Sonne-, Wind-, Meeresenergie

Quelle: IEA [103]

Etwa ein Fünftel der globalen Stromerzeugung stammte im Jahr 2009 aus erneuerbaren Energien. Die am intensivsten genutzte erneuerbare Energiequelle war die Wasserkraft, die allein 16,3 Prozent des globalen Stromverbrauchs bereitstellte. Unter den erneuerbaren Energien entspricht dies einem Anteil von 84 Prozent.

Der Beitrag der biogenen Energieträger lag bei 1,1 Prozent. Die weiteren Erneuerbare-Energien-Technologien Geothermie, Solar- und Windenergie weisen zwar ein rasantes Wachstum auf, konnten aber im Jahr 2009 zusammen erst 1,8 Prozent zur globalen Stromerzeugung beitragen.

Im Mittel erhöhte sich die erneuerbare Stromerzeugung ebenso wie die gesamte globale Stromerzeugung seit 1990 jährlich um rund 2,8 Prozent. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der globalen Stromerzeugung lag im Jahr 1990 bei 19,5 Prozent und war bis zum Jahr 2009 mit 19,3 Prozent leicht rückläufig. Wichtiger Faktor für diesen Rückgang war das langsame Wachstum der Wasserkraft, deren Beitrag von 18,1 Prozent im Jahr 1990 auf 16,3 Prozent im Jahr 2009 gesunken ist. Betrachtet man die Entwicklung der anderen erneuerbaren Energien, so ist deren Anteil seit 1990 um 1,7 Prozentpunkte auf 3 Prozent im Jahr 2009 angestiegen [103]. Da die Wasserkraftpotenziale in den meisten Industrieländern be-

reits weitgehend ausgeschöpft sind, kann der für die Erhöhung der globalen erneuerbaren Stromanteils notwendige Wachstumsschub in diesen Ländern nur durch einen verstärkten Ausbau anderer erneuerbarer Technologien realisiert werden. Dennoch weist eine aktuelle Studie der IEA [112] auf die Relevanz der Wasserkraft für die kommenden Jahre hin. So lag das absolute Wachstum der Stromerzeugung aus Wasserkraft in den letzten fünf Jahren mit insgesamt rund 320 Terawattstunden über dem Wachstum aller anderen Erneuerbare-Energien-Technologien zusammen. Im Wesentlichen wird dies dem massiven Ausbau der Wasserkraft in China – insbesondere im Zusammenhang mit dem Drei-Schluchten-Staudamm – zugeschrieben.

In den OECD-Ländern konnte die erneuerbare Stromerzeugung seit 1990 im Mittel ein jährliches Wachstum von 1,7 Prozent verzeichnen, während in den Nicht-OECD-Ländern eine Wachstumsrate von 4 Prozent realisiert wurde. Allerdings lag das durchschnittliche Wachstum des gesamten Strombedarfs in den Nicht-OECD-Ländern mit 4,5 Prozent leicht über dem der erneuerbaren Stromerzeugung. Es ist zu erwarten, dass in den Nicht-OECD-Ländern aufgrund des höheren Bevölkerungswachstums sowie steigender Einkommen auch zukünftig das Wachstum des gesamten Strombedarfs höher sein wird als in der OECD. Die Herausforderung für die Zukunft ist daher, dass das Wachstum der erneuerbaren Energien den steigenden Energieverbrauch überkompensieren muss.

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in verschiedenen Regionen im Jahr 2009

	Wasserkraft	feste Biomasse ¹⁾	sonstige Biomasse	Windenergie	Geothermie	sonstige EE ²⁾	EE-Strom gesamt	Anteil EE-Strom
	[TWh]							[%]
Afrika	98,1	0,8	–	1,7	1,4	–	102,0	16,2
Asien ³⁾	242,9	9,8	0,1	18,8	19,6	0,3	291,6	15,1
Australien	12,2	1,5	1,3	3,8	–	0,3	19,1	7,3
Lateinamerika ³⁾	668,9	31,8	0,0	1,9	3,0	0,0	705,5	69,8
EU	327,5	77,1	29,9	132,7	5,5	14,6	587,2	18,5
Brasilien	391,0	23,1	–	1,2	0,0	–	415,3	89,0
China	615,6	2,4	–	26,9	0,2	0,3	645,4	17,3
Indien	106,9	2,0	–	17,9	0,0	0,0	126,9	14,1
Japan	75,2	17,4	–	2,9	2,9	2,8	101,2	9,7
Kanada	363,8	5,9	0,8	4,6	0,0	0,1	375,2	62,2
Russland	174,2	0,0	–	–	0,5	–	174,7	17,6
USA	275,6	49,9	9,4	74,2	17,0	2,5	428,7	10,3
Nicht-OECD	1.930,9	44,9	0,2	50,0	24,6	0,6	2.051,4	21,3
OECD	1.320,7	160,4	42,4	223,1	42,1	20,9	1.809,7	17,4
Welt	3.251,7	205,4	42,7	273,2	66,7	21,5	3.861,1	19,3

1) inklusive biogener Anteil des kommunalen Abfalls

2) Solar- und Meeresenergie

3) Asien ohne China, Japan und Korea; Lateinamerika ohne Mexiko und Chile

Quelle: ZSW nach IEA [104]

Internationale Netzwerke für erneuerbare Energien

Internationale Konferenzen für Erneuerbare Energien (IRECs) - die renewables2004 - und der Folgeprozess



Die von der Bundesregierung initiierte Internationale Konferenz für erneuerbare Energien „renewables2004“ in Bonn brachte das Thema erneuerbare Energien auf die globale Agenda und leitete eine Reihe hochrangiger politischer Konferenzen ein. 3.600 hochrangige Vertreterinnen und Vertretern von Regierungen, internationalen Organisationen, Wirtschaft und Nichtregierungsorganisationen aus 154 Ländern nahmen an der Konferenz in Bonn teil. Ihre zahlreichen Willensbekundungen zum verstärkten Engagement für die erneuerbaren Energien verliehen der globalen Erneuerbarenbewegung eine starke Stimme. Zudem ging von der Bonner Konferenz eine Vielzahl von Impulsen aus. So wurde die Gründung des globalen Politiknetzwerkes REN21 und der Abschluss des IEA Durchführungsabkommens für erneuerbare Energien RETD (Renewable Energy Technology Deployment) initiiert. Ebenso ging von der Konferenz der Impuls zur Gründung der Internationalen Organisation für Erneuerbare Energien IRENA (International Renewable Energy Agency) aus.

Der große Erfolg der „renewables2004“ wurde durch die Internationale Konferenzreihe zu Erneuerbaren Energien, den International Renewable Energy Conferences (IRECs), in weiteren Ländern fortgeführt. Schon 2005 kam die Weltgemeinschaft erneut im Rahmen einer IREC zusammen. In Peking (BIREC 2005) wurde sowohl der Folgeprozess der Bonner Konferenz ausgewertet als auch über die Nutzung von erneuerbaren Energien in Entwicklungsländern diskutiert. Die darauf folgende „Washington International Renewable Energy Con-



ference“ (WIREC 2008) richtete ihren Fokus unter anderem auf die Entwicklung des Ausbaus von erneuerbaren Energien in Industrienationen. Wie die „renewables2004“ zuvor, konnte die WIREC eine Vielzahl von Selbstverpflichtungen bewirken und trug so den Bonner Gedanken weiter. Als jüngste Folgekonferenz fand im Oktober 2010 die „Delhi International Renewable Energy Conference (DIREC 2010)“ statt. Die DIREC mündete in der Unterzeichnung einer gemeinsamen politischen Erklärung, welche den Willen aller Konferenzteilnehmer bekräftigt, sich für einen gesteigerten weltweiten Ausbau der erneuerbaren Energien einzusetzen.

Eine vermehrte Nutzung erneuerbarer Energiequellen sowie die damit verbundenen Chancen für Klimaschutz, Energiezugang und nachhaltige Entwicklung sollen auch künftig im Rahmen von IRECs diskutiert werden. Die nächste Internationale Konferenz zu erneuerbaren Energien wird Anfang 2013 in Abu Dhabi (ADIREC) stattfinden.

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century - REN21 -

Um ein Bindeglied zwischen den vielfältigen Stakeholdern der Bonner renewables2004-Konferenz zu schaffen und das Momentum der Konferenz weiterzutragen, wurde im Jahr 2005 das globale Politiknetzwerk REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) ins Leben gerufen. Im REN21-Netzwerk sind Regierungen, internationale Organisationen, Nichtregierungsorganisationen, Vertreter aus der Wirtschaft, dem Finanzsektor sowie der Zivilgesellschaft aus dem Energie-, Umwelt- und Entwicklungsbereich vertreten.



REN21 unterstützt die Regierungen der IREC-Gastgeberländer bei der Organisation und Durchführung der Konferenzen und trägt damit dazu bei, den Geist der IREC-Konferenzen zu wahren und die Einbindung der breiten Stakeholder-Landschaft des Netzwerkes zu erleichtern. Darüber hinaus verwaltet REN21 die Absichtsbekundungen der IREC-Konferenzen, die in einer öffentlich zugänglichen Datenbank auf der REN21-Webseite aufbereitet werden.

Der Global Status Report (GSR) hat sich zur Standardreferenz entwickelt, was die Berichterstattung über den Stand des weltweiten Ausbaus der erneuerbaren Energien, der Investitionen in erneuerbaren Energien sowie die Form und Verbreitung von Erneuerbaren-Politiken betrifft. In diesem Jahr erstmals in Vorbereitung ist eine Schwesterpublikation des GSR, der „Global Futures Report“ (GFR), der basierend auf umfassenden Interviews und vorliegenden Szenarien die Zukunftserwartungen verschiedener Akteure zur weiteren Entwicklung der erneuerbaren Energien, zu zentralen Frage- und Weichenstellungen vergleichend vorstellen wird. Der Bericht wird zur ADIREC 2013 veröffentlicht werden. REN21 ist beteiligt an der Online-Informationsplattform REEGLE (gemeinsam mit REEEP) und betreibt auf der eigenen Webseite eine interaktive Weltkarte zu erneuerbaren Energien, die Renewables Interactive Map.

Seit seiner Gründung hat sich REN21 als eine der führenden internationalen Netzwerke im Bereich der erneuerbaren Energien entwickelt.

Das REN21-Sekretariat befindet sich in Paris und wird gemeinsam von der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) gestellt.

Weitere Informationen unter www.ren21.net.



An dem dritten Treffen des IRENA-Rates, dem Steuerungsorgan der Organisation, nahmen im Juni 2012 neben den 21 gewählten Rats-Mitgliedern (darunter Deutschland) weitere 70 Staaten als Beobachter teil. Außenminister Westerwelle hielt eine Rede vor dem dritten Rat.

Internationale Organisation für Erneuerbare Energien - IRENA -



Die renewables2004-Konferenz gab auch einen Schub für die Errichtung einer speziellen intergovernmentalen Institution, die weltweit den Ausbau erneuerbarer Energien fördert. Vorangetrieben von Deutschland und seinen Partnern, insbesondere Dänemark und Spanien, wurde diese Idee bei der Gründungskonferenz der Internationalen Organisation für Erneuerbare Energien (IRENA) am 26. Januar 2009 in Bonn verwirklicht.

Seit der Gründung haben bereits 157 Staaten und die Europäische Union den Gründungsvertrag (Statut) gezeichnet. Mitte Juni 2012 konnte Ägypten als 100. Vollmitglied der jungen Organisation begrüßt werden, nachdem das Land zuvor das IRENA-Statut ratifiziert hatte. Der rasche Mitgliederzuwachs ist ein überwältigender Erfolg und zeigt die große Unterstützung, die IRENA und damit der Ruf nach einem globalen Ausbau erneuerbarer Energien allgemein erfahren.

Ausgestattet mit einem Gesamtbudget von 28,4 Millionen US-Dollar für 2012 und rund 75 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern wird IRENA die weltweiten Potenziale von erneuerbaren Energien analysieren, Szenarien für deren Ausbau entwerfen und die technologische Entwicklung unterstützen. IRENA wird ihren Mitgliedstaaten Politikberatung zur Schaffung

der richtigen Rahmenbedingungen, zum gezielten Aufbau von Kompetenzen, zur Verbesserung der Finanzierung sowie des Technologie- und Wissenstransfers für erneuerbare Energien anbieten. IRENA soll zum weltweit anerkannten Wissenszentrum für erneuerbare Energien werden und politischen Entscheidungsträgern, Anwendern, Investoren und der interessierten Öffentlichkeit relevante Informationen schnell und einfach zur Verfügung stellen. Dazu wird IRENA eng mit bestehenden internationalen Organisationen wie beispielsweise einzelnen UN-Organisationen oder der Internationalen Energie-Agentur (IEA) sowie mit Netzwerken wie REN21 zusammenarbeiten. Der Hauptsitz der Agentur befindet sich in Abu Dhabi, Hauptstadt der Vereinigten Arabischen Emirate. Der Generaldirektor von IRENA ist der Kenianer Adnan Amin.

Das IRENA-Innovations- und Technologiezentrum IITC (IRENA Innovation and Technology Centre) in Bonn wurde im Oktober 2011 mit einem hochrangig besuchten Festakt auf dem Bonner Peterberg eröffnet. Unter der Leitung des niederländischen Direktors Dolf Gielen setzt das IITC in Bonn Teile des IRENA-Arbeitsprogramms um. Als integraler Bestandteil des IRENA-Sekretariats befasst sich das IITC mit Szenarien und Strategien zum Ausbau erneuerbarer Energien und den technologischen Entwicklungen des Sektors. Zu den Aufgaben gehören die Erarbeitung von „Technologie-Roadmaps“ sowie die Analyse von günstigen Rahmenbedingungen für technologische Innovationen. Außerdem analysiert IITC die Kosten und die Kostenentwicklungen der Energieerzeugung mittels erneuerbarer Energien und arbeitet an Technologiestandards und Testverfahren. Das IITC ist auch in die Erstellung einer Roadmap zur Erreichung des Ziels „Verdoppelung der erneuerbaren Energien im globalen Energiemix bis 2030“ der Initiative „Sustainable Energy For All“ (siehe Seite 105) beteiligt. Deutschland finanziert das IITC in Bonn im Jahr 2012 mit 4 Millionen US-Dollar und trägt so einen bedeutenden Teil zu den Aktivitäten der Organisation bei.

Die 3. Versammlung der IRENA-Mitgliedstaaten wird im Januar 2013 in Abu Dhabi stattfinden.

Weitere Informationen unter www.irena.org.

Die Internationale Energieagentur - IEA -

Die Internationale Energieagentur (IEA) ist eine 1973 gegründete Organisation mit 28 Mitgliedstaaten, welche sich für die zuverlässige Bereitstellung von sauberer und bezahlbarer Energie einsetzt.

Im Bereich der erneuerbaren Energien hat die IEA in den letzten Jahren zahlreiche Veröffentlichungen publiziert. Die Analysen umfassen beispielweise die Untersuchung von Wirksamkeit und Kosteneffizienz von Politiken zur Förderung erneuerbarer Energien oder die Analyse von Potenzialen und Herausforderungen zur Integration großer Mengen erneuerbarer Energien in die Energiesysteme einzelner Länder. Auch Technologie-Roadmaps zu erneuerbaren Energien und Analysen von Erneuerbaren-Märkten werden von der IEA veröffentlicht.

Das Bundesumweltministerium ist im IEA-Mitgliedstaatengremium zu erneuerbaren Energien (Renewable Energy Working Party – REWP) vertreten. Eine enge Zusammenarbeit zwischen der IEA und der „Internationalen Organisation für erneuerbare Energien – IRENA“ wird durch ein im Januar 2012 geschlossenes Partnerschaftsabkommen der beiden Organisationen sichergestellt.

Nähere Informationen zu den Publikationen der IEA lassen sich auf der Website der Organisation abrufen (www.iea.org).

Das IEA Implementing Agreement - RETD -

Auf Initiative des BMU wurde 2005 das IEA-Durchführungsabkommen (Implementing Agreement) „Renewable Energy Technology Deployment (RETD)“ geschlossen. RETD zählt aktuell neun Mitgliedstaaten (Kanada, Dänemark, Frankreich, Deutschland, Irland, Japan, Niederlande, Norwegen, Großbritannien). RETD ist unter den Implementing Agreements der IEA zu erneuerbaren Energien das einzige technologieübergreifende Abkommen. In dieser Funktion unterstützt RETD die großflächige Markteinführung aller Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien und widmet sich Querschnittsfragestellungen wie der Nutzung von Elektromobilität unter Einsatz von erneuerbaren Energien, den Finanzierungsinstrumenten von erneuerbaren Energien oder den möglichen Rohstoff- und Kapazitätsengpässen, die bei fortgesetztem Wachstum der erneuerbaren Energien auftreten können.

Darüber hinaus kommentiert RETD die Szenarien-Arbeit der IEA zu erneuerbaren Energien und veranstaltet internationale Workshops, oftmals in Partnerschaft mit der IEA-REWP oder IRENA.

Weitere Informationen unter www.iea-retd.org/.

Clean Energy Ministerial - CEM -



Das „Clean Energy Ministerial (CEM)“ ist ein multilaterales Forum, das auf Initiative der USA entstanden ist. Im Vorfeld der COP-15-Klimakonferenz von Kopenhagen 2009 hatten die „Major Economies“ als große Treibhausgasemittenten zehn Technologie-Aktionspläne zu einer Reihe kohlenstoffarmer Technologien vorbereitet. Mit dem Aufzeigen vorhandener Möglichkeiten zur Technologiekooperation sollte ein konstruktiver Beitrag zu den Verhandlungen geleistet werden. In diesem Kontext leitet das BMU gemeinsam mit Dänemark und Spanien die multilaterale Arbeitsgruppe zur Umsetzung der Aktionspläne zu Solar- und Windenergie. Diese ist aktuell in drei Bereichen aktiv: Im Bereich Kapazitätenbildung wurden Pilotprojekte durchgeführt; des Weiteren betreibt die Arbeitsgruppe gemeinsam mit IRENA die Erstellung eines globalen Solar- und Windatlas; darüber hinaus werden in der Arbeitsgruppe die Potenziale ökonomischer Wertschöpfung von Solar- und Windenergie-technologien thematisiert.

Die Bandbreite der Umsetzungs-Initiativen, die im Sommer 2010 auf der ersten CEM-Konferenz in Washington offiziell vorgestellt wurden, deckt erneuerbare Energien ebenso ab wie Effizienz, Elektromobilität, CO₂-Abscheidung und -Speicherung (CCS) sowie Intelligente Stromnetze (Smart Grids).

In jährlichen Konferenzen werden die Fortschritte innerhalb der Initiativen auf Ministerienebene vorgestellt. Hierfür fanden im April 2011 das 2. CEM-Treffen in Abu Dhabi, Vereinigte Arabische Emirate, und im April 2012 das 3. CEM in London statt. Gastgeber des 4. CEM wird im Frühjahr 2013 Indien sein.

Weitere Informationen unter www.cleanenergyministerial.org/solarwind/.

Die Initiative „Sustainable Energy for All“ – SE4ALL –

Nachhaltige Energie für alle bis 2030 – das ist der Anspruch der von VN-Generalsekretär Ban Ki-moon 2011 ins Leben gerufenen Initiative „Sustainable Energy for All“. Neben der Gewährleistung von universellem Zugang zu modernen Energiedienstleistungen soll die jährliche Energieeffizienzsteigerung von 1,2 auf 2,4 Prozent angehoben werden sowie eine Verdoppelung des Anteils erneuerbarer Energien am weltweiten Energiemix erzielt werden. Diese Ziele sollen bis 2030 erreicht werden.



Heute leben weltweit 1,3 Milliarden Menschen ohne Zugang zu Elektrizität. Es wird prognostiziert, dass sich diese Zahl ohne zusätzliche Anstrengungen bis 2030 kaum verringern wird. Das gleiche gilt für eine weitere Milliarde, die lediglich über Zugang zu unzuverlässiger Stromversorgung verfügt und 2,7 Milliarden Menschen, die auf die Nutzung von traditioneller Biomasse angewiesen sind.

Eine hochrangige Beratergruppe, zusammengesetzt aus 46 Vertreterinnen und Vertretern aus Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft, hat eine Aktionsagenda zur Operationalisierung der drei Unterziele entwickelt. Bei der Umsetzung der Maßnahmen zur Zielerreichung wird es zentral sein, die Anstrengungen von öffentlichem und privatem Sektor sowie der Zivilgesellschaft entsprechend zu kombinieren und somit Wirkungen zu erhöhen. Auf der Konferenz der Vereinten Nationen zu Nachhaltiger Entwicklung in Rio (Rio+20) haben 50 Staaten aus Afrika, Asien, Lateinamerika und aus der Gruppe der kleinen Inselentwicklungsländer sowie eine Vielzahl von Unternehmen, lokalen Regierungen und Gruppen aus der Zivilgesellschaft eigene Verpflichtungen zur Unterstützung der Aktionsagenda vorgestellt. So nutzte die Initiative das politische Momentum des Rio+20-Verhandlungskontextes, um Unterstützung zu mobilisieren.

Weitere Informationen unter www.sustainableenergyforall.org.



VN-Generalsekretär Ban Ki-moon bei seiner Rede vor der zweiten Versammlung der IRENA im Januar 2012 in Abu Dhabi, in der er die Lancierung seiner Initiative „Sustainable Energy for All“ ankündigt, die unter anderem die Verdoppelung der erneuerbaren Energien im globalen Energiemix anstrebt. IRENA komme bei der Erreichung dieses Ziels eine zentrale Rolle zu.

UN-Konferenz Rio plus 20



Die Konferenz der Vereinten Nationen zu Nachhaltiger Entwicklung (United Nations Conference on Sustainable Development, Rio+20), die vom 20. bis 22. Juni 2012 in Rio de Janeiro stattfand, beschäftigte sich unter anderem mit dem Thema Energie und unterstützt in ihrem Abschlussdokument die vermehrte Nutzung erneuerbarer Energiequellen. Die wichtige Rolle der erneuerbaren Energien für eine nachhaltige Entwicklung wurde von der Staatengemeinschaft anerkannt, ebenso wie die der Nutzung sauberer, energieeffizienter Technologien sowie die Verbesserung der Energieeffizienz. So wurde die verstärkte Einbeziehung von erneuerbaren Energien in nationale Energiemixe, neben der Nutzung weiterer Niedrig-Emissions-Technologien, der nachhaltigeren Nutzung traditioneller Energiequellen und größerer Energieeffizienz, als Ziel bekräftigt. Die Regierungen wurden aufgefordert, geeignete Rahmenbedingungen für die Erreichung der Ziele zu schaffen. Die sich weiterer Zustimmung erfreuende Sustainable Energy for All Initiative (SE4All) von Generalsekretär Ban Ki-moon, die den Zugang zu Energie, Energieeffizienz und den Ausbau der Erneuerbaren adressiert, wurde von der Konferenz zur Kenntnis genommen.

Ferner werden im Abschnitt zu nachhaltigem Konsum und Produktion der Abschlusserklärung bereits getroffene Zusagen von Staaten zur Abschaffung schädlicher Subventionen für fossile Brennstoffe bekräftigt und weitere Staaten dazu aufgefordert, ihrerseits ähnliche Verpflichtungen in Betracht zu ziehen.

Weitere Informationen auf den Internetseiten des BMU unter www.bmu.de/47266.



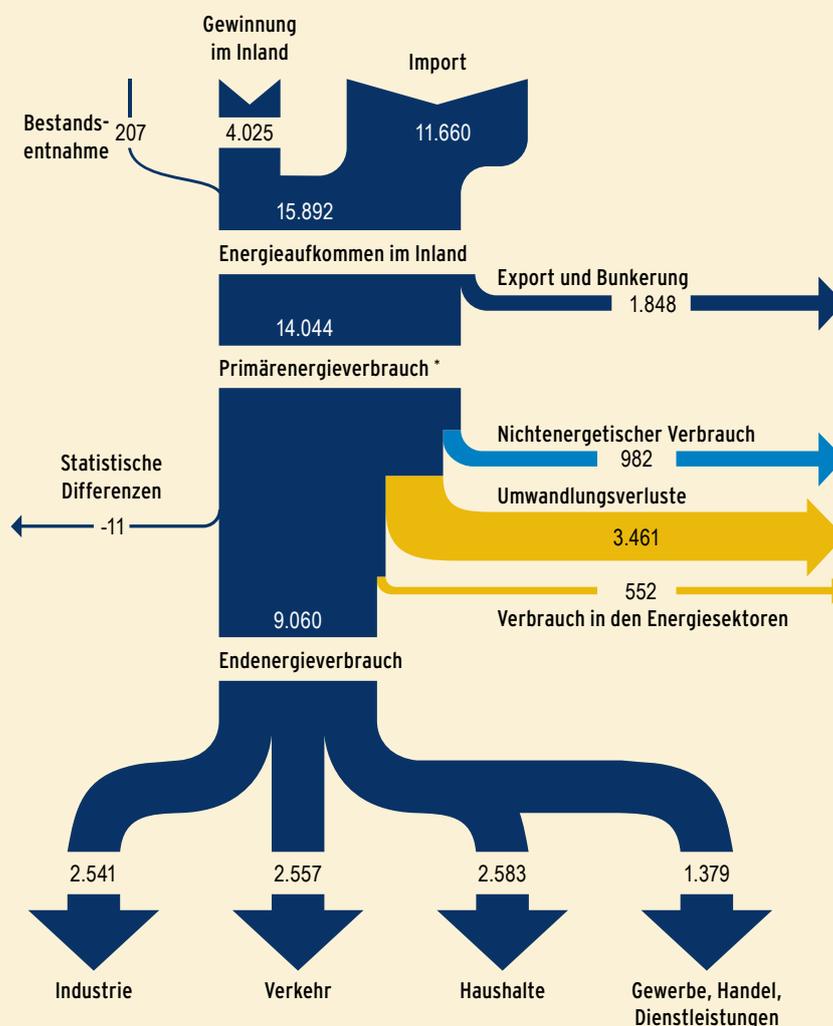
Blick in den Plenarsaal der UN-Konferenz für nachhaltige Entwicklung Rio plus 20

ANHANG: Methodische Hinweise

Die hier veröffentlichten Angaben geben teilweise vorläufige Ergebnisse wieder. 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- beziehungsweise Zeilensummen ergeben sich durch Rundungen.

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

Darstellung des Energieflusses in Deutschland für das Jahr 2010 (PJ)



Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt im Jahr 2010 bei 9,4 Prozent.

* Alle Zahlen vorläufig/geschätzt.

29,308 Petajoule (PJ) \approx 1 Million Tonnen Steinkohleeinheit (Mio. t SKE)

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) 07/2011, Download unter www.ag-energiebilanzen.de

1. Energiebereitstellung aus Photovoltaik und Solarthermie

Photovoltaik

Die Stromerzeugung 2001 bis 2011 entspricht den EEG-Jahresabrechnungen der Übertragungsnetzbetreiber. Bis einschließlich 2000 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 [26] als Durchschnittswert für Deutschland zur Verfügung gestellt. Die Halbierung trägt der Tatsache Rechnung, dass der Anlagenzubaue 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 Kilowattstunden/Quadratmeter im Jahr. Neben der Warmwasserbereitstellung werden verstärkt in den letzten Jahren Solarthermieanlagen auch zur kombinierten Warmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung eingesetzt.

Weil bei Anlagen zur Heizungsunterstützung in den Sommermonaten die Erzeugungsmöglichkeiten nicht voll genutzt werden können, wird bei ihnen mit einem reduzierten Wärmeertrag von 300 Kilowattstunden/Quadratmeter im Jahr gerechnet. Bei Schwimmbadabsorboren wird gleichfalls mit einem Ertrag von 300 Kilowattstunden/Quadratmeter im Jahr gerechnet.

Da wegen des Anlagenzubaues 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.

Zur Umrechnung der Flächen in Leistung wurde der Konversionsfaktor 0,7 Kilowatt-thermisch (kW_{th})/Quadratmeter verwendet [131].

2. CO₂- und SO₂-Äquivalent

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

Das Treibhauspotenzial wird in der Einheit CO₂-Äquivalente angegeben und berechnet sich durch Multiplikation des relativen Treibhauspotenzials mit der Masse des jeweiligen Gases. Es gibt an, welche Menge an CO₂ in einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren die gleiche Treibhauswirkung entfalten würde, wie das betrachtete Vergleichsgas.

Für die Berechnungen der vermiedenen Emissionen werden aufgrund schlechter Datenverfügbarkeit nur die Treibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O berücksichtigt.

Gas	relatives Treibhausgaspotenzial ¹⁾
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
Gas	relatives Versauerungspotenzial
SO ₂	1
NO _x	0,696
NH ₃	1,88

Analog zum Treibhauspotenzial wird das Versauerungspotenzial von SO₂, NO_x, HF, HCl, H₂S und NH₃ bestimmt. Es wird in der Einheit SO₂-Äquivalente angegeben und zeigt, welche Menge an SO₂ die gleiche versauernde Wirkung aufweist.

Für die Berechnungen der vermiedenen Emissionen werden wegen schlechter Datenverfügbarkeit nur die Luftschadstoffe SO₂ und NO_x berücksichtigt.

1) In dieser Broschüre wird mit den Werten nach IPCC aus dem Jahr 1995 [56] gerechnet. Sie sind für die Treibhausgas-Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention und nach dem Kyoto-Protokoll gemäß den UNFCCC-Richtlinien [34] vorgeschrieben.

Das Treibhausgaspotenzial bezieht sich auf einen Zeithorizont von 100 Jahren; CO₂ als Referenzsubstanz.

3. 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 pro Kilowattstunde erzeugten fossilen beziehungsweise erneuerbaren Stroms an. Sie setzen sich aus den direkten Emissionen bei der Stromerzeugung 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 sowie der erneuerbaren Energieträger. Bei gekoppelter Strom- und Wärmerzeugung erfolgt eine Allokation gemäß der in der EU-Richtlinie 2004/8/EG festgelegten „finnischen Methode“.

Die verwendeten Substitutionsfaktoren beruhen auf dem „Gutachten zur CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2008 und 2009“ (Klobasa et al. [88]). Über ein Strommarktmodell wurde ermittelt, in welchem Ausmaß erneuerbare Energien bei dem zurzeit vorhandenen Kraftwerkspark konventionelle Energieträger ersetzen. Die von Kernkraftwerken bereitgestellte Grundlast wird danach bisher nicht durch erneuerbare Energien substituiert, da sie gegenüber Braunkohlekraftwerken geringere variable Kosten aufweist.

Im Vergleich zu den Vorjahren weist das aktuelle Gutachten (Klobasa et al. [88]) eine deutlich geringere Substitution von Strom aus Braunkohlekraftwerken aus. Die Gründe liegen sowohl in einem veränderten Erzeugungsmix (weniger Stromerzeugung aus Kernenergie) als auch in einer überarbeiteten Methodik, die nun unter anderem auch den Stromaußenhandel berücksichtigt. Als Folge reduziert sich die berechnete Treibhausgasvermeidung erneuerbarer Energien in den Jahren 2008 bis 2010 um zwei bis vier Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente gegenüber der Vergleichsrechnung mit den Substitutionsfaktoren früherer Berechnungen.

Die Emissionsfaktoren für fossile und erneuerbare Stromproduktion wurden verschiedenen Datenbanken entnommen beziehungsweise aus Forschungsprojekten abgeleitet. Die direkten Emissionsfaktoren der fossilen Stromerzeugung werden über ein implizites Verfahren auf der Basis der UBA-Datenbank zur nationalen Emissionsberichterstattung (ZSE) [92] berechnet. Des Weiteren wird für die Ermittlung des impliziten Emissionsfaktors der Brennstoffausnutzungsgrad der unterschiedlichen Kraftwerksarten herangezogen. Datengrundlage hierfür sind die Sondertabelle Bruttostromerzeugung nach Energieträgern [64] und die Auswertungstabellen zur Energiebilanz [2] der AGEB.

Die Emissionen der fossilen Vorketten wurden der Datenbank GEMIS des Öko-Instituts [90] entnommen. Für die Emissionsfaktoren der erneuerbaren Energien wurden repräsentative Datensätze aus verschiedenen Datenbanken ausgewählt und teilweise angepasst. Als Quellen wurden insbesondere Öko-Institut [90], Ecoinvent [84], UBA [92], Vogt et al. [89], Ciroth [83] und Frick et al. [86] herangezogen.

Ausführliche Angaben zur Berechnungsmethodik und den Datenquellen sind in UBA [75] dargestellt.

Substitutionsfaktoren der Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2011

	Substitutionsfaktoren des EE-Stroms ¹⁾				
	Kernkraft ²⁾	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöle
	[%]				
Wasser	0	6	63	31	0
Wind	0	6	64	30	0
Photovoltaik	0	5	65	31	0
feste Biomasse	0	6	64	31	0
flüssige Brennstoffe	0	6	64	31	0
Biogas	0	6	64	31	0
Deponiegas	0	6	64	31	0
Klärgas	0	6	64	31	0
biog. Anteil des Abfalls ³⁾	0	6	64	31	0
Geothermie	0	6	63	31	0

- 1) Dies ist so zu verstehen, dass zum Beispiel 1 Kilowattstunde Wasserkraft zu 6 Prozent Strom aus Braunkohlekraftwerken, zu 63 Prozent Strom aus Steinkohlekraftwerken und zu 31 Prozent Strom aus Gaskraftwerken substituiert.
- 2) Die durch Kernkraftwerke bereitgestellte Grundlast wird nach den zugrunde gelegten Modellannahmen nicht durch erneuerbare Energien substituiert.
- 3) Anteil des biogenen Abfalls mit 50 Prozent angesetzt.

Quelle: Klobasa et al. [88]

4. 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 werden 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 [87]. Darüber hinaus wurden Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen zum Energieverbrauch der Wirtschaftszweige Verarbeitung von Steinen und Erden, Papierindustrie und sonstige Gewerbe (unter anderem 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 Prozent fossil erzeugte Fernwärme ersetzt und die Netzverluste vergleichbar 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 [92], Öko-Institut [90], Ecoinvent [84], Vogt et al. [89], Ciroth [83], Frick et al. [86] entnommen beziehungsweise abgeleitet. Die verwendeten Emissionsfaktoren beziehen dabei die gesamte „Vorkette“ der Bereitstellung fossiler wie erneuerbarer Energieträger mit ein. Bei gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung erfolgt eine Allokation auf Strom und Wärme gemäß der so genannten „finnischen Methode“ nach EU-Richtlinie 2004/8/EG.

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 [75] dargestellt.

Substitutionsfaktoren der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2011

	Substitutionsfaktoren der EE-Wärme					
	Heizöl	Erdgas	Steinkohle	Braunkohle	Fernwärme	El. Heizung
	[%]					
Holz - Einzelöfen (Haushalte)	41	50	0	1	2	6
Holz - Zentralfeuerungen (Haushalte)	65	20	2	3	0	10
feste Biomasse (Industrie)	11	55	9	15	10	0
feste Biomasse - HW/HKW	0	0	0	0	100	0
flüssige Biomasse (Industrie)	5	69	10	3	13	0
flüssige Biomasse (Haushalte)	29	51	1	1	9	8
Bio-, Klär-, Deponiegas - BHKW	61	36	4	0,1	0	0
biogener Anteil des Abfalls - HW/HKW	0	0	0	0	100	0
Tiefen-Geothermie - HW/HKW	0	0	0	0	100	0
Solarthermie (Haushalte)	45	51	0	0	2	3
Wärmepumpen (Haushalte)	45	44	1	2	5	3
Gesamt	37	40	3	3	13	4

Quellen: UBA [75], [92] auf Basis AGEE-Stat und Frondel et al. [87]; AGEb [2], [4]

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

Die Berechnung der durch die Verwendung von Biokraftstoffen vermiedenen Emissionen basiert auf folgenden Eckpunkten:

- Bezug im Wesentlichen auf die typischen Werte der EU-Richtlinie „Erneuerbare Energien“ (2009/28/EG), ergänzt durch IFEU [5]
- Berücksichtigung der Art und Herkunft der Rohstoffe zur Biokraftstoffherzeugung in Deutschland sowie Einbeziehung von Importen und Exporten
- Allokation der Haupt- und Nebenprodukte auf Basis der unteren Heizwerte
- Beachtung unterschiedlicher Produktionstechnologien/Energieversorgung

Die Substitutionsbeziehungen wurden wie folgt gesetzt: 1 Kilowattstunde Bioethanol ersetzt 1 Kilowattstunde Benzin, und 1 Kilowattstunde Biodiesel beziehungsweise Pflanzenöl ersetzt 1 Kilowattstunde mineralischen Diesel. Eine Differenzierung der fahrzeugbedingten Emissionen durch den Einsatz von Biokraftstoffen beziehungsweise von konventionellen Kraftstoffen erfolgt nicht.

Die Rohstoffgrundlagen beziehungsweise 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 2011

	Raps	Soja	Palm	Abfälle ¹⁾	Getreide	Zuckerrohr	Rüben	andere
	[%]							
Biodiesel	87	1	5	7	–	–	–	–
Pflanzenöl	100	0	0	0	–	–	–	–
Bioethanol	–	–	–	–	79	1	19	1

Angaben gerundet

1) Deutsche Biodieselerzeugung auf Basis von Abfällen ist wesentlich höher.

Quellen: UBA [75] auf Basis BDBe [82]; VDB [81]; Greenpeace [78]; BLE [96];

Des Weiteren wird der Umfang der Emissionsminderung durch die Emissionsfaktoren der verschiedenen biogenen und fossilen Kraftstoffe bestimmt. Den Berechnungen der Treibhausgasemissionsminderungen liegen weitgehend die typischen Werte der EU-Richtlinie EE (2009/28/EG) zugrunde (Ausnahme Biodiesel auf Abfallbasis – IFEU [5]). Im letzten Schritt wird die Netto-Vermeidung an CO₂ und aller Treibhausgase durch Verrechnung der vermiedenen fossilen Emissionen mit den bei der Nutzung erneuerbarer Energien entstandenen Emissionen ermittelt. Ausführliche Darstellungen zur Berechnungsmethodik sowie zu den Datenquellen sind in UBA [75] enthalten.

Direkte und indirekte Landnutzungsänderungen – welche bei Anbaubiomassen eine große Rolle spielen – wurden in die Bilanzierung für das Jahr 2011 nicht einbezogen. Da Landnutzungsänderungen hohe Treibhausgasemissionen verursachen können und folglich von erheblicher Relevanz sind, müssten sie jedoch bei der Bilanz berücksichtigt werden. Methodische Ansätze für die indirekten Landnutzungsänderungen werden derzeit, unter anderem von der Europäischen Kommission, entwickelt. Direkte Landnutzungsänderungen sind seit Januar 2011 durch die Regelungen der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung weitgehend ausgeschlossen.



Verwendete Treibhausgas-Emissionsfaktoren ¹⁾

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)	57,6
Pflanzenöl (Raps)	126,0
Bioethanol (Getreide)	183,7
Bioethanol (Rüben)	118,8
Bioethanol (Zuckerrohr)	73,1
Biodiesel (gewichtet)	156
Pflanzenöl (gewichtet)	126
Bioethanol (gewichtet)	169

1) basierend auf IPCC 2007

Quellen: UBA [75] auf Basis AGEE-Stat und EP/ER [85]; BR [79], [80]; IFEU [5]

6. 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 (siehe auch Anhang Absatz 3 bis 5). Je nach Substitutionsbeziehung sparen die verschiedenen erneuerbaren Energiebereitstellungspfade dabei unterschiedliche fossile Brennstoffe inklusive den Bedarf für deren Vorkette ein.

Die Einsparung fossiler Brennstoffe im **Stromsektor** errechnet sich aus den von Klobasa et al. [88] ermittelten Substitutionsfaktoren der erneuerbaren Energien (vergleiche Anhang Absatz 3), den durchschnittlichen Brennstoffausnutzungsgraden der deutschen Kraftwerke sowie dem kumulierten Aufwand an Primärenergie zur Bereitstellung der fossilen Energieträger.

Mittlerer Brutto-Brennstoffausnutzungsgrad der Kraftwerke

Energieträger	[%]
Braunkohle	38,4
Steinkohle	42,4
Erdgas	54,5
Mineralöl	45,9

Quellen: AGEB [2], [4]

Anschließend erfolgt eine Gegenüberstellung der Brutto-Einsparung an fossilen Energieträgern mit dem fossilen Primärenergieaufwand zur Bereitstellung biogener Energieträger sowie zur Herstellung und zum Betrieb erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen.

Primärenergieeinsatz bei der Energiebereitstellung

Stromsektor	Verbrauch an Primärenergie (fossil)	Wärmesektor	Verbrauch an Primärenergie (fossil)	Verkehrssektor	Verbrauch an Primärenergie (fossil)
Energieträger	[kWh _{prim} /kWh _{el}]	Energieträger	[kWh _{prim} /kWh _{end}]	Energieträger	[kWh _{prim} /kWh _{end}]
Braunkohle (Kraftwerk)	2,68	Erdgas (Heizung)	1,15	Benzin	1,19
Steinkohle (Kraftwerk)	2,64	Heizöl (Heizung)	1,18	Diesel	1,11
Erdgas (Kraftwerk)	2,04	Braunkohlebrikett (Ofen)	1,24	Biodiesel (Raps)	0,57
Mineralöl (Kraftwerk)	2,48	Steinkohlenkoks (Ofen)	1,39	Biodiesel (Soja)	0,69
Wasserkraft	0,01	Fernwärme ¹⁾	1,20	Biodiesel (Palmöl)	0,52
Windenergie	0,04	Strom ²⁾	1,71	Biodiesel (Abfall)	0,40
Photovoltaik	0,31	Brennholz (Heizung)	0,04	Pflanzenöl (Raps)	0,23
feste Biomasse (HKW)	0,06	Holz-Pellets (Heizung)	0,11	Bioethanol (Getreide)	0,53
flüssige Biomasse (BHKW)	0,26	Biomasse (Industrie)	0,15	Bioethanol (Zuckerrübe)	0,43
Biogas (BHKW)	0,37	Biomasse (HKW)	0,02	Bioethanol (Zuckerrohr)	0,18
Klär-/Deponiegas (BHKW)	0,00	flüssige Biomasse (BHKW)	0,09		
biogener Anteil des Abfalls	0,02	Biogas (BHKW)	0,06		
Geothermie	0,47	biogener Anteil des Abfalls	0,01		
		tiefe Geothermie	0,47		
		Wärmepumpen	0,58		
		Solarthermie	0,12		

Quellen: Öko-Institut [90]; Ecoinvent [84]; Vogt et al. [89]; Frick et al. [86]

1) fossiler Mix ohne Abfall und EE; einschließlich Netzverluste

2) Anteil fossile Primärenergien ohne Uran; einschließlich Netzverluste

Quellen: Öko-Institut [90]; Ecoinvent [84]; Vogt et al. [89]; Frick et al. [86]

Quellen: Öko-Institut [90]; IFEU [5]

Die Primärenergieeinsparung im **Wärmesektor** errechnet sich ebenfalls aus den Substitutionsfaktoren und den kumulierten fossilen Energieaufwendungen der fossilen wie erneuerbaren Wärmebereitstellung (vergleiche Anhang Absatz 4).

Die Einsparung der Sekundärenergieträger Fernwärme und Strom wird dabei proportional auf die zur Fernwärme- beziehungsweise Strombereitstellung eingesetzten Primärenergieträger aufgeteilt. Der eingesparte fossile Brennstoffmix der Fernwärme setzt sich demnach aus 51 Prozent Erdgas, 27 Prozent Steinkohle, 2 Prozent Mineralöl, 8 Prozent Braunkohle und 12 Prozent sonstigen Energieträgern zusammen. Als Energieträgermix der Stromerzeugung werden 25 Prozent Braunkohle, 18 Prozent Kernenergie, 19 Prozent Steinkohle, 14 Prozent Erdgas, 4 Prozent sonstige und 20 Prozent erneuerbare Energieträger angesetzt. Netz- und sonstige Verluste werden pauschal mit 8 Prozent bei Fernwärme und mit 14 Prozent bei Strom angesetzt.

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 die Höhe der Primärenergieeinsparung durch Biokraftstoffe. Die Datensätze, welche nach der energetischen Wertigkeit der Produkte alloziert wurden, sind der Datenbank GEMIS des Öko-Instituts [90] (fossile Kraftstoffe) sowie dem IFEU-Kurzgutachten [5] (Biokraftstoffe) entnommen.

7. Umsätze durch die Nutzung erneuerbarer Energien

Der in den vergangenen Jahren zu beobachtende starke Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland hat zu einer enorm gewachsenen Bedeutung der EE-Branche für die Gesamtwirtschaft geführt. Hierzu trägt – in Form von Investitionen – vor allem der Bau von Anlagen bei. Daneben stellt mit zunehmender Anlagenzahl der Betrieb dieser Anlagen einen wachsenden Wirtschaftsfaktor dar. Zu den Umsätzen durch den Anlagenbetrieb tragen neben den Aufwendungen für Betrieb und Wartung der Anlagen, insbesondere in Form von Personalkosten und Hilfsenergiekosten, auch die Bereitstellung von regenerativen Brennstoffen und Biokraftstoffen bei.

Die Kosten für Wartung und Betrieb der Anlagen werden auf Basis technologiespezifischer Wertansätze ermittelt. Dazu wurden Kostenrechnungen aus diversen wissenschaftlichen Untersuchungen herangezogen. Hierzu gehören vor allem die Forschungsvorhaben zum EEG [35], unter anderem der Forschungsbericht zum EEG-Erfahrungsbericht, Monitoring zur Wirkung des EEG auf die Stromerzeugung aus Biomasse – Endbericht [57], die Evaluierungen des Marktanzreizprogramms [145] sowie die Evaluierungen der KfW-Förderung im Bereich der erneuerbaren Energien [140].

Zur Ermittlung der Umsätze durch die Brennstoffbereitstellung für die Strom- und Wärmeerzeugung werden die Kosten fester und flüssiger Brennstoffe sowie der eingesetzten Substrate zur Herstellung von Biogas berücksichtigt. Zu den umsatzrelevanten festen Biomassebrennstoffen gehören vor allem Altholz, Wald- und Industrierestholz, Holzpellets, Holzhackschnittel, Holzbriketts sowie der kommerziell gehandelte Teil des Brennholzes. Flüssige Brennstoffe für die stationäre Nutzung umfassen Palmöl, Rapsöl sowie sonstige Pflanzenöle; Hauptbestandteil der umsatzrelevanten Substrate zur Biogaserzeugung sind Maissilage und Grassilage. Insgesamt wurden die Umsätze durch Bereitstellung biogener Brennstoffe mit 4,2 Milliarden Euro bewertet.

Für den Kraftstoffbereich werden Umsätze auf Basis von Großhandels- und Endverbraucherpreisen bestimmt. Zu berücksichtigen sind dabei die unterschiedlichen Kraftstoffarten sowie Vertriebswege. Beispielsweise wurde für den Absatz von Biodiesel als Beimischung zu Mineralöldiesel von einem Durchschnittspreis von 94,69 Cent/Liter netto ausgegangen, für die Abgabe an Nutzfahrzeuge an Eigenverbrauchstankstellen von 116,93 Cent/Liter netto.

Die im Textteil ausgewiesenen Umsätze aus dem Anlagenbetrieb sind nicht mit den Werten für die Jahre vor 2010 vergleichbar, da sie auf Basis einer neuen Systematik ermittelt wurden.

8. Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD)

Die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Organisation for Economic Cooperation and Development OECD) wurde am 30.09.1961 als Nachfolgeorganisation der Organisation für Europäische Wirtschaftliche Zusammenarbeit (OEEC) gegründet. Die Gründungsakte der Organisation, die OECD-Konvention, wurde von 18 europäischen Staaten sowie den USA und Kanada unterzeichnet. Ende 2009 gehörten der Organisation weltweit insgesamt 30 Staaten an: 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. Im Jahr 2010 wurden vier weitere Staaten – Chile, Estland, Israel und Slowenien – in die Organisation aufgenommen.

Die wesentliche Aufgabe der OECD ist die Förderung einer Politik, durch die in den Mitgliedstaaten eine optimale Wirtschaftsentwicklung und Beschäftigung ermöglicht wird in Verbindung mit steigenden Lebensstandards. Grundlage hierfür ist die Wahrung der finanziellen Stabilität der Mitgliedstaaten. Durch diese Zielsetzung wird gleichzeitig die Entwicklung der Weltwirtschaft positiv beeinflusst.

Doch nicht nur die wirtschaftliche Entwicklung der Mitgliedstaaten steht im Fokus. Auch Nichtmitgliedstaaten sind im Hinblick auf ein gesundes wirtschaftliches Wachstum zu fördern. Des Weiteren soll die OECD einen Beitrag zum Wachstum des Welthandels leisten.

Die OECD hat ihren Sitz in Paris, Frankreich.



9. Auswirkungen der EU-Richtlinie 2009/28/EG auf die Statistik der erneuerbaren Energien

Für die Berechnung der Zielerreichung enthält die EU-Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen detaillierte Vorgaben. Diese weichen teilweise von den in Deutschland bislang verwendeten und dieser Broschüre zugrunde liegenden Berechnungsmethoden ab. Insbesondere folgende Unterschiede sind zu beachten:

- Das Ziel bezieht sich auf den Bruttoendenergieverbrauch,
- die Strombereitstellung aus Wasser- und Windkraft wird normalisiert,
- für die Berechnungen der Anteile am Wärmeverbrauch und im Verkehrssektor existieren spezielle Vorgaben.

Der Bruttoendenergieverbrauch wird in der Richtlinie 2009/28/EG in Artikel 2 (f) wie folgt definiert:

„Energieprodukte, die der Industrie, dem Verkehrssektor, Haushalten, dem Dienstleistungssektor einschließlich des Sektors der öffentlichen Dienstleistungen sowie der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft zu energetischen Zwecken geliefert werden, einschließlich des durch die Energiewirtschaft für die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung entstehenden Elektrizitäts- und Wärmeverbrauchs und einschließlich der bei der Verteilung und Übertragung auftretenden Elektrizitäts- und Wärmeverluste.“

In der bisherigen nationalen Statistik (zum Beispiel in dieser Broschüre) wird der Endenergieverbrauch als der energetisch genutzte Teil der Energiemenge im Inland definiert, der den Endverbraucher erreicht. Die Bruttoenergie gemäß Richtlinie entspricht der Endenergie zuzüglich der Leitungsverluste und des Eigenverbrauchs der Erzeugungsanlagen und ist somit höher.

Bei der Berechnung der Beiträge von Wind- und Wasserkraft werden die Auswirkungen klimatischer Schwankungen auf den Stromertrag berücksichtigt. Durch diese „Normalisierung“ auf ein durchschnittliches Jahr entspricht der Wert für Wind- und Wasserkraft nicht mehr dem tatsächlichen Ertrag des entsprechenden Jahres, spiegelt dafür aber den entsprechenden Ausbau besser wider.

Bei der Berechnung der Zielerreichung im Verkehrssektor werden nur nachhaltig erzeugte Biokraftstoffe berücksichtigt zuzüglich des Beitrags von Elektrizität, die aus erneuerbaren Energiequellen erzeugt und in allen Arten von Fahrzeugen mit Elektroantrieb verbraucht wird. Des Weiteren werden Biokraftstoffe aus Reststoffen, Lignocellulose, Biomass-to-Liquids (BtL) und Biogas aus Reststoffen doppelt sowie erneuerbarer Strom im Straßenverkehr mit dem Faktor 2,5 angesetzt.

Ein Vergleich von nach den Vorgaben der EU-Richtlinie ermittelten Daten mit Statistiken aus anderen Quellen wie zum Beispiel den Daten zum EEG oder der nationalen Statistik ist daher gegebenenfalls nur eingeschränkt möglich.

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

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

Weitere Luftschadstoffe

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

Abkürzungsverzeichnis

APEC	Asia-Pacific Economic Cooperation
AusglMechV	Verordnung Ausgleichsmechanismus
BauGB	Baugesetzbuch
BiokraftQuG	Biokraftstoffquotengesetz
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BioSt-NachV	Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BtL	Biomass-to-Liquids
EE	erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEV	Endenergieverbrauch
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EnergieStG	Energiesteuergesetz
EnStatG	Energiestatistikgesetz
FuE	Forschung und Entwicklung
FW	Fernwärme
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstromübertragung
HH	Haushalte
HKW	Heizkraftwerk
HW	Heizwerk
k.A.	keine Angaben
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
MAP	Marktanreizprogramm
MinöStG	Mineralölsteuergesetz
n.q.	nicht quantifiziert
NREAP	Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energien
NV	Netzverluste
PEV	Primärenergieverbrauch
PV	Photovoltaik
REEEP	Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership
SKW	Solarthermische Kraftwerke
StromEinspG	Stromeinspeisungsgesetz
THG	Treibhausgas
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
USD	United States Dollars
WK	Wasserkraft

Ländercodes:

BE	Belgien
BG	Bulgarien
DK	Dänemark
DE	Deutschland
EE	Estland
FI	Finnland
FR	Frankreich
EL	Griechenland
IE	Irland
IT	Italien
LV	Lettland
LT	Litauen
LU	Luxemburg
MT	Malta
NL	Niederlande
AT	Österreich
PL	Polen
PT	Portugal
RO	Rumänien
SE	Schweden
SK	Slowakei
SI	Slowenien
ES	Spanien
CZ	Tschechische Republik
HU	Ungarn
UK	Vereinigtes Königreich
CY	Zypern

Glossar

Biodiesel	Methylester eines pflanzlichen oder tierischen Öls mit Dieselmotorenqualität, der für die Verwendung als Biokraftstoff bestimmt ist. Gilt als Biokraftstoff der ersten Generation. In Deutschland kommt hauptsächlich Raps zum Einsatz. Auch Soja- und Palmöl sowie Sonnenblumenöl können verarbeitet werden. Neben der Nutzung von Pflanzenölen können auch Reststoffe wie Frittier- oder Bratfett sowie tierische Fette für die Biodieselproduktion genutzt werden.
Bioethanol	Ethanol, das aus Biomasse und/oder dem biologisch abbaubaren Teil von Abfällen hergestellt wird und für die Verwendung als Biokraftstoff bestimmt ist. Bioethanol gilt wie Biodiesel als Biokraftstoff der ersten Generation. Im Gegensatz zum Biodiesel findet Bioethanol allerdings bei Ottomotoren Anwendung. Wird Bioethanol herkömmlichen Ottokraftstoffen beigemischt, spricht man gemäß dem Mischungsverhältnis beispielsweise von E5 (bis 5 Prozent Beimischung), E10 (bis 10 Prozent) oder E85 (bis 85 Prozent).
Biogas	Bei der Vergärung von Biomasse oder dem biologisch abbaubaren Teil von Abfällen entstehendes Brenngas, das überwiegend aus Methan (CH ₄) und Kohlendioxid (CO ₂) besteht. Durch Reinigung und Aufbereitung kann Erdgasqualität erreicht werden.
Biogene (Siedlungs-)Abfälle	Anteil des Abfalls, der anaerob oder aerob kompostierbar ist und in der Land-, Fisch- und Forstwirtschaft, der Industrie und in den Haushalten anfällt. Dazu zählen unter anderem: Abfall- und Restholz, Stroh, Gartenabfälle, Gülle, Bioabfälle, Fettabfälle. Zum Siedlungsmüll speziell zählen Abfallarten wie Hausmüll, Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Sperrmüll, Straßenkehricht, Marktabfälle, kompostierbare Abfälle aus der Biotonne, Garten- und Parkabfälle sowie Abfälle aus der Getrenntsammlung von Papier, Pappe, Karton, Glas, Kunststoffe, Holz und Elektroartikel. Per Konvention beträgt der biogene Anteil im Siedlungsmüll 50 Prozent.
Biokraftstoff	Flüssige oder gasförmige Verkehrskraftstoffe, die aus Biomasse hergestellt werden.
Biomasse	Die gesamte, durch Pflanzen und Tiere anfallende/erzeugte organische Substanz. Beim Einsatz von Biomasse zu energetischen Zwecken ist zwischen nachwachsenden Rohstoffen (Energiepflanzen) sowie organischen Reststoffen und Abfällen zu unterscheiden.
Biomethan (Bioerdgas)	Aufbereitetes Roh-Biogas (CO ₂ -Gehalt circa 30 bis 45 Volumen-Prozent) von dem Kohlendioxid und Spurenstoffe entfernt wurden, um einen Methangehalt und eine Reinheit auf Erdgasniveau (CO ₂ -Gehalt maximal 6 Volumen-Prozent) zu erhalten.
Blockheizkraftwerk (BHKW)	Blockheizkraftwerke (BHKW) sind Anlagen zur Erzeugung von Strom und Wärme, die nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung arbeiten. Diesel- oder Ottomotoren treiben Generatoren an und erzeugen Strom. Gleichzeitig wird die Abwärme der Motoren genutzt. Die Ausnutzung des eingesetzten Brennstoffes kann bis zu 90 Prozent betragen.
Brennstoffzelle	Brennstoffzellen sind elektrochemische Energiewandler. Dabei wird elektrischer Strom durch „kalte Verbrennung“ von Sauerstoff und Wasserstoff an katalytisch aktiven Materialien bereitgestellt.
Bruttobeschäftigung	Die Beschäftigung, die der Branche der erneuerbaren Energien in Deutschland zugerechnet werden kann und die alle direkt in der Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, dem Betrieb, der Wartung, der Bereitstellung von Brennstoffen beschäftigten Personen sowie die indirekt durch die Nachfrage dieser Bereiche nach Vorlieferungen Beschäftigten umfasst. Im Gegensatz zur Nettobeschäftigung sind somit negative oder positive Beschäftigungswirkungen außerhalb der „EE-Branche“ nicht berücksichtigt.

Brutto-Endenergieverbrauch (BEEV)	Beinhaltet die Energiemengen für den Eigenverbrauch der Energieumwandlung sowie Übertragungs- und Verteilungsverluste und fällt daher im Vergleich zum Endenergieverbrauch immer höher aus.
Brutto-Stromerzeugung	Die Bruttostromerzeugung ist die erzeugte elektrische Arbeit einer Erzeugungseinheit, einschließlich deren Eigenverbrauch.
Brutto-Stromverbrauch	Der Bruttostromverbrauch entspricht der Summe der gesamten inländischen Stromerzeugung (Wind, Wasser, Sonne, Kohle, Öl, Erdgas und andere), zuzüglich der Stromflüsse aus dem Ausland und abzüglich der Stromflüsse ins Ausland.
CO₂-Äquivalent	Einheit für das Treibhauspotenzial eines Gases. Gibt an, welche Menge CO ₂ in einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren die gleiche Treibhauswirkung entfalten würde, wie das betrachtete Vergleichsgas. Wird verwendet um verschiedene Gase bezüglich ihrer Treibhauswirkung zu vergleichen und ihren Beitrag zum Treibhauseffekt auszudrücken. Die verwendeten Äquivalenzfaktoren folgen den für die nationale Emissionsberichterstattung vorgegebenen Werten aus dem IPCC Second Assessment Report: Climate Change (1995). Methan (CH ₄) hat ein CO ₂ -Äquivalent von 21.
Deponiegas	Energiereiches Gas, das bei der Verrottung von Abfällen entsteht. Kann bis zu 55 Prozent Methan (CH ₄) und 45 Prozent Kohlendioxid (CO ₂) enthalten.
Distickstoffoxid (N₂O)	N ₂ O (Distickstoffoxid/Lachgas) ist ein farbloses Gas aus der Gruppe der Stickoxide. Neben Kohlendioxid (CO ₂) und Methan (CH ₄) ist es als direkt klimawirksames Gas relevant. Nach IPCC (1995) ist es 310-mal so stark klimawirksam wie Kohlendioxid, kommt allerdings in deutlich kleineren Mengen in der Atmosphäre vor. Die bedeutendste anthropogene Quelle von Distickstoffoxid-Emissionen ist der landwirtschaftliche Einsatz von Stickstoffdüngemitteln.
Einspeisetarif	Betreibern von Erneuerbaren-Energien-Anlagen wird eine gesetzliche Vergütung pro eingespeister Kilowattstunde zugesichert. Diese Tarife liegen häufig oberhalb der Marktpreise und vermindern so das Risiko von Preisschwankungen beziehungsweise ermöglichen erst einen wirtschaftlichen Betrieb. In Deutschland sind die Einspeisetarife im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) geregelt.
Elektromobilität	Nutzung von Elektrofahrzeugen auf Schiene und Straße.
Emissionen	Emissionen sind die von einer Anlage, einem Gebäude oder einem Verkehrsmittel in die Umwelt (Boden, Wasser, Luft) abgegebenen gasförmigen, flüssigen und festen Stoffe. Auch die Abgabe von Wärme, Strahlung, Geräuschen und Gerüchen gilt als Emission.
Emissionsbilanz	In einer Emissionsbilanz werden die durch einen Energieträger vermiedenen Emissionen und die verursachten Emissionen gegenübergestellt. Bei der Bilanzierung erneuerbarer Energieträger entsprechen die vermiedenen Emissionen den Emissionen der konventionellen Energieträger, die durch erneuerbare Energien ersetzt werden, während die verursachten Emissionen aus den Vorketten sowie dem Betrieb der erneuerbaren Energien resultieren.
Emissionsfaktor	Ein Emissionsfaktor beschreibt, wie hoch die durch einen Energieträger verursachten Emissionen bezogen auf eine Einheit Endenergie sind. Neben dieser inputbezogenen Betrachtung (Gramm/Kilowattstunde Endenergie) kann der Emissionsfaktor aber auch auf den Produktausstoß bezogen werden (Gramm/Kilowattstunde _{el}). Emissionsfaktoren sind zudem immer prozess- und anlagenspezifisch.
Emissionszertifikat	Verbrieftes Recht, in einem bestimmten Zeitraum eine bestimmte Menge eines Schadstoffes zu emittieren. Wichtiges Instrument des Kyoto-Protokolls um den Ausstoß von Treibhausgasen zu begrenzen. Emissionszertifikate können gehandelt werden.

Energie	Fundamentale Größe der Physik, die die Fähigkeit eines Systems beschreibt, Arbeit zu verrichten. Ihre Grundeinheit ist Joule (J). Physikalisch betrachtet kann Energie weder erzeugt noch vernichtet, sondern nur von einer Form in die andere umgewandelt werden. Beispiele für Energieformen sind kinetische, potentielle, elektrische, chemische oder auch thermische Energie.
Energieträger	Stoffe und physikalische Erscheinungsformen, aus denen beziehungsweise nach deren Umwandlung Energie gewonnen werden kann.
Nichtenergetischer Verbrauch	Teile bestimmter Energieträger, die nicht für energetische Zwecke eingesetzt werden. Beispielsweise ist Erdöl auch ein Rohstoff für die Kunststoffindustrie.
Endenergie	Teil der Primärenergie, welcher den Verbraucher nach Abzug von Übertragungs- und Umwandlungsverlusten erreicht und dann zum Beispiel für Heizung, Warmwasser und Lüftung zur Verfügung steht. Endenergieformen sind Fernwärme, elektrischer Strom, flüssige Kohlenwasserstoffe wie Benzin, Kerosin oder Heizöl und verschiedene Gase wie Erdgas, Biogas und Wasserstoff.
Endenergieverbrauch (EEV)	Umfasst den energetisch genutzten Teil des Energieangebots im Inland nach der Umwandlung, der unmittelbar der Erzeugung von Nutzenergie dient. Der EEV wird nach bestimmten Verbrauchergruppen aufgeschlüsselt: private Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD), Industrie und Verkehr.
Energiepflanzen	Pflanzen, die mit dem Ziel der Energienutzung angebaut werden, beispielsweise Getreidesorten wie etwa Mais, Weizen, Roggen oder Triticale, Gräser wie Chinaschilf (<i>Miscanthus</i>), Weidegras, aber auch Ölsaaten, wie Raps und Sonnenblumen, schnell wachsende Hölzer, Pappeln und Weiden sowie Rüben und Hanf.
Engpassleistung	Höchste Dauerleistung eines Kraftwerks, die unter Normalbedingungen ausfahrbar ist. Sie wird durch den leistungsschwächsten Anlagenteil (Engpass) begrenzt, durch Messungen ermittelt und auf Normalbedingungen umgerechnet.
Erneuerbare Energien (EE)	Energiequellen, die nach den Zeitmaßstäben des Menschen unendlich lange zur Verfügung stehen. Nahezu alle erneuerbaren Energien werden letztendlich durch die Sonne gespeist. Die Sonne verbraucht sich, ist also im strengen Sinne keine „erneuerbare Energiequelle“. Die nach dem derzeitigen Stand der Wissenschaft absehbare Lebensdauer der Sonne liegt aber bei mehr als 1 Milliarde Jahre und ist aus unserer menschlichen Perspektive nahezu unbegrenzt. Die drei originären Quellen sind: Solarstrahlung, Erdwärme (Geothermie) und Gezeitenkraft. Diese können entweder direkt genutzt werden oder indirekt in Form von Biomasse, Wind, Wasserkraft, Umgebungswärme sowie Wellenenergie.
Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	Das Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Kurzfassung: Erneuerbare-Energien-Gesetz, „EEG“) aus dem Jahr 2000 regelt die Vorrang-Abnahmepflicht erneuerbarer Energien durch die Netzbetreiber, die (degressiven) Vergütungssätze der einzelnen Erzeugungsarten wie auch das Umlageverfahren der resultierenden Mehrkosten auf alle Stromabnehmer. Novellierungen des Gesetzes traten 2004, 2009, am 1. Januar 2012 und zuletzt rückwirkend zum 1. April 2012 in Kraft.
Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)	Das Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Kurzfassung: Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz, „EEWärmeG“) aus dem Jahr 2009 formuliert die Pflicht für Eigentümer neuer Gebäude, einen Teil des Wärmebedarfs (und Kältebedarfs) aus erneuerbaren Energien zu decken. Am 1. Mai 2011 trat die erste Novellierung des Gesetzes in Kraft.
Externe Kosten	Spielen im Kostenkalkül des Verursachers keine Rolle, sondern müssen von Dritten getragen werden. Beispiel ist der Ausstoß von Substanzen, die zum sauren Regen beitragen. Dieser verursacht für den Verursacher keine unmittelbaren Kosten, da die dadurch entstehenden Schäden von der Allgemeinheit getragen werden. Weitere Beispiele sind die Freisetzung von Treibhausgasen, deren Folgeschäden sich in Deutschland, aber auch in anderen Ländern auswirken und deren Kosten von der Allgemeinheit zu tragen sind.
Fernwärme	Thermische Energie, die durch ein System isolierter Rohre zum Endverbraucher gelangt.

Finnische Allokation (Finnische Methode)	Mit diesem Verfahren werden Brennstoffeinsätze und resultierende Emissionen von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen auf die Einzelprodukte Strom und Wärme aufgeteilt. Die gegenüber einer getrennten Strom- und Wärmeerzeugung erzielte Einsparung an Primärenergie wird hierbei zu gleichen Teilen den produzierten Einheiten Strom und Wärme zugerechnet. Zu diesem Zweck hat die EU-Kommission Wirkungsgrad-Referenzwerte für die getrennte Strom- und Wärmeerzeugung festgelegt.
Fossile Brennstoffe	Aus Biomasse im Laufe von Jahrtausenden unter hohem Druck und Temperatur entstandene Energierohstoffe mit unterschiedlich langen Kohlenstoffverbindungen: Öle, Kohlen, Gase.
Geothermie	Nutzung der erneuerbaren Erdwärme in unterschiedlichen Tiefen: Bei der oberflächennahen Geothermie wird die Erdwärme durch die Sonne geliefert. Sie heizt den Boden langsam nach unten hin auf. Im Winter speichert der Boden dann einen großen Teil dieser Wärme. Bei der tiefen Geothermie wird die Erdwärme durch den Zerfall natürlicher radioaktiver Isotope freigesetzt. Der Einfluss dieser Energiequelle nimmt mit zunehmender Tiefe zu.
Heizwert	Nutzbare Wärmemenge bei einer Verbrennung bezogen auf den eingesetzten Brennstoff. Im Unterschied zum Brennwert kommt es beim Heizwert nicht zu einer Kondensation des Wasserdampfes im Abgas.
Holzpellets	Genormte, zylindrische Presslinge aus getrocknetem, naturbelassenem Restholz (Sägemehl, Hobelspäne, Waldrestholz) mit einem Durchmesser von 6 Millimeter und einer Länge von 10 bis 30 Millimeter. Sie werden ohne Zugabe von chemischen Bindemitteln unter hohem Druck hergestellt und haben einen Heizwert von rund 5 Kilowattstunden/Kilogramm.
Immission	Einwirkung von Emissionen (Luftschadstoffen, Geräuschen, Strahlung) auf Böden, Wasser, Menschen, Tiere, Pflanzen und Sachgüter. Messgröße kann die Konzentration eines Schadstoffes pro Quadratmeter Boden oder pro Kubikmeter Luft sein.
Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)	Bank des Bundes und der Länder. Fördert verschiedene Projekte durch zinsgünstige Kredite.
Klärgas	Energiereiches Gas, das in Faultürmen von Kläranlagen entsteht und zu den Biogasen gehört. Hauptbestandteil ist Methan.
Kohlendioxid (CO₂)	Kohlendioxid (CO ₂) ist ein farb- und geruchloses Gas, das natürlicher Bestandteil der Atmosphäre ist, von Konsumenten (Menschen und Tiere) durch die Atmung freigesetzt und von den Produzenten (Pflanzen, Grünalgen) durch die Photosynthese in energiereiche organische Verbindungen umgewandelt wird. Als Abfallprodukt der Energiegewinnung entsteht Kohlendioxid vor allem bei der vollständigen Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe. Kohlendioxid ist das wichtigste unter den klimarelevanten atmosphärischen Spurengasen mit der Eigenschaft, für langwellige Wärmestrahlung „undurchlässig“ zu sein. Es verhindert damit die gleichgewichtige Abstrahlung der auf die Erde treffenden kurzwelligen Sonnenstrahlung und erhöht die Gefahr einer Temperaturerhöhung auf der Erdoberfläche. Es dient als sogenanntes Referenzgas zur Bestimmung des CO ₂ -Äquivalents anderer Treibhausgase und ist aus diesem Grund mit dem Treibhauspotenzial von 1 verrechnet.
Kombi-Solarthermieranlagen	Solarthermie-Anlagen, die sowohl zur Warmwasserbereitung als auch zur Heizungsunterstützung genutzt werden.
Kondensationskraftwerk	Wärmeleistung, in dem ausschließlich elektrischer Strom (ohne Nutzung der anfallenden Abwärme) erzeugt wird.
Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	Gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme. Durch dieses Prinzip wird die Brennstoffausnutzung von Kraftwerken deutlich gesteigert.
Kyoto-Protokoll	Zusatzprotokoll zur Ausgestaltung der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen, das unter anderem die weltweite Emission von Treibhausgasen beschränken soll.

Laufwasserkraftwerk	Anlage zur Erzeugung elektrischer Energie durch die Kraft fließender Gewässer (Bäche, Flüsse).
Luftschadstoff	Jeder in der Luft vorhandene Stoff, der schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt insgesamt haben kann.
Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien im Wärmemarkt (MAP)	Programm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) zur Förderung von Anlagen zur Wärmegegewinnung aus erneuerbaren Energien.
Meeresenergie	Zusammenfassung verschiedener Formen von mechanischer, thermischer und physikalisch-chemischer Energie, die in den Wassermassen der Weltmeere enthalten sind. Beispiele zur Nutzung sind Meeresströmungs-, Gezeiten- und Wellenkraftwerke.
Merit-Order-Effekt	Verschiebung der Marktpreise entlang der Merit-Order-Kurve beziehungsweise der Angebotskurve durch den Markteintritt von Kraftwerken mit geringeren variablen Kosten (Grenzkosten). Dadurch werden die am teuersten produzierenden Kraftwerke vom Markt verdrängt (bei unveränderter Nachfrage) und Strom zu günstigeren Preisen in den Markt gebracht.
Methan (CH₄)	Methan (CH ₄) ist ein ungiftiges, farb- und geruchloses Gas. Nach Kohlendioxid (CO ₂) ist es das bedeutendste von Menschen freigesetzte Treibhausgas. Nach IPCC Second Assessment Report: Climate Change (1995) ist es circa 21-mal stärker klimawirksam als CO ₂ , allerdings kommt es in deutlich kleineren Mengen in der Atmosphäre vor.
Nachwachsende Rohstoffe (NawaRo)	Land- und forstwirtschaftlich erzeugte Biomasse, die zur Energiebereitstellung (Energiepflanzen) oder als Werkstoff genutzt wird.
Nahwärme	Wärmeübertragung in und zwischen Gebäuden über relativ kurze Distanzen. Die Wärme wird dabei dezentral und bedarfsnah erzeugt. Im Unterschied zur Fernwärme wird Nahwärme häufig nicht als Koppelprodukt produziert.
Nennleistung	Die Nennleistung einer Erzeugung-, Übertragungs- und Verbrauchsanlage ist die höchste Dauerleistung, für die sie gemäß den Liefervereinbarungen bestellt ist.
Nukleare Brennstoffe	In Kernkraftwerken als Brennstoffe eingesetzte spaltbare Isotope von radioaktiven chemischen Elementen wie Uran, Plutonium oder Thorium.
Nutzenergie	Energie, die nach der letzten Umwandlung der (End-)Energie in Geräten dem Verbraucher tatsächlich zur Verfügung steht. Abgezogen sind dabei Verluste, die beim Transport von Strom in Leitungen entstehen, als Benzin-Restmengen in Tankwagen zurückbleiben oder bei der Umfüllung verdunsten. Weitere Beispiele sind die Wärmeenergie, die in kochendheißem Wasser oder in einem warmen Wohnraum steckt, die Lichtenergie, die eine Glühlampe abstrahlt, die kinetische Energie, die in einem beschleunigten PKW steckt, sowie die potentielle Energie, die in hochgehobenen Lasten steckt. Über den Umfang des Nutzenergieverbrauchs liegen keine gesicherten Angaben vor, da hierfür praktisch keine Erfassungsmethoden vorhanden sind.
Oberflächennahe Geothermie und Umweltwärme	Unter oberflächennaher Geothermie versteht man die Gewinnung von Wärme aus Bohrtiefen von bis zu 400 Meter um Gebäude, technische Anlagen oder Infrastruktureinrichtungen zu versorgen. Mittels eines Wärmetauschers wird Wärme aus dem Untergrund gewonnen und an der Oberfläche mit einer Wärmepumpe auf das notwendige Temperaturniveau gebracht. Umweltwärme hingegen ist eine indirekte Erscheinungsform der Sonnenenergie, die in Energieträgern wie Luft, Oberflächengewässer oder der oberen Schicht des Erdreichs gespeichert ist. Charakteristisch ist ein relativ geringes Wärmeniveau, das durch Wärmepumpen nutzbar gemacht werden kann.
Offshore-Windenergieanlage	Windenergieanlage zur Stromerzeugung auf See.
Photovoltaik (PV)	Unmittelbare Umwandlung von Solarstrahlung in elektrische Energie mittels Halbleitern, sogenannten Solarzellen.

Primärenergie	Primärenergie ist der rechnerisch nutzbare Energiegehalt eines natürlich vorkommenden Energieträgers, bevor er einer Umwandlung unterworfen wird. Zu den Primärenergieträgern zählen erschöpfliche Energieträger wie Stein- und Braunkohle, Erdöl, Erdgas und spaltbares Material wie Uranerz sowie erneuerbare Energien (Sonnenenergie, Windkraft, Wasserkraft, Erdwärme und Gezeitenenergie). Die Primärenergie wird in Kraftwerken oder Raffinerien in eine weiterführende Stufe der energetischen Reihe umgewandelt. Dabei kommt es zu Umwandlungsverlusten. Ein Teil der Primärenergieträger wird auch dem nicht energetischen Verbrauch zugeführt (zum Beispiel Rohöl für die Kunststoffindustrie).
Primärenergieverbrauch (PEV)	Der Primärenergieverbrauch ist der gesamte Verbrauch der in der Natur vorkommenden Primärenergieträger. Er ergibt sich aus deren Summe sowie den Bestandsveränderungen und dem Saldo aus Bezügen und Lieferungen. Er umfasst die für die Umwandlung und den Endverbrauch benötigte Energie.
Prozesswärme	Wird für technische Prozesse wie Garen, Schmieden, Schmelzen oder Trocknen benötigt. Sie kann durch Verbrennung, elektrischen Strom oder, im günstigsten Fall, durch Abwärme bereitgestellt werden.
Pumpspeicherkraftwerk	Wasserkraftwerke, die bei niedrigem Strombedarf mit Hilfe von elektrischer Energie Wasser aus einem tiefer gelegenen in ein höher gelegenes Reservoir pumpen. Bei Bedarf kann die im Wasser gespeicherte Potenzialenergie mittels Turbine und Generator wieder in elektrische Energie umgewandelt werden. Die Kraftwerke werden vor allem zur Deckung von sehr kurzfristig auftretenden Spitzenlasten herangezogen. Man unterscheidet zwischen Pumpspeicherkraftwerken mit und ohne natürlichen Zufluss. Lediglich der Teil des natürlichen Zuflusses gilt als erneuerbar und wird bei der Bilanzierung der Elektrizitätsbereitstellung berücksichtigt.
Repowering	Ersatz alter Anlagen zur Stromerzeugung durch neue, leistungsstärkere Anlagen am selben Standort, welcher vor allem bei der Windenergie eine wichtige Rolle spielt.
Sekundärenergie	Energie, die als Ergebnis eines Umwandlungsprozesses aus Primärenergie gewonnen wird. Dabei vermindert sich die nutzbare Energiemenge durch Umwandlungsschritte. Sekundärenergieträger sind leitungsgebunden wie Strom, Fernwärme und Stadtgas. Auch eine Veredelung von Brennstoffen wie Kohle und Koks in Brikettierwerken, Erdöl in Raffinerien, Erdgas in Anlagen zur CO ₂ - und H ₂ S- Abtrennung dient zur leichteren Verfügbarkeitmachung und damit als Umwandlung zu Sekundärenergie.
Smart Grid	„Intelligentes Stromnetz“, das die kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Speichern und anderen Verbrauchern in Stromnetzen umfasst.
Smart Meter	„Intelligenter“ Stromzähler, der im Vergleich zu den herkömmlichen Stromzählern nicht nur die Verbrauchsmenge, sondern auch den Zeitpunkt des Verbrauchs erfasst. Dadurch kann der Stromverbrauch eines Haushalts in solche Zeiten verschoben werden, in denen der Strompreis besonders niedrig ist.
SO₂-Äquivalent	Einheit, in der das Versauerungspotenzial eines Luftschadstoffs angegeben wird.
Solarthermische Kraftwerke	Kraftwerke, bei denen die direkte Solarstrahlung in Wärme umgewandelt, auf einen Wärmeträger (zum Beispiel Thermoöl, Wasser, Luft) übertragen und in Kraftmaschinen (zum Beispiel Dampfturbine, Gasturbine) in elektrische Energie transformiert wird.
Solarzelle	Wandelt Licht direkt in elektrischen Strom. Die Photonen des Sonnenlichts lösen in Halbleitermaterialien (meist Silizium, gewonnen aus Quarzsand) Elektronen zeitweise aus dem Atomverband und bewirken so einen Stromfluss. Dieses Funktionsprinzip wird als photovoltaischer Effekt bezeichnet (Photovoltaik).

Spitzenleistung	Maximalleistung eines Sonnenenergiewandlers bei Standard-Testbedingungen (STC, Standard Test Conditions): Globalstrahlung der Stärke 1.000 Watt/Quadratmeter, Umgebungstemperatur von 25 Grad Celsius und Spektralverteilung der Sonne bei 1,5-facher Durchquerung der Erdatmosphäre, üblicherweise nur bei Photovoltaikanlagen als Bezugsgröße gewählt. Die Werte sind reproduzierbare Laborwerte, die aber in der Natur in unseren Breiten niemals auftreten. Bei der Photovoltaik wird die Spitzenleistung in der Einheit Watt-Peak (W_p) angegeben.
Substitutionsfaktor	Beschreibt, in welchem Maße bestimmte Energieträger durch einen anderen Energieträger ersetzt werden. Im Rahmen der Emissionsbilanzierung beschreiben die Substitutionsfaktoren insbesondere den Ersatz fossiler Primär- und Sekundärenergieträger durch erneuerbare Energien.
Steinkohleeinheit (SKE)	Einheit für den Energiegehalt von Primärenergieträgern. Menge an Energie, die beim Verbrennen eines normierten Kilogramms Steinkohle entsteht.
Treibhauseffekt	Verschiedene Treibhausgase tragen durch Absorption und erneute Emission von Strahlung zur Erwärmung der Erde bei. Dies wird als Treibhauseffekt bezeichnet. Es wird zwischen einem natürlichen und einem anthropogenen (vom Menschen verursachten) Treibhauseffekt unterschieden.
Treibhausgase	Atmosphärische Spurengase, die zum Treibhauseffekt beitragen und sowohl natürlichen als auch anthropogenen Ursprungs sein können. Beispiele sind Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Lachgas (N_2O), Schwefelhexafluorid (SF_6), wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW).
Treibhauspotenzial (GWP)	Potenzieller Beitrag eines Stoffes zur Erwärmung der bodennahen Luftschichten, relativ zum Treibhauspotenzial des Stoffes Kohlendioxid, ausgedrückt als GWP-Wert (Global Warming Potential, $CO_2=1$). Der GWP-Wert eines Stoffes hängt davon ab, auf welchen Zeitraum (üblicherweise 100 Jahre) diese Größe bezogen wird.
Übertragungsverluste	Entstehen bei der Weiterleitung und Umspannung elektrischer Energie. Übertragungsverluste steigen im Quadrat zur übertragenen Stromstärke. Das ist der Grund dafür, dass Strom hinsichtlich der Übertragung über größere Entfernungen mit Hilfe von Transformatoren hochtransformiert wird.
Vermeidungsfaktor	Vermiedene Emissionen bezogen auf eine Einheit Endenergie aus erneuerbaren Energien (Strom, Wärme oder Kraftstoff).
Versauerungspotenzial	Beitrag eines versauernd wirkenden Luftschadstoffes (SO_2 , NO_x , NH_3) zur Versauerung. Beschreibt die Erhöhung der Konzentration von H^+ -Ionen in Luft, Wasser und Boden. Schwefel- und Stickstoffverbindungen aus anthropogen verursachten Emissionen reagieren in der Luft zu Schwefel- beziehungsweise Salpetersäure, die als „Saurer Regen“ zur Erde fallen und Boden, Gewässer, Lebewesen und Gebäude schädigen.
Vorketten	Dem Anlagenbetrieb vorgelagerte Prozesse der Gewinnung, Bereitstellung und Verarbeitung von Materialien und Brennstoffen, die zur Errichtung und zum Betrieb von Anlagen zur Energieerzeugung benötigt werden.
Wirkungsgrad	Verhältnis von abgegebener Leistung zu zugeführter Leistung. Abgrenzung zum Nutzungsgrad, der den Energieertrag zum Energieeinsatz ins Verhältnis setzt.
Wirkungsgradmethode	Die Berechnung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland wird wegen internationaler Vergleichbarkeit ab 1990 nach der Wirkungsgradmethode dargestellt. Entsprechend dem Vorgehen bei internationalen Organisationen (IEA, EUROSTAT, ECE) wird angenommen, dass zur Stromerzeugung der Energiegehalt der eingesetzten Kernenergie zu 33 Prozent, der Wasser-/Windkraft und der Photovoltaik zu 100 Prozent und des Stromimports ebenfalls zu 100 Prozent genutzt wird.
Windenergieanlage (WEA)	Im engeren Sinne Anlagen zur Umwandlung von Windenergie in elektrische Energie. Die Abgrenzung zu kleinen Windenergieanlagen (KWEA) erfolgt fließend.
Wärmepumpe	Technische Anlage, mit der das Temperaturniveau von verfügbarer Wärmeenergie durch Zuführung einer Antriebsenergie erhöht werden kann, so dass eine technische Nutzung möglich wird. Das Prinzip der Wärmepumpe findet auch im Kühlschrank Anwendung, wo es jedoch zur Kühlung eingesetzt wird.

Quellenverzeichnis

Mitteilungen aus:

- [1] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW).
- [4] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Berlin.
- [6] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW), Berlin.
- [15] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Bonn.
- [16] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA): Amtliche Mineralölstatistik, www.bafa.de.
- [19] Deutscher Energie-Pellet-Verband (DEPV), www.depv.de.
- [21] Statistisches Bundesamt (StBA), Wiesbaden.
- [26] Solarenergie-Förderverein Deutschland e. V. (SFV), Aachen.
- [31] Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel e. V. (AGQM).
- [32] Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V. (UFOP).
- [39] EnBW Kraftwerke AG, Stuttgart, 2007 und Vorjahre.
- [40] Fichtner GmbH & Co. KG, Stuttgart.
- [41] Erdwärme-Kraft GbR, Berlin.
- [42] geo x GmbH, Landau.
- [43] Geothermie Unterhaching GmbH & Co. KG, Unterhaching.
- [44] Pfalzwerke geofuture GmbH, Landau.
- [45] Energie- und Wasserversorgung Bruchsal GmbH (ewb), Bruchsal.
- [46] Energie AG Oberösterreich Wärme GmbH, Vöcklabruck.
- [51] Bundesverband Solarwirtschaft (BSW), Berlin.
- [52] Bundesnetzagentur (BNetzA), Bonn.
- [54] ZfS Rationelle Energietechnik GmbH, Hilden.
- [60] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Gülzow.
- [66] Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen (ITAD).
- [67] EEFA GmbH & Co. KG, Münster.
- [72] Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW), Universität Stuttgart.
- [77] Brankatschk, G.: Verband der ölsaatenverarbeitenden Industrie in Deutschland e. V. (OVID).
- [81] Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e. V., 2010.
- [91] Technologie- und Förderzentrum (TFZ).

Literatur:

- [2] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland – Daten für die Jahre von 1990 bis 2010. Berlin, Stand: 29.07.2011.
- [3] Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V.: Wärmepumpen-Absatz steigt 2011 um 11,8 % gegenüber Vorjahr PM vom 26. Januar 2012, www.waermepumpe.de.
- [5] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU): Erweiterung der Treibhausgas-Bilanzen ausgewählter Biokraftstoffpfade. Heidelberg, Januar 2011.
- [7] Ingenieurbüro für neue Energien (IfnE): Analyse der prognostizierten EEG-Umlagen anhand der EEG-Abrechnungen und des EEG-Kontos, im Auftrag des BMU, Juli 2012.
- [8] Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V. (VDEW): Endenergieverbrauch in Deutschland, VDEW-Materialien, Frankfurt a. M. 1998/1999/2000/2001/2002/2003.
- [9] Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V. (VDEW): Energie Spezial – Endenergieverbrauch in Deutschland 2004, Berlin, 2006.
- [10] Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V. (VDEW): Energie Info – Endenergieverbrauch in Deutschland 2005, Berlin, 2007.
- [11] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW): Energie-Info Endenergieverbrauch in Deutschland 2006 und 2007, Berlin, Feb. und Dez. 2008.

- [13] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW): Verkehr in Zahlen 2008/2009. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (Hrsg.).
- [14] „Erster/Zweiter/Dritter/Vierter/Fünfter 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“, BMU 2007, Vorjahre BMELV.
- [17] Grawe, J.; Nitschke, J.; Wagner, E.: Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft 1990/91. In: ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 90 (1991), Heft 24, VDEW (Hrsg.).
- [18] Grawe, J.; Wagner, E.: Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft 1992 und 1994. Beide in: ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 92 (1993) sowie Jg. 94 (1995), jeweils Heft 24, VDEW (Hrsg.).
- [20] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Ingenieurbüro für neue Energien (IfnE): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland – Leitszenario 2009, im Auftrag des BMU, August 2009, www.erneuerbare-energien.de/45026.
- [22] Böhmer, T.: Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung in den Jahren 2000–2003. Alle in: ew (Elektrizitätswirtschaft), Jahr 2000 in Jg. 101 (2002), Heft 7, Jahr 2001 in Jg. 102 (2003), Heft 7, Jahr 2002 in Jg. 101 (2002), Heft 10, Jahr 2003 in Jg. 104 (2005), Heft 10, alle VDEW (Hrsg.).
- [23] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW): Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2011), Berlin, korrigierte Fassung vom 23.02.2012.
- [25] Scholz, Y.: „Ergebnisse der Modellierung einer 100%igen EE-Stromversorgung im Jahr 2050“; DLR/STB Stuttgart; Beitrag (Arbeitsbericht) zur Stellungnahme Nr. 15 des SRU vom 5.5. 2010.
- [27] Grawe, J.; Wagner, E.: Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft 1996. In: ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 96 (1997), Heft 24, VDEW (Hrsg.).
- [28] Wagner, E.: Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft 1997, 1998 und 1999. Alle in: ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 97 (1998), Jg. 98 (1999) sowie Jg. 99 (2000), jeweils in Heft 24, VDEW (Hrsg.).
- [29] Kiesel, F.: Ergebnisse der VDEW-Erhebung Regenerativanlagen 2004 und 2005. Beide in: ew (Elektrizitätswirtschaft), beide Jahre in Jg. 105 (2006), Heft 10 sowie Heft 26, VDEW (Hrsg.).
- [30] Kiesel, F.: Ergebnisse der BDEW-Erhebung Regenerativanlagen 2006. In: ew (Elektrizitätswirtschaft), Jg. 106 (2007), Heft 25-26, VDEW (Hrsg.).
- [33] J. P. Molly, DEWI GmbH: Status der Windenergienutzung in Deutschland – Stand 31.12.2011; www.dewi.de.
- [34] 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.
- [35] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) et al.: Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2011 gemäß § 65 EEG – Forschungsbericht, Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Juni 2011, www.erneuerbare_energien/47459.
- [36] O’Sullivan, M.; Edler, D.; van Mark, K.; Nieder, T.; Lehr, U.: Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2010 – eine erste Abschätzung, Stand 18, März 2011, im Auftrag des BMU, www.erneuerbare-energien.de/47149.
- [37] Umweltbundesamt (UBA): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger durch Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Emissionen im Jahr 2011 – Aktualisierte Anhänge 2 und 4 der Veröffentlichung „Climate Change 12/2009“ Dessau-Roßlau, 2012.
- [38] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS), Prognos AG: Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2011 – eine erste Abschätzung, Stand: 14. März 2012, im Auftrag des BMU, www.erneuerbare-energien.de/48501.
- [47] Bundesverband WindEnergie e. V. (BWE): Zahlen zur Windenergie, 31.12.2011.

- [48] Deutsches Windenergie-Institut GmbH (DEWI): Windenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland, DEWI Magazin, 2004–2009.
- [49] Leipziger Institut für Energie GmbH (IE), Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW): Analyse zur möglichen Anpassung der EEG-Vergütung für Photovoltaik-Anlagen, März 2010, im Auftrag des BMU, 05.03.2010.
- [50] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin), Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS), Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES): Monitoring der Kosten und Nutzenwirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich im Jahr 2011; Untersuchung im Rahmen des Projektes „Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien (Impres)“, gefördert durch das BMU, Juni 2012.
- [53] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe; Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS), Osnabrück; Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES), Saarbrücken; Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin: Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse von Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien im deutschen Strom- und Wärmemarkt – Arbeitspaket 1. Im Auftrag des BMU, März 2010, www.erneuerbare-energien.de/inhalt/45801/40870/.
- [55] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS), Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES), Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW): Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse von Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien im deutschen Strom- und Wärmemarkt, Kurz-Update der quantifizierten Kosten- und Nutzenwirkungen für 2010; im Auftrag des BMU, Juni 2011, www.erneuerbare-energien.de/inhalt/45801/40870/.
- [56] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Second Assessment Report Climate Change 1995; weitere Informationen unter www.de-ipcc.de.
- [57] Deutsches BiomasseForschungsZentrum GmbH (DBFZ) in Kooperation mit der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL): Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse – Endbericht zur EEG-Periode 2009–2011, Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU, März 2012.
- [58] Institut für Energetik und Umwelt GmbH (IE), Leipzig, Fichtner GmbH & Co. KG, Stuttgart, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, Prof. Dr. jur. Stefan Klinski, Berlin: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Stromerzeugung aus Biomasse – Endbericht, im Auftrag des BMU, März 2008.
- [59] Bracke, R.; Platt, M.; Exner, St.: Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes – Bestandsaufnahme und Trends. GeothermieZentrum Bochum (GZB) im Auftrag des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, März 2010.
- [61] Leipzig-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) (Hrsg.): Geothermisches Informationssystem für Deutschland, www.geotis.de.
- [62] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS): Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte, Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt, Kurz- und Langfassung, im Auftrag des BMU, Juni 2006, www.erneuerbare-energien.de/inhalt/36860/40289/.
- [63] Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS), Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW): Kurz- und langfristige Arbeitsplatzwirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland, im Auftrag des BMU (Hrsg.), Februar 2011, www.erneuerbare-energien.de/47015.
- [64] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Bruttostromerzeugung in Deutschland 1990–2011 nach Energieträgern, Stand 15.02.2012.
- [65] International Energy Agency (IEA), Statistische Amt der Europäischen Gemeinschaften Eurostat, United Nations/ Economic Commission for Europe (UNECE): Energy Questionnaire – Renewables and Wastes 2007.
- [68] Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber (EEG/KWK-G): EEG-Jahresabrechnungen, www.eeg-kwk.net/cps/rde/xchg/eeg_kwk/hs.xsl/EEG_Jahresabrechnungen.htm.
- [69] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Berlin: Satellitenbilanz „Erneuerbare Energieträger“ 1995–2003.

- [70] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Berlin: Satellitenbilanz „Erneuerbare Energieträger“, 2004–2009.
- [71] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Solar Thermal and Concentrated Solar Power Barometer; Studie von EurObserv'ER, in: le journal du photovoltaïque, N° 209 – 2012, May 2012, www.energies-renouvelables.org.
- [73] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Energiebilanz für Deutschland, 1990 bis 2010, Berlin, 2012.
- [74] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA): EEG-Statistikberichte zu den Jahresabrechnungen 2007–2009, www.bundesnetzagentur.de.
- [75] Umweltbundesamt (UBA): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Durch Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Emissionen im Jahr 2007. Climate Change 12/2009, Dessau-Roßlau, 2009, www.umweltbundesamt.de.
- [76] 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.
- [78] Greenpeace e. V.: Untersuchung der Agrosprit-Beimischungen zum Sommerdiesel 2011, Juli 2011, www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/klima/Test_Biodiesel_Sommer11.pdf.
- [79] Bundesregierung (BR): Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung - Biokraft-NachV) vom 30. September 2009 (BGBl. I S. 3182).
- [80] Bundesregierung (BR): Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung (Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung – BioSt-NachV) vom 23. Juli 2009 (BGBl. I S. 2174).
- [82] Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft (BDBe): Marktdaten – Die deutsche Bioethanolwirtschaft in Zahlen, www.bdbe.de/Branche/Marktdaten/.
- [83] Ciroth, A.: Validierung der Emissionsfaktoren ausgewählter erneuerbarer Energiebereitstellungsketten, Berlin, 2009.
- [84] Ecoinvent v2.01: Datenbank des Schweizer Zentrums für Ökoinventare v2.0. EMPA, St. Gallen, 2008.
- [85] EP/ER: 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 EU L140/15 v. 5. Juni 2009.
- [86] Frick, S.; Schröder, G.; Rychtyk, M. et al.: Umwelteffekte einer geothermischen Stromerzeugung. Analyse und Bewertung der klein- und großräumigen Umwelteffekte einer geothermischen Stromerzeugung, Leipzig, 2008.
- [87] Frondel, M.; Grösche, P.; Tauchmann, H. et al.: Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für das Jahr 2005. Forschungsprojekt Nr. 15/06 des BMWi, 2008.
- [88] Klobasa, M.; Sensfuß, F.: CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2008 und 2009 – Gutachten, Bericht für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) im Auftrag des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Karlsruhe, März 2011.
- [89] Vogt, R.; Gärtner, S.; Münch, J. et al.: Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogas-erzeugung und -nutzung in Deutschland, Heidelberg, 2008.
- [90] Öko-Institut: Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS), Version 4.5/2008. und 4.7/2011.
- [92] Umweltbundesamt (UBA): Zentrales System Emissionen. UBA-Datenbank zur Unterstützung der Emissionsberichterstattung, Submission 2011, Stand: Februar 2012.
- [93] Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e. V.: Biodiesel aus Palmöl fast ausschließlich aus dem Ausland importiert. PM vom 04.05.2010, www.biokraftstoffverband.de.
- [94] Umweltbundesamt (UBA): Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen, Submission 2010.
- [96] Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE): Evaluations- und Erfahrungsbericht für das Jahr 2011, Bonn, 30. März 2012.
- [97] International Energy Agency (IEA): Energy Balances of Non-OECD Countries, 2009 Edition, 2011 Edition.

- [98] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg: Online Database, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/database>.
- [99] Solar Update: Newsletter of the International Energy Agency Solar Heating and Cooling Programme, Vol. 55, January 2012, www.iea-shc.org.
- [100] European Wind Energy Association (EWEA): Wind in power – 2011 European Statistics, February 2012, www.ewea.org.
- [101] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Wind Power Barometer; A study carried out by EurObserv'ER, in: le journal de l'éolien, N° 10 – 2012, Février 2012, www.energies-renouvelables.org.
- [102] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): The state of renewable energies in Europe, 11th EurObserv'ER report, www.energies-renouvelables.org.
- [103] International Energy Agency (IEA): Renewables Information, Edition 2011, IEA/OECD.
- [104] International Energy Agency (IEA): Energy Balances of Non-OECD Countries, 1971-2009, Online Database, 2011 Edition.
- [105] International Energy Agency (IEA), United Nations Development Programme (UNDP), United Nations Industrial Development Organization (UNIDO): Energy Poverty – How to make modern energy access universal? Special early excerpt of the World Energy Outlook 2010 for the UN General Assembly on the Millennium Development Goals, OECD/IEA, September 2010.
- [106] Sunstore 4: Project no. 249800. Rev 26.02.2010, [http://wk.bakuri.dk/filarkiv/solarmarstal.bakuri.dk/file/del_af_annex_1\(1\).pdf](http://wk.bakuri.dk/filarkiv/solarmarstal.bakuri.dk/file/del_af_annex_1(1).pdf).
- [107] Multiplying Sustainable Energy Communities Crailsheim (MUSEC Crailsheim): Solare Nahwärme Hirtenwiesen II, www.musec-crailsheim.de.
- [108] European Wind Energy Association (EWEA): The European offshore wind industry key 2011 trends and statistics, January 2012, www.ewea.org.
- [109] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Photovoltaic Barometer; Studie von EurObserv'ER, in: le journal du photovoltaïque, N° 7 – 2012, Avril 2012, www.energies-renouvelables.org.
- [110] Weiss, W.; Mauthner, F.: Solar Heat Worldwide – Markets and Contribution to the Energy Supply 2010, Edition 2012, IEA Solar Heating & Cooling Programme (SHC), May 2012, www.iea-shc.org.
- [111] Global Wind Energy Council (GWEC): Global wind statistics 2011, 07.02.2012, www.gwec.net.
- [112] International Energy Agency (IEA): Deploying Renewables: Executive Summary, OECD/IEA, 2011, www.iea.org/Textbase/npsum/deployrenew2011SUM.pdf.
- [113] REN21: "Renewables 2012 Global Status Report" (Paris: REN21 Secretariat), 2012 Edition, www.ren21.net.
- [114] Klein, A.; Merkel, E.; Pfluger, B.; Held, A.; Ragwitz, M.; Resch, G.; Busch, S: Evaluation of different feed-in tariff design options – Best practice paper for the International Feed-In Cooperation. 3rd edition, update by December 2010, www.feed-in-cooperation.org.
- [115] Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS), Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW): Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern! Bericht zur daten- und modellgestützten Abschätzung der aktuellen Bruttobeschäftigung in den Bundesländern, im Auftrag des BMU, Osnabrück, Stuttgart, Stand: 8. Juni 2012, www.erneuerbare-energien.de/48547.
- [116] European Wind Energy Association (EWEA): Wind in our Sails – The coming of Europe's offshore wind energy industry, November 2011, www.ewea.org.
- [117] Europäische Kommission: Erneuerbare Energien: Fortschritte auf dem Weg zum Ziel für 2020, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat, KOM(2011) 31, 31.1.2011, ec.europa.eu/energy/renewables/reports/doc/com_2011_0031_de.pdf.
- [118] Europäische Kommission: Recent progress in developing renewable energy sources and technical evaluation of the use of biofuels and other renewable fuels in transport in accordance with Article 3 of Directive 2001/77/EC and Article 4(2) of Directive 2003/30/EC, Commission staff working document, SEC(2011) 130, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SEC:2011:0130:FIN:EN:PDF>.
- [119] Energy Research Centre of the Netherlands (ECN), European Environment Agency: Renewable Energy Projections as Published in the National Renewable Energy Action Plans of the European Member States, Summary Report, 28. November 2011, www.ecn.nl/units/ps/themes/renewable-energy/projects/nreap/.

- [120] European Photovoltaic Industry Association (EPIA): Market Report 2011, 2012, www.epia.org.
- [121] The PEW Charitable Trusts: Who's winning the clean energy race? Edition 2011, www.pewtrusts.org/our_work_detail.aspx?id=692.
- [122] Dr. Gehrig Management- & Technologieberatung GmbH: Erhebung statistischer Daten zu Preisen nachwachsender Rohstoffe – 3. Zwischenbericht, Dezember 2010.
- [123] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Informationen zur Anwendung von § 40 ff. EEG (Besondere Ausgleichsregelung) für das Jahr 2012, Stand: 30.3. 2012, Referat KI III 1, www.erneuerbare-energien.de/48198.
- [124] Informationsplattform der Deutschen Übertragungsnetzbetreiber (EEG/KWK-G): Prognose der EEG-Umlage 2011 nach AusglMechV, Prognosekonzept und Berechnung der ÜNB, Stand: 15. Oktober 2010, www.eeg-kwk.net/de/620.htm.
- [125] Breitschopf, B.; Diekmann, J.: Vermeidung externer Kosten durch erneuerbare Energien – methodischer Ansatz und Schätzung für 2009. Untersuchung im Rahmen des Projekts „Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse von Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien im deutschen Strom- und Wärmemarkt“ (Arbeitspaket 3); Juni 2010, www.erneuerbare-energien.de/inhalt/46680/40870/.
- [126] Umweltbundesamt (UBA): Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten. Dessau-Roßlau 2012.
- [127] PointCarbon: www.pointcarbon.com/, Zugriff nur für registrierte Nutzer.
- [128] NEEDS, New Energy Externality Developments for Sustainability (04/09), Integrated Project, DG Research EC, 6th Framework Programme, Mai 2004 bis 2009; Deliverable n° 6.1 – RS1a, „External costs from emerging electricity generation technologies“, www.needs-project.org download im Juni 2009.
- [129] International Energy Agency (IEA): Energy Balances of OECD Countries, 2011 Edition.
- [130] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Heizwerte der Energieträger und Faktoren für die Umrechnung von spezifischen Mengeneinheiten in Wärmeeinheiten zur Energiebilanz 2008, www.ag-energiebilanzen.de.
- [131] 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.iea-shc.org.
- [132] Bundesumweltministerium/Referat K I III 1: Informationen zur Kalkulation der EEG-Umlage für das Jahr 2012, Stand: 26.3.2012, www.erneuerbare-energien.de/48500.
- [133] Lehr, U.: Methodenüberblick zur Abschätzung der Veränderungen von Energieimporten durch den Ausbau erneuerbarer Energien. Veröffentlichung im Rahmen des BMU-Forschungsvorhabens „Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse von Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien im deutschen Strom- und Wärmemarkt“, Mai 2011, Osnabrück.
- [134] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Ingenieurbüro für neue Energien (IfnE): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global, im Auftrag des BMU, Schlussbericht, 29. März 2012, www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitstudie2011_bf.pdf.
- [135] Sensfuß, F.: Analysen zum Merit-Order-Effekt erneuerbarer Energien – Update für das Jahr 2010, Karlsruhe, 4. November 2011, www.erneuerbare-energien.de/47928.
- [136] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Technologie- und Förderzentrum (TFZ), Solites Steinbeis Forschungszentrum für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme: Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (Marktanreizprogramm) für den Zeitraum Januar 2004 bis Dezember 2005, Oktober 2006, www.erneuerbare-energien.de/39812.
- [137] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW): Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (Marktanreizprogramm) für den Zeitraum Januar bis Dezember 2006, Juli 2007, www.erneuerbare-energien.de/39812.

- [138] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Technologie- und Förderzentrum (TFZ), Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik der Universität Stuttgart (ITW), Solites Steinbeis Forschungszentrum für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme, Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing und Entwicklungsnetzwerk (C.A.R.M.E.N. e. V.), GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ): Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (Marktanreizprogramm) im Zeitraum Januar 2007 bis Dezember 2008, Dezember 2009, www.erneuerbare-energien.de/39812.
- [139] Fichtner GmbH & Co. KG, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Energetik- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu), GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ), Solar- und Wärmetechnik Stuttgart (SWT), Technologie- und Förderzentrum (TFZ): Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (Marktanreizprogramm) für den Zeitraum 2009 bis 2011 – Evaluierung des Förderjahres 2009, Zwischenbericht Dezember 2010, www.erneuerbare-energien.de/39812.
- [140] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW): Evaluierung der KfW-Förderung für Erneuerbare Energien im Inland, 2007 bis 2010, www.kfw.de/kfw/de/I/II/Download_Center/Fachthemen/Research/Evaluation-Erneuerbare-Energien.jsp.
- [141] Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V. (UFOP): UFOP-Marktinformation – Ölsaaten und Biokraftstoffe, Ausgaben Januar 2009 bis Mai 2012, [www.ufop.de/publikationen_marktinformationen.php](http://www.ufop.de/publikationen/marktinformationen.php).
- [142] BINE Informationsdienst: Forschen mitten im Meer, Projektinfo 17/2011, www.bine.info/hauptnavigation/special-interest/publikation/forschen-mitten-im-meer/.
- [143] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Innovation durch Forschung – Jahresbericht 2010 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien, Mai 2011, www.erneuerbare-energien.de/47616.
- [144] Voith GmbH: Meilenstein in der Geschichte der Stromerzeugung – Erstes Wellenkraftwerk der Welt kommerziell angeschlossen, 8.7.2011, www.presseportal.de.
- [145] Fichtner GmbH & Co. KG, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Energetik- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu), GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ), Solar- und Wärmetechnik Stuttgart (SWT): Evaluierung des Marktanreizprogramms für Erneuerbare Energien: Ergebnisse der Förderung für das Jahr 2010, Zwischenbericht Dezember 2011, www.erneuerbare-energien.de/46978.
- [146] Global Wind Energy Council (GWEC): Release of global wind statistics: Wind Energy Powers Ahead Despite Economic Turmoil, Latest News, 07.02.2012, www.gwec.net.
- [147] Barbara Breitschopf/Fraunhofer ISI unter fachlicher Mitarbeit von Michael Memmler/Umweltbundesamt: Ermittlung vermiedener Umweltschäden – Hintergrundpapier zur Methodik; Untersuchung im Rahmen des Projekts „Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien“ im Auftrag des BMU, Juni 2012
- [148] Sensfuß, F.: Analysen zum Meritorder-Effekt erneuerbarer Energien – Update für das Jahr 2011, Karlsruhe, 7. August 2012.

INFORMATIONEN ZU ERNEUERBAREN ENERGIEN
 (unter anderem Dokumente des BMU, Pressemitteilungen, Forschungsergebnisse, Publikationen)
 auf der BMU-Themenseite
ERNEUERBARE ENERGIEN
 im Internet 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:

Publikationsversand der Bundesregierung

Postfach 48 10 09

18132 Rostock

Tel.: 01805 / 77 80 90*

Fax: 01805 / 77 80 94*

E-Mail: publikationen@bundesregierung.de

Internet: www.bmu.de/bestellformular

(*0,14 Euro/Minute aus dem deutschen Festnetz; abweichende Preise aus den Mobilfunknetzen möglich)

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.