



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](mailto:service@bmu.bund.de) · Internet: [www.bmu.de](http://www.bmu.de) · [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)
- Redaktion:** Dipl.-Ing. (FH) Dieter Böhme, Dr. Wolfhart Dürrschmidt, Dr. Michael van Mark  
BMU, Referat KI III 1  
(Allgemeine und grundsätzliche Angelegenheiten der Erneuerbaren Energien)
- Fachliche Bearbeitung:** Dr. Frank Musiol, Dipl.-Biol. M. Eng. Kerstin van Mark, Dipl.-Ing. Thomas Nieder, Dipl.-Kffr. Ulrike Zimmer  
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart  
Dipl.-Forstwirt Michael Memmler, Dipl.-Biol. Sarah Moritz, Dipl.-Ing./Lic. rer. reg. Sven Schneider  
Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet I 2.5
- Gestaltung:** design\_idee, büro\_für\_gestaltung, Erfurt  
**Druck:** Silber Druck oHG, Niestetal
- Abbildungen:**
- |                              |   |
|------------------------------|---|
| Titelseite: Kaiser/caro      | S. 49: vario images   |
| S. 5: Laurence Chaperon      | S. 51: Maximilian Stock/vario images                                      |
| S. 7: euregiophoto/Fotolia   | S. 54: <a href="http://www.global-picture.net">www.global-picture.net</a> |
| S. 8: flashpics/Fotolia      | S. 57: Detlev Schilke/detschilke.de                                       |
| S. 11: euregiophoto/Fotolia  | S. 61: Friedrich Haun   |
| S. 18: arsdigital.de/Fotolia | S. 65: DeVlce/Fotolia   |
| S. 23: henryn0580/Fotolia    | S. 74: Ullsteinbild   |
| S. 24: dpa/Picture-Alliance  | S. 77: Jochen Zick/Keystone   |
| S. 27: BildPix.de/Fotolia    | S. 79: Marina Lohrbach/Fotolia  |
| S. 29: BildPix.de/Fotolia    | S. 82 (oben): Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)             |
| S. 30: Pixelot/Fotolia       | S. 82 (unten): Joerg Boethling/agenda                                     |
| S. 31: Hajohoos/Fotolia      | S. 85: Norbert Bieberstein/Istockphoto                                    |
| S. 32: Ulrike Zimmer/ZSW     | S. 89: Joerg Boethling/agenda   |
| S. 37: vario images          | S. 92: IRENA  |
| S. 40: Rainer Weisflog       | S. 102: Friedrich Haun  |
| S. 42: Gina Sanders/Fotolia  | S. 105: Joerg Boethling/agenda  |
| S. 43: BildPix.de/Fotolia    |   |
- Stand:** Juli 2011  
**1. Auflage:** 20.000 Exemplare

# INHALT

Vorwort	5
<b>TEIL I:</b>	
<b>Deutschland auf dem Weg ins Zeitalter der erneuerbaren Energien</b>	<b>8</b>
Erneuerbare Energien in Deutschland: Das Wichtigste im Jahr 2010 auf einen Blick	10
Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung und vermiedene Treibhausgas-Emissionen in Deutschland 2010	12
Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland 1990 und von 1998 bis 2010	13
Endenergieverbrauch in Deutschland 2010 – Anteile der erneuerbaren Energien	14
Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2010	15
Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland von 1990 bis 2010	16
Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2010	24
Einsparung von fossilen Energieträgern und Energieimporten durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2010	32
Wirtschaftliche Impulse aus dem Bau und Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2010	34
Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland	36
Aus- und Weiterbildung im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland	37
EEG-Förderung und Umlageanteil am Strompreis	38
Merit-Order-Effekt	40
Struktur der nach dem EEG vergüteten Strommengen seit 2000	41
Gesetzgebung, Förderung und Wirkung des Ausbaus erneuerbarer Energien im Wärme- und Mobilitätsbereich	42
Positive Wirkungen des Einsatzes erneuerbarer Energien für die Gesellschaft	46
Überblick über die ökonomischen Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien	48
Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich erneuerbarer Energien	51
Langfristig realisierbares, nachhaltiges Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom-, Wärme- und Kraftstofferzeugung in Deutschland	53
Langfristszenario 2010 für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland	54

## TEIL II:

<b>Erneuerbare Energien in der Europäischen Union</b>	<b>57</b>
Der Nationale Aktionsplan für erneuerbare Energie	59
Zukünftige Entwicklung der erneuerbaren Energien in der EU – Abschätzung auf Basis der Nationalen Aktionspläne für erneuerbare Energie der Mitgliedstaaten	60
Nutzung erneuerbarer Energien in der EU	64
Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt	66
Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU	68
Windenergienutzung in der EU	71
Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU	74
Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien in der EU	76
Sozio-ökonomische Aspekte der erneuerbaren Energien in der EU im Jahr 2009	78
Instrumente zur Förderung der erneuerbaren Energien im EU-Strommarkt	80

## TEIL III:

<b>Globale Nutzung erneuerbarer Energien</b>	<b>82</b>
Globale Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien	84
Regionale Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2008 – Global	88
Globale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien	90
Internationale Netzwerke für erneuerbare Energien	92
<b>Anhang: Methodische Hinweise</b>	<b>96</b>
<b>Umrechnungsfaktoren</b>	<b>107</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>108</b>
<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>109</b>

# VORWORT



## LIEBE LESERINNEN, LIEBE LESER,

der konsequente und zügige Ausbau der erneuerbaren Energien ist Kernelement eines modernen, nachhaltigen und sicheren Energiesystems in Deutschland. Mit dem umfangreichen Maßnahmenpaket, das der Deutsche Bundestag am 30. Juni 2011 beschlossen hat, wurden wesentliche Voraussetzungen dafür geschaffen, dass dieser Ausbau beschleunigt fortgesetzt werden kann.

Die Umsetzung dieser vielfältigen Maßnahmen ist für unser Land eine große Herausforderung. Mit Blick auf das bereits Erreichte bin ich sehr zuversichtlich, dass uns diese gemeinsam mit allen Bürgerinnen und Bürgern, Unternehmen, Energieversorgern und nicht zuletzt den Akteuren in der Branche der erneuerbaren Energien auf der Grundlage eines breiten gesellschaftlichen Konsenses in den nächsten Dekaden gelingen wird.

Die vorliegende Broschüre zeigt die Entwicklung der erneuerbaren Energien für das Jahr 2010 und gibt einen Überblick über die Entwicklung in den davor liegenden Jahren. So konnte allein im Strombereich der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch innerhalb der letzten Dekade von 6,4 Prozent auf rund 17 Prozent gesteigert werden. Bis spätestens zum Jahr 2020 soll sich dieser Anteil auf mindestens 35 Prozent erhöhen. Aber auch die Bereiche der erneuerbaren Wärme und Kälte, der biogenen Kraftstoffe und der Elektromobilität werden in den kommenden Jahren weiter an Bedeutung gewinnen und einen verstärkten Beitrag zur Energieversorgung leisten. Dabei vermeiden erneuerbare Energien klimaschädliche Emissionen und sind damit auch gut für unsere Umwelt. Sie stärken unsere Wirtschaft und schaffen Arbeitsplätze in einer außerordentlich wachstumsträchtigen Branche.

Unser Ziel, im Jahr 2050 mindestens 80 Prozent des Stromverbrauchs und mindestens 60 Prozent des gesamten Energieverbrauch durch erneuerbare Energien zu decken ist sehr ambitioniert, aber machbar. Dafür werde ich mich auch weiterhin einsetzen.

A handwritten signature in black ink that reads "N. Röttgen". The signature is written in a cursive, slightly stylized font.

Dr. Norbert Röttgen  
Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

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



Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien - Statistik

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](http://www.erneuerbare-energien.de), Rubrik „Datenservice“, finden sich jeweils aktualisierte Daten zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, einschließlich ihrer Umwelteffekte. Die in dieser Broschüre veröffentlichten Daten für das Jahr 2010 und teilweise für die Vorjahre sind vorläufig und geben den Stand zum Zeitpunkt der Drucklegung im Juli 2011 wieder.

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



Als Leiter der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik wurde Anfang 2010 Herr Dr. Musiol (Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg) eingesetzt.

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

- eine Grundlage für die verschiedenen nationalen, EU-weiten und internationalen Berichtspflichten der Bundesregierung im Bereich der erneuerbaren Energien zu legen und
- 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. Workshops und Anhörungen zu bestimmten Fachthemen unterstützen gleichfalls die Arbeit des Gremiums.

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

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



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

- die Beendigung der Kernenergienutzung spätestens Ende 2022,
- der dynamische Ausbau der erneuerbaren Energien in allen Sparten,
- der zügige Ausbau und die Modernisierung der Stromnetze,
- die Steigerung der Energieeffizienz insbesondere durch Gebäudesanierung und die Senkung des Stromverbrauchs mit modernen Technologien.

Mit ihrem Energiekonzept sorgt die Bundesregierung dafür, dass die Energieversorgung zuverlässig bleibt, niemand von den Energiekosten überfordert wird, der Wirtschaftsstandort Deutschland gestärkt wird und die 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 wird der Ausstieg klar und rechtsverbindlich mit einem Stufenplan festgelegt. Spätestens Ende 2022 soll das letzte Kernkraftwerk vom Netz gehen.

### Novellierung des EEG

Nach dem Energiekonzept werden die erneuerbaren Energien zur tragenden Säule der zukünftigen Energieversorgung. Bis 2020 soll sich der Anteil der Erneuerbaren an der Stromversorgung bereits mehr als verdoppeln (mindestens 35 % bis spätestens 2020). Um dies zu ermöglichen, wird zum 1.1.2012 eine Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) in Kraft treten, die Mitte 2011 verabschiedet wurde. Mit dieser bewährten Regelung soll die Stromgewinnung aus erneuerbaren Energien weiter kontinuierlich steigen sowie eine bessere Markt- und Systemintegration ermöglicht werden. Die Grundsätze – vorrangige Abnahme des Stroms und feste Einspeisevergütungen – bleiben dabei erhalten. Es handelt sich beim EEG damit weiterhin nicht um eine Subvention. Darüber hinaus soll das Vergütungssystem insbesondere im Bereich Biomasse einfacher und transparenter gestaltet sowie eine optionale Marktprämie eingeführt werden, die einen marktorientierten Betrieb der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien anreizen soll. Das EEG ist eingebettet in die EU-Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien.

## Ausbau der Stromnetze

Unser Stromnetz muss zukünftig so weiterentwickelt werden, dass es besser auf den Transport von Strom aus erneuerbaren Energien ausgelegt ist. Vor diesem Hintergrund hat die Bundesregierung eine Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes beschlossen, die erstmals eine bundesweit koordinierte Netzausbauplanung ermöglicht. Die vorgesehenen Regelungen sollen durch eine starke Öffentlichkeitsbeteiligung für umfassende Transparenz sorgen, so dass für den Netzausbau eine hohe Akzeptanz hergestellt werden kann. Der ebenfalls beschlossene „Gesetzentwurf über Maßnahmen zur Beschleunigung des Netzausbaus Elektrizitätsnetze“ soll zudem dafür sorgen, dass der Bau neuer Höchstspannungsleitungen beschleunigt werden kann. Darüber hinaus steht die Modernisierung der Stromnetze an, u.a. durch das Konzept der „Smart Grids“.

## Energie- und Klimafonds

Zur Finanzierung der beschleunigten Energiewende hat die Bundesregierung ein Sondervermögen „Energie- und Klimafonds“ eingerichtet. Aus diesem wird Geld u.a. für die CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierung, die Forschung und Entwicklung zu erneuerbaren Energien und Speichertechnologien bereitgestellt. Sämtliche Einnahmen aus der Versteigerung von Emissionszertifikaten fließen ab dem Jahr 2012 in den Fonds, dem ab 2013 jährlich 3 Mrd. Euro zur Verfügung stehen werden.

Der Umstieg ist eine große Kraftanstrengung – aber auch eine große 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.

## Erneuerbare Energien: Ziele der Bundesregierung

	EE - Anteil am Stromverbrauch		EE - Anteil am Bruttoendenergieverbrauch
bis spätestens	[%]		[%]
2020	mind. 35	2020	18
2030	mind. 50	2030	30
2040	mind. 65	2040	45
2050	mind. 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 u.a. 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 2010 auf einen Blick

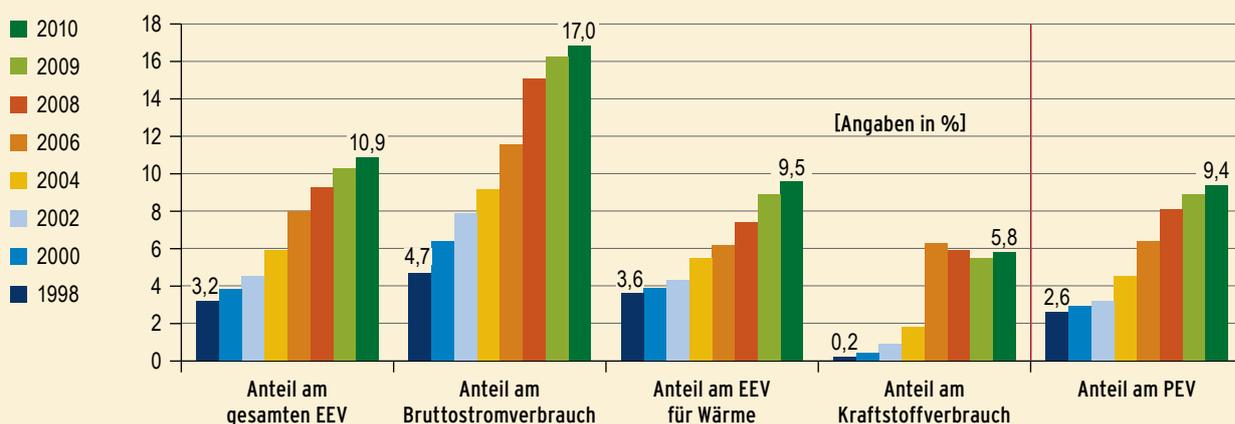
### Das haben die erneuerbaren Energien 2010 erreicht:

- 17,0 % am Bruttostromverbrauch (2009: 16,3 %)
- 9,5 % am Endenergieverbrauch für Wärme (2009: 8,9 %)
- 5,8 % am Kraftstoffverbrauch (2009: 5,5 %)
- 10,9 % am gesamten Endenergieverbrauch – Strom, Wärme, Mobilität (2009: 10,3 %)
- Treibhausgasemissionen von 118 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten vermieden
- Investitionen in Höhe von 26,6 Mrd. Euro ausgelöst (2009: 19,9 Mrd. Euro)
- 367.400 Menschen im Bereich der erneuerbaren Energien beschäftigt (2009: 339.500)

### Investitionen und Beschäftigung erreichen Höchststände

Mit 26,6 Mrd. Euro verbuchten die Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2010 einen neuen Rekordstand, der im Wesentlichen auf den Photovoltaik-Boom zurückzuführen war. Einen neuen Höchststand erreichte auch die Beschäftigung: 367.400 Menschen hatten im Bereich der erneuerbaren Energien einen Job.

### Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland



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



## Höhere Anteile der Erneuerbaren trotz steigendem Energieverbrauch

Nach Überwindung der Wirtschaftskrise ist der Energieverbrauch in Deutschland 2010 wieder kräftig gestiegen. Die Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien wuchs jedoch gleichzeitig so stark, dass der Trend ihrer wachsenden Anteile in allen Bereichen ungebrochen ist.

### Flaute bei der Windenergie

Der Nettozubau an Windkraftleistung war 2010 gegenüber dem Vorjahr rückläufig und lag bei 1.488 MW (2009: 1.880 MW). Auch die Stromerzeugung ging trotz des Zubaus aufgrund einer ungewöhnlich windschwachen Witterung zurück und lag bei nur 37,8 TWh. In einem durchschnittlichen Windjahr hätten die insgesamt installierten Windkraftanlagen etwa 5 TWh mehr Strom produziert.

### Biomassenutzung 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 2010 insgesamt 26,9 TWh Strom erzeugt (einschl. Deponie- und Klärgas sowie biogenem Abfall waren es 33,3 TWh); rund 3,8 Mio. Tonnen Biokraftstoffe wurden abgesetzt. Der Absatz von Pellettheizungen ging allerdings gegenüber dem Vorjahr deutlich zurück.

### Photovoltaik im Höhenflug

Mit einem Zubau von rund 7.400 MW war Deutschland 2010 ein weiteres Mal Photovoltaik-Weltmeister. Mit rund 11,7 TWh stieg der Anteil am Bruttostromverbrauch auf knapp 2 %. Der Zubau solarthermischer Kollektorfläche blieb jedoch mit rund 1,14 Mio. m<sup>2</sup> deutlich hinter dem des Vorjahres zurück.

# Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung und vermiedene Treibhausgas-Emissionen in Deutschland 2010

		Endenergie 2010	Anteil am Endenergieverbrauch	vermiedene THG-Emissionen	Endenergie 2009	
		[GWh]	[%]	[1.000 t]	[GWh]	
Stromerzeugung	Wasserkraft <sup>1)</sup>	20.630	Anteil am Stromverbrauch <sup>9)</sup>	3,4	16.390	19.059
	Windenergie	37.793		6,2	27.800	38.639
	an Land	37.619		6,2	26.672	38.602
	auf See (Offshore)	174		0,03	128	38
	Photovoltaik	11.683		1,9	7.934	6.583
	biogene Festbrennstoffe	11.800		1,9	9.185	11.356
	biogene flüssige Brennstoffe	1.800		0,3	1.084	2.009
	Biogas	13.300		2,2	7.517	10.757
	Klärgas	1.101		0,2	824	1.057
	Deponiegas	680		0,1	509	810
	biogener Anteil des Abfalls <sup>2)</sup>	4.651		0,8	3.594	4.352
	Geothermie	27,7		0,005	14	19
	<b>Summe</b>	<b>103.466</b>		<b>17,0</b>	<b>74.850</b>	<b>94.641</b>
Wärmeerzeugung	biogene Festbrennstoffe (Haushalte) <sup>3)</sup>	72.700	Anteil am EEV für Wärme <sup>10)</sup>	5,1	21.928	62.016
	biogene Festbrennstoffe (Industrie) <sup>4)</sup>	20.400		1,4	6.192	19.818
	biogene Festbrennstoffe (HW/HKW) <sup>5)</sup>	7.200		0,5	2.062	6.222
	biogene flüssige Brennstoffe <sup>6)</sup>	4.100		0,3	1.135	4.583
	Biogas	7.600		0,5	1.192	6.507
	Klärgas <sup>7)</sup>	1.086		0,1	289	1.076
	Deponiegas	360		0,03	96	419
	biogener Anteil des Abfalls <sup>2)</sup>	11.850		0,8	3.460	10.863
	Solarthermie	5.200		0,4	1.168	4.733
	tiefe Geothermie	285		0,02	18	291
	oberflächennahe Geothermie <sup>8)</sup>	5.300		0,4	443	4.640
	<b>Summe</b>	<b>136.081</b>		<b>9,5</b>	<b>37.982</b>	<b>121.168</b>
Kraftstoff	Biodiesel	26.520	Anteil am Kraftstoffverbrauch <sup>11)</sup>	4,3	3.639	25.972
	Pflanzenöl	636		0,1	112	1.043
	Bioethanol	8.541		1,4	1.236	6.748
	<b>Summe</b>	<b>35.697</b>		<b>5,8</b>	<b>4.987</b>	<b>33.763</b>
<b>gesamt</b>	<b>275.244</b>	<b>EEV <sup>12)</sup></b>	<b>10,9</b>	<b>117.819</b>	<b>249.572</b>	

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

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

- 6) Wärme inkl. Papierindustrie (Sulfitablaue) und weiterer Industrie
- 7) enthält Wert zur Wärmenutzung in den Kläranlagen
- 8) inkl. Luft/Wasser-, Wasser/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen
- 9) bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2010 von 607,8 TWh, nach AGEB [64]
- 10) EEV für Raumwärme, Warmwasser und sonstige Prozesswärme 2010 von 1.425 TWh (5.130 PJ), (Schätzung ZSW)
- 11) bezogen auf den Kraftstoffverbrauch (ohne Flugkraftstoff) 2010 von 618,6 TWh, nach BAFA [145]
- 12) bezogen auf EEV 2010 von 2.517 TWh (9.060 PJ) nach AGEB [2]

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

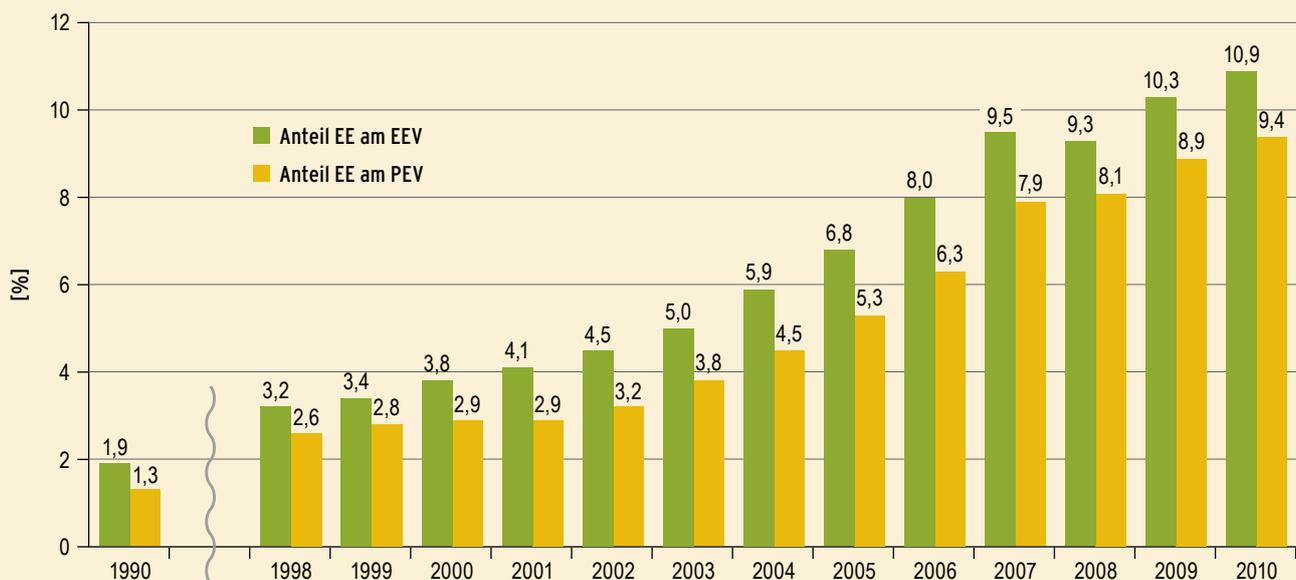
## Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland 1990 und von 1998 bis 2010

	1990	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Endenergieverbrauch (EEV)</b>	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>												
Stromerzeugung (bezogen auf gesamten Bruttostromverbrauch)	3,1	4,7	5,4	6,4	6,7	7,8	7,5	9,2	10,1	11,6	14,3	15,1	16,3	17,0
Wärmebereitstellung (bezogen auf gesamte Wärmebereitstellung)	2,1	3,6	3,8	3,9	4,2	4,3	5,0	5,5	6,0	6,2	7,4	7,3	8,9	9,5
Kraftstoffverbrauch <sup>1)</sup> (bezogen auf gesamten Kraftstoffverbrauch)	0,0	0,2	0,2	0,4	0,6	0,9	1,4	1,8	3,7	6,3	7,2	5,9	5,5	5,8
<b>Anteil EE am gesamten EEV</b>	<b>1,9</b>	<b>3,2</b>	<b>3,4</b>	<b>3,8</b>	<b>4,1</b>	<b>4,5</b>	<b>5,0</b>	<b>5,9</b>	<b>6,8</b>	<b>8,0</b>	<b>9,5</b>	<b>9,3</b>	<b>10,3</b>	<b>10,9</b>
<b>Primärenergieverbrauch (PEV)</b>	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>												
<b>Anteil EE am gesamten PEV <sup>2)</sup></b>	<b>1,3</b>	<b>2,6</b>	<b>2,8</b>	<b>2,9</b>	<b>2,9</b>	<b>3,2</b>	<b>3,8</b>	<b>4,5</b>	<b>5,3</b>	<b>6,3</b>	<b>7,9</b>	<b>8,1</b>	<b>8,9</b>	<b>9,4</b>

- 1) bis 2002 Bezugsgröße Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr; ab 2003 der gesamte Verbrauch an Motorkraftstoff, ohne Flugkraftstoff  
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 weiteren Quellen, siehe Seiten 16, 20 und 22

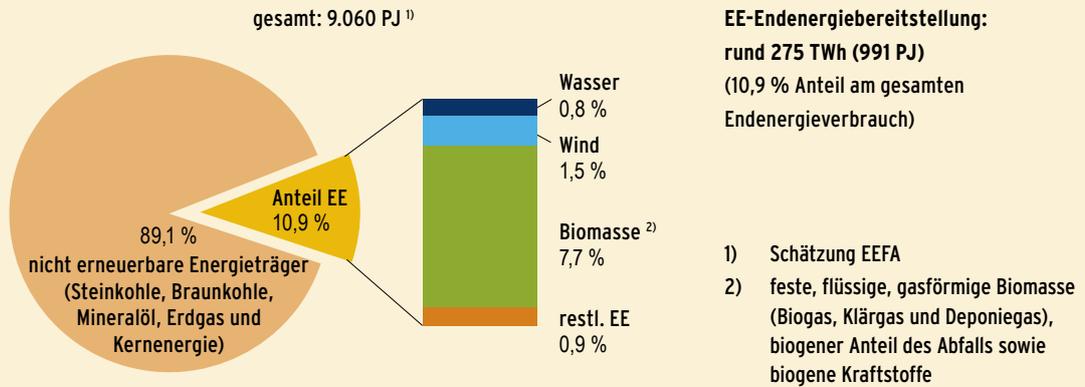
### Entwicklung der Anteile der erneuerbaren Energien am End- und Primärenergieverbrauch in Deutschland seit 1998



Quellen: siehe Tabelle oben

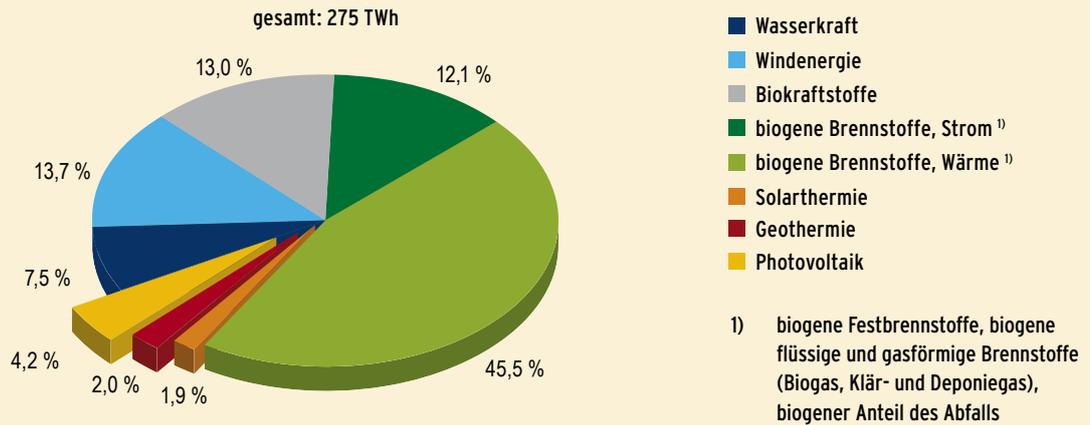
# Endenergieverbrauch in Deutschland 2010 - Anteile der erneuerbaren Energien

## Anteile der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland 2010



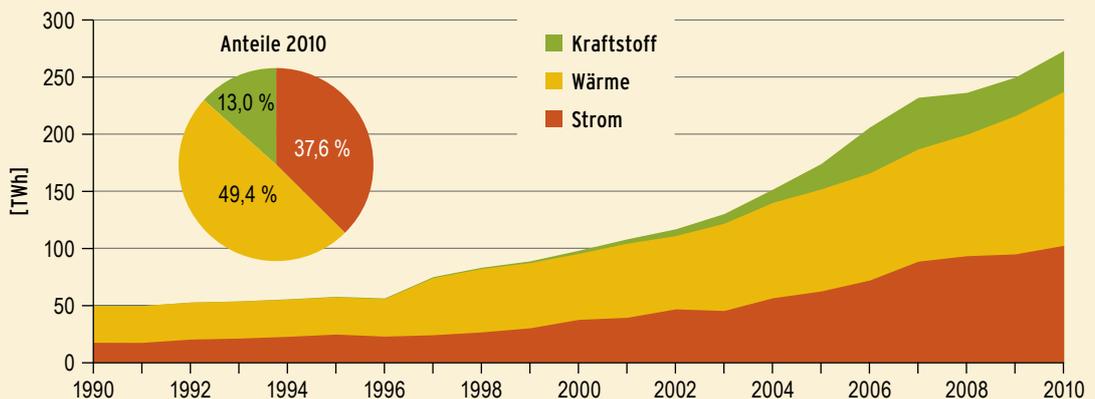
Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat, sowie weitere Quellen, siehe Seite 12

## Struktur der Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2010



Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiteren Quellen, siehe Seiten 16, 20 und 22

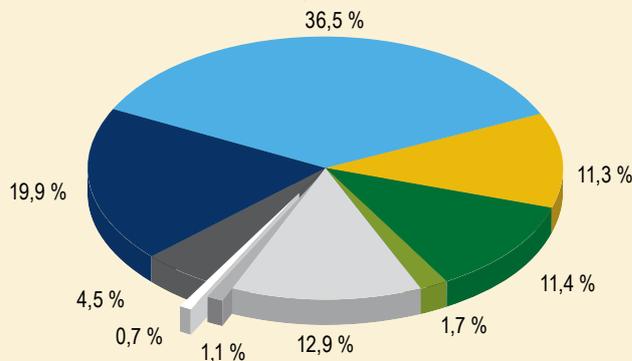
## Entwicklung der Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland nach Sektoren



Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiteren Quellen, siehe Seiten 16, 20 und 22

## Struktur der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2010

### Struktur der Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2010



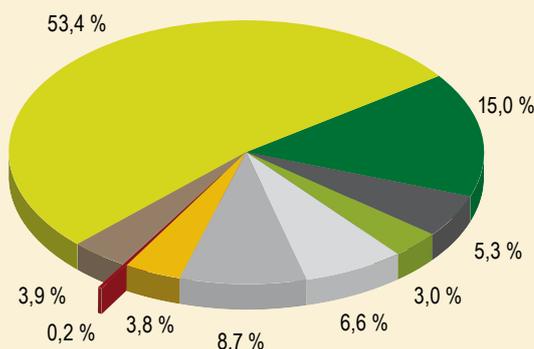
**EE-Strombereitstellung: 103,5 TWh**  
(Anteil am gesamten Bruttostromverbrauch: 17,0 %)

- 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 weiteren Quellen, siehe Tabelle Seite 16

### Struktur der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2010

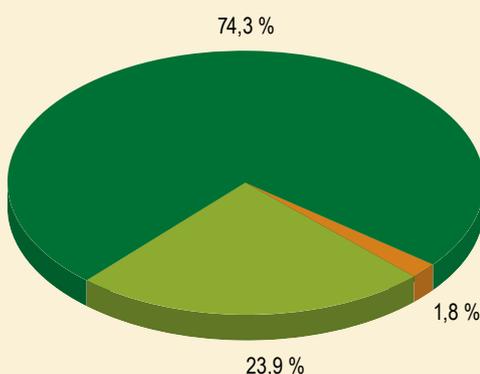


**EE-Wärmebereitstellung: 136,1 TWh**  
(Anteil am gesamten Wärmeverbrauch: 9,5 %)

- 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

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

### Struktur der Kraftstoffbereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2010



**Biogene Kraftstoffe: 35,7 TWh**  
(Anteil am gesamten Kraftstoffverbrauch: 5,8 %)

- Biodiesel
- Pflanzenöl
- Bioethanol

**Biokraftstoffmengen 2010:**  
Biodiesel: 2.582.000 Tonnen,  
2.924 Mio. Liter;  
Pflanzenöl: 61.000 Tonnen,  
66 Mio. Liter;  
Bioethanol: 1.158.000 Tonnen,  
1.460 Mio. Liter.

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen, siehe Tabelle Seite 22

## Entwicklung der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland von 1990 bis 2010

### Stromerzeugung (Endenergie) aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Wasserkraft <sup>1)</sup>	Windenergie	Biomasse <sup>2)</sup>	biogener Anteil des Abfalls <sup>3)</sup>	Photovoltaik	Geothermie	Summe Stromerzeugung	Anteil am Bruttostromverbrauch
	[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	7.550	2.893	1.844	64	0	37.218	6,4
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	19.059	38.639	25.989	4.352	6.583	18,8	94.641	16,3
2010	20.630	37.793	28.681	4.651	11.683	27,7	103.466	17,0

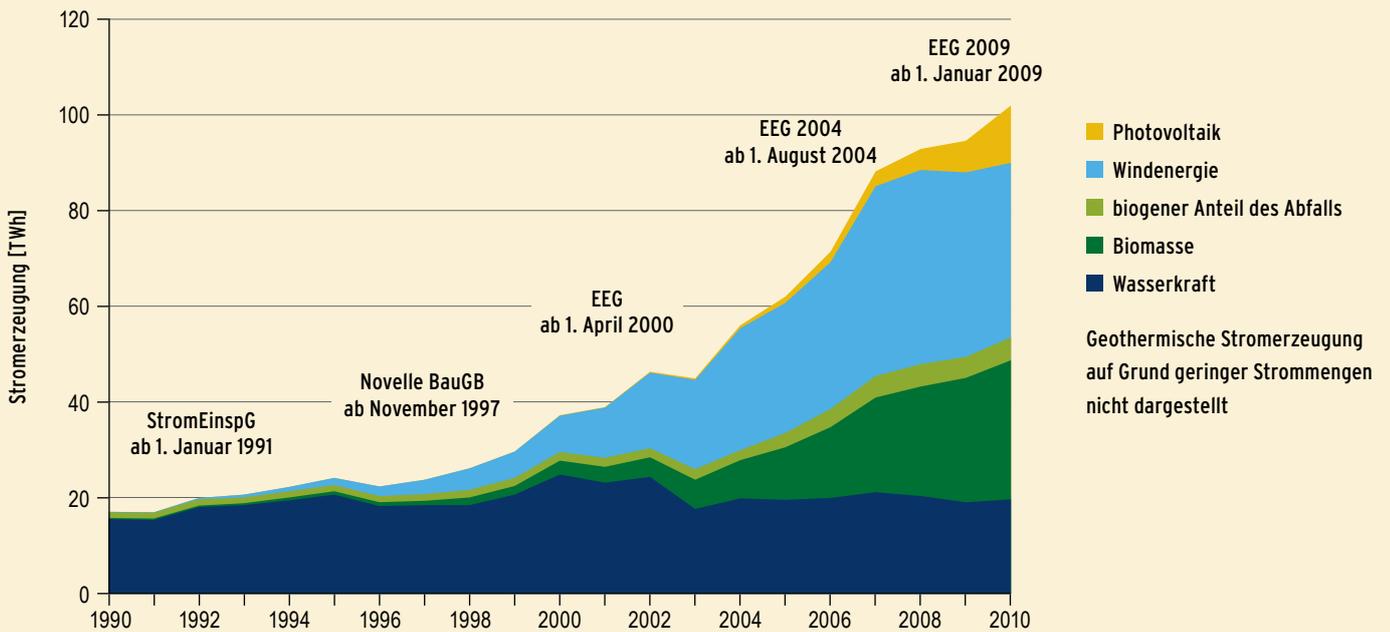
Zur Stromerzeugung aus Photovoltaik siehe Anhang Abs. 1.

- 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 (Sulfitablaue)

3) Anteil des biogenen Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 % angesetzt

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat, ZSW [1]; VDEW [17], [18], [22], [27], [28], [29]; AGEb [2]; BDEW [6], [23]; ÜNB [68]; StBA [21]; SFV [26]; Erdwärme-Kraft GbR [41]; geo x [42]; Geothermie Unterhaching [42]; Pfalzwerke geofuture [43]; ewb Bruchsal [44]; Energie AG Oberösterreich [45], DBFZ [12]

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



Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiteren Quellen, siehe Tabelle Seite 16

## 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 <sub>p</sub> ]	[MW]	[MW]
1990	4.403	55	85	499	1	0	5.043
1991	4.446	106	96	499	2	0	5.149
1992	4.489	174	105	499	3	0	5.270
1993	4.509	326	144	499	5	0	5.483
1994	4.529	618	178	499	6	0	5.830
1995	4.546	1.121	215	525	8	0	6.415
1996	4.563	1.549	253	551	11	0	6.927
1997	4.578	2.080	318	527	18	0	7.521
1998	4.600	2.877	432	540	23	0	8.472
1999	4.547	4.439	467	555	32	0	10.040
2000	4.600	6.097	579	585	76	0	11.937
2001	4.600	8.750	696	585	186	0	14.817
2002	4.620	11.989	843	585	296	0	18.333
2003	4.640	14.604	1.091	847	435	0	21.617
2004	4.660	16.623	1.444	1.016	1.105	0,2	24.848
2005	4.680	18.390	1.964	1.210	2.056	0,2	28.300
2006	4.700	20.579	2.620	1.250	2.899	0,2	32.048
2007	4.720	22.194	3.434	1.330	4.170	3,2	35.851
2008	4.740	23.836	3.969	1.440	6.120	3,2	40.108
2009	4.760	25.716	4.519	1.550	9.914	7,5	46.467
2010	4.780	27.204	4.960	1.650	17.320	7,5	55.922

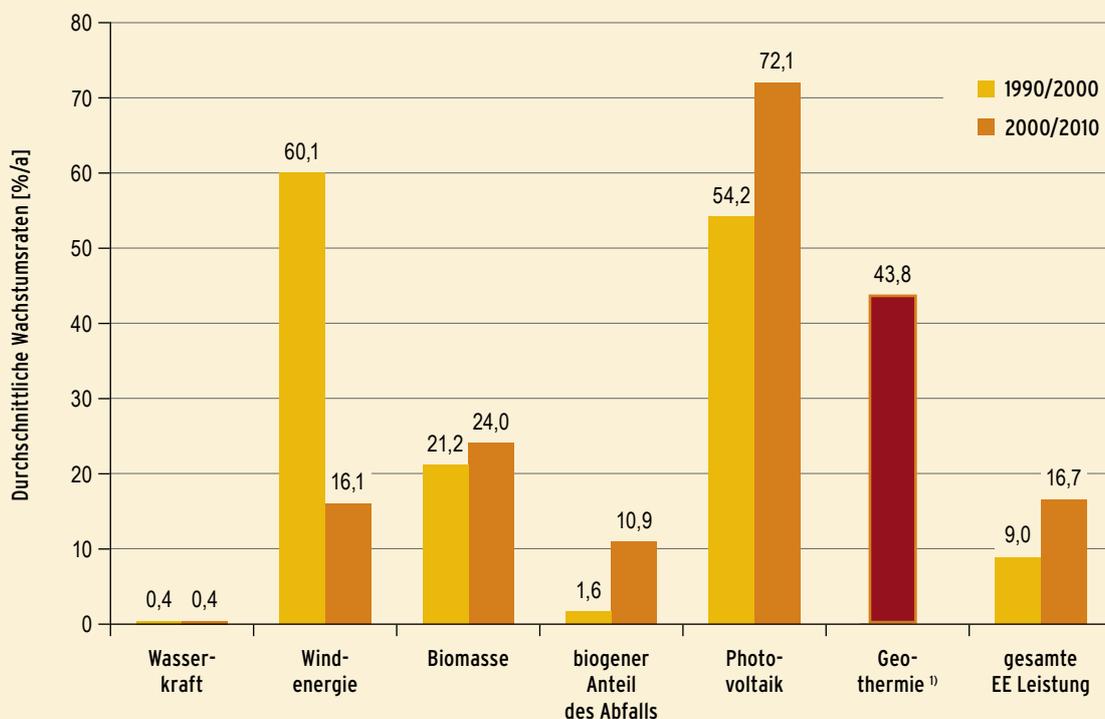
Anmerkungen: Bis einschließlich 1999 beinhalten die Angaben zur installierten elektrischen Leistung der Biomasseanlagen nur die „Kraftwerke der allgemeinen Versorgung“ sowie die „sonstigen EE-Einspeiser“.

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

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 [12]; ITAD [66]; Erdwärme-Kraft GbR [41]; geo x GmbH [42]; Geothermie Unterhaching [42]; Pfalzwerke geofuture [43]; ewb Bruchsal [44]; Energie AG Oberösterreich [45]; BNetzA [52], [74]; ZSW [1] nach [71]



### Durchschnittliche Wachstumsraten der installierten Leistung zur Stromerzeugung in Deutschland

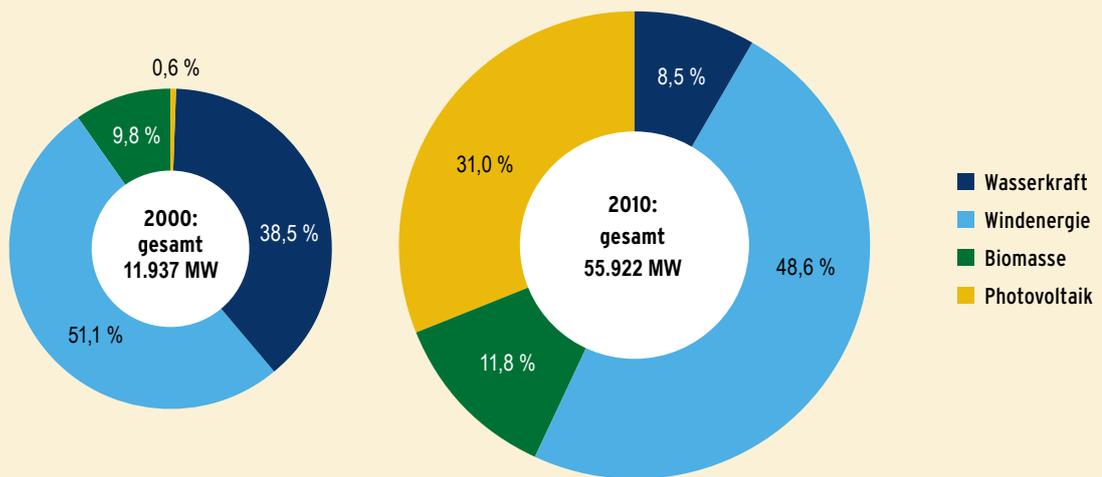


1) Für die geothermische Stromerzeugung wurde die Wachstumsrate für 2005/2010 berechnet.

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiteren Quellen, siehe Tabelle Seite 17



**Anteile an der installierten Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2000 und 2010**



Wegen des geringen Anteils aus geothermischen Stromerzeugungsanlagen erfolgte hier keine Darstellung.

Seit dem Inkrafttreten des EEG im Jahr 2000 hat sich die installierte Gesamtleistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien beinahe verfünffacht. Die Bedeutung der Wasserkraft ist in diesem Zeitraum deutlich zurückgegangen.

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen, siehe Tabelle Seite 17

## Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990

	Biomasse <sup>1)</sup>	biogener Anteil des Abfalls <sup>2)</sup>	Solarthermie <sup>3)</sup>	Geothermie <sup>4)</sup>	Summe Wärmeerzeugung	Anteil am Wärmeverbrauch
	[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	7,3
2009	100.641	10.863	4.733	4.931	121.168	8,9
2010	113.446	11.850	5.200	5.585	136.081	9,5

- 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 % 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) Nutzenergie; Rückbau von Altanlagen ist berücksichtigt
- 4) einschließlich Wärme aus Tiefengeothermie und 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]; nach IE et al. [58]; nach ITW [72]; GZB [59]; LIAG [61]; BWP [3], DBFZ [12]

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

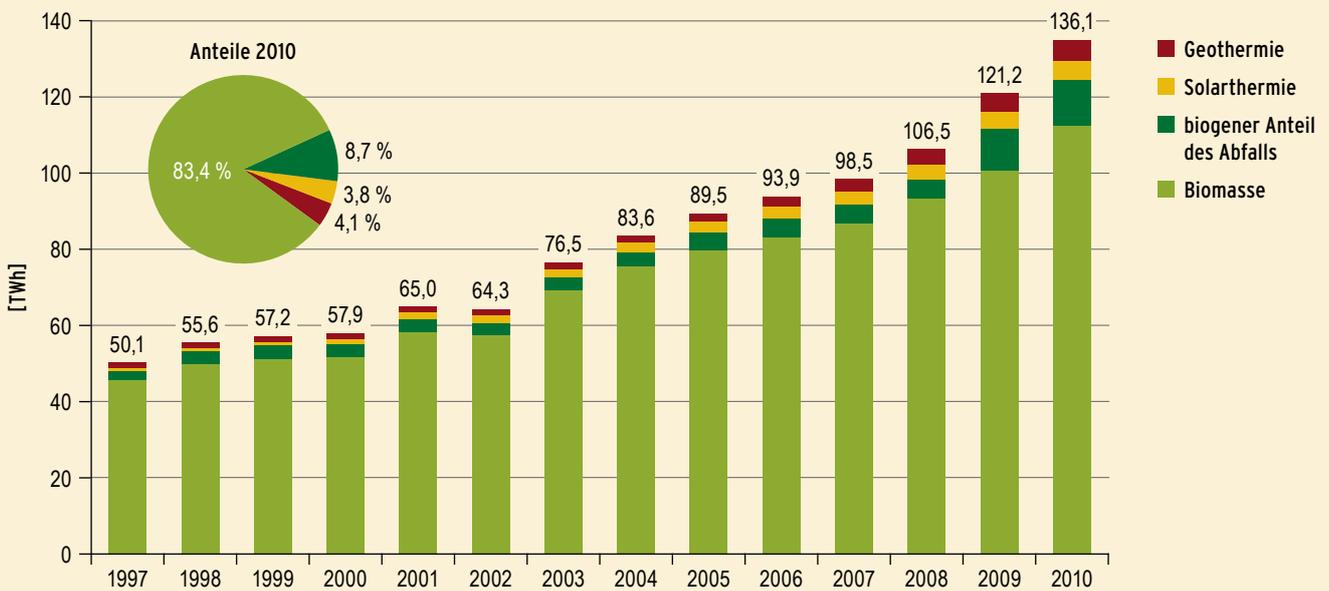
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
kumulierte Fläche	[1.000 m <sup>2</sup> ]	348	478	594	762	957	1.167	1.460	1.816	2.182	2.624	3.252
kumulierte Leistung	[MW]	244	335	416	534	670	817	1.022	1.271	1.527	1.837	2.276

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
kumulierte Fläche	[1.000 m <sup>2</sup> ]	4.149	4.679	5.395	6.151	7.099	8.501	9.437	11.331	12.909	14.044
kumulierte Leistung	[MW]	2.904	3.275	3.777	4.306	4.969	5.951	6.606	7.931	9.036	9.831

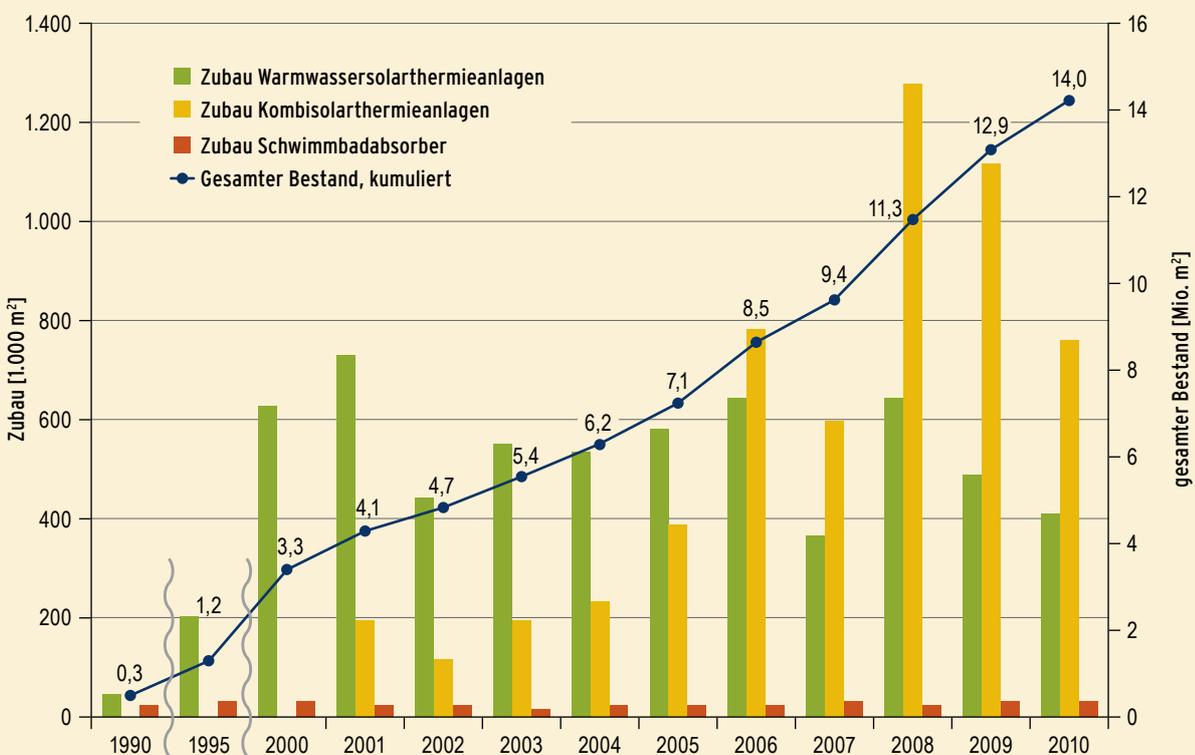
Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie ZSW [1]; ZfS [54]; BSW [51]

### Entwicklung der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1997



Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie ZSW [1]; StBA [21]; IEA [65]; AGEb [4], [69], [70]; BSW [51]; Zfs [54]; nach IE et al. [58]; nach ITW [72]; GZB [59]; LIAG [61]; BWP [3], DBFZ [12]

### Entwicklung des Zubaus von Solarkollektoren 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 seit 1990

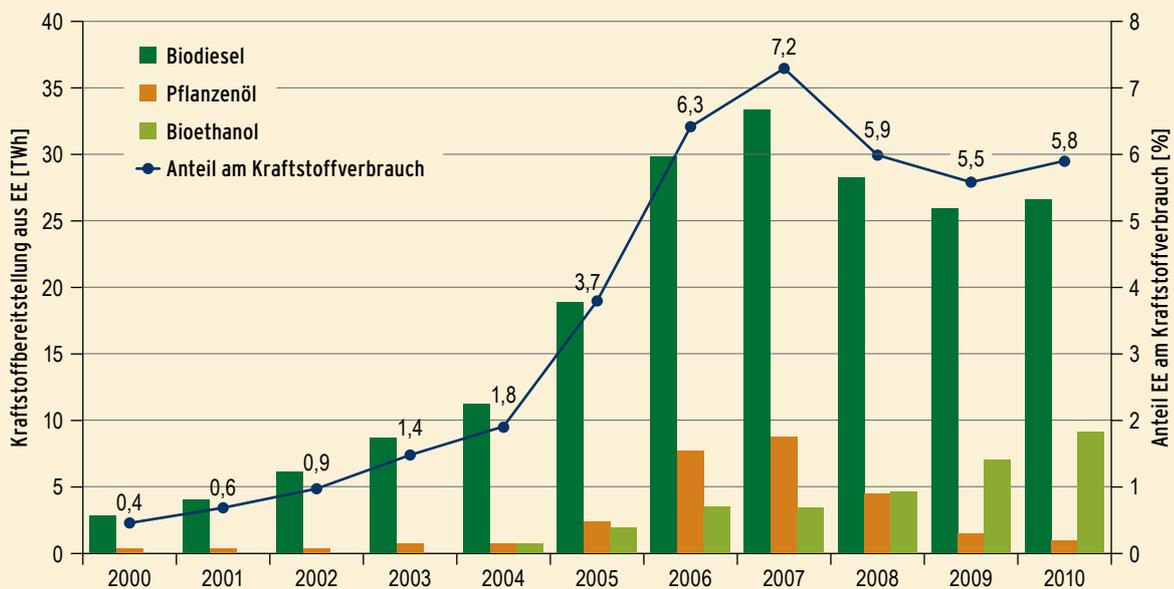
	Biodiesel	Pflanzenöl	Bioethanol	Summe Biokraftstoffe	Anteil am Kraftstoffverbrauch <sup>1)</sup>
	[GWh]			[GWh]	[%]
1990	0	k.A.	0	0	0
1991	2	k.A.	0	2	0
1992	52	21	0	73	0,01
1993	52	31	0	83	0,01
1994	258	42	0	300	0,05
1995	310	63	0	373	0,06
1996	516	84	0	600	0,09
1997	825	94	0	919	0,1
1998	1.032	115	0	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	10.833	345	481	11.659	1,8
2005	18.570	2.047	1.674	22.291	3,7
2006 <sup>2)</sup>	29.310	7.426	3.540	40.276	6,3
2007	33.677	8.066	3.412	45.155	7,2
2008	27.812	4.188	4.673	36.673	5,9
2009	25.972	1.043	6.748	33.763	5,5
2010 <sup>3)</sup>	26.520	636	8.541	35.697	5,8

- 1) Bezogen auf den gesamten Kraftstoffverbrauch ohne Flugkraftstoffe
- 2) In der Biodieselmenge 2006 ist auch Pflanzenöl enthalten. AGQM [31] und UFOP [32] weisen für 2006 einen Biodieselvebrauch von 25.800 GWh aus.
- 3) Biokraftstoffmengen 2010:  
Biodiesel: 2.582.000 Tonnen,  
Pflanzenöl: 61.000 Tonnen,  
Bioethanol: 1.158.000 Tonnen.

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



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

## Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2010

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 2010 eine Treibhausgasvermeidung von rund 118 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Auf den Stromsektor entfielen 74,9 Mio. t, davon sind 57 Mio. t der EEG-vergüteten Strommenge zuzuordnen. Im Wärmebereich wurden 38,0 Mio. t und im Kraftstoffbereich 5,0 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente vermieden.

Bei einer ausschließlichen Betrachtung des Treibhausgases Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), 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 2010 insgesamt 115 Mio. t CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden. Hiervon entfallen 70,3 Mio. t auf die erneuerbare Stromerzeugung (davon 54 Mio. t auf die EEG vergütete Strommenge), 37,5 Mio. t auf die erneuerbare Wärmebereitstellung und 7,4 Mio. t auf den Einsatz von Biokraftstoffen.

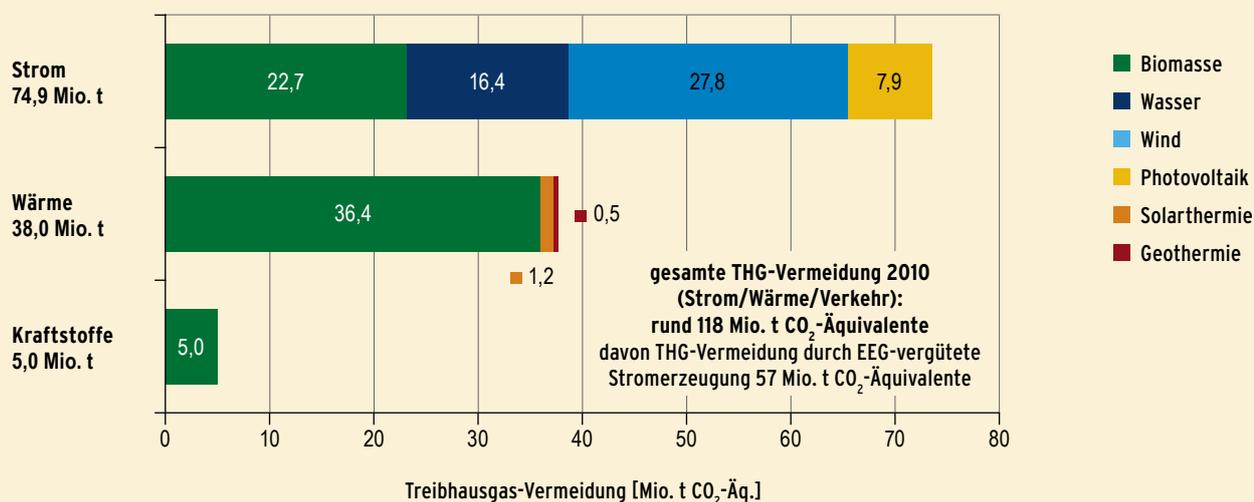
Die Netto-Bilanz der vermiedenen Emissionen durch erneuerbare Energien berücksichtigt grundsätzlich alle vorgelagerten Prozessketten zur Gewinnung und Bereitstellung der Energieträger sowie zur Herstellung der Anlagen. Den Emissionen der durch erneuerbare Energien ersetzten konventionellen Energieträger werden dabei diejenigen Emissionen gegenübergestellt, die aus den Vorketten und dem Betrieb der regenerativen Energieerzeugungsanlagen stammen.



Bei Strom und Wärme wird das Ergebnis maßgeblich dadurch beeinflusst, welche fossilen Brennstoffe durch erneuerbare Energien ersetzt werden. Bei den Biokraftstoffen ist besonders die Art und 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 (u.a. Holz) und Abfälle handelt, sind Landnutzungsänderungen durch den landwirtschaftlichen Anbau der Energiepflanzen zu beachten. Sie können die Bilanzergebnisse entscheidend beeinflussen. Die Effekte indirekter (d.h. durch Verdrängungseffekte mittelbar verursachter) Landnutzungsänderungen werden bei der Berechnung der Treibhausgasemissionen noch nicht berücksichtigt. Methodische Ansätze werden derzeit u.a. 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 weiterhin bezüglich direkter Landnutzungsänderungen eine gewisse Relevanz, z.B. aufgrund von Grünlandumbrüchen.

## Vermiedene Treibhausgas-Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2010



Abweichungen in den Summen durch Rundungen

Quellen: UBA auf Basis AGEE-Stat sowie weiterer Quellen, siehe Seiten 27, 29 und 31

## Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Stromsektor 2010

Die erneuerbare Stromerzeugung aus Wasser, Wind, Sonnenstrahlung, Biomasse sowie Erdwärme reduziert den Verbrauch fossiler Energieträger, auf deren Nutzung die Stromversorgung in Deutschland gegenwärtig hauptsächlich noch 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 ( $\text{CH}_4$ ) 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 2010

Strom	Vermeidungsfaktor
	[g CO <sub>2</sub> -Äq./kWh]
Wasserkraft	794
Windenergie	736
Photovoltaik	679
biogene Festbrennstoffe	778
biogene flüssige Brennstoffe	602
Biogas	565
Klärgas	748
Deponiegas	748
biogener Anteil des Abfalls	773
Geothermie	488

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 weiterer Quellen, siehe folgende Tabelle

## Emissionsbilanz erneuerbarer Stromerzeugung 2010

		EE Stromerzeugung gesamt: 103.466 GWh	
Treibhausgas/ Luftschadstoff		Vermeidungsfaktor [g/kWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhauseffekt 1)	CO <sub>2</sub>	680	70.320
	CH <sub>4</sub>	2,33	240,6
	N <sub>2</sub> O	-0,02	-1,7
	<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>	<b>723</b>	<b>74.850</b>
Versauerung 2)	SO <sub>2</sub>	0,31	31,7
	NO <sub>x</sub>	0,09	9,2
	<b>SO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>	<b>0,37</b>	<b>38,1</b>
Ozon 3) Staub 4)	CO	-0,23	-23,6
	NMVOC	-0,01	-1,2
	Staub	-0,03	-3,1

- 1) Weitere Treibhausgase (SF<sub>6</sub>, FKW, H-FKW) sind nicht berücksichtigt.
- 2) Weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH<sub>3</sub>, 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 CO<sub>2</sub>-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2008 und 2009“ (Klobasa et al. [88]). Zur Methodik der Berechnungen siehe Anhang Abs. 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]; aktualisierte Daten UBA [37]



## Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmesektor 2010

Neben der Nutzung von Sonnenlicht und Umweltwärme stammt erneuerbare Energie für Raumwärme und Warmwasser in den Haushalten sowie für industrielle Prozesswärme überwiegend aus der CO<sub>2</sub>-neutralen Verbrennung von Biomasse. Dabei wird nur soviel CO<sub>2</sub> 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 (z.B. 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 der Vermeidungsfaktoren für Solar- und Geothermie ist zu berücksichtigen, dass sich diese nicht auf den Brennstoffeinsatz, sondern direkt auf die Nutzenergie beziehen.

### THG-Vermeidungsfaktoren der erneuerbaren Wärmebereitstellung 2010

Wärme	Vermeidungsfaktor
	[g CO <sub>2</sub> -Äq./kWh]
biogene Festbrennstoffe (Haushalte)	302
biogene Festbrennstoffe (Industrie)	304
biogene Festbrennstoffe (HW/HKW)	286
biogene flüssige Brennstoffe	277
Biogas	157
Klärgas	267
Deponiegas	267
biogener Anteil des Abfalls	292
Solarthermie	225
tiefe Geothermie	64
oberflächennahe Geothermie <sup>1)</sup>	84

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) einschließlich sonstiger Umweltwärme

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

## Emissionsbilanz erneuerbarer Wärmebereitstellung 2010

		EE Wärmebereitstellung gesamt: 136.081 GWh	
Treibhausgas/ Luftschadstoff		Vermeidungsfaktor [g/kWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhauseffekt <sup>1)</sup>	CO <sub>2</sub>	275	37.476
	CH <sub>4</sub>	0,30	40,3
	N <sub>2</sub> O	-0,01	-1,1
	<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>	<b>279</b>	<b>37.982</b>
Versauerung <sup>2)</sup>	SO <sub>2</sub>	0,21	28,7
	NO <sub>x</sub>	-0,10	-14,0
	<b>SO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>	<b>0,14</b>	<b>19,0</b>
Ozon <sup>3)</sup> Staub <sup>4)</sup>	CO	-5,05	-687,0
	NMVOC	-0,24	-33,1
	Staub	-0,19	-25,3

- 1) Weitere Schadstoffe mit Treibhausgaspotenzial (SF<sub>6</sub>, FKW, H-FKW) sind nicht berücksichtigt.
- 2) Weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH<sub>3</sub>, 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 Abs. 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]; aktualisierte Daten UBA [37]



## Vermiedene Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Verkehrssektor 2010

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-(N<sub>2</sub>O)-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 25 bereits dargestellt – aus methodischen Gründen bisher noch nicht berücksichtigt werden.

### THG-Vermeidungsfaktoren der erneuerbaren Kraftstoffbereitstellung 2010



Verkehr	Vermeidungsfaktor
	[g CO <sub>2</sub> -Äq./kWh]
Biodiesel	137
Pflanzenöl	176
Bioethanol	145

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 weiterer Quellen, siehe folgende Tabelle

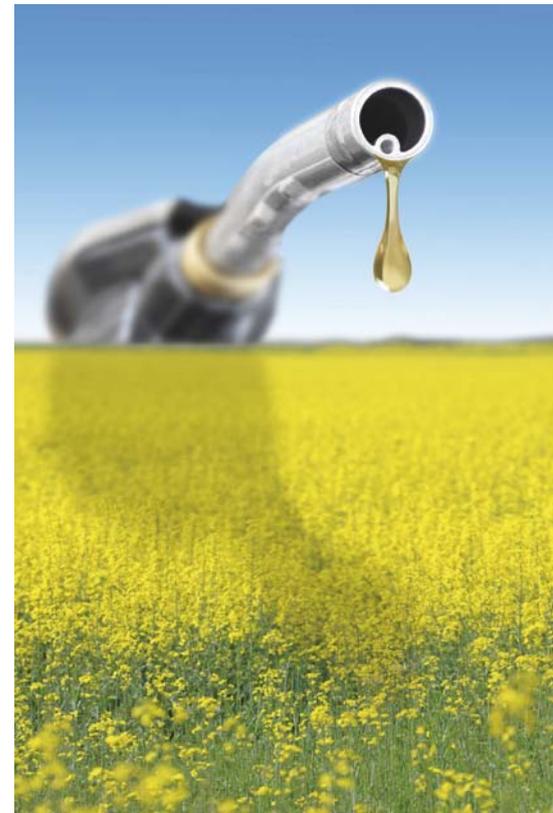
## Emissionsbilanz erneuerbare Kraftstoffbereitstellung 2010

		Biogene Kraftstoffe gesamt: 35.697 GWh	
Treibhausgas/ Luftschadstoff		Vermeidungsfaktor [g/kWh]	vermiedene Emissionen [1.000 t]
Treibhauseffekt 1)	CO <sub>2</sub>	205	7.333
	CH <sub>4</sub>	-0,27	-9,6
	N <sub>2</sub> O	-0,20	-7,0
	<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>	<b>140</b>	<b>4.987</b>
Versauerung 2)	SO <sub>2</sub>	-0,05	-1,6
	NO <sub>x</sub>	-0,37	-13,2
	<b>SO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>	<b>-0,30</b>	<b>-10,8</b>
Ozon <sup>3)</sup> Staub <sup>4)</sup>	CO	-0,06	-2,1
	NMVOC	0,13	4,8
	Staub	-0,03	-1,0

- 1) Weitere Schadstoffe mit Treibhausgaspotenzial (SF<sub>6</sub>, FKW, H-FKW) sind nicht berücksichtigt.
- 2) Weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH<sub>3</sub>, 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 Abs. 5.

Quellen: UBA [75] auf Basis AGEE-Stat und EP/ER [85]; BR [79]; BR [80]; BDB<sup>e</sup> [82]; VDB [81]; UFOP [93]; Greenpeace [78]; BLE [96]; StBA [95] und IFEU [5]



## Einsparung von fossilen Energieträgern und Energieimporten durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2010

### Primärenergieeinsparung durch die Nutzung erneuerbarer Energieträger

	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl/ Heizöl	Diesel- Kraftstoff	Otto- Kraftstoff	gesamt
<b>Primärenergie [TWh]</b>							
Strom	14,5	157,7	62,3	0,0	–	–	234,4
Wärme	11,4	13,0	67,5	53,2	–	–	145,1
Verkehr	–	–	–	–	16,0	7,0	23,0
<b>gesamt</b>	<b>26,0</b>	<b>170,7</b>	<b>129,7</b>	<b>53,2</b>	<b>16,0</b>	<b>7,0</b>	<b>402,6</b>
<b>Primärenergie [PJ]</b>							
<b>gesamt</b>	<b>93,4</b>	<b>614,5</b>	<b>467,0</b>	<b>191,5</b>	<b>57,6</b>	<b>25,2</b>	<b>1.449,2</b>
<b>das entspricht <sup>1)</sup>:</b>	<b>9,3 Mio. t <sup>2)</sup></b>	<b>20,3 Mio. t <sup>3)</sup></b>	<b>13.279 Mio. m<sup>3</sup></b>	<b>5.358 Mio. Liter</b>	<b>1.607 Mio. Liter</b>	<b>776 Mio. Liter</b>	

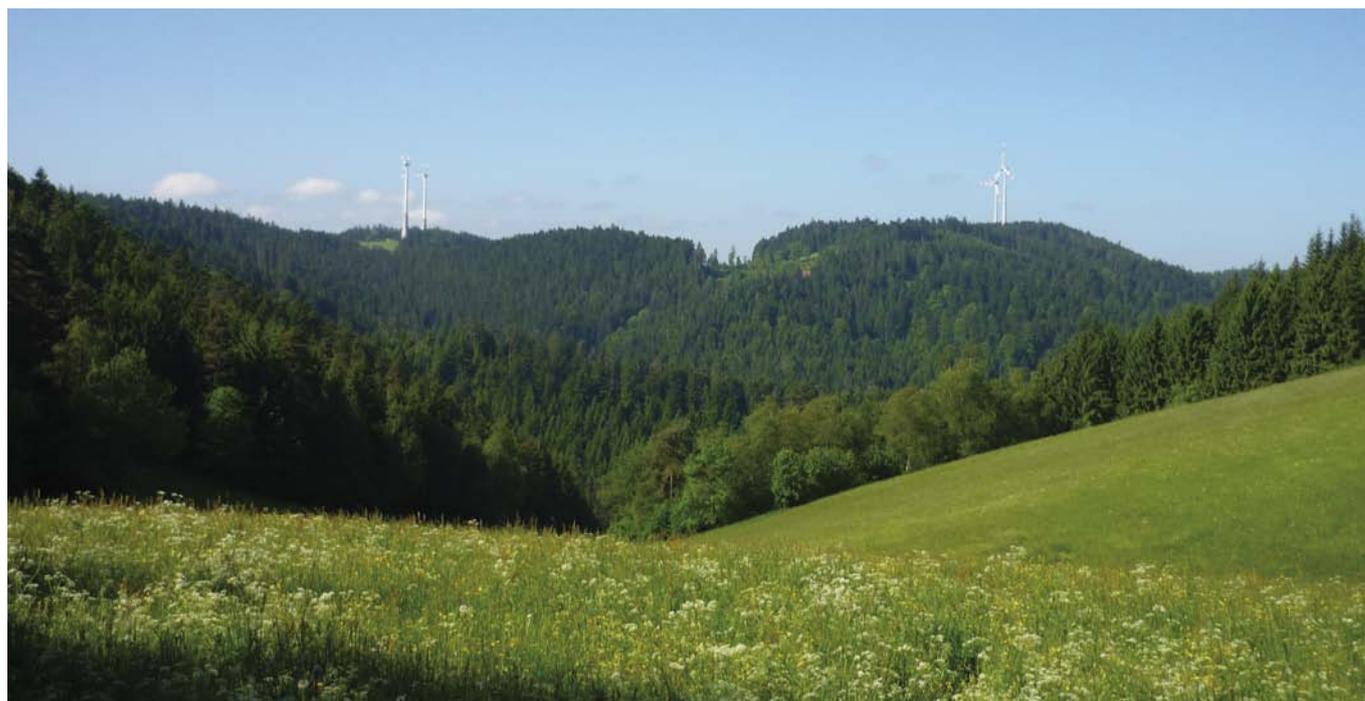
Die Berechnung der Einsparung fossiler Energieträger erfolgt analog der Emissionsbilanzierung, siehe auch Anhang Abs. 6.

1) Zur Umrechnung der eingesparten Primärenergie wurden folgende von der AGEB 2008 ermittelten Heizwerte angesetzt: Braunkohlen 2,498 kWh/kg, Braunkohlebriketts 5,426 kWh/kg, Staubkohlen 6,064 kWh/kg; Steinkohle 8,428 kWh/kg, Steinkohlekoks 7,958 kWh/kg,

Erdgas 9,769 kWh/m<sup>3</sup>, Heizöl leicht 9,927 kWh/Liter, Dieseldieselkraftstoff 9,964 kWh/Liter, Ottokraftstoff 9,011 kWh/Liter.

2) darunter circa 8,5 Mio. t Braunkohlen, circa 0,3 Mio. t Braunkohlebriketts und circa 0,5 Mio. t Staubkohlen  
3) darunter circa 20,1 Mio. t Steinkohle und circa 0,2 Mio. t Steinkohlekoks

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 weiterer Quellen, siehe Tabellen Seiten 27, 29 und 31



Die Tabellen zeigen detailliert die Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr im Jahr 2010. Die Gesamteinsparung ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Da in Deutschland fossile, d.h. nicht erneuerbare Energieträger wie Mineralöl, Erdgas und Steinkohle, zu einem hohen Anteil importiert werden, führen diese Einsparungen auch zu einer 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	218,9	130,1	21,8	370,8
2010	234,4	145,1	23,0	402,6

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 weiterer Quellen, siehe Tabellen Seiten 27, 29 und 31

### Entwicklung der eingesparten Kosten in Deutschland bei fossilen Energieimporten<sup>1)</sup>

	Strom	Wärme	Verkehr	gesamt
	[Mrd. EUR]			
2009	2,1	3,1	0,9	6,2 <sup>2)</sup>
2010	2,5	3,3	0,8	6,7 <sup>2)</sup>

#### Vorläufige Angaben

- 1) Ohne importierte Braunkohle für Heizzwecke (Briketts). Importanteile von Erdöl und Erdgas nach [BMWi]. Für Kesselkohle Importanteil 100 %, da feste Abnahmeverträge für deutsche Steinkohle keine Verminderung zulassen. Einsparungen bei Kesselkohle führen daher zu einer Verringerung der Steinkohleimporte. Der Importanteil von Steinkohle liegt insgesamt bei über 75 %. Importpreise nach [BAFA].
- 2) Bruttoangaben. Bei Berücksichtigung biogener Brennstoffimporte verringern sich die Importersparnisse auf 5,8 Mrd. EUR (2010) bzw. 5,7 Mrd. EUR (2009). Vgl. zum Berechnungsweg [133]

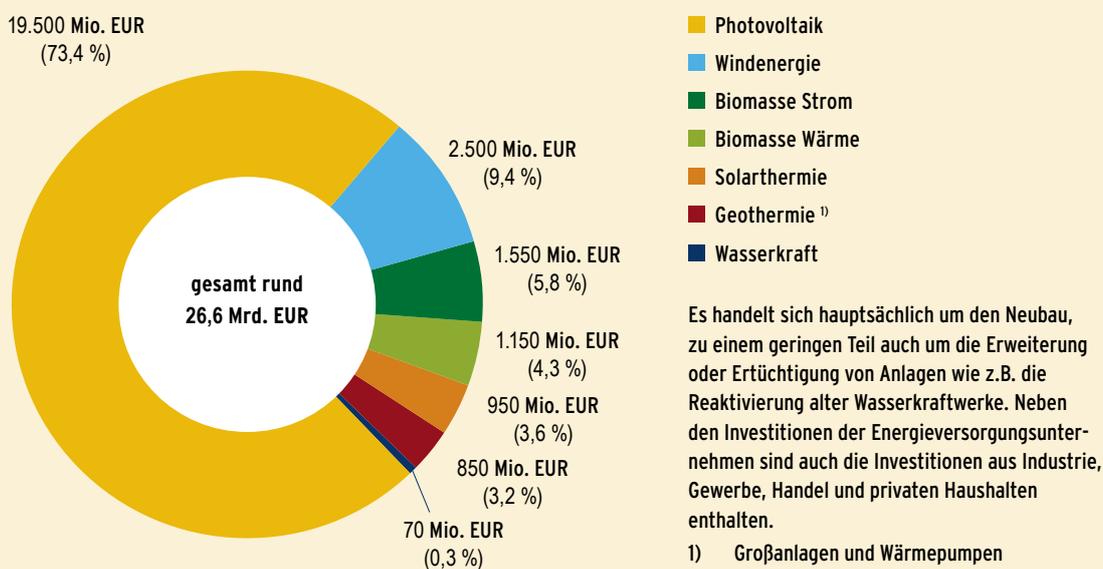
Quelle: ISI et al. [55]

## Wirtschaftliche Impulse aus dem Bau und Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2010

Auch im Jahr 2010 konnten die erneuerbaren Energien ihre zunehmende Bedeutung als Wirtschaftsfaktor unterstreichen. Nachdem sie sich auch während der Wirtschaftskrise als stabil erwiesen, konnten sie trotz der teilweise schwierigeren Rahmenbedingungen ihr Wachstum fortsetzen. Trotz einer Kürzung der PV-Einspeisevergütung, einem zwischenzeitlichen Stopp des Marktanzreizprogramms für erneuerbare Energien und des geringsten Zubaus von Windenergieanlagen seit 1999 stiegen die Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien gegenüber dem Vorjahr um gut 33 % an. Hierfür war insbesondere der starke Aufwuchs bei der Photovoltaik verantwortlich. Bemerkenswert ist zudem, dass gut 89 % der Investitionen auf Stromerzeugungsanlagen entfallen, die nach dem EEG gefördert werden.

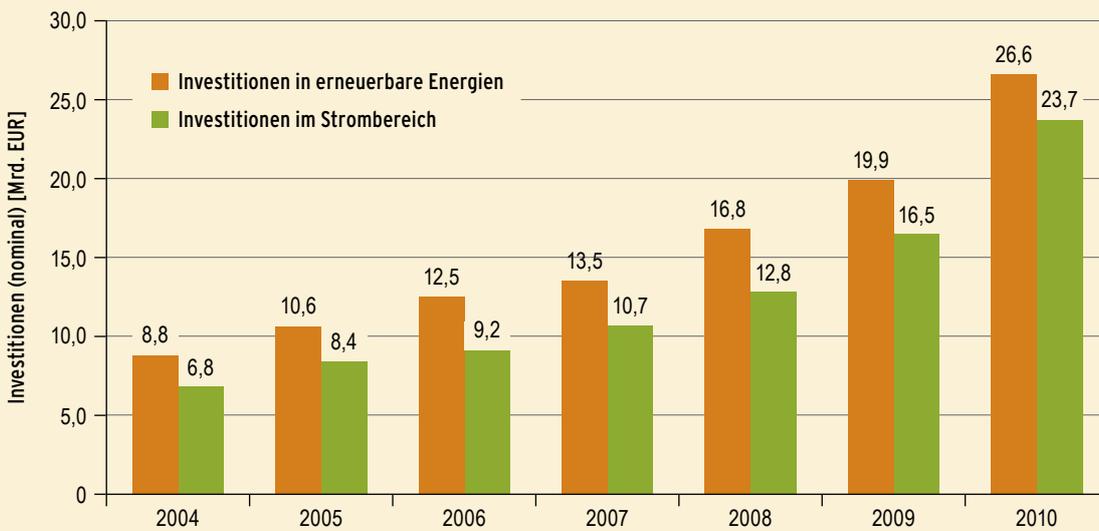
Die darüber hinaus durch den Anlagenbetrieb generierten wirtschaftlichen Impulse beliefen sich im Jahr 2010 auf rund 11,1 Mrd. Euro.

### Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2010



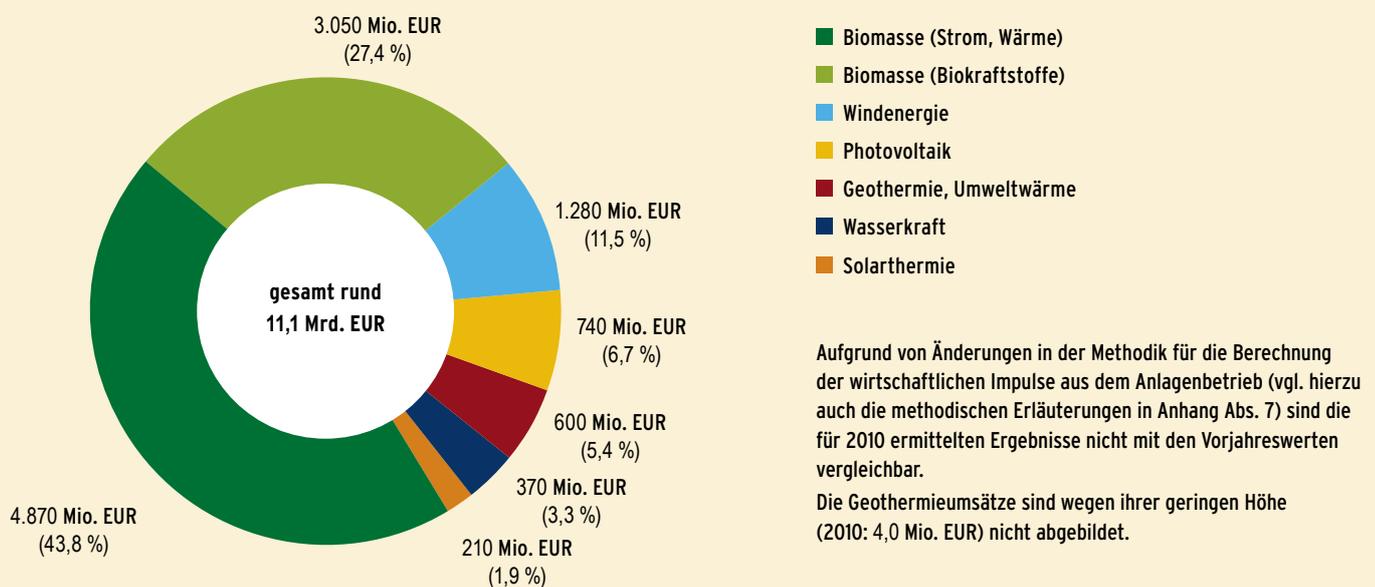
Quelle: BMU nach ZSW [1]

### Entwicklung der Investitionen im Bereich der erneuerbaren Energien und deren induzierter Anteil im Strombereich in Deutschland bis zum Jahr 2010



Quelle: BMU nach ZSW [1]

### Wirtschaftliche Impulse aus dem Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2010



Quelle: BMU nach ZSW [1]; Berechnung auf Basis von [20]; Staiß et al. [35]; ZSW [49], [137]; [140]; UFOP [141]; Gehring [122]; DBFZ [57]; DLR et al. [134]; [138]; ZSW et al. [136]; Fichtner et al. [139]

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

## Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland

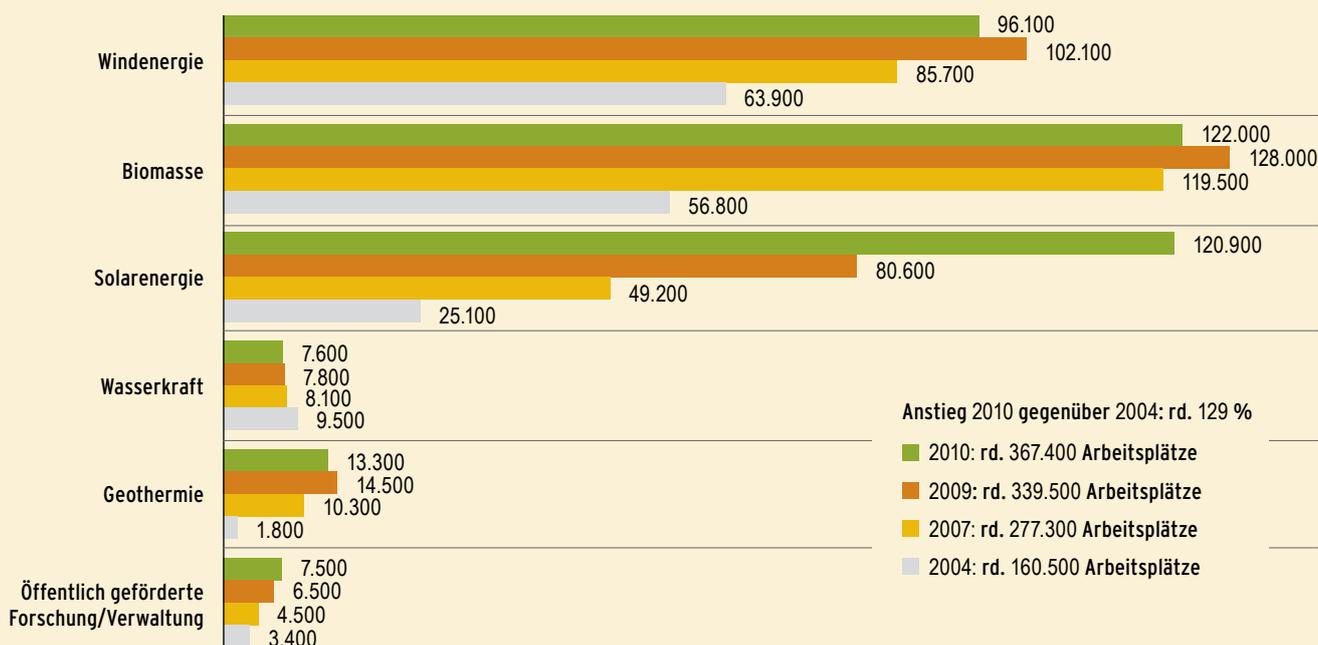
Die Bedeutung der erneuerbaren Energien als Wirtschaftsfaktor in Deutschland wächst weiterhin. Dies äußert sich in zunehmenden Investitionen in Anlagen und Produktionskapazitäten ebenso wie in einem anhaltenden Anstieg der Beschäftigung in diesem Bereich. Nach einem aktuellen Forschungsvorhaben des BMU ([36], [63], [146]) sind im Bereich der erneuerbaren Energien nach einer ersten Abschätzung im Jahr 2010 insgesamt bereits mehr als 367.000 Arbeitsplätze in Deutschland zuzurechnen. Diese Zahl stellt gegenüber 2004 (rund 160.000 Beschäftigte) deutlich mehr als eine Verdopplung dar. Rund 262.000, d.h. gut zwei Drittel der für 2010 ermittelten Arbeitsplätze, waren 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.

Auch für die Zukunft wird in [63] eine positive Entwicklung des Arbeitsmarktes im Umfeld der erneuerbaren Energien gesehen. Bei weiterhin erfolgreicher Aktivität der im Bereich der erneuerbaren Energien arbeitenden deutschen Unternehmen auf den Weltmärkten kann die Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland demnach bis zum Jahr 2030 auf über eine halbe Million Beschäftigte steigen. In gesamtwirtschaftlichen Modellrechnungen wurden darüber hinaus die derzeit negativen Kostenimpulse berücksichtigt und die resultierende Netto-Beschäftigung ermittelt, die nach Abzug aller negativen Effekte bleibt. Demnach wird ein ambitionierter Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland in nahezu allen analysierten Szenarien zu mehr Beschäftigung führen als eine Energieversorgung, die weitestgehend auf erneuerbare Energien verzichtet.

Weitere Informationen zum Thema im Internet auf der BMU-Themenseite <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/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 mehr als 367.000 Menschen (siehe Seite 36) im Bereich der erneuerbaren Energien beschäftigt und die Zahl der Beschäftigten wird 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 letzten 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 <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/42758/>) 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 u.a. vom BMU-Bildungsservice (<http://www.bmu.de/bildungsservice/aktuell/6807.php>) 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	<a href="http://www.studium-erneuerbare-energien.de/">http://www.studium-erneuerbare-energien.de/</a>
Energieagentur NRW	<a href="http://whoiswho.wissensportal-energie.de/">http://whoiswho.wissensportal-energie.de/</a>
Wissenschaftsladen Bonn	<a href="http://www.jobmotor-erneuerbare.de/">http://www.jobmotor-erneuerbare.de/</a>
Bildungsportal Windenergie	<a href="http://www.bildungsportal-windenergie.de/">http://www.bildungsportal-windenergie.de/</a>
SolarServer - Internetportal zur Sonnenenergie	<a href="http://www.solarserver.de/">http://www.solarserver.de/</a>
Agentur für Erneuerbare Energien	<a href="http://www.unendlich-viel-energie.de/">http://www.unendlich-viel-energie.de/</a>

## 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 Strom<sup>1)</sup>. Hieraus entstehen Förderkosten, die über eine sog. EEG-Umlage als Teil des Strompreises auf die Stromkunden überwält werden. Knapp 600 besonders stromintensive Unternehmen des produzierenden Gewerbes sowie Schienenbahnen profitieren dabei 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 knapp 20 %.

### 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) nicht mehr wie bislang über eine Quote an alle Stromlieferanten verteilt, sondern 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 Stromletzverbrauch 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- bzw. Unterdeckungen des EEG-Kontos aufgrund einer von der Prognose abweichenden Marktentwicklung sind dann im jeweiligen Folgejahr auszugleichen. Nähere Informationen hierzu sowie dem bis dahin geltenden Verfahren der physikalischen Wälzung des EEG-Stroms finden sich u.a. in [132].

### EEG-Umlage im Jahr 2010

Am 15. Oktober 2009 hatten die ÜNB für 2010 mit Gesamtausgaben von 12,7 Mrd. Euro gerechnet. Dem standen erwartete Einnahmen von 4,5 Mrd. Euro entgegen. Die Differenz von rd. 8,2 Mrd. Euro war demnach 2010 über die EEG-Umlage zu decken, woraus sich für 2010 eine EEG-Umlage von 2,05 Cent pro Kilowattstunde ableitete [124].

Angaben nominal, nach Abzug der vermiedenen Netzentgelte. Wegen des Wechsels des Berechnungsverfahrens sind die Werte für 2010 nicht direkt mit denen der Vorjahre vergleichbar.

Quelle: IfnE [7]

### Entwicklung der EEG-Differenzkosten für nicht privilegierte Stromkunden

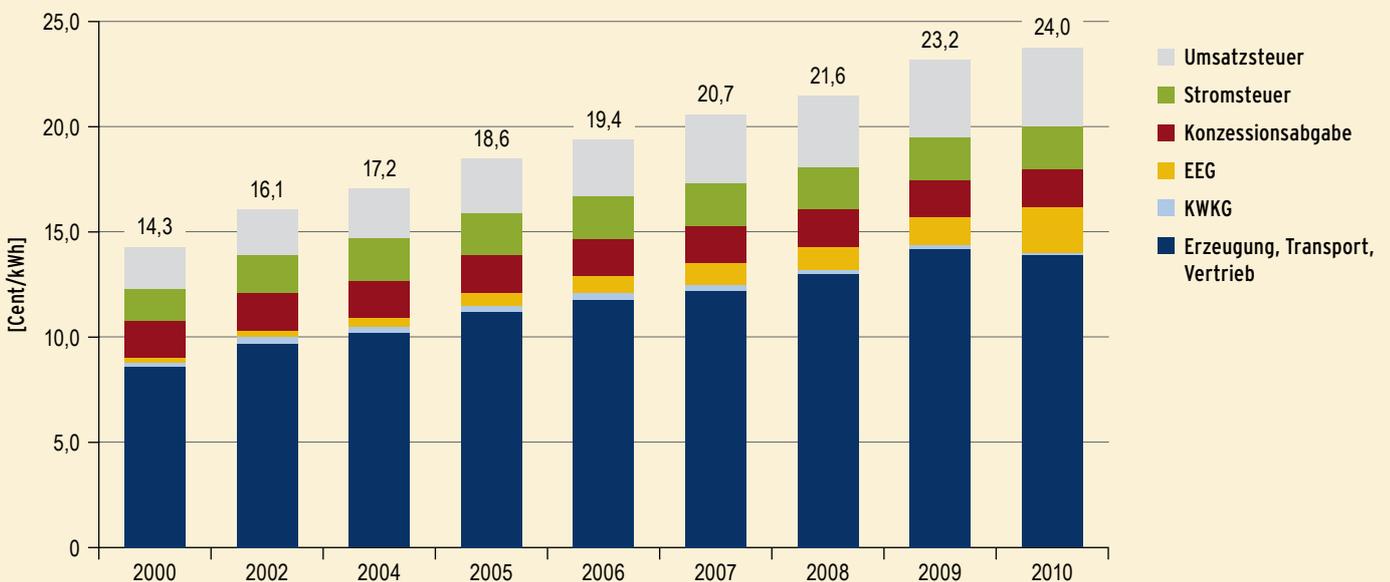
	EEG-Differenzkosten
Jahr	[Mrd. Euro]
2000	0,9
2001	1,1
2002	1,7
2003	1,8
2004	2,4
2005	2,8
2006	3,3
2007	4,3
2008	4,7
2009	5,3
2010	9,4

1) Grund hierfür ist u.a., dass in dieser betriebswirtschaftlichen Kalkulation wesentliche Nutzenpositionen unberücksichtigt bleiben. Bei einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung kann sich ein anderes Bild ergeben, siehe hierzu Seite 50 ff., ÜNB [124] und BMU [53].

Wesentliche Annahmen dieser Abschätzung erwiesen sich im Rückblick auf das Jahr 2010 als nicht zutreffend. Zum einen wurden der Zubau bei Photovoltaik und die Entwicklung der Vergütungen für Biomasse unterschätzt. Hieraus entstanden den ÜNB 2010 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 2010 eine Unterdeckung von gut 1 Mrd. Euro auf, die in die Berechnung der EEG-Umlage für 2011 einfließt.

Die Ende Juli 2011 vorgelegte EEG-Jahresschlussrechnung bestätigte die zwischenzeitlichen Abschätzungen. Demnach betragen die jahresscharf berechneten EEG-Differenzkosten 2010 rund 9,4 Mrd. Euro. Hieraus ergibt sich – rein rechnerisch – für 2010 eine EEG-Umlage von etwa 2,3 Cent pro Kilowattstunde.

### Kostenanteile für eine Kilowattstunde Strom für Haushaltskunden



	2000	2002	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Erzeugung, Transport, Vertrieb	8,6	9,7	10,2	11,2	11,8	12,2	13,0	14,2	13,9
KWKG	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1
EEG	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,1	1,3	2,3 <sup>1)</sup>
Konzessionsabgabe	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Stromsteuer	1,5	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Umsatzsteuer	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	3,3	3,4	3,7	3,8
<b>gesamt</b>	<b>14,3</b>	<b>16,1</b>	<b>17,2</b>	<b>18,6</b>	<b>19,4</b>	<b>20,7</b>	<b>21,6</b>	<b>23,2</b>	<b>24,0</b>

1) Rechnerischer Wert auf Grundlage der EEG-Jahresabrechnung für 2010

Quellen: BMU [50]; IfnE [7]

## Merit-Order-Effekt

Bei der Analyse der Auswirkungen erneuerbarer Energien und speziell des EEG auf die Strompreise ist auch der sog. Merit-Order-Effekt zu beachten. Dieser beschreibt den Einfluss, den die vorrangige Einspeisung erneuerbar erzeugten Stroms, insbesondere aus Windenergie, 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 siehe [55] und [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 2009 etwa 0,6 Cent/kWh bzw. – bezogen auf die gesamte am Spotmarkt gehandelte Strommenge – gut 3 Milliarden Euro. (Berechnungen für 2010 liegen noch nicht vor.) 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/kWh begrenzt ist, profitieren sie als Sondervertragskunden i.d.R. am ehesten von sinkenden Strompreisen an der Börse.

### Wirkungen des Merit-Order-Effekts

	Simulierte EEG-Stromerzeugung	Absenkung des Phelix Day Base	Kostensenkung durch Merit-Order-Effekt
Jahr	[TWh]	[ct/kWh]	[Mrd. EUR]
2008	69,3	0,58	3,6
2009	76,1	0,61	3,1

Quellen: BMU [53]; Sensfuß [135]



## Struktur der nach dem EEG vergüteten Strommengen seit 2000

		2000 <sup>1)</sup>	2002	2004	2006	2008	2009	2010	
<b>Letztverbrauch gesamt</b>		<b>344.663</b>	<b>465.346</b>	<b>487.627</b>	<b>495.203</b>	<b>493.506</b>	<b>466.055</b>	<b>485.465</b>	
Privilegierter Letztverbrauch <sup>2)</sup>		–	–	36.865	70.161	77.991	65.023	80.665	
<b>EEG-vergütete Strommenge gesamt <sup>3)</sup></b>		<b>10.391,0</b>	<b>24.969,9</b>	<b>38.511,2</b>	<b>51.545,2</b>	<b>71.147,9</b>	<b>75.053,4</b>	<b>80.698,9</b>	
Wasserkraft, Gase <sup>4)</sup>	[GWh]	4.114,0	6.579,3	4.616,1	4.923,9	4.981,5	4.877,2	5.049,0	
Gase <sup>4)</sup>				2.588,6	2.789,2	2.208,2	2.019,5	1.160,0	
Biomasse		586,0	2.442,0	5.241,0	10.901,6	18.947,0	22.979,9	25.145,9	
Geothermie		–	–	0,2	0,4	17,6	18,8	27,7	
Windkraft		5.662,0	15.786,2	25.508,8	30.709,9	40.573,7	38.579,7	37.633,8	
Solare Strahlungsenergie		29,0	162,4	556,5	2.220,3	4.419,8	6.578,3	11.682,5	
<b>EEG-Quote <sup>5)</sup></b>		<b>[%]</b>	<b>3,01</b>	<b>5,37</b>	<b>8,48</b>	<b>12,01</b>	<b>17,13</b>	<b>18,58</b>	<b>20,02</b>
<b>Durchschnittsvergütung</b>		<b>[ct/kWh]</b>	<b>8,50</b>	<b>8,91</b>	<b>9,29</b>	<b>10,88</b>	<b>12,25</b>	<b>13,95</b>	<b>15,86</b>
<b>Gesamtvergütung <sup>6)</sup></b>	<b>[Mrd. EUR]</b>	<b>0,88</b>	<b>2,23</b>	<b>3,61</b>	<b>5,81</b>	<b>9,02</b>	<b>10,78</b>	<b>13,18</b>	
Nicht vergütete EE-Strommenge	[GWh]	26.827	20.678	17.541	20.122	21.841	19.587	22.767	
<b>Gesamte EE-Strommenge</b>	<b>[GWh]</b>	<b>37.218</b>	<b>45.648</b>	<b>56.052</b>	<b>71.657</b>	<b>92.989</b>	<b>94.641</b>	<b>103.466</b>	

1) Rumpffahr: 01.04. – 31.12.2000

2) durch die Besondere Ausgleichsregelung 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

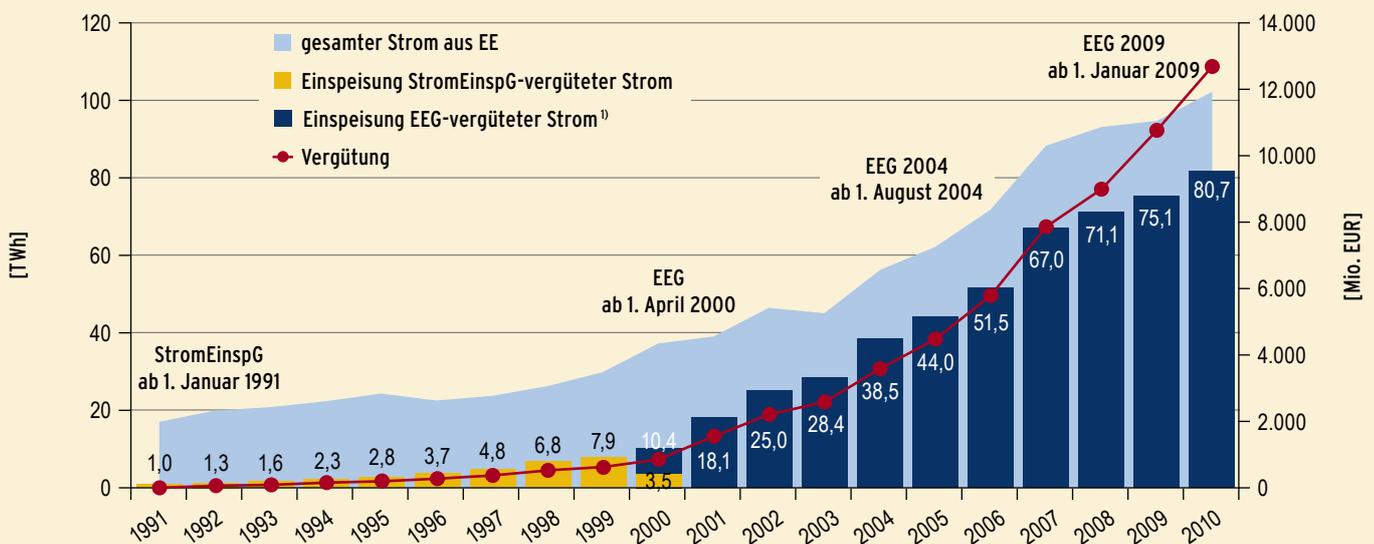
5) Quote an nicht privilegiertem Letztverbrauch

6) Gesamtvergütung ohne Abzug der vermiedenen Netznutzungsentgelte

Weitere Informationen finden sich auf den Internetseiten der Informationsplattform der Deutschen Übertragungsnetzbetreiber unter <http://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

Dem Ausbau erneuerbarer Energien kommt im Wärmemarkt angesichts dessen enormer Bedeutung eine zentrale Rolle zu: Rund 55 % des Endenergiebedarfs entfallen in Deutschland auf den Wärmemarkt. Maßgebliches Instrument zur Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien im Wärmemarkt ist das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) im Zusammenspiel mit dem Marktanzreizprogramm (MAP). Das Wärmeengesetz ist am 1. Januar 2009 in Kraft getreten.

Das EEWärmeG verfolgt das Ziel, dass im Jahr 2020 mindestens 14 % der Wärme in Deutschland aus erneuerbaren Energien erzeugt werden. Hierdurch sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Energieversorgung reduziert, die Ressourcen geschont und ein Beitrag zu einer sicheren und nachhaltigen Energieversorgung geleistet werden. Neben einzelnen Anreizen zur Verbesserung des Ausbaus von Nah- und Fernwärmenetzen basiert das Gesetz im Wesentlichen auf zwei Säulen:

Erstens müssen die Eigentümer von Gebäuden, die seit dem 1. Januar 2009 neu gebaut werden, zu einem bestimmten Mindestanteil erneuerbare Energien für ihre Wärmeversorgung nutzen. Diese Nutzungspflicht kann durch alle Formen von erneuerbaren Energien, mit denen Wärme erzeugt werden kann, erfüllt werden, auch in Kombination. Die Bauherren können daher Wärme aus solarer Strahlungsenergie, Geothermie, Umweltwärme und Biomasse nutzen, um die Pflicht zu erfüllen. Anstelle von erneuerbaren Energien können auch andere klimaschonende Maßnahmen ergriffen werden, sog. Ersatzmaßnahmen: Die Nutzungspflicht kann daher auch durch Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung, Abwärme oder





Fernwärme erfüllt werden, ebenso durch eine verstärkte Wärmedämmung, die über das Niveau der Energieeinsparverordnung hinausgeht. Die Kosten der Nutzungspflicht und ihrer Erfüllung entstehen dadurch beim Bauherrn bzw. Eigentümer des Neubaus. Eventuelle Mehrkosten für die Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien oder zur Durchführung von Ersatzmaßnahmen sind von ihm zu tragen, sie basieren direkt auf den unterschiedlichen Wärmeerzeugungskosten und werden je nach Technologie und Wirtschaftlichkeit ggf. durch Einsparungen insbesondere für den geringeren Bezug fossiler Energien ausgeglichen.

Die zweite Säule des EEWärmeG ist die finanzielle Förderung. Das EEWärmeG bildet heute den rechtlichen Rahmen für die Förderung durch das Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien (MAP). Das MAP wurde seit 1999 schrittweise ausgeweitet und ist das zentrale Instrument der Bundesregierung für die Förderung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt. Damit werden Investitionen für die Errichtung von Anlagen zur Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energien angestoßen.

Das EEWärmeG stellt klar, dass der Bund die Nutzung erneuerbarer Energien für die Erzeugung von Wärme bedarfsgerecht in den Jahren 2009 bis 2012 mit bis zu 500 Millionen Euro pro Jahr unterstützt. Diese Mittel stammen zum einen aus Steuereinnahmen und darüber hinaus aus der 2008 ins Leben gerufenen Klimaschutzinitiative des Bundesumweltministeriums. Diese Initiative wird aus der Versteigerung von Emissionszertifikaten finanziert. Hierdurch unterscheidet sich die finanzielle Förderung im Wärmebereich grundlegend von der Förderung im Strombereich mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das mittels einer Umlage auf die Stromverbraucher die Einspeisevergütungen für Strom aus erneuerbaren Energien finanziert.

## Das Marktanzreizprogramm

Konkret umgesetzt wird das MAP durch Verwaltungsvorschriften, die die einzelnen Förderatbestände 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 von Januar 2000 bis inklusive Mai 2011 über eine Million thermische Solaranlagen und rund 260.000 kleinere Biomasseheizungen mit Investitionskostenzuschüssen gefördert. Die hierdurch angeschobenen Investitionen betragen circa 8,4 Mrd. Euro im Segment Solar und circa 3,7 Mrd. Euro im Segment Biomasse.

Für effiziente Wärmepumpen, die seit 2008 im BAFA-Teil förderfähig sind, wurden im Zeitraum von Januar 2008 bis einschließlich Mai 2011 rund 70.000 Anlagen mit Investitionskostenzuschüssen gefördert. Das ausgelöste Investitionsvolumen beträgt circa 1,2 Mrd. Euro.

Im Förderteil KfW wurden seit Anfang 1999 bis einschließlich Mai 2011 über 9.000 zinsverbilligte Darlehen mit Tilgungszuschüssen mit einem Darlehensvolumen von circa 1,8 Mrd. Euro zugesagt, zum Beispiel für große Biomasseanlagen, Tiefengeothermieanlagen, Nahwärmenetze und Wärmespeicher, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden. Von den insgesamt zugesagten 9.000 Darlehen entfallen 2.250 auf das Jahr 2010.

Insgesamt hat das MAP im Jahr 2010 mit einem Fördervolumen von circa 346 Mio. Euro ein Investitionsvolumen von über 2,15 Mrd. Euro angestoßen.

Weitere Informationen zum MAP stehen auf der Themenseite [www.erneuerbare-energien.de](http://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](http://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](http://www.kfw.de) Rubrik Inlandsförderung/Suchwort Erneuerbare Energien.

## Fördermittel und ausgelöste Investitionsvolumina des Marktanzreizprogramms 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. Es bestehen Quoten sowohl für Beimischungen zu fossilen Kraftstoffen als auch für den Anteil an den insgesamt in Verkehr gebrachten Kraftstoffen. Beimischungen von Bio- zu fossilen Kraftstoffen werden über die Biokraftstoffquote gefördert, während reine Biokraftstoffe außerhalb der Quote degressiv steuerlich begünstigt werden. Seit 2010 wird die Förderung nach der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung davon abhängig gemacht, ob ihre Erzeugung nachweislich bestimmte Anforderungen an einen nachhaltigen Anbau erfüllt. Konkret bedeutet dies insbesondere, dass Biokraftstoffe nur dann auf die Quote angerechnet oder steuerlich begünstigt werden, wenn ihr Treibhausgasminderungspotenzial mindestens 35 % beträgt. Ab 2015 bezieht sich daher auch die Biokraftstoffquote auf die Treibhausgasminderung.

Der Anteil der Biokraftstoffe am gesamten Kraftstoffverbrauch (ohne Schiffs- und Flugverkehr) in Deutschland lag im Jahr 2010 bei 5,8 % und damit unterhalb der zwischen 2010 und 2014 gültigen gesetzlichen Quote von 6,25 %.

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 % für das Jahr 2020 sowie die Einführung von Nachhaltigkeitsstandards festgeschrieben. Diese Quote muss jedoch nicht ausschließlich mit Biokraftstoffen 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 Luftschadstoffe emittiert. Die erneuerbaren Energien leisten so einen wesentlichen Beitrag zum Umweltschutz, 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 u.a. in Studien für das Umweltbundesamt [126] und das BMU [zuletzt: 53] näher untersucht. Hieraus lässt sich als derzeit „bester Schätzwert“ für die durch erneuerbare Energien vermiedenen Klimaschäden ein Wert von 70 Euro pro t CO<sub>2</sub> 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 kWh für die wichtigsten Strom- und Wärmeerzeugungsoptionen dargestellt. Die auf fossilen Energieträgern basierende Strom- bzw. Wärmeerzeugung weist insgesamt deutlich höhere Umweltschäden aus als Strom oder Wärme aus erneuerbaren Energien. Den ausgewiesenen Umweltschäden stehen hingegen Ausgaben der Unternehmen für CO<sub>2</sub>-Emissionsberechtigungen gegenüber, welche i.d.R. bei den Stromerzeugern und im geringen Umfang bei den Wärmeerzeugern durch den Erwerb von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten anfallen. Hierdurch sollen zumindest teilweise die verursachten Umweltschäden kompensiert werden. Die 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 115 Mio. t CO<sub>2</sub> durch alle erneuerbaren Energien (Strom, Wärme und Mobilität) im Jahr 2010 ergeben sich bei Ansatz des o.g. Schätzwerts von 70 Euro pro t CO<sub>2</sub> parallel hierzu vermiedene Klimaschäden (nur CO<sub>2</sub>-Emissionen, ohne Teil-Internalisierung) von etwa 8 Mrd. Euro.

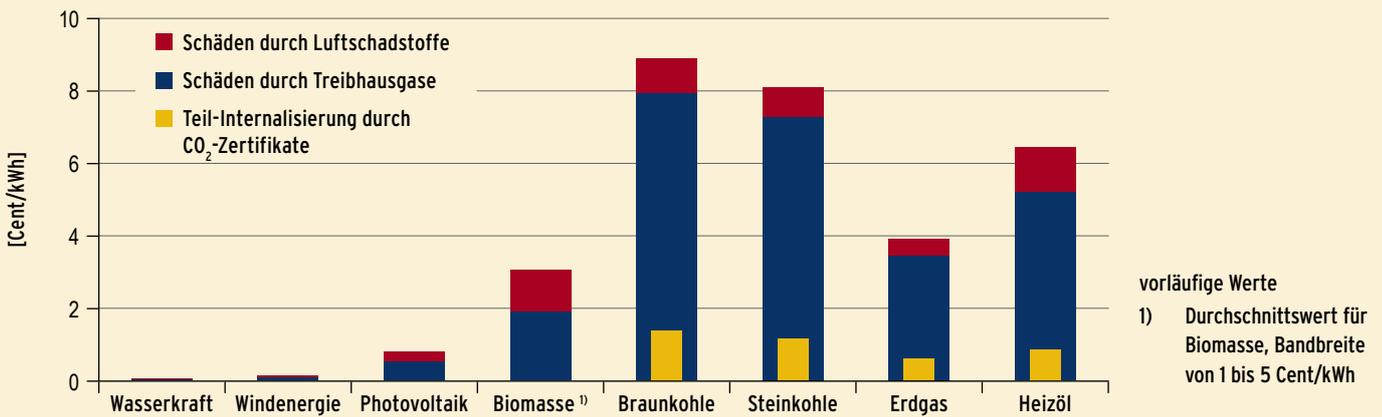
Nach [55] wurden 2010 durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmesektor Umweltschäden (Klimagase und Luftschadstoffe) von rund 8,4 Mrd. Euro vermieden. Hierzu tragen die erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung circa 5,8 Mrd. Euro und bei der Wärmeerzeugung circa 2,6 Mrd. Euro bei. Bei Berücksichtigung der Kosten für CO<sub>2</sub>-Zertifikate bzw. der Teil-Internalisierung von Umweltbelastungen [125] vermindern sich diese Bruttogrößen auf 4,8 Mrd. Euro (Strom) bzw. 2,4 Mrd. Euro (Wärme) 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.

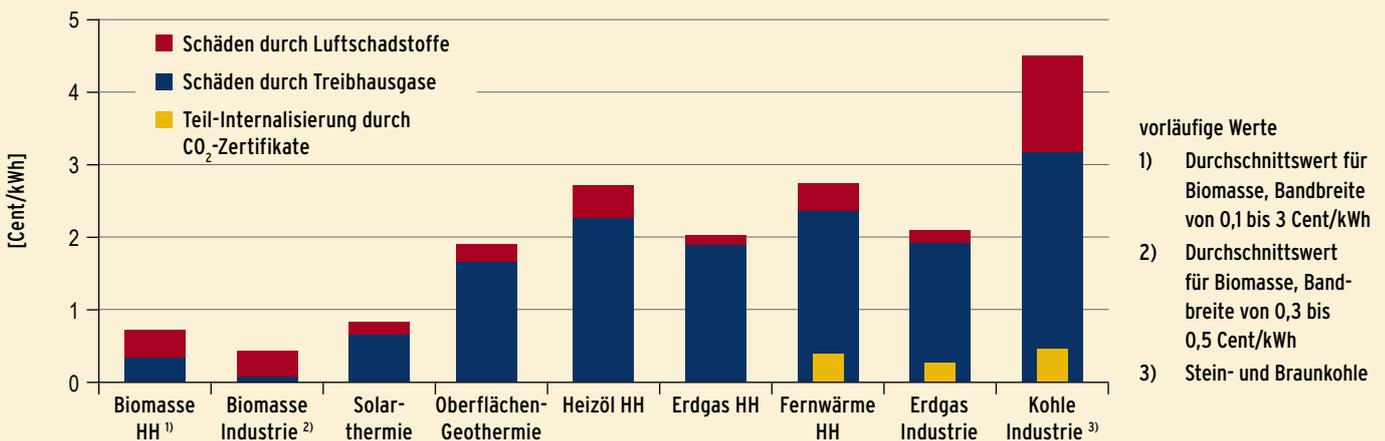
Grundgedanke bei der Ermittlung des Schadenskostenansatzes für die einzelnen Emissionsgase ist, die durch gegenwärtige Emissionen auch in Zukunft entstehenden Schäden zu heutigen Kosten zu erfassen.

### Umweltschäden durch die Emission von Treibhausgasen und Luftschadstoffen sowie CO<sub>2</sub>-Zertifikatskosten im Jahr 2010 - Stromerzeugung



Quellen: eigene Berechnungen Fraunhofer ISI nach ISI et al. [53], [55]; NEEDS [128]; UBA [75]; PointCarbon [127]

### Umweltschäden durch die Emission von Treibhausgasen und Luftschadstoffen sowie CO<sub>2</sub>-Zertifikatskosten im Jahr 2010 - Wärmeerzeugung



Quellen: eigene Berechnungen Fraunhofer ISI nach ISI et al. [53], [55]; 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 (vgl. [53], [55]). Hierzu zählen

- die Schonung knapper Ressourcen,
- Innovationsimpulse für den Anlagenbau erneuerbarer Energien,
- Stärkung dezentraler Strukturen,
- 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 bzw. beeinflussen und sich letztendlich positiv auf Beschäftigung und Wertschöpfung auswirken können.

## 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 z.T. eher im Hintergrund. Entsprechend fehlte bislang auch eine umfassende, wissenschaftlich fundierte Gesamtschau der Effekte im Sinne einer Kosten-Nutzen-Betrachtung.

Um diese Lücke zu schließen, hat das BMU ein umfangreiches Forschungsvorhaben an ein vom Fraunhofer ISI/Karlsruhe geführtes Projektteam vergeben, das 2010 einen ersten ausführlichen Zwischenbericht veröffentlicht hat. Dieser wurde zuletzt im Juni 2011 durch ein Zahlen-Update für wichtige Kenngrößen des Jahres 2010 ergänzt. Es zeigt sich, dass eine fundierte ökonomische Gesamtbetrachtung der erneuerbaren Energien vielfältige und komplexe Aspekte und Wirkungszusammenhänge zu berücksichtigen hat (ISI et al. [53], [55]).

Weitere Informationen hierzu im Internet auf der BMU-Themenseite Erneuerbare Energien unter [www.erneuerbare-energien.de/45801/45802/](http://www.erneuerbare-energien.de/45801/45802/).

### 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) z.B. Investitionen

3) Bruttobeschäftigung

4) Nettobeschäftigung, BIP

5) z.B. Verkehr/Mobilität

Quellen: ISI et al. [53], [55]



Ein Teil der inzwischen identifizierten Kosten- und Nutzenwirkungen der erneuerbaren Energien ist bislang noch nicht quantifiziert worden. Dies gilt u.a. 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 Hauptwirkungskategorien möglich sind. Hierzu bietet sich bislang vor allem die systemanalytisch fundierte Kosten- und Nutzenbetrachtung an.

Ein grober Überschlag der vorliegenden, quantitativ ermittelten Systemkosten in den Bereichen Strom und Wärme ergibt für 2010 Gesamtkosten von knapp 10 Mrd. Euro. Diesen stand im gleichen Jahr ein quantifizierter Brutto-Nutzen von etwa 8,5 Mrd. Euro gegenüber, wobei nur ein Teil der Nutzeneffekte quantifiziert wurde und ein anderer Teil unberücksichtigt blieb (z.B. das geringere Risikopotenzial der erneuerbaren Energien). Dieser statischen Kostenbetrachtung im Jahr 2010 stehen also weitere, insbesondere auch dynamische Nutzenwirkungen wie Spillover-Effekte von Politik und FuE-Aktivitäten, technischer Fortschritt und 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 EE in Deutschland im Strom- und Wärmebereich im Jahr 2010

Systemanalytische Kosten- und Nutzenaspekte				
	Kosten		Nutzen	
Differenzkosten Strom	8,1 Mrd. EUR			
Regel-Ausgleichsenergie	ca. 0,4 Mrd. EUR			
Netzausbau	0,06 Mrd. EUR			
Transaktionskosten	0,03 Mrd. EUR			
Summe gesamte Differenzkosten Strom	ca. 8,6 Mrd. EUR		5,8 Mrd. EUR	Vermiedene Umweltschäden durch EE-Strom (brutto)
Summe gesamte Differenzkosten Wärme	1,7 Mrd. EUR		2,6 Mrd. EUR	Vermiedene Umweltschäden durch EE-Wärme (brutto)
			n.q. <sup>1)</sup>	Weitere, insbes. dynamische Nutzenwirkungen, die bisher noch nicht monetär quantifiziert sind (z.B. Spillover-Effekte von Politik und FuE-Aktivitäten, technischer Fortschritt, verminderte Risiken hoher Schäden, insbes. bei Kernenergie).
Gesamt <sup>2)</sup>		rd. 10,3 Mrd. EUR	8,4 Mrd. EUR	

Verteilungswirkungen			
	Gesamthöhe	Nutznieser	Belastete
EEG-Differenzkosten	rd. 9,4 Mrd. EUR	Anlagenbetreiber	Alle Stromkunden, Ausnahme: Nutznießer der Besonderen Ausgleichsregelung im EEG (geringere Belastung)
Merit-Order-Effekt (EE-Strom)	3,1 Mrd. EUR <sup>3)</sup>	Stromkunden oder -lieferanten je nach Überwälzung, voraussichtlich insbesondere stromintensive Sondervertragskunden wegen Senkung des Börsenstrompreises	Konventionelle Stromerzeuger
Besteuerung von EE-Strom	1 – 1,2 Mrd. EUR	Bundeshaushalt/ Rentenversicherung	Stromverbraucher, evtl. EE-Stromerzeuger (bei Eigenvermarktung)
Fördermittel des Bundes für EE	0,8 Mrd. EUR	Anlagenbetreiber, indirekt auch Hersteller u.a. (Innovationswirkungen etc.)	Bundeshaushalt
Besondere Ausgleichsregelung im EEG	ca. 1,2 Mrd. EUR	Rund 570 stromintensive Unternehmen und Schienenbahnen	Alle übrigen Stromverbraucher

Makroökonomische und sonstige Effekte (Auswahl)	
Umsatz deutscher Unternehmen inklusive Exporte (EE-gesamt)	25,32 Mrd. EUR
Beschäftigung (EE-gesamt)	rund 367.000 direkt und indirekt Beschäftigte
Vermiedene Energieimporte (EE-gesamt)	6,7 Mrd. EUR (brutto); 5,8 Mrd. EUR (netto)
Energiepreis-BIP-Effekt	100 – 200 Mio. EUR <sup>4)</sup>
Auswirkungen auf innere und äußere Sicherheit (geringere Importabhängigkeit; geringere Risiken etc.)	n.q.

1) n.q. nicht quantifiziert

2) 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.

3) Wert bislang nur für 2009 verfügbar

4) Wert bislang nur für 2008 verfügbar



## 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, z.B. durch Ressourcen sparende Produktionsweisen sowie ökologische Begleitforschung,
- Kosten für die Nutzung erneuerbarer Energien kontinuierlich zu senken,
- raschen Wissens- und Technologietransfer von der Forschung in den Markt zu erreichen.

Im Jahr 2010 hat das BMU in den Bereichen Photovoltaik, Geothermie, Wind, Niedertemperatur-Solarthermie, solarthermische Kraftwerke, Meeresenergie, internationale Zusammenarbeit, Gesamtstrategie, ökologische Begleitforschung und spartenübergreifende Fragen insgesamt 184 neue Vorhaben mit einem Gesamtvolumen von über 140 Mio. Euro bewilligt.

Das BMU legt großen Wert auf eine transparente Darstellung seiner Forschungsförderung. Ausführliche Informationen enthalten der Jahresbericht 2010, der kostenlose Newsletter sowie die regelmäßig aktualisierte Übersicht über die laufenden Forschungsprojekte ([www.erneuerbare-energien.de/inhalt/36049/](http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/36049/)).

Auf den Internetseiten des vom BMU beauftragten Projektträgers Jülich (Ptj) finden sich unter <http://www.ptj.de/> u.a. Informationen zu Förderthemen und zur Antragstellung für Forschungsförderprogramme im Bereich erneuerbarer Energien.

## Neu bewilligte Projekte des BMU

	2007			2008			2009			2010		
	[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	49	41.653	40,8	38	39.735	26,3	36	31.446	26,6	45	39.842	28,3
Wind	52	34.713	34,0	32	40.097	26,6	45	28.227	23,8	37	52.956	37,6
Geothermie	17	8.051	7,9	18	16.381	10,9	14	14.892	12,6	30	15.045	10,7
Nieder-temperatur-Solarthermie	20	7.505	7,3	20	10.129	6,7	17	7.013	5,9	16	6.795	4,8
Solar-thermische Kraftwerke	18	5.851	5,7	15	8.217	5,4	22	8.612	7,3	16	9.667	6,9
System-integration	–	–	–	26	28.184	18,7	6	11.458	9,7	22	12.227	8,7
Querschnitts-forschung	13	2.474	2,4	11	3.004	2,0	16	3.314	2,8	16	3.517	2,5
Sonstiges	8	1.917	1,9	9	5.066	3,4	7	13.478	11,3	2	649	0,5
<b>gesamt</b>	<b>177</b>	<b>102.164</b>	<b>100,0</b>	<b>169</b>	<b>150.813</b>	<b>100,0</b>	<b>163</b>	<b>118.440</b>	<b>100,0</b>	<b>184</b>	<b>140.698</b>	<b>100,0</b>

Quelle: BMU - K I III 5

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

	Nutzung	realisierbares Potenzial		Kommentare
	2010	Ertrag	Leistung	
<b>Stromerzeugung</b>	<b>[TWh]</b>	<b>[TWh/a]</b>	<b>[MW]</b>	
Wasserkraft <sup>1)</sup>	20,6	25	5.200	Laufwasser und natürlicher Zufluss zu Speichern
Windenergie <sup>2)</sup>	37,8			
an Land	37,6	175	70.000	Leistung berechnet auf Basis des Durchschnittswerts 2.500 h/a
auf See (Offshore)	0,2	280	70.000	Leistung berechnet auf Basis des Durchschnittswerts 4.000 h/a
Biomasse <sup>3)</sup>	33,3	60	10.000	Erzeugung teilweise in Kraft-Wärme-Kopplung
Photovoltaik	11,7	150	165.000 <sup>4)</sup>	nur geeignete Dach-, Fassaden- und Siedlungsflächen
Geothermie	0,03	90	15.000	Bandbreite 66 – 290 TWh je nach Anforderungen an eine Wärmenutzung (Kraft-Wärme-Kopplung)
<b>Summe</b>	<b>103,5</b>	<b>780</b>		
<b>Anteil bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2010</b>	<b>17,0 %</b>	<b>128,3 %</b>		
<b>Wärmerzeugung</b>	<b>[TWh]</b>	<b>[TWh/a]</b>		
Biomasse	125,3	170		einschließlich Nutzwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung
Geothermie	5,6	300		nur Energiebereitstellung aus hydrothermalen Quellen
Solarthermie	5,2	400		nur geeignete Dach- und Siedlungsflächen
<b>Summe</b>	<b>136,1</b>	<b>870</b>		
<b>Anteil bezogen auf Endenergieverbrauch für Wärme 2010 <sup>5)</sup></b>	<b>9,5 %</b>	<b>61,1 %</b>		
<b>Kraftstoffe</b>	<b>[TWh]</b>	<b>[TWh/a]</b>		
Biomasse	35,7	90		2,35 Mio. ha Anbaufläche für Energiepflanzen (von insgesamt 4,2 Mio. ha Anbaufläche)
<b>Summe</b>	<b>35,7</b>	<b>90</b>		
<b>Anteil bezogen auf den Kraftstoffverbrauch 2010</b>	<b>5,8 %</b>	<b>14,5 %</b>		
<b>Anteil, bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch 2010</b>	<b>10,9 %</b>	<b>69,1 %</b>		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<sub>p</sub>), die korrespondierende Wechselstromleistung beträgt ungefähr 150 GW

5) Raumwärme, Warmwasser- und sonstige Prozesswärme

Quellen: Nitsch [24]; 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 Mio. Hektar ermittelt).

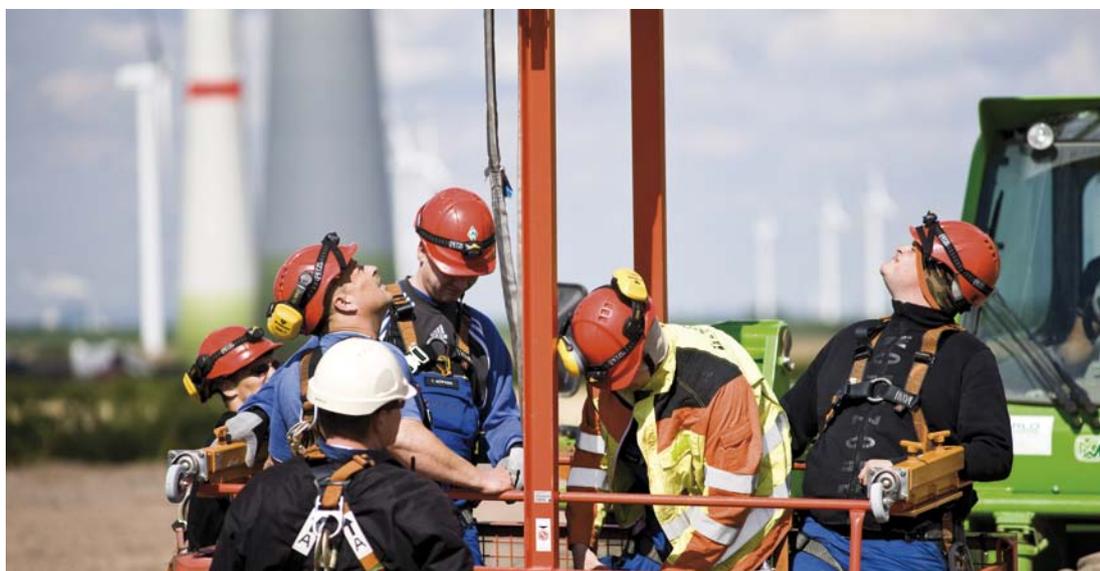
## Langfristszenario 2010 für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland

Das Langfristszenario 2010 [134], im Auftrag des BMU erarbeitet, beschreibt konsistente Mengengerüste des langfristigen Ausbaus erneuerbarer Energien und der Energieversorgung insgesamt in Deutschland und leitet die strukturellen und ökonomischen Wirkungen ab. In den Szenarien der Leitstudie 2010 werden die Entwicklungspfade der Energieversorgung so fortgeschrieben, dass die übergeordneten Ziele zum Klimaschutz, zur Effizienz und zum Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland erreicht werden. Allerdings konnte die Leitstudie 2010 noch nicht alle Ziele des Energiekonzepts vom Herbst 2010 aufnehmen<sup>1)</sup>, so dass sie vorläufigen Charakter hat. Weitere in den Szenarien umgesetzte Ziele betreffen beispielsweise die Entwicklung der Elektromobilität, den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung und die Begrenzung der Biomassenutzung auf die ökologisch verträglichen heimischen Potenziale.

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

Aus den Entwicklungspfaden der Leitstudie 2010 resultierte ein Rückgang des Endenergieverbrauchs bis 2050 um 38 % (gegenüber 2009). Diese Entwicklung trägt – neben dem deutlichen Umbau der Stromversorgung in Richtung Erneuerbare – zum deutlichen Rückgang des Primärenergieeinsatzes bei. Der Primärenergieverbrauch sinkt bis 2020 auf 84 % des 2009er Niveaus und bis 2050 auf rund 56 %. Im Jahr 2050 werden nur noch 32 % der heutigen fossilen Energiemenge importiert. Der von der EU-Richtlinie geforderte EE-Anteil von 18 % am Bruttoendenergieverbrauch für 2020 wird in den zielerfüllenden Szenarien mit 21 % übertroffen. Nach 2020 beginnen die Erneuerbaren, sich in ihrer Gesamtheit zur dominierenden Energiequelle zu entwickeln. Ihr Primärenergieanteil steigt in den Szenarien bis 2050 auf knapp 55 %. Damit ist der Umbau der Energieversorgung schon sehr weit fortgeschritten. Strom wird dann zu über 85 % aus erneuerbaren Energien bereitgestellt. Im Wärmebereich wird gut die Hälfte der Nachfrage mit erneuerbaren Energien gedeckt. Auch im Verkehr ist der Beitrag der Erneuerbaren (ohne Stromanteil) mit 42 % des Kraftstoffbedarfs bereits beträchtlich.

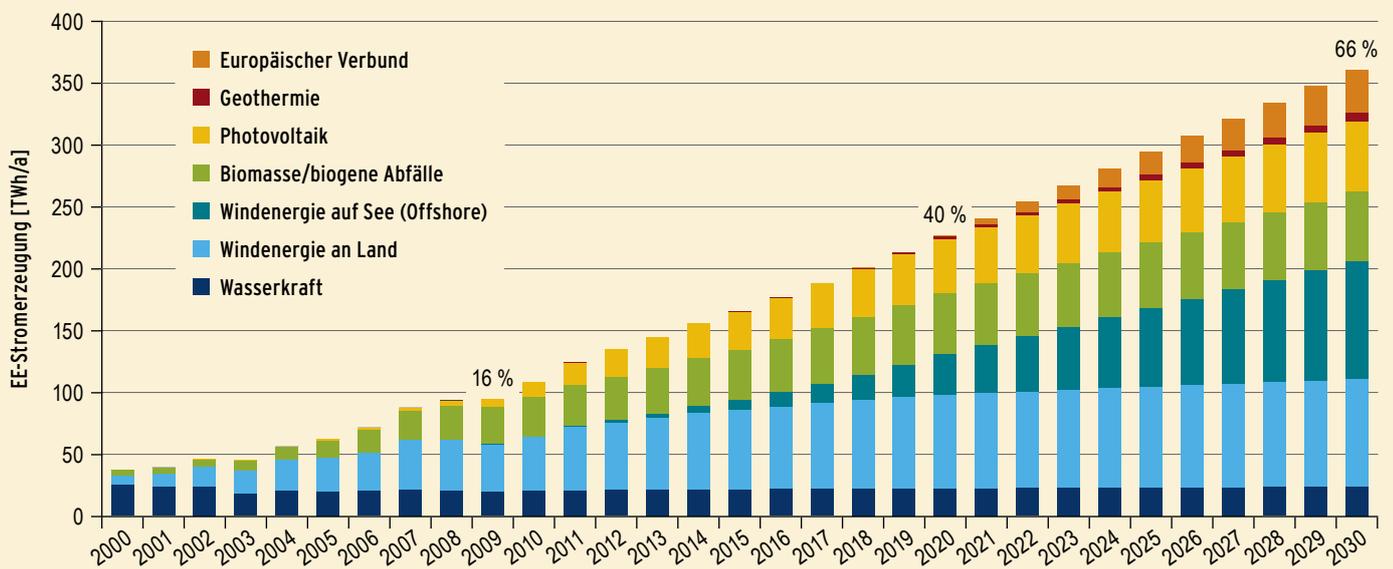
1) Die Leitstudie 2011 soll alle Ziele der Bundesregierung abbilden, befindet sich aber bei Redaktionsschluss noch in Arbeit.



## Strukturelle Herausforderungen: Ausbau der Strom-, Wärme- und Gasnetze

Für die Realisierung des EE-Ausbaus werden Investitionen in Verteilungs- und Transportnetze, Energiespeicher sowie flexible Gaskraftwerke zur Deckung der residualen Last erforderlich sein. Der Leitgedanke einer weitgehend erneuerbaren Energieversorgung für alle Sektoren besteht zudem in der intelligenten Vernetzung von Strom-, Gas- und Wärmenetzen. Für die Stromnetze stellen HGÜ-Verbindungen (Hochspannungs-Gleichstromübertragung) für den großräumigen Transport von erneuerbarem Strom eine interessante Option dar. Das schwankende Angebot von Wind- und Solarstrom kann zusätzlich durch Erzeugungs- und Lastmanagement teilweise ausgeglichen werden.

### Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Basisszenario 2010 A



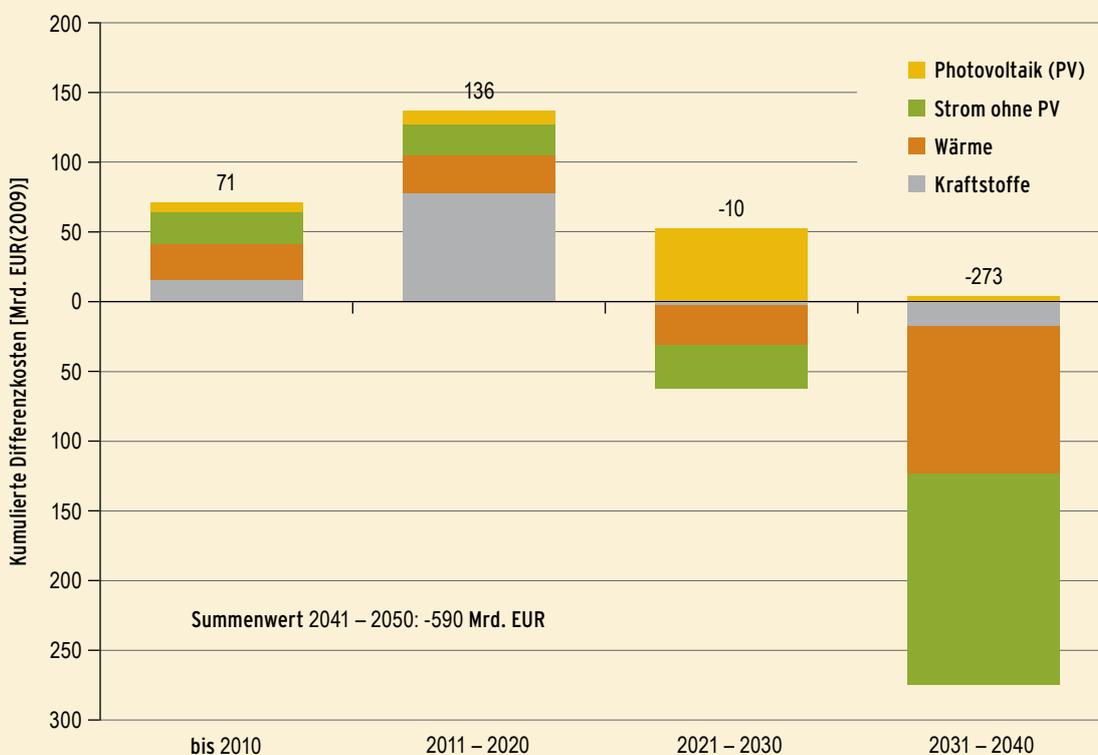
Quelle: [134]

Ein Ausbau von Nahwärmenetzen ermöglicht die Nutzung des großen Potenzials der Kraft-Wärme-Kopplung, insbesondere unter Einsatz von Biomasse. Ein weiterer Netzausbau vermindert das Problem der Speicherung von EE-Strom, kann es jedoch nicht vollständig lösen. Neben Kurzzeitspeichern werden zum Ausgleich von Fluktuationen einer überwiegend regenerativen Stromversorgung auch Langzeitspeicher mit großen Kapazitäten benötigt. Hierzu ist insbesondere die chemische Speicherung von EE-Strom geeignet. Die Energieträger Wasserstoff und Methan sind in der Lage, die durch das fluktuierende EE-Angebot gesetzten Grenzen zu überwinden und jederzeit eine gesicherte Energieversorgung bei hohen EE-Anteilen zu gewährleisten. Die zukünftige „Primärenergie“ EE-Strom kann durch die Kopplung von Strom- und Gasnetz über Wochen und Monate gespeichert sowie für Kraftstoffe und Hochtemperaturwärme verfügbar gemacht werden.

## Kosten und Wirtschaftlichkeit: Sinkende Investitionskosten versus steigende Brennstoffkosten

Die auf den Szenarien aufgesetzten ökonomischen Analysen zeigen die folgenden Ergebnisse: Das Investitionsvolumen in alle EE-Anlagen bleibt nach den durch die Photovoltaik bestimmten Spitzen der Jahre 2009 bis 2011 relativ konstant bei 18 Mrd. Euro pro Jahr. Erst nach 2030 wächst es nochmals auf 22 Mrd. Euro pro Jahr. Bis 2009 wurden in EE-Anlagen zur Strom- und Wärmebereitstellung insgesamt rund 120 Mrd. Euro investiert. Zwischen 2010 und 2020 wird das kumulierte Investitionsvolumen mit weiteren 202 Mrd. Euro nahezu doppelt so hoch sein. Auch in den darauffolgenden Jahrzehnten bleibt das Niveau mit etwa 200 Mrd. Euro pro Jahrzehnt in dieser Größenordnung. Aufgrund der zu erwartenden Kostendegressionen bei den Techniken zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien können längerfristig Gestehungskosten zwischen 5 und 9 ct pro kWh<sub>el</sub> erwartet werden. Im Vergleich zu den Nutzungskosten fossiler Energien sind durch den bisherigen Ausbau der Erneuerbaren (Strom, Wärme und Kraftstoffe) einschließlich 2010 bisher 71 Mrd. Euro an systemanalytischen Differenzkosten aufgelaufen. Bis 2020 steigen sie noch für die Summe aller EE, also einschließlich der Photovoltaik, auf ein Maximum von rund 200 Mrd. Euro, wenn von einem weiteren Anstieg der fossilen Brennstoffpreise ausgegangen wird. Die positiven volkswirtschaftlichen Wirkungen des EE-Ausbaus zeigen sich vollständig ab etwa 2025. Dann hat sich die Kostenschere zwischen den EE und der herkömmlichen Energieversorgung geschlossen und es treten keine Differenzkosten mehr auf. Danach werden der Volkswirtschaft durch die Nutzung der Erneuerbaren Aufwendungen erspart, die andernfalls für die zusätzliche Versorgung mit fossilen Energien aufgewandt werden müssten. Um 2038 liegen die seit 2000 kumulierten Differenzkosten aller EE-Technologien bei Null. Die „Vorleistungen“ des Ausbaus sind zu diesem Zeitpunkt getilgt. Zur Jahrhundertmitte hat die Versorgung mit Energien aus Erneuerbaren der Volkswirtschaft bereits rund 670 Mrd. Euro gegenüber der Weiterführung einer fossilen Energieversorgung eingespart.

### Kumulierte systemanalytische Differenzkosten der Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereitstellung <sup>1)</sup>



Anmerkung: im Vergleich zu einem fossilen Energiesystem bei einem zukünftig deutlichen Anstieg der fossilen Brennstoffpreise

1) Basisszenario 2010 für 10-Jahres-Abschnitte

Quelle: [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 % des Bruttoendenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien sowie ein Mindestanteil von 10 % 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 Frühjahrsgipfels 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 % im Jahr 2005 auf 20 % bis 2020 zu steigern.



In der Richtlinie wird das EU-Ziel von 20 % 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 % für Malta und 49 % für Schweden. Für Deutschland ist ein nationales Ziel von 18 % vorgesehen.

Neben dem nationalen Ziel sieht die Richtlinie auch ein einheitliches Ziel von mindestens 10 % erneuerbare Energien am Energieverbrauch im Transportbereich vor. Die Mitgliedstaaten können somit neben Biokraftstoffen z.B. 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 wird damit die bestehenden und am 1.1.2012 auslaufenden EU-weiten Regelungen zur Förderung von erneuerbaren Energien, die EU-Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien im Strommarkt und die Biokraftstoff-Richtlinie, ersetzen. Die 2001 in Kraft getretene Strom-Richtlinie sieht eine Erhöhung des Anteils regenerativer Quellen an der Stromerzeugung von 14 % im Jahre 1997 auf 21 % bis 2010 in der EU-25 vor. Die Biokraftstoff-Richtlinie gibt das Ziel eines Anteils von 5,75 % 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.

## Der Nationale Aktionsplan für erneuerbare Energie

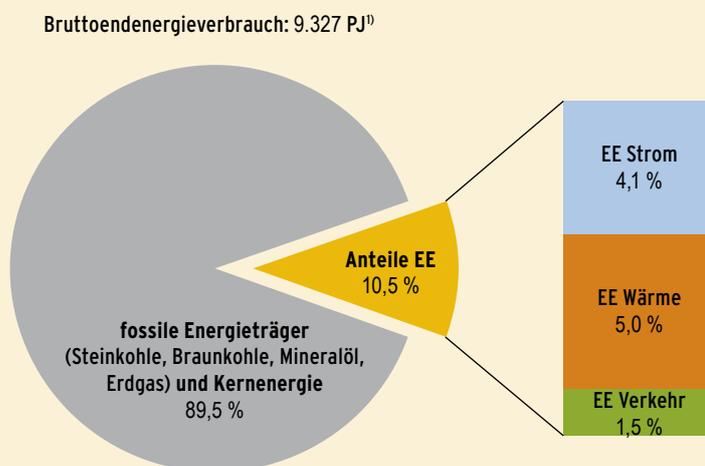
Der am 4. August 2010 vom Bundeskabinett beschlossene Nationale Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen zeigt u.a. den von der Bundesregierung erwarteten Entwicklungspfad der erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2020 auf. Zum Ende dieses Jahres wird der Europäischen Kommission der erste Fortschrittsbericht vorgelegt. Eine erste Abschätzung des Anteils der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch zeigt, dass dieser Entwicklungspfad eingehalten werden konnte.

Im Rahmen der nationalen Umsetzung der EU-Richtlinie 2009/28/EG legten die Mitgliedstaaten im vergangenen Jahr ihre Nationalen Aktionspläne für erneuerbare Energie (NREAP) mit Maßnahmen und Ausbaupfaden zur Erreichung der verbindlichen nationalen Ziele vor. Die Bundesregierung geht davon aus, einen Anteil von 18 % erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch im Jahr 2020 zu erreichen und erwartet, dass es mit einem Anteil von 19,6 % sogar übertroffen werden kann. Für den Stromanteil der erneuerbaren Energien wurden im Jahr 2020 rund 38,6 % abgeschätzt.

Zum Ende dieses Jahres müssen die Mitgliedstaaten der Europäischen Kommission den ersten Fortschrittsbericht (anschließend alle zwei Jahre) zum Stand der nationalen Entwicklung der erneuerbaren Energien vorlegen. Eine erste vorläufige Abschätzung auf der Basis derzeit vorliegender statistischer Daten, berechnet nach der Methodik der EU-Richtlinie, ergab einen Anteil von 10,5 % erneuerbare Energien am Bruttoendenergieverbrauch im Jahr 2010. Dies zeigt, dass sich Deutschland mit dieser Entwicklung auf dem im NREAP aufgezeigten Zielpfad befindet bzw. diesen sogar leicht übertreffen konnte. Im NREAP wurde von einem Anteil von 10,1 % ausgegangen.

Auf der Grundlage aktualisierter Daten werden die Anteile der erneuerbaren Energien am gesamten Bruttoendenergieverbrauch für die Jahre 2009 und 2010 mit dem 1. Fortschrittsbericht der Bundesregierung zum 31. Dezember 2011 an die Europäische Kommission übermittelt.

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



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

Auf Grund besonderer Regeln sind die nach dieser Methodik erhaltenen Ergebnisse nicht vergleichbar mit den Daten zur nationalen Entwicklung (siehe Seiten 10 ff.). Erläuterungen zu der Methodik der EU-Richtlinie finden sich im Anhang, Abs. 9 der Broschüre.

1) Schätzung EEFA [67]

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

## Zukünftige Entwicklung der erneuerbaren Energien in der EU – Abschätzung auf Basis der Nationalen Aktionspläne für erneuerbare Energie der Mitgliedstaaten

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

	Erneuerbare Energiebereitstellung [TWh]				Durchschnittliche Wachstumsrate [%/Jahr]			Anteile [%]
	2005	2010	2015	2020	2005/2010	2010/2015	2015/2020	2020
EE – Stromsektor	492	652	902	1.216	5,8	6,7	6,2	34,0
EE – Wärme-/Kältesektor	635	789	985	1.297	4,4	4,6	5,7	21,4
EE – Transportsektor <sup>1)</sup>	36	164	230	345	35,0	7,1	8,5	10,2
<b>EE gesamt</b>	<b>1.163</b>	<b>1.605</b>	<b>2.117</b>	<b>2.859</b>	<b>6,6</b>	<b>5,7</b>	<b>6,2</b>	<b>20,7</b>

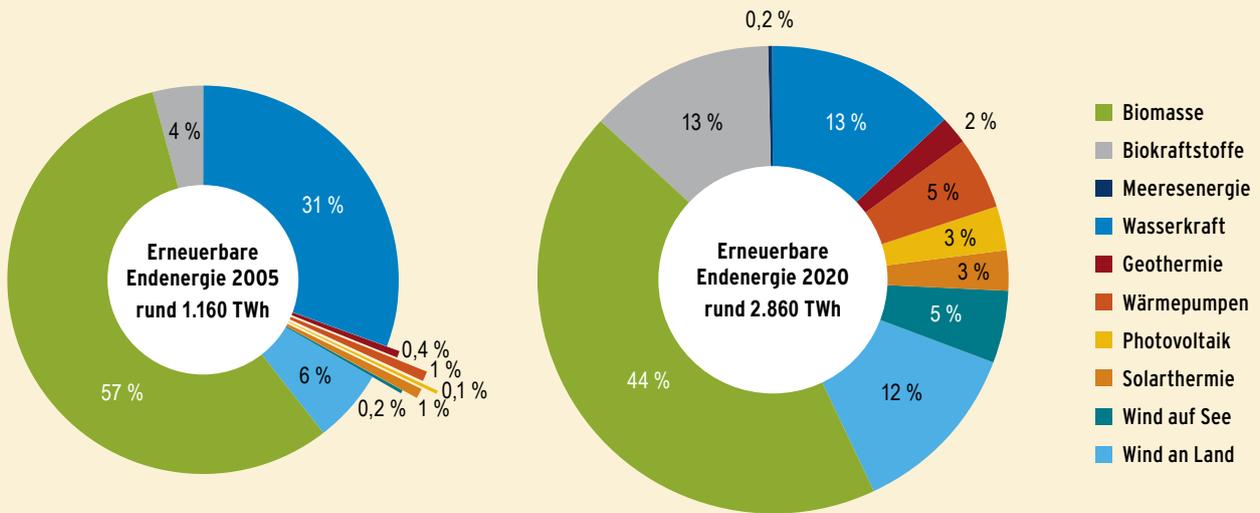
1) unter Berücksichtigung von Art. 5.1 der EU-Richtlinie 2009/28/EG

Quelle: ECN [119]

Seit 2009 hat die EU die verbindliche Zielvorgabe, dass bis zum Jahr 2020 ein Fünftel des Bruttoendenergieverbrauchs durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden soll. Der Weg zur Zielerreichung wird in den Nationalen Aktionsplänen 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. Elf EU-Mitgliedstaaten haben in ihren Nationalen Aktionsplänen die Erwartung geäußert, die in der EU-Richtlinie vorgegebenen nationalen Zielwerte zu überschreiten: Deutschland, Litauen, Malta, die Niederlande, Österreich, Polen, Schweden, Slowenien, Spanien, die Tschechische Republik und Ungarn.

Im Februar 2011 wurde vom Energy Research Centre of the Netherlands (ECN) eine Zusammenfassung der in den Nationalen Aktionsplänen dokumentierten Entwicklung veröffentlicht. Die Auswertung ergibt, dass das verbindliche EU-Ziel von 20 % im Jahr 2020 nicht nur erreicht, sondern mit 20,7 % voraussichtlich sogar übertroffen wird. Des Weiteren wird für die erneuerbare Stromerzeugung ein Anteil von 34,0 %, für die Erneuerbaren im Wärme-/Kältesektor sowie im Transportbereich ein Anteil von 21,4 % bzw. 10,2 % im Jahr 2020 prognostiziert.

**Struktur der gesamten erneuerbaren Energiebereitstellung 2005 und 2020 in der EU auf Basis der Nationalen Aktionspläne der EU-Mitgliedstaaten**



Quelle: nach ECN [119]

Im Stromsektor wird bis zum Jahr 2020 die Windenergie mit 40,6 % (davon Wind an Land 28,2 %) den größten Anteil stellen, vor der Wasserkraft mit rd. 30,4 %. Im Wärme-/Kältesektor wird nach wie vor die Biomasse dominieren, mit einem Anteil von 77,6 %. Während nach den Vorhersagen der EU-Mitgliedstaaten im Transportsektor Biodiesel mit einem Anteil von rund 64,8 % den wichtigsten Beitrag leistet.

Insgesamt wird sich die gesamte erneuerbare Energiebereitstellung bis zum Jahr 2020 mehr als verdoppeln und die Struktur im Vergleich zu 2005 deutlich ausgeglichener sein.



## Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch in der EU

	Anteil EE am Bruttoendenergieverbrauch [%]				Zielwert [%]
	2005	2006	2007	2008	2020
Belgien	2,2	2,7	3,0	3,3	13,0
Bulgarien	9,4	9,3	9,1	9,4	16,0
Dänemark	17,0	16,8	18,1	18,8	30,0
Deutschland	5,8	7,0	9,1	9,1	18,0
Estland	18,0	16,1	17,1	19,1	25,0
Finnland	28,5	29,2	28,9	30,5	38,0
Frankreich	10,3	9,6	10,2	11,0	23,0
Griechenland	6,9	7,2	8,1	8,0	18,0
Irland	3,1	3,0	3,4	3,8	16,0
Italien	5,2	5,3	5,2	6,8	17,0
Lettland	32,6	31,3	29,7	29,9	40,0
Litauen	15,0	14,7	14,2	15,3	23,0
Luxemburg	0,9	0,9	2,0	2,1	11,0
Malta	0,0	0,1	0,2	0,2	10,0
Niederlande	2,4	2,5	3,0	3,2	14,0
Österreich	23,3	24,8	26,6	28,5	34,0
Polen	7,2	7,4	7,4	7,9	15,0
Portugal	20,5	20,5	22,2	23,2	31,0
Rumänien	17,8	17,5	18,7	20,4	24,0
Schweden	39,8	42,7	44,2	44,4	49,0
Slowakei	6,7	6,2	7,4	8,4	14,0
Slowenien	16,0	15,5	15,6	15,1	25,0
Spanien	8,7	9,1	9,6	10,7	20,0
Tschech. Republik	6,1	6,4	7,3	7,2	13,0
Ungarn	4,3	5,1	6,0	6,6	13,0
Verein. Königreich	1,3	1,5	1,7	2,2	15,0
Zypern	2,9	2,5	3,1	4,1	13,0
<b>EU-27</b>	<b>8,5</b>	<b>8,9</b>	<b>9,7</b>	<b>10,3</b>	<b>20,0</b>

Anteile 2005 sowie nationale Gesamtziele 2020 nach EU-Richtlinie 2009/28/EG

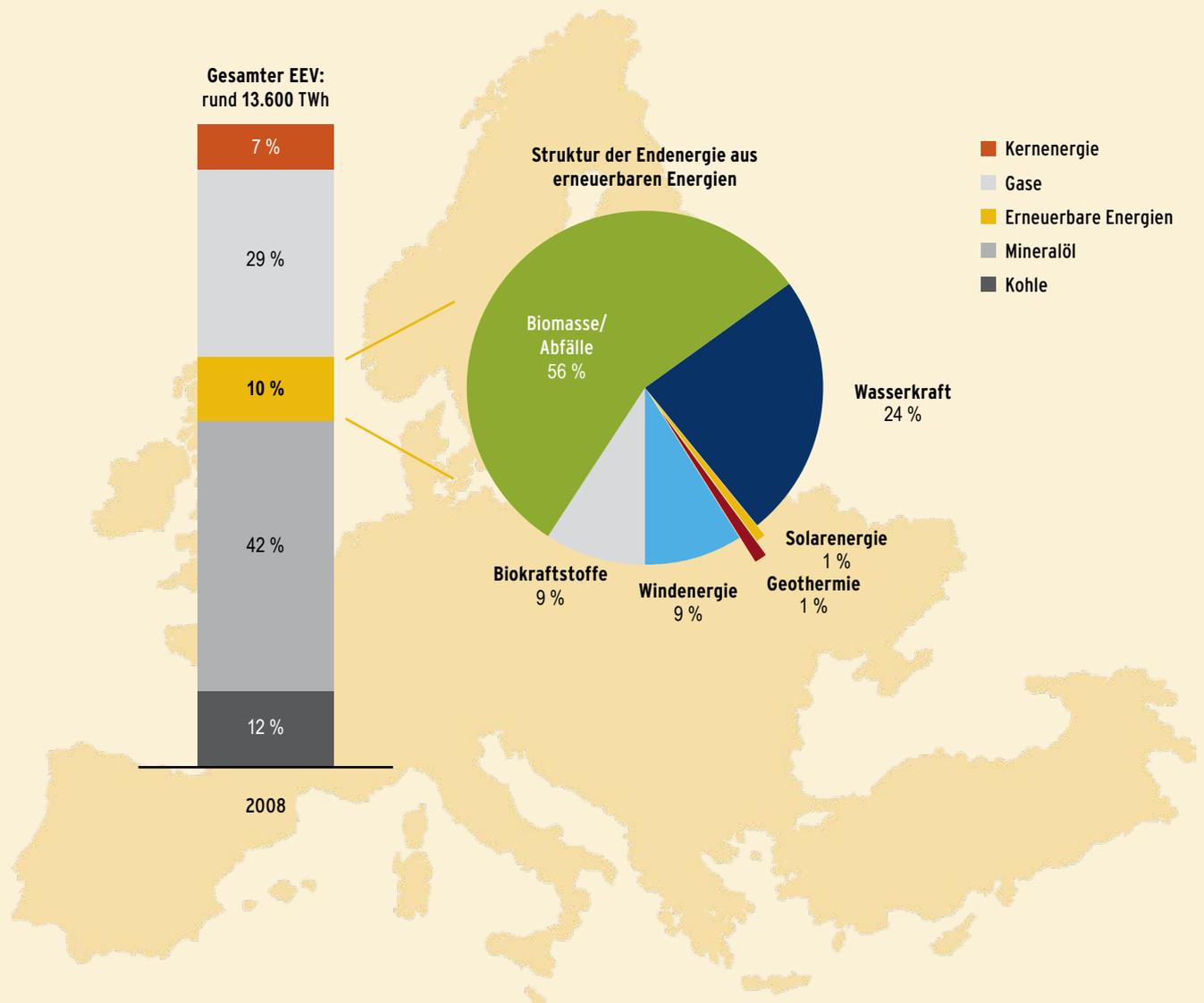
Anteile 2006 - 2008 Eurostat, Update 14.03.2011; Zitat Eurostat [98]: „Dieser Indikator wird auf der Grundlage der unter die Energiestatistik-Verordnung fallenden einschlägigen Statistiken berechnet. Er kann als eine Schätzung des in der Richtlinie 2009/28/EG beschriebenen Indikators angesehen werden, da im Fall einiger Technologien für erneuerbare Energieträger das statistische System noch nicht so ausgereift ist, dass es den Anforderungen dieser Richtlinie genügt. ...“

Quellen: EC [85]; Eurostat [98]

### Allgemeine Anmerkungen:

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

## Struktur des Endenergieverbrauchs in der EU, 2008



Anmerkung: Endenergieverbrauch hier nicht nach den Vorgaben der EU-Richtlinie 2009/28/EG berechnet.

Statistiken zum Endenergieverbrauch weisen bisher i.d.R. lediglich die Anteile der Konsumenten aus. Die obenstehende Grafik weist die Aufteilung nach den unterschiedlichen Energieträgern aus, die anhand verschiedener Statistiken aus der Eurostat Online Database berechnet wurden. Die dargestellten Anteile dienen dabei lediglich einer größenmäßigen Einordnung.

Quellen: ZSW [1] nach Eurostat [98], [99]

## Nutzung erneuerbarer Energien in der EU

	2009					2010		
	Biomasse <sup>1)</sup>	Wasser- kraft <sup>2)</sup>	Wind- energie	Geo- thermie <sup>3)</sup>	Summe	Solarthermie <sup>4), 5)</sup>		Photo- voltaik <sup>5)</sup>
						Endenergie [TWh]		
Belgien	13,95	0,40	1,00	0,01	15,37	372	261	787.457
Bulgarien	8,00	3,01	0,36	0,38	11,76	88	62	17.240
Dänemark	18,05	0,02	6,72	–	24,78	542	379	7.065
Deutschland	168,31	17,40	38,64	2,37	226,71	14.044	9.831	17.370.000
Estland	6,23	0,02	0,20	–	6,45	2	2	80
Finnland	65,29	12,70	0,28	–	78,27	33	23	9.649
Frankreich	140,66	57,40	7,82	1,33	207,20	2.100	1.470	1.054.346
Griechenland	11,15	4,79	1,99	0,20	18,12	4.079	2.855	205.400
Irland	2,82	0,95	2,96	0,05	6,77	151	106	610
Italien	37,18	46,00	6,54	7,82	97,54	2.504	1.753	3.478.500
Lettland	11,06	3,50	0,05	–	14,61	10	7	8
Litauen	6,90	0,39	0,16	–	7,44	6	4	100
Luxemburg	0,71	0,09	0,06	–	0,87	23	16	27.273
Malta	–	–	–	–	–	53	37	1.670
Niederlande	15,12	0,10	4,60	0,02	19,84	796	557	96.900
Österreich	40,89	39,00	2,10	0,07	82,06	4.610	3.227	102.596
Polen	54,01	2,40	1,03	0,15	57,59	656	459	1.750
Portugal	33,38	8,29	7,58	0,30	49,55	752	526	130.839
Rumänien	45,21	15,80	0,02	0,27	61,29	144	101	1.940
Schweden	72,50	66,68	2,48	–	141,65	445	312	10.064
Slowakei	6,09	4,47	0,01	0,02	10,58	120	84	143.809
Slowenien	5,21	4,70	–	–	9,91	165	116	36.336
Spanien	53,88	26,40	37,77	0,09	118,15	2.204	1.543	3.808.081
Tschech. Republik	20,38	2,45	0,30	–	23,13	673	471	1.953.100
Ungarn	11,55	0,23	0,33	1,06	13,17	101	71	1.750
Verein. Königreich	27,73	5,20	9,30	0,01	42,25	534	374	74.845
Zypern	0,35	–	–	–	0,35	701	491	6.246
<b>EU-27</b>	<b>876,61</b>	<b>322,37</b>	<b>132,28</b>	<b>14,15</b>	<b>1.372,69 <sup>6)</sup></b>	<b>35.908</b>	<b>25.136</b>	<b>29.327.654</b>

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

Alle Angaben vorläufig; Abweichungen in den Summen durch Rundungen

- 1) Strom- und Wärmeerzeugung aus fester Biomasse, Biogas und dem kommunalen Abfall sowie Biokraftstoffe; Werte 2008
- 2) Bruttoerzeugung; für Pumpspeicherkraftwerke nur Erzeugung aus natürlichem Zufluss
- 3) Wärmeerzeugung Werte 2008; Stromerzeugung Werte 2009 in Italien mit 5,5 TWh, Portugal 0,2 TWh, Deutschland 0,02 TWh und Österreich 0,002 TWh (Frankreich 0,09 TWh in Übersee-Departements nicht enthalten)
- 4) verglaste und unverglaste Kollektoren; angelegter Leistungsfaktor 0,7 kW<sub>th</sub>/m<sup>2</sup>
- 5) einschließlich Anlagen in Übersee-Departements
- 6) Summe beinhaltet 12,6 TWh (2008) aus Solarthermie und 14,7 TWh (2009) aus Photovoltaik.

Quellen: Biomasse: Eurostat [98]

Wasserkraft: Observ'ER [112]

Windenergie: Observ'ER [101]

Geothermie: Eurostat [98]; Observ'ER [102]

Solarthermie: Observ'ER [109]

Photovoltaik: Observ'ER [142]



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 im Stromsektor gegeben. Besonders erwähnenswert ist der Beitrag der Solar- und Windenergie.

Bei der Photovoltaik ist in den letzten 10 Jahren eine exponentielle Entwicklung zu beobachten. Insgesamt waren Ende 2010 geschätzte 29,3 GW<sub>p</sub> an Photovoltaik-Leistung in der EU installiert. Der Zubau im Jahr 2010 lag bei rund 13 GW<sub>p</sub>. Global nimmt die EU in Bezug auf die installierte Gesamtleistung als auch den Marktanteil 2010 die Spitzenposition ein [142], [120].

Im Windsektor ist die EU im Hinblick auf die installierte Gesamtleistung mit 84,1 GW auf Platz 3 der globalen TOP 10. Des Weiteren wurde ein Viertel der globalen Windenergieleistung im Jahr 2010 in der EU zugebaut, dementsprechend befindet sich die EU auf Platz 5 der globalen TOP 10 [111].

Die Internationale Energie Agentur schätzt die gesamte globale Solarkollektorleistung Ende 2009 auf 172,4 GW<sub>th</sub>, davon sind rund 15 % in den EU-Mitgliedstaaten installiert [110]. Der Beitrag der Meeresenergie zur Energieversorgung in der EU und auch global ist heute noch vernachlässigbar gering, allerdings wird diesem Sektor ein beträchtliches Potenzial zuerkannt. Das weltweit erste kommerzielle Wellenkraftwerk ist am 8. Juli 2011 in Mutriku/ Spanien ans Netz gegangen. Die Anlage mit einer Gesamtleistung von 300 kW soll zukünftig rund 250 Haushalte mit Strom versorgen [144].

Mit Investitionen von insgesamt 77,4 Mrd. USD in grüne Technologien ist die EU-27 im Jahr 2010 der globale Spitzenreiter, besagt eine im März 2011 von der Pew-Umweltgruppe in Washington veröffentlichte Studie. Besonders intensiv werden die Erneuerbaren in Deutschland gefördert, insgesamt wurden 41,2 Mrd. USD in Erneuerbare-Energien-Technologien investiert. Deutschland ist somit weltweit die Nummer zwei nach China mit 54,4 Mrd. USD. Die USA nehmen mit 34,0 Mrd. USD den dritten Platz ein vor Italien, das 13,9 Mrd. USD in die Erneuerbaren investierte [121].

## Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt

Im Oktober 2001 ist die Richtlinie 2001/77/EG zur Förderung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen im europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt in Kraft getreten. Ziel der Gemeinschaft war die Erhöhung des Anteils regenerativer Quellen an der Stromerzeugung auf insgesamt 21 % im Jahr 2010.

Mit dem Fortschrittsbericht „Erneuerbare Energien: Fortschritte auf dem Weg zum Ziel für 2020“ der Europäischen Kommission KOM(2011) 31 vom 31.1.2011<sup>1)</sup> für den Zeitraum 2006 bis 2008 wird darüber informiert, dass die Erneuerbare-Energien-Branche kontinuierlich weiter gewachsen ist. So konnte im Jahr 2008 bereits ein Anteil der Erneuerbaren am Endenergieverbrauch von 10,3 % (2006: 8,8 %) dokumentiert werden. Ein kontinuierliches Wachstum wird auch für die drei Sektoren Strom, Transport sowie Wärme/Kälte bestätigt. Da jedoch zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch keine Eurostat-Daten für die Jahre 2009 und 2010 vorlagen, war es noch nicht möglich festzustellen, ob die in der Stromrichtlinie 2001/77/EG festgelegten Richtziele erreicht werden. Unter Berücksichtigung der Nationalen Aktionspläne für erneuerbare Energie (NREAP) schätzt die Europäische Kommission jedoch für das Jahr 2010 einen Anteil im Stromsektor von 19,4 %, im Transport- und Wärmesektor könnten 5 % bzw. 12,5 % erreicht werden. Es ist somit wahrscheinlich, dass die EU ihr Ziel eines 21%-igen Anteils der Erneuerbaren am Stromverbrauch verfehlen wird [117], [118].

Im Jahr 2008 waren Ungarn und Deutschland die einzigen EU-Staaten, die ihre nationalen Richtziele bereits erreicht bzw. überschritten hatten. Deutschland geht in seinem NREAP für 2010 von einem Wert von 17,4 % aus und liegt damit deutlich über dem Richtwert der Stromrichtlinie (2010: 12,5 %). Für weitere 5 bis 10 Länder ist ein Erreichen der nationalen Richtziele in greifbarer Nähe, allerdings haben nur Dänemark, Irland, Litauen und Portugal in ihren NREAPs die Absicht geäußert, diese zu überschreiten [118].

Erneuerbare Energien sind heute ein Schlüsselement der Energiestrategie der EU. Der Grundstein der Erneuerbare-Energien-Politik der EU wurde im Jahr 1997 mit der im Weißbuch „Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energieträger“ formulierten Gemeinschaftsstrategie gelegt. Diese hatte zum Ziel, den Anteil der erneuerbaren Energieträger am Bruttoinlandsverbrauch bis zum Jahr 2010 auf 12 % zu erhöhen. Bis 2008 war der Ausbau der erneuerbaren Energien jedoch nur in einen lockeren Rechtsrahmen eingebettet. Mit der Stromrichtlinie 2001/77/EG und der Biokraftstoff-Richtlinie 2003/30/EG wurden lediglich unverbindliche Richtwerte vorgegeben. Mit der neuen EU-Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen wurde hingegen ein starker und stabiler Rechtsrahmen für den Ausbau der erneuerbaren Energien in der EU geschaffen (s.a. Seiten 57 – 61).

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

## Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch in den EU-Mitgliedstaaten

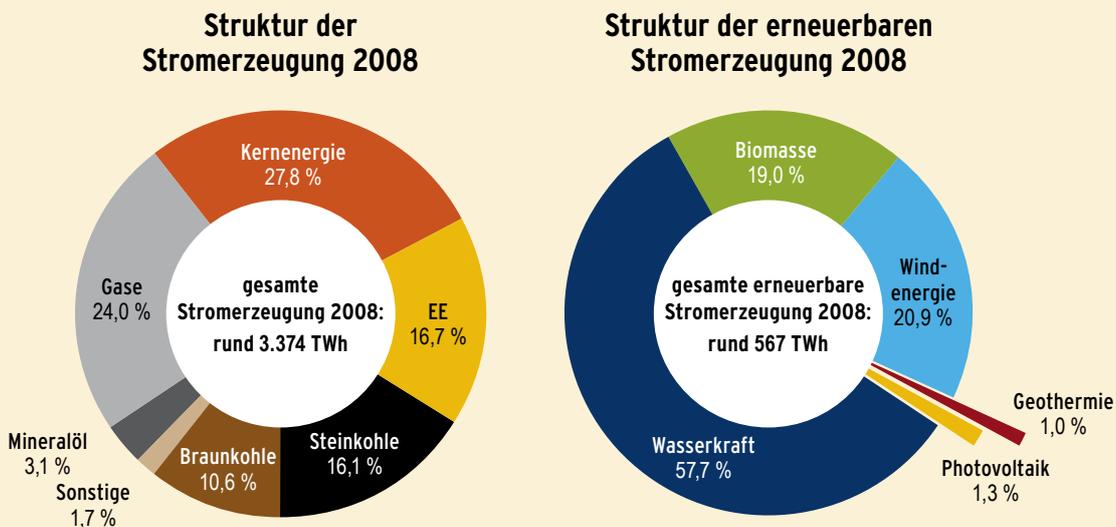
	1997	2000	2002	2004	2006	2008	2010 <sup>1)</sup>
	[%]						[%]
Belgien	1,0	1,5	1,8	2,1	3,9	5,3	6,0
Bulgarien	7,0	7,4	6,0	8,9	11,2	7,4	11,0
Dänemark	8,9	16,7	19,9	27,1	25,9	28,7	29,0
Deutschland <sup>2)</sup>	4,3	6,5	8,1	9,5	12,0	15,4	12,5
Estland	0,1	0,3	0,5	0,7	1,4	2,0	5,1
Finnland	25,3	28,5	23,7	28,3	24,0	31,0	31,5
Frankreich	15,2	15,1	13,7	12,9	12,5	14,4	21,0
Griechenland	8,6	7,7	6,2	9,5	12,1	8,3	20,1
Irland	3,8	4,9	5,4	5,1	8,5	11,7	13,2
Italien	16,0	16,0	14,3	15,9	14,5	16,6	25,0
Lettland	46,7	47,7	39,3	47,1	37,7	41,2	49,3
Litauen	2,6	3,4	3,2	3,5	3,6	4,6	7,0
Luxemburg	2,0	2,9	2,8	3,1	3,5	4,1	5,7
Malta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
Niederlande	3,5	3,9	4,7	5,6	7,9	8,9	9,0
Österreich	67,5	72,4	66,0	58,7	56,5	62,0	78,1
Polen	1,7	1,7	2,0	2,1	2,9	4,2	7,5
Portugal	38,3	29,4	20,8	24,4	29,4	26,9	39,0
Rumänien	30,5	28,8	30,8	29,9	31,4	28,4	33,0
Schweden	49,1	55,4	46,9	46,1	48,1	55,5	60,0
Slowakei	14,5	16,9	19,2	14,4	16,6	15,5	31,0
Slowenien	26,9	31,7	25,4	29,1	24,4	29,1	33,6
Spanien	19,7	15,7	13,8	18,5	17,7	20,6	29,4
Tschech. Republik	3,5	3,6	4,6	4,0	4,9	5,2	8,0
Ungarn	0,8	0,7	0,7	2,3	3,7	5,6	3,6
Verein. Königreich	1,9	2,7	2,9	3,7	4,6	5,6	10,0
Zypern	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	6,0
<b>EU-27</b>	<b>13,1</b>	<b>13,8</b>	<b>13,0</b>	<b>13,9</b>	<b>14,6</b>	<b>16,7</b>	<b>21,0</b>

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.

- 1) Zielwerte nach EU-Richtlinie 2001/77/EG
- 2) Mit 17 % im Jahr 2010 hat Deutschland das Ziel für 2010 (12,5 %) deutlich überschritten.

Quelle: Eurostat [98]

## Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU



Sonstige = Industriemüll, Pumpspeicher etc.

Solarthermische Kraftwerke auf Grund geringer Strommengen nicht dargestellt.

Quelle: Eurostat [98]

Mehr als die Hälfte des in der EU erzeugten Stroms wird aus fossilen Energieträgern gewonnen. Mit der im Jahr 2001 in Kraft getretenen EU-Stromrichtlinie soll der Ausbau der Erneuerbaren im Stromsektor vorangetrieben werden unter anderem mit dem Ziel einer Verringerung der Importabhängigkeit der EU-Mitgliedstaaten. Durchschnittlich hat sich die Stromerzeugung um 3,4 % p.a. auf geschätzte 583 TWh im Jahr 2009 erhöht (2008: 567 TWh). Der erneuerbare Beitrag zur gesamten Strombereitstellung lässt sich auf Basis der vorliegenden Daten für das Jahr 2009 auf 17,2 % abschätzen.

Betrachtet man die Entwicklung der erneuerbaren Strombereitstellung ohne Berücksichtigung der Wasserkraft, hat sich der absolute Beitrag der Erneuerbaren in diesem Zeitraum mehr als verdreifacht bzw. im Durchschnitt um rund 17 % pro Jahr erhöht. Der bisherige Anstieg ist vor allem auf die Entwicklung in zwei Sparten der erneuerbaren Energien zurückzuführen: die Windenergie sowie die Biomassenutzung. Erfreulich ist auch die Entwicklung in der Photovoltaik-Branche, die – wenn auch auf Basis eines niedrigen Ausgangsniveaus – ein Durchschnittswachstum von 72 % p.a. verzeichnen konnte.

### Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU

	1990	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007 <sup>1)</sup>	2008 <sup>1)</sup>	2009 <sup>1), 2)</sup>
	[TWh]											
Biomasse <sup>3)</sup>	17,3	28,7	40,5	42,8	49,7	57,9	68,9	80,7	90,1	100,8	107,9	107,9
Wasserkraft <sup>4)</sup>	288,8	332,5	354,7	372,8	315,4	306,0	323,3	307,4	308,6	310,1	327,4	322,5
Windenergie	0,8	7,3	22,3	27,0	35,7	44,4	58,8	70,5	82,3	104,3	118,7	132,3
Geothermie	3,2	4,0	4,8	4,6	4,8	5,4	5,5	5,4	5,6	5,8	5,7	5,6
Photovoltaik	0,01	0,04	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,5	2,5	3,8	7,4	14,7
Solarthermie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,008	0,016	0,038
<b>Summe</b>	<b>310,1</b>	<b>372,6</b>	<b>422,4</b>	<b>447,4</b>	<b>405,9</b>	<b>414,2</b>	<b>457,2</b>	<b>465,4</b>	<b>489,2</b>	<b>524,8</b>	<b>567,1</b>	<b>583,0</b>
<b>Anteil EE am Bruttostromverbrauch [%] <sup>5)</sup></b>	<b>11,8</b>	<b>13,1</b>	<b>13,9</b>	<b>14,4</b>	<b>13,0</b>	<b>12,9</b>	<b>13,9</b>	<b>14,0</b>	<b>14,6</b>	<b>15,5</b>	<b>16,7</b>	<b>17,2 <sup>6)</sup></b>

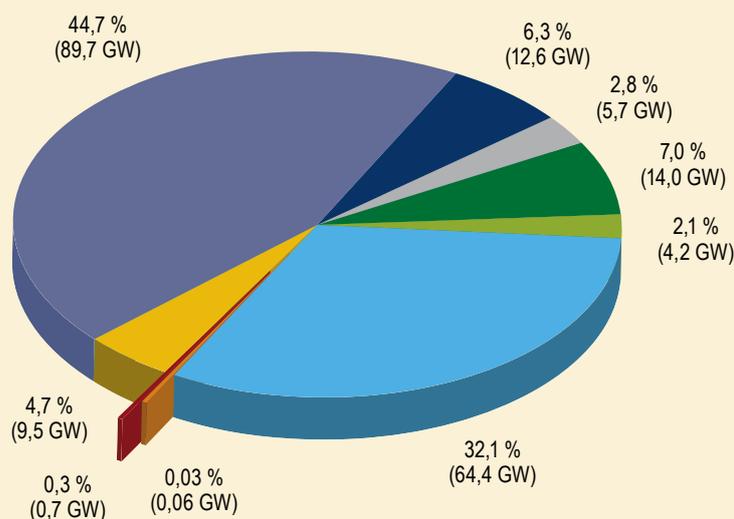
- 1) vorläufige Angaben
- 2) fehlende Werte durch Vorjahreswerte ersetzt
- 3) einschließlich des städtischen Abfalls und Biogases
- 4) für Pumpspeicherkraftwerke nur Erzeugung aus natürlichem Zufluss
- 5) Bruttostromverbrauch = Bruttostromerzeugung plus Import minus Export

6) Schätzung ZSW auf Basis des Bruttostromverbrauchs 2008

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

Quellen: Eurostat [98]; Observ'ER [101], [112]; ZSW [1]

### Struktur der installierten Leistung zur erneuerbaren Strombereitstellung in der EU 2008



Gesamte installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien rund 201 GW (Anteil an der gesamten Stromerzeugungskapazität: 25 %)

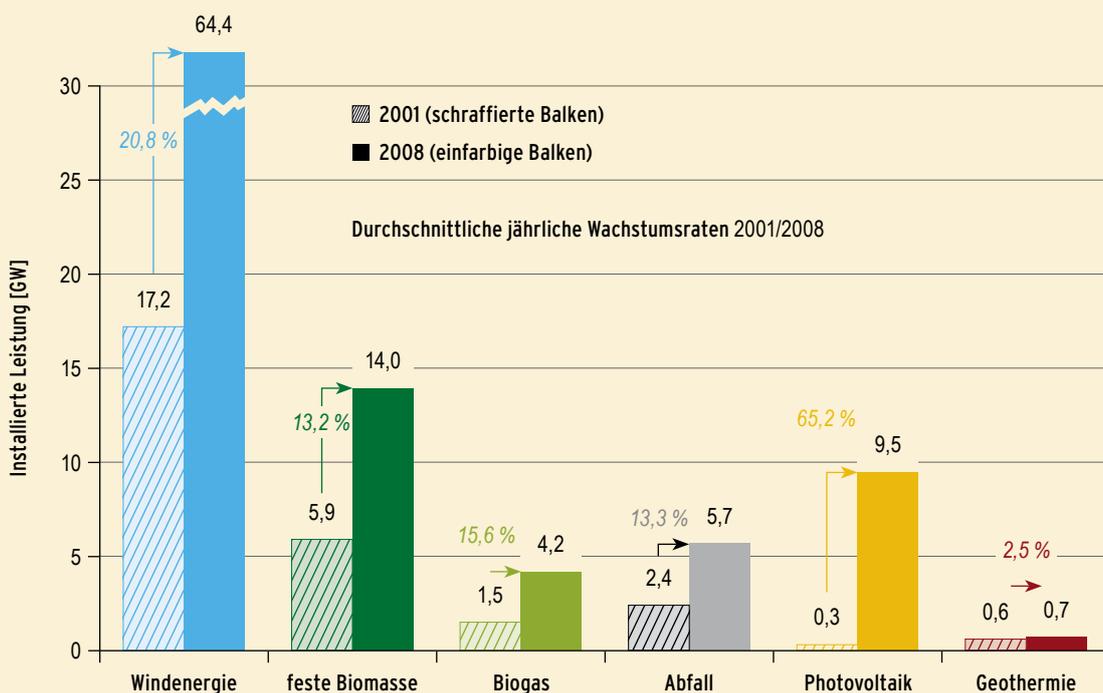
- Wasserkraft > 10 MW
- Wasserkraft < 10 MW
- Abfall
- Holz/Holzabfall
- Biogas
- Wind
- Solarthermie
- Geothermie
- Photovoltaik

Quelle: Eurostat [98]

Seit Inkrafttreten der EU-Stromrichtlinie im Jahr 2001 ist die zur Verfügung stehende erneuerbare installierte Leistung zur Stromerzeugung jährlich um 6,6 % gewachsen, von 128 GW (2001) auf 201 GW im Jahr 2008. Die Wasserkraft hat mit 57 % den größten Anteil am Portfolio der Erneuerbaren im Jahr 2008, weist aber im betrachteten Zeitraum mit 0,3 % nur ein geringes Durchschnittswachstum auf. Mit einem Zubau von 47,2 GW hat die Windenergie wesentlich zum Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugungskapazität beigetragen. Durchschnittlich legte die Technologie 20,8 % pro Jahr zu. Den rasanten Ausbau der Photovoltaik in der EU dokumentiert eine jährliche Wachstumsrate von 65,2 %. Allein im Jahr 2008 hat sich das Leistungsvolumen beinahe verdoppelt. Auch die verschiedenen Technologien der Biomassennutzung konnten deutlich zulegen, so verzeichnete Biogas ein jährliches Wachstum von 15,6 %, die feste Biomasse und die Nutzung von Abfällen lagen mit 13,2 % bzw. 13,3 % Durchschnittswachstum auf gleichem Niveau.

Eine weitere Technologie der erneuerbaren Energien, die solarthermischen Kraftwerke, könnte in den nächsten Jahren ebenfalls einen nennenswerten Beitrag leisten. Ende 2010 waren gemäß Observ'ER in der EU Anlagen mit insgesamt 638,4 MW<sub>el</sub> in Betrieb. Der überwiegende Teil dieser solarthermischen Kraftwerksleistung, genau 632,4 MW<sub>el</sub>, befindet sich in Spanien. Weitere Anlagen mit einem zusätzlichen Leistungsvolumen von insgesamt 998 MW<sub>el</sub> werden derzeit in Spanien errichtet [142].

### Installierte Leistung der Erneuerbare-Energien-Technologien in der EU für die Jahre 2001 und 2008 sowie durchschnittliche jährliche Wachstumsraten

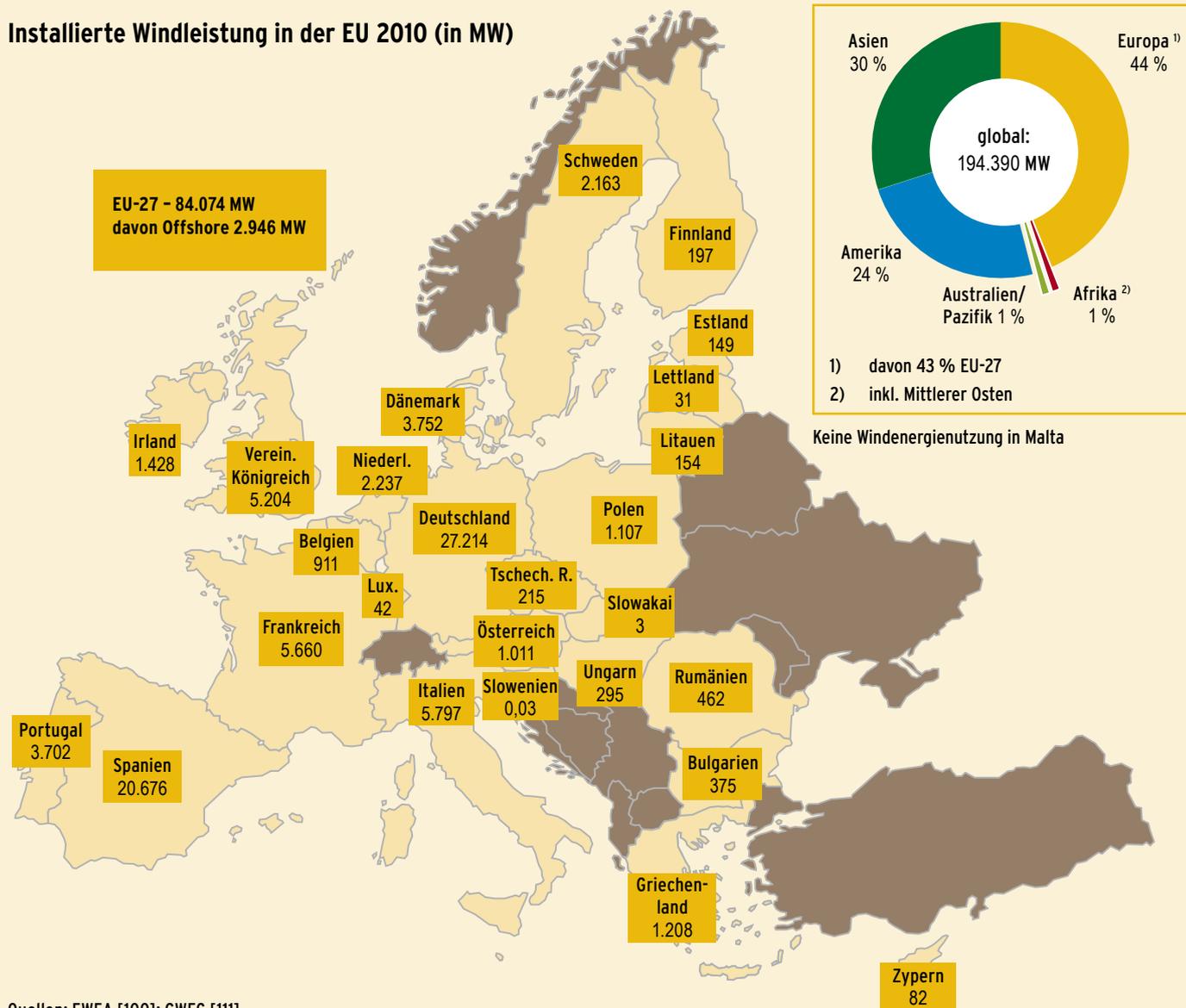


Das Leistungsvolumen der Wasserkraft entspricht in etwa der installierten Leistung der anderen EE-Technologien insgesamt. Da die durchschnittliche Wachstumsrate der Wasserkraft im Betrachtungszeitraum jedoch lediglich bei 0,4 %/a lag, wurde sie in der Grafik nicht berücksichtigt. Angaben zu solarthermischen Kraftwerken wurden auf Grund geringer installierter Leistung nicht dargestellt.

Quellen: ZSW [1] nach Eurostat [98]

## Windenergienutzung in der EU

### Installierte Windleistung in der EU 2010 (in MW)



Gemäß der European Wind Energy Association (EWEA) wurden im Laufe des Jahres 2010 in der EU 9.259 MW an Windenergieleistung zugebaut, 10 % weniger als im Jahr 2009. Ende des Jahres 2010 waren damit in der EU Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 84.074 MW installiert [100].

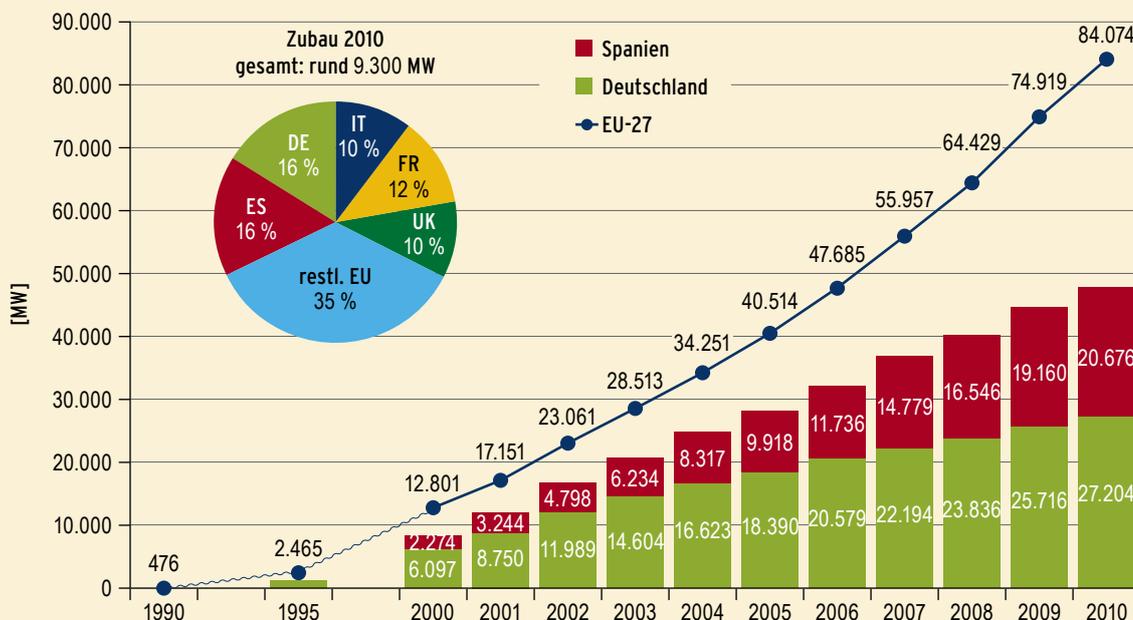
Auch der globale Windmarkt war nach Angaben des Global Wind Energy Council (GWEC) im Vergleich zu den Vorjahren im Jahr 2010 rückläufig. Es wurden insgesamt 35.802 MW an Leistung zugebaut, das bedeutet im Vergleich zum Jahr 2009 ein Minus von 7 %. Wie auch im Vorjahr steht China an der Spitze der Top 10 der Marktakteure. Mit einem Rekord-Zubau von 16.500 MW hält es beinahe die Hälfte des globalen Marktvolumens. Mit deutlichem Abstand folgen die USA, die mit 5.115 MW lediglich etwa die Hälfte des Zubaus 2009 realisieren konnten. Die weiteren Positionen des Rankings mit einem Zubau von mehr als 1 GW belegten Indien (2.139 MW), Spanien (1.516 MW), Deutschland (1.493 MW) und Frankreich (1.086 MW) [111].

Insgesamt waren Ende 2010 weltweit Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von fast 200 GW installiert. China übernahm erstmals die Spitzenposition im Ranking der TOP 10 mit insgesamt 42.287 MW und verdrängte damit die USA und Deutschland auf den zweiten (40.180 MW) bzw. dritten Platz (27.214 MW) [111].

Während der Ausbau der Windenergie an Land in der EU im Vergleich zum Vorjahr um 13,9 % schrumpfte, konnte der Offshore-Markt im Jahr 2010 um gut die Hälfte zulegen. Dort gingen insgesamt 308 neue Windenergieanlagen in 9 Windfarmen mit einer zusätzlichen Leistung von 883 MW ans Netz. Ende 2010 stand somit eine Gesamtleistung von knapp 3 GW zur Verfügung. Mit dieser Leistung könnten in einem normalen Windjahr 11,5 TWh Strom erzeugt werden<sup>1)</sup>. Für das Jahr 2011 erwartet die EWEA, dass weitere 1.000 bis 1.500 MW Offshore-Windleistung in Europa ans Netz gehen werden [108].

1) Zum Vergleich: Der Stromverbrauch Berlins lag im Jahr 2006 bei 13,4 TWh [115].

### Entwicklung der kumulierten Windleistung in den EU-Mitgliedstaaten



Die gesamte Windleistung 2010 entspricht nicht genau der Summe aus installierter Leistung Ende 2009 plus Zubau 2010; dies ist auf Repowering und Stilllegung bestehender Windenergieanlagen zurückzuführen.

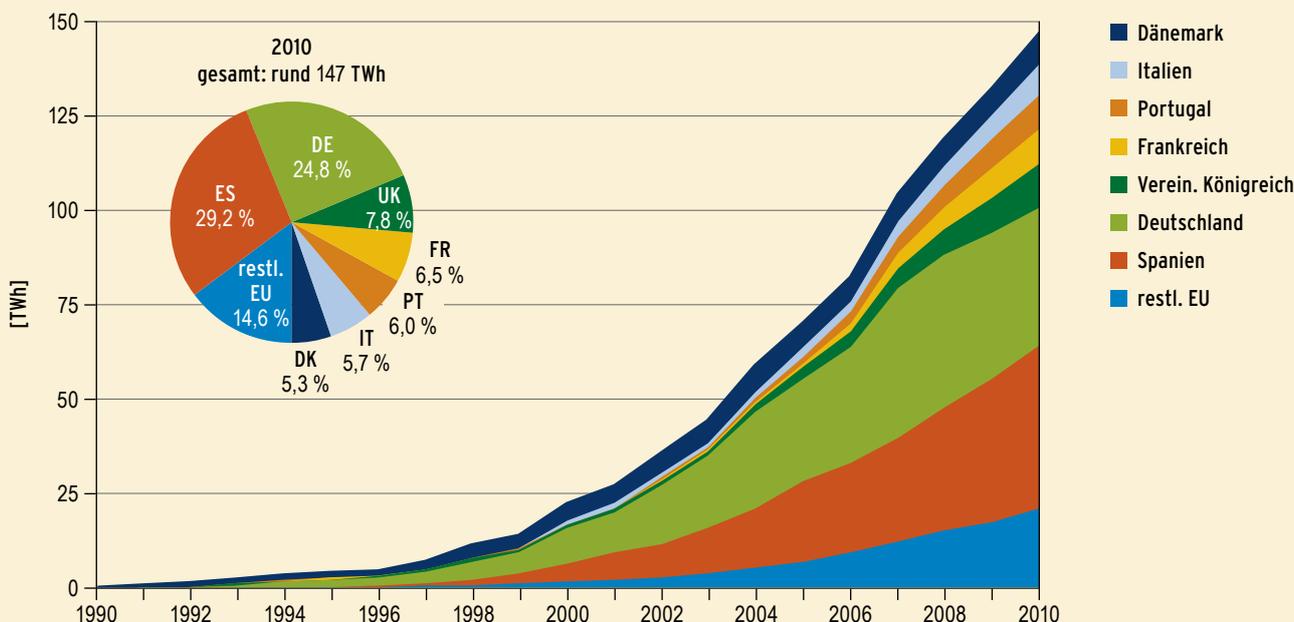
Quellen: EWEA [100]; Eurostat [98]; Deutschland s. Seite 17; DEWI [33]

Die gesamte installierte Windenergieleistung der EU lag Ende 2010 bei 84.074 MW. Die Spitzenposition wird weiterhin von Deutschland gehalten, gefolgt von Spanien, Italien, Frankreich und dem Vereinigten Königreich. Im Hinblick auf die Marktdurchdringung ergibt sich jedoch ein anderes Bild. Hier ist Dänemark führend mit 686,6 kW/1.000 Einwohner, während Deutschland mit 332,7 kW/1.000 Einwohner lediglich an vierter Stelle nach Spanien (449,6 kW/1.000 Einwohner) und Portugal (366,4 kW/1.000 Einwohner) steht. Im Durchschnitt waren in der EU 168,3 kW/1.000 Einwohner installiert [101].

Mit der EU-weit installierten Gesamtleistung könnten gemäß EWEA in einem normalen Windjahr 181 TWh Strom erzeugt werden, dies entspräche einem Anteil von 5,3 % <sup>1)</sup> am gesamten Endenergieverbrauch der EU [100]. Observ'ER schätzt jedoch die gesamte Erzeugung von Windstrom im Jahr 2010 auf rund 147 TWh. Die Diskrepanz ist im Wesentlichen auf das schwache Windjahr zurückzuführen [101].

1) Basis der Berechnung: Bruttostromverbrauch 2008: 3.390,7 TWh [Eurostat].

### Entwicklung der Stromerzeugung aus Windenergie in der EU



Angaben 2010 geschätzt

Quellen: Eurostat [98]; Observ'ER [101]

## Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in der EU

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

Die mit Abstand wichtigste erneuerbare Ressource im Wärmesektor ist die Biomasse mit einem Anteil von rund 97 % bzw. 646 TWh, wobei der größte Anteil auf die Wärmeerzeugung aus Holz in privaten Haushalten entfällt. Der Beitrag der anderen beiden Sparten, Solarthermie und Geothermie, ist mit rund 2 % bzw. 1 % noch vergleichsweise unbedeutend.

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	<b>Endenergie [TWh]</b>										
Biomasse, davon	419,4	477,4	532,8	528,5	533,5	565,3	576,6	586,7	602,7	634,8	645,5
Holz/Holzabfälle	414,8	472,9	521,4	513,4	516,1	553,4	563,9	573,9	589,6	603,0	612,1
Biogas	4,0	3,8	4,8	7,1	8,6	4,0	4,1	4,2	4,5	11,5	12,9
kommunale Abfälle	0,7	0,8	6,6	7,9	8,8	8,0	8,7	8,7	8,6	20,2	20,5
Solarthermie	1,8	3,2	4,8	5,5	6,0	6,4	7,1	7,9	9,0	10,9	12,6
Geothermie	4,8	5,2	5,3	6,5	6,9	6,9	6,8	7,3	7,7	8,1	8,6
<b>EE Wärme gesamt</b>	<b>426,0</b>	<b>485,8</b>	<b>542,9</b>	<b>540,4</b>	<b>546,4</b>	<b>578,6</b>	<b>590,6</b>	<b>602,0</b>	<b>619,3</b>	<b>653,8</b>	<b>666,8</b>

Quelle: nach Eurostat [98]

### Entwicklung im Solarthermie-Markt

Der Absatz im EU-Solarthermie-Markt war 2010 das zweite Jahr infolge rückläufig. Observ'ER schätzt, dass in der EU insgesamt rd. 2,6 GW<sub>th</sub> an Solarkollektorleistung zugebaut wurden im Vergleich zu rd. 2,9 GW<sub>th</sub> im Jahr 2009 und rd. 3,2 GW<sub>th</sub> im Jahr 2008. Der Zubau im Jahr



2010 entspricht einer zusätzlichen Kollektorfläche von rund. 3,8 Mio. m<sup>2</sup> (zum Vergleich: entspricht einer Fläche von mehr als 500 Fußballfeldern). Insgesamt lag die kumulierte Solarkollektorleistung in der EU Ende 2010 bei rund 25,1 GW<sub>th</sub> (etwa 36 Mio. m<sup>2</sup>).

Die länderspezifische Marktdurchdringung der solarthermischen Anwendungen divergiert jedoch stark. Die Spitzenposition nimmt hier, wie auch in den Vorjahren, Zypern mit einer Leistung von rund 611 kW<sub>th</sub> je 1.000 Einwohner ein. Der EU-Durchschnitt lag lediglich bei rund 50 kW<sub>th</sub> je 1.000 Einwohner [109].

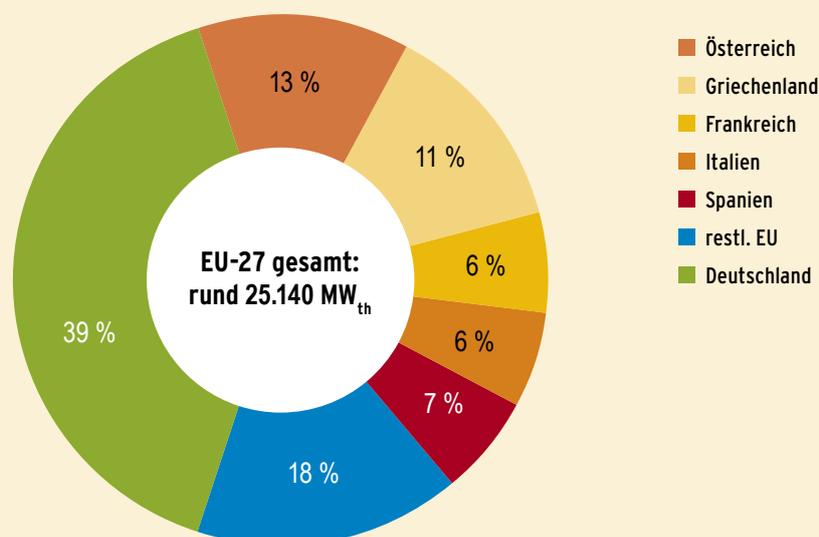
Bis heute ist die Warmwasserbereitung der wichtigste Anwendungsbereich der Solarthermie. In den letzten Jahren wurden jedoch zunehmend Kombianlagen errichtet, die neben der Warmwasserbereitstellung auch der Heizungsunterstützung dienen. So betrug der Anteil der in Deutschland im Jahr 2010 installierten Kombianlagen bezogen auf die Anzahl der zugebauten Anlagen fast 50 % und leistungsbezogen sogar zwei Drittel.

Ende 2008 waren in Europa etwa 126 Großanlagen (> 500 m<sup>2</sup>; > 350 kW<sub>th</sub>) mit einer Leistung von insgesamt 166 MW<sub>th</sub> in Betrieb, im Wesentlichen zur solaren Nah-/Fernwärmeversorgung [110].

Die derzeit weltweit größte solare Fernwärmanlage befindet sich in Marstal (Dänemark). Mit einer Kollektorfläche von 18.365 m<sup>2</sup> und einer thermischen Leistung von 12,9 MW<sub>th</sub> stellt die Anlage ein Drittel des Wärmebedarfs in Marstal bereit. Eine im April 2011 in Auftrag gegebene Anlage in Riyadh, Saudi-Arabien, wird nach ihrer Fertigstellung mit 36.305 m<sup>2</sup> beinahe die doppelte Kollektorfläche ausweisen. Deutschlands größte solare Nahwärmanlage ist in Crailsheim zu finden, mit einer Leistung von 7 MW<sub>th</sub> und 10.000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche [106, 107, 110].

Global waren Ende 2009 rund 172 GW<sub>th</sub> Solarkollektorleistung in Betrieb (für das Jahr 2010 schätzt SHC [110] die Leistung auf 196 GW<sub>th</sub>). Mit dieser installierten Leistung konnten rund 142 TWh<sub>th</sub> (510 PJ) produziert und damit rund 46 Mio. Tonnen des Treibhausgases Kohlendioxid vermieden werden. Weltweit waren in der Solarthermiebranche 2009 schätzungsweise 270.000 Menschen beschäftigt.

### Gesamte installierte Solarkollektorleistung in der EU Ende 2010

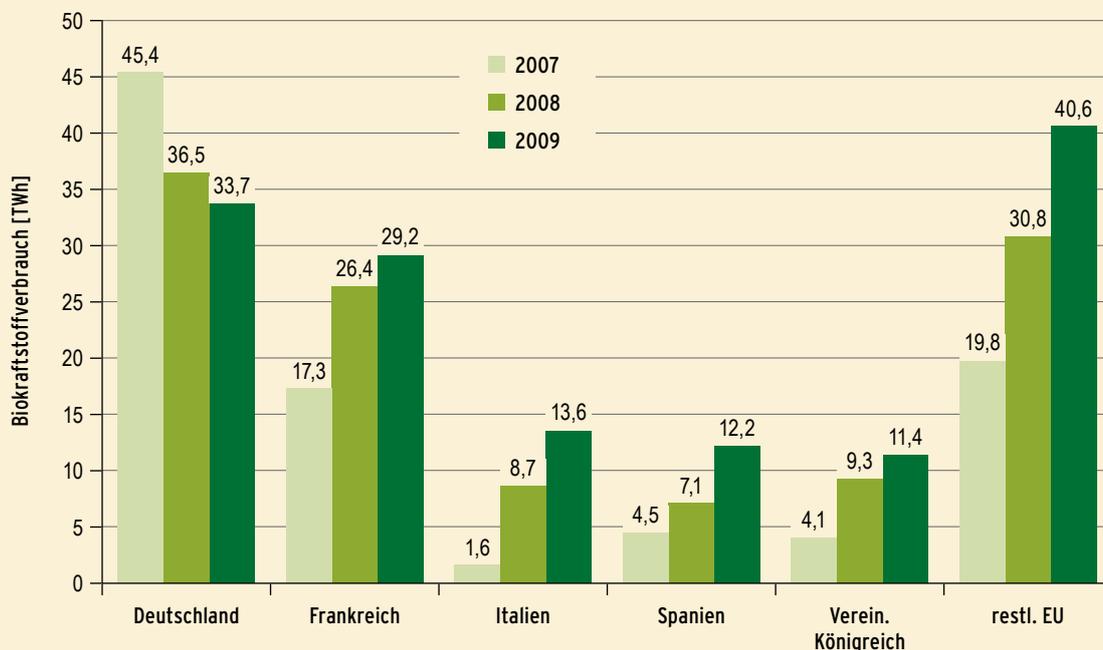


Angaben vorläufig

Quelle: Observ'ER [109]

## Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien in der EU

### Verbrauch an Biokraftstoffen im Straßenverkehr der EU in den Jahren 2007 bis 2009



Die vorliegende Grafik gibt den derzeitigen Stand verfügbarer Statistiken wieder (siehe Quellen). Diese Daten können von nationalen Statistiken abweichen, unter anderem aufgrund von unterschiedlichen Methodiken. Angaben 2009 geschätzt

Quellen: Observ'ER [101], [129]

Neben dem Strom- und Wärmesektor ist auch der Verkehrssektor im Hinblick auf eine Steigerung der Substitution von fossilen durch erneuerbare Energieträger relevant, denn ein Drittel des gesamten EU-Endenergieverbrauchs ist dem Verkehrssektor zuzurechnen. In der neuen EU-Richtlinie (2009/28/EG) wird diesbezüglich erstmals ein verbindliches Ziel für den Verkehrssektor formuliert. Bis zum Jahr 2020 soll der Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen in den einzelnen EU-Mitgliedstaaten für alle Verkehrsträger mindestens 10 % des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor entsprechen.

Doch nicht nur im Hinblick auf eine Minderung der Abhängigkeit von Energieimporten ist die Relevanz des Verkehrssektors in Bezug auf den Ausbau der Erneuerbaren offensichtlich. Biokraftstoffe leisten auch einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen im Straßenverkehr.



Im Jahr 2009 schätzt Observ'ER [101] den Verbrauch an Biokraftstoffen in der EU insgesamt auf knapp 141 TWh. Seit dem Jahr 2005 hat sich die Nachfrage nach Biokraftstoffen somit vervierfacht. Allerdings hat sich das Wachstum in diesem Zeitraum deutlich abgeschwächt und lag im Jahr 2009 lediglich bei 18,4 % (2008: 28,3 %; 2007: 41,7 %). Der Anteil der erneuerbaren Kraftstoffe am gesamten Verbrauch des Straßenverkehrs der EU lag Ende 2009 gemäß Observ'ER bei 4 %, und damit noch weit entfernt vom indikativen Ziel der Biokraftstoff-Richtlinie 2003/30/EG, die für das Jahr 2010 einen Anteil von 5,75 % vorgibt.

In der EU ist Biodiesel mit einem Anteil von beinahe 80 % am gesamten Biokraftstoffverbrauch der wichtigste Biokraftstoff. Überwiegend aus Rapsöl produziert, kann er fossilem Diesel beigemischt werden. Im Jahr 2009 wurden EU-weit rund 112 TWh Biodiesel verbraucht. Im Vergleich zum Vorjahr ist das ein Plus von 18,7 TWh. Global betrachtet entfällt auf Biodiesel nur etwa ein Viertel der gesamten Biokraftstoffbereitstellung, Ethanol bzw. daraus hergestelltes ETBE ist hier die bevorzugte Alternative.

Ethanol wird in der EU vorwiegend durch Fermentation von Zuckerrüben und/oder Getreide erzeugt. Es kann dem Benzin direkt beigemischt oder aber zu ETBE (Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether) weiterverarbeitet werden. Im Jahr 2009 konnte der Bioethanol-Verbrauch um rund 29,5 % gesteigert werden (Verbrauch 2008: 21 TWh). Insgesamt wurden 27,2 TWh dieses biogenen Kraftstoffs verwendet. Sonstige biogene Kraftstoffe, wie z.B. Pflanzenöl und Biogas, spielen mit einem einprozentigen Anteil am gesamten Biokraftstoffvolumen nur eine Nebenrolle.

## Sozio-ökonomische Aspekte der erneuerbaren Energien in der EU im Jahr 2009

	Wind	feste Biomasse	Photovoltaik	Biokraftstoffe	Geothermie	Biogas	Solarthermie	kleine Wasserkraft <sup>2)</sup>	Gesamt Länder
	[Mio. EUR]								
Deutschland <sup>1)</sup>	6.050	9.450	12.000	3.150	2.000	2.300	1.350	350	36.650
Dänemark	12.260	400	60	220	< 5	35	45	5	13.030
Frankreich	3.000	2.775	1.660	1.950	2.280	210	615	360	12.850
Schweden	1.250	5.350	550	1.800	810	k.A.	40	280	10.080
Italien	2.500	900	3.500	1.500	k.A.	500	360	440	9.700
Spanien	3.800	1.300	3.000	750	k.A.	45	320	400	9.615
Verein. Königreich	3.500	300	750	170	k.A.	1.000	75	k.A.	5.795
Österreich	350	2.140	550	400	215	50	500	500	4.705
Finnland	1.500	1.260	10	210	135	10	< 5	25	3.155
Tschech. Republik	70	< 5	1.500	220	k.A.	110	70	50	2.025
restl. EU	3.943	3.085	2.326	1.570	460	160	825	211	12.580
<b>Gesamt Sektoren</b>	<b>38.223</b>	<b>26.965</b>	<b>25.906</b>	<b>11.940</b>	<b>5.905</b>	<b>4.420</b>	<b>4.250</b>	<b>2.621</b>	<b>120.185</b>

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

1) Für Deutschland wurden aus Konsistenzgründen die Zahlen aus der verwendeten Quelle übernommen; da die Daten der Seiten 34 - 35 auf Basis

einer anderen Systematik berechnet wurden, ist ein Vergleich nicht möglich.

2) < 10 MW installierte Leistung

Quelle: Observ'ER [101]

Nach Observ'ER konnte im Jahr 2009 in der EU ein Umsatzvolumen von mehr als 120 Mrd. Euro mit erneuerbaren Energien erwirtschaftet werden. An erster Stelle des Rankings steht Deutschland mit einem Gesamtumsatz von beinahe 37 Mrd. Euro. Mit deutlichem Abstand folgen Dänemark, Frankreich und Schweden, die zusammen weitere 36 Mrd. Euro realisieren konnten. Insgesamt entfallen somit 60 % des Umsatzes der gesamten Erneuerbare-Energien-Branche auf diese vier Länder [101].

Mit mehr als 38 Mrd. Euro – und damit knapp einem Drittel des Gesamtvolumens – ist die Windenergie die umsatzstärkste Branche. Die feste Biomasse und die Photovoltaik liegen auf Position 2 und 3.

Im Jahr 2009 existierten EU-weit bereits mehr als 910.000 Arbeitsplätze in der Erneuerbare-Energien-Branche. Deutschland hat mit über 333.000 Arbeitsplätzen den größten Anteil, gefolgt von Frankreich mit weiteren 135.000 Arbeitsplätzen.

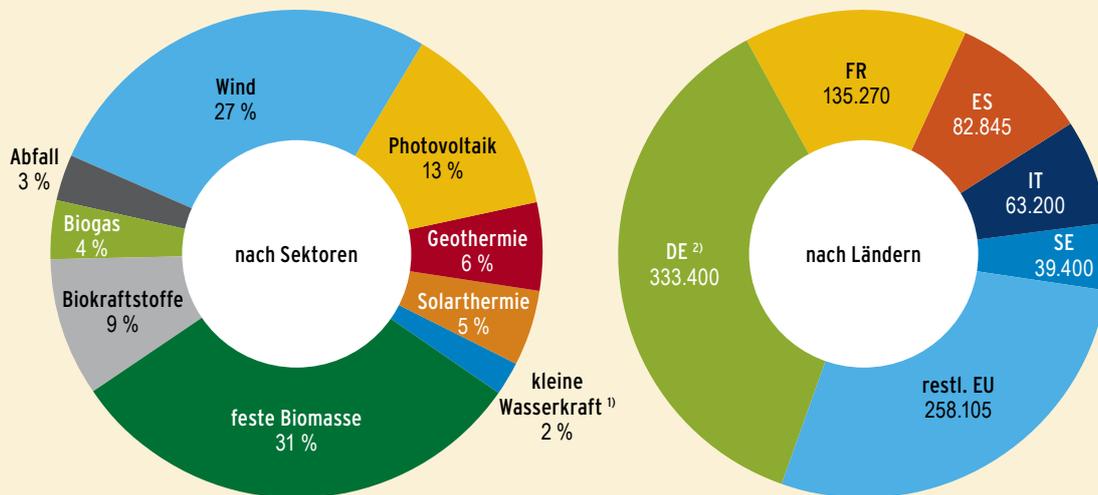
In der sektoralen Betrachtung nimmt die feste Biomasse mit rund 284.000 Arbeitsplätzen die Spitzenposition ein, gefolgt von der Windenergie mit rund 244.000 Arbeitsplätzen.

Weltweit waren im Jahr 2010 mehr als 3,5 Mio. Menschen in der Erneuerbare-Energien-Branche beschäftigt [113].



## Arbeitsplätze in der Erneuerbare-Energien-Branche im Jahr 2009

gesamt  
rund 912.200 Arbeitsplätze



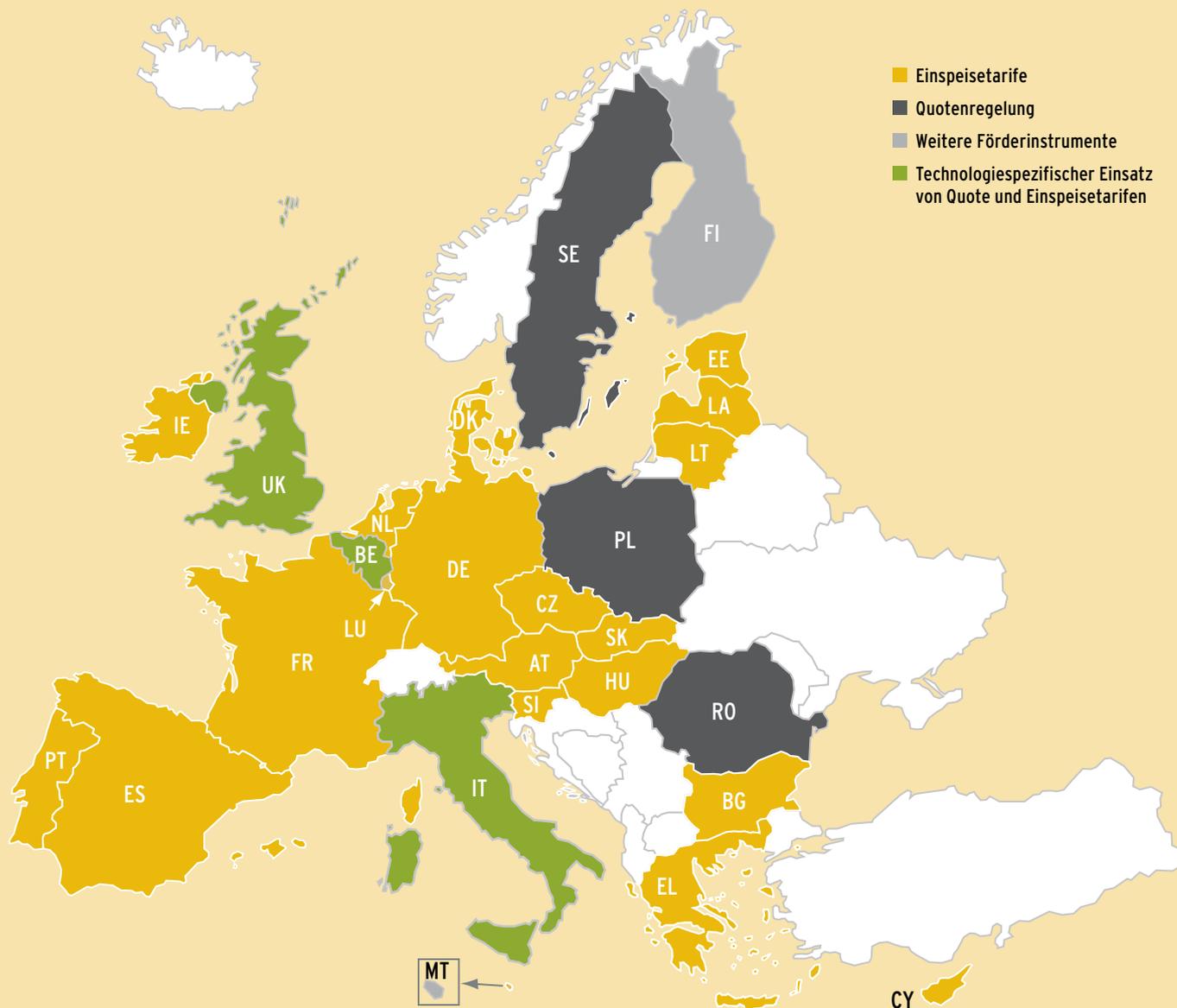
1) < 10 MW installierte Leistung

2) Die Angaben für Deutschland weichen von den auf Seite 36 dargestellten Zahlen ab, da von Observ'ER die Arbeitsplätze ohne Berücksichtigung der großen Wasserkraft ermittelt wurden. Des Weiteren wurden auch Arbeitsplätze in der öffentlich geförderten Forschung und der Verwaltung nicht berücksichtigt.

Quelle: Observ'ER [101]

## 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 % ausgebaut werden (s.a. Seiten 57 – 58). Hierzu wird der Strom aus erneuerbaren Energien mit einem erwarteten EU-Anteil von rund 34 % einen erheblichen Beitrag leisten.



Quelle: Klein et al. [114]

Insbesondere das Beispiel Windenergie und Photovoltaik zeigt, dass die Ausbauerfolge im Stromsektor in den einzelnen EU-Staaten sehr unterschiedlich sind (s.a. Seite 66 „Ausbau der Stromerzeugung ...“). Dies ist vor allem auf die jeweiligen energiepolitischen Rahmenbedingungen zurückzuführen. Die Einspeiseregulierung als Förderinstrument wird derzeit von über 20 EU-Mitgliedstaaten ausschließlich bzw. zum Teil genutzt. Dieses Instrument, 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 86 % der bis Ende 2009 EU-weit installierten Kapazität von Windenergie an Land und beinahe 100 % der installierten Kapazität von Photovoltaik durch Einspeisesysteme realisiert.

Das Bundesumweltministerium fördert ein Vorhaben, das im Internet unter [www.res-legal.de](http://www.res-legal.de) eine kostenlos zugängliche Internet-Datenbank „Rechtsquellen für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien“ betreibt („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 auch Slowenien durch Unterzeichnung der Gemeinsamen Erklärung der IFIC beigetreten.

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 Anfang 2011 mindestens 61 Länder und weitere 26 Staaten/Provinzen/Gebiete Einspeiseregulungen für Strom aus erneuerbaren Energien eingeführt [113].

Weitere Informationen finden sich im Internet unter [www.feed-in-cooperation.org](http://www.feed-in-cooperation.org).

## TEIL III: Globale Nutzung erneuerbarer Energien



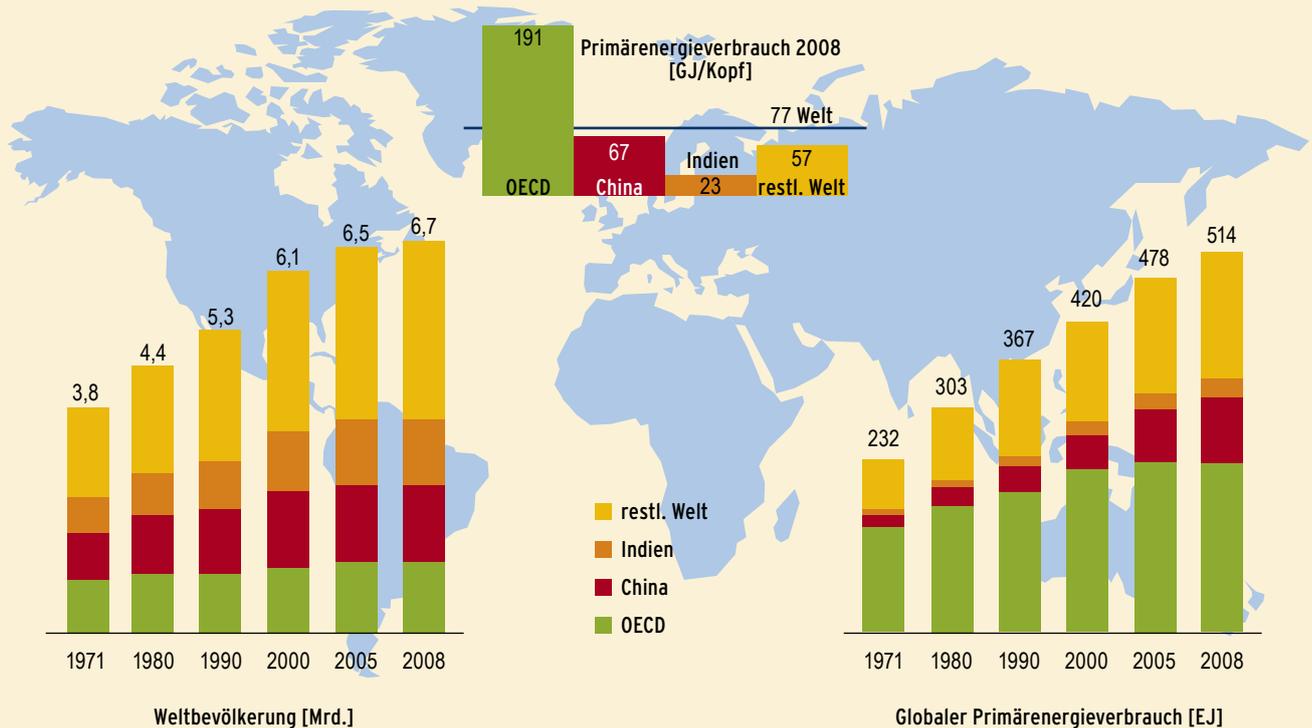
**Den Energiebedarf der wachsenden Weltbevölkerung nachhaltig abzudecken, ist eine der großen Herausforderungen der Zukunft. Erneuerbare Energien leisten bereits heute einen wichtigen Beitrag – rund 17 % des globalen Energieverbrauchs sind erneuerbaren Ursprungs.**

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.

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



## Entwicklung von Weltbevölkerung und globalem Primärenergieverbrauch



PEV berechnet nach Wirkungsgradmethode

Quelle: IEA [117]

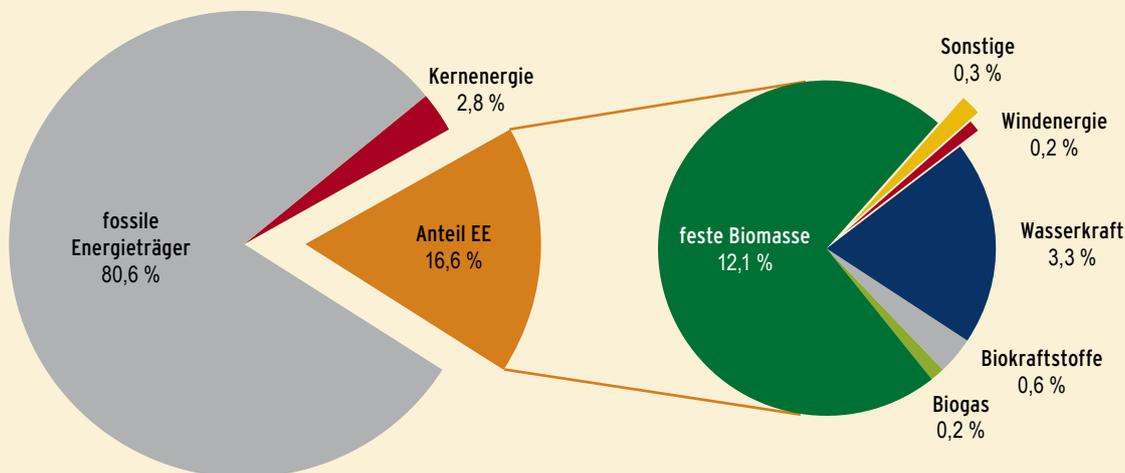
Der hohe Stellenwert der erneuerbaren Energien für eine nachhaltige Entwicklung ist allgemein anerkannt. Auf nationaler Ebene werden heute verschiedene Instrumente zur Förderung der Entwicklung der erneuerbaren Energien eingesetzt (s.a. Seiten 38 – 45 und 80 – 81). Betrachtet man die absoluten Zahlen, so wurden 2008 global rund 65.600 PJ erneuerbare Primärenergie bereitgestellt (2007: rund 62.500 PJ). Durchschnittlich konnten die Erneuerbaren seit 1990 jährlich um 1,9 % zulegen. Dennoch pendelt der Anteil der erneuerbaren Energiebereitstellung am globalen Primärenergieverbrauch bereits seit den achtziger Jahren zwischen 12 und 13 % (2008: 12,8 %). Das bedeutet: Der Anstieg des gesamten Primärenergieverbrauchs konnte durch den Zuwachs der erneuerbaren Energiebereitstellung gerade kompensiert werden.

Knapp ein Fünftel der Weltbevölkerung (OECD) ist nach wie vor für beinahe die Hälfte des globalen Primärenergieverbrauchs verantwortlich. Dies wird auch durch den Pro-Kopf-Verbrauch deutlich, der in den Industrieländern (OECD) mit 191 GJ um das 2,5-Fache höher als der globale Durchschnitt (77 GJ/Kopf) ist. In China und Indien, den bevölkerungsreichsten Ländern, liegt der Energiebedarf pro Kopf sogar lediglich bei 67 bzw. 23 GJ. Doch der Energiebedarf der Entwicklungs- und Schwellenländer wächst.

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass zur Bewältigung der Herausforderungen für die globale Energieversorgung und insbesondere den Klimaschutz neben der effizienteren Nutzung von Energie vor allem die Entwicklungsdynamik der erneuerbaren Energien erhöht werden muss. Dies gilt vor allem für die Wind-, Solar- und Meeresenergie, aber auch für die Technologien der Geothermie sowie moderne Verfahren der Biomassenutzung. Die bislang dominierenden klassischen Nutzungsformen – Wärmebereitstellung aus Brennholz und Holzkohle (traditionelle Biomassenutzung) sowie Stromerzeugung aus Wasserkraft – stoßen zunehmend an ihre Grenzen und stellen zuweilen keine nachhaltige Nutzung der erneuerbaren Energien dar (vgl. Seiten 88 – 89).

## Globale Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien

### Struktur des globalen Endenergieverbrauchs im Jahr 2008



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 i.d.R. 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.

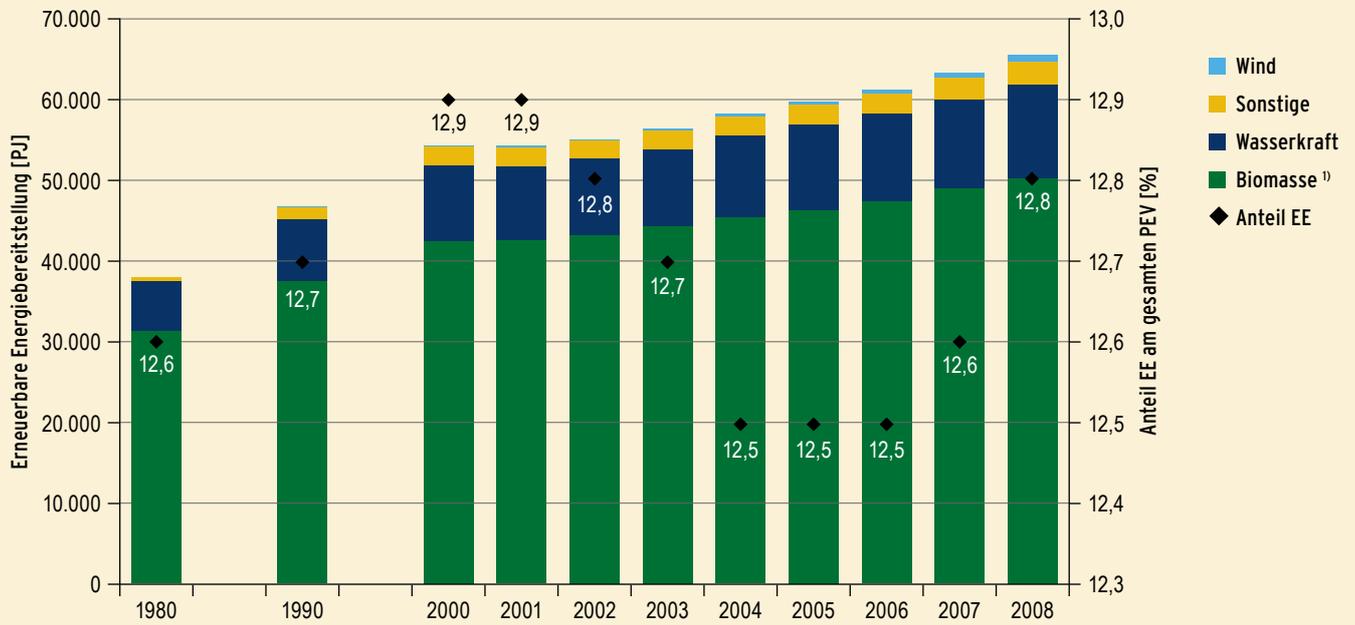
Sonstige = Geothermie, Solar- und Meeresenergie

Quelle: nach IEA [104]

Im Jahr 2008 wurde bereits ein Sechstel der globalen Nachfrage nach Endenergie durch erneuerbare Energien gedeckt. Die biogenen Energieträger sind mit einem Anteil von insgesamt rund 12,9 % die dominierende erneuerbare Ressource. Dieser hohe Anteil ist vor allem auf die traditionelle Biomassenutzung zurückzuführen. Der Wasserkraft können rund 3,3 % zugerechnet werden und der verbleibende Anteil von 0,4 % verteilt sich auf die weiteren Erneuerbare-Energien-Technologien.

Die Entwicklung des globalen Endenergieverbrauchs folgt dem Trend des Primärenergieverbrauchs, der sich seit 1971 mehr als verdoppelt hat (2008: rund 513.500 PJ). Allein im Jahr 2008 stieg der globale Bedarf an Energie um 1,9 % bzw. in absoluten Zahlen um 9.390 PJ (zum Vergleich: Die AGEB [2] schätzt den gesamten Primärenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2010 auf 14.044 PJ). Der Anteil der Erneuerbaren am globalen Primärenergieverbrauch lag im Jahr 2008 mit 12,8 % auf dem gleichen Niveau wie im Jahr 2002.

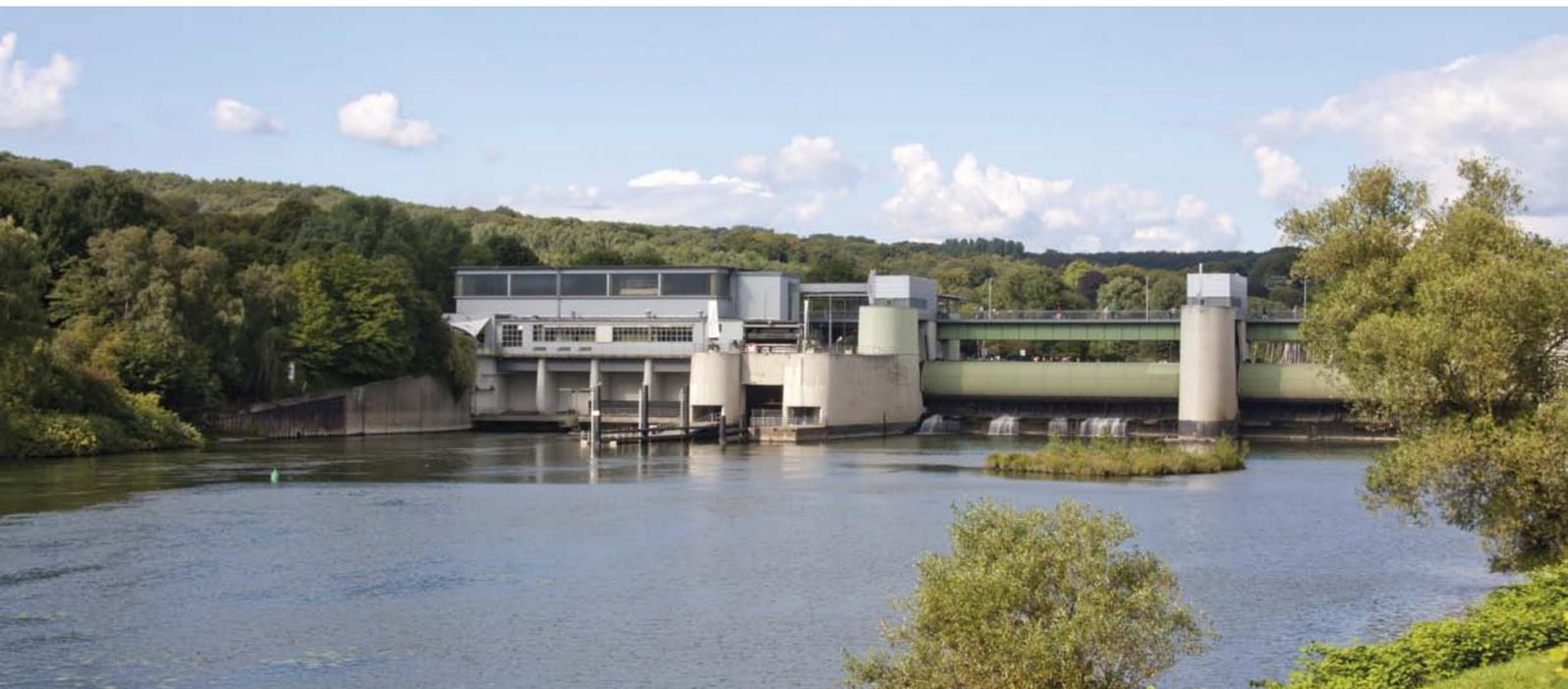
### Entwicklung der globalen erneuerbaren Primärenergiebereitstellung und des Anteils erneuerbarer Energien



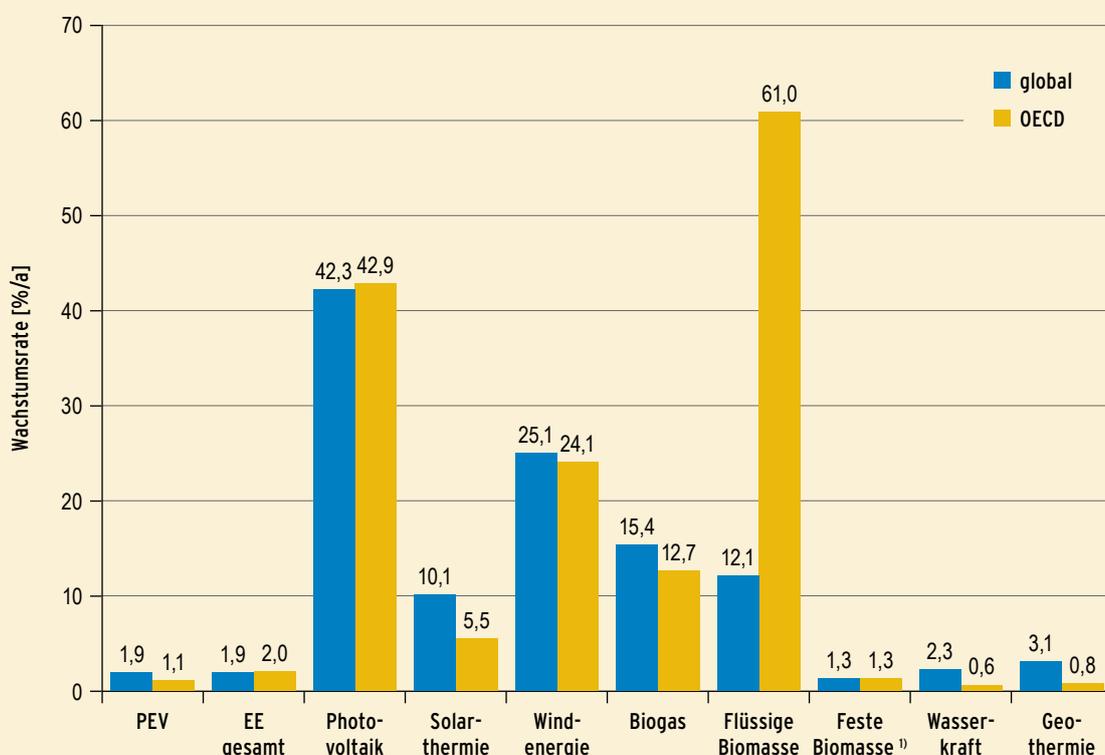
PEV berechnet nach der Wirkungsgradmethode

1) inkl. biogener Anteil des Abfalls

Quelle: IEA [104]



## Mittlere Wachstumsraten der erneuerbaren Energien im Zeitraum 1990 bis 2008



Die OECD-Mitgliedstaaten sind im Anhang Abs. 8 angegeben.

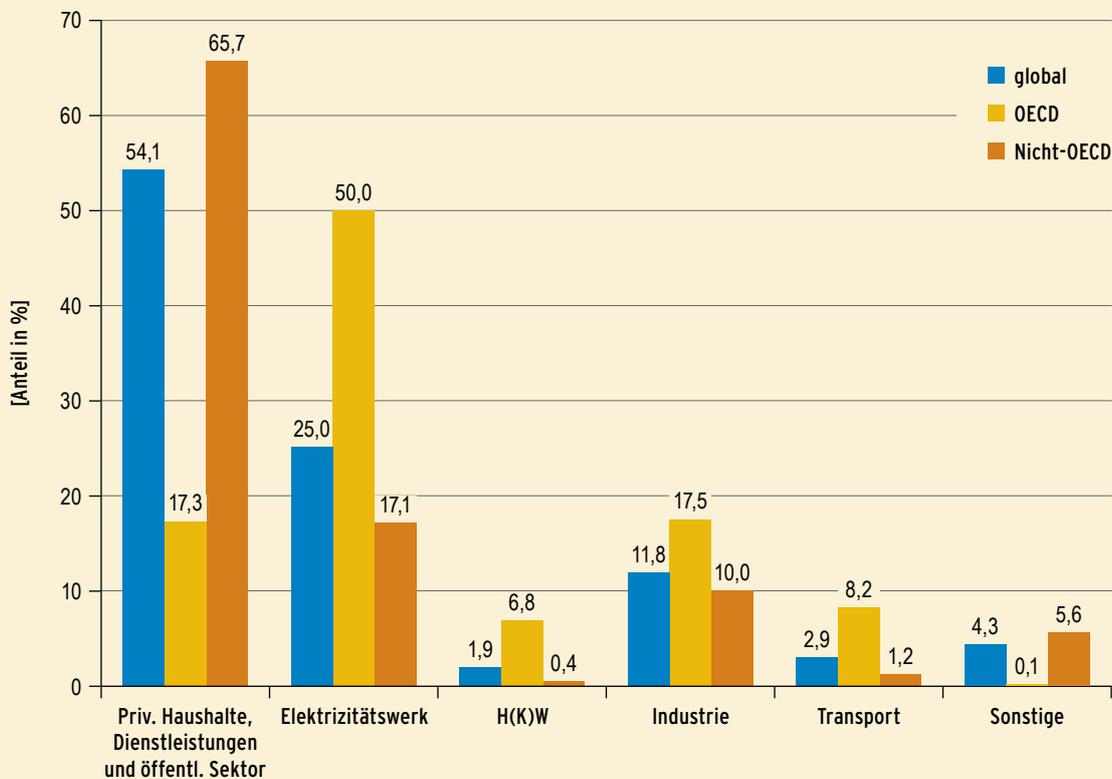
1) inkl. biogener Anteil des kommunalen Abfalls

Quelle: nach IEA [104]

Vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele des Kyoto-Protokolls ist die Entwicklung der erneuerbaren Energien seit dem Jahr 1990 von besonderem Interesse. Bisher ist es jedoch nicht gelungen, ihren Stellenwert in der Energieversorgung deutlich zu erhöhen. Global stieg die Energiebereitstellung bis zum Jahr 2008 um durchschnittlich 1,9 % p. a. und lag damit auf gleichem Niveau wie das Wachstum des gesamten Primärenergieverbrauchs.

Seit dem Jahr 2005 ist in den Industrieländern (OECD) eine Trendänderung zu beobachten, da das Wachstum der erneuerbaren Energiebereitstellung mit 1,5 % erstmals über dem Wachstum des gesamten Primärenergieverbrauchs (2005: 1,4 % p. a.) lag. Im Jahr 2008 konnten die Erneuerbaren bereits ein Wachstum von 2 % p. a. verzeichnen, während die Wachstumsrate des gesamten Primärenergieverbrauchs der OECD von 1,2 % p. a. im Jahr 2007 auf 1,1 % p. a. im Jahr 2008 weiterhin rückläufig war.

## Anteile erneuerbarer Energien am Energiebedarf in den verschiedenen Sektoren im Jahr 2008



Die OECD-Mitgliedstaaten sind im Anhang Abs. 8 angegeben.

Quelle: nach IEA [103]

Global wird mehr als die Hälfte der erneuerbaren Energien zur Wärmebereitstellung in privaten Haushalten sowie im öffentlichen Sektor und im Dienstleistungssektor genutzt. Im Wesentlichen handelt es sich hierbei um Holz und Holzkohle. Den zweiten wichtigen Anwendungsbereich stellt die Stromerzeugung dar. Allerdings bestehen erhebliche regionale Unterschiede: Während in den Industrieländern (OECD) die Hälfte der erneuerbaren Energien der Stromerzeugung dient, sind es in den Nicht-OECD-Ländern nur 17,1 %. Entsprechend groß ist hier mit rund 66 % der Anteil zur dezentralen Wärmebereitstellung, der in den OECD-Ländern lediglich 17,3 % beträgt.

## Regionale Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2008 - Global

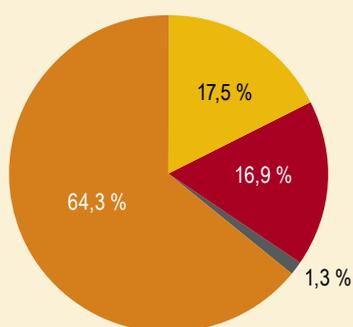
	PEV	davon EE	Anteil EE am PEV	Anteil der wichtigsten EE am Gesamtanteil EE [%]		
	[PJ]	[PJ]	[%]	Wasser	Sonstige <sup>1)</sup>	Biomasse/ Abfälle <sup>2)</sup>
Afrika	27.441	13.549	49,4	2,5	0,4	97,1
Lateinamerika <sup>3)</sup>	23.870	7.352	30,8	33,0	1,7	65,3
Asien <sup>3)</sup>	59.211	16.274	27,5	5,5	6,4	88,1
China	89.206	10.899	12,2	19,3	2,5	78,1
Übergangsländer	47.936	1.696	3,5	60,4	1,5	38,1
Mittlerer Osten	24.778	134	0,5	23,8	37,7	38,5
OECD	227.030	15.713	6,9	30,1	13,8	56,1
<b>Welt <sup>4)</sup></b>	<b>513.490</b>	<b>65.617</b>	<b>12,8</b>	<b>17,6</b>	<b>5,7</b>	<b>76,7</b>

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

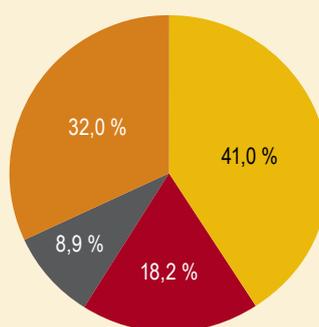
- 1) Geothermie, Sonnenenergie, Wind, Meeresenergie
  - 2) nur biogener Anteil des kommunalen Abfalls enthalten
  - 3) Lateinamerika ohne Mexiko und Asien ohne China
  - 4) inkl. Treibstoffbevorratung für Schifffahrt und Flugverkehr
- PEV berechnet nach der Wirkungsgradmethode

Quelle: IEA [103]

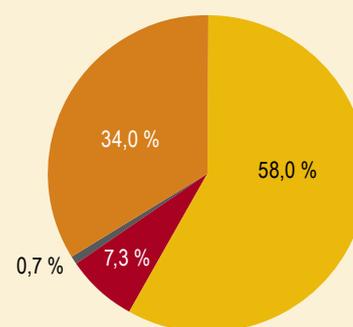
Biomasse/Abfälle  
rund 50.330 PJ (76,7 %)



Wasserkraft  
rund 11.550 PJ (17,6 %)



Geothermie, Solar-,  
Wind-, Meeresenergie  
rund 3.740 PJ (5,7 %)



- OECD
- Übergangsländer
- China
- Restliche Welt

Quelle: IEA [103]



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 <sup>1)</sup>	2.235	444	2.679	1.229	210	1.438
Welt <sup>2)</sup>	2.235	444	2.679	1.232	210	1.441

1) inkl. Mittlerer Osten

2) inkl. OECD und Übergangsländer

Quelle: IEA [105]

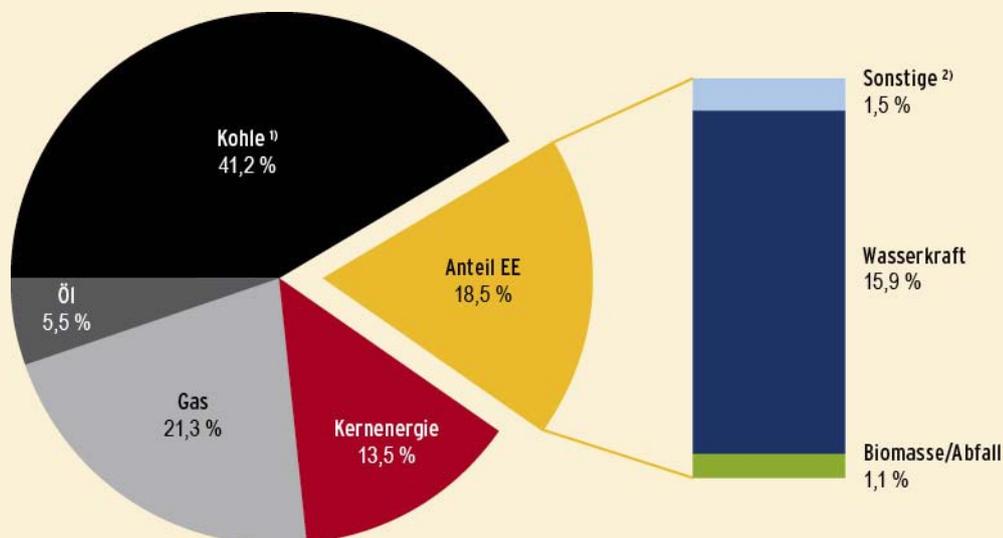
Besonders hoch ist der Anteil der allgemein als erneuerbar bezeichneten Energieformen in Afrika. Ursächlich ist hierfür die traditionelle Nutzung von Biomasse, die jedoch über weite Strecken nicht nachhaltig ist. Einfache Formen des Kochens und Heizens haben Gesundheitsschäden durch offenes Feuer sowie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

In den Entwicklungsländern – insbesondere in ländlichen Gebieten – sind rd. 2,7 Mrd. Menschen ausschließlich auf traditionelle Biomasse zum Kochen und Heizen angewiesen, das entspricht etwa 40 % der Weltbevölkerung. Die IEA rechnet aufgrund des Bevölkerungswachstums mit einem Anstieg auf rund 2,8 Mrd. 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 z.T. mit gravierenden sozialen und ökologischen Folgen einhergeht.

## Globale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

### Anteile erneuerbarer Energien an der globalen Stromerzeugung im Jahr 2008



Die globale Stromerzeugung aus Wasserkraft ist mit einem Anteil von 15,9 % höher als die der Kernenergie (13,5 %). Betrachtet man die Anteile am PEV, so wird dieses Verhältnis umgekehrt, Kernenergie stellt mit 5,8 % einen deutlich größeren Anteil am PEV als die Wasserkraft mit 2,2 %. Ursächlich für diese Verzerrung ist, dass entsprechend internationaler Vereinbarungen Elektrizität aus Kernenergie primärenergetisch mit einer durchschnittlichen Umwandlungseffizienz von 33 % bewertet wird, während bei der Stromerzeugung aus Wasserkraft nach der so genannten Wirkungsgradmethode ein Wirkungsgrad von 100 % angesetzt wird.

- 1) enthält nicht erneuerbaren Anteil des Abfalls (0,3 %)
- 2) Geothermie, Sonne, Wind, Meeresenergie

Quelle: IEA [103]

Etwa ein Fünftel der globalen Stromerzeugung wurde im Jahr 2008 mit Erneuerbare-Energien-Technologien generiert. Die wichtigste erneuerbare Ressource im Umwandlungssektor ist die Wasserkraft, die allein 15,9 % des globalen Stromvolumens bereitstellt. Biogene Energieträger spielen im Stromsektor eine Nebenrolle mit einem Anteil von 1,1 %. Die weiteren Erneuerbare-Energien-Technologien Geothermie, Solar- und Windenergie weisen zwar ein schnelles Wachstum auf, konnten aber im Jahr 2008 erst 1,5 % zur globalen Stromerzeugung beitragen.

Im Jahr 2008 lag der erneuerbare Stromanteil bei 18,5 % im Vergleich zu 19,5 % im Jahr 1990. Das relativ geringe Wachstum der Wasserkraft in der OECD ist die wesentliche Ursache für den Rückgang des globalen Anteils. Die Wasserkraft leistet mit rund 80 % den größten Beitrag innerhalb der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Allerdings sind die Wasserkraftpotenziale in den meisten Industrieländern bereits ausgeschöpft. Der für die Erhöhung des globalen Anteils notwendige Wachstumsschub kann in diesen Ländern nur durch einen verstärkten Ausbau anderer erneuerbarer Technologien realisiert werden.

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

### Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in verschiedenen Regionen im Jahr 2008

	Wasserkraft	feste Biomasse <sup>1)</sup>	sonstige Biomasse	Windenergie	Geothermie	Sonstige	EE-Strom gesamt	Anteil EE-Strom
	[TWh]							[%]
Asien <sup>2)</sup>	249	9	0	14	19	0	291	15,9
Lateinamerika <sup>2)</sup>	673	30	0	1	3	0	707	66,2
Afrika	95	1	0	1	1	0	98	15,8
EU-27	327	71	23	119	6	8	553	16,6
Australien	12	1	1	4	0	0	18	7,1
Kanada	382	8	1	4	0	0	395	60,6
China	585	2	0	13	0	0	601	17,2
Japan	76	18	0	3	3	2	102	9,5
Mexiko	39	1	0	0	7	0	47	18,3
Russland	165	0	0	0	0	0	165	15,9
USA	257	51	9	56	17	2	392	9,0
Nicht-OECD	1.895	42	0	31	24	0	1.992	21,0
OECD	1.312	151	35	188	41	13	1.741	16,3
<b>Welt</b>	<b>3.208</b>	<b>194</b>	<b>35</b>	<b>219</b>	<b>65</b>	<b>13</b>	<b>3.733</b>	<b>18,5</b>

1) inkl. biogener Anteil des kommunalen Abfalls

2) Asien ohne China und Japan; Lateinamerika ohne Mexiko

Quelle: 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. 3.600 hochrangige Vertreter von Regierungen, internationalen Organisationen, Wirtschaft und Nichtregierungsorganisationen aus 154 Ländern nahmen an der Konferenz teil. Deren zahlreiche Willensbekundungen zum verstärkten Engagement für die erneuerbaren Energien gab der globalen Erneuerbarenbewegung eine starke Stimme. Von der Bonner Konferenz ging eine Vielzahl von Impulsen aus, wie die Gründung des globalen Politiknetzwerkes REN21, der Abschluss des IEA Durchführungsabkommens (Implementing Agreement) für erneuerbare Energien RETD (Renewable Energy Technology Deployment) sowie der Impuls zur Gründung der Internationalen Organisation für Erneuerbare Energien IRENA (International Renewable Energy Agency).

Der große Erfolg der „renewables2004“ wurde durch die Internationale Konferenzreihe zu Erneuerbaren Energien, den International Renewable Energy Conferences (IRECs), in weiteren Ländern fortgeführt. In Peking (BIREC 2005) und Washington (WIREC 2008) wurde der Bonner Gedanke weitergetragen. Als jüngste Folgekonferenz fand im Oktober 2010 die „Delhi International Renewable Energy Conference (DIREC 2010)“ statt. Die politischen Erklärungen der IRECs halten den gemeinsamen Willen nach einem gesteigerten weltweiten Ausbau der erneuerbaren Energien fest und betonen die damit verbundenen Chancen für Klimaschutz, Zugang zu Energie und nachhaltiges Wachstum. Fortgesetzt verleihen IREC-Konferenzteilnehmer ihrem Engagement für die Erneuerbaren in der freiwilligen Bekundung von konkreten Maßnahmen und Ausbauzielen („Pledges“-Programm) Ausdruck. Die nächste IREC wird Anfang 2013 in Abu Dhabi stattfinden.



Erste IRENA-Vollversammlung im April 2011 in Abu Dhabi, Vereinigte Arabische Emirate.

## 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 Pledges der IREC-Konferenzen, die in einer öffentlich zugänglichen Datenbank auf der REN21-Webseite aufbereitet werden.

REN21 genießt weltweite Anerkennung durch die Publikation von Berichten zum Thema erneuerbare Energien, insbesondere durch den „Globalen Statusbericht zu Erneuerbaren Energien“ (GSR). Der GSR hat sich, was die Berichterstattung über den Stand des weltweiten Ausbaus der erneuerbaren Energien und der Verbreitung von Förderpolitiken anbelangt, zur Standardreferenz entwickelt. 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 Institutionen im Bereich der erneuerbaren Energien entwickelt. Als Netzwerk aus verschiedenen Mitgliedsgruppen ist es in der Lage, Synergien aller Beteiligten zu nutzen.

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](http://www.ren21.net).

## Das IEA Implementing Agreement - RETD -

Auf Initiative des BMU wurde 2005 das IEA Implementing Agreement „Renewable Energy Technology Deployment (RETD)“ geschlossen. RETD zählt aktuell neun Mitgliedstaaten und 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 etwa der Systemintegration von erneuerbaren Energien.

Darüber hinaus kommentiert RETD die Szenarien-Arbeit der IEA zu erneuerbaren Energien und veranstaltet gemeinsam mit dem IEA-Arbeitsgremium für Erneuerbare Energien, REWP (Renewable Energy Working Party), jedes Jahr im März einen internationalen Workshop.

Weitere Informationen unter <http://iea-retd.org/>.



## 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 149 Staaten und die Europäische Union den Gründungsvertrag (Statut) gezeichnet, zum Stand 6. Juli 2011 haben 80 Staaten bereits ratifiziert. Dies 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 gut 25 Millionen US-Dollar für 2011 und rund 75 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in diesem Jahr 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.

Ende April 2011 hat das IRENA-Innovations- und Technologiezentrum IITC (IRENA Innovation and Technology Centre) in Bonn unter der Leitung des niederländischen Direktors Dolf Gielen seine Arbeit aufgenommen. 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 wird das IITC die Kosten und die Kostenentwicklungen der Energieerzeugung mittels erneuerbarer Energien analysieren und an Technologiestandards und Testverfahren arbeiten. Deutschland hat zugesagt, jährlich bis zu drei Millionen Euro für die Finanzierung des IITC bereitzustellen.

Weitere Informationen unter [www.irena.org](http://www.irena.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 Rahmen engagierte sich Deutschland gemeinsam mit Dänemark und Spanien bei der Erstellung der Aktionspläne für Wind- und Solarenergie.

Die in den Aktionsplänen enthaltenen Handlungsempfehlungen werden inzwischen in einzelnen Initiativen zu den verschiedenen Technologien umgesetzt. In diesem Kontext leitet das BMU gemeinsam mit Dänemark und Spanien die multilaterale Arbeitsgruppe zur Umsetzung der Aktionspläne zu Solar- und Windenergie.

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, CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung (CCS) sowie Intelligente Stromnetze (Smart Grids).

In jährlichen Konferenzen werden die Fortschritte innerhalb der Initiativen auf Ministerebene vorgestellt. Im April 2011 fand hierfür das 2. CEM-Treffen in Abu Dhabi, Vereinigte Arabische Emirate, statt. Das dritte CEM ist für das Frühjahr 2012 in London geplant.

Weitere Informationen unter <http://www.cleanenergyministerial.org/solarwind/>.

## Der Weltklimarat - Erneuerbare: Die globale Perspektive zählt



In einem Sonderbericht zeigt der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC), der Zwischenstaatliche Sachverständigenrat für Klimaänderungen, wie erneuerbare Energiequellen zur künftigen Energieversorgung und zur Vermeidung des Klimawandels beitragen können. Der als umfassende Bestandsaufnahme des aktuell verfügbaren Wissens angelegte „Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation“ (SRREN) wurde am 16. Mai 2011 in Deutschland der Öffentlichkeit vorgestellt.

Für den Bericht hat ein internationales Team von Autoren über 160 wissenschaftliche Szenarien ausgewertet. Einige dieser Entwicklungspfade führen zu einem Erneuerbaren-Beitrag von fast 80 Prozent in der Mitte des Jahrhunderts. Bei mehr als der Hälfte der Szenarien lag der Anteil im Jahr 2050 unter 30 Prozent.

Die Zusammenfassung für politische Entscheider, eine Kurzfassung der etwa 1000 Seiten umfassende Begutachtung, wurde nach der Zustimmung durch die Mitgliedstaaten des IPCC in Abu Dhabi in den Vereinigten Arabischen Emiraten veröffentlicht. Die Ergebnisse des Berichtes werden auch in den Fünften Sachstandsbericht des Weltklimarats einfließen, der 2014 erscheinen soll.

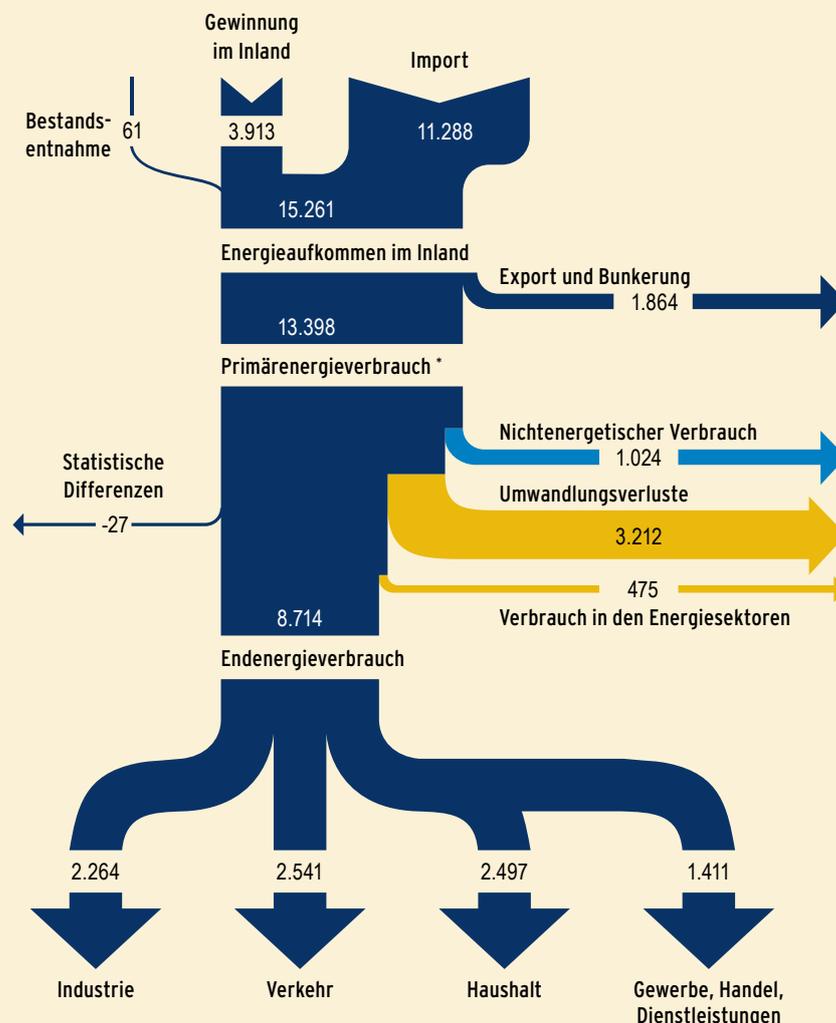
Mehr Informationen finden sich auf den Internetseiten des Bundesumweltministeriums unter <http://www.bmu.de>, in der Rubrik Klima·Energien/Klimaschutz/Internationale Klimapolitik.

## 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- bzw. Zeilensummen ergeben sich durch Rundungen.

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

### Darstellung des Energieflusses in Deutschland für das Jahr 2009 (PJ)



Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt im Jahr 2009 bei 9,1 %.

\* Alle Zahlen vorläufig/geschätzt.

29,308 Petajoule (PJ)  $\approx$  1 Mio. t SKE

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 09.08.2010, Download unter [www.ag-energiebilanzen.de](http://www.ag-energiebilanzen.de)

## 1. Energiebereitstellung aus Photovoltaik und Solarthermie

### Photovoltaik

Die Stromerzeugung 2002 bis 2010 entspricht den EEG-Jahresabrechnungen der Übertragungsnetzbetreiber. Bis einschließlich 2001 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 Anlagenzubau im jeweiligen Jahr nur anteilig zur Stromerzeugung beitragen kann.

### Solarthermie

Die angegebene Wärmebereitstellung errechnet sich aus der installierten Kollektorfläche und einem mittleren jährlichen Wärmeertrag. Dieser beträgt bei Anlagen zur Warmwasserbereitstellung 450 kWh/m<sup>2</sup>\*a. 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 kWh/m<sup>2</sup>\*a gerechnet. Bei Schwimmbadabsorbern wird gleichfalls mit einem Ertrag von 300 kWh/m<sup>2</sup>\*a gerechnet.

Da wegen des Anlagenzubaus die im Laufe eines Jahres zur Verfügung stehende Kollektorfläche geringer ist als die angegebene installierte Fläche am Jahresende, wird der Flächenzuwachs eines Jahres nur zur Hälfte für die Berechnung der Wärmebereitstellung in diesem Jahr berücksichtigt.

Zur Umrechnung der Flächen in Leistung wurde der Konversionsfaktor 0,7 kW<sub>th</sub>/m<sup>2</sup> verwendet [131].

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

Wichtige Treibhausgase sind die so genannten Kyoto-Gase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, FKW und H-FKW, die im Rahmen des Kyoto-Protokolls reduziert werden sollen. Sie tragen in unterschiedlichem Maße zum Treibhauseffekt bei. Um die Treibhauswirkung der einzelnen Gase vergleichen zu können, wird ihnen ein Faktor – das relative Treibhauspotenzial (THP) – zugeordnet, das ein Maß für ihre Treibhauswirkung bezogen auf die Referenzsubstanz CO<sub>2</sub> darstellt.

Das Treibhauspotenzial wird in der Einheit CO<sub>2</sub>-Äquivalente angegeben und berechnet sich durch Multiplikation des relativen Treibhauspotenzials mit der Masse des jeweiligen Gases. Es gibt an, welche Menge an CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O berücksichtigt.

Gas	relatives Treibhausgaspotenzial <sup>1)</sup>
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	21
N <sub>2</sub> O	310
Gas	relatives Versauerungspotenzial
SO <sub>2</sub>	1
NO <sub>x</sub>	0,696
NH <sub>3</sub>	1,88

Analog zum Treibhauspotenzial wird das Versauerungspotenzial von SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HF, HCl, H<sub>2</sub>S und NH<sub>3</sub> bestimmt. Es wird in der Einheit SO<sub>2</sub>-Äquivalente angegeben und zeigt, welche Menge an SO<sub>2</sub> die gleiche versauernde Wirkung aufweist.

Für die Berechnungen der vermiedenen Emissionen werden wegen schlechter Datenverfügbarkeit nur die Luftschadstoffe SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> 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; CO<sub>2</sub> 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 kWh erzeugten fossilen bzw. 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 Wärmeerzeugung erfolgt eine Allokation gemäß der in der EU-RL 2004/8/EG festgelegten „finnischen Methode“.

Die verwendeten Substitutionsfaktoren beruhen auf dem „Gutachten zur CO<sub>2</sub>-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 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente gegenüber der Vergleichsrechnung mit den Substitutionsfaktoren früherer Berechnungen.

Die Emissionsfaktoren für fossile und erneuerbare Stromproduktion wurden verschiedenen Datenbanken entnommen bzw. 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 des EE-Stroms <sup>1)</sup>				
	Kernkraft <sup>2)</sup>	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	63	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 <sup>3)</sup>	0	6	63	31	0
Geothermie	0	6	63	31	0

1) Dies ist so zu verstehen, dass z.B. 1 kWh Wasserkraft zu 6 % Strom aus Braunkohlekraftwerken, zu 63 % Strom aus Steinkohlekraftwerken und zu 31 % 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 % 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 (u.a. Holzwirtschaft) sowie der privaten Haushalte herangezogen. Hinsichtlich der Bereitstellung erneuerbarer Fern- und Nahwärme aus Holz, aus dem biogenen Anteil des Abfalls und aus Geothermie wird angenommen, dass diese zu 100 % fossil erzeugte Fernwärme ersetzt und die Netzverluste 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 bzw. 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-RL 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 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)	13	54	10	14	9	0
feste Biomasse - HW/HKW	0	0	0	0	100	0
flüssige Biomasse (Industrie)	7	67	10	3	13	0
flüssige Biomasse (Haushalte)	29	51	1	1	9	9
Bio-, Klär-, Deponiegas - BHKW	58	37	5	0	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	1	3
Wärmepumpen (Haushalte)	45	44	1	2	5	3
<b>Gesamt</b>	<b>35</b>	<b>38</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>17</b>	<b>4</b>

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 Biokraftstofferzeugung 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 kWh Bioethanol ersetzt 1 kWh Benzin, und 1 kWh Biodiesel bzw. Pflanzenöl ersetzt 1 kWh mineralischen Diesel. Eine Differenzierung der fahrzeugbedingten Emissionen durch den Einsatz von Biokraftstoffen bzw. von konventionellen Kraftstoffen erfolgt nicht.

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

### Anteile einzelner Rohstoffe an der gesamten Biokraftstoffverwendung in Deutschland 2010

	Raps	Soja	Palm	Abfälle <sup>1)</sup>	Getreide	Zuckerrohr	Rüben	andere
	[%] (Angaben gerundet)							
Biodiesel	84	11	5	0,4	–	–	–	–
Pflanzenöl	100	0	0	0	–	–	–	–
Bioethanol	–	–	–	–	71	4	25	0

Angaben gerundet

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

Quellen: UBA [75] auf Basis BDB<sup>e</sup> [82]; VDB [81]; UFOP [93]; Greenpeace [78]; BLE [96]; StBA [95]

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 CO<sub>2</sub> 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 2010 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, u.a. von der Europäischen Kommission, entwickelt. Direkte Landnutzungsänderungen sind seit Januar 2011 durch die Regelungen der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung weitgehend ausgeschlossen.



### Verwendete Treibhausgas-Emissionsfaktoren <sup>1)</sup>

Kraftstoff (Rohstoffgrundlage)	Emissionsfaktor
	[g CO <sub>2</sub> -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)	172,6
Bioethanol (Rüben)	118,8
Bioethanol (Zuckerrohr)	86,4
<b>Biodiesel (gewichtet)</b>	<b>164</b>
<b>Pflanzenöl (gewichtet)</b>	<b>126</b>
<b>Bioethanol (gewichtet)</b>	<b>155</b>

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 (s.a. Anhang Abs. 3 – 5). Je nach Substitutionsbeziehung sparen die verschiedenen erneuerbaren Energiebereitstellungspfade dabei unterschiedliche fossile Brennstoffe inkl. 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 (vgl. Anhang Abs. 3), den durchschnittlichen Brennstoffausnutzungsgraden der deutschen Kraftwerke sowie dem kumulierten Aufwand an Primärenergie zur Bereitstellung der fossilen Energieträger.

Energieträger	Mittlerer Brutto-Brennstoffausnutzungsgrad der Kraftwerke
	[%]
Braunkohle	38,3
Steinkohle	42,1
Erdgas	51,1
Mineralöl	44,7

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.

### Stromsektor

Energieträger	Verbrauch an Primärenergie (fossil) [kWh <sub>prim</sub> /kWh <sub>el</sub> ]
Braunkohle (Kraftwerk)	2,72
Steinkohle (Kraftwerk)	2,62
Erdgas (Kraftwerk)	2,18
Mineralöl (Kraftwerk)	2,59
Wasserkraft	0,01
Windenergie	0,04
Photovoltaik	0,31
feste Biomasse (HKW)	0,06
flüssige Biomasse (BHKW)	0,26
Biogas (BHKW)	0,37
Klär- / Deponiegas (BHKW)	0,00
biogener Anteil des Abfalls	0,03
Geothermie	0,47

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

### Wärmesektor

Energieträger	Verbrauch an Primärenergie (fossil) [kWh <sub>prim</sub> /kWh <sub>end</sub> ]
Erdgas (Heizung)	1,15
Heizöl (Heizung)	1,18
Braunkohlebrikett (Ofen)	1,22
Steinkohlenkoks (Ofen)	1,38
Fernwärme <sup>1)</sup>	1,19
Strom <sup>2)</sup>	1,71
Brennholz (Heizung)	0,04
Holz-Pellets (Heizung)	0,11
Biomasse (Industrie)	0,15
Biomasse (HKW)	0,02
flüssige Biomasse (BHKW)	0,09
Biogas (BHKW)	0,06
biogener Anteil des Abfalls	0,01
tiefe Geothermie	0,47
Wärmepumpen	0,58
Solarthermie	0,12

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]

### Verkehrssektor

Energieträger	Verbrauch an Primärenergie (fossil) [kWh <sub>prim</sub> /kWh <sub>end</sub> ]
Benzin	1,21
Diesel	1,15
Biodiesel (Raps)	0,57
Biodiesel (Soja)	0,69
Biodiesel (Palmöl)	0,52
Pflanzenöl (Raps)	0,40
Pflanzenöl (Soja)	0,23
Bioethanol (Zuckerrübe)	0,43
Bioethanol (Zuckerrohr)	0,43
Bioethanol (Weizen)	0,18

Quellen: Öko-Institut [90]; IFEU [122]

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

Die Einsparung der Sekundärenergieträger Fernwärme und Strom wird dabei proportional auf die zur Fernwärme- bzw. Strombereitstellung eingesetzten Primärenergieträger aufgeteilt. Der eingesparte fossile Brennstoffmix der Fernwärme setzt sich demnach aus 61 % Erdgas, 28 % Steinkohle, 2 % Mineralöl und 9 % Braunkohle zusammen. Als Energieträgermix der Stromerzeugung werden 24 % Braunkohle, 22 % Kernenergie, 19 % Steinkohle, 14 % Erdgas, 4 % sonstige und 17 % erneuerbare Energieträger angesetzt. Netz- und sonstige Verluste werden pauschal mit 8 % bei Fernwärme und mit 14 % 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 (fossile Kraftstoffe) sowie dem IFEU-Kurzgutachten [5] (Biokraftstoffe) entnommen.

## 7. Wirtschaftliche Impulse 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 wirtschaftlichen Impulsen 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 (u.a. Forschungsbericht zum EEG-Erfahrungsbericht, Zwischenberichte zum Monitoring der Stromerzeugung aus Biomasse, Bericht der Analyse zur möglichen Anpassung der EEG-Vergütung für Photovoltaik-Anlagen), die Evaluierungen des Marktanzreizprogramms sowie die Evaluierungen der KfW-Förderung im Bereich der erneuerbaren Energien. Genaue Verweise auf die verwendeten Quellen werden im Textteil gegeben.

Zur Ermittlung der Umsätze durch die Brennstoffbereitstellung 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, Holzhackschnitzel, 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 knapp 2,0 Mrd. 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 73,53 Cent/l netto ausgegangen, für die Abgabe an Nutzfahrzeuge an Eigenverbrauchstankstellen von 90,79 Cent/l netto.

Die im Textteil ausgewiesenen wirtschaftlichen Impulse aus dem Anlagenbetrieb sind nicht mit den Werten der Vorjahre 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.

Im Rahmen der OECD wurde im November 1974 eine unabhängige Organisation – die Internationale Energieagentur (IEA) – zur Umsetzung eines internationalen Energieprogramms eingerichtet. Die OECD und auch die IEA haben ihren Sitz in Paris, Frankreich.

Die in der vorliegenden Broschüre verwendeten Publikationen der IEA berücksichtigen die im Jahr 2010 der OECD beigetretenen Staaten noch nicht in den Daten für die gesamte OECD (vgl. Seiten 83 – 91). Vielmehr ist Chile Lateinamerika, Estland der früheren Sowjetunion, Israel dem Mittleren Osten und Slowenien Nicht-OECD-Europa zugeordnet.



## 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:

*„Bruttoendenergieverbrauch“ 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 (z.B. in dieser Broschüre) wird der Endenergieverbrauch als der energetisch genutzte Teil der Energiemenge im Inland definiert, der den Endverbraucher erreicht. Die Bruttoendenergie 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 z.B. den Daten zum EEG oder der nationalen Statistik ist daher ggf. nur eingeschränkt möglich.

## Umrechnungsfaktoren

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

### Einheiten für Energie und Leistung

<b>Joule</b>	<b>J</b>	für Energie, Arbeit, Wärmemenge
<b>Watt</b>	<b>W</b>	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

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

Die Zahlen beziehen sich auf den Heizwert.

### Treibhausgase

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

### Weitere Luftschadstoffe

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

## Abkürzungsverzeichnis

<b>AusglMechV</b>	Verordnung Ausgleichsmechanismus
<b>BauGB</b>	Baugesetzbuch
<b>BiokraftQuG</b>	Biokraftstoffquotengesetz
<b>BioSt-NachV</b>	Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung
<b>BHKW</b>	Blockheizkraftwerk
<b>BtL</b>	Biomass-to-Liquids
<b>EE</b>	Erneuerbare Energien
<b>EEG</b>	Erneuerbare-Energien-Gesetz
<b>EEV</b>	Endenergieverbrauch
<b>EEWärmeG</b>	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
<b>EnergieStG</b>	Energiesteuergesetz
<b>EnStatG</b>	Energiestatistikgesetz
<b>FW</b>	Fernwärme
<b>GRS</b>	Globaler Statusbericht zu Erneuerbaren Energien
<b>HGÜ</b>	Hochspannungs-Gleichstromübertragung
<b>HH</b>	Haushalte
<b>HKW</b>	Heizkraftwerk
<b>HW</b>	Heizwerk
<b>k.A.</b>	keine Angaben
<b>KWKG</b>	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
<b>MAP</b>	Marktanreizprogramm
<b>MinöStG</b>	Mineralölsteuergesetz
<b>n.q.</b>	nicht quantifiziert
<b>NREAP</b>	Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie
<b>NV</b>	Netzverluste
<b>PEV</b>	Primärenergieverbrauch
<b>REEGLE</b>	Information gateway for renewable energy and energy efficiency
<b>REEEP</b>	Renewable Energy and Energy Efficiency Partnerstrip
<b>StromEinspG</b>	Stromeinspeisungsgesetz
<b>THG</b>	Treibhausgas
<b>ÜNB</b>	Übertragungsnetzbetreiber

### Ländercodes:

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

## 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.
- [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).
- [145] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), 2010.

### Literatur:

- [2] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland – Daten für die Jahre von 1990 bis 2010. Berlin, Stand: Juli 2011.
- [3] Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.: Wärmepumpen-Absatzzahlen für 2010: Der Markt konsolidiert sich. PM vom 27. Januar 2011, 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): Beschaffungsmehrkosten für Stromlieferanten durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz für das Jahr 2010 – EEG-Differenzkosten, im Auftrag des BMU, August 2011, in Vorbereitung.
- [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.
- [12] Deutsches BiomasseForschungszentrum GmbH (DBFZ): Fortschreibung der Daten zur Stromerzeugung aus Biomasse – 3. Zwischenbericht, im Auftrag der AGEE-Stat, April 2011, unveröffentlichter Bericht.

- [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.
- [16] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA): Amtliche Mineralölstatistik, [www.bafa.de](http://www.bafa.de).
- [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, [http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitszenario2009\\_bf.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitszenario2009_bf.pdf).
- [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): EEG-Mittelfristprognose: Entwicklungen 2000 bis 2014, [www.bdew](http://www.bdew.de) und Prognosen der Übertragungsnetzbetreiber: 2011 – 2015: [www.eeg-kwk.net/cps/rde/xchg/eeg\\_kwk/hs.xsl/Jahres-Mittelfristprognosen.htm](http://www.eeg-kwk.net/cps/rde/xchg/eeg_kwk/hs.xsl/Jahres-Mittelfristprognosen.htm).
- [24] Nitsch, J.: Datengerüst zur Basisvariante des Leitszenarios 2010. Unveröffentlichtes Arbeitspapier im Rahmen des Projekts: „Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau von erneuerbaren Energien“ für das BMU, Stuttgart, 20. April 2010.
- [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] Ender, C.; DEWI GmbH, Wilhelmshaven: Windernergienutzung in Deutschland, Stand 31.12.2010; erschienen in DEWI MAGAZIN No 38, Februar 2011, S. 36 – 48.
- [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 2007 gemäß § 20 EEG – Forschungsbericht, Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), November 2007, [http://www.bmu.de/erneuerbare\\_energien/downloads/doc/40485.php](http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/40485.php).
- [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, [http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee\\_beschaeftigung\\_2010\\_bf.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_beschaeftigung_2010_bf.pdf).
- [37] Umweltbundesamt (UBA): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger durch Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Emissionen im Jahr 2009 – Aktualisierte Anhänge 2 und 4 der Veröffentlichung „Climate Change 12/2009“ Dessau-Roßlau, 2009.

- [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 Strukturforschung (GWS): Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2010 – eine erste Abschätzung, Stand: 18. März 2011, im Auftrag des BMU, [http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee\\_beschaeftigung\\_2010\\_bf.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_beschaeftigung_2010_bf.pdf).
- [47] Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE): Zahlen zur Windenergie, 11.06.2002.
- [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] Ingenieurbüro für neue Energien (IfnE): Welche Wirkung hat die Förderung der erneuerbaren Energien auf den Haushalts-Strompreis?, im Auftrag des BMU, Stand 15. April 2011, [http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund\\_ee\\_umlage\\_bf.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_ee_umlage_bf.pdf).
- [53] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe; Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung (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/](http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/45801/40870/).
- [55] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (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, <http://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](http://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 - Zwischenbericht, Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU, März 2010.
- [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](http://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 Strukturforschung (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/](http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/36860/40289/).
- [63] Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (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, <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/40289/>.

- [64] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Bruttostromerzeugung in Deutschland 1990 – 2010 nach Energieträgern, Stand 10.05.2011.
- [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] EEG/KWK-G Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber: EEG-Jahresabrechnungen, [www.eeg-kwk.net/cps/rde/xchg/eeg\\_kwk/hs.xsl/EEG\\_Jahresabrechnungen.htm](http://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“ für das Jahr 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009.
- [71] Amprion GmbH, EnBW Transportnetze AG, transpower Stromübertragungs GmbH und Vattenfall Europe Transmission GmbH, Anlagenstammdaten, Stand November 2009.
- [73] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Energiebilanz für Deutschland, 1990 bis 2007, Berlin, 2009.
- [74] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA): EEG-Statistikbericht 2007 – Statistikbericht zur Jahresendabrechnung 2007 nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), Redaktionsschluss 31. Juli 2009, [www.bundesnetzagentur.de](http://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](http://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 2009 und Winterdiesel 2010, [www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user\\_upload/Agrosprit\\_Untersuchungen.pdf](http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/Agrosprit_Untersuchungen.pdf) – 27.05.2010.
- [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): Bioethanolproduktion in Deutschland 2009, [www.bdbe.de/Zahlen\\_2009.html](http://www.bdbe.de/Zahlen_2009.html), 27.05.2010.
- [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.: CO<sub>2</sub>-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.

- [92] Umweltbundesamt (UBA): Zentrales System Emissionen. UBA-Datenbank zur Unterstützung der Emissionsberichterstattung, Submission 2010, Stand: Februar 2010.
- [93] Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e.V.: Biodiesel aus Palmöl fast ausschließlich aus dem Ausland importiert. PM vom 04.05.2010, [www.biokraftstoffverband.de](http://www.biokraftstoffverband.de).
- [94] Umweltbundesamt (UBA): Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen, Submission 2010.
- [95] Statistisches Bundesamt: Statistik zum Außenhandel WA38249091 Erzeugung d. chem. Industrie, Fettsäurenmonoalkylester für das Jahr 2009.
- [96] Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE): Abgang von Ölen und Fetten der Ölmühle/der Raffinerie/des Härtungsbetriebes/des Herstellers von Fischöl, Monatsmeldungen 2009.
- [97] o.V.: VDB: Palmöl-Diskussion schadet Branche nicht. Dow Jones Marktreport Agrar Mittwoch, 5. Mai 2010 | Nr. 86.
- [98] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg: Online Database, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/introduction>.
- [99] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg: Energy – Yearly statistics 2008, Edition 2010.
- [100] European Wind Energy Association (EWEA): Wind in power – 2010 European Statistics, February 2011, [www.ewea.org](http://www.ewea.org).
- [101] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Wind Power Barometer ; Studie von EUROBSERV'ER, in: le journal de l'éolien, N° 8 – 2011, Février 2011, Systèmes Solaires (Ed.), [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org).
- [102] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): The state of renewable energies in Europe, 10th EurObserv'ER report, [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org).
- [103] International Energy Agency (IEA), Paris: Renewables Information, Edition 2010, IEA/OECD.
- [104] International Energy Agency (IEA): Energy Balances of Non-OECD Countries, 2010 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] Aeroe: The Worlds Largest Solar Panel Plant and Solar Technology; Download 02/05/2008; [www.aeroeisland.com](http://www.aeroeisland.com).
- [107] Multiplying Sustainable Energy Communities Crailsheim (MUSEC Crailsheim): Solare Nahwärme Hirtenwiesen II, [www.musec-crailsheim.de](http://www.musec-crailsheim.de).
- [108] European Wind Energy Association (EWEA): The European offshore wind industry key trends and statistics 2010, January 2011, [www.ewea.org](http://www.ewea.org).
- [109] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Solar Thermal Barometer – EurObserv'ER – May 2010, Systèmes Solaires - Le Journal des Énergies Renouvelables (Ed.), N° 197 – 2010, [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org).
- [110] Weiss, W.; Mauthner, F.: Solar Heat Worldwide – Markets and Contribution to the Energy Supply 2009, Edition 2011, IEA Solar Heating & Cooling Programme (SHC), May 2011, [www.iea-shc.org](http://www.iea-shc.org).
- [111] Global Wind Energy Council (GWEC): Global wind statistics 2010, 02.02.2011, [www.gwec.net](http://www.gwec.net).
- [112] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): La production d'électricité d'origine renouvelable; Twelfth inventory, edition 2010, [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org).
- [113] REN21: "Renewables 2011 Global Status Report" (Paris: REN21 Secretariat), 2011 Edition, [www.ren21.net](http://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](http://www.feed-in-cooperation.org).
- [115] Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz; Bereich Umwelt: <http://www.berlin.de/sen/umwelt/klimaschutz/co2bilanz/de/stromverbrauch.shtml>.
- [116] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg: Statistik der erneuerbaren Energieträger 2005; Daten kurzgefasst, Reihe Umwelt und Energie, 19/2007, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>.

- [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, [http://ec.europa.eu/energy/renewables/reports/doc/com\\_2011\\_0031\\_de.pdf](http://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, Executive Summary, 1. February 2011, [www.ecn.nl](http://www.ecn.nl).
- [120] European Photovoltaic Industry Association (EPIA); Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015, Brussels, 2011, [www.epia.org](http://www.epia.org).
- [121] The PEW Charitable Trusts: Who's winning the clean energy race? Edition 2010, [www.pewenvironment.org](http://www.pewenvironment.org).
- [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 2010, Stand: 15.04.2011, Referat KI III 1, [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hg\\_ausgleichsregelung\\_2011\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hg_ausgleichsregelung_2011_bf.pdf).
- [124] Amprion, EnBW Transportnetze AG, transpower stromübertragungs GmbH, Vattenfall: Prognose der EEG-Umlage 2010 nach AusglMechV, Prognosekonzept und Berechnung der ÜNB, Stand: 15. Oktober 2009, <http://www.eeg-kwk.net/de/EEG-Umlage-2010.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, <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/46680/40870/>.
- [126] Umweltbundesamt (UBA): Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten. Dessau-Roßlau 2007.
- [127] PointCarbon: [www.pointcarbon.com/](http://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](http://www.needs-project.org) download im Juni 2009.
- [129] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): The state of renewable energies in Europe, 9th EurObserv'ER report, [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org).
- [130] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Heizwerte der Energieträger und Faktoren für die Umrechnung von spezifischen Mengeneinheiten in Wärmeeinheiten zur Energiebilanz 2008, [www.ag-energiebilanzen.de](http://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](http://www.iea-shc.org).
- [132] Ingenieurbüro für neue Energien (IfnE): Welche Wirkung hat die Förderung der erneuerbaren Energien auf den Haushalts-Strompreis? Im Auftrag des BMU, Stand: 15. April 2011, [http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund\\_ee\\_umlage\\_bf.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_ee_umlage_bf.pdf).
- [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 – „Leitstudie 2010“, im Auftrag des BMU, Dezember 2010, [http://www.bmu.de/erneuerbare\\_energien/downloads/doc/47034.php](http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/47034.php).

- [135] Sensfuß, F.: Analysen zum Merit-Order-Effekt erneuerbarer Energien – Update für das Jahr 2009, Karlsruhe, 28. Februar 2011, [http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/meritorder\\_bf.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/meritorder_bf.pdf).
- [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, <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/39812/4590/>.
- [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, <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/39812/4590/>.
- [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, <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/39812/4590/>.
- [139] Fichtner GmbH & Co. KG, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Ingenieurbüro für neue Energien (IfnE), 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, [http://www.fichtner.de/pdf/MAP-Evaluationsbericht\\_2009.pdf](http://www.fichtner.de/pdf/MAP-Evaluationsbericht_2009.pdf).
- [140] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW): Evaluierung der KfW-Förderung für Erneuerbare Energien im Inland für die Jahre 2007 – 2009, [http://www.kfw.de/kfw/de/KfW-Konzern/Research/Evaluationen/PDF-Dokumente/Evaluationen/Erneuerbare\\_Energien\\_Evaluierung\\_2009.pdf](http://www.kfw.de/kfw/de/KfW-Konzern/Research/Evaluationen/PDF-Dokumente/Evaluationen/Erneuerbare_Energien_Evaluierung_2009.pdf).
- [141] Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP): UFOP-Marktinformation - Ölsaaten und Biokraftstoffe, Ausgaben Januar 2009 bis Dezember 2010, <http://www.ufop.de/publikationen/marktinformationen.php>.
- [142] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Solar Thermal and Concentrated Solar Power Barometer; Studie von EUROBSERV'ER, in: le journal des energies renouvelables, N° 203 – 2011, Mai 2011, Systèmes Solaires (Ed.), [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org).
- [143] Observatoire des énergies renouvelables (Observ'ER): Photovoltaic Barometer; Studie von EUROBSERV'ER, in: le journal du photovoltaïque, N° 5 – 2011, Avril 2011, Systèmes Solaires (Ed.), [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org).
- [144] Voith GmbH: Meilenstein in der Geschichte der Stromerzeugung – Erstes Wellenkraftwerk der Welt kommerziell angeschlossen, 8.7.2011, [www.presseportal.de](http://www.presseportal.de).
- [146] BMU-Broschüre: Erneuerbar beschäftigt! Kurz- und langfristige Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt; Juli 2011.

**INFORMATIONEN ZU ERNEUERBAREN ENERGIEN**  
 (u.a. Dokumente des BMU, Pressemitteilungen, Forschungsergebnisse, Publikationen)  
 auf der BMU-Themenseite  
**ERNEUERBARE ENERGIE**  
 im Internet unter  
[www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)

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

Grundgesetz, Artikel 20 a