



# **Evaluierung der inländischen KfW-Programme zur Förderung Erneuerbarer Energien im Jahr 2010**

**Gutachten im Auftrag der KfW Bankengruppe**

**Oktober 2011**



Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung  
Baden-Württemberg (ZSW)  
Industriestraße 6, D-70565 Stuttgart

Dr. Peter Bickel

E-Mail: [Peter.Bickel@zsw-bw.de](mailto:Peter.Bickel@zsw-bw.de)

Telefon: +49-(0)711-7870-244

Tobias Kelm

E-Mail: [Tobias.Kelm@zsw-bw.de](mailto:Tobias.Kelm@zsw-bw.de)

Telefon: +49-(0)711-7870-250

Unterauftragnehmer:

Dr. Dietmar Edler, Berlin – Ermittlung der Bruttobeschäftigung

**Stuttgart, den 25. Oktober 2011**

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>IX</b>
<b>Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger .....</b>	<b>XI</b>
<b>Abstract for Political Decision Makers .....</b>	<b>XIII</b>
<b>1 Einführung.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Geförderte Vorhaben und ausgelöste Investitionen.....</b>	<b>3</b>
2.1 Datengrundlage Förderjahrgang 2010 .....	4
2.2 Ausgelöstes Investitionsvolumen .....	5
2.3 Geförderte Leistung.....	10
2.4 Vergleich mit dem Förderjahrgang 2009 .....	14
<b>3 Einsparung fossiler Energieträger .....</b>	<b>18</b>
3.1 Einsparung fossiler Energieträger .....	19
3.2 Vermiedene fossile Energieimporte.....	22
3.3 Vermiedene Kosten für fossile Energieträger .....	23
3.4 Vergleich mit dem Förderjahrgang 2009 .....	24
<b>4 Vermiedene Emissionen und vermiedene externe Kosten .....</b>	<b>27</b>
4.1 Vermiedene Treibhausgasemissionen .....	28
4.2 Vermiedene Luftschadstoffemissionen.....	31
4.3 Vermiedene externe Kosten .....	32
4.4 Vergleich der Treibhausgaseminderung mit dem Förderjahrgang 2009 .....	36
<b>5 Bruttobeschäftigungseffekte in Deutschland .....</b>	<b>37</b>
5.1 Eingangsdaten.....	38
5.2 Ergebnisse.....	39
5.3 Vergleich mit dem Förderjahrgang 2009 .....	43
<b>6 Zusammenfassung .....</b>	<b>44</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>51</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>53</b>
A.1 Ermittlung der Einsparung fossiler Energieträger.....	53
A.2 Ermittlung vermiedener Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen.....	58
A.3 Bewertung externer Kosten durch Emission von Treibhausgasen und Luftschadstoffen .....	60
A.4 Referenzanlagen .....	62
A.5 Energiepreise Förderjahr 2010.....	71
A.6 Ermittlung von Bruttobeschäftigungseffekten .....	73

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Mit Darlehen der KfW-Programme im Jahr 2010 finanziertes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Bundesländern. ....	6
Abbildung 2:	Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Förderprogrammen. ....	14
Abbildung 3:	Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Verwendungszwecken der Förderung. ....	15
Abbildung 4:	Volumen der durch KfW-Kreditprogramme ausgelösten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Bundesländern, Jahren und Technologien. ....	16
Abbildung 5:	KfW-geförderte elektrische Leistung nach Technologien für die Förderjahre 2009 und 2010. ....	17
Abbildung 6:	Struktur des Primärenergieverbrauchs, der Bruttostromerzeugung sowie des Endenergieverbrauchs zur Wärmebereitstellung in Deutschland. ....	18
Abbildung 7:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2010. ....	20
Abbildung 8:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern und Technologien für den Förderjahrgang 2010. ....	21
Abbildung 9:	Jährliche Einsparung fossiler Brennstoffe (Primärenergie) der von der KfW geförderten Vorhaben 2009 und 2010 nach Technologien. ....	25
Abbildung 10:	Vermiedene jährliche Brennstoffkosten und vermiedene Kosten für importierte Brennstoffe für die in den Jahren 2009 und 2010 von der KfW geförderten Vorhaben im Bereich Erneuerbare Energien. ....	26
Abbildung 11:	Jährliche Vermeidung von Treibhausgasen durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2010. ....	29
Abbildung 12:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologien und Schadenskategorien für das Förderjahr 2010. ....	35
Abbildung 13:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Schadenskategorien und Technologien für das Förderjahr 2010. ....	35
Abbildung 14:	Treibhausgasvermeidung der von der KfW geförderten Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjahrgänge 2009 und 2010. ....	36
Abbildung 15:	Durch die Investition in KfW-geförderte Anlagen im Jahr 2010 ausgelöste Beschäftigung in Deutschland. ....	39
Abbildung 16:	Jährlich durch den Betrieb von im Jahr 2010 KfW-geförderten Anlagen in Deutschland ausgelöste Beschäftigung (über einen Zeitraum von 20 Jahren). ....	40

---

Abbildung 17: Aufteilung der Beschäftigung in Arbeitnehmer und Selbständige/mit- helfende Familienangehörige. ....	42
Abbildung 18: Gegenüberstellung der ausgelösten Beschäftigungswirkungen der Förderjahrgänge 2009 und 2010. ....	43
Abbildung 19: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2010. ....	47
Abbildung 20: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Schadenskategorien und Technologien für das Förderjahr 2010. ....	48
Abbildung 21: Durch die Investition in KfW-geförderte Anlagen im Jahr 2010 ausgelöste Beschäftigung in Deutschland. ....	49
Abbildung 22: Der Wirkungspfadansatz zur Berechnung externer Umweltkosten. ....	60

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2010. ....	3
Tabelle 2:	Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm im Jahr 2010. ....	4
Tabelle 3:	Mittelwerte der spezifischen Investitionskosten für die plausiblen Datensätze (eigene Berechnungen). ....	5
Tabelle 4:	Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2010 unterstützter Investitionen in Erneuerbare Energien nach Bundesländern. ....	6
Tabelle 5:	Relative Anteile am Investitionsvolumen nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2010. ....	7
Tabelle 6:	Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2010 unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck. ....	8
Tabelle 7:	Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2010 unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck und Bundesland. ....	8
Tabelle 8:	Im Rahmen der KfW-Programme geförderte Investitionen in Erneuerbare Energien im Vergleich zu den Gesamtinvestitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland für das Förderjahr 2010. ....	9
Tabelle 9:	Geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Förderjahrgang 2010 im Vergleich zu den 2010 in Deutschland zugebauten Leistungen. ....	10
Tabelle 10:	Im Jahr 2010 durch KfW-Kreditprogramme geförderter Leistungszubau im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Bundesländern. ....	11
Tabelle 11:	Installierte elektrische Leistung der Investitionen in Erneuerbare Energien, die 2010 durch KfW-Kreditprogramme unterstützt wurden, nach Verwendungszweck und Bundesländern. ....	12
Tabelle 12:	Installierte thermische Leistung der Investitionen in Erneuerbare Energien, die 2010 durch KfW-Kreditprogramme unterstützt wurden, nach Verwendungszweck und Bundesländern. ....	13
Tabelle 13:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2010. ....	19
Tabelle 14:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologien für den Förderjahrgang 2010. ....	20
Tabelle 15:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern und Technologien für den Förderjahrgang 2010. ....	22

Tabelle 16:	Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Brennstoffe für den Förderjahrgang 2010.....	23
Tabelle 17:	Vermiedene Brennstoffkosten durch die Nutzung Erneuerbare Energien für den Förderjahrgang 2010.....	24
Tabelle 18:	Fossile Primärenergieeinsparung und vermiedene Kosten durch KfW-geförderte Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjahrgänge 2009 und 2010. ....	25
Tabelle 19:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2010.....	28
Tabelle 20:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2010. ....	28
Tabelle 21:	Jährliche Einsparung von Treibhausgasen (CO <sub>2</sub> -Äquivalente) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern und Technologien für den Förderjahrgang 2010.....	29
Tabelle 22:	Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2010.....	31
Tabelle 23:	Verwendete Wertansätze zur Ermittlung der vermiedenen Schadenskosten (umgerechnet auf eine aktuelle Preisbasis).....	32
Tabelle 24:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Substanzen für den Förderjahrgang 2010.....	33
Tabelle 25:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2010. ....	34
Tabelle 26:	Aus KfW-geförderten Anlagen resultierende im Inland wirksame Nachfrage durch Investitionen (Förderjahrgang 2010). ....	38
Tabelle 27:	Durch im Jahr 2010 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland. ....	41
Tabelle 28:	Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2010. ....	44
Tabelle 29:	Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm im Jahr 2010.....	45
Tabelle 30:	Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2010 unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck.....	45
Tabelle 31:	Im Rahmen der KfW-Programme geförderte Investitionen in Erneuerbare Energien im Vergleich zu den Gesamtinvestitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland für das Förderjahr 2010.....	46
Tabelle 32:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2010.....	48
Tabelle 33:	Substitution konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien - Bezugsjahr 2010. ....	55

Tabelle 34:	Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Strom für das Jahr 2010.....	55
Tabelle 35:	Substitution konventioneller Energieträger durch die Wärmeerzeugung mit Erneuerbaren Energien für das Jahr 2010. ....	56
Tabelle 36:	Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Wärme für das Jahr 2010.....	57
Tabelle 37:	Relatives Treibhauspotenzial von Treibhausgasen (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O) bzw. Versauerungspotenzial (SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> ) von Säurebildnern. ....	58
Tabelle 38:	Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffemissionen für die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien für das Jahr 2010. ....	59
Tabelle 39:	Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffemissionen für die Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien für das Jahr 2010. ....	59
Tabelle 40:	Photovoltaikanlage mit 23 kW <sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen bis 100 kW <sub>p</sub> .....	65
Tabelle 41:	Photovoltaikanlage mit 238 kW <sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen von 101 bis 1.000 kW <sub>p</sub> .....	66
Tabelle 42:	Photovoltaikanlage mit 3,3 MW <sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen über 1.000 kW <sub>p</sub> .....	66
Tabelle 43:	Windenergieanlage mit 2 MW. ....	66
Tabelle 44:	Biomasse-Heizkraftwerk mit 650 kW.....	67
Tabelle 45:	Biogasanlage mit 292 kW <sub>el</sub> . ....	67
Tabelle 46:	Wasserkraftanlage mit 160 kW.....	68
Tabelle 47:	Solarthermische Anlage mit 88 m <sup>2</sup> . ....	68
Tabelle 48:	Biogasleitung .....	69
Tabelle 49:	Wärmenetz mit Wärmeeinspeisung aus einem Holzheizwerk.....	69
Tabelle 50:	Wärmenetz mit Wärmeeinspeisung aus einer Biogasanlage .....	70
Tabelle 51:	Biomasse-Heizwerk mit 300 kW (ohne Nahwärmenetz). ....	70
Tabelle 52:	Biomasse-Heizwerk mit 275 kW (mit Nahwärmenetz). ....	70
Tabelle 53:	Übersicht über die verwendeten Preissteigerungsraten und Annuitäten für Energiepreise (Preisbasis 2009). ....	71
Tabelle 54:	Berechnung der Annuität am Beispiel Erdgas (Haushalte). ....	72



## Abkürzungsverzeichnis

AGEE-Stat	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien - Statistik
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BB	Brandenburg
BE	Berlin
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
CCS	Carbon Capture and Storage
CH <sub>4</sub>	Methan
CO	Kohlenmonoxid
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
EE	Erneuerbare Energien
EE Premium	KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Premium“
EE Standard	KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Standard“
EEG	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien – Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich – Erneuerbare-Energien-WärmeG
Ergänzung 2009	KfW-Programm Erneuerbare Energien, Ergänzung 2009
HB	Bremen
HE	Hessen
HH	Hamburg
HW	Heizwerk
HKW	Heizkraftwerk
IEKP	Integriertes Energie- und Klimaprogramm
KfW	KfW Bankengruppe
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
kW	Kilowatt
kW <sub>el</sub> / MW <sub>el</sub>	elektrische Leistung
kWh <sub>Prim</sub>	Primärenergie
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kW <sub>p</sub> / MW <sub>p</sub>	Nennleistung einer Solaranlage unter Standardtestbedingungen
kW <sub>th</sub> / MW <sub>th</sub>	thermische Leistung
Mio.	Millionen

MV	Mecklenburg-Vorpommern
MW	Megawatt
N <sub>2</sub> O	Distickstoffoxid (Lachgas)
NI	Niedersachsen
NMVOG	Non-methane volatile organic compounds (flüchtige organische Verbindungen außer Methan)
NO <sub>x</sub>	Stickoxide
NW	Nordrhein-Westfalen
PJ	Petajoule (10 <sup>15</sup> Joule)
PV	Photovoltaik
RP	Rheinland-Pfalz
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
SH	Schleswig-Holstein
SL	Saarland
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
t	Tonnen
TH	Thüringen
TJ	Terajoule (10 <sup>12</sup> Joule)
UBA	Umweltbundesamt

Hinweis:	In den Tabellen des Berichts kann es zu scheinbaren Abweichungen von Summen, Prozentanteilen u.ä. kommen, da diese mit genauen Werten berechnet wurden, während Einzelwerte nur gerundet dargestellt werden.
----------	--

## Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

Die energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierung sind im Energiekonzept vom 28. September 2010 niedergelegt. Darin wird eine langfristige, bis zum Jahr 2050 reichende Strategie zur Energieversorgung Deutschlands entwickelt, in der erstmals festgelegt wird, dass der Energiebedarf langfristig durch Erneuerbare Energien (EE) gedeckt werden soll: Bis 2050 sollen mindestens 60 % des Bruttoendenergieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden, mit einem EE-Anteil von 80 % bei der Stromversorgung. In Verbindung mit anspruchsvollen Energieeffizienzzielen soll es dadurch möglich sein, die Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 1990 um 80 bis 95 % zu mindern. Kurzfristig, d.h. bis zum Jahr 2020, sollen 18 % des Endenergieverbrauchs, 35 % des Stromverbrauchs und 14 % der Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden; die Treibhausgasemissionen sollen – in Übereinstimmung mit den Zielen des 2007 beschlossenen Integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP) – um 40 % gesenkt werden.

Ein wichtiger Baustein dieser Strategie sind die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe im Bereich der Erneuerbaren Energien. Um deren Bedeutung und Effektivität im Förderjahrgang 2010 zu überprüfen, werden in der vorliegenden Studie zum vierten Mal die von diesen Förderprogrammen ausgehenden Effekte in den Bereichen Treibhausgasminde- rung, Einsparung fossiler Energieträger und damit vermiedener Importe an fossilen Energieträgern sowie Beschäftigungseffekte ermittelt. Darüber hinaus wurden für den Förderjahrgang 2010 erstmals vermiedene externe Kosten durch die Reduktion von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen berechnet.

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sind:

- Mit einem ausgelösten Investitionsvolumen von 11,0 Mrd. € decken die KfW-Programme mehr als 41 % der in Deutschland im Jahr 2010 getätigten Investitionen in die Errichtung von Erneuerbare-Energien-Anlagen zur Strom- und Wärme-erzeugung ab.
- Die Bedeutung der KfW-Programme für den Ausbau der Erneuerbaren Energien zeigt sich vor allem im Strombereich sehr deutlich: Insgesamt 46 % der in Deutschland im Jahr 2010 zugebauten elektrischen Leistung wurde durch die KfW gefördert. Ein besonders hoher Anteil entfällt mit knapp 80 % auf Windenergiean- lagen.
- Die KfW-Förderung im Jahr 2010 führt zu vermiedenen Energieimporten im Ge- genwert von jährlich rund 350 Mio. €. Dies entspricht insgesamt rund 7 Mrd. € über die gesamte Laufzeit der Anlagen von 20 Jahren. Die so im Inland verblei- benden Mittel tragen zur Stärkung der heimischen Wirtschaft bei.

- Die im Jahr 2010 von der KfW geförderten Anlagen bewirken in jedem Jahr ihres Betriebs eine Emissionsvermeidung von 4,8 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (davon 4,5 Mio. t CO<sub>2</sub>), was allein rund 7 % der von der Bundesregierung insgesamt angestrebten zusätzlichen jährlichen Treibhausgas-Einsparung von rund 64 Mio. t bis zum Jahr 2020 durch den Ausbau Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich entspricht. Bezieht man die in jedem Betriebsjahr erzielten Minderungen der in den Förderjahrgängen 2007 bis 2010 errichteten Anlagen ein, so wurden durch die KfW-Programme bislang Emissionsvermeidungen von zusammen jährlich rund 15 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angestoßen, d.h. 23 % der von der Bundesregierung im IEKP angestrebten Einsparungen.
- Die durch die im Jahr 2010 geförderten Vorhaben ausgelösten Einsparungen von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen führen insgesamt zu einer Vermeidung externer Kosten in Höhe von jährlich annähernd 390 Mio. €. Rund 93 % der vermiedenen externen Kosten entfallen auf die vermiedenen Schäden des Klimawandels.
- Mit Produktion und Bau der im Jahr 2010 geförderten Anlagen waren knapp 52.000 Arbeitsplätze in Deutschland verbunden. Somit trägt die KfW-Förderung weiterhin maßgeblich zum Jobmotor Erneuerbare Energien bei. Hinzu kommen jährlich weitere rund 2.500 Arbeitsplätze durch Betrieb und Wartung der Anlagen.
- Rund 74 % der Arbeitsplätze sind in kleinen und mittleren Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten entstanden, rund 31 % der Arbeitsplätze entfallen auf Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten. Diese Zahlen unterstreichen die Wichtigkeit der betrachteten KfW-Programme für die Mittelstandsförderung.

## Abstract for Political Decision Makers

In its Energy Concept dating from September 2010 the German Federal Government formulated a long-term strategy for future energy supply. This strategy contains guidelines for an environmentally sound, reliable and affordable energy supply and for the first time stipulates to shift energy supply on renewable energy sources in the long term. By the year 2050 at least 60 % of the final energy consumption and 80 % of the electricity consumption ought to be covered from renewable energies. In combination with challenging energy efficiency targets greenhouse gas emissions are to be cut by 80 to 95 % related to the base year 1990. Goals for the year 2020 are to cover 18 % of the final energy consumption, 35 % of the electricity consumption and 14 % of the heat consumption from renewable energy sources. By the same year greenhouse gas emissions ought to be reduced by 40 % compared to the year 1990, in agreement with the targets of the Integrated Energy and Climate Programme (Integriertes Energie- und Klimaprogramm - IEKP), which was approved in 2007.

The renewable energy promotional activities of KfW Bankengruppe represent an important component of the German climate strategy. In order to review their effectiveness and significance within the year 2010 the present study investigated the resulting reductions in emissions of greenhouse gases and air pollutants, external costs, fossil fuel consumption and associated fossil fuel imports. Furthermore impacts on employment were quantified.

The most important results at a glance:

- More than 41 % of the investments made in the construction of plants for using renewable energies in Germany in 2010 were supported through KfW programmes, representing an investment volume of € 11,000 million.
- The KfW programmes considered are particularly important for renewable electricity production: In terms of electrical power 46 % of the renewable plants installed in Germany in 2010 were financed through KfW programmes. For wind turbines the share amounted to 80 %.
- Promotional activities conducted in 2010 reduced energy imports by approximately € 350 million per annum. This amounts to € 7,000 million over the plants' lifetime of 20 years. As a result the funds remaining in the country contribute to strengthening the national economy.
- The facilities financed by KfW in 2010 led to a reduction of approximately 4.8 million tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent (of which 4.5 million tonnes CO<sub>2</sub>) per annum, which alone equals 7 % of the Federal Government's greenhouse gas reduction target of 64 million tonnes annually by the year 2020 through development of renewable electricity and heating. KfW promotional activities from 2007 to 2010 cumulated to

---

a reduction of approximately 15 million tonnes greenhouse gas per annum, i.e. about 23 % of the targeted cuts in emissions of ca. 64 million t CO<sub>2</sub> per year.

- Avoiding greenhouse gas and air pollutant emissions reduces external costs by almost €390 million a year, more than 93 % of which refer to climate change effects avoided.
- Manufacturing and construction of the plants financed in 2010 corresponded to almost 52,000 jobs in Germany. Thus, KfW's financing programmes continue to contribute significantly to creation of green jobs in Germany. Further 2,500 jobs per annum result from operation and maintenance of the plants.
- Small and medium-sized enterprises with less than 500 employees account for approx. 74 % of generated jobs, ca. 31 % of jobs were created in small enterprises with less than 50 employees. These figures underscore the importance of KfW's financing programmes for the promotion of small and medium-sized enterprises.

## 1 Einführung

Die energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierung sind im Energiekonzept vom 28. September 2010 niedergelegt. Darin entwickelt die Bundesregierung eine langfristige, bis zum Jahr 2050 reichende Strategie zur Energieversorgung Deutschlands. Erstmals wird dabei festgelegt, dass der Energiebedarf langfristig durch Erneuerbare Energien (EE) gedeckt werden soll: Bis 2050 sollen mindestens 60 % des Bruttoendenergieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden, mit einem EE-Anteil von 80 % bei der Stromversorgung. In Verbindung mit anspruchsvollen Energieeffizienzzielen soll es dadurch möglich sein, die Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 1990 um 80 bis 95 % zu mindern. Kurzfristig, d.h. bis zum Jahr 2020, sollen 18 % des Endenergieverbrauchs und 35 % des Stromverbrauchs aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden und die Treibhausgasemissionen – in Übereinstimmung mit den Zielen des 2007 beschlossenen Integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP) – um 40 % gesenkt werden.

Die im Energiekonzept formulierten anspruchsvollen EE-Ausbauziele werden durch die im Juni 2011 vom Bundeskabinett beschlossene Energiewende mit dem vorgezogenen Ausstieg aus der Kernenergienutzung noch verschärft, da aus Gründen des Klimaschutzes die Ausweitung der Stromerzeugung aus fossilen Quellen nur in sehr beschränktem Maß erfolgen kann. Die im Rahmen der Energiewende beschlossenen Gesetze sollen helfen, die resultierenden Herausforderungen zu meistern.

So soll die zum 1.1.2012 in Kraft tretende Novelle des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes beitragen, den Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromversorgung im Jahr 2020 auf mindestens 35 % anzuheben. Im Jahr 2010 trugen die Erneuerbaren Energien bereits 17 % zum gesamten Stromverbrauch in Deutschland bei (BMU 2011).

Im Wärmebereich soll nach dem im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz festgeschriebenen Ausbauziel im Jahr 2020 ein Anteil von 14 % Erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme erreicht werden. Im Jahr 2010 lag der EE-Anteil im Wärmebereich bei rund 10 %.

Ein wichtiger Baustein in dieser Strategie sind die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe, in deren Rahmen sie zinsvergünstigte Darlehen für Investitionen in die Nutzung erneuerbarer Energiequellen zur Verfügung stellt. Im Jahr 2010 wurden in Deutschland rund 26,6 Mrd. € in den Ausbau der Erneuerbaren Energien zur Strom- und Wärmebereitstellung investiert (BMU 2011). Mit den Förderkrediten der KfW wurden im vergangenen Jahr Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Höhe von insgesamt 11,0 Mrd. € angestoßen. Damit hat die KfW rechnerisch 41,5 % aller in Deutschland im Jahr 2010 getätigten Investitionen in den Ausbau der regenerati-

ven Energien gefördert. Im Vergleich zum Förderjahrgang 2009 ist der Anteil KfW-geförderter Investitionen um ca. 7 Prozentpunkte gewachsen.

Die große Bedeutung der KfW-Förderung zeigt sich vor allem im Strombereich sehr deutlich. Dort wurden insgesamt 46 % der in Deutschland im Jahr 2010 zugebauten elektrischen Leistung an Erneuerbaren Energien über die KfW gefördert (gegenüber 43 % im Jahr 2009).

Gegenstand der in diesem Bericht dargestellten Arbeiten ist die umfassende Evaluierung der Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe im Bereich der Erneuerbaren Energien (Strom und Wärme) in Deutschland für den Förderjahrgang 2010. Hierfür werden die durch die geförderten Investitionen ausgelösten Effekte in den Bereichen Treibhausgas-minderung, Einsparung fossiler Energieträger und damit vermiedene Importe an fossilen Energieträgern, vermiedene externe Kosten sowie Beschäftigungseffekte ermittelt. Im Einzelnen werden folgende Wirkungen berechnet:

- Einsparung fossiler Energieträger (jährliche Primärenergieeinsparung nach Energieträgern); monetäre Bewertung,
- vermiedene Importe an fossilen Energieträgern; monetäre Bewertung,
- Minderung von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen: jährliche Vermeidung von Treibhausgasen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O sowie das daraus ermittelte CO<sub>2</sub>-Äquivalent), Säurebildnern (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> sowie das daraus ermittelte SO<sub>2</sub>-Äquivalent), Vorläuferstoffen für bodennahes Ozon (CO, NMVOC) sowie Feinstaub,
- Monetäre Bewertung der durch die Minderung von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen vermiedenen externen Kosten: Verteilung nach Technologien und Schadenskategorien,
- Arbeitsplatzeffekte: Bruttobeschäftigungseffekte in Deutschland in den Sektoren Anlagenbau und Betrieb von Anlagen (p.a. und über die ganze Lebensdauer der Maßnahme). Ausweisung der direkten und indirekten Beschäftigungseffekte, der Anteile abhängig Beschäftigter und Selbstständiger sowie der Anteile Beschäftigter in kleinen und mittleren Unternehmen.

Das folgende Kapitel 2 gibt einen Überblick über die geförderten Vorhaben und die ausgelösten Investitionen. Danach werden in Kapitel 3 die Einsparung fossiler Energieträger sowie in Kapitel 4 die Minderung von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen sowie die damit einhergehende Vermeidung externer Kosten ermittelt. Die Ergebnisse für das Förderjahr 2010 werden zur Einordnung den Ergebnissen des Förderjahres 2009 gegenübergestellt, die auf Basis der aktuellen Berechnungsmethodik und -parameter aktualisiert wurden. Kapitel 5 befasst sich mit den Beschäftigungseffekten. Abschließend werden in Kapitel 6 die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst.



## 2 Geförderte Vorhaben und ausgelöste Investitionen

Im Betrachtungszeitraum 2010 förderte die KfW Investitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland über die folgenden Programme (vgl. Tabelle 1; in Klammern jeweils das in dieser Evaluierung verwendete Kürzel):

- KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Standard“ (EE Standard),
- KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Premium“ (EE Premium, Teil des BMU Marktanzreizprogramms),
- KfW-Programm Erneuerbare Energien, Ergänzung 2009 (Ergänzung 2009),

Im Programmteil „Standard“ des KfW-Programms Erneuerbare Energien wird die Nutzung Erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Strom bzw. Strom und Wärme gefördert, im Programmteil „Premium“ werden im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) bestimmte Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Wärmemarkt unterstützt.

**Tabelle 1: Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2010.**

	KfW-Programm Erneuerbare Energien		
	Standard	Premium	Ergänzung 2009
<b>Programmnummer</b>	<b>270</b>	<b>271, 272, 281, 282</b>	<b>086</b>
Hier berücksichtigte Fördermaßnahmen	Errichtung, Erweiterung oder den Erwerb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Strom sowie KWK-Anlagen und Anlagen zur Wärmeerzeugung, die die Anforderungen des Programmteils „Premium“ nicht erfüllen	Nach den BMU-Richtlinien förderfähige Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Wärme: Anlagen zur Verfeuerung von fester Biomasse, Anlagen zur Nutzung der Tiefengeothermie, Wärmenetze, große Solarkollektoranlagen, große Wärmespeicher, Anlagen zur Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität und Biogasleitungen	Errichtung, Erweiterung oder den Erwerb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Strom oder Strom und Wärme in KWK.  Programm war Teil des Maßnahmenpakets I „Beschäftigungssicherung durch Wachstumsstärkung“ der Bundesregierung
Kredithöchstbetrag	i.d.R. maximal 10 Mio. € pro Vorhaben	i.d.R. maximal 10 Mio. € pro Vorhaben	mindestens 10 Mio. € und maximal 50 Mio. € pro Vorhaben
Anmerkung zur Programmlaufzeit	Programmstart: 01.01.2009	Programmstart: 01.01.2009	Programm war auf das Jahr 2009 befristet; Restzusagen in 2010

Um die Finanzierung größerer Projekte im Bereich Erneuerbare Energien zu sichern, wurde Anfang 2009 das KfW-Programm Erneuerbare Energien um die Programmvariante „Ergänzung 2009“ erweitert. Diese Maßnahme wurde von der Bundesregierung im Rahmen des Pakets „Beschäftigungssicherung durch Wachstumsstärkung“ (Konjunkturpa-

ket I) verabschiedet. Ende 2009 wurde dieser Programmteil wieder geschlossen, es fielen jedoch noch Restzusagen in das Förderjahr 2010.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über den jeweiligen Umfang der ausgewerteten Kreditprogramme im Jahr 2010. Das Programm EE Standard weist die höchste Anzahl an Darlehensfällen und insgesamt die höchste Darlehenssumme auf, was hauptsächlich auf die Vielzahl der geförderten Photovoltaikanlagen zurückgeht.

**Tabelle 2: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm im Jahr 2010.**

	Ergänzung 2009	EE Standard	EE Premium	Alle Programme
<b>Darlehensfälle</b>	18	63.081	2.264	65.363
<b>Darlehensvolumen (Mio. €)<sup>1)</sup></b>	386,3	8.184,0 <sup>2)</sup>	336,9	8.907,3 <sup>2)</sup>
<b>Investitionsvolumen (Mio. €)<sup>1)</sup></b>	513,5	10.055,0 <sup>3)</sup>	458,6	11.027,0 <sup>3)</sup>
<b>Mittleres Investitionsvolumen je Darlehen (€)<sup>1)</sup></b>	28.525.300	159.400	202.500	168.700

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

<sup>1)</sup> exkl. Mehrwertsteuer.

<sup>2)</sup> Unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 8.868,9 bzw. 9.592,1 Mio. €, hier nur Anlagen im Inland.

<sup>3)</sup> Unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 11.467,1 bzw. 12.439,0 Mio. €, hier nur Anlagen im Inland.

Sehr große Vorhaben mit Kreditbeträgen zwischen 10 und 50 Mio. € wurden im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien „Ergänzung 2009“ gefördert. Da im Jahr 2010 nur noch wenige Restzusagen des Ende 2009 geschlossenen Programms erteilt wurden, beträgt der Anteil des Ergänzungsprogramms am gesamten Darlehensvolumen 2010 lediglich 4 %. Insgesamt wurden im Förderjahr 2010 rund 65.400 Darlehen mit einem Darlehensvolumen von 8,9 Mrd. € für die Finanzierung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbare Energien in Deutschland gewährt.

## 2.1 Datengrundlage Förderjahrgang 2010

Für den Förderjahrgang 2010 stellte die KfW für jeden Kreditantrag aus den genannten Förderprogrammen folgende Informationen zur Verfügung:

- Verwendungszweck (Technologie, z.B. Solarthermie, Windkraft),
- Darlehensbetrag aufgeschlüsselt auf die einzelnen Programme,
- konsolidiertes Investitionsvolumen nach Förderprogramm,
- Rechtsform des Antragstellers und
- Bundesland, in dem das Investitionsvorhaben angemeldet wurde.

Für die Technologien Photovoltaik, Windkraft, Wasserkraft, Solarthermie, feste Biomasse, Biogas und Geothermie sind zusätzlich Angaben zur installierten Leistung, für Wärmenetze und Biogasleitungen die Trassenlänge, für Wärmespeicher das Volumen und für Anlagen zur Aufbereitung von Biogas die Kapazität vorhanden. Alle vorhandenen Anlagendaten der verschiedenen Technologien wurden hinsichtlich der Plausibilität der angegebenen Leistungen bzw. sonstiger technischer Angaben und Investitionskosten geprüft. Im Mittel ergeben sich die in Tabelle 3 aufgeführten spezifischen Investitionskosten für die einzelnen Technologien. Wegen der geringen Anzahl geförderter Anlagen im Bereich Geothermie werden aus Datenschutzgründen keine Mittelwerte ausgewiesen.

**Tabelle 3: Mittelwerte der spezifischen Investitionskosten für die plausiblen Datensätze (eigene Berechnungen).**

	Technologie	Durchschnittliche spezifische Investitionskosten in €/kW <sub>el</sub> (Strom) bzw. €/kW <sub>th</sub> (Wärme) - exkl. MwSt
Strom	<b>Biogas (Stromerzeugung)</b>	3.700
	<b>Biomasse Heizkraftwerk</b>	4.710
	<b>Photovoltaik</b>	2.710
	<b>Wasserkraft</b>	3.660
	<b>Windenergie</b>	1.470
Wärme	<b>Solarthermie</b>	1.210
	<b>Biomasse</b>	470
	<b>Wärmenetze<sup>1)</sup></b>	240 €/Trassenmeter

<sup>1)</sup> Die spezifischen Investitionskosten variieren auf Grund sehr unterschiedlicher Netzlängen, des eingesetzten Leitungsmaterials und des Untergrunds stark.

## 2.2 Ausgelöstes Investitionsvolumen

Abbildung 1 zeigt die regionale Verteilung des mitfinanzierten Investitionsvolumens auf Bundesländerebene. Wie in den Vorjahren wurden auch im Jahr 2010 die meisten Investitionen in Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Bayern gefördert (3,3 Mrd. €), gefolgt von Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Baden-Württemberg und Schleswig-Holstein<sup>1</sup> mit Investitionen in der Größenordnung von 0,8 bis 1,5 Mrd. €. Auf die flächenmäßig kleineren Bundesländer Berlin, Hamburg, Saarland und Bremen entfiel nur ein vergleichsweise geringer Anteil der Investitionen.

Die insgesamt ausgelösten Investitionen in Höhe von 11,0 Mrd. € wurden zum Großteil über den Programmteil Standard des KfW-Programms Erneuerbare Energien finanziert, wo gut 10 Mrd. € Investitionen zu verzeichnen sind. Jeweils Investitionen von etwa einer halbe Milliarde Euro wurde mit Darlehen in den Programmteilen „Ergänzung 2009“ und „Premium“ angestoßen (vgl. Tabelle 4).

<sup>1</sup> Die KfW-geförderten Investitionen in Windenergie verfünffachten sich 2010 in Schleswig-Holstein verglichen mit dem Jahr 2009, bei PV-Anlagen fand annähernd eine Verdopplung statt.

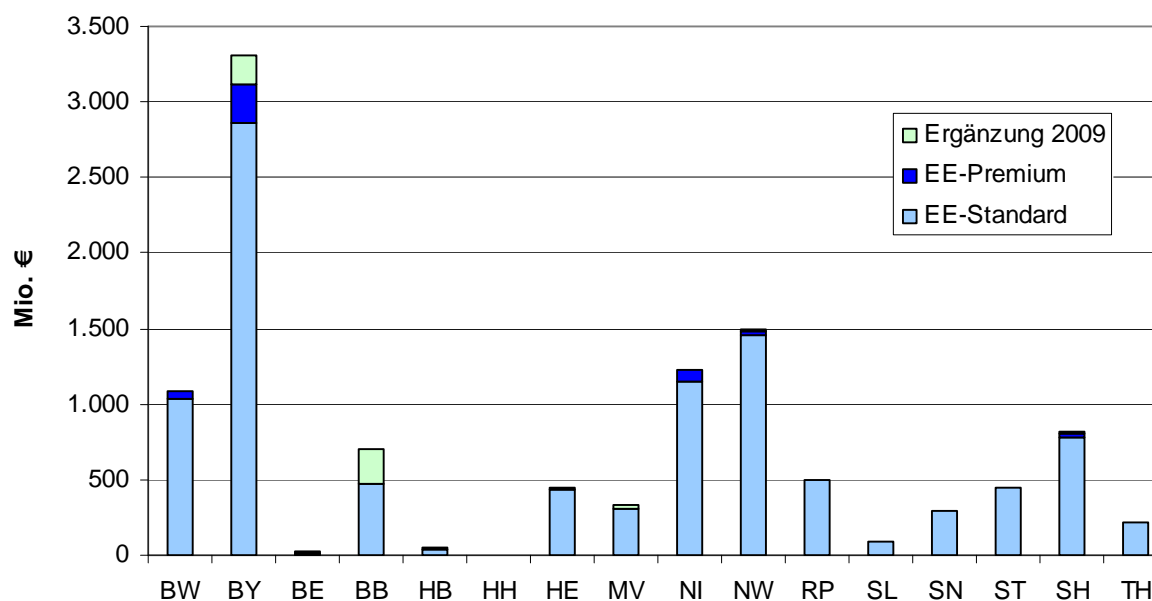


Abbildung 1: Mit Darlehen der KfW-Programme im Jahr 2010 finanziertes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Bundesländern.

Tabelle 4: Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2010 unterstützter Investitionen in Erneuerbare Energien nach Bundesländern.

Mio. €(exkl. MwSt)	Ergänzung 2009	EE Standard	EE Premium	Alle Programme
<b>Baden-Württemberg</b>	-	1.034,0	47,6	1.081,6
<b>Bayern</b>	192,6	2.855,4	255,1	3.303,1
<b>Berlin</b>	16,0	8,3	0,5	24,8
<b>Brandenburg</b>	228,6	472,4	5,5	706,5
<b>Bremen</b>	16,2	35,3	1,0	52,5
<b>Hamburg</b>	-	3,7	0,7	4,3
<b>Hessen</b>	-	432,0	11,1	443,0
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b>	27,8	302,1	7,8	337,7
<b>Niedersachsen</b>	-	1.155,1	66,0	1.221,1
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	15,4	1.449,9	26,2	1.491,5
<b>Rheinland-Pfalz</b>	-	494,7	5,5	500,1
<b>Saarland</b>	-	91,5	0,1	91,6
<b>Sachsen</b>	-	290,3	1,6	291,9
<b>Sachsen-Anhalt</b>	-	440,9	3,8	444,6
<b>Schleswig-Holstein</b>	16,8	776,6	24,2	817,6
<b>Thüringen</b>	-	213,1	2,0	215,0
<b>Summe</b>	513,5	10.055,0 <sup>1)</sup>	458,6	11.027,0 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 11.467,1 bzw. 12.439,0 Mio. €

30 % der geförderten Investitionen entfallen auf Bayern, womit der Anteil gegenüber dem Vorjahr (mehr als ein Drittel) leicht rückläufig ist. Dies ist im Wesentlichen damit zu erklären, dass der Anteil der Investitionen in Photovoltaikanlagen in Bayern an den insgesamt in Deutschland installierten Photovoltaikanlagen gegenüber dem Vorjahr ebenso rückläufig ist. Anteile von 10 bis 14 % am gesamten geförderten Investitionsvolumen entfallen auf die Bundesländer Baden-Württemberg, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen (vgl. Tabelle 5).

**Tabelle 5: Relative Anteile am Investitionsvolumen nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2010.**

Prozent	Ergänzung 2009	EE Standard	EE Premium	Alle Programme
<b>Baden-Württemberg</b>	-	10,3	10,4	9,8
<b>Bayern</b>	37,5	28,4	55,6	30,0
<b>Berlin</b>	3,1	0,1	0,1	0,2
<b>Brandenburg</b>	44,5	4,7	1,2	6,4
<b>Bremen</b>	3,2	0,4	0,2	0,5
<b>Hamburg</b>	-	0,0	0,1	0,0
<b>Hessen</b>	-	4,3	2,4	4,0
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b>	5,4	3,0	1,7	3,1
<b>Niedersachsen</b>	-	11,5	14,4	11,1
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	3,0	14,4	5,7	13,5
<b>Rheinland-Pfalz</b>	-	4,9	1,2	4,5
<b>Saarland</b>	-	0,9	0,0	0,8
<b>Sachsen</b>	-	2,9	0,3	2,6
<b>Sachsen-Anhalt</b>	-	4,4	0,8	4,0
<b>Schleswig-Holstein</b>	3,3	7,7	5,3	7,4
<b>Thüringen</b>	-	2,1	0,4	1,9
<b>Summe</b>	100,0	100,0	100,0	100,0

Wie im Jahr 2009 entfallen rund 90 % des geförderten Investitionsvolumens auf Anlagen zur Stromerzeugung aus Windenergie und Photovoltaik (vgl. Tabelle 6). Im Vergleich zum Vorjahr ist der Anteil der geförderten Investitionen in Photovoltaikanlagen weiter angestiegen und erreicht mit rund 8,2 Mrd. € einen um zwei Drittel höheren Wert als im Förderjahr 2009. Die Verteilung der Investitionen auf Verwendungszwecke in den Bundesländern kann Tabelle 7 entnommen werden, ebenso wie die auf die Bundesländer entfallenden Investitionen in die einzelnen Verwendungszwecke.

**Tabelle 6: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2010 unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck.**

	Ergänzung 2009		EE Standard		EE Premium		Summe	
	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%
<b>Biogas<sup>1)</sup></b>	31,4	6,1	459,1	4,6	52,9	11,5	543,4	4,9
<b>Biomasse</b>	-	-	60,8	0,6	72,1	15,7	132,9	1,2
<b>Geothermie</b>	45,0	8,8	-	-	63,0	13,7	108,1	1,0
<b>Photovoltaik</b>	317,3	61,8	7.861,6	78,2	-	-	8.178,9	74,2
<b>Solarthermie</b>	-	-	0,3	0,0	8,0	1,7	8,3	0,1
<b>Wärmenetz</b>	-	-	-	-	257,6	56,2	257,6	2,3
<b>Wärmespeicher</b>	-	-	-	-	4,9	1,1	4,9	0,0
<b>Wasserkraft</b>	-	-	16,4	0,2	-	-	16,4	0,1
<b>Windenergie</b>	119,7	23,3	1.656,8	16,5	-	-	1.776,5	16,1
<b>Summe</b>	513,5	100,0	10.055,0 <sup>2)</sup>	100,0	458,6	100,0	11.027,0 <sup>2)</sup>	100,0

<sup>1)</sup> Stromerzeugung mit Biogas, Biogasleitungen und -einspeisung.

<sup>2)</sup> Unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 11.467,1 bzw. 12.439,0 Mio. €

**Tabelle 7: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2010 unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck und Bundesland.**

Mio. €	Bio- gas <sup>1)</sup>	Bio- masse	Photo- voltaik	Solar- thermie	Geo- thermie	Wär- menetz	Wärme- speicher	Was- serkraft	Wind- energie	Summe
<b>BW</b>	39,9	18,9	971,4	0,7	-	28,6	0,7	7,8	13,5	1.081,6
<b>BY</b>	119,4	84,1	2.743,6	2,0	108,1	144,5	2,0	5,0	94,6	3.303,1
<b>BE</b>	16,0	-	5,0	0,5	-	-	-	-	3,4	24,8
<b>BB</b>	24,3	0,1	504,5	0,4	-	3,1	0,1	-	174,0	706,5
<b>HB</b>	-	1,0	10,6	-	-	0,0	0,0	-	40,9	52,5
<b>HH</b>	-	0,2	3,7	0,4	-	0,1	-	-	-	4,3
<b>HE</b>	36,0	2,9	316,6	0,4	-	7,1	0,1	0,3	79,7	443,0
<b>MV</b>	14,3	8,0	220,3	0,4	-	3,3	-	-	91,4	337,7
<b>NI</b>	107,6	5,7	736,8	0,7	-	38,2	1,1	0,6	330,4	1.221,1
<b>NW</b>	124,0	7,5	1.231,6	0,9	-	14,0	0,8	0,5	112,4	1.491,5
<b>RP</b>	7,5	2,0	251,7	0,1	-	3,0	0,0	-	235,9	500,1
<b>SL</b>	-	-	47,9	0,1	-	0,0	-	1,3	42,3	91,6
<b>SN</b>	9,8	0,2	254,1	0,2	-	0,5	-	-	27,0	291,9
<b>ST</b>	11,8	0,3	283,0	0,9	-	1,8	0,0	-	146,8	444,6
<b>SH</b>	30,4	1,8	468,1	0,4	-	12,4	0,1	-	304,4	817,6
<b>TH</b>	2,6	0,2	130,0	0,3	-	1,0	-	1,0	79,9	215,0
<b>Summe</b>	543,4	132,9	8.178,9	8,3	108,1	257,6	4,9	16,4	1.776,5	11.027,0 <sup>2)</sup>

Anmerkung: Abweichungen durch Rundung möglich

<sup>1)</sup> Stromerzeugung mit Biogas, Biogasleitungen und -einspeisung.

<sup>2)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 12.439,0 Mio. €

Die von der KfW im Jahr 2010 geförderten Investitionen stehen für einen beträchtlichen Teil der im Jahr 2010 insgesamt in Deutschland investierten Beträge in Erneuerbare

Energien. Insgesamt entsprechen die von der KfW geförderten Vorhaben mit einem Investitionsvolumen von 11,0 Mrd. € einem Anteil von mehr als 41 % an den im Jahr 2010 in Deutschland getätigten Investitionen in die Nutzung Erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmebereitstellung (vgl. Tabelle 8). Zum Vergleich: Im Jahr 2009 betrug das durch die KfW-Förderung ausgelöste Investitionsvolumen 7,0 Mrd. €, was einem Anteil von 34,3 % an allen in Deutschland getätigten EE-Investitionen entsprach.

Detaillierte Angaben zu den Investitionen in Wärmenetze und Wärmespeicher sind auf Bundesebene nicht verfügbar. Es kann jedoch angesetzt werden, dass die in BMU (2011) ausgewiesenen Investitionen in Anlagen zur Wärmebereitstellung sowohl Wärmenetze als auch Wärmespeicher enthalten.

Bei der Interpretation der Angaben in Tabelle 8 ist zu berücksichtigen, dass Verschiebungen der Bezugszeiträume möglich sind, da die von der KfW geförderten Anlagen dem Jahr der Förderung zugerechnet werden, die Anlageninbetriebnahme jedoch theoretisch in das Folgejahr fallen kann. Die in BMU (2011) aufgeführten Zahlen weisen die Investitionen für diejenigen Anlagen aus, die tatsächlich im Jahr 2010 in Betrieb gegangen sind.

**Tabelle 8: Im Rahmen der KfW-Programme geförderte Investitionen in Erneuerbare Energien im Vergleich zu den Gesamtinvestitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland (BMU 2011) für das Förderjahr 2010.**

	KfW-geförderte Investitionen [Mio. €]	Gesamtinvestitionen Deutschland [Mio. €]	Anteil KfW-Förderung [%]
<b>Biomasse (Strom)</b>	607,4	1.550	39,2
<b>Biomasse (Wärme)</b>	69,0	1.150	6,0
<b>Geothermie</b>	108,1	850 <sup>1)</sup>	12,7
<b>Photovoltaik</b>	8.178,9	19.500	41,9
<b>Solarthermie</b>	8,3	950	0,9
<b>Wasserkraft</b>	16,4	70	23,5
<b>Windenergie</b>	1.776,5	2.500	71,1
<b>Wärmenetz</b>	257,6	k.A.	k.A.
<b>Wärmespeicher</b>	4,9	k.A.	k.A.
<b>Summe</b>	11.027,0	26.570	41,5

<sup>1)</sup> Einschließlich Wärmepumpen.

Hohe Anteile der KfW-Förderung zeigen sich insbesondere für die Windenergie mit über 70 %, aber auch für die Photovoltaik und Biomasseanlagen zur Stromerzeugung mit jeweils rund 40 %. Geringe Anteile nimmt die KfW-Förderung im Wärmebereich (Biomasse und Solarthermie) ein, da hier im Wesentlichen eine Förderung über den BAFA-Teil des Marktanzreizprogramms erfolgt (kleine Solaranlagen, Biomasseheizungen und Wärmepumpen) bzw. im Bereich der Biomasse viele Anlagen auch ohne eine Förderung bzw. Fördernotwendigkeit errichtet werden (beispielsweise Kaminöfen).

## 2.3 Geförderte Leistung

Die bereits im Hinblick auf die Investitionen beschriebene Relevanz der KfW-Förderung im Bereich Erneuerbare Energien (vgl. Tabelle 8) zeigt sich auch beim Blick auf die geförderten Anlagenleistungen im Vergleich zur neu installierten Leistung in Deutschland (vgl. Tabelle 9).

**Tabelle 9: Geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Förderjahrgang 2010 im Vergleich zu den 2010 in Deutschland zugebauten Leistungen (BMU 2011, DEWI 2011, DBFZ 2011).**

	Verwendungszweck	Geförderte Leistung in MW <sub>el</sub> bzw. MW <sub>th</sub>	In Deutschland zugebaute Leistung in MW <sub>el</sub> bzw. MW <sub>th</sub>	Anteil der KfW-geförderten Anlagen am Zubau in Deutschland
<b>Strom</b> <sup>1)</sup>	Windenergie	1.206,5	1.551	78%
	Photovoltaik	3.016,4	7.406	41%
	Wasserkraft	4,5	20	22%
	Biogas <sup>2)</sup>	119,5	411	29%
	feste Biomasse	13,6	25	54%
	<b>Summe</b>	<b>4.360,5</b>	<b>9.413</b>	<b>46%</b>
<b>Wärme</b> <sup>4)</sup>	Solarthermie <sup>3)</sup>	6,8	815	0,8%
	Biomasse	152,5	k.A.	k.A.
	Geothermie	20,2	k.A.	k.A.
	<b>Summe</b>	<b>179,6</b>	<b>k.A.</b>	<b>k.A.</b>
<b>Wärmenetze (Trassenlänge)</b>		1.002,2 km	k.A.	k.A.
<b>Biogasleitungen (Länge)</b>		336,5 km	k.A.	k.A.

Anmerkung: Nicht in der Datenbank vorliegende elektrische bzw. thermische Leistungen wurden anhand der spezifischen Investitionskosten (vgl. Tabelle 3) der vollständigen Datensätze hochgerechnet.

<sup>1)</sup> Aus Datenschutzgründen ohne geförderte Anlagen zur Nutzung von Tiefengeothermie.

<sup>2)</sup> Stromerzeugung.

<sup>3)</sup> Der geringe Anteil der von der KfW geförderten solarthermischen Anlagen am Zubau in Deutschland ist dadurch zu erklären, dass solarthermische Anlagen zu über 95 % kleiner als 20 m<sup>2</sup> bzw. 14 kW sind und über den BAFA-Teil des Marktanreizprogramms mit Investitionskostenzuschüssen gefördert werden.

<sup>4)</sup> Ohne den thermischen Leistungsanteil der KWK-Anlagen aus dem Strombereich. Auf die Darstellung des therm. Leistungsanteils von KWK-Anlagen wird hier verzichtet, weil dieser sonst die therm. Leistung der ausschließlich therm. genutzten Biomasseanlagen überdeckt. Für die Berechnung der eingesparten fossilen Energieträger und vermiedenen Emissionen wird jedoch die therm. Leistung der KWK-Anlagen berücksichtigt. Nachrichtlich: für Biomasse-Heizkraftwerke wurde eine therm. Leistung von 40,6 MW, für Biogasanlagen 115,8 MW hochgerechnet. Der davon tatsächlich genutzte Anteil wurde mit 70 % (Biomasse-Heizkraftwerke) bzw. 25 % (Biogasanlagen) angesetzt. Vergleiche dazu auch Anhang A.1.

Im Jahr 2010 wurde annähernd die Hälfte der insgesamt in Deutschland zugebauten elektrischen Leistung über die KfW gefördert. Mit knapp 80 % ist der Anteil im Bereich der Windenergie besonders hoch, aber auch bei der Förderung von Photovoltaikanlagen und Anlagen zur Nutzung fester Biomasse zur Stromerzeugung konnten hohe Förderanteile erreicht werden. Insgesamt wird im Hinblick auf die geförderte Leistung im Bereich der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien mit einem Anteil von 46 % der Wert des Vorjahres um drei Prozentpunkte überschritten. Im Wärmesektor bzw. bei der Förderung



von Wärmenetzen und Biogasleitungen wird die Einordnung der KfW-Förderung dadurch erschwert, dass außer zur Solarthermie keine Angaben zur installierten Leistung bzw. (Trassen)Länge auf Bundesebene verfügbar sind. Als Größenordnung im Bereich der Wärmeerzeugung aus Biomasse kann jedoch der Anteil der Investitionen aus Tabelle 8 herangezogen werden. Bezogen auf die installierte Leistung zur Wärmebereitstellung aus Biomasse ist jedoch anzunehmen, dass der KfW-Anteil leicht höher liegt, als der auf die Investitionen bezogene Wert in Tabelle 8 vermuten lässt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass von der KfW große Biomasseanlagen gefördert werden, die geringere spezifische Kosten aufweisen und damit leistungsbezogen einen größeren Marktanteil einnehmen.

Wie bereits im Zusammenhang mit den geförderten Investitionen erläutert, ist auch bei den geförderten Leistungen zu berücksichtigen, dass die von der KfW geförderten Anlagen nicht zwangsläufig auch im Jahr der Förderung in Betrieb genommen werden. Damit können sich Verschiebungen beim Vergleich von geförderter und tatsächlich installierter Leistung ergeben.

**Tabelle 10: Im Jahr 2010 durch KfW-Kreditprogramme geförderter Leistungszubau im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Bundesländern.**

	MW <sub>el</sub>	Anteil an der gesamten geförderten elektrischen Leistung (%)	MW <sub>th</sub>	Anteil an der gesamten geförderten thermischen Leistung (%)	Trassenlänge der Nahwärmenetze in km	Anteil an der gesamten geförderten Trassenlänge (%)
<b>BW</b>	369,6	8,5	24,6	13,7	100,1	10,0
<b>BY</b>	1.116,3	25,6	101,8	56,7	513,1	51,2
<b>BE</b>	9,3	0,2	0,3	0,2	-	-
<b>BB</b>	304,9	7,0	0,8	0,4	10,8	1,1
<b>HB</b>	33,7	0,8	1,8	1,0	0,4	0,0
<b>HH</b>	1,3	0,0	1,0	0,5	0,2	0,0
<b>HE</b>	166,7	3,8	5,7	3,2	23,8	2,4
<b>MV</b>	153,3	3,5	1,6	0,9	11,7	1,2
<b>NI</b>	527,4	12,1	14,3	8,0	194,0	19,4
<b>NW</b>	562,5	12,9	16,8	9,3	66,2	6,6
<b>RP</b>	241,2	5,5	4,7	2,6	9,7	1,0
<b>SL</b>	45,0	1,0	0,1	0,0	0,2	0,0
<b>SN</b>	113,6	2,6	0,3	0,2	1,4	0,1
<b>ST</b>	195,0	4,5	2,1	1,2	8,2	0,8
<b>SH</b>	417,4	9,6	2,6	1,5	57,5	5,7
<b>TH</b>	103,3	2,4	1,2	0,6	4,9	0,5
<b>Summe</b>	4.360,5	100,0	179,6	100,0	1.002,2	100,0

Anmerkung: Die Leistungsangaben für unvollständige Datensätze wurden anhand der spezifischen Investitionskosten der vollständigen Datensätze hochgerechnet (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 10 zeigt die Aufteilung der elektrischen und thermischen Leistung bzw. Trassenlänge der Nahwärmenetze der von der KfW im Jahr 2010 geförderten EE-Anlagen auf die

Bundesländer. In allen drei Kategorien entfällt der größte Teil auf Anlagen in Bayern, gefolgt von Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen im Fall der elektrischen Leistung, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen bei der thermischen Leistung und Niedersachsen und Baden-Württemberg bei der Trassenlänge der Nahwärmenetze. Tabelle 11 und Tabelle 12 präsentieren die auf die verschiedenen Verwendungszwecke entfallenden Anteile der elektrischen bzw. thermischen Leistung auf Bundesländerebene.

**Tabelle 11: Installierte elektrische Leistung der Investitionen in Erneuerbare Energien, die 2010 durch KfW-Kreditprogramme unterstützt wurden, nach Verwendungszweck und Bundesländern.**

MW <sub>el</sub>	Biogas <sup>1)</sup>	Biomasse	Photovoltaik	Wasserkraft	Windenergie	Summe
<b>BW</b>	9,5	1,4	347,0	1,5	10,3	369,6
<b>BY</b>	32,0	9,4	1.010,6	2,0	62,3	1.116,3
<b>BE</b>	5,6	-	1,7	-	2,0	9,3
<b>BB</b>	3,4	-	194,9	-	106,6	304,9
<b>HB</b>	-	-	3,6	-	30,1	33,7
<b>HH</b>	-	-	1,3	-	0,0	1,3
<b>HE</b>	4,9	0,0	113,7	0,1	48,0	166,7
<b>MV</b>	3,0	2,2	85,8	-	62,3	153,3
<b>NI</b>	20,6	0,0	273,4	0,4	233,0	527,4
<b>NW</b>	27,1	0,3	453,3	0,1	81,7	562,5
<b>RP</b>	2,2	-	89,2	-	149,9	241,2
<b>SL</b>	-	-	16,6	0,2	28,2	45,0
<b>SN</b>	2,0	0,0	94,4	-	17,2	113,6
<b>ST</b>	2,6	-	108,0	-	84,4	195,0
<b>SH</b>	6,1	0,2	172,8	-	238,2	417,4
<b>TH</b>	0,6	-	50,1	0,2	52,5	103,3
<b>Summe</b>	119,5	13,6	3.016,4	4,5	1.206,5	4.360,5

Anmerkung: Die Leistungsangaben für unvollständige Datensätze wurden anhand der spezifischen Investitionskosten der vollständigen Datensätze hochgerechnet (vgl. Tabelle 3).

<sup>1)</sup> Stromerzeugung

**Tabelle 12: Installierte thermische Leistung der Investitionen in Erneuerbare Energien, die 2010 durch KfW-Kreditprogramme unterstützt wurden, nach Verwendungszweck und Bundesländern.**

$MW_{th}$	Biomasse <sup>1)</sup>	Solarthermie	Geothermie	Summe
<b>BW</b>	24,2	0,5	-	24,6
<b>BY</b>	80,1	1,5	20,2	101,8
<b>BE</b>	-	0,3	-	0,3
<b>BB</b>	0,4	0,3	-	0,8
<b>HB</b>	1,8	-	-	1,8
<b>HH</b>	0,5	0,5	-	1,0
<b>HE</b>	5,4	0,3	-	5,7
<b>MV</b>	1,2	0,4	-	1,6
<b>NI</b>	13,6	0,7	-	14,3
<b>NW</b>	16,0	0,8	-	16,8
<b>RP</b>	4,7	0,0	-	4,7
<b>SL</b>	-	0,1	-	0,1
<b>SN</b>	0,2	0,2	-	0,3
<b>ST</b>	1,3	0,8	-	2,1
<b>SH</b>	2,3	0,3	-	2,6
<b>TH</b>	1,0	0,2	-	1,2
<b>Summe</b>	152,5	6,8	20,2	179,6

Anmerkung: Die Leistungsangaben für unvollständige Datensätze wurden anhand der spezifischen Investitionskosten der vollständigen Datensätze hochgerechnet (vgl. Tabelle 3).

<sup>1)</sup> Ohne den therm. Leistungsanteil der KWK-Anlagen aus dem Strombereich (vgl. Tabelle 9, Fußnote 4).

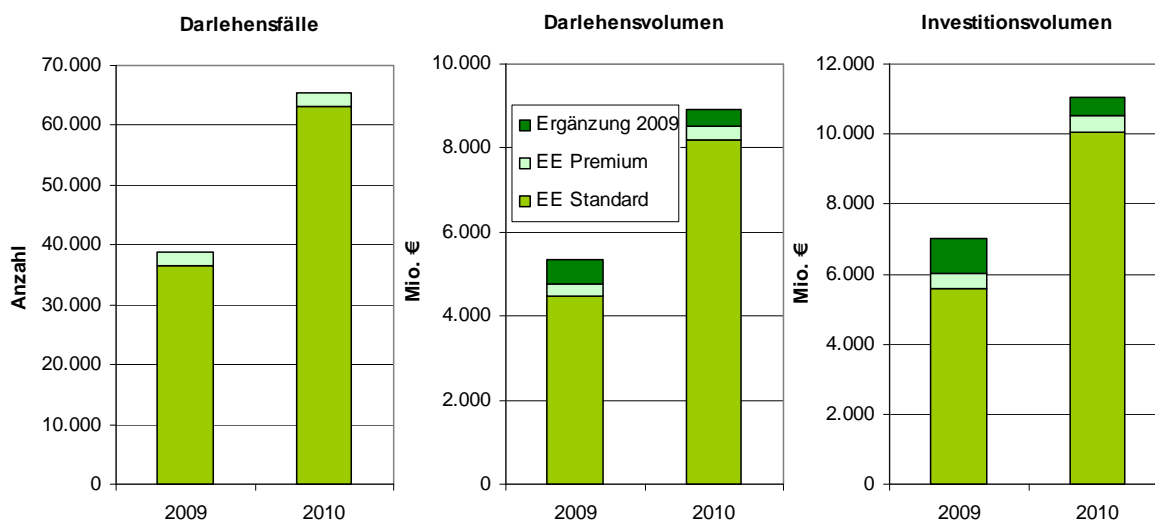
Anhand der installierten Leistungen wurde mittels Referenzanlagen (vgl. Anhang A.4) die Strommenge bzw. im Wärmebereich der Beitrag zur Endenergiebereitstellung ermittelt. Insgesamt produzieren die von der KfW im Jahr 2010 geförderten EE-Anlagen im Stromsektor eine jährliche Strommenge von ca. 6,2 TWh. Rund 85 % des produzierten Stroms der von der KfW geförderten EE-Anlagen entfallen auf Windenergie- und Photovoltaikanlagen. Da diese Technologien im Vergleich zur Stromerzeugung aus Biomasse vergleichsweise geringe Volllaststunden aufweisen (vgl. Anhang A.4), ist ihr Anteil an der Stromproduktion geringer als im Bezug auf die geförderte installierte Leistung (96,8 %, vgl. Tabelle 9). Die im Jahr 2010 von der KfW geförderten EE-Anlagen im Wärmesektor stellen jährlich Endenergie in Höhe von rund 2,2 TWh zur Verfügung.

Damit Deutschland seine im Energiekonzept festgelegten Ziele von 35 % EE-Strom bzw. 14 % EE-Wärme im Jahr 2020 erreicht, sind weiterhin hohe Ausbauraten erforderlich. Gegenüber Ende 2009 müssen bis Ende 2020 zusätzlich ca. 130 TWh Strom aus neu installierten EE-Erzeugungskapazitäten bereitgestellt werden (errechnet aus Nitsch et al. 2010), was pro Jahr im Durchschnitt knapp 12 TWh zusätzlicher Erzeugung entspricht. Die von der KfW im Jahr 2010 geförderten Anlagen erzeugen – wie oben dargestellt – rechnerisch pro Jahr etwa 6 TWh Strom und tragen somit rund 50 % zur Zielerreichung

bei. Im Wärmesektor sind bis 2020 rechnerisch zusätzliche 70 TWh EE-Wärme erforderlich (errechnet aus Nitsch et al. 2010) und damit eine jährliche Mehrerzeugung von durchschnittlich rund 6,4 TWh. Die im Jahr 2010 von der KfW geförderten Vorhaben im Bereich Wärmebereitstellung (einschl. KWK-Wärme) tragen dazu mit einer produzierten EE-Wärmemenge von rund 2 TWh pro Jahr zu knapp einem Drittel bei.

## 2.4 Vergleich mit dem Förderjahrgang 2009

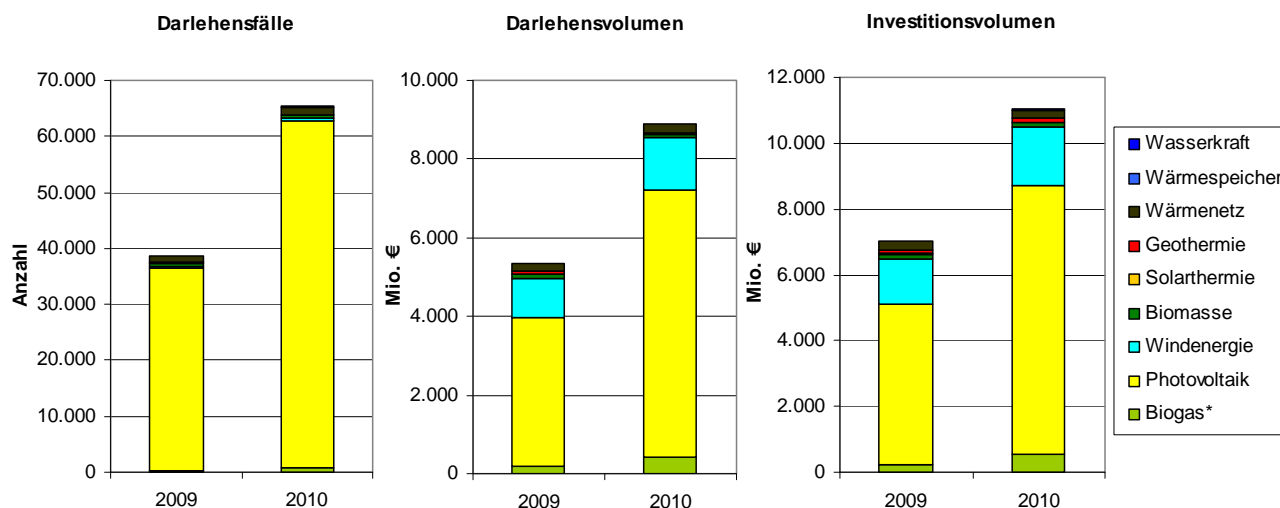
Um den Förderjahrgang 2010 einzuordnen, wird im Folgenden ein Vergleich zum Förderjahrgang 2009 vorgenommen und es werden die Veränderungen erläutert. Abbildung 2 zeigt für die beiden Förderjahre jeweils die Anzahl der Darlehensfälle, das Darlehensvolumen sowie das ausgelöste Investitionsvolumen, für die allesamt eine deutliche Steigerung im Jahr 2010 zu verzeichnen ist. Die Zahl von knapp 39.000 Darlehensfällen im Jahr 2009 konnte im Jahr 2010 mit rund 65.000 um knapp 70 % übertroffen werden. Dasselbe Wachstum ist im Hinblick auf das Darlehensvolumen vorzufinden, wo eine Steigerung von 5,3 Mrd. € auf 8,9 Mrd. € festzustellen ist. Mit knapp 60 % ist das Investitionsvolumen etwas weniger stark gestiegen, erreicht jedoch gut 11 Mrd. € im Jahr 2010 ausgehend von 7 Mrd. € im Vorjahr. Zum Vergleich: im Jahr 2007 belief sich die Zahl der Darlehen auf gut 25.000 bei einem Darlehensvolumen von rund 3,7 Mrd. € und einem Investitionsvolumen von rund 5 Mrd. €. Innerhalb von vier Jahren hat sich somit das Fördervolumen mehr als verdoppelt.



**Abbildung 2: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Förderprogrammen.**

Den Schwerpunkt bildet wie auch im Vorjahr das Programm EE Standard mit rund 97 % bezogen auf die Darlehensfälle und gut 90 % im Hinblick auf das Darlehens- und Investitionsvolumen. Im Programm EE Premium, das unter Berücksichtigung seines Vorläuferprogramms seit 2008 stark gewachsen war, war auch im Jahr 2010 ein weiteres leichtes

Wachstum zu verzeichnen. Gegenüber dem Vorjahr hat jedoch insbesondere das Programm Standard weiter an Bedeutung gewonnen. Dies ist hauptsächlich dem Aufwuchs bei der Förderung von Photovoltaikanlagen zuzurechnen, wie die folgende Abbildung 3 verdeutlicht.



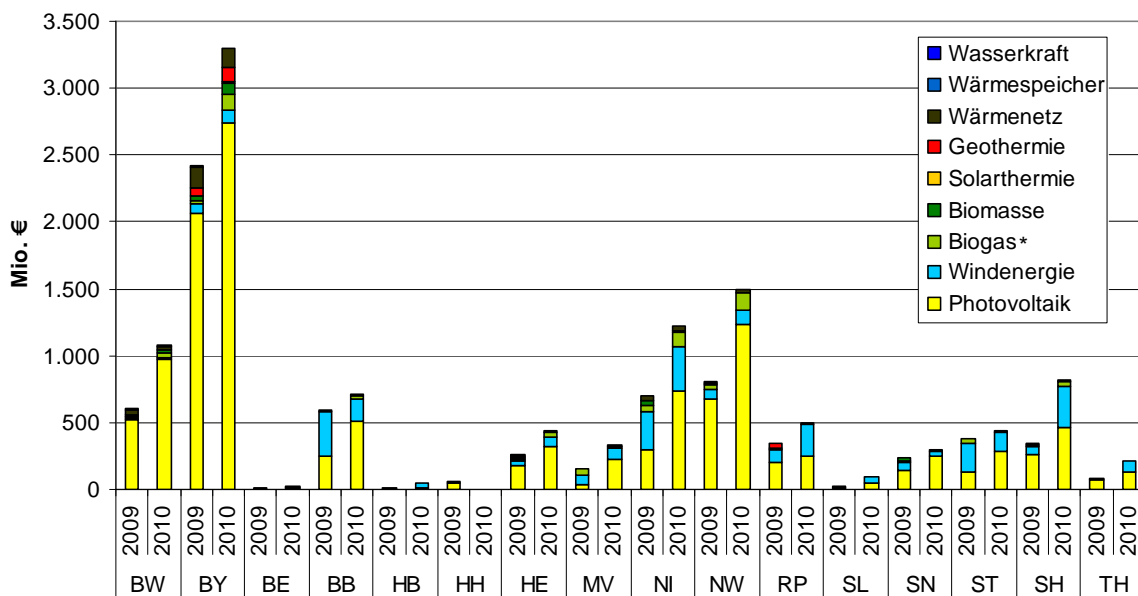
\* Stromerzeugung aus Biogas, Biogasleitungen und -einspeisung

**Abbildung 3: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Verwendungszwecken der Förderung.**

Mit einem Anteil von 95 % nehmen die geförderten Photovoltaikanlagen den überwiegenden Anteil an den Darlehensfällen im Förderjahr 2010 ein. Im Vergleich zum Jahr 2009 wuchs für diese die Zahl der Darlehensfälle um 72 %, das Darlehensvolumen um 79 % und das Investitionsvolumen um 67 %. Die geförderten Windenergieanlagen werden bei Darlehens- und Investitionsvolumen deutlich optisch sichtbar, da diese ein wesentlich höheres Darlehens- bzw. Investitionsvolumen pro Darlehensfall aufweisen als Photovoltaikanlagen. Bei beiden Größen legen die Windenergieanlagen im Jahr 2010 gegenüber dem Vorjahr um ca. ein Drittel zu. Biogasanlagen weisen insgesamt das stärkste Wachstum auf, die Zahl der Darlehensfälle wächst um über 150 %, Darlehens- und Investitionsvolumen um mehr als 130 bzw. 120 %. Geothermie, Solarthermie und Wärmenetze bleiben in etwa gleich, während Biomasse- und Wasserkraftanlagen leicht an Bedeutung verlieren.

Der Blick auf die Entwicklung der ausgelösten Investitionen nach Bundesländern und Technologien zeigt, dass die Bedeutung der Photovoltaik in allen Flächenländern zugenommen hat (vgl. Abbildung 4). Nach wie vor liegt hier Bayern vor Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg. Die von der KfW geförderten Investitionen in Windenergieanlagen sind sowohl in Brandenburg als auch in Sachsen-Anhalt rückläufig, Zuwächse sind insbesondere in Schleswig-Holstein, Rheinland-Pfalz- und Thüringen zu verzeichnen. Die übrigen geförderten Technologien nehmen hinsichtlich ihres Investitionsvolumens in den meisten Bundesländern einen relativ geringen Anteil ein. Ausnahmen – abgesehen von

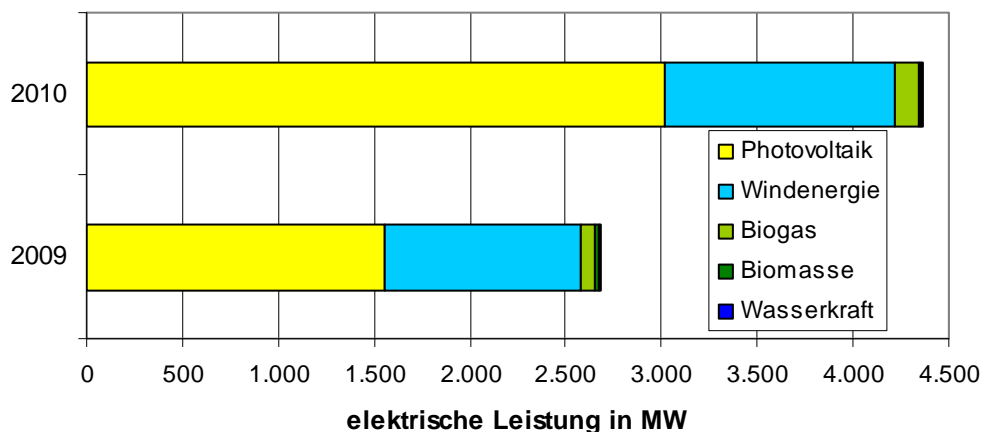
den Stadtstaaten – sind Bayern, Niedersachsen, Hessen und Nordrhein-Westfalen, wo ein Anteil von rund 10 bis 14 % der Investitionen außerhalb von Photovoltaik und Windenergie gefördert wurde. Nachdem im Förderjahr 2009 in einigen Bundesländern eine geringere Investitionssumme als im Vorjahr gefördert wurde, zeigt sich im Jahr 2010 außer für den Stadtstaat Hamburg für alle Bundesländer ein Wachstum bei den geförderten Investitionen. Das absolut stärkste Wachstum mit knapp 900 Mio. € zusätzlichen Investitionen ist in Bayern zu verzeichnen, anteilig am stärksten gewachsen sind die Investitionen außer in den Stadtstaaten Bremen und Berlin insbesondere im Saarland mit einer Vervielfachung der geförderten Investitionen in Erneuerbare Energien aufgrund eines relativ starken Ausbaus von Photovoltaik und Windkraft.



\* Stromerzeugung aus Biogas, Biogasleitungen und -einspeisung

**Abbildung 4: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme ausgelösten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Bundesländern, Jahren und Technologien.**

Das Wachstum der Photovoltaik zeigt sich noch eindrücklicher im Hinblick auf die geförderte elektrische Leistung (vgl. Abbildung 5). Während die geförderte Investitionssumme von Photovoltaikanlagen im Jahr 2010 um rund 67 % gegenüber dem Vorjahr angewachsen ist, zeigt sich mit rund 3 GW eine doppelt so hohe geförderte Photovoltaik-Leistung als noch im Vorjahr. Diese Verdopplung bildet gut die Entwicklung des gesamten PV-Markts in Deutschland ab, der sich ausgehend von einem Zubau von 3,8 GW in 2009 auf 7,4 GW in 2010 ebenso verdoppelt hat. Die Hauptursachen für dieses starke Wachstum im Bereich der Photovoltaik sind einerseits deren stark gesunkene Kosten bei gleichzeitig attraktiven Vergütungssätzen sowie andererseits Vorzieheffekte, die aufgrund der kontroversen und langwierigen Diskussionen um eine Absenkung eben dieser attraktiven Vergütungssätze aufgetreten sind.

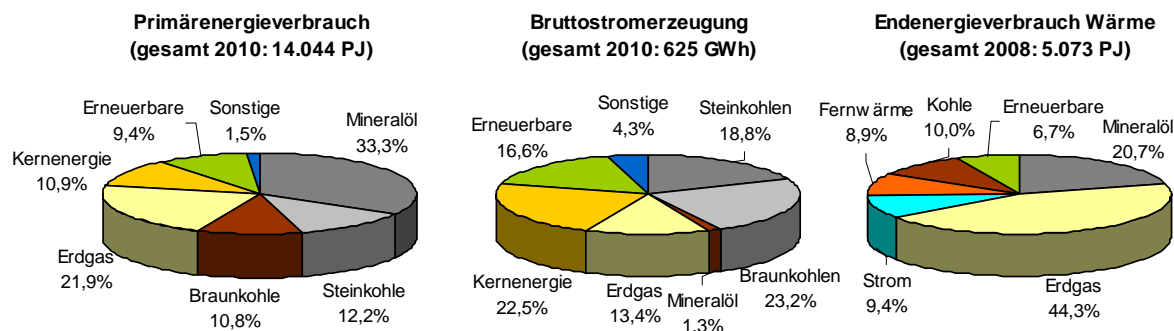


**Abbildung 5: KfW-geförderte elektrische Leistung nach Technologien für die Förderjahre 2009 und 2010.**

Die geförderte Leistung von Windenergieanlagen ist im Jahr 2010 im Vergleich zum Vorjahr um rund 20 % auf 1,2 GW gestiegen, das Wachstum bei den Biogasanlagen betrug knapp 60 %, womit 120 MW elektrische Leistung in 2010 erreicht wurden. Insgesamt liegt die von der KfW geförderte elektrische Leistung im Bereich Erneuerbarer Energien im Förderjahr 2010 mehr als 60 % höher als im Vorjahr. Im Wärmebereich ist jedoch im Jahr 2010 ein Rückgang der geförderten Leistung um ein Drittel zu verzeichnen. Dies ist jedoch zu einem großen Teil dem überaus starken Wachstum im Förderjahr 2009 zuzurechnen.

### 3 Einsparung fossiler Energieträger

Der Energiebedarf Deutschlands wird nach wie vor zu einem großen Teil aus fossilen Rohstoffen gedeckt. Der Anteil der fossilen Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt im Jahr 2010 bei rund 80 %. Der Anteil der Erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch ist auf 9,4 % gewachsen (vgl. Abbildung 6).



**Abbildung 6: Struktur des Primärenergieverbrauchs, der Bruttostromerzeugung<sup>2</sup> sowie des Endenergieverbrauchs zur Wärmebereitstellung<sup>3</sup> in Deutschland (BMWi 2011, AGEB 2011a, BMU 2011).**

Durch den inzwischen deutlich gestiegenen Anteil der Erneuerbaren Energien an der Strombereitstellung sowie den Beitrag der Kernenergie von mehr als einem Fünftel liegt der Anteil fossiler Energieträger an der Strombereitstellung im Vergleich zum Primärenergieverbrauch mit rund 60 % deutlich niedriger. Im Bereich der Wärmebereitstellung beträgt der Anteil der fossilen Energien über drei Viertel des Endenergieverbrauchs, wobei zu berücksichtigen ist, dass Fernwärme und Strom zu einem großen Teil auch aus fossilen Energieträgern stammen. Erneuerbare Energien standen im Jahr 2008 für rund 7 % des Endenergieverbrauchs zur Wärmebereitstellung. Ihr Beitrag ist im Jahr 2010 auf 9,5 % angestiegen.

Die deutsche Energieversorgung ist im Hinblick auf fossile Energieträger durch eine hohe Importabhängigkeit gekennzeichnet. Die Nettoimportquote der deutschen Energieversorgung beträgt derzeit rund 71 % und ist in den vergangenen Jahren nur mäßig rückläufig (in den Jahren 2000 - 2006 pendelte die Nettoimportquote zwischen 72 und 74 %). Die Importquoten betragen bei Mineralöl 98 %, bei Erdgas 82 % und bei Steinkohle 77 % (BMWi 2011). Die durch die KfW-Förderprogramme induzierte Einsparung fossiler Energieträger leistet einen Beitrag zur Verminderung der Importe fossiler Energieträger und

<sup>2</sup> Der in der Einleitung genannte Anteil der Erneuerbaren Energien von 17 % bezieht sich auf den Stromverbrauch. Die in Abbildung 6 angeführten Zahlen beziehen sich auf die Stromerzeugung. Da die Stromerzeugung in Deutschland leicht höher als der Stromverbrauch liegt, ergibt sich ein geringerer EE-Anteil beim Bezug auf die Stromerzeugung.

<sup>3</sup> Zum Zeitpunkt der Berichterstellung lagen zum Endenergieverbrauch für die Wärmebereitstellung nach Energieträgern keine aktuelleren Angaben als für das Jahr 2008 vor. Fernwärme und Strom enthalten geringe Anteile Erneuerbarer Energien, die jedoch in der Quelle nicht ausgewiesen sind.



damit zur Erhöhung der Versorgungssicherheit sowie einer Reduktion der Zahlungsflüsse ins Ausland.

Die von der KfW geförderten EE-Anlagen verdrängen zu unterschiedlichen Anteilen fossile Energieträger. Zur Ermittlung der pro Betriebsjahr zu erwartenden Einsparung fossiler Energieträger wird auf die Berechnungsmethode zurückgegriffen, die von der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) im Rahmen der Berichterstattung des Bundesumweltministeriums verwendet wird. Für die detaillierte Beschreibung der Berechnungsmethodik, der angesetzten Berechnungsparameter sowie der Ansätze zur Monetarisierung der eingesparten Brennstoffe bzw. Energieimporte wird auf die Erläuterungen in den Anhängen A.1 bis A.5 verwiesen.

### 3.1 Einsparung fossiler Energieträger

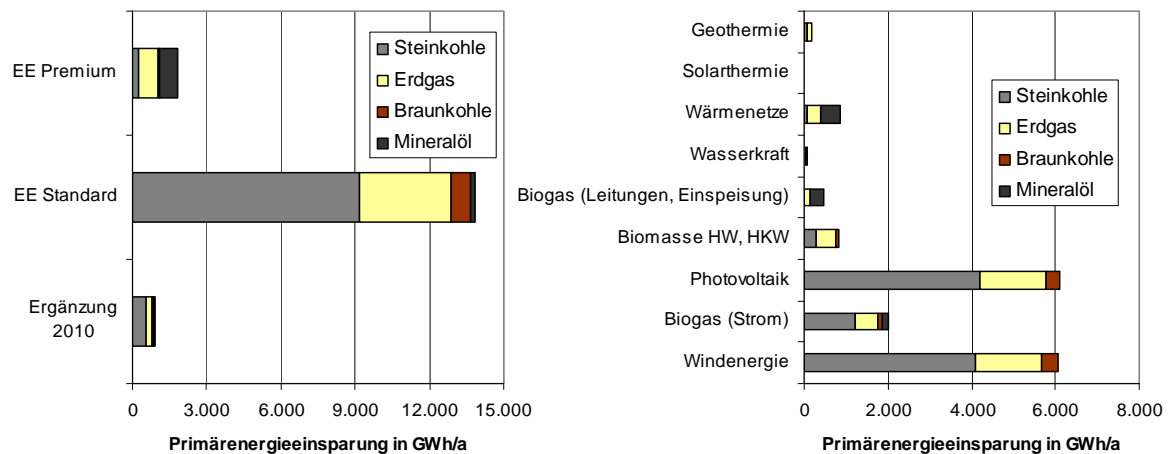
Entsprechend der skizzierten Vorgehensweise in den Anhängen A.1 und A.4 sowie der in Abschnitt 2.3 dargestellten Förderung von EE-Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung durch die verschiedenen KfW-Programme ergibt sich eine jährliche Brennstoffsubstitution von 0,4 Mio. t Braunkohle, 1,2 Mio. t Steinkohle, 490 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas und rund 90 Mio. Liter Mineralöl. Insgesamt beträgt die jährliche fossile Primärenergieeinsparung der im Jahr 2010 von der KfW geförderten Anlagen im Bereich Erneuerbare Energien rund 16.500 GWh bzw. rund 59 PJ (vgl. Tabelle 13).

**Tabelle 13: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2010.**

[GWh/a]	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Anteil
<b>Ergänzung 2009</b>	548	260	53	27	889	5,4%
<b>EE Standard</b>	9.147	3.713	807	155	13.823	83,7%
<b>EE Premium</b>	224	817	60	697	1.797	10,9%
<b>Summe</b>	9.919	4.791	921	879	16.509	100,0%
<b>Anteil</b>	60,1%	29,0%	5,6%	5,3%	100,0%	

86% der jährlich zu erwartenden fossilen Primärenergieeinsparung resultieren aus den geförderten Windenergie-, Photovoltaik- und Biogasanlagen (einschl. Wärmenutzung bei Biogasanlagen). Die Einspeise- und Substitutionscharakteristik der geförderten Vorhaben (vgl. Anhang A.1) führt in der Summe dazu, dass überwiegend Steinkohle und Erdgas substituiert werden. Ein Großteil der Substitutionseffekte geht auf die Vorhaben im Bereich Stromerzeugung zurück, denen mehr als drei Viertel der gesamten Primärenergieeinsparung (ohne KWK-Wärme) zuzurechnen ist. Ein Teil der Einsparung von Erdgas (etwa ein Fünftel) ist den geförderten Vorhaben im Bereich der Wärmeerzeugung zuzurechnen. Vollständig in den Wärmebereich fallen die eingesparten Mengen an Mineralölprodukten durch die Substitution von Heizöl resultierend aus den geförderten Technolo-

gien zur Bereitstellung von Wärme aus Erneuerbaren Energien (vgl. Abbildung 7 und Tabelle 14).



**Abbildung 7: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2010.**

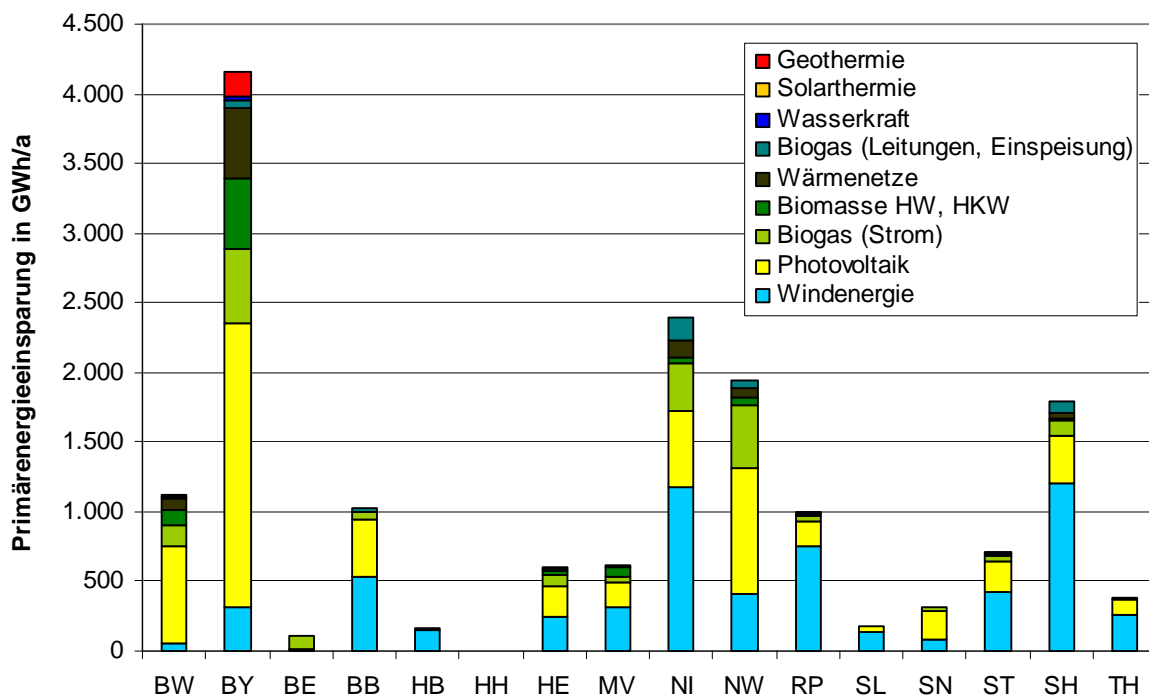
**Tabelle 14: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologien für den Förderjahrgang 2010.**

[GWh/a]	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Anteil
<b>Windenergie</b>	4.084	1.588	398	-	6.069	36,8%
<b>Biogas (Strom)<sup>1)</sup></b>	1.212	546	111	131	1.999	12,1%
<b>Photovoltaik</b>	4.182	1.605	314	-	6.102	37,0%
<b>Biomasse HW, HKW</b>	301	450	75	-	825	5,0%
<b>Biogas (Leitungen, Einspeisung)<sup>2)</sup></b>	-40	160	-7	302	416	2,5%
<b>Wasserkraft</b>	37	15	4	-	56	0,3%
<b>Wärmenetze</b>	70	328	8	445	851	5,2%
<b>Solarthermie</b>	0,1	1,0	0,0	0,8	1,9	0,01%
<b>Geothermie</b>	74	98	17	-	188	1,1%
<b>Summe</b>	9.919	4.791	921	879	16.509	100,0%
<b>Anteil</b>	60,1%	29,0%	5,6%	5,3%	100,0%	

<sup>1)</sup> Einschließlich Einsparung fossiler Energieträger durch Wärmenutzung.

<sup>2)</sup> Die negativen Werte bei Biogasleitungen bzw. Anlagen zur Aufbereitung und Einspeisung von Biogas gehen auf die Annahme zurück, dass in diesen Fällen anstatt eines zentralen Groß-BHKW mehrere kleinere BHKW zur Verstromung des Biogases genutzt werden. Damit wird einerseits ein höherer Wärmeabsatz ermöglicht, andererseits liegen die elektrischen Jahresnutzungsgrade dieser dezentralen Verstromung geringer als im Referenzfall, d.h. der Verstromung in einem Groß-BHKW. Im Vergleich zum Referenzfall resultiert deshalb eine geringere Stromerzeugung, die einem zusätzlichen Wärmeabsatz gegenübersteht.

Bezogen auf die Bundesländer zeigen sich erwartungsgemäß insbesondere dort hohe Einspareffekte, wo der Anteil der Windenergie und Photovoltaik an den geförderten Vorhaben hoch ist. Im Bereich der Photovoltaik ist dies insbesondere in Bayern der Fall, während die Einsparung durch Windenergieanlagen hauptsächlich in den Ländern Niedersachsen und Schleswig-Holstein zutage tritt. Im Bereich Biomasse profitiert Bayern neben den Biogasanlagen insbesondere durch Wärmenetze und die Nutzung fester Biomasse zur Wärme- sowie gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung (vgl. Abbildung 8 und Tabelle 15).



**Abbildung 8: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern und Technologien für den Förderjahrgang 2010.**

Wird die Einsparung auf die Bevölkerungszahlen in den jeweiligen Bundesländern bezogen, zeigt sich der höchste Einspareffekt in Schleswig-Holstein, wo im Verhältnis zu den Einwohnern die Dichte von Windenergieanlagen vergleichsweise hoch ist. Wie in den Vorjahren zeigt sich ein Süd-Nord-Gefälle bei der Photovoltaik und umgekehrt bei der Windenergie.

**Tabelle 15: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern und Technologien für den Förderjahrgang 2010.**

[GWh/a]	Windenergie	Biogas (Strom)	Photovoltaik	Biomasse HW, HKW	Biogas (Leitungen, Einspeisung)	Wasserkraft	Wärmenetze	Solarthermie	Geothermie	Summe
<b>BW</b>	52	159	697	104	20	18	77	0,1	-	1.127
<b>BY</b>	313	535	2.044	501	51	25	505	0,4	188	4.162
<b>BE</b>	10	94	3	-	-	-	-	0,1	-	107
<b>BB</b>	536	57	403	1	19	-	6	0,1	-	1.022
<b>HB</b>	151	-	7	5	-	-	-	-	-	164
<b>HH</b>	-	-	3	1	-	-	-	0,1	-	4
<b>HE</b>	242	83	229	16	15	1	13	0,1	-	598
<b>MV</b>	313	50	177	59	9	-	3	0,1	-	611
<b>NI</b>	1.172	345	549	42	155	5	126	0,2	-	2.395
<b>NW</b>	411	453	905	56	56	1	59	0,2	-	1.942
<b>RP</b>	754	36	180	16	6	-	6	0,0	-	998
<b>SL</b>	142	-	34	-	-	3	1	0,0	-	180
<b>SN</b>	86	33	195	2	2	-	-	0,1	-	317
<b>ST</b>	425	43	222	3	5	-	7	0,2	-	706
<b>SH</b>	1.198	103	351	14	78	-	44	0,1	-	1.788
<b>TH</b>	264	10	103	4	2	2	4	0,0	-	388
<b>Summe</b>	6.069	1.999	6.102	825	416	56	851	1,9	188	16.509

### 3.2 Vermiedene fossile Energieimporte

Neben der Umwelt- und Klimaverträglichkeit als eine wesentliche Anforderung an die Energieversorgung ist auch die Versorgungssicherheit von großer Wichtigkeit. Die Vorkommen an fossiler Energie sind in Deutschland gering: Dem Primärenergieverbrauch von rund 14 TJ im Jahr 2010 steht eine Primärenergiegewinnung im Inland von 4 TJ gegenüber. Davon entfällt gut ein Drittel auf die heimische Braunkohle. Die Erneuerbaren Energien als heimische Energiequellen leisten bereits einen ähnlich großen Beitrag wie die Braunkohle. Insgesamt mussten mehr als 70 % der in Deutschland im Jahr 2010 verbrauchten Primärenergieträger importiert werden (AGEB 2011b). Die Nutzung erneuerbarer Energieträger mindert nicht nur den Verbrauch an fossilen Primärenergieträgern, sondern trägt auch zur Steigerung der Unabhängigkeit von Energieimporten bei.

Bei der folgenden Berechnung wird unterstellt, dass – abgesehen von der Braunkohle – die Einsparung fossiler Energieträger vollständig zu einer Minderung der Energieimporte führt. Heimische Energieträger (Braunkohle) werden damit im Rahmen dieser Methodik nicht durch die Nutzung der geförderten Anlagen verdrängt. Somit wird durch die mit den Programmen der KfW im Jahr 2010 geförderten Erneuerbaren Energien die Einfuhr von jährlich rund 1,2 Mio. t Steinkohle, 490 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas und rund 90 Mio. Liter Mineralöl bzw. entsprechende Rohölimporte vermieden (vgl. Tabelle 16).

**Tabelle 16: Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Brennstoffe für den Förderjahrgang 2010.**

	Eingesparte Energiemengen p.a.		Importquote <sup>1)</sup>	Vermiedene Energieimporte p.a.		Einfuhrpreise <sup>2)</sup>		Vermiedene Kosten für importierte Energieträger [Mio. €/a]
<b>Braunkohle</b>	367	1.000 t/a	0%	0	1.000 t/a	k.A.	-	-
<b>Steinkohle</b>	1.177	1.000 t/a	100%	1.177	1.000 t/a	15.820	€/GWh	157,0
<b>Erdgas</b>	490	Mio. m <sup>3</sup> /a	100%	490	Mio. m <sup>3</sup> /a	31.560	€/GWh	151,2
<b>Mineralöl</b>	86	Mio. l/a	100%	86	Mio. l/a	47.930	€/GWh	42,1
<b>Summe</b>								350,3

<sup>1)</sup> Es wird unterstellt, dass in Deutschland geförderte Energie nicht verdrängt wird, sondern dass die Einsparung durch den Einsatz Erneuerbarer Energien vollständig den Importen zuzurechnen ist. Da keine Braunkohle nach Deutschland importiert wird, wird in diesem Fall die Importquote zu Null gesetzt. Die tatsächlichen Importquoten betragen (nachrichtlich): Braunkohle 0 %; Steinkohle 77 %, Erdgas 82 %, Mineralöl 98 % (BMW i 2011).

<sup>2)</sup> Vgl. auch Anhang A.5. Es wurden Energiepreise in Anlehnung an Preisfad A aus Nitsch et al. (2010) ohne CO<sub>2</sub>-Aufschläge angesetzt, für 2010 wurden aktuelle Werte des BMW i verwendet (BMW i 2011). Mit Hilfe der Annuitätenmethode wurden die jährlich unterschiedlichen Brennstoffpreise mittels des Kalkulationszinssatzes über die Lebensdauer der Anlagen in eine reale Annuität, d.h. preisbereinigte jährlich konstante Werte, umgerechnet.

In Tabelle 16 sind darüber hinaus die vermiedenen Energieimporte auf Grundlage der Einfuhrpreise monetär bewertet worden, denn die korrespondierenden Beträge fließen nicht aus der deutschen Volkswirtschaft ab. Danach können durch die im Jahr 2010 von der KfW-geförderte Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien Energieimporte in einer Größenordnung von rund 350 Mio. €/a vermieden werden. Über die angenommene Lebensdauer der Maßnahmen von 20 Jahren summieren sich die Einsparungen auf rund 7 Mrd. €.

### 3.3 Vermiedene Kosten für fossile Energieträger

Neben den vermiedenen Ausgaben für Energieimporte werden im Folgenden auch die insgesamt vermiedenen Kosten für fossile Energieträger ermittelt. Anders als bei den Energieimporten ist hier nicht mit Einfuhrpreisen, sondern den Primärenergieträgerkosten frei Anlage zu kalkulieren. Für die Stromerzeugung wurden dafür die Brennstoffkosten frei Kraftwerk, für den Wärmemarkt stellvertretend die Kosten für private Haushalte ange-

setzt (Nitsch et al. 2010 und BMWi 2011). Wie Tabelle 17 zeigt, liegt der Gesamtbetrag der vermiedenen Kosten für fossile Energieträger mit rund 440 Mio. €/a höher als die vermiedenen Energieimporte. Mit mehr als 190 Mio. €/a entfällt davon fast die Hälfte auf Erdgas, fast zwei Fünftel der vermiedenen Kosten entfallen auf Steinkohle. Über die angenommene Lebensdauer von 20 Jahren der geförderten Maßnahmen ergeben sich über alle Brennstoffe Einsparungen von rund 8,7 Mrd. €.

**Tabelle 17: Vermiedene Brennstoffkosten durch die Nutzung Erneuerbare Energien für den Förderjahrgang 2010.**

	Vermiedener Brennstoffeinsatz in Kraftwerken				Vermiedener Brennstoffeinsatz in Haushalten				Summe
	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	
<b>eingesparte Energiemengen [GWh/a]</b>	9.830	4.245	921	-	89	546	0,1	879	16.509
<b>Brennstoffkosten frei Kraftwerk bzw. Endverbraucher<sup>1)</sup> [€/GWh]</b>	16.490	33.690	4.980	47.930	48.950	93.010	53.920	81.820	-
<b>vermiedene Brennstoffkosten [Mio. €/a]</b>	162,1	143,0	4,6	-	4,4	50,8	0,0	71,9	436,7

<sup>1)</sup> Vgl. auch Anhang A.5. Es wurden Energiepreise in Anlehnung an Preispfad A aus Nitsch et al. (2010) ohne CO<sub>2</sub>-Aufschläge angesetzt, für 2010 wurden aktuelle Werte des BMWi verwendet (BMWi 2011). Mit Hilfe der Annuitätenmethode wurden die jährlich unterschiedlichen Brennstoffpreise mittels des Kalkulationszinssatzes in eine reale Annuität, d.h. preisbereinigte jährlich konstante Werte, umgerechnet.

### 3.4 Vergleich mit dem Förderjahrgang 2009

Zur Einordnung der Einsparung fossiler Energieträger sowie der damit verbundenen Kosten wird ein Vergleich mit dem Förderjahrgang 2009 vorgenommen. Um die Vergleichbarkeit auf ein gemeinsames Bezugsjahr herzustellen, wird die Einsparung der Anlagen des Förderjahrgangs 2009 mit den Eingangsparametern des Jahres 2010 neu berechnet.

Die zu erwartende Einsparung von Steinkohle sowie Erdgas liegt für die im Jahr 2010 geförderten Vorhaben deutlich höher als im Vorjahr. Dies ist im Wesentlichen dem Zuwachs bei der Förderung von Photovoltaikanlagen zuzurechnen sowie in geringerem Maße der höheren geförderten Leistung im Bereich der Biogas- sowie Windenergieanlagen (vgl. Abbildung 9).

Die monetäre Bewertung der auf ein gemeinsames Bezugsjahr gebrachten fossilen Primärenergieeinsparungen erfolgt ausgehend vom Jahr der Förderung. Da gemäß den Setzungen des verwendeten Preispfades A der von Nitsch et al. erstellten Leitstudie 2010 für den Ausbau Erneuerbarer Energien (vgl. Anhang A.5) von steigenden Preisen für fossile Brennstoffe ausgegangen wird, ergibt sich für die anlegbaren Brennstoffpreise ab dem Förderjahr 2010 eine leicht höhere Annuität als für das Förderjahr 2009. Die Ein-

sparung für das Jahr 2009 wurde auf Basis des überarbeiteten Preispfades neu berechnet. Es ergeben sich damit, alleine der Methodik geschuldet, geringere fossile Brennstoffkosteneinsparungen und vermiedene Kosten für importierte Brennstoffe als in der Evaluierung 2009 angegeben.

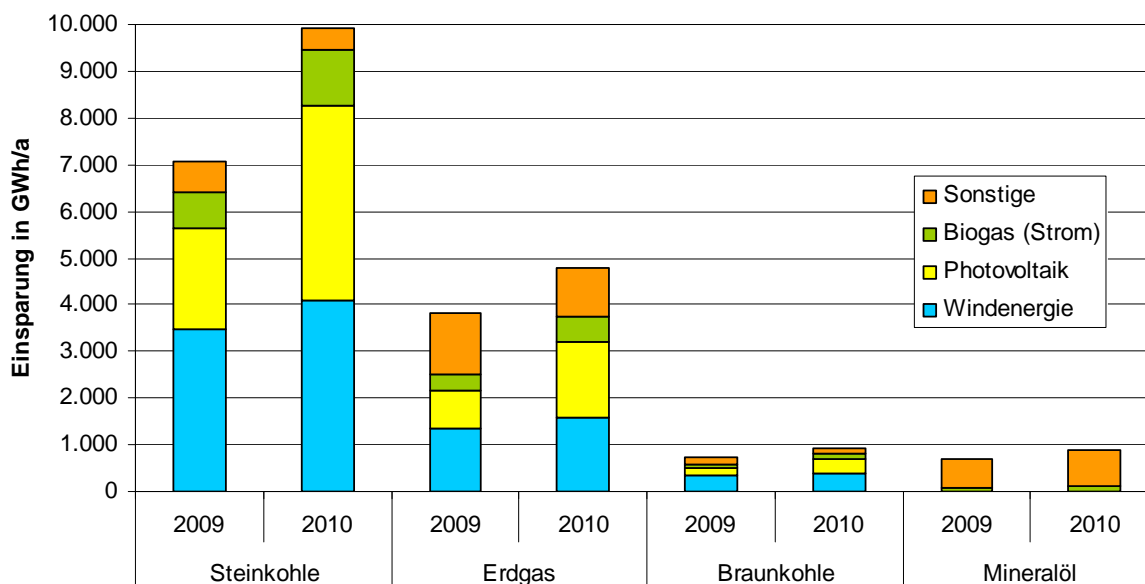


Abbildung 9: Jährliche Einsparung fossiler Brennstoffe (Primärenergie) der von der KfW geförderten Vorhaben 2009 und 2010 nach Technologien.

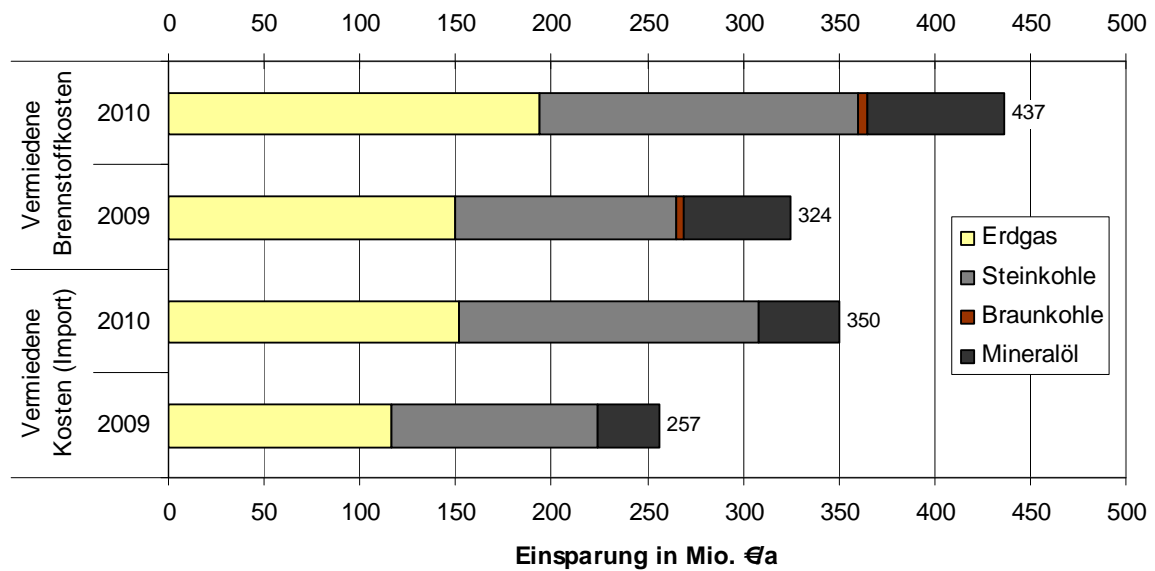
Tabelle 18: Fossile Primärenergieeinsparung und vermiedene Kosten durch KfW-geförderte Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjahrgänge 2009 und 2010.

	Primärenergieeinsparung [GWh/a]		Vermiedene Kosten Import [Mio. €/a]		Vermiedene Brennstoffkosten [Mio. €/a]	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
<b>Steinkohle</b>	7.068	9.919	107	157	115	166
<b>Erdgas</b>	3.834	4.791	117	151	150	194
<b>Braunkohle</b>	724	921	-	-	4	5
<b>Mineralöl</b>	709	879	33	42	56	72
<b>Summe</b>	12.335	16.509	257	350	324	437

Tabelle 18 zeigt die fossile Primärenergieeinsparung und deren monetäre Bewertung für die Förderjahrgänge 2009 und 2010 im Überblick. Da die Einsparung von Steinkohle, Erdgas und Mineralöl vollständig als vermiedene Importe und Braunkohle als einheimi-

scher Energieträger betrachtet werden (vgl. Tabelle 16), liegen die vermiedenen Kosten für Brennstoffimport etwas unter den vermiedenen Brennstoffkosten insgesamt.

Abbildung 10 stellt die monetär bewertete Einsparung fossiler Energieträger für die Jahre 2009 und 2010 gegenüber.



**Abbildung 10: Vermiedene jährliche Brennstoffkosten und vermiedene Kosten für importierte Brennstoffe für die in den Jahren 2009 und 2010 von der KfW geförderten Vorhaben im Bereich Erneuerbare Energien.**



## 4 Vermiedene Emissionen und vermiedene externe Kosten

Die im vorigen Kapitel betrachtete Einsparung fossiler Energien ist nicht allein unter dem Gesichtspunkt der Versorgungssicherheit von Bedeutung, sondern auch unter dem Aspekt vermiedener Emissionen von Treibhausgasen und klassischen Luftschadstoffen<sup>4</sup>. Damit kommt der Nutzung Erneuerbarer Energien auch für den Umwelt- und Klimaschutz eine zentrale Bedeutung zu. Die Vermeidung von Treibhausgasemissionen ist Gegenstand des folgenden Abschnitts 4.1. Die Auswirkungen der KfW-Förderung im Bereich Erneuerbarer Energien auf die Emission von Luftschadstoffen wird in Abschnitt 4.2 analysiert.

Die Bilanzierung der Emissionsvermeidung folgt der Methodik zur Einsparung fossiler Energieträger. Unterschiede zu den eingesparten fossilen Energieträgern ergeben sich daraus, dass sich die CO<sub>2</sub>-Faktoren und Schadstoffemissionen der substituierten Energieträger deutlich voneinander unterscheiden. So entsteht beispielsweise bei der Verbrennung von Kohle etwa doppelt so viel CO<sub>2</sub> wie bei der Verbrennung von Erdgas, weil bei Erdgas entsprechend der chemischen Zusammensetzung der enthaltene Wasserstoff einen hohen Anteil am Heizwert hat. CO<sub>2</sub>-Emissionen sind auch mit der Nutzung von Bioenergien verbunden, allerdings kann davon ausgegangen werden, dass diese Prozesse insgesamt weitgehend CO<sub>2</sub>-neutral sind, weil das freigesetzte CO<sub>2</sub> zuvor während des Pflanzenwachstums aus der Atmosphäre aufgenommen wurde.

Nachfolgend werden die Treibhausgase CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid), CH<sub>4</sub> (Methan) und N<sub>2</sub>O (Lachgas) sowie die Luftschadstoffe SO<sub>2</sub> (Schwefeldioxid), NO<sub>x</sub> (Stickoxide), Feinstaub sowie NMVOC (Non-methane volatile organic compounds) betrachtet. Diese stellen die schädlichsten und quantitativ wichtigsten Stoffe dar, weshalb für sie auch die Datenverfügbarkeit am besten ist. Darüber hinaus werden auch vermiedene Emissionen von Kohlenmonoxid (CO) ermittelt. Die detaillierte Methodik zur Ermittlung der Menge vermiedener Emissionen von Treibhausgasen sowie Luftschadstoffen ist in Anhang A.2 dargestellt.

Luftschadstoffe beeinträchtigen die Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen und wirken zerstörerisch auf Bauwerke und andere Sachgüter. Treibhausgase tragen zur globalen Klimaänderung bei und führen so ebenfalls zu Schäden. Diese Schäden führen bei den Betroffenen oder der Allgemeinheit zu Kosten, welche nicht vom Verursacher getragen werden, man spricht von „externen“ Kosten. Eine Minderung der Emissionen durch die Nutzung Erneuerbarer Energien und die damit verbundenen Schäden stellt einen gesellschaftlichen Nutzen dar. Dieser Nutzen wird in Abschnitt 4.3 mittels gängiger Wertansätze in monetären Größen abgeschätzt.

---

<sup>4</sup> Zu den klassischen Luftschadstoffen zählen SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Feinstaub sowie NMVOC.

#### 4.1 Vermiedene Treibhausgasemissionen

Als Folge der Substitution fossiler Energieträger ist durch die Nutzung der im Jahr 2010 geförderten Erneuerbaren Energien von einer jährlichen CO<sub>2</sub>-Vermeidung in Höhe von 4,5 Mio. t auszugehen. Werden die treibhausrelevanten Gase Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) in die Berechnung eingezogen, erhöht sich die Einsparung auf 4,8 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente (vgl. Tabelle 19).

**Tabelle 19: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2010.**

[Mio. t/a]	Ergänzung	EE Standard	EE Premium	Summe
<b>CO<sub>2</sub></b>	0,23	3,86	0,44	4,52
<b>Anteil</b>	5,0%	85,4%	9,6%	100,0%
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente</b>	0,24	4,12	0,46	4,82
<b>Anteil</b>	5,0%	85,4%	9,6%	100,0%

Wie schon in den Vorjahren entfällt ein großer Teil der Treibhausgaseminderungen auf die geförderten Windenergieanlagen (2010 rund 38 %). Übertroffen wird die Treibhauseinsparung der geförderten Windenergieanlagen erstmals von der Photovoltaik, auf die fast zwei Fünftel der Treibhausgasvermeidung zurückgeht (vgl. Tabelle 20).

**Tabelle 20: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2010.**

[1.000. t pro Jahr]	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> -Äquivalente	Anteil CO <sub>2</sub> -Äquivalente
<b>Windenergie</b>	1.663	6,5	0,074	1.819	37,8%
<b>Biogas (Strom)</b>	572	0,0	-0,214	504	10,5%
<b>Photovoltaik</b>	1.732	7,1	0,056	1.901	39,4%
<b>Biomasse HW, HKW</b>	203	0,6	-0,001	214	4,4%
<b>Biogas (Leitungen, Einspeisung)</b>	101	0,3	0,019	114	2,4%
<b>Wasserkraft</b>	15	0,1	0,001	16	0,3%
<b>Wärmenetze</b>	214	0,4	0,000	224	4,7%
<b>Solarthermie</b>	0,4	0,001	-0,00004	0,4	0,01%
<b>Geothermie</b>	22	0,1	0,001	24	0,5%
<b>Summe</b>	4.523	15,1	-0,065	4.819	100,0%

Die Verteilung der vermiedenen Treibhausgasemissionen auf die Bundesländer (vgl. Abbildung 11, Tabelle 21) ist ähnlich zur Verteilung der fossilen Primärenergieeinsparung (Abbildung 8). Hinsichtlich der Treibhausgaseinsparung profitieren die Länder mit einem hohen Anteil an der Förderung von Windkraftanlagen. Bezogen auf die Einwohner der jeweiligen Bundesländer liegt die Pro-Kopf-Einsparung in Schleswig-Holstein am höchsten, da hier einwohnerzahlbezogen die meisten Windkraftanlagen gefördert wurden.

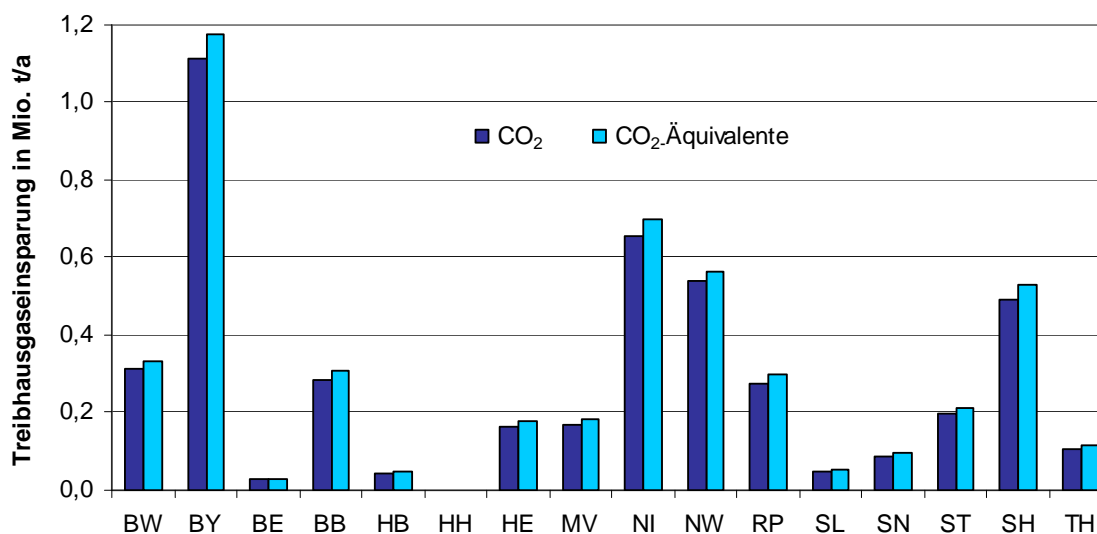


Abbildung 11: Jährliche Vermeidung von Treibhausgasen durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2010.

Tabelle 21: Jährliche Einsparung von Treibhausgasen (CO<sub>2</sub>-Äquivalente) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern und Technologien für den Förderjahrgang 2010.

[1.000 t/a]	Windenergie	Biogas (Strom)	Photovoltaik	Biomasse HW, HKW	Biogas (Leitungen, Einspeisung)	Wasserkraft	Wärmenetze	Solarthermie	Geothermie	Summe
BW	15,5	40,0	217,3	26,8	5,3	5,5	20,2	0,03	-	330,7
BY	93,9	134,9	637,0	131,4	13,8	7,4	132,9	0,09	24,5	1.175,8
BE	3,0	23,6	1,1	-	-	-	-	0,02	-	27,7
BB	160,8	14,3	125,4	0,4	5,6	-	1,6	0,02	-	308,1
HB	45,4	-	2,3	1,2	-	-	-	-	-	48,9
HH	-	-	0,8	0,3	-	-	-	0,03	-	1,1
HE	72,4	20,8	71,3	4,0	4,3	0,2	3,5	0,01	-	176,5
MV	93,9	12,6	55,1	16,4	2,5	-	0,8	0,02	-	181,3
NI	351,3	87,0	171,0	10,4	42,4	1,6	33,3	0,04	-	696,9
NW	123,1	114,4	282,1	14,0	15,9	0,4	15,4	0,05	-	565,5
RP	226,0	9,1	55,9	3,9	1,7	-	1,6	0,00	-	298,3
SL	42,5	-	10,6	-	-	0,8	0,3	0,00	-	54,2
SN	25,9	8,3	60,6	0,4	0,4	-	-	0,01	-	95,6
ST	127,3	10,9	69,3	0,8	1,3	-	1,9	0,05	-	211,4
SH	359,2	25,9	109,3	3,6	20,6	-	11,7	0,02	-	530,4
TH	79,2	2,5	32,1	0,9	0,4	0,6	1,1	0,01	-	116,7
<b>Summe</b>	<b>1.819,3</b>	<b>504,4</b>	<b>1.901,0</b>	<b>214,5</b>	<b>114,3</b>	<b>16,5</b>	<b>224,2</b>	<b>0,40</b>	<b>24,5</b>	<b>4.819,2</b>

Die im Jahr 2010 geförderten Anlagen tragen dazu bei, das von der Bundesregierung verfolgte Ziel zu erreichen, die Menge jährlich freigesetzter Treibhausgase bis 2020 um 40 % gegenüber 1990 zu vermindern. Diese im Energiekonzept der Bundesregierung verankerte Zielsetzung stimmt mit der des Integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP) aus dem Jahr 2007 überein. Ausgehend von einem Emissionsniveau von rund 1.000 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten in Deutschland im Jahr 2006 sind die jährlichen Treibhausgasemissionen um rund 250 Mio. t zu reduzieren, um im Jahr 2020 den Zielwert von rund 750 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten zu erreichen. Die Treibhausgasreduzierungen der von der KfW im Jahr 2010 geförderten EE-Anlagen leisten damit einen Beitrag von knapp 2 % zur Erreichung dieses Minderungsziels. Rechnet man die Treibhausgasreduzierungen mit ein, welche die in den Jahren 2007 bis 2009 KfW-geförderten Anlagen in jedem Betriebsjahr leisten, so erhöht sich der Beitrag der geförderten Anlagen auf rund 6 %.

Eine bessere Einordnung ermöglicht der Vergleich mit dem Beitrag der Erneuerbaren Energien an der Erreichung der Treibhausgasreduzierungsziele des IEKP: Danach sollen durch den EE-Ausbau bis zum Jahr 2020 gegenüber dem Jahr 2006 im Strombereich 54,4 und im Wärmebereich 9,2 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Jahr weniger emittiert werden (vgl. BMU 2007). Bezogen auf die angestrebte Treibhausgasreduzierung von insgesamt rund 64 Mio. t leisten die Reduzierungen der von der KfW im Jahr 2010 geförderten EE-Anlagen einen Beitrag von rund 7 % zur Zielerreichung. Bezieht man die in jedem Betriebsjahr erzielten Reduzierungen der in den Förderjahrgängen 2007 bis 2010 errichteten Anlagen ein, so wurden durch die KfW-Programme bislang Emissionsvermeidungen von jährlich rund 15 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angestoßen, d.h. 23 % der im IEKP angestrebten Einsparungen von 64 Mio. t pro Jahr bis 2020.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass die durch die untersuchten KfW-Programme induzierte Einsparung fossiler Energieträger und die Reduktion der Treibhausgasemissionen längerfristig wirken, denn die Nutzungsdauern der Regenerativanlagen betragen in der Regel mindestens 20 Jahre, insbesondere bei Wasserkraftanlagen auch deutlich länger. Eine Projektion ist jedoch mit vielen Unsicherheiten behaftet, denn der Brennstoffmix und die Wirkungsgrade von fossilen Anlagen werden sich ebenso im Zeitablauf verändern wie die Zusammensetzung, Durchdringung und Betriebsweise der Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien. Dies gilt primär im Strommarkt. Dort könnten sich mittelfristig die CO<sub>2</sub>-Faktoren auch dadurch verändern, dass CO<sub>2</sub> aus fossilen Anlagen abgetrennt wird (sog. CCS-Technologien), wobei dann aber andererseits der Brennstoffbedarf steigt. Die hier gewählte statische Betrachtungsweise dient deshalb primär der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse. Vernachlässigt man allerdings die zeitliche Dynamik der Bilanzierungsparameter, so wird deutlich, dass die Effekte der KfW-Förderinstrumente beträchtlich sind. Die jährliche CO<sub>2</sub>-Minderungsleistung der im Jahr 2010 geförderten Anlagen in Höhe von 4,5 Mio. t/a kumuliert sich über eine angenommene Nutzungsdauer dieser Anlagen von 20 Jahre auf rund 90 Mio. t CO<sub>2</sub>.

## 4.2 Vermiedene Luftschadstoffemissionen

Durch die Substitution fossiler Brennstoffe werden nicht nur Treibhausgase vermieden, sondern auch Luftschadstoffe. Allerdings verursachen auch Anlagen, deren Betrieb weitgehend emissionsfrei ist (also z.B. Windkraft- und PV-Anlagen), Emissionen durch ihre Herstellung. Die Berücksichtigung von Vorketten (d.h. Emissionen durch die Anlagenherstellung) sowie der Emissionen im Anlagenbetrieb führt für bestimmte Technologien bzw. Schadstoffe zu einer negativen Einsparung, d.h. zu einem Mehrausstoß, der den Erneuerbaren Energien zuzurechnen ist. Dies ist insbesondere dort der Fall, wo biogene Brennstoffe genutzt werden, d.h. im Bereich der Nutzung von Biomasse in Biogasanlagen oder Heiz(kraft)werken (vgl. Tabelle 22).

**Tabelle 22: Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2010.**

[t/a]	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub> -Äquivalente <sup>1)</sup>	CO <sup>2)</sup>	NMVOC	Feinstaub
<b>Windenergie</b>	890	1.360	1.830	-25	445	49
<b>Biogas (Strom)</b>	191	-1.429	-801	10	-1.162	-17
<b>Photovoltaik</b>	532	1.176	1.372	-140	84	-140
<b>Biomasse HW, HKW</b>	90	-351	-154	-1	-35	-13
<b>Biogas (Leitungen, Einspeisung)</b>	133	258	311	10	376	36
<b>Wasserkraft</b>	8	12	17	0	4	0
<b>Wärmenetze</b>	211	137	305	14	385	49
<b>Solarthermie</b>	0,1	0,2	0,3	-0,2	-0,1	0,1
<b>Geothermie</b>	10	19	22	-31	11	-2
<b>Summe</b>	2.064	1.182	2.903	-163	108	-37

<sup>1)</sup> SO<sub>2</sub>-Äquivalente bieten einen Anhaltspunkt für das Versauerungspotenzial durch SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub>. Diese Größe wird im Folgenden nicht weiter verwendet, da sich die Wertansätze in Abschnitt 4.3 auf SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> direkt beziehen.

<sup>2)</sup> CO-Emissionen werden im Folgenden nicht weiter betrachtet, da die quantifizierbaren Kosten vernachlässigbar sind.

Über alle geförderten Technologien ist festzustellen, dass die im Jahr 2010 geförderten Anlagen insgesamt zu einer Minderung an SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und NMVOC beitragen. Ein Mehrausstoß an NO<sub>x</sub> und NMVOC ist jedoch für die Nutzung von Biogas zur Stromerzeugung sowie der Nutzung fester Biomasse in Heiz(kraft)werken zu verzeichnen. Insgesamt trägt die Nutzung der im Jahr 2010 geförderten Anlagen im Hinblick auf CO und Feinstaub zu einer Mehremission bei. Den überwiegend positiven Umwelteigenschaften der Nutzung Erneuerbarer Energien, insbesondere der Treibhausgaseinsparung, stehen somit auch Nachteile gegenüber. Die Bewertung der Vor- und Nachteile der mit der Nutzung Erneuerbarer Energien verbundenen Umweltwirkungen im folgenden Kapitel anhand der monetären Bewertung der vermiedenen externen Kosten wird allerdings zeigen, dass die Vorteile deutlich überwiegen.

### 4.3 Vermiedene externe Kosten

Die vermiedenen Umweltschäden und die damit vermiedenen externen Kosten repräsentieren einen der wesentlichen Aspekte der Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien. Zur Bewertung der vermiedenen Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen wird auf gängige Wertansätze zur Monetarisierung der vermiedenen Schadenskosten zurückgegriffen (vgl. Tabelle 23 bzw. Anhang A.3). Im Rahmen des NEEDS-Projekts (New Energy Externalities Development for Sustainability) im Auftrag der Generaldirektion Forschung und Innovation der Europäischen Kommission wurden die gesamten (d.h. internen und externen) Kosten und Nutzen verschiedener aktueller und zukünftiger Energieversorgungsoptionen ermittelt. Die hier erarbeiteten Wertansätze für Luftschadstoffemissionen werden auch im Rahmen von Arbeiten zur Bewertung der Nutzung Erneuerbarer Energien im Auftrag des Bundesumweltministeriums genutzt<sup>5</sup>. In Übereinstimmung mit den genannten Arbeiten werden Treibhausgasemissionen basierend auf Krewitt und Schlomann (2006) bewertet, so dass die hier verwendete Methodik konsistent zur Berichterstattung des BMU ist. Um in der vorliegenden Studie eine einheitliche Preisbasis zu gewährleisten (vgl. Anhang A.5), wurden die Wertansätze von NEEDS sowie Krewitt und Schlomann vom Preisniveau 2000 bzw. 2005 auf das Preisniveau 2009 umgerechnet.

**Tabelle 23: Verwendete Wertansätze zur Ermittlung der vermiedenen Schadenskosten (umgerechnet auf eine aktuelle Preisbasis).**

[€ <sub>2009</sub> /t]	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NMVOC	Feinstaub
<b>Klimawandel<sup>1)</sup></b>	75	1.570	23.200	-	-	-	-
<b>Gesundheitsschäden<sup>2)</sup></b>	-	-	-	7.327	6.605	1.086	1.532
<b>Ernteverluste<sup>2)</sup></b>	-	-	-	-45	379	218	-
<b>Materialschäden<sup>2)</sup></b>	-	-	-	299	82	-	-
<b>Biodiversität<sup>2)</sup></b>	-	-	-	212	1.087	-81	-
<b>Summe</b>	75	1.570	23.200	7.794	8.153	1.224	1.532

Anmerkung: Keine Werte für CO, da quantifizierbare Kosten vernachlässigbar.

<sup>1)</sup> Schadenskosten für CO<sub>2</sub> basierend auf Krewitt und Schlomann (2006); Werte für CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O durch Gewichtung mit dem jeweiligen relativen Treibhauspotenzial abgeleitet.

<sup>2)</sup> Schadenskosten basierend auf NEEDS (2009).

Die Wertansätze in Tabelle 23 basieren auf modellgestützten Berechnungen der durch die Emission von Treibhausgasen oder Luftschadstoffen verursachten Schäden. Die gesamten ermittelten Schadenskosten werden auf die Emission einer Tonne des Schadstoffs bezogen, so dass die in Abschnitt 4.1 und 4.2 berechneten vermiedenen Emissionen direkt bewertet werden können. Mit anderen Worten: Die Emission einer Tonne CO<sub>2</sub>

<sup>5</sup> Zu nennen sind insbesondere: BMU (2011), Breitschopf et al. (2010), Fichtner et al. (2010).

verursacht weltweit quantifizierbare Schäden in Höhe von ca. 75 €, die Emission einer Tonne N<sub>2</sub>O (in Folge einer höheren Klimawirksamkeit) von ca. 23.000 €. Diese Werte berücksichtigen eine Zeitpräferenzrate von 1 %. Damit wird eine Präferenz für einen gegenwärtigen Konsum gegenüber einem Konsum in der Zukunft abgebildet. Mit dem zugrunde gelegten equity weighting mit westeuropäischem Pro-Kopf-Einkommen wird berücksichtigt, dass der Grenznutzen der Schadensvermeidung für unterschiedlich hohe Pro-Kopf-Einkommen unterschiedlich bewertet wird.

Die Bewertung der Luftschadstoffe SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC und Feinstaub berücksichtigt quantifizierbare Schäden an menschlicher Gesundheit, Ernteverluste, Materialschäden und Beeinträchtigung der Biodiversität. Negative Schadenskosten entsprechen einem positiven Effekt durch die jeweilige Emission, ausgelöst etwa durch geringeren Düngereinsatz in der Landwirtschaft. Allerdings zeigt sich, dass solche positiven Auswirkungen deutlich geringer sind als die insgesamt verursachten Schäden.

**Tabelle 24: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Substanzen für den Förderjahrgang 2010.**

[Mio. €/a]	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NMVOC	Feinstaub	Summe
<b>Windenergie</b>	124,6	10,2	1,7	6,9	11,1	0,54	0,08	155,2
<b>Biogas (Strom)</b>	42,8	0,01	-5,0	1,5	-11,7	-1,42	-0,03	26,2
<b>Photovoltaik</b>	129,8	11,1	1,3	4,1	9,6	0,10	-0,21	155,8
<b>Biomasse HW, HKW</b>	15,2	0,9	-0,02	0,7	-2,9	-0,04	-0,02	13,9
<b>Biogas (Leitungen, Einspeisung)</b>	7,6	0,5	0,4	1,0	2,1	0,46	0,06	12,2
<b>Wasserkraft</b>	1,1	0,1	0,02	0,1	0,1	0,005	0,001	1,4
<b>Wärmenetze</b>	16,0	0,7	0,0	1,6	1,1	0,47	0,07	20,0
<b>Solarthermie</b>	0,03	0,001	-0,001	0,001	0,002	-0,0001	0,0001	0,03
<b>Geothermie</b>	1,7	0,2	0,01	0,1	0,2	0,01	-0,003	2,1
<b>Summe</b>	338,8	23,7	-1,5	16,1	9,6	0,13	-0,06	386,8

Für die einzelnen von der KfW im Jahr 2010 geförderten EE-Technologien ergeben sich die in Tabelle 24 dargestellten vermiedenen externen Kosten nach den einzelnen Treibhausgasen und Luftschadstoffen. Insgesamt werden durch die jährlich eingesparten Treibhausgase und Luftschadstoffe knapp 390 Mio. € Schadenskosten vermieden. Mit 88 % entfällt der Großteil davon auf die vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Knapp 7 % der vermiedenen externen Kosten sind der Emissionsminderung von SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> zuzurechnen. Durch den in der Summe resultierenden Mehrausstoß von N<sub>2</sub>O und Feinstaub (vgl. Tabelle 20 und Tabelle 22) ergeben sich zusätzliche Schadenskosten, die jedoch durch die Vermeidung insbesondere von CO<sub>2</sub> deutlich überkompensiert werden.

Die beiden Technologien Windenergie- und Photovoltaikanlagen stehen zusammen für 80 % der vermiedenen externen Kosten, wozu wiederum die Einsparung von CO<sub>2</sub> den

größten Beitrag leistet. Signifikant im Hinblick auf zusätzliche Schadenskosten ist die Nutzung von Biogas, wo insbesondere der Ausstoß von N<sub>2</sub>O, aber auch NO<sub>x</sub> und NMVOC, zu einer Minderung des positiven Beitrags aus der Vermeidung von CO<sub>2</sub> führt.

Bezogen auf die Schadenskategorien zeigt bereits Tabelle 24 anhand der vermiedenen Kosten durch die Einsparung von CO<sub>2</sub>, dass insgesamt betrachtet die vermiedenen externen Kosten der Schadenskategorie Klimawandel mit rund 93 % den weitaus größten Anteil an den vermiedenen externen Kosten einnehmen. Die geförderten Anlagen des Förderjahrs 2010 vermeiden darüber hinaus pro Jahr externe Kosten durch Gesundheitsschäden von 23 Mio. € (vgl. auch Tabelle 25).

**Tabelle 25: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2010.**

[Mio. €/a]	Klimawandel	Gesundheitsschäden	Ernteverluste	Materialschäden	Biodiversität	Summe
<b>Windenergie</b>	136,5	16,1	0,6	0,4	1,6	155,2
<b>Biogas (Strom)</b>	37,9	-9,3	-0,8	-0,1	-1,4	26,2
<b>Photovoltaik</b>	142,2	11,5	0,4	0,3	1,4	155,8
<b>Biomasse HW, HKW</b>	16,1	-1,7	-0,1	0,0	-0,4	13,9
<b>Biogas (Leitungen, Einspeisung)</b>	8,5	3,1	0,2	0,1	0,3	12,2
<b>Wasserkraft</b>	1,2	0,1	0,01	0,003	0,01	1,4
<b>Wärmenetze</b>	16,7	2,9	0,1	0,1	0,2	20,0
<b>Solarthermie</b>	0,03	0,002	0,0001	0,0001	0,0003	0,03
<b>Geothermie</b>	1,8	0,2	0,01	0,004	0,02	2,1
<b>Summe</b>	361,0	23,0	0,4	0,7	1,7	386,8

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Ergebnisse aus Tabelle 25 zunächst nach den geförderten Technologien und Schadenskategorien (vgl. Abbildung 12) und anschließend nach Schadenskategorien und geförderten Technologien (vgl. Abbildung 13).



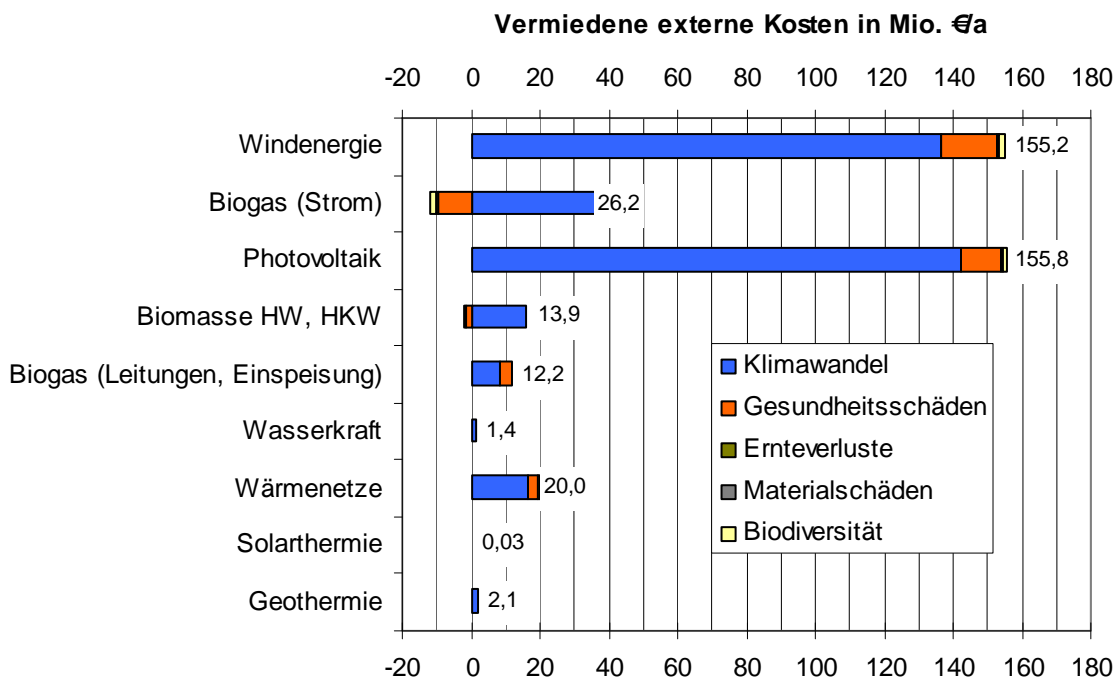


Abbildung 12: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologien und Schadenskategorien für das Förderjahr 2010.

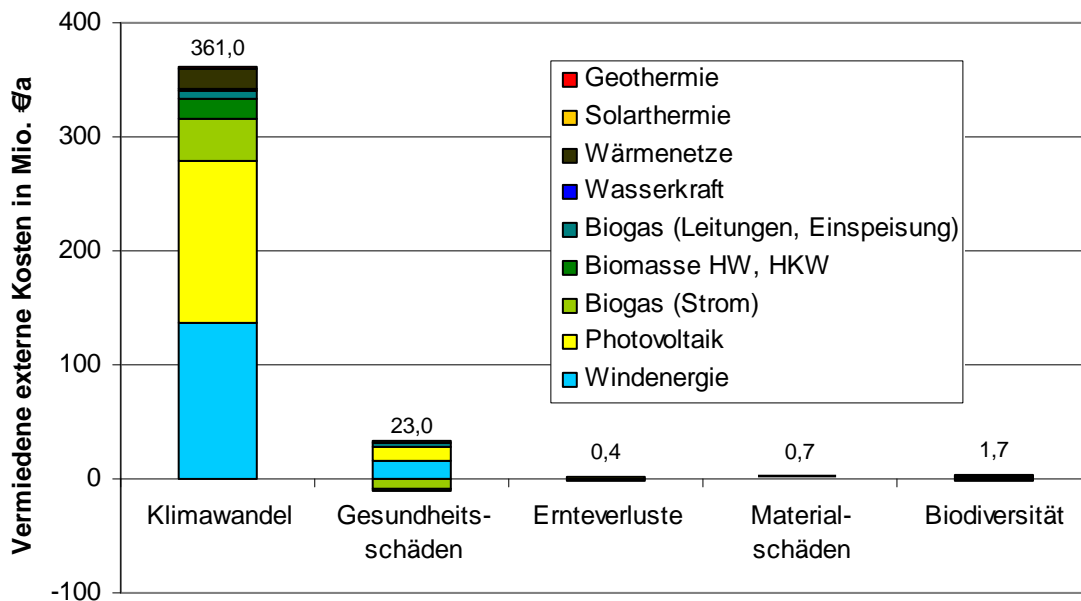


Abbildung 13: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Schadenskategorien und Technologien für das Förderjahr 2010.

#### 4.4 Vergleich der Treibhausgasminderung mit dem Förderjahrgang 2009

Für den Vergleich der vermiedenen Treibhausgasemissionen wurde dieselbe Vorgehensweise angesetzt wie im Kapitel 3.4 beim Vergleich der eingesparten fossilen Brennstoffe. Das Förderjahr 2010 wird somit verglichen mit den auf Basis der Eingangsparameter des Jahres 2010 ermittelten Ergebnissen für das Jahr 2009.

Die in 2010 deutlich gestiegene Anzahl der Förderfälle im Bereich Photovoltaik spiegelt sich auch in einer deutlichen Zunahme der erzielten Treibhausgasvermeidung im Vergleich zum Vorjahr wider, ebenso die höhere Anzahl bzw. Leistung der geförderten Windenergieanlagen (vgl. Abbildung 14).

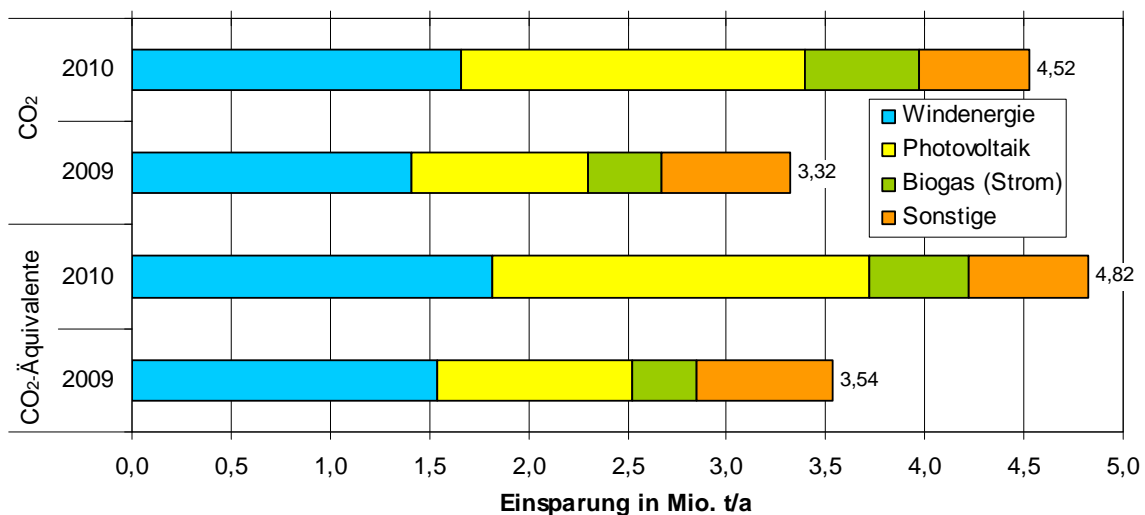


Abbildung 14: Treibhausgasvermeidung der von der KfW geförderten Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjahrgänge 2009 und 2010.

## 5 Bruttobeschäftigungseffekte in Deutschland

Beschäftigungswirkungen ergeben sich aus den Investitionen in und dem Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien. Darüber hinaus ist zwischen direkten Effekten bei Anlagenherstellern, -errichtern sowie Wartungsfirmen auf der einen Seite und den indirekten Effekten aus Vorleistungen wie Lieferungen von Vorprodukten auf der anderen Seite zu unterscheiden.

Die Errichtung und der Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien sind das Ergebnis von Entscheidungen privatwirtschaftlicher Akteure. Einen wichtigen Einflussfaktor stellen dabei unterschiedliche Fördermaßnahmen des Staates (insbes. das EEG) oder von Förderträgern dar, welche die erwartete Rentabilität und damit das privatwirtschaftliche Investitionskalkül beeinflussen. In diesem Sinne wird hier von „durch Fördermaßnahmen ausgelöster Bruttobeschäftigung“ gesprochen, wenn die zugrunde liegenden Investitionen durch Fördermaßnahmen der KfW mitfinanziert wurden.

Die Schätzung der durch die Fördermaßnahmen der KfW im Bereich der Erneuerbaren Energien ausgelösten Bruttobeschäftigung basiert auf einem nachfrageorientierten Ansatz, der als Ausgangspunkt die durch die unterschiedlichen Förderprogramme mit ausgelöste Nachfrage nach Gütern hat. Als wesentliche Komponenten der in die Untersuchung einbezogenen Nachfrage werden die Investitionen in neu installierte Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien sowie die damit über den gesamten unterstellten Lebenszyklus der Anlagen verbundenen laufenden Aufwendungen zum Betrieb und zur Wartung berücksichtigt.

Die modellgestützte Berechnung der Bruttobeschäftigung basiert methodisch auf der Input-Output-Analyse. Mit diesem Schätzansatz werden nicht nur die (direkten) Beschäftigten ermittelt, die in den Unternehmen arbeiten, die selbst die nachgefragten Güter wie Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren, sondern es werden auch die Beschäftigten erfasst, die in jenen Unternehmen arbeiten, die Vorprodukte zur Herstellung der gefertigten Anlagen bereitstellen. Es werden mit dieser Methode also auch jene Beschäftigungsanteile abgeschätzt, die indirekt in den Vorleistungen zur Erstellung von nachgefragten Anlagen enthalten sind. Falls beispielsweise ein Mitarbeiter in einem Stahlwerk Stahl produziert, der später beim Bau einer Windkraftanlage Verwendung findet, wird genau der entsprechende Anteil des Arbeitsvolumens des Mitarbeiters modellmäßig der hier betrachteten Beschäftigung zugerechnet, obwohl dem Mitarbeiter selbst der Zusammenhang seiner Tätigkeit mit Erneuerbaren Energien unbekannt ist.

Wesentliche Rahmendaten des zur Berechnung verwendeten Modells wurden im Vergleich zu den Vorjahren aktualisiert, wodurch sich für einzelne Sparten Änderungen z.B. im angenommenen Vorleistungsimport ergaben. Dies hat aber nur geringe Auswirkungen auf die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit den Vorjahren. Vorgehensweise und Rahmendaten sind, wie auch in den Vorjahren, konsistent mit den im Rahmen von Arbeiten

für das Bundesumweltministerium (vgl. z.B. O'Sullivan et al. 2011 und Lehr et al. 2011) verwendeten. Mehr Informationen zum Analyserahmen finden sich in Anhang A.6.

## 5.1 Eingangsdaten

Für die Wirkung der Investitionen auf die Beschäftigungseffekte wurde angenommen, dass die gesamten Investitionen zu Beschäftigung im Jahr 2010 führen. Es wurden also alle Investitionen als im Jahr 2010 beschäftigungswirksam angenommen. Die Beschäftigung durch den Betrieb der Anlagen wurde für die auf die Errichtung folgenden 20 Jahre abgeschätzt.

**Tabelle 26: Aus KfW-geförderten Anlagen resultierende im Inland wirksame Nachfrage durch Investitionen (Förderjahrgang 2010).**

[Mio. €]	KfW-geförderte Anlagen: Investitionen insgesamt	davon im Inland wirksame Nachfrage	
Windenergie	1.776,5	1.756,6	(98,9 %)
Photovoltaik	8.178,9	3.369,7	(41,2 %)
Solarthermie	8,3	5,4	(65,6 %)
Wasserkraft	16,4	16,4	(100,0 %)
Biomasse	132,9	85,7	(64,5 %)
Biogas <sup>1)</sup>	442,4	441,9	(99,9 %)
Geothermie	108,1	108,1	(100,0 %)
<b>Summe</b>	<b>10.663,6<sup>2)</sup></b>	<b>5.783,9</b>	<b>(54,2 %)</b>

<sup>1)</sup> Stromerzeugung mit Biogas.

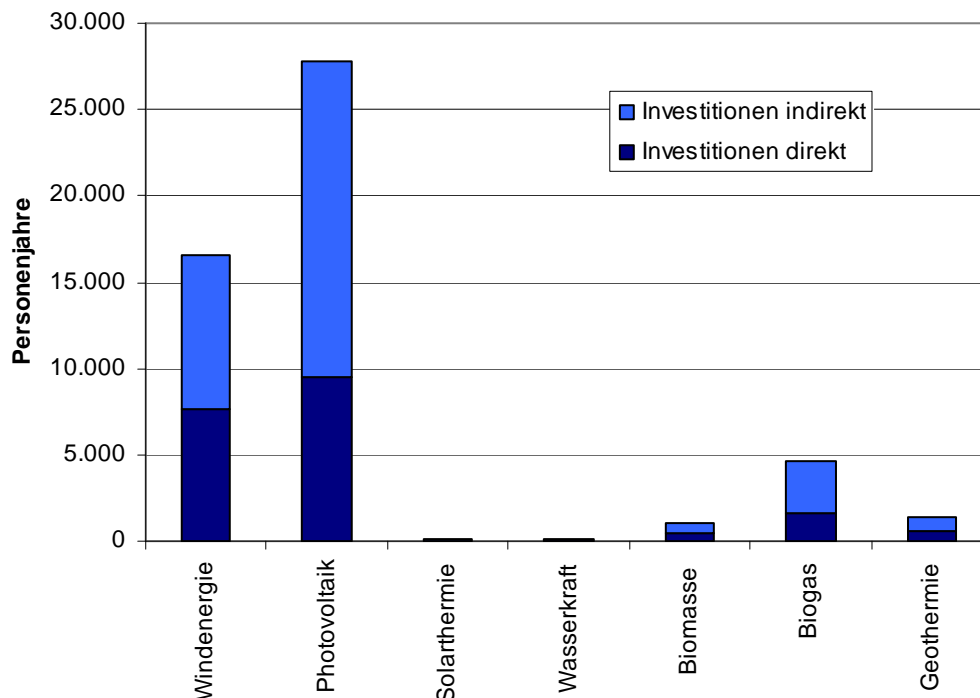
<sup>2)</sup> Investitionen in Biogasleitung und Biogaseinspeisung, Wärmenetze und Wärmespeicher werden hier aus methodischen Gründen nicht berücksichtigt. Berücksichtigt man die damit verbundenen Investitionen von 363,4 Mio. €, so ergibt sich die von der KfW geförderte Gesamtinvestitionssumme von 11.027,0 Mio. €.

Ausgehend von einem geschätzten geförderten Investitionsvolumen aus den KfW-Förderprogrammen von knapp 10,7 Mrd. € im Jahr 2010 ergibt sich unter Berücksichtigung der für die einzelnen Bereiche der Erneuerbaren Energien typischen Importquoten für neue Anlagen eine im Inland wirksame geförderte Investitionsnachfrage von annähernd 5,8 Mrd. € (vgl. Tabelle 26).

Der durchschnittliche jährliche fiktive Aufwand für den Betrieb der in Deutschland im Jahr 2010 geförderten Anlagen wird auf Basis der Referenzanlagen (vgl. Anhang A.4) bei einer unterstellten Lebensdauer von 20 Jahren auf insgesamt rund 242 Mio. € jährlich geschätzt. Hierfür wurden die Betriebskosten der einzelnen Technologien (unter Berücksichtigung der über den Zeitraum 2010 bis 2029 angenommenen Preissteigerungen) in Annuitäten umgerechnet und auf Basis der installierten elektrischen bzw. thermischen Leistung auf die im Jahr 2010 von der KfW unterstützten, neu gebauten Anlagen hochgerechnet.

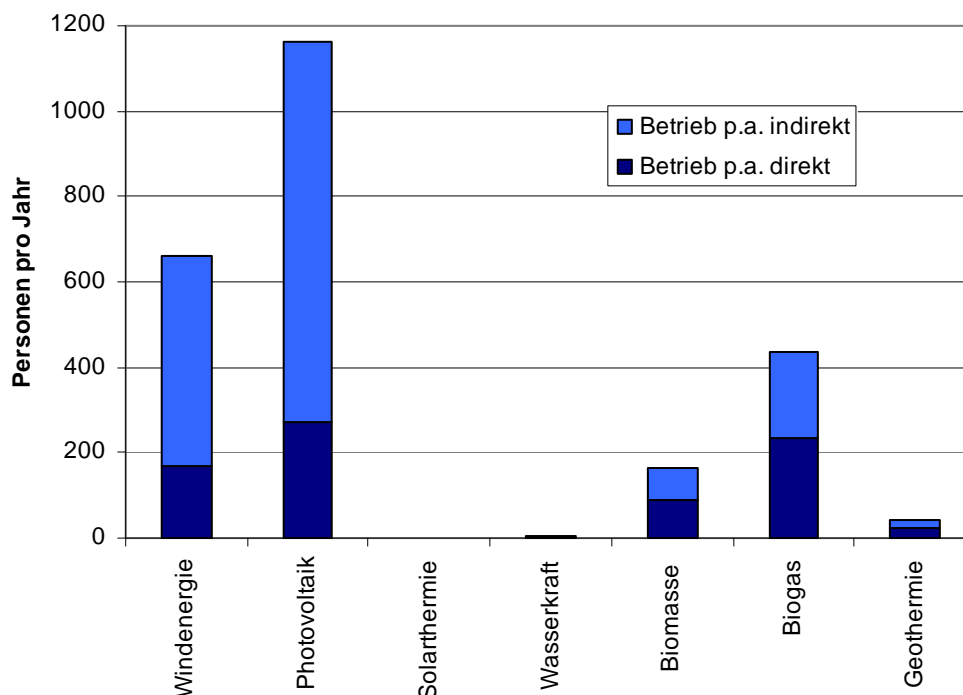
## 5.2 Ergebnisse

Die durch die im Jahr 2010 geförderten Investitionen ausgelöste Beschäftigung (für die Dauer eines Jahres) in Deutschland wird auf rund 51.700 Personen geschätzt. Davon fallen 20.000 (39 %) direkt in den Branchen an, die Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren (sog. direkte Effekte), und annähernd 31.700 (61 %) in den zuliefernden vorgelagerten Branchen der Volkswirtschaft (sog. indirekte Effekte). Vorläufige Abschätzungen der investitionsbedingten Beschäftigungseffekte der Erneuerbaren Energien in Deutschland belaufen sich für das Jahr 2010 auf 234.100 (O'Sullivan et al. 2011). Allerdings beinhaltet diese Zahl auch den Export von Anlagen, Komponenten und Dienstleistungen, weshalb ein direkter Vergleich nicht möglich ist.



**Abbildung 15: Durch die Investition in KfW-geförderte Anlagen im Jahr 2010 ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.**

Rund 27.800 Personen werden durch den Bau KfW-geförderter Photovoltaikanlagen beschäftigt, knapp 16.600 durch Windkraftanlagen, 4.700 durch Biogasanlagen, gut 1.300 im Bereich Geothermie und 1.100 im Bereich Biomasse. Solarthermie und Wasserkraft spielen wie bereits in den Vorjahren hinsichtlich der Beschäftigungswirkung eine untergeordnete Rolle (vgl. Abbildung 15 und Tabelle 27).



**Abbildung 16: Jährlich durch den Betrieb von im Jahr 2010 KfW-geförderten Anlagen in Deutschland ausgelöste Beschäftigung (über einen Zeitraum von 20 Jahren).**

Eine Aufteilung der ausgelösten Beschäftigung durch die Herstellung von Anlagen („Investition“) nach Bundesländern ist derzeit nicht sinnvoll möglich, da keine entsprechend aufgelösten, belastbaren Daten vorliegen.

Die Abschätzungen zu den Beschäftigungswirkungen, die durch den Betrieb der geförderten Anlagen ausgelöst werden, haben stärker den Charakter von Modellrechnungen. Es wird eine Lebensdauer der geförderten Anlagen von 20 Jahren und eine über diesen Zeitraum gleiche zeitliche Verteilung der Betriebskosten unterstellt. Bei zu treffenden Annahmen über die Entwicklung der Arbeitsproduktivität in diesem Zeitraum und der Annahme einer sich nicht ändernden Verflechtungsstruktur der Wirtschaftssektoren ergibt sich dann über den gesamten Zeitraum ein induziertes Beschäftigungsvolumen von ca. 49.600 Personenjahren bzw. 2.480 Personen jährlich. Wie Abbildung 16 zeigt (vgl. auch Tabelle 27), entfällt der größte Teil der betriebsbedingten Beschäftigung mit gut 1.160 Personen pro Jahr (oder 23.000 Personenjahre über eine Nutzungsdauer von 20 Jahren) auf die Photovoltaik, gefolgt von der Windenergie mit mehr als 660 Personen (13.200 Personenjahre über 20 Jahre), dem Bereich Biogas mit 440 Personen (8.700 Personenjahre über 20 Jahre) sowie Biomasse mit 170 Personen (3.300 Personenjahre über 20 Jahre). In den Betriebskosten sind die Brennstoffkosten (Biomasse und Biogas) nicht enthalten. Eine Abschätzung der mit den Brennstoffkosten verbundenen Beschäftigungswirkungen über die gesamte Nutzungsdauer der Anlagen (20 Jahre) ist derzeit nicht möglich. So fehlen beispielsweise belastbare Daten zur typischen Substratzusammensetzung von Biogasanlagen. Darüber hinaus sind sowohl Preisentwicklung als auch

zukünftige regionale Herkunft (Inland, Ausland) der Brennstoffe nur sehr schwer absehbar.

Fasst man das durch die Förderung im Jahr 2010 induzierte Nachfragevolumen (Investitionen und Betrieb) zusammen, ergibt sich über einen Zeitraum von 20 Jahren ein Beschäftigungsvolumen von mehr als 101.000 Personenjahren. Etwas mehr als die Hälfte hiervon fällt als Investitionseffekt im Jahr 2010 an, der Rest als Betriebseffekt verteilt über 20 Jahre mit einem jährlichen Volumen von 2.480 Personenjahren.

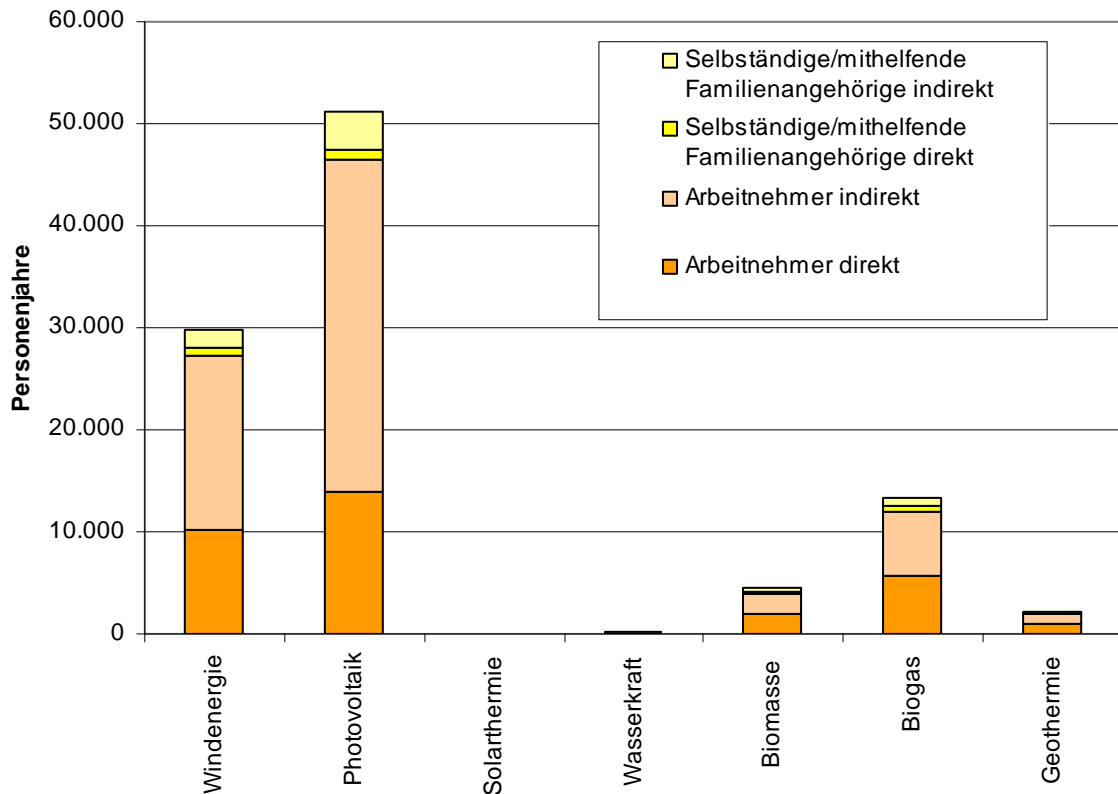
Unter der Annahme, dass sich bei der durch die KfW-Förderung der Erneuerbaren Energien induzierten Beschäftigung in jedem der betrachteten 71 Wirtschaftszweige die gleichen Relationen zwischen Arbeitnehmern und Selbständigen einstellen wie sie dort bei anderen branchentypischen Wirtschaftsaktivitäten anfallen, ergibt sich, dass 92.000 Personenjahre von Arbeitnehmern erbracht werden, also rund 91 % aller induzierten Personenjahre, während knapp 9.300 Personenjahre, d.h. etwa 9 %, auf Selbständige und mit-helfende Familienangehörige entfallen. Diese Relationen schwanken zwischen den einzelnen Sparten der Erneuerbaren Energien in einer Bandbreite von +/- 2 Prozentpunkten (vgl. Abbildung 17).

**Tabelle 27: Durch im Jahr 2010 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.**

Personenjahre (gerundet)	Investitionen		Betrieb (20 Jahre)		Summe <sup>2)</sup>	
	Direkt	Indirekt	Direkt	Indirekt		
<b>Windenergie</b>	7.650	8.930	3.350	9.900	29.840	(29 %)
<b>Photovoltaik</b>	9.510	18.310	5.420	17.840	51.080	(50 %)
<b>Solarthermie</b>	20	40	5	20	90	(0,1 %)
<b>Wasserkraft</b>	80	70	50	60	250	(0,3 %)
<b>Biomasse</b>	490	610	1.780	1.550	4.420	(4 %)
<b>Biogas<sup>1)</sup></b>	1.670	3.010	4.660	4.060	13.390	(13 %)
<b>Geothermie</b>	590	750	460	420	2.220	(2 %)
<b>Summe<sup>2)</sup></b>	20.000 (20 %)	31.720 (31 %)	15.730 (16 %)	33.840 (33 %)	101.280	(100 %)

<sup>1)</sup> Stromerzeugung mit Biogas.

<sup>2)</sup> Abweichungen durch Rundung.



**Abbildung 17: Aufteilung der Beschäftigung in Arbeitnehmer und Selbständige/mithelfende Familienangehörige.**

Die Anteile der auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit weniger als 500 Beschäftigten entfallenden Arbeitsplätze wurden anhand von Daten des Instituts für Mittelstandsforschung abgeschätzt (IfM 2011). Dafür wurde die Verteilung der Beschäftigten in unterschiedlich großen Unternehmen nach Wirtschaftssektoren herangezogen, aus der sich die relativen Anteile der Beschäftigten nach Unternehmensgröße ableiten lassen. Mit Hilfe dieser relativen Anteile lässt sich die Zahl der indirekt Beschäftigten in KMU aus den mit der Input-Output-Tabelle berechneten (indirekten) Beschäftigten in den „traditionellen“ Wirtschaftssektoren (z. B. Baugewerbe) berechnen. Schwierig gestaltet sich dagegen die Abschätzung der direkt Beschäftigten in KMU, da für die „neuen“ Sektoren keine Daten zur Beschäftigung nach Unternehmensgröße vorliegen. Für die verschiedenen EE-Sparten lässt sich der Mittelstandsanteil deshalb nur grob abschätzen; hierfür wurde der relative Anteil für den Sektor „Verarbeitendes Gewerbe“ angenommen.

Von den insgesamt 101.280 für die Dauer eines Jahres gesicherten bzw. neu geschaffenen Arbeitsplätzen entfallen rund 74 % auf kleine und mittlere Unternehmen. In Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten sind rund 31 % der 101.280 Arbeitsplätze angesiedelt. Diese Zahlen unterstreichen die Wichtigkeit der durch die KfW-Förderprogramme unterstützten Investitionen für kleine und mittelständische Unternehmen.



### 5.3 Vergleich mit dem Förderjahrgang 2009

Im Vergleich zum Jahr zuvor wuchsen die Beschäftigungseffekte des Förderjahrgangs 2010 um insgesamt 16 %. Die durch den Bau von Anlagen induzierte Beschäftigung nahm um ein Viertel zu (vgl. Abbildung 18). Verglichen mit dem Investitionsvolumen, das um knapp 60 % zulegte, erscheint dieser Zuwachs eher gering. Grund hierfür ist vor allem ein signifikanter Importanteil bei Photovoltaikanlagen bzw. -komponenten, auf welche der größte Teil des Investitionswachstums entfällt. Im Vergleich zu früheren Jahren verfügen importierte Solarzellen und -module mittlerweile über beträchtliche Marktanteile.

Mit dem Betrieb der im Jahr 2010 geförderten Anlagen über 20 Jahre ist ein Beschäftigungszuwachs von über 8 % im Vergleich mit dem Betrieb der im Jahr 2009 geförderten Anlagen zu verzeichnen. Hier wirken sich vor allem die geringen Betriebskosten der den Zubau dominierenden Photovoltaikanlagen aus. Für Windkraftanlagen bleibt die aus dem Anlagenbetrieb resultierende Beschäftigung trotz erhöhter Investitionen in etwa konstant, was auf geringere unterstellte Betriebskosten zurückzuführen ist. Aus demselben Grund geht die Beschäftigung für Geothermieanlagen zurück. Für die übrigen Sparten entwickelt sich die betriebsbedingte Beschäftigung analog zu den Investitionen.

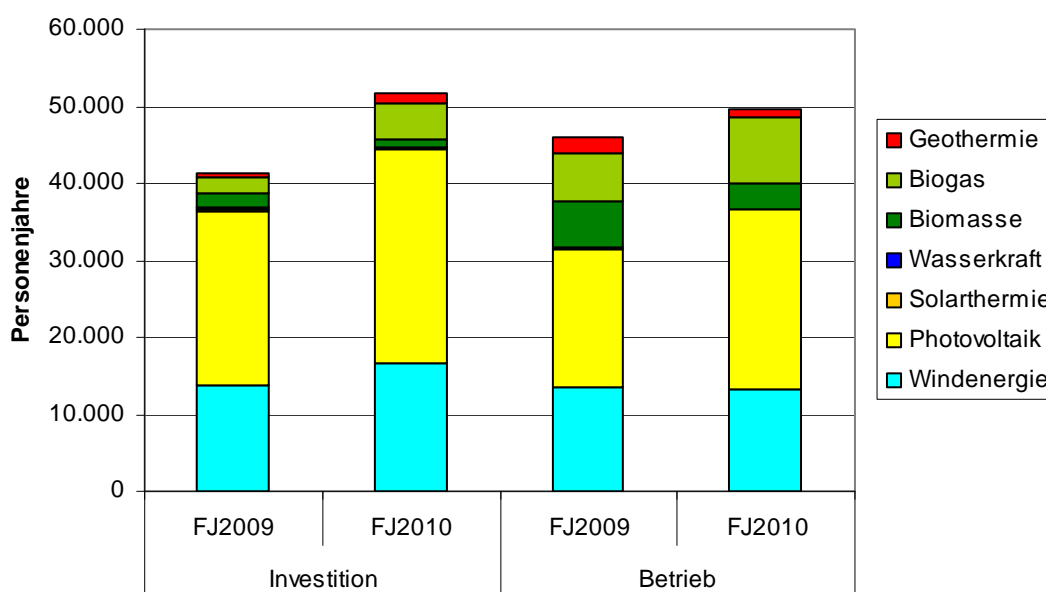


Abbildung 18: Gegenüberstellung der ausgelösten Beschäftigungswirkungen der Förderjahrgänge 2009 und 2010.

## 6 Zusammenfassung

Die energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierung sind im Energiekonzept vom 28. September 2010 niedergelegt. Darin wird eine langfristige, bis zum Jahr 2050 reichende Strategie zur Energieversorgung Deutschlands entwickelt. Erstmals wird dabei festgelegt, dass der Energiebedarf langfristig durch Erneuerbare Energien (EE) gedeckt werden soll: Bis 2050 sollen mindestens 60 % des Bruttoendenergieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden, mit einem EE-Anteil von 80 % bei der Stromversorgung. In Verbindung mit anspruchsvollen Energieeffizienzzielen soll es dadurch möglich sein, die Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 1990 um 80 bis 95 % zu mindern. Kurzfristig, d.h. bis zum Jahr 2020, sollen 18 % des Endenergieverbrauchs und 35 % des Stromverbrauchs aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden und die Treibhausgasemissionen – in Übereinstimmung mit den Zielen des 2007 beschlossenen Integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP) – um 40 % gesenkt werden.

**Tabelle 28: Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2010.**

	KfW-Programm Erneuerbare Energien		
	Standard	Premium	Ergänzung 2009
<b>Programmnummer</b>	<b>270</b>	<b>271, 272, 281, 282</b>	<b>086</b>
Hier berücksichtigte Fördermaßnahmen	Errichtung, Erweiterung oder den Erwerb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Strom sowie KWK-Anlagen und Anlagen zur Wärmeerzeugung, die die Anforderungen des Programnteils „Premium“ nicht erfüllen	Nach den BMU-Richtlinien förderfähige Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Wärme: Anlagen zur Verfeuerung von fester Biomasse, Anlagen zur Nutzung der Tiefengeothermie, Wärmenetze, große Solarkollektoranlagen, große Wärmespeicher, Anlagen zur Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität und Biogasleitungen	Errichtung, Erweiterung oder den Erwerb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Strom oder Strom und Wärme in KWK.  Programm war Teil des Maßnahmenpakets I „Beschäftigungssicherung durch Wachstumsstärkung“ der Bundesregierung
Kredithöchstbetrag	i.d.R. maximal 10 Mio. € pro Vorhaben	i.d.R. maximal 10 Mio. € pro Vorhaben	mindestens 10 Mio. € und maximal 50 Mio. € pro Vorhaben
Anmerkung zur Programmlaufzeit	Programmstart: 01.01.2009	Programmstart: 01.01.2009	Programm war auf das Jahr 2009 befristet; Restzusagen in 2010

Ein wichtiger Baustein dieser Strategie sind die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe im Bereich der Erneuerbaren Energien. Um deren Bedeutung und Effektivität im Förderjahrgang 2010 zu überprüfen, werden in der vorliegenden Studie zum vierten Mal die von diesen Förderprogrammen ausgehenden Effekte in den Bereichen Treibhausgasminde- rung, Einsparung fossiler Energieträger und damit vermiedener Importe an fossilen Energieträgern sowie Beschäftigungseffekte ermittelt. Darüber hinaus wurden für den Förderjahrgang 2010 erstmals vermiedene externe Kosten durch die Vermeidung von Treib-

hausgas- und Luftschadstoffemissionen berechnet. Im Rahmen der vorliegenden Evaluierung wurden die inländischen KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien ausgewertet, welche in Tabelle 28 präsentiert werden.

Tabelle 29 gibt einen Überblick über den jeweiligen Umfang der ausgewerteten Kreditprogramme im Jahr 2010. Das Programm EE Standard weist die höchste Anzahl an Darlehensfällen und insgesamt die höchste Darlehenssumme auf, was hauptsächlich auf die Vielzahl der geförderten Photovoltaikanlagen zurückgeht.

**Tabelle 29: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm im Jahr 2010.**

	Ergänzung 2009	EE Standard	EE Premium	Alle Programme
<b>Darlehensfälle</b>	18	63.081	2.264	65.363
<b>Darlehensvolumen (Mio. €)<sup>1)</sup></b>	386,3	8.184,0 <sup>2)</sup>	336,9	8.907,3 <sup>2)</sup>
<b>Investitionsvolumen (Mio. €)<sup>1)</sup></b>	513,5	10.055,0 <sup>3)</sup>	458,6	11.027,0 <sup>3)</sup>
<b>Mittleres Investitionsvolumen je Darlehen (€)<sup>1)</sup></b>	28.525.300	159.400	202.500	168.700

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

<sup>1)</sup> exkl. Mehrwertsteuer.

<sup>2)</sup> Unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 8.868,9 bzw. 9.592,1 Mio. €; hier nur Anlagen im Inland.

<sup>3)</sup> Unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 11.467,1 bzw. 12.439,0 Mio. €; hier nur Anlagen im Inland.

**Tabelle 30: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2010 unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck.**

	Ergänzung 2009		EE Standard		EE Premium		Summe	
	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%
<b>Biogas<sup>1)</sup></b>	31,4	6,1	459,1	4,6	52,9	11,5	543,4	4,9
<b>Biomasse</b>	-	-	60,8	0,6	72,1	15,7	132,9	1,2
<b>Geothermie</b>	45,0	8,8	-	-	63,0	13,7	108,1	1,0
<b>Photovoltaik</b>	317,3	61,8	7.861,6	78,2	-	-	8.178,9	74,2
<b>Solarthermie</b>	-	-	0,3	0,0	8,0	1,7	8,3	0,1
<b>Wärmenetz</b>	-	-	-	-	257,6	56,2	257,6	2,3
<b>Wärmespeicher</b>	-	-	-	-	4,9	1,1	4,9	0,0
<b>Wasserkraft</b>	-	-	16,4	0,2	-	-	16,4	0,1
<b>Windenergie</b>	119,7	23,3	1.656,8	16,5	-	-	1.776,5	16,1
<b>Summe</b>	513,5	100,0	10.055,0 <sup>2)</sup>	100,0	458,6	100,0	11.027,0 <sup>2)</sup>	100,0

<sup>1)</sup> Stromerzeugung mit Biogas, Biogasleitungen und -einspeisung.

<sup>2)</sup> Unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 11.467,1 bzw. 12.439,0 Mio. €

Sehr große Vorhaben mit Kreditbeträgen zwischen 10 und 50 Mio. € wurden im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien „Ergänzung 2009“ gefördert. Da im Jahr

2010 nur noch wenige Restzusagen des Ende 2009 geschlossenen Programms erteilt wurden, beträgt der Anteil des Ergänzungsprogramms am gesamten Darlehensvolumen 2010 lediglich 4 %. Insgesamt wurden im Förderjahr 2010 rund 65.400 Darlehen mit einem Darlehensvolumen von 8,9 Mrd. € für die Finanzierung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbare Energien in Deutschland gewährt, womit Investitionen in Höhe von rund 11,0 Mrd. € angestoßen wurden (vgl. Tabelle 29).

Wie schon im Jahr 2009 entfallen rund 90 % des geförderten Investitionsvolumens auf Anlagen zur Stromerzeugung aus Windenergie und Photovoltaik (vgl. Tabelle 30). Im Vergleich zum Vorjahr ist der Anteil der geförderten Investitionen in Photovoltaikanlagen weiter angestiegen und erreicht mit rund 8,2 Mrd. € einen um zwei Drittel höheren Wert als im Förderjahr 2009.

Die von der KfW im Jahr 2010 geförderten Investitionen stehen für einen beträchtlichen Teil der im Jahr 2010 insgesamt in Deutschland investierten Beträge in Erneuerbare Energien. Insgesamt entsprechen die von der KfW geförderten Vorhaben mit einem Investitionsvolumen von 11,0 Mrd. € einem Anteil von mehr als 41 % an den im Jahr 2010 in Deutschland getätigten Investitionen in die Nutzung Erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmebereitstellung (vgl. Tabelle 31). Hohe Anteile der KfW-Förderung zeigen sich insbesondere für die Windenergie mit über 70 %, aber auch für die Photovoltaik und Biomasseanlagen zur Stromerzeugung mit jeweils rund 40 %.

**Tabelle 31: Im Rahmen der KfW-Programme geförderte Investitionen in Erneuerbare Energien im Vergleich zu den Gesamtinvestitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland (BMU 2011) für das Förderjahr 2010.**

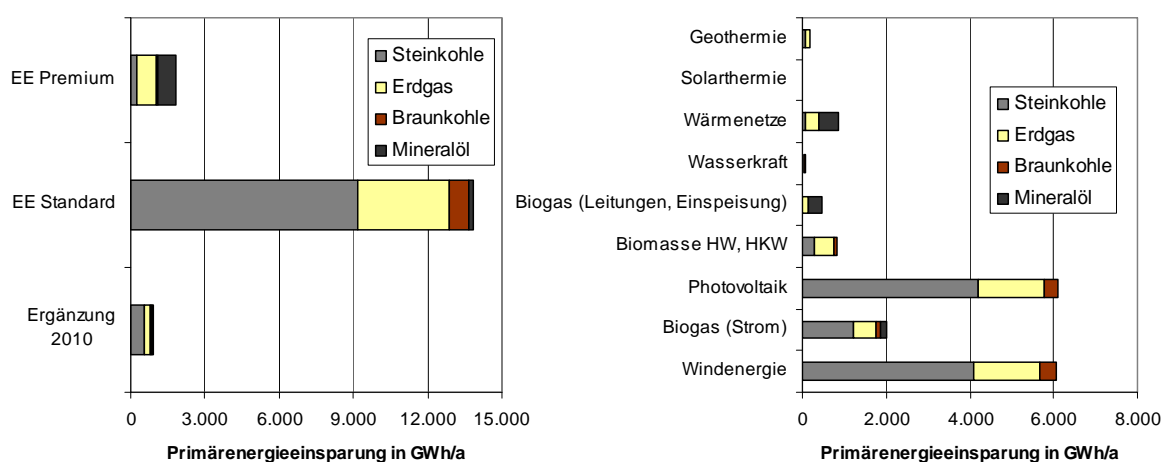
	KfW-geförderte Investitionen [Mio. €]	Gesamtinvestitionen Deutschland [Mio. €]	Anteil KfW-Förderung [%]
<b>Biomasse (Strom)</b>	607,4	1.550	39,2
<b>Biomasse (Wärme)</b>	69,0	1.150	6,0
<b>Geothermie</b>	108,1	850 <sup>1)</sup>	12,7
<b>Photovoltaik</b>	8.178,9	19.500	41,9
<b>Solarthermie</b>	8,3	950	0,9
<b>Wasserkraft</b>	16,4	70	23,5
<b>Windenergie</b>	1.776,5	2.500	71,1
<b>Wärmenetz</b>	257,6	k.A.	k.A.
<b>Wärmespeicher</b>	4,9	k.A.	k.A.
<b>Summe</b>	11.027,0	26.570	41,5

<sup>1)</sup> Einschließlich Wärmepumpen.

Bei der Interpretation der Angaben in Tabelle 31 ist zu berücksichtigen, dass Verschiebungen der Bezugszeiträume möglich sind, da die von der KfW geförderten Anlagen dem Jahr der Förderung zugerechnet werden, die Anlageninbetriebnahme jedoch theoretisch

in das Folgejahr fallen kann. Die in BMU (2011) ausgewiesenen Gesamtinvestitionen weisen die Investitionen für diejenigen Anlagen aus, die im Jahr 2010 in Betrieb gegangen sind.

Durch die Nutzung der geförderten Anlagen werden fossile Energieträger substituiert. Pro Jahr ist für die geförderten Vorhaben des Jahres 2010 von einer fossilen Primärenergieeinsparung von 16,5 TWh (59 PJ) auszugehen. 86% der jährlich zu erwartenden fossilen Primärenergieeinsparung resultieren aus den geförderten Windenergie-, Photovoltaik- und Biogasanlagen (einschl. Wärmeauskopplung) (vgl. Abbildung 19).



**Abbildung 19: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2010.**

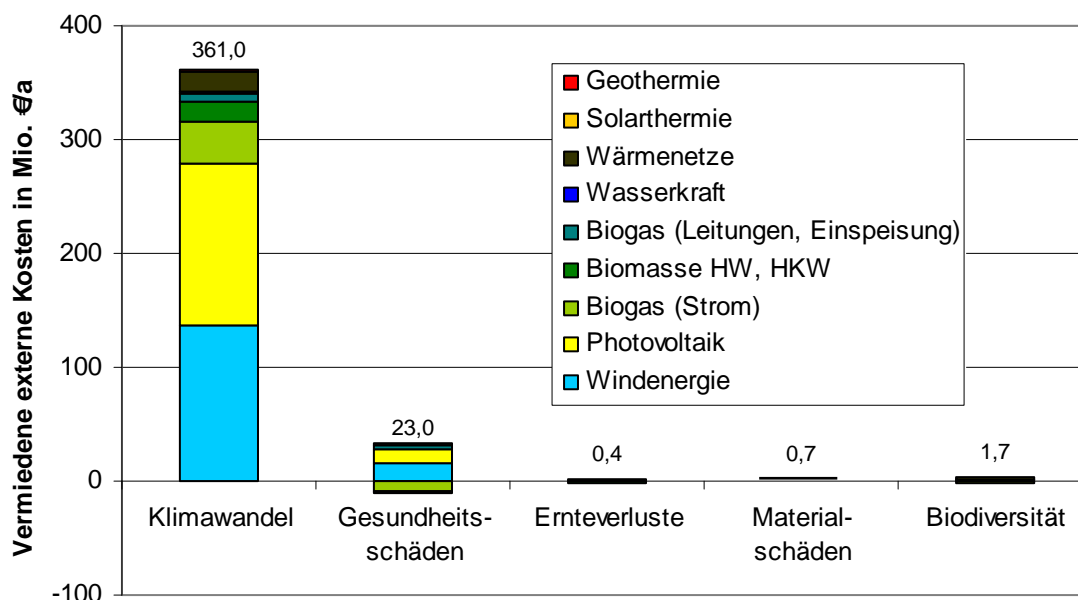
Die Einspeise- und Substitutionscharakteristik der geförderten Vorhaben führt in der Summe dazu, dass überwiegend Steinkohle und Erdgas substituiert werden. Ein Großteil der Substitutionseffekte geht auf die Vorhaben im Bereich Stromerzeugung zurück, denen mehr als drei Viertel (ohne KWK-Wärme) der gesamten Primärenergieeinsparung zuzurechnen ist. Ein Teil der Einsparung von Erdgas (etwa ein Fünftel) ist den geförderten Vorhaben im Bereich der Wärmeerzeugung zuzurechnen. Vollständig in den Wärmebereich fallen die eingesparten Mengen an Mineralölprodukten durch die Substitution von Heizöl resultierend aus den geförderten Technologien zur Bereitstellung von Wärme aus Erneuerbaren Energien.

Als Folge der Substitution fossiler Energieträger ist durch die Nutzung der im Jahr 2010 geförderten Erneuerbaren Energien von einer jährlichen CO<sub>2</sub>-Vermeidung in Höhe von 4,5 Mio. t auszugehen. Werden die treibhausrelevanten Gase Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) in die Berechnung eingezogen, erhöht sich die Einsparung auf 4,8 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente (vgl. Tabelle 32).

**Tabelle 32: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2010.**

[Mio. t/a]	Ergänzung	EE Standard	EE Premium	Summe
CO <sub>2</sub>	0,23	3,86	0,44	4,52
Anteil	5,0%	85,4%	9,6%	100,0%
CO <sub>2</sub> -Äquivalente	0,24	4,12	0,46	4,82
Anteil	5,0%	85,4%	9,6%	100,0%

Wie schon in den Vorjahren entfällt ein großer Teil der Treibhausgaseminderungen auf die geförderten Windenergieanlagen (2010 rund 38 %). Übertroffen wird die Treibhauseinsparung der geförderten Windenergieanlagen erstmals von der Photovoltaik, auf die fast zwei Fünftel der Treibhausgasvermeidung zurückgeht.



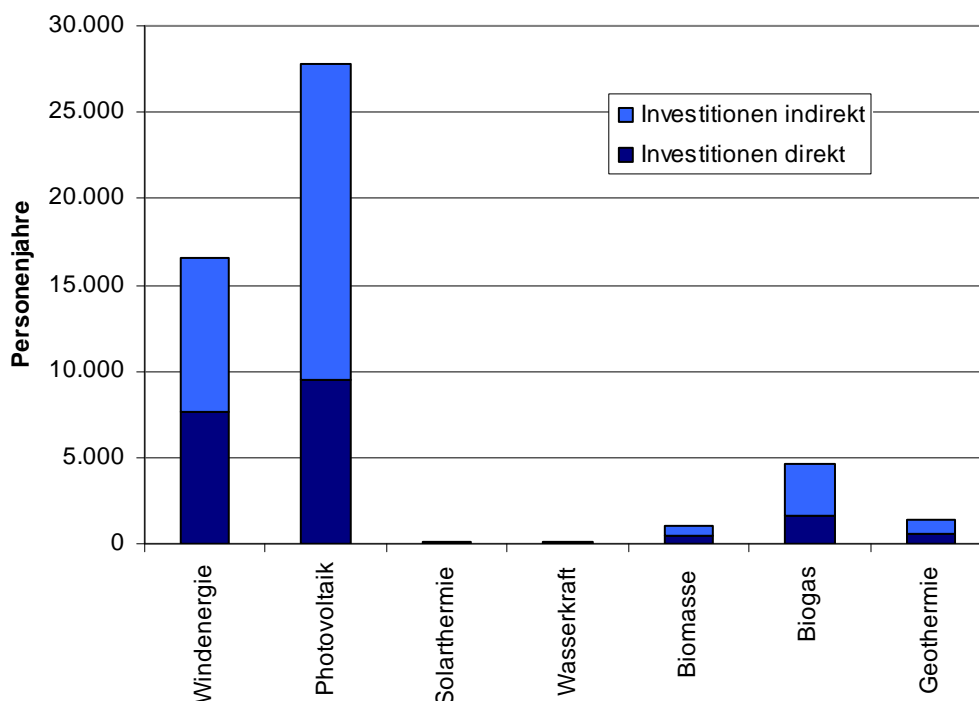
**Abbildung 20: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Schadenskategorien und Technologien für das Förderjahr 2010.**

Luftschadstoffe beeinträchtigen die Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen und wirken zerstörerisch auf Bauwerke und andere Sachgüter. Treibhausgase tragen zur globalen Klimaänderung bei und führen so ebenfalls zu Schäden. Diese Schäden führen bei den Betroffenen oder der Allgemeinheit zu Kosten, welche allerdings nicht vom Verursacher getragen werden, man spricht von „externen“ Kosten. Eine Verringerung der Emissionen und der durch diese verursachten Schäden durch die Nutzung Erneuerbarer Energien stellen einen gesellschaftlichen Nutzen dar. In Summe werden durch die Nutzung der im Jahr 2010 geförderten Vorhaben annähernd 390 Mio. € Schadenskosten pro Jahr vermieden. Mit 88 % entfällt der Großteil davon auf die vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Knapp 7 % der vermiedenen externen Kosten sind der Emissionsminderung

von SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> zuzurechnen. Durch den bei Berücksichtigung auch der Vorketten in Summe resultierenden Mehrausstoß von N<sub>2</sub>O und Feinstaub ergeben sich zusätzliche Schadenskosten, die jedoch durch die Vermeidung insbesondere von CO<sub>2</sub> deutlich überkompensiert werden.

Abbildung 20 illustriert, dass mit 361 Mio. € (rund 93 %) der weitaus größte Anteil vermiedener externer Kosten auf die Schadenskategorie Klimawandel entfällt. Die geförderten Anlagen des Förderjahrs 2010 vermeiden darüber hinaus pro Jahr externe Kosten durch Gesundheitsschäden von 23 Mio. €

Die durch die im Jahr 2010 geförderten Investitionen ausgelöste Beschäftigung (für die Dauer eines Jahres) in Deutschland wird auf rund 51.700 Personen geschätzt. Davon fallen 20.000 (39 %) direkt in den Branchen an, die Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren (sog. direkte Effekte), und annähernd 31.700 (61 %) in den zuliefernden vorgelagerten Branchen der Volkswirtschaft (sog. indirekte Effekte). Rund 27.800 Personen werden durch den Bau KfW-geförderter Photovoltaikanlagen beschäftigt, knapp 16.600 durch Windkraftanlagen, 4.700 durch Biogasanlagen, gut 1.300 im Bereich Geothermie und 1.100 im Bereich Biomasse. Solarthermie und Wasserkraft spielen im Förderjahr 2010 hinsichtlich der Beschäftigungswirkung eine untergeordnete Rolle (vgl. Abbildung 21).



**Abbildung 21: Durch die Investition in KfW-geförderte Anlagen im Jahr 2010 ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.**

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sind:

- Mit einem ausgelösten Investitionsvolumen von 11,0 Mrd. € decken die KfW-Programme mehr als 41 % der in Deutschland im Jahr 2010 getätigten Investitionen in die Errichtung von Erneuerbare-Energien-Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung ab.
- Die Bedeutung der KfW-Programme für den Ausbau der Erneuerbaren Energien zeigt sich vor allem im Strombereich sehr deutlich: Insgesamt 46 % der in Deutschland im Jahr 2010 zugebauten elektrischen Leistung wurde durch die KfW gefördert. Ein besonders hoher Anteil entfällt mit knapp 80 % auf Windenergieanlagen.
- Die KfW-Förderung im Jahr 2010 führt zu vermiedenen Energieimporten im Gegenwert von jährlich rund 350 Mio. €. Dies entspricht insgesamt rund 7 Mrd. € über die gesamte Laufzeit der Anlagen von 20 Jahren. Die so im Inland verbleibenden Mittel tragen zur Stärkung der heimischen Wirtschaft bei.
- Die im Jahr 2010 von der KfW geförderten Anlagen bewirken in jedem Jahr ihres Betriebs eine Emissionsvermeidung von 4,8 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (davon 4,5 Mio. t CO<sub>2</sub>) pro Jahr, was allein rund 7 % der von der Bundesregierung insgesamt angestrebten zusätzlichen jährlichen Treibhausgas-Einsparungen von rund 64 Mio. t bis zum Jahr 2020 durch den Ausbau Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich entspricht. Bezieht man die in jedem Betriebsjahr erzielten Minderungen der in den Förderjahrgängen 2007 bis 2010 errichteten Anlagen ein, so wurden durch die KfW-Programme bislang Emissionsvermeidungen von zusammen jährlich rund 15 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angestoßen, d.h. 23 % der von der Bundesregierung im IEKP angestrebten Einsparungen.
- Die durch die im Jahr 2010 geförderten Vorhaben ausgelösten Einsparungen von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen führen insgesamt zu einer Vermeidung externer Kosten in Höhe von jährlich annähernd 390 Mio. €. Rund 93 % der vermiedenen externen Kosten entfallen auf die vermiedenen Schäden des Klimawandels.
- Mit Produktion und Bau der im Jahr 2010 geförderten Anlagen waren knapp 52.000 Arbeitsplätze in Deutschland verbunden. Somit trägt die KfW-Förderung weiterhin maßgeblich zum Jobmotor Erneuerbare Energien bei. Hinzu kommen jährlich weitere rund 2.500 Arbeitsplätze durch Betrieb und Wartung der Anlagen.
- Rund 74 % der Arbeitsplätze sind in kleinen und mittleren Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten entstanden, rund 31 % der Arbeitsplätze entfallen auf Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten. Diese Zahlen unterstreichen die Wichtigkeit der betrachteten KfW-Programme für die Mittelstandsförderung.



## Literaturverzeichnis

- AGEB 2011a AG Energiebilanzen e.V.: Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland im Jahr 2008. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Berlin, 15 Februar 2011.
- AGEB 2011b AG Energiebilanzen e.V.: Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland. Berlin, März 2011.
- BMU 2007 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Kosten und Nutzen des Energie- und Klimaprogramms der Bundesregierung. Berlin, Oktober 2007.
- BMU 2010 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Zahlen. Internet-Update ausgewählter Daten. Berlin, 15. Dezember 2010.
- BMU 2011 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung. Stand Juli 2011.
- BMWi 2011 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Energiedaten. Nationale und internationale Entwicklung. Berlin, 27. April 2011.
- Breitschopf und Diekmann 2010  
Breitschopf, B., Diekmann, J.: Vermeidung externer Kosten durch Erneuerbare Energien - Methodischer Ansatz und Schätzung für 2009 (MEEEEK), Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Juni 2010.
- Breitschopf et al. 2010  
Breitschopf, B.; Klobasa, M.; Sensfuß, F.; Steinbach, J.; Ragwitz, M.; Lehr, U.; Horst, J.; Leprich, U.; Diekmann, J.; Braun, F.; Horn, M.: Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse von Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien im deutschen Strom- und Wärmemarkt, Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, März 2010.
- DEWI 2011 Molly, J. P. (Deutsches Windenergie Institut, DEWI): Status der Windenergienutzung in Deutschland – Stand 31.12.2010.
- DBFZ 2011 Deutsches BiomasseForschungsZentrum (DBFZ): Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Zwischenbericht, März 2011.
- Fichtner et al. 2010 Fichtner, DLR, GFZ, IFEU, SWT, TFZ: Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (Marktanreizprogramm) für den Zeitraum 2009 bis 2011. Evaluierung des Förderjahres 2009. Zwischenbericht vom Dezember 2010.
- IFEU, ZSW 2010 Pehnt, M.; Bödeker, J.; Kelm, T.: Biogasleitungen und Biogasaufbereitung im Marktanreizprogramm. Papier im Rahmen des Projektes „Perspektiven des MAP“. IFEU, ZSW, Heidelberg, Stuttgart, 2010.
- IfM 2011 Institut für Mittelstandsforschung: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Betrieben 2009 nach Wirtschaftszweigen gemäß WZ 2008 laut Bundesagentur für Arbeit. Bonn. [www.ifm-bonn.org/assets/documents/BA\\_Besch\\_WZ\\_2009.pdf](http://www.ifm-bonn.org/assets/documents/BA_Besch_WZ_2009.pdf) [Stand 11.07.2011].
- Klobasa und Ragwitz 2005  
Gutachten zur CO<sub>2</sub>-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien. Bericht im Auftrag des Zentrums für Sonnenenergie- und

- Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW). Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe, Januar 2005.
- Klobasa et al. 2009 Klobasa, M; Sensfuß, F.; Ragwitz, M.: CO<sub>2</sub>-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2006 und 2007. Bericht im Auftrag des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW). Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe, Februar 2009.
- Krewitt und Schlomann 2006 Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern. DLR, Institut für Thermische Thermodynamik Stuttgart und Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe, April 2006.
- Lehr et al. 2011 Lehr, U.; Lutz, C. (GWS); Edler, D. (DIW); O'Sullivan, M.; Nienhaus, K.; Simon, S.; Nitsch, J. (DLR); Breitschopf, B. (FhG-ISI); Bickel, P.; Ottmüller, M. (ZSW): Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Februar 2011.
- NEEDS 2009 New Energy Externalities Developments for Sustainability. Deliverable no 6.1 – RS1a: External Costs from emerging electricity generation technologies. März 2009.
- Nitsch et al. 2010 Nitsch J., Pregger T., Scholz Y., Naegler T., Sterner M., Gerhardt N., von Oehsen A., Pape C., Saint-Drenan Y.M., Wenzel B.: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Leitstudie 2010. Stuttgart, Dezember 2010.
- O'Sullivan et al. 2011 O'Sullivan, M., Edler, D., van Mark, K., Nieder, T., Lehr, U.: Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2010 - eine erste Abschätzung, 2011.
- Statistisches Bundesamt 2010 Statistisches Bundesamt: Fachserie 18, Reihe 2, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen - Input-Output-Rechnung 2007. Wiesbaden 2010.
- UBA 2009 Umweltbundesamt: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Dessau-Roßlau, Oktober 2009.
- UBA 2011 Umweltbundesamt: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Aktualisierte Anhänge 2 und 4 der Veröffentlichung UBA (2009). Dessau-Roßlau, September 2011.

## Anhang

### A.1 Ermittlung der Einsparung fossiler Energieträger

Zur Quantifizierung der eingesparten fossilen Energieträger (Primärenergieeinsparung) und daraus resultierenden Effekte ist der durch die jeweiligen Technologien der Erneuerbaren Energien substituierte Mix fossiler Quellen zu bestimmen. Hierbei spielen zahlreiche Einflussfaktoren eine Rolle, insbesondere die

- zeitliche Struktur der Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien (speziell Strommarkt),
- geographische Verteilung von regenerativen Erzeugungssystemen (speziell Wärmemarkt),
- Wirkungsgrade der regenerativen und der fossilen Energiebereitstellung und im Anlagenbetrieb tatsächlich erreichbare Nutzungsgrade (z. B. Nutzung von Überschusswärme bei solarthermischen Anlagen oder der Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen),
- dem Anlagenbetrieb vor- (Anlagenerstellung), parallel- (z. B. Brennstoffaufbereitung und -bereitstellung) und nachgelagerte (Anlagenbeseitigung/Recycling) energetische Prozesse,
- längerfristige Veränderbarkeit der Bilanzierungsparameter aus technischer (z. B. Brennstoffmix sowie Wirkungsgrade unter Einbeziehung neuer Technologiepfade wie CO<sub>2</sub>-Abtrennungs- und Speichertechnologien im Kraftwerksbereich) und ökonomischer Sicht (speziell Preise für fossile Energieträger).<sup>6</sup>

Die zeitliche Struktur der Energiebereitstellung ist speziell für die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien von Bedeutung. Dies ergibt sich einerseits aus der nach Tageszeit, Wochentag oder Jahreszeit unterschiedlichen Höhe der Stromnachfrage, die zu einer entsprechenden Erzeugungsstruktur im konventionellen Stromerzeugungssystem führt (Grund-, Mittel-, Spitzenlast) und damit zu unterschiedlichen Strommengen aus Kernenergie, Braunkohle, Steinkohle, Erdgas und ggf. Mineralöl. Dem stehen die spezifischen Erzeugungscharakteristika der regenerativen Quellen gegenüber.

Zu den sog. grundlastfähigen Energien zählen Laufwasserkraft und Geothermie<sup>7</sup>, weil hier in aller Regel Strom mit hoher Kontinuität erzeugt wird. Im konventionellen Bereich wird dadurch die Stromerzeugung aus Braunkohle substituiert, weil die Stromerzeugung

---

<sup>6</sup> Für die Berechnungen wurde der ersetzte Brennstoffmix über den Betrachtungszeitraum konstant gehalten. Die angenommene Energiepreisentwicklung ist in Anhang A.5 dargestellt.

<sup>7</sup> Die Stromerzeugung aus Pumpspeicherkraftwerken mit natürlichem Zufluss sowie die Stromerzeugung aus dem biogenen Anteil der thermischen Abfallverwertung sind nicht Gegenstand der KfW-Förderung.

aus Kernenergie niedrigere Betriebskosten (v. a. Brennstoffkosten) aufweist. Die Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie unterliegt hingegen aufgrund der natürlichen Gegebenheiten hohen Fluktuationen. Die Frage, in welchem Umfang konventionelle Energieträger durch diese Quellen substituiert werden, lässt sich somit nur anhand von Zeitschrittsimulationen (z. B. in stündlicher Auflösung) durchführen, indem der Kraftwerkseinsatz zur Deckung der Stromnachfrage zunächst ohne und anschließend unter Berücksichtigung der Nutzung Erneuerbarer Energien betrachtet wird. Mit anderen Worten: Die Strombereitstellung wird für die 8.760 Stunden eines Jahres einmal ohne und einmal mit Berücksichtigung fluktuierender Erneuerbarer Energien simuliert. Die Differenz der beiden Brennstoffbilanzen stellt dann das Substitutionspotenzial dar.

Das Ergebnis hängt jedoch nicht nur vom zeitlichen Verlauf der Stromerzeugung ab, sondern auch von der sog. regenerativen Durchdringung, d. h. von der Strommenge bzw. installierten Leistung. So ist es zu Zeiten geringer Stromnachfrage und hoher Windstrom-einspeisung durchaus möglich, dass die Residuallast so gering ist, dass die Stromerzeugung aus Grundlastkraftwerken substituiert wird. Deshalb wird für das im Rahmen eines Gutachtens für die AGEE-Stat untersuchte System der durch Windstrom substituierte Mix in Deutschland mit 6 % Braunkohle, 64 % Steinkohle und 30 % Erdgas ermittelt (vgl. Tabelle 33). Für die Verstromung von Bioenergien ergibt sich ein differenziertes Bild: Klär- und Deponiegasanlagen werden in aller Regel als Grundlastkraftwerke betrieben, weil eine Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung aufgrund der isolierten Standorte nur in wenigen Ausnahmefällen möglich ist. Bei Biogasanlagen ist eine Wärmenutzung hingegen häufiger möglich, zumal zumindest ein Teil der Wärme vor Ort verwertet werden kann. Im Gutachten für die AGEE-Stat wird davon ausgegangen, dass möglichst viel Wärme genutzt wird und der Betrieb damit im Wesentlichen dem Tagesverlauf der Netzlast folgt. Somit wird durch Biogas vorrangig die fossile Stromerzeugung in der Mittel- und Spitzenlast ersetzt. Die Flexibilität des Einsatzes von Anlagen, die mit festen oder flüssigen Bioenergieträgern betrieben werden, ist aufgrund deren guten Speicherbarkeit sehr hoch, so dass die Betriebsweise vor allem auch unter ökonomischen Gesichtspunkten erfolgt. Von Fall zu Fall kommt somit der Grundlastbetrieb ebenso wie der wärmegeführte Kraft-Wärme-Kopplungs-Betrieb in Frage, wodurch vorrangig die Mittel- und Spitzenlast gedeckt wird.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Neben dem beschriebenen Verfahren sind zur Bewertung des Substitutionspotenzials der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien auch andere Ansätze möglich – vgl. insbesondere den in Klobasa und Ragwitz (2005) beschriebenen Merit-Order-Ansatz. Als Merit-Order bezeichnet man an der Strombörse die Einsatzreihenfolge der Kraftwerke. Der Merit-Order-Effekt postuliert, dass durch die Einspeisung von z. B. Windstrom der Strompreis an der Börse sinken kann. Der Strompreis sinkt dann, wenn EEG-Strom den Marktpreis für konventionellen Strom drückt, selber aber nur überschaubar mehr kostet als die verdrängten Spitzenlastkraftwerke ihren Strom produzieren können. Aus ökonomischer Sicht ist dies durchaus relevant, allerdings sind die Effekte auf die Einsparung fossiler Energieträger durch die Verschiebungen im substituierten fossilen Mix nicht allzu hoch, weil die relevanten EEG-Strommengen (derzeit) noch nicht allzu groß sind.

Die daraus resultierenden Substitutionseffekte konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien sind ausführlich im Rahmen des bereits oben erwähnten Gutachtens für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien - Statistik (AGEE-Stat) untersucht worden, das vom Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung erstellt wurde (Klobasa et al. 2009) und auf das sich die weiteren Ausführungen beziehen.

**Tabelle 33: Substitution konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien - Bezugsjahr 2010 (UBA 2011 und Klobasa et al. 2009).**

	Substitution				
	Kernenergie	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl
<b>Windenergie</b>	0%	6%	64%	30%	0%
<b>Wasserkraft</b>	0%	6%	63%	31%	0%
<b>Geothermie</b>	0%	6%	63%	31%	0%
<b>feste Biomasse</b>	0%	6%	63%	31%	0%
<b>Biogas</b>	0%	6%	64%	31%	0%
<b>Photovoltaik</b>	0%	5%	65%	31%	0%

Um von den substituierten Strommengen auf die eingesparten fossilen Energieträger zu schließen, werden Primärenergiefaktoren verwendet (vgl. Tabelle 34). Die Primärenergiefaktoren geben an, wie viele Einheiten fossile Primärenergie (einschließlich der Vorketten) eingesetzt werden müssen, um eine Einheit Strom bereitzustellen. In die Primärenergiefaktoren gehen zum Großteil die Wirkungsgrade der direkten Energieumwandlung im Kraftwerk ein.

**Tabelle 34: Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Strom für das Jahr 2010 (BMU 2011).**

Energieträger	Primärenergieverbrauch (fossil) in kWh <sub>Prim</sub> /kWh <sub>el</sub>
<b>Braunkohle</b>	2,72
<b>Steinkohle</b>	2,62
<b>Erdgas</b>	2,18
<b>Mineralöl</b>	2,59
<b>Wasserkraft</b>	0,01
<b>Windenergie</b>	0,04
<b>Photovoltaik</b>	0,31
<b>Geothermie</b>	0,47
<b>Feste Biomasse</b>	0,06
<b>Biogas</b>	0,37

Neben den direkten Effekten ist methodisch auch die energetische Bilanzierung indirekter Effekte von Bedeutung und mit in die Primärenergiefaktoren einbezogen. Darunter sind vor-, parallel- und nachgelagerte Prozesse zu verstehen, die in Lebenszyklusanalysen

einfließen und sämtliche Energiebedarfe für die Erstellung der Anlagen, die Aufbereitung und Bereitstellung von Brennstoffen sowie Abriss, Recycling und Entsorgung von Altanlagen berücksichtigen (siehe z. B. GEMIS). Im Bereich der fossilen Energien handelt es sich im Wesentlichen um den Energieaufwand für die Aufbereitung und Bereitstellung von Brennstoffen, seitens der Erneuerbaren Energien ist es die Herstellung von Anlagen, weil hier – mit Ausnahme von Bioenergien – ein Brennstoffkreislauf entfällt. Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Sekundäreffekten. Zu nennen ist beispielsweise der energetische Aufwand bei der Einbindung fluktuierender Energieträger, wie z. B. Wind, in elektrische Netze, weil hier im konventionellen Erzeugungssystem ein erhöhter Bedarf an sog. Regelenergie bzw. -leistung besteht, der zu einem zusätzlichen energetischen Aufwand durch das An- und Abfahren von Kraftwerken und Teillastbetrieb führt. Gegebenenfalls müssen auch Windenergieanlagen zur Gewährleistung der Netzstabilität abgeregelt werden. Dies wird in den folgenden Berechnungen für die beiden fluktuierenden Energieträger Windkraft und Photovoltaik über einen Abschlag von 7 % für den Regelenergieaufwand berücksichtigt (UBA 2009, UBA 2011).

Mit der vorliegenden Substitutionsmethodik wird auch für die einzelnen erneuerbaren Energieträger im Wärmesektor differenziert ermittelt, welche fossilen Energieträger eingespart werden. Die für die einzelnen Technologien zur erneuerbaren Wärmebereitstellung angesetzten Substitutionsbeziehungen sind in Tabelle 35 dargestellt:

**Tabelle 35: Substitution konventioneller Energieträger durch die Wärmeerzeugung mit Erneuerbaren Energien für das Jahr 2010 (BMU 2011 und UBA 2011).**

	Heizöl	Erdgas	Steinkohle	Braunkohle	Fernwärme	Strom
<b>Solarthermie</b>	45%	51%	0%	0%	1%	3%
<b>Wärmepumpen</b>	45%	44%	1%	2%	5%	3%
<b>Biogas</b>	58%	37%	5%	0%	0%	0%
<b>Feste Biomasse in Heiz(kraft)werken</b>	0%	0%	0%	0%	100%	0%
<b>Geothermie</b>	0%	0%	0%	0%	100%	0%

Die Substitution von Fernwärme und Heizstrom als Sekundärenergieträger zur Wärmebereitstellung wird zur Ermittlung der eingesparten fossilen Energieträger auf die Energieträger Mineralöl, Erdgas, Steinkohle und Braunkohle umgerechnet. Für Strom wird angesetzt, dass sich dieser zu jeweils 50 % aus den Primärenergieträgern Steinkohle und Erdgas zusammensetzt. Für Fernwärme wird anhand von BMWi (2011) eine Verteilung von 61 % Erdgas, 29 % Steinkohle sowie 10 % Braunkohle angesetzt (ohne Substitution von Müll und Erneuerbaren Energien).

Analog zum Vorgehen im Stromsektor werden zur Berechnung der fossilen Primärenergieeinsparung im Wärmesektor Primärenergiefaktoren verwendet. Die Faktoren geben an, wie viele Einheiten fossile Primärenergie (einschl. Vorketten) zur Bereitstellung einer Einheit Endenergie zur Wärmebereitstellung einzusetzen sind (vgl. Tabelle 36).

**Tabelle 36: Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Wärme für das Jahr 2010 (BMU 2011).**

<b>Energieträger</b>	<b>Primärenergieverbrauch (fossil) in kWh<sub>Prim</sub>/kWh<sub>End</sub></b>
<b>Erdgas</b>	1,15
<b>Heizöl</b>	1,18
<b>Braunkohle</b>	1,22
<b>Steinkohle</b>	1,38
<b>Fernwärme (einschließlich Netzverluste)</b>	1,19
<b>Strom</b>	1,71
<b>Solarthermie</b>	0,12
<b>Wärmepumpen</b>	0,58
<b>Biogas</b>	0,06
<b>Feste Biomasse</b>	0,02
<b>Geothermie</b>	0,47

Die in der vorliegenden Evaluierung dargestellten Ergebnisse basieren auf einer Berechnung der Netto-Einsparung. Von den durch die Nutzung Erneuerbarer Energien eingesparten fossilen Energiemengen werden jene fossile Energiemengen abgezogen, die im Zusammenhang mit der Nutzung der Erneuerbaren Energien entstehen.

Die in Tabelle 33 und Tabelle 35 angeführten Substitutionsfaktoren werden für die folgenden Berechnungen über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren als konstant angesetzt. Änderungen in der Struktur der substituierten fossilen Energieträger werden somit nicht betrachtet. Analog dazu erfolgt die Abschätzung der vermiedenen Treibhausgasemissionen über einen statischen Ansatz, d.h. mittels über den Betrachtungszeitraum konstanten Parametern.

## A.2 Ermittlung vermiedener Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen

Die Methodik zur Ermittlung der vermiedenen Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen baut auf den Berechnungen zu den eingesparten fossilen Energieträgern auf (vgl. Anhang A.1) und verwendet die von UBA (2011) ermittelten Emissionsfaktoren. Die Berechnungen des UBA konzentrieren sich vor allem aus Gründen der Datenlage und methodischen Unsicherheiten auf eine Auswahl der wichtigsten Treibhausgase und Luftschadstoffe. Diese werden auch für die vorliegende Evaluierung betrachtet. Im Einzelnen sind dies:

- Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O sowie das daraus ermittelte CO<sub>2</sub>-Äquivalent)
- Säurebildner (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> sowie das daraus ermittelte SO<sub>2</sub>-Äquivalent)
- Vorläuferstoffe für bodennahes Ozon (CO, NMVOC) und
- Feinstaub.

Zur Ermittlung der CO<sub>2</sub>- bzw. SO<sub>2</sub>-Äquivalente wurden folgende Treibhausgas- bzw. Versauerungspotenziale zugrunde gelegt:

**Tabelle 37: Relatives Treibhauspotenzial von Treibhausgasen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) bzw. Versauerungspotenzial (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) von Säurebildnern.**

Gas		Relatives Treibhauspotenzial <sup>9</sup> bzw. Versauerungspotenzial <sup>10</sup>
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid	1
CH <sub>4</sub>	Methan	21
N <sub>2</sub> O	Distickstoffoxid	310
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid	1
NO <sub>x</sub>	Stickoxide	0,7

Die Einsparfaktoren gehen auf die in Anhang A.1 dargestellten Substitutionsfaktoren zurück (vgl. Tabelle 33 und Tabelle 35). Je nachdem zu welchen Anteilen fossile Energieträger substituiert werden, ergeben sich für die erneuerbaren Energieträger unterschiedlich hohe Einsparfaktoren. Die verwendeten Einsparfaktoren aus UBA (2011) sind **Netto-Einsparfaktoren**: Es wird also bilanziert, wie hoch die Einsparung aus der Substitution fossiler Energieträger abzüglich der durch die EE-Nutzung verursachten Emissionen ist.

Grundlage für die Netto-Einsparfaktoren sind die Emissionen, die im Zusammenhang mit der Nutzung fossiler sowie erneuerbarer Energieträger entstehen. Bilanziert werden neben den direkt aus dem Anlagenbetrieb resultierenden Emissionen (direkte Emissionen)

<sup>9</sup> Bezogen auf einen Zeithorizont von 100 Jahren mit CO<sub>2</sub> als Referenzsubstanz.

<sup>10</sup> Bezogen auf SO<sub>2</sub> als Referenzsubstanz.



auch diejenigen Emissionen, die in der jeweiligen Vorkette entstehen (indirekte Emissionen).

Für die Technologien zur Stromerzeugung wurden folgende Einsparfaktoren zur Ermittlung der vermiedenen Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen genutzt (vgl. Tabelle 38):

**Tabelle 38: Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffemissionen für die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien für das Jahr 2010 (UBA 2011).**

[g/kWh <sub>el</sub> ]	Wasser- kraft	Wind- energie	Photo- voltaik	Geo- thermie	Feste Bio- masse	Biogas
CO <sub>2</sub>	727,32	672,36	618,90	436,58	721,19	629,51
CH <sub>4</sub>	2,79	2,63	2,52	2,21	2,81	0,25
N <sub>2</sub> O	0,03	0,03	0,02	0,02	-0,01	-0,22
CO <sub>2</sub> -Äquivalente	794,47	735,60	679,11	488,25	778,39	565,21
SO <sub>2</sub>	0,41	0,36	0,19	0,16	0,24	0,19
NO <sub>x</sub>	0,60	0,55	0,42	0,30	-0,27	-1,47
SO <sub>2</sub> -Äquivalente	0,83	0,74	0,49	0,36	0,06	-0,83
CO	0,25	0,18	0,03	0,13	-0,19	-1,30
NMVOG	0,03	0,02	-0,05	-0,01	-0,11	-0,03
Staub	-0,01	-0,01	-0,05	-0,18	-0,01	0,01

Die entsprechenden Faktoren für die Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien zeigt die folgende Tabelle 39:

**Tabelle 39: Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffemissionen für die Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien für das Jahr 2010 (UBA 2011).**

[g/kWh <sub>End</sub> ]	Biomasse Heiz(kraft)werk	Biogas BHKW	Solarthermie	Geothermie
CO <sub>2</sub>	273,22	223,38	219,02	59,73
CH <sub>4</sub>	0,67	-1,00	0,51	0,22
N <sub>2</sub> O	0,00	-0,15	-0,02	0,00
CO <sub>2</sub> -Äquivalente	286,33	156,83	224,52	64,16
SO <sub>2</sub>	0,13	0,16	0,06	0,03
NO <sub>x</sub>	-0,59	-0,99	0,13	0,06
SO <sub>2</sub> -Äquivalente	-0,28	-0,53	0,15	0,07
CO	-0,04	-0,37	-0,05	0,04
NMVOG	-0,01	0,04	0,04	-0,01
Staub	0,00	0,01	-0,09	-0,14

### A.3 Bewertung externer Kosten durch Emission von Treibhausgasen und Luftschadstoffen

Luftschadstoffe beeinträchtigen die Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen und wirken zerstörerisch auf Bauwerke und andere Sachgüter. Treibhausgase tragen zur globalen Klimaänderung bei und führen so ebenfalls zu Schäden. Diese Schäden führen bei den Betroffenen oder der Allgemeinheit zu Kosten, welche nicht vom Verursacher getragen werden, man spricht von „externen“ Kosten.

Bei der Bewertung externer Kosten sind grundsätzlich zwei Ansätze zu unterscheiden: Schadenskosten und Vermeidungskosten. Schadenskosten, d.h. die Bewertung bereits eingetretener oder zukünftig zu erwartender Schäden, sind das auf Basis der Wohlfahrts- theorie angemessene Bewertungskonzept, da nur dieses eine widerspruchsfreie Korrektur der Marktpreise („Internalisierung“) erlaubt. Vermeidungs- oder Zielerreichungskosten ermitteln die zum Erreichen eines bestimmten Umweltziels (beispielsweise einer Luftschadstoffkonzentration) erforderlichen Kosten als Bewertungsmaßstab. Sie stellen eine Näherungslösung dar, falls auf Grund mangelnden Wissens über einen Sachverhalt keine Schadenskosten quantifiziert werden können.

Auf wissenschaftlicher Ebene besteht Konsens, dass zur Ermittlung von Schadenskosten der sog. Wirkungspfadansatz angewendet werden sollte, sofern die Daten- und Informationsgrundlage dafür ausreichen. Abbildung 22 illustriert das Vorgehen des Wirkungspfadansatzes.

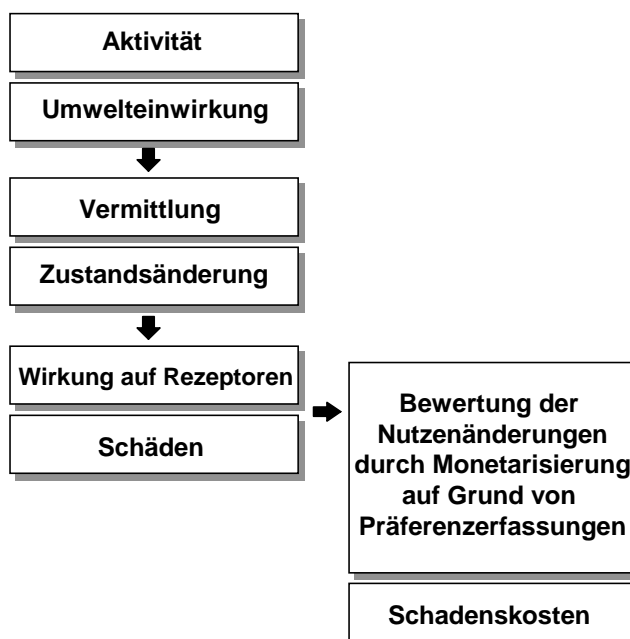


Abbildung 22: Der Wirkungspfadansatz zur Berechnung externer Umweltkosten.

Dabei wird die kausale Wirkungskette von der Umwelteinwirkung über die Vermittlung (z. B. Schadstofftransport und evtl. auftretende chemische Umwandlungsprozesse wie die Bildung von Ozon aus  $\text{NO}_x$  und NMVOC) bis hin zur Wirkung auf verschiedene Rezeptoren (z.B. Menschen, Pflanzen) mit Hilfe von Modellen abgebildet. Die Vermittlung kann auch den Transport von Stoffen über mehrere Medien hinweg (z.B. Deposition von Luftschadstoffen auf dem Boden, Eintrag in das Grundwasser, Weiterleitung in Oberflächenwasser usw.) umfassen. Der letzte Schritt zur Ermittlung von Kosten besteht darin, die quantifizierten physischen Schäden monetär zu bewerten. Die ermittelten Geldwerte geben die veränderten direkten Nutzen durch Einflüsse auf Wohlbefinden und Gesundheit, Nutzungsmöglichkeiten der Umwelt oder sonstiger betroffener Güter wieder, also den Nutzenverlust für die Betroffenen.

Um den Wirkungspfadansatz nicht für jeden Anwendungsfall neu durchführen zu müssen, werden Bewertungsansätze u.a. für Luftschadstoffemissionen bereitgestellt, die für eine große Bandbreite von Anwendungen verwendbar sind. Die aktuellste und umfassendste Untersuchung hierzu wurde im Rahmen des NEEDS-Projektes (New Energy Externalities Development for Sustainability) im Auftrag der Europäischen Kommission durchgeführt. Als Ergebnis steht ein System konsistenter Wertansätze für Luftschadstoffemissionen zur Verfügung, auf das in dieser Untersuchung zurückgegriffen wird. Schäden durch  $\text{CO}_2$ -Emissionen werden auf Basis von Krewitt und Schlomann (2006) bewertet; Wertansätze für  $\text{CH}_4$  und  $\text{N}_2\text{O}$  werden abgeleitet, indem der Wertansatz für  $\text{CO}_2$  mit dem relativen Treibhauspotenzial von  $\text{CH}_4$  und  $\text{N}_2\text{O}$  (vgl. Tabelle 37) gewichtet wird. Diese Bewertung ist konsistent mit der Berichterstattung für das BMU, vgl. insbesondere BMU (2011), Breitschopf et al. (2010) und Fichtner et al. (2010). Die verwendeten Wertansätze sind in Tabelle 23 im Textteil aufgeführt.

## A.4 Referenzanlagen

Im folgenden Teil des Anhangs sind die Eingangsdaten zur Berechnung der Energiebereitstellung sowie zur Abschätzung der Betriebskosten der geförderten EE-Anlagen dargestellt. Die Energiemengen dienen der darauf aufbauenden Abschätzung der eingesparten fossilen Energieträger und der damit verbundenen Emissionsvermeidung von Treibhausgasen und Luftschadstoffen. Die Betriebskosten der Anlagen gehen in die Abschätzungen zur Ermittlung der Arbeitsplatzeffekte ein.

Für jeden der erneuerbaren Energieträger wurden Referenzwerte für eine oder mehrere Referenzanlagen ermittelt, anhand derer die Energiemengen und Betriebskosten der geförderten Anlagen ermittelt wurden. Im Folgenden wird zunächst in Textform auf die Besonderheiten bestimmter Anlagen eingegangen.

Sonderfälle stellen insbesondere einzelne Fördertatbestände im KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Premium“, dar. Dazu zählt die Förderung von Leitungen für unaufbereitetes Biogas, Anlagen zur Biogasaufbereitung und -einspeisung in das Erdgasnetz, großen Wärmespeichern sowie Wärmenetzen, die überwiegend aus Erneuerbaren Energien gespeist werden. Mit den genannten Technologien, insbesondere mit Nahwärmenetzen und Biogasleitungen, wird ein wichtiger Beitrag zum Strukturwandel im Wärmemarkt geleistet. Eine Zurechnung von Wirkungen (d.h. die Einsparung fossiler Energieträger und die daraus resultierende Vermeidung von Emissionen) ist für die genannten Technologien des KfW-Programms Erneuerbare Energien „Premium“ jedoch mit erhöhtem Aufwand und größeren Unsicherheiten verbunden. Die Wirkungen der geförderten Maßnahmen sind in diesen Fällen nur über eine Reihe von Annahmen abzuschätzen. Die Herangehensweise wird im Folgenden für die einzelnen Technologien kurz dargestellt.

Nachdem im Jahr 2008 lediglich 10 **große Wärmespeicher** gefördert wurden, stieg die Anzahl der Förderzusagen im Jahr 2009 auf 105 bzw. 111 im Jahr 2010. Die mittlere Speicherkapazität der im Jahr 2010 geförderten Anlagen liegt bei rund 53,7 m<sup>3</sup> pro Speicher, das insgesamt geförderte Speichervolumen beläuft sich damit auf 5.965 m<sup>3</sup>. Große Wärmespeicher dienen in der Regel dem Ausgleich der tageszeitlich schwankenden Wärmelast. Darüber hinaus können große Wärmespeicher in Verbindung mit solarthermischen Großanlagen zur saisonalen Speicherung größerer Wärmemengen dienen. Zu diesem Anwendungsgebiet gibt es bereits erste Pilotprojekte. Die hier betrachteten geförderten Wärmespeicher können jedoch näherungsweise dem Bereich der Kurzzeitspeicherung auf Wasserbasis zugeordnet werden, da die saisonale Speicherung bzw. der Einsatz von Phasenwechselmaterialien noch keine relevante Marktdurchdringung erreicht haben. Kurzzeitspeicher sparen Brennstoff ein, da durch die Nutzung des Speichers die Taktfrequenz der Wärmeerzeugungsanlage verringert wird. Dem gegenüber stehen die

Wärmeverluste und der Energieaufwand zur Herstellung des Speichers. Für die vorliegende Evaluierung kann der Einfluss der Speicher jedoch vernachlässigt werden.

Im Jahr 2010 sind 17 Anlagen zur **Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz** gefördert worden, davon 6 Anlagen im Rahmen des Programmteils „Premium“ mit einer Einspeisekapazität von bis zu 350 Nm<sup>3</sup>/h pro Anlage<sup>11</sup>. Insgesamt werden mit den geförderten Anlagen rund 5.600 Nm<sup>3</sup>/h Bioerdgas bereitgestellt. Da die Antragsteller keine Angaben darüber zu machen haben, welcher Verwendung das Erdgas zugeführt wird, werden zur Berechnung der Wirkungen im Rahmen dieser Studie Annahmen getroffen, mit denen eine gemittelte Referenzanlage betrachtet wird. Für das Erdgassubstitut wird angenommen, dass dieses vollständig zur Verstromung in Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt wird. Für den in KWK verstromten Produktgasanteil wird dieselbe Substitutionsmethode angesetzt wie für Strom und Wärme aus einer üblichen Biogasanlage. Die Einsparung fossiler Energieträger und die Treibhausgas-Minderung, die nach der oben dargestellten Methodik ermittelt wird, darf jedoch nicht vollständig der Biogasaufbereitungsanlage zugerechnet werden. Deshalb ist zusätzlich die Definition einer kontrafaktischen Anlage notwendig, d.h. einer Anlage in der dieselbe Energiemenge im Biogas in Kraft-Wärme-Kopplung – jedoch ohne Gaseinspeisung und mit einer geringeren Wärmenutzung – verstromt wird. Bei dieser fiktiven Vergleichsanlage wird das Biogas nicht aufbereitet und eingespeist, sondern vor Ort direkt genutzt. Der Anteil der Wärmenutzung wird auf 20 % angesetzt. Die für die kontrafaktische Anlage ermittelte Einsparung wird von der Einsparung abgezogen, die für die gesamte Anlage mit Biogasaufbereitung und -einspeisung ermittelt wurde. Es wird weiterhin vereinfachend angenommen, dass durch die Aufbereitung und Einspeisung des Biogas mit anschließender Nutzung in Blockheizkraftwerken keine zusätzlichen Emissionen anfallen, außer für den zur Aufbereitung erforderlichen Strombedarf.

Im Förderjahr 2010 sind 212 **Biogasleitungen** zum Transport von unaufbereitetem Rohgas gefördert worden. Davon wurden drei Rohbiogasleitungen im Zusammenhang mit der Aufbereitung und Einspeisung von Biogas errichtet. Diese drei Förderfälle werden hier nicht separat berücksichtigt. Die Nutzung von Rohgasleitungen als sogenanntes Mikrogasnetz dient in der Regel einer höheren Wärmenutzung durch die Aufteilung des Biogas auf mehrere BHKW. Somit werden anstatt eines zentralen Groß-BHKW zwei oder mehrere dezentrale BHKW eingesetzt, deren Dezentralität eine erhöhte Wärmenutzung gegenüber einem zentralen Groß-BHKW erlaubt.

Die Nutzung von Biogasleitungen konzentriert sich im Wesentlichen auf folgende zwei Modellfälle (IFEU, ZSW 2010): Im Falle eines Biogasanlagen-Neubaus wird das Biogas auf zwei oder mehrere BHKW verteilt. Ohne die Nutzung der Biogasleitung würde das Biogas in einem großen BHKW genutzt werden. Dieses hat einen höheren elektrischen

---

<sup>11</sup> Nm<sup>3</sup> = Normkubikmeter.

Wirkungsgrad, die Wärmenutzung wäre jedoch geringer. Es wird angesetzt, dass bei der Nutzung einer Rohgasleitung ein um 3 % geringerer elektrischer Wirkungsgrad vorliegt und gleichzeitig die Wärmenutzung um weitere 55 % der insgesamt zur Verfügung stehenden Abwärme erhöht wird. Im zweiten Modellfall wird eine bereits vorhandene Biogasanlage um ein zusätzliches BHKW erweitert. Eine Wirkungsgradkorrektur ist hier nicht erforderlich, es wird lediglich eine erhöhte Wärmenutzung von 55 % durch Einsatz einer Rohgasleitung angesetzt. In beiden Fällen wird Strom zur Trocknung, Verdichtung und Kühlung des Rohgases benötigt. Dafür wird eine elektrische Leistung von 4 kW angesetzt. Zur Ermittlung dieses Werts wurde im Rahmen einer groben Simulation von einem Volumenstrom von rund 200 m<sup>3</sup>/h ausgegangen (entspricht bei einem Wirkungsgrad von 35 % sowie einem Heizwert von 6 kWh/m<sup>3</sup> einer elektrischen Leistung des BHKW von 420 kW). Es wird weiterhin vereinfachend angenommen, dass der erhöhte Wärmeabsatz durch die Nutzung von Biogasleitungen keine zusätzlichen Emissionen auf Seiten der Biogasanlage verursacht, außer für den zur Trocknung, Verdichtung und Kühlung erforderlichen Strombedarf. Nach (IFEU, ZSW 2010) wurde angesetzt, dass sich die geförderten Biogasleitungen zu einem Drittel auf Neubauten und zwei Dritteln auf Erweiterungen von Biogasanlagen verteilen.

**Wärmenetze als eigenständige Maßnahme** werden seit dem Jahr 2008 gefördert. Vorher war eine Förderung nur möglich, wenn im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien gleichzeitig ein Förderantrag für eine Anlage zur Wärmebereitstellung gestellt wurde. Für die Berechnung der eingesparten fossilen Energieträger und daraus resultierenden Emissionseinsparung wird den geförderten Wärmenetzen eine Wärmemenge zugerechnet, die abhängig von der einspeisenden Wärmeerzeugungstechnologie ist.

Im Jahr 2010 wurden 846 Nahwärmenetze als eigenständige Maßnahme gefördert<sup>12</sup>. Abhängig von der Leistung der einspeisenden Biomasse- oder Biogasanlagen wird den Wärmenetzen ein erhöhter Wärmeabsatz zugerechnet. Dieser wird für Biomasseanlagen auf 1.000 zusätzliche Volllaststunden und für Biogasanlagen auf 3.750 zusätzliche Volllaststunden angesetzt<sup>13</sup>. Die zusätzliche Wärmenutzung ist für Biomasseanlagen mit einem erhöhten Brennstoffbedarf verbunden. Dagegen steht die Wärme, die aus Biogasan-

---

<sup>12</sup> Dies umfasst nicht diejenigen Nahwärmenetze, bei denen gleichzeitig eine Anlage zur Wärmebereitstellung gefördert wurde, welche zusammen mit diesen Anlagen ausgewertet wurden.

<sup>13</sup> Dies entspricht für Biomasseanlagen einem erhöhten Wärmeabsatz von etwa 50 %. Bei Biogasanlagen entsprechen 3.750 zusätzliche Volllaststunden (bei einer Ausgangsbasis von 30 % Wärmenutzung) einer zusätzlichen Nutzung von 75 % der Überschusswärme, die ansonsten ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird. Der zusätzliche Wärmeabsatz wird über die angegebenen Anschlussleistungen berechnet (vgl. die folgenden Tabellen zu den Referenzanlagen), die mittels einer Stichprobe erfasst wurden. Dabei wird nicht berücksichtigt, dass Biogasanlagen in verschiedenen Bundesländern unterschiedlich groß sind (die mittlere Anlagenleistung in Baden-Württemberg und Bayern ist etwa als halb so groß, wie in Niedersachsen (DBFZ 2011)).

lagen in ein neu errichtetes Wärmenetz eingespeist wird, kostenlos zur Verfügung, da die Wärmemenge ansonsten ungenutzt an die Umgebung abgegeben worden wäre<sup>14</sup>.

Aktualisiert wurde die Verteilung der Wärmenetze auf die beiden wichtigsten Wärmequellen Biogasanlagen sowie Biomasseheizwerke. Während für die Evaluierung 2009 eine Verteilung der Wärmenetze auf 60 % Biogas und 40 % feste Biomasse ermittelt wurde, ergab eine Stichprobe von 100 Antragsformularen aus dem Förderjahrgang 2010, dass der Anteil der mit Abwärme aus Biogasanlagen gespeisten Wärmenetze mit 64 % weitgehend konstant geblieben ist. Wie in den Evaluierungen der vorangegangenen Förderjahre wird auch in der Abschätzung für 2010 die Einspeisung von solarthermischer Wärme nicht berücksichtigt, da dieser Nutzungsbereich derzeit noch vernachlässigt werden kann. Bei der Ermittlung der vermiedenen fossilen Energieträger, Treibhausgase und Luftschadstoffe wird für die mit Wärmleitungen erschlossene Abwärme von Biogasanlagen vereinfachend angesetzt, dass keine zusätzlichen Emissionen für den Betrieb der Biogasanlage anfallen (der Strombedarf zum Betrieb der Pumpen für das Nahwärmenetz wird vernachlässigt).

In den folgenden Tabellen werden für die einzelnen EE-Technologien die eingangs erwähnten Ausgangsdaten zur Berechnung der Energiemengen (Strom und Wärme) und der jährlichen Betriebskosten dargestellt (Referenzanlagen). Sofern die Betriebskosten über Anteile an der Investitionssumme ermittelt werden, sind die Investitionen zusätzlich ausgewiesen.

**Tabelle 40: Photovoltaikanlage mit 23 kW<sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen bis 100 kW<sub>p</sub>**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	23	kW <sub>p</sub>
	Spezifische Investitionskosten	2.823	€/kW <sub>p</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	65.054	€
	Spezifischer Stromertrag	900	kWh/kW <sub>p</sub>
	Jährlicher Stromertrag	20.738	kWh/a
	Personaleinsatz	0,0	a
	Wartung und Instandhaltung	1,0	%/a von I <sub>0</sub>
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5	%/a von I <sub>0</sub>
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Personalkosten	0	€/a
	Wartung und Instandhaltung	651	€/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	325	€/a
	Gesamte Betriebskosten	976	€/a

<sup>14</sup> Der genutzte Anteil der bereitgestellten Wärme beträgt beim Großteil der Biogasanlagen lediglich 20 bis 30 %, womit der Fermenter sowie die unmittelbar angrenzenden Wärmeverbraucher (Wohnhaus, Betriebsgebäude, Stallungen) beheizt werden.

**Tabelle 41: Photovoltaikanlage mit 238 kW<sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen von 101 bis 1.000 kW<sub>p</sub>**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	238	kW <sub>p</sub>
	Spezifische Investitionskosten	2.697	€/kW <sub>p</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	642.067	€
	Spezifischer Stromertrag	950	kWh/kW <sub>p</sub>
	Jährlicher Stromertrag	226	MWh/a
	Personaleinsatz	0,0	a
	Wartung und Instandhaltung	1,0	%/a von I <sub>0</sub>
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5	%/a von I <sub>0</sub>
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Personalkosten	0	€/a
	Wartung und Instandhaltung	6.421	€/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	3.210	€/a
	Gesamte Betriebskosten	9.631	€/a

**Tabelle 42: Photovoltaikanlage mit 3,3 MW<sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen über 1.000 kW<sub>p</sub>**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	3.291	kW <sub>p</sub>
	Spezifische Investitionskosten	2.565	€/kW <sub>p</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	8,4	Mio. €
	Spezifischer Stromertrag	950	kWh/kW <sub>p</sub>
	Jährlicher Stromertrag	3.127	MWh/a
	Personaleinsatz	0,25	a
	Wartung und Instandhaltung	1,0	%/a von I <sub>0</sub>
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5	%/a von I <sub>0</sub>
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Personalkosten	12.500	€/a
	Wartung und Instandhaltung	84.420	€/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	42.210	€/a
	Gesamte Betriebskosten	139.129	€/a

**Tabelle 43: Windenergieanlage mit 2 MW.**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	2.000	kW
	Volllaststunden	2.050	h
	Jährlicher Stromertrag	4.100	MWh/a
	Betriebskosten	2,4	ct/kWh <sub>el</sub>
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Gesamte Betriebskosten	98.400	€/a



Tabelle 44: Biomasse-Heizkraftwerk mit 650 kW.

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	647	kW <sub>el</sub>
	Thermische Leistung	1.991	kW <sub>th</sub>
	Volllaststunden	5.000	h
	Jährlicher Stromertrag	3.235	MWh/a
	Wärmebereitstellung	9.953	MWh/a
	Wärmenutzung (70 %)	6.967	MWh/a
	Spezifische Investitionskosten	4.708	€/kW <sub>el</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	3,0	Mio. €
	Personaleinsatz	2	a
	Wartung und Instandhaltung	2,0	%/a von I <sub>0</sub>
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	1,2	%/a von I <sub>0</sub>
	<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Personalkosten	0,10
Wartung und Instandhaltung		0,06	Mio. €/a
Versicherung, Verwaltung, Pacht		0,04	Mio. €/a
Gesamte Betriebskosten (ohne Brennstoffe)		0,20	Mio. €/a

Tabelle 45: Biogasanlage mit 292 kW<sub>el</sub>.

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	292	KW <sub>el</sub>
	Thermische Leistung	281	KW <sub>th</sub>
	Volllaststunden	7.000	h
	Jährlicher Stromertrag	2.043	MWh/a
	Wärmebereitstellung	1.965	MWh/a
	Wärmenutzung (25 %)	491	MWh/a
	Spezifische Investitionskosten	3.702	€/kW <sub>el</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	1.080.451	€
	Personaleinsatz	1,0	a
	Wartung und Instandhaltung	3,0	%/a von I <sub>0</sub>
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	1,0	%/a von I <sub>0</sub>
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Personalkosten	50.000	€/a
	Wartung und Instandhaltung	32.414	€/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	10.805	€/a
	Gesamte Betriebskosten (ohne Substratkosten)	93.218	€/a

**Tabelle 46: Wasserkraftanlage mit 160 kW.**

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	160	kW
	Spezifische Investitionskosten	3.660	€/kW
	Investitionskosten ( $I_0$ )	586.260	€
	Volllaststunden	5.000	h
	Strombereitstellung	801	MWh/a
	Wartung und Reparatur, Versicherung	1,5	%/a von $I_0$
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5	%/a von $I_0$
	Sonstige variable Kosten	2,9	€/MWh
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Wartung und Reparatur, Versicherung	8.794	€/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	2.931	€/a
	Sonstige variable Kosten	2.323	€/a
	Gesamte Betriebskosten	14.048	€/a

**Tabelle 47: Solarthermische Anlage mit 88 m<sup>2</sup>.**

<b>Basisdaten</b>	Kollektorfläche	88	m <sup>2</sup>
	Spezifische Investitionskosten	849	€/m <sup>2</sup>
	Investitionskosten ( $I_0$ )	74.632	€
	Spezifischer Wärmeertrag	370	kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Wärmebereitstellung	32,5	MWh/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	1,5	%/a von $I_0$
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Gesamte Betriebskosten	1.119	€/a

**Tabelle 48: Biogasleitung**

<b>Basisdaten</b>	Leitungslänge	1.587	m
	spez. Investitionskosten Biogasleitung (einschl. Gasverdichter)	126	€/m
	Investitionskosten ( $I_0$ ) Biogasleitung	199.344	€
	Leistung Biogasanlage	420	kW
	Volllaststunden	7.000	h
	Anteil Wärmenutzung	30	%
	Stromkennzahl	0,90	
	Wärmenutzung (ohne BG-Leitung)	980	MWh/a
	zusätzliche Wärmenutzung durch BG-Leitung (anteilig)	50	%
	zusätzliche Wärmenutzung	1.606	MWh/a
	Stromverbrauch Gastrocknung, -verdichtung	84	MWh/a
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Gesamte Betriebskosten	10.920	€/a

**Tabelle 49: Wärmenetz mit Wärmeeinspeisung aus einem Holzheizwerk**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	239	kW
	Trassenlänge	760	m
	Spezifische Investitionskosten	236	€/m
	Investitionskosten ( $I_0$ )	179.482	€
	zusätzliche Volllaststunden	1.000	h
	zusätzliche Wärmebereitstellung	239	MWh/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	1,5	%/a von $I_0$
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Gesamte jährliche Kosten	2.692	€/a

**Tabelle 50: Wärmenetz mit Wärmeeinspeisung aus einer Biogasanlage**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	339	kW
	Trassenlänge	705	m
	Spezifische Investitionskosten	236	€/m
	Investitionskosten ( $I_0$ )	166.494	€
	zusätzliche Volllaststunden	3.750	h
	zusätzliche Wärmebereitstellung	1.271	MWh
	Wartung, Reparatur und Betrieb	1,5	%/a von $I_0$
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Gesamte jährliche Kosten	2.497	€/a

**Tabelle 51: Biomasse-Heizwerk mit 300 kW (ohne Nahwärmenetz).**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	300	kW
	Spezifische Investitionskosten	490	€/kW
	Investitionskosten ( $I_0$ )	147.016	€
	Volllaststunden	1.800	h
	Wärmebereitstellung	540	MWh/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	6	%/a von $I_0$
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Gesamte Betriebskosten (ohne Brennstoffkosten)	8.821	€/a

**Tabelle 52: Biomasse-Heizwerk mit 275 kW (mit Nahwärmenetz).**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	275	kW
	Spezifische Investitionskosten	1.322	€/kW
	Investitionskosten ( $I_0$ )	362.994	€
	Volllaststunden	2.500	h
	Wärmebereitstellung	686	MWh/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	6	%/a von $I_0$
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Gesamte Betriebskosten (ohne Brennstoffkosten)	21.780	€/a

## A.5 Energiepreise Förderjahr 2010

**Tabelle 53: Übersicht über die verwendeten Preissteigerungsraten und Annuitäten für Energiepreise (Preisbasis 2009). Quellen: BMWi (2011), Nitsch et al. (2010)**

Energieträger	Annuität in €/GWh	mittlere reale Preissteigerungsrate p.a.
Rohöl (Importpreis)	47.930	2,5 %
Erdgas (Importpreis)	31.560	3,8 %
Steinkohle (Importpreis)	15.820	3,9 %
Erdgas (frei Kraftwerk)	33.690	3,4 %
Steinkohle (frei Kraftwerk)	16.490	3,5 %
Braunkohle (frei Kraftwerk)	4.980	1,0 %
Heizöl (Verbraucherpreis)	81.820	3,3 %
Erdgas (Verbraucherpreis)	93.010	4,3 %
Steinkohle (Verbraucherpreis)	48.950	3,5 %
Braunkohle (Verbraucherpreis)	53.920	1,0 %

Zur ausführlichen Darstellung der angenommenen Preisentwicklungen wird auf Nitsch et al. (2010) verwiesen. Der für diese Studie gewählte Preispfad „A: Deutlich“ stellt aus heutiger Sicht die realistischste Entwicklung dar.

Sämtliche Energiepreise sind ohne Mehrwertsteuer angegeben. Weiterhin werden im Rahmen dieser Studie externe Effekte der Nutzung fossiler Energieträger bzw. die Internalisierung dieser Effekte nicht berücksichtigt. Die angegebenen Energiepreise stellen somit nur die reinen Brennstoffkosten ohne CO<sub>2</sub>-Aufschläge dar.

Durch das geänderte Ausgangsjahr 2010, durch die Anhebung der Preisbasis von 2005 auf 2009 sowie durch leichte Änderungen in den Preispfaden in Nitsch et al. (2010) (Erdgas 2010 bis 2015 billiger, Rohöl 2010 bis 2015 teurer) resultieren abweichende Annuitäten im Vergleich zu den Vorgängerstudien.

Tabelle 54 zeigt ein Beispiel für die Berechnung der Annuität aus einer Zeitreihe. Ausgangsbasis der Berechnungen sind die Eckdaten in der linken Tabelle. Diese werden in der rechten Tabelle linear interpoliert und in €/GWh umgerechnet. Mit dem kalkulatorischen Zinssatz von 6 % werden die jährlichen Werte auf das Basisjahr abgezinst und zu einem Kapitalwert aufsummiert. Der Kapitalwert wird anschließend mit dem kalkulatorischen Zinssatz in eine Annuität umgerechnet.

**Tabelle 54: Berechnung der Annuität am Beispiel Erdgas (Haushalte).**

Ausgangswerte:		Interpolierte Werte abgezinst		
Jahr	€/GWh	Jahr	€/GWh	€/GWh
2010	52.864	2010	52.864	52.864
2015	87.328	2011	59.757	56.374
2020	98.667	2012	66.650	59.318
2025	109.164	2013	73.543	61.748
2030	120.503	2014	80.436	63.712
		2015	87.328	65.257
		2016	89.596	63.162
		2017	91.864	61.095
		2018	94.131	59.059
		2019	96.399	57.058
		2020	98.667	55.095
		2021	100.766	53.082
		2022	102.866	51.121
		2023	104.965	49.212
		2024	107.065	47.355
		2025	109.164	45.551
		2026	111.432	43.865
		2027	113.700	42.224
		2028	115.967	40.628
		2029	118.235	39.078
		Kapitalwert		1.066.858
		Annuität		93.014

Kalkulatorischer Zinssatz: 6 %

## A.6 Ermittlung von Bruttobeschäftigungseffekten

Beschäftigungswirkungen ergeben sich aus den Investitionen in und dem Betrieb von geförderten Anlagen. Darüber hinaus ist zwischen direkten Effekten bei Anlagenherstellern, -errichtern sowie Wartungsfirmen auf der einen Seite und den indirekten Effekten aus Vorleistungen wie Lieferungen von Vorprodukten auf der anderen Seite zu unterscheiden.

Die Errichtung und der Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien ist das Ergebnis von Entscheidungen privatwirtschaftlicher Akteure. Einen wichtigen Einflussfaktor stellen dabei unterschiedliche Fördermaßnahmen des Staates oder von Förderträgern dar, welche die erwartete Rentabilität und damit das privatwirtschaftliche Investitionskalkül beeinflussen. In diesem Sinne wird hier von „durch Fördermaßnahmen ausgelöster Bruttobeschäftigung“ gesprochen, wenn die zugrunde liegenden Investitionen durch Fördermaßnahmen der KfW mitfinanziert wurden.

Die Schätzung der durch die Fördermaßnahmen der KfW im Bereich der Erneuerbaren Energien ausgelösten Bruttobeschäftigung basiert auf einem nachfrageorientierten Ansatz, der als Ausgangspunkt die durch die unterschiedlichen Förderprogramme ausgelöste Nachfrage nach Gütern hat. Als wesentliche Komponenten der in die Untersuchung einbezogenen Nachfrage werden die Investitionen in neu installierte Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien sowie die damit über den gesamten unterstellten Lebenszyklus der Anlagen verbundenen laufenden Aufwendungen zum Betrieb und zur Wartung berücksichtigt.<sup>15</sup>

Die modellgestützte Berechnung der Bruttobeschäftigung basiert methodisch auf der Input-Output-Analyse bzw. präzise ausgedrückt auf der Anwendung des offenen statischen Input-Output-Mengenmodells<sup>16</sup>. Mit diesem Schätzansatz werden nicht nur die (direkten) Beschäftigten ermittelt, die in den Unternehmen arbeiten, die selbst die nachgefragten Güter wie Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren, sondern es werden auch die Beschäftigten erfasst, die in jenen Unternehmen arbeiten, die Vorprodukte zur Herstellung der gefertigten Anlagen bereit stellen. Es werden mit dieser Methode also auch jene Beschäftigungsanteile abgeschätzt, die indirekt in den Vorleistungen zur Erstellung von nachgefragten Anlagen enthalten sind. Falls beispielsweise ein Mitarbeiter in einem Stahlwerk Stahl produziert, der später beim Bau einer Windkraftanlage Verwendung findet, wird genau der entsprechende Anteil des Arbeitsvolumens des Mitarbeiters

---

<sup>15</sup> Andere mit der Nutzung der geförderten Anlagen verbundene Nachfrageelemente, wie zum Beispiel die mit der Verteilung oder dem Verkauf des produzierten Ökostroms verbundene Beschäftigung, bleiben unberücksichtigt.

<sup>16</sup> Unter methodischer Perspektive erfolgt eine Zurechnung der Produktionswirkungen und daraus abgeleiteter Beschäftigungswirkungen zu empirisch ermittelten Endnachfragekomponenten.

modellmäßig der hier betrachteten Beschäftigung zugerechnet, obwohl dem Mitarbeiter selbst der Zusammenhang seiner Tätigkeit mit Erneuerbaren Energien unbekannt ist.

Das methodische Vorgehen setzt als wichtige Bausteine folgende Elemente voraus:

- Eine quantitative Abschätzung der im Inland wirksamen Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen auf Basis der betrachteten Förderprogramme im Berichtsjahr 2010. Voraussetzung hierfür sind empirische Informationen über den Import von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien. Die Abschätzung der Importe ist wichtig, weil nur für die im Inland produzierten Anlagen Beschäftigung in Deutschland anfällt, importierte Anlagen dagegen zu Produktions- und Beschäftigungswirkungen im Ausland (im jeweiligen Produktionsland) führen.<sup>17</sup> Informationen über Anlagenimporte sind schwierig zu ermitteln, hier wird auf Ergebnisse einer umfassenden Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Lehr et al. 2011) sowie auf aktuelle Ergebnisse für das Berichtsjahr 2010 (O'Sullivan et al. 2011) zurückgegriffen. Die im Inland wirksame Nachfrage ergibt sich, indem von der Schätzung der geförderten Investitionen nach Sparten die in der jeweiligen Sparte aus dem Ausland bezogenen Anlagen abgezogen werden.
- Eine Beschreibung der erneuerbaren Energietechnologien im Analyserahmen der Input-Output-Analyse, insbesondere eine Beschreibung der neu definierten Produktionsbereiche
  - Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in den betrachteten sieben Sparten (Wind, Photovoltaik, Solarthermie, Wasserkraft, Biomasse, Biogas und Geothermie)
  - Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in den betrachteten sieben Sparten (Wind, Photovoltaik, Solarthermie, Wasserkraft, Biomasse, Biogas und Geothermie)
  - Die Daten zur Beschreibung der Branchen zur Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien sowie der Bereiche zum Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien entsprechen den Ergebnissen aus Lehr et al. (2011). Die Fortschreibung der Arbeitsproduktivitäten für das Berichtsjahr 2010 sind mit der aktuellen Schätzung für das Berichtsjahr 2010 abgestimmt (O'Sullivan et al. 2011).
- Als Input-Output-Tabelle für Deutschland wird die derzeit aktuellste Tabelle für das Berichtsjahr 2007 (vgl. Statistisches Bundesamt 2010) verwendet. Die Arbeitskoeffizienten (Anzahl der Beschäftigten je Einheit Bruttoproduktionswert), die sich aus der amtlichen Tabelle für das Jahr 2007 ergeben, werden in der sektoralen Gliederung der verwendeten Input-Output-Tabelle bis zum Jahr 2010 fortge-

---

<sup>17</sup> Dabei wird in Übereinstimmung mit Lehr et al. (2011) angenommen, dass der Beschäftigungseffekt durch Installation von importierten Anlagen vernachlässigt werden kann.



schrieben. Für die Abschätzung der Beschäftigung aus dem Betrieb der Anlagen über die unterstellte Lebensdauer von 20 Jahren werden darüber hinaus Fortschreibungen der sektoralen Arbeitsproduktivitäten über einen längeren Zeitraum durchgeführt, die mit größeren Unsicherheiten als die übrigen Fortschreibungen verbunden sind.

Für die Wirkung der Investitionen auf die Beschäftigungseffekte wurde angenommen, dass die gesamten Investitionen zu Beschäftigung im Jahr 2010 führen. Es wurden also alle Investitionen als im Jahr 2010 beschäftigungswirksam angenommen. Die Beschäftigung durch den Betrieb der Anlagen wurde für die auf die Errichtung folgenden 20 Jahre (2010 bis 2029) abgeschätzt.