



# **Evaluierung der inländischen KfW-Programme zur Förderung Erneuerbarer Energien im Jahr 2012**

**Gutachten im Auftrag der KfW Bankengruppe**

**September 2013**



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. September 2013**

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	IV
Tabellenverzeichnis .....	VI
Abkürzungsverzeichnis .....	IX
Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger .....	XI
Abstract for Political Decision Makers .....	XIII
<b>1 Einführung.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Geförderte Vorhaben und ausgelöste Investitionen .....</b>	<b>3</b>
2.1 Datengrundlage Förderjahrgang 2012.....	4
2.2 Ausgelöstes Investitionsvolumen.....	5
2.3 Geförderte Leistung .....	10
2.4 Vergleich mit den Förderjahrgängen 2010 und 2011 .....	15
<b>3 Einsparung fossiler Energieträger .....</b>	<b>20</b>
3.1 Einsparung fossiler Energieträger .....	21
3.2 Vermiedene fossile Energieimporte .....	24
3.3 Vermiedene Kosten für fossile Energieträger .....	26
3.4 Vergleich mit den Förderjahrgängen 2010 und 2011 .....	26
<b>4 Vermiedene Emissionen und vermiedene externe Kosten.....</b>	<b>29</b>
4.1 Vermiedene Treibhausgasemissionen .....	29
4.2 Vermiedene Luftschadstoffemissionen .....	33
4.3 Vermiedene externe Kosten .....	34
4.4 Vergleich der Treibhausgasminderung mit den Förderjahrgängen 2010 und 2011 .....	38
<b>5 Bruttobeschäftigungseffekte in Deutschland .....</b>	<b>39</b>
5.1 Eingangsdaten.....	40
5.2 Ergebnisse .....	41
5.3 Vergleich mit den Förderjahrgängen 2010 und 2011 .....	44
<b>6 Zusammenfassung .....</b>	<b>46</b>
Literaturverzeichnis .....	54
Anhang .....	56
A.1 Ermittlung der Einsparung fossiler Energieträger .....	56
A.2 Ermittlung vermiedener Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen .....	61
A.3 Bewertung externer Kosten durch Emission von Treibhausgasen und Luftschadstoffen .....	63
A.4 Referenzanlagen .....	65
A.5 Energiepreise Förderjahr 2012 .....	73
A.6 Ermittlung von Bruttobeschäftigungseffekten .....	75

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mit im Jahr 2012 zugesagten Darlehen der KfW-Programme finanziertes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Bundesländern. ....	6
Abbildung 2: Darlehenszusagen, Darlehensvolumen und unterstütztes Investitionsvolumen nach Förderprogrammen. ....	15
Abbildung 3: Darlehenszusagen, Darlehensvolumen und unterstütztes Investitionsvolumen nach Verwendungszwecken der Förderung. ....	16
Abbildung 4: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Bundesländern, Jahren und Technologien. ....	17
Abbildung 5: KfW-geförderte elektrische Leistung nach Technologien für die Förderjahre 2010 bis 2012. ....	18
Abbildung 6: Struktur des Primärenergieverbrauchs, der Bruttostromerzeugung sowie des Endenergieverbrauchs zur Wärmebereitstellung in Deutschland. ....	20
Abbildung 7: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2012. ....	22
Abbildung 8: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern und Technologien für den Förderjahrgang 2012. ....	23
Abbildung 9: Jährliche Einsparung fossiler Brennstoffe (Primärenergie) der von der KfW geförderten Vorhaben 2010 bis 2012 nach Technologien. ....	27
Abbildung 10: Vermiedene jährliche Brennstoffkosten und vermiedene Kosten für importierte Brennstoffe für die in den Jahren 2010 bis 2012 von der KfW geförderten Vorhaben im Bereich Erneuerbare Energien. ....	28
Abbildung 11: Jährliche Vermeidung von Treibhausgasen durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2012. ....	31
Abbildung 12: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologien und Schadenskategorien für das Förderjahr 2012. ....	37
Abbildung 13: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Schadenskategorien und Technologien für das Förderjahr 2012. ....	37
Abbildung 14: Treibhausgasvermeidung der von der KfW geförderten Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjahrgänge 2010 bis 2012. ....	38
Abbildung 15: Durch die Investition in KfW-geförderte Anlagen im Jahr 2012 ausgelöste Beschäftigung in Deutschland. ....	41
Abbildung 16: Durch den Betrieb von im Jahr 2012 KfW-geförderten Anlagen in Deutschland ausgelöste Beschäftigung über einen Zeitraum von 20 Jahren. ....	43
Abbildung 17: Gegenüberstellung der ausgelösten Beschäftigungswirkungen der Förderjahrgänge 2010 bis 2012 (ohne Offshore-Windenergie). ....	45

---

Abbildung 18: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2012. ....	49
Abbildung 19: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Schadenskategorien und Technologien für das Förderjahr 2012. ....	50
Abbildung 20: Durch die Investition in KfW-geförderte Anlagen im Jahr 2012 ausgelöste Beschäftigung in Deutschland. ....	51
Abbildung 21: Der Wirkungspfadansatz zur Berechnung externer Umweltkosten. ....	63

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2012. ....	3
Tabelle 2:	Darlehenszusagen, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm für das Förderjahr 2012. ....	4
Tabelle 3:	Mittelwerte der spezifischen Investitionskosten für die plausiblen Datensätze (eigene Berechnungen). ....	5
Tabelle 4:	Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2012 unterstützter Investitionen in Erneuerbare Energien nach Bundesländern. ....	6
Tabelle 5:	Relative Anteile am Investitionsvolumen nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2012. ....	7
Tabelle 6:	Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2012 unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck. ....	8
Tabelle 7:	Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2012 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 2012. ....	10
Tabelle 9:	Geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Förderjahrgang 2012 im Vergleich zu den 2012 in Deutschland zugebauten Leistungen. ....	11
Tabelle 10:	Im Jahr 2012 durch KfW-Kreditprogramme geförderte Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Bundesländern. ....	12
Tabelle 11:	Im Jahr 2012 durch KfW-Kreditprogramme geförderte elektrische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Bundesländern. ....	13
Tabelle 12:	Im Jahr 2012 durch KfW-Kreditprogramme geförderte thermische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Bundesländern. ....	14
Tabelle 13:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2012. ....	21
Tabelle 14:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologien für den Förderjahrgang 2012. ....	22
Tabelle 15:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern und Technologien für den Förderjahrgang 2012. ....	24

Tabelle 16:	Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Brennstoffe für den Förderjahrgang 2012.....	25
Tabelle 17:	Vermiedene Brennstoffkosten durch die Nutzung Erneuerbare Energien für den Förderjahrgang 2012.....	26
Tabelle 18:	Fossile Primärenergieeinsparung und vermiedene Kosten durch KfW-geförderte Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjahrgänge 2010 bis 2012.....	28
Tabelle 19:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2012.....	30
Tabelle 20:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2012.....	30
Tabelle 21:	Jährliche Einsparung von Treibhausgasen (CO <sub>2</sub> -Äquivalente) nach Bundesländern und Technologien für den Förderjahrgang 2012.....	32
Tabelle 22:	Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2012.....	33
Tabelle 23:	Verwendete Wertansätze zur Ermittlung der vermiedenen Schadenskosten.....	35
Tabelle 24:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Substanzen für den Förderjahrgang 2012.....	35
Tabelle 25:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2012.....	36
Tabelle 26:	Aus KfW-geförderten Anlagen resultierende im Inland wirksame Nachfrage durch Investitionen (Förderjahrgang 2012).....	40
Tabelle 27:	Durch im Jahr 2012 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.....	42
Tabelle 28:	Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2012.....	46
Tabelle 29:	Darlehenszuagen, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm für das Förderjahr 2012.....	47
Tabelle 30:	Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2012 unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck.....	48
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 2012.....	48
Tabelle 32:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2012.....	50
Tabelle 33:	Substitution konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien - Bezugsjahr 2012.....	58

Tabelle 34:	Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Strom - Bezugsjahr 2012 (BMU 2012).....	58
Tabelle 35:	Substitution konventioneller Energieträger durch die Wärmeerzeugung mit Erneuerbaren Energien - Bezugsjahr 2012. ....	59
Tabelle 36:	Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Wärme – Bezugsjahr 2012. ....	60
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. ....	61
Tabelle 38:	Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffemissionen für die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien – Bezugsjahr 2012. ....	62
Tabelle 39:	Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffemissionen für die Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien – Bezugsjahr 2012. ....	62
Tabelle 40:	Photovoltaikanlage mit 19 kW <sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen bis 100 kW <sub>p</sub> .....	68
Tabelle 41:	Photovoltaikanlage mit 230 kW <sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen von 101 bis 1.000 kW <sub>p</sub> .....	68
Tabelle 42:	Photovoltaikanlage mit 5,5 MW <sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen über 1.000 kW <sub>p</sub> .....	69
Tabelle 43:	Windenergieanlage mit 2,4 MW. ....	69
Tabelle 44:	Biomasse-Heizkraftwerk mit 250 kW.....	70
Tabelle 45:	Biogasanlage mit 390 kW <sub>el</sub> .....	70
Tabelle 46:	Wasserkraftanlage mit 150 kW. ....	71
Tabelle 47:	Solarthermische Anlage mit 130 m <sup>2</sup> . ....	71
Tabelle 48:	Biogasleitung.....	71
Tabelle 49:	Wärmenetz mit Wärmeeinspeisung aus einem Holzheizwerk.....	72
Tabelle 50:	Wärmenetz mit Wärmeeinspeisung aus einer Biogasanlage.....	72
Tabelle 51:	Biomasse-Heizwerk mit 210 kW (ohne Nahwärmenetz). ....	72
Tabelle 52:	Biomasse-Heizwerk mit 200 kW (mit Nahwärmenetz). ....	72
Tabelle 53:	Übersicht über die verwendeten Preissteigerungsraten und Annuitäten für Energiepreise (Preisbasis 2012). ....	73
Tabelle 54:	Berechnung der Annuität am Beispiel Erdgas (Haushalte). ....	74



## 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-WärmeGesetz
EJ	Exajoule (10 <sup>18</sup> Joule)
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)
PM <sub>10</sub>	Feinstaub („particulate matter“) mit einem aerodynamischen Partikeldurchmesser kleiner als 10 µm
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

Im Jahr 2012 konnte der Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE) in Deutschland weiter vorangetrieben werden: Mit 23,5 % lag der Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch deutlich über dem im Jahr zuvor erreichten Wert von 20,4 %. Der Anteil der Erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch (Strom, Wärme, Kraftstoffe) belief sich auf 12,7 % (2011: 11,6 %). Nach dem Energiekonzept der Bundesregierung vom 28. September 2010 sollen bis 2050 mindestens 60 % des Bruttoendenergieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden, mit einem 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 % des Endenergieverbrauchs für Wärme 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 wichtiges Element, um die anspruchsvollen EE-Ausbauziele zu erreichen, sind die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe im Bereich der Erneuerbaren Energien. Um deren Bedeutung und Effektivität im Förderjahrgang 2012 zu überprüfen, wurden in der vorliegenden Studie zum sechsten Mal die von diesen Förderprogrammen ausgehenden Effekte in den Bereichen Treibhausgasreduzierung, Einsparung fossiler Energieträger und damit vermiedener Importe an fossilen Energieträgern, Beschäftigungseffekte sowie vermiedene externe Kosten durch die Reduktion von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen ermittelt.

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sind:

- Mittels KfW-Förderkrediten wurden im vergangenen Jahr Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Deutschland in Höhe von 10,0 Mrd. € ausgelöst; das sind rechnerisch 51 % aller in Deutschland im Jahr 2012 getätigten Investitionen in den Ausbau Erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung.
- Die Bedeutung der KfW-Programme für den Ausbau der Erneuerbaren Energien zeigt sich vor allem im Strombereich deutlich: Im Durchschnitt der letzten drei Jahre (2010-2012) wurden 48 % der in Deutschland zugebauten elektrischen Leistung durch die KfW gefördert. Mit 82 % besonders hoch ist dabei der Anteil bei Windenergieanlagen an Land.
- Die KfW-Förderung führt nach Inbetriebnahme aller im Jahr 2012 geförderten Anlagen zu vermiedenen Energieimporten im Gegenwert von jährlich rund 460 Mio. €. Dies entspricht insgesamt rund 9,1 Mrd. € über die gesamte Laufzeit der Anlagen

von 20 Jahren. Die so im Inland verbleibenden Mittel tragen zur Stärkung der heimischen Wirtschaft bei.

- Als Folge der Substitution fossiler Energieträger ist mit der Nutzung der im Jahr 2012 geförderten EE-Anlagen eine jährliche Emissionsvermeidung von rund 6,6 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (davon 6,3 Mio. t CO<sub>2</sub>) verbunden. Dies entspricht rund 10 % der von der Bundesregierung insgesamt nach IEKP durch den Ausbau Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich angestrebten zusätzlichen jährlichen Treibhausgas-Einsparung von rund 64 Mio. t bis zum Jahr 2020 gegenüber 2006. Bezieht man die in jedem Betriebsjahr erzielten Minderungen der in den Jahren 2007 bis 2012 geförderten Anlagen ein, so wurden durch die KfW-Programme bislang Emissionsvermeidungen von zusammen jährlich rund 29 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angestoßen, d.h. rund 45 % der von der Bundesregierung im IEKP angestrebten Einsparungen.
- Durch eingesparte Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen können über die Nutzungsdauer aller im Jahr 2012 geförderten EE-Anlagen externe Kosten in Höhe von jährlich gut 630 Mio. € vermieden werden. Rund 86 % der vermiedenen externen Kosten entfallen auf die vermiedenen Schäden des Klimawandels.
- Durch Produktion und Bau der im Jahr 2012 geförderten EE-Anlagen konnten rund 73.500 Arbeitsplätze in Deutschland für ein Jahr gesichert bzw. neu geschaffen werden, durch Betrieb und Wartung dieser Anlagen finden 20 Jahre lang weitere rund 2.900 Personen jährlich Beschäftigung.
- Knapp 75 % der durch Bau und Betrieb der im Jahr 2012 erstellten Anlagen ausgelösten Arbeitsplätze sind in kleinen und mittleren Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten entstanden, rund 32 % der Arbeitsplätze entfallen auf Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten.

## Abstract for Political Decision Makers

In the year 2012 renewable energies (RE) continued to increase their share in Germany's energy provision: Last year RE already contributed 23.5 % (2011: 20.4 %) to the electricity consumption and 12.7 % (2011: 11.6 %) to the final energy consumption (electricity, heat, fuels) in Germany. According to the German Federal Government's long-term strategy for future energy supply at least 60 % of the final energy consumption and 80 % of the electricity consumption ought to be covered from renewable energies by the year 2050. In combination with challenging energy efficiency targets greenhouse gas emissions are to be cut by 80 to 95 % related to the base year 1990. By the year 2020 18 % of the final energy consumption, 35 % of the electricity consumption and 14 % of the heat consumption are to be covered from renewable energy sources. Greenhouse gas emissions ought to be cut 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 national renewable energy promotional activities of KfW Bankengruppe represent an important building block for reaching the targets for renewable energy use described above. In order to review their effectiveness and significance within the year 2012 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:

- 51 % of the investments made in the construction of plants for using renewable energies in Germany in 2012 were supported through KfW programmes, representing an investment volume of € 10,000 million.
- The KfW programmes considered are particularly important for renewable electricity production: In terms of electrical power 48 % of the renewable plants installed in Germany during the period 2010 to 2012 were financed through KfW programmes. For onshore wind turbines the average share amounted to 82 %.
- Promotional activities conducted in 2012 reduced energy imports by approximately € 460 million per annum. This amounts to € 9,100 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 2012 led to a reduction of approximately 6.6 million tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent (of which 6.3 million tonnes CO<sub>2</sub>) per annum, which alone equals 10 % 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. From 2007 to 2012 KfW promotional activities in total initi-

---

ated a reduction of approximately 29 million tonnes greenhouse gas per annum, i.e. about 45 % of the targeted cuts in emissions of 64 million t CO<sub>2</sub> per year.

- Avoiding greenhouse gas and air pollutant emissions reduces external costs by approx. € 630 million a year, 86 % of which refer to climate change effects.
- Manufacturing and construction of the plants built in 2012 corresponded to 73,500 jobs in Germany. Further 2,900 jobs per annum result from operation and maintenance of the plants for the assumed 20 years of operation.
- Small and medium-sized enterprises with less than 500 employees account for approx. 75 % of the jobs generated by construction and operation of plants built in the year 2012, ca. 32 % of jobs were created in small enterprises with less than 50 employees.

## 1 Einführung

Im Jahr 2012 konnte der Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE) in Deutschland weiter vorangetrieben werden (vgl. BMU 2013): Mit 23,5 % lag der Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch deutlich über dem im Jahr zuvor erreichten Wert von 20,4 %. Der Anteil der Erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch (Strom, Wärme, Kraftstoffe) belief sich auf 12,7 % (2011: 11,6 %). Nach dem Energiekonzept der Bundesregierung vom 28. September 2010 sollen bis 2050 mindestens 60 % des Bruttoendenergieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden, mit einem 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 % des Endenergieverbrauchs für Wärme 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.

Dabei verschärft die im Juni 2011 vom Bundeskabinett beschlossene Energiewende mit dem vorgezogenen Ausstieg aus der Kernenergienutzung die im Energiekonzept formulierten anspruchsvollen EE-Ausbauziele noch weiter: Aus Gründen des Klimaschutzes kann die Ausweitung der Stromerzeugung aus fossilen Quellen nur in sehr beschränktem Maß erfolgen und die wegfallenden Kernkraftwerkskapazitäten müssen weitgehend mit EE-Anlagen ersetzt werden.

Ein wichtiges Element, um die anspruchsvollen EE-Ausbauziele zu erreichen, sind die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe, die zinsgünstige Darlehen für Investitionen in die Nutzung erneuerbarer Energiequellen zur Verfügung stellt.

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<sup>1</sup> für den Förderjahrgang 2012. 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,

---

<sup>1</sup> Im Programmteil „Standard“ des KfW-Programms Erneuerbare Energien sind auch EE-Anlagen mit Investitionsort im Ausland förderbar, die jedoch nicht Gegenstand dieser Evaluierung sind.

- 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 (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 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 aktuelle Förderjahr 2012 werden zur Einordnung den Ergebnissen der Jahre 2010 und 2011 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 2012 förderte die KfW Investitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland über die folgenden Programme, deren Fördergegenstände Tabelle 1 zeigt (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 Offshore-Windenergie (Offshore).

**Tabelle 1: Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2012.**

Programmnummer	KfW-Programm Erneuerbare Energien		KfW-Programm Offshore-Windenergie
	Standard	Premium	
	270, 274	271, 272, 281, 282	273
Hier berücksichtigte Fördermaßnahmen	Errichtung, Erweiterung oder 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, Biogasleitungen, große effiziente Wärmepumpen	Errichtung von bis zu 10 Offshore-Windparks in der Ausschließlichen Wirtschaftszone oder der 12-Seemeilen-Zone der Nord- und Ostsee
Kredithöchstbetrag	i.d.R. maximal 25 Mio. € pro Vorhaben	i.d.R. maximal 10 Mio. € pro Vorhaben	max. 800 Mio. € pro Projekt
Anmerkung zur Programmlaufzeit	Programmstart: 01.01.2009	Programmstart: 01.01.2009	Programmstart: 08.06.2011

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. Für das im Juni 2011 gestartete KfW-Programm Offshore-Windenergie, mit dem insgesamt bis zu 10 Offshore-Windparks mit jeweils maximal 800 Mio. € Krediten gefördert werden sollen, gab es im Jahr 2012 keine Zusagen. Dies dürfte auf Verzögerungen bei geplanten Offshore-Projekten, u.a. wegen Schwierigkeiten beim Netzanschluss, zurückzuführen sein.

Tabelle 2 zeigt den Umfang der ausgewerteten Kreditzusagen in den hier betrachteten Programmen im Jahr 2012. Insgesamt wurden im Förderjahr 2012 rund 28.200 Darlehen

mit einem Darlehensvolumen von annähernd 7,1 Mrd. € für die Finanzierung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Deutschland gewährt. Damit ging die Anzahl der Zusagen im Vergleich zum Vorjahr (37.600) stark zurück, was durch eine Verlagerung von vielen kleineren auf weniger größere Investitionsvorhaben im Programmteil EE Standard verursacht wurde (insbesondere im Förderbereich Photovoltaik). So nahm das mittlere Investitionsvolumen je Darlehen in diesem Programmteil im Jahresvergleich um 70 % zu. Das insgesamt von der KfW im Jahr 2012 zugesagte Darlehensvolumen stieg im Vergleich zum Vorjahr von 6,8 auf 7,1 Mrd. € leicht an, das geförderte Investitionsvolumen sank von 11,3 auf 10,0 Mrd. €.

**Tabelle 2: Darlehenszusagen, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm für das Förderjahr 2012.**

	EE Standard	EE Premium	Offshore	Alle Programme
<b>Darlehenszusagen</b>	25.505	2.721	0	28.226
<b>Darlehensvolumen (Mio. €)</b>	6.713,0 <sup>2)</sup>	361,9	0	7.075,0 <sup>2)</sup>
<b>Investitionsvolumen (Mio. €)<sup>1)</sup></b>	9.488,8 <sup>3)</sup>	499,1	0	9.987,9 <sup>3)</sup>
<b>Mittleres Investitionsvolumen je Darlehen (€)<sup>1)</sup></b>	372.036	183.425	0	353.855

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

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

<sup>2)</sup> Bei Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 7.518,1 bzw. 7.880,1 Mio. €, hier nur Anlagen im Inland.

<sup>3)</sup> Bei Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 10.605,8 bzw. 11.104,9 Mio. €, hier nur Anlagen im Inland.

## 2.1 Datengrundlage Förderjahrgang 2012

Für den Förderjahrgang 2012 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, Geothermie und Große Wärmepumpe sind zusätzlich Angaben zur installierten Leistung, für Wärmenetze und Biogasleitungen die Trassenlänge, für Wärmespeicher das Volumen und für Anlagen zur Aufbereitung von Biogas deren Kapazität vorhanden. Alle vorhandenen Anlagendaten der verschiedenen Technologien wurden hinsichtlich der Plausibilität der angegebenen Leistungen bzw. sonstiger technischer Angaben und Investitionskosten geprüft.

**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>	3.180
	<b>Biomasse Heizkraftwerk</b>	5.530
	<b>Photovoltaik</b>	1.600
	<b>Wasserkraft</b>	3.700
	<b>Windenergie Onshore</b>	1.540
Wärme	<b>Solarthermie</b>	970
	<b>Biomasse</b>	460
	<b>Wärmenetze<sup>1)</sup></b>	280 €/Trassenmeter

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

Im Mittel ergeben sich die in Tabelle 3 aufgeführten spezifischen Investitionskosten für die einzelnen Technologien. Wegen der geringen Anzahl geförderter Anlagen im Bereich Geothermie und Große Wärmepumpe werden aus Datenschutzgründen keine Mittelwerte ausgewiesen.

## 2.2 Ausgelöstes Investitionsvolumen

Abbildung 1 zeigt die regionale Verteilung des mitfinanzierten Investitionsvolumens auf Bundesländerebene. Wie bereits im Vorjahr lag 2012 Brandenburg mit 2,2 Mrd. € bei den geförderten Investitionen in Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien auf Platz 1, gefolgt von Bayern, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen mit Investitionen in der Größenordnung von 1,0 bis 1,4 Mrd. €. In den Ländern Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen, Hessen, Baden-Württemberg und Thüringen wurden zwischen 0,3 und 0,8 Mrd. € mit Förderung der KfW investiert. Auf die flächenmäßig kleineren Bundesländer Berlin, Hamburg, Bremen und das Saarland entfiel nur ein vergleichsweise geringer Anteil der Investitionen. Der hohe Anteil Brandenburgs am ausgelösten Investitionsvolumen ist auf die Förderung zahlreicher großer Solarparks zurückzuführen. Die Solarparks werden auf den in Brandenburg in großer Zahl vorhandenen Konversionsflächen errichtet.

Die insgesamt ausgelösten Investitionen in Höhe von 10,0 Mrd. € wurden zum Großteil über den Programmteil Standard des KfW-Programms Erneuerbare Energien finanziert, wo rund 9,5 Mrd. € Investitionen zu verzeichnen waren. Mit dem Programm „EE Premium“ wurden 0,5 Mrd. € angestoßen (vgl. Tabelle 4).

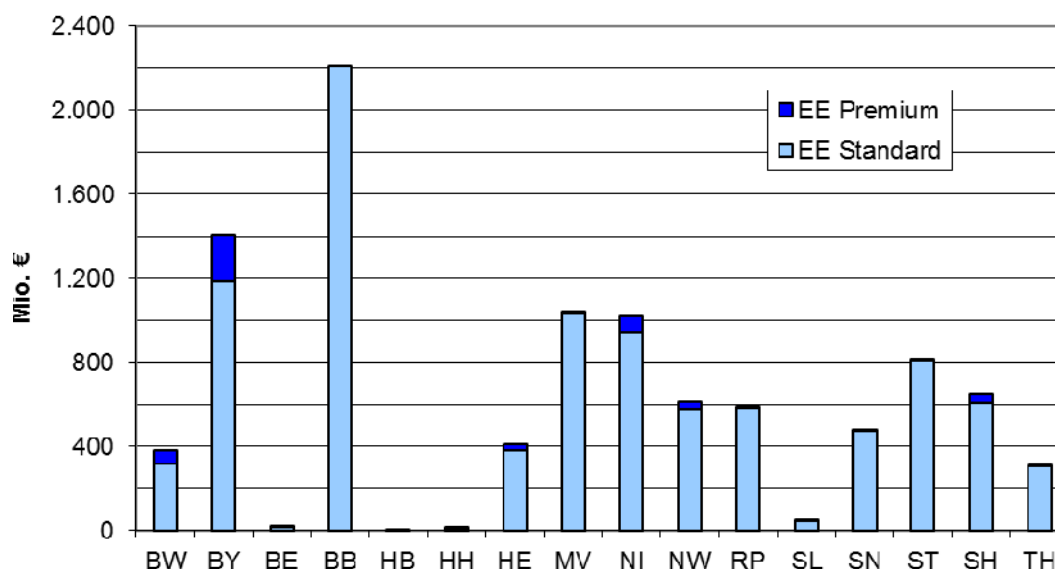


Abbildung 1: Mit im Jahr 2012 zugesagten Darlehen der KfW-Programme finanziertes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Bundesländern.

Tabelle 4: Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2012 unterstützter Investitionen in Erneuerbare Energien nach Bundesländern.

Mio. € (exkl. MwSt)	EE Standard	EE Premium	Alle Programme
Baden-Württemberg	314,3	68,1	382,4
Bayern	1.186,1	220,6	1.406,7
Berlin	17,1	0,1	17,2
Brandenburg	2.204,6	3,2	2.207,8
Bremen	6,0	-	6,0
Hamburg	10,2	2,2	12,4
Hessen	379,9	27,5	407,3
Mecklenburg-Vorpommern	1.032,1	9,9	1.042,0
Niedersachsen	941,6	74,2	1.015,8
Nordrhein-Westfalen	579,2	35,9	615,2
Rheinland-Pfalz	583,1	6,7	589,9
Saarland	45,1	0,5	45,6
Sachsen	473,5	2,2	475,7
Sachsen-Anhalt	807,0	7,3	814,3
Schleswig-Holstein	606,0	38,7	644,7
Thüringen	303,0	1,9	304,8
<b>Summe</b>	<b>9.488,8<sup>1)</sup></b>	<b>499,1</b>	<b>9.987,9<sup>1)</sup></b>

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

<sup>1)</sup> Unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 10.605,8 bzw. 11.104,9 Mio. €

Rund 22 % der geförderten Investitionen entfielen auf Brandenburg, was im Vergleich zum Vorjahr einer Anteilssteigerung um nochmals 3,7 Prozentpunkte entspricht. Dies geht – wie bereits oben erwähnt – im Wesentlichen auf die stark gestiegene Investitionstätigkeit in Solarparks in Brandenburg zurück. Bayern, das in den vergangenen Jahren bei der geförderten Investitionssumme lange Zeit die Führung innehatte, lag mit einem Anteil von ca. 14 % auf dem zweiten Platz. Auf Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen entfielen jeweils Anteile von gut 10 %, die restlichen Flächenländer wiesen Anteile von 3 bis 8 % am gesamten geförderten Investitionsvolumen auf (vgl. Tabelle 5).

**Tabelle 5: Relative Anteile am Investitionsvolumen nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2012.**

Prozent	EE Standard	EE Premium	Alle Programme
<b>Baden-Württemberg</b>	3,3	13,6	3,8
<b>Bayern</b>	12,5	44,2	14,1
<b>Berlin</b>	0,2	0,0	0,2
<b>Brandenburg</b>	23,2	0,6	22,1
<b>Bremen</b>	0,1	-	0,1
<b>Hamburg</b>	0,1	0,4	0,1
<b>Hessen</b>	4,0	5,5	4,1
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b>	10,9	2,0	10,4
<b>Niedersachsen</b>	9,9	14,9	10,2
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	6,1	7,2	6,2
<b>Rheinland-Pfalz</b>	6,1	1,3	5,9
<b>Saarland</b>	0,5	0,1	0,5
<b>Sachsen</b>	5,0	0,4	4,8
<b>Sachsen-Anhalt</b>	8,5	1,5	8,2
<b>Schleswig-Holstein</b>	6,4	7,8	6,5
<b>Thüringen</b>	3,2	0,4	3,1
<b>Summe</b>	100,0	100,0	100,0

**Tabelle 6: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2012 unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck.**

	EE Standard		EE Premium		Summe	
	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%
<b>Biogas<sup>1)</sup></b>	291,1	3,1	15,3	3,1	306,3	3,1
<b>Biomasse</b>	62,5	0,7	64,3	12,9	126,7	1,3
<b>Geothermie</b>	40,2	0,4	12,2	2,4	52,3	0,5
<b>Große Wärmepumpe</b>	-	-	0,9	0,2	0,9	0,0
<b>Photovoltaik</b>	5.682,7	59,9	-	-	5.682,7	56,9
<b>Solarthermie</b>	0,2	0,0	8,1	1,6	8,2	0,1
<b>Wärmenetz</b>	-	-	389,4	78,0	389,4	3,9
<b>Wärmespeicher</b>	0,2	0,0	9,0	1,8	9,2	0,1
<b>Wasserkraft</b>	25,7	0,3	-	-	25,7	0,3
<b>Windenergie Onshore</b>	3.386,4	35,7	-	-	3.386,4	33,9
<b>Summe</b>	9.488,8 <sup>2)</sup>	100,0	499,1	100,0	9.987,9 <sup>2)</sup>	100,0

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

<sup>2)</sup> Unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 10.605,8 bzw. 11.104,9 Mio. €

**Tabelle 7: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2012 unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck und Bundesland.**

Mio. €	Bio- gas <sup>1)</sup>	Bio- masse	Photo- voltaik	Solar- thermie	Ge- other- mie <sup>2)</sup>	Wär- menetz	Wärme- speicher	Was- serkraft	Wind Onshore	Summe
<b>BW</b>	12,2	37,5	244,3	1,4	0,1	54,6	1,8	4,5	26,0	382,4
<b>BY</b>	52,3	46,0	642,4	1,6	52,8	173,9	2,1	14,0	421,6	1.406,7
<b>BE</b>	-	0,1	17,1	-	-	0,0	-	-	-	17,2
<b>BB</b>	30,6	-	1.888,8	0,2	-	3,1	-	-	285,1	2.207,8
<b>HB</b>	-	-	0,9	-	-	-	-	-	5,1	6,0
<b>HH</b>	-	0,4	5,3	1,2	0,3	0,4	0,2	-	4,8	12,4
<b>HE</b>	19,5	18,5	141,5	0,5	-	18,5	0,6	1,6	206,6	407,3
<b>MV</b>	17,7	0,5	433,8	0,1	-	9,3	0,1	-	580,6	1.042,0
<b>NI</b>	74,0	4,5	347,4	0,7	-	59,0	2,2	0,2	527,8	1.015,8
<b>NW</b>	37,0	11,2	383,3	1,0	-	23,2	1,1	2,8	155,5	615,2
<b>RP</b>	4,8	2,1	204,1	0,5	-	4,1	0,1	-	374,2	589,9
<b>SL</b>	3,6	0,0	35,7	-	-	0,2	-	-	5,9	45,6
<b>SN</b>	15,7	0,5	378,1	0,1	-	1,6	0,0	1,5	78,2	475,7
<b>ST</b>	21,5	0,4	486,4	0,5	-	4,9	0,0	1,1	299,5	814,3
<b>SH</b>	11,8	1,9	254,5	0,6	-	35,6	0,8	-	339,5	644,7
<b>TH</b>	5,5	3,2	219,1	0,1	-	0,9	0,0	-	76,1	304,8
<b>Summe</b>	306,3	126,7	5.682,7	8,2	53,3	389,4	9,2	25,7	3.386,4	9.987,9

Anmerkung: Abweichungen durch Rundung möglich

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

<sup>2)</sup> Einschließlich Große Wärmepumpe.

Auf Anlagen zur Stromerzeugung aus Photovoltaik und Windenergie entfielen knapp 91 % des im Jahr 2012 geförderten Investitionsvolumens, wobei die Photovoltaikanlagen klar dominierten (vgl. Tabelle 6). Dabei ist das geförderte Investitionsvolumen für PV-Anlagen im Vergleich zum Vorjahr von rund 4,9 auf knapp 5,7 Mrd. € deutlich gewachsen (+17 %). Noch stärker konnten mit 57 % die geförderten Investitionen für Windkraftanlagen an Land zulegen. Ansonsten wuchs im Vorjahresvergleich lediglich die Solarthermie (+12 %) nennenswert. Biomasseanlagen (+3 %), Geothermie (+2 %), Wärmenetze (-2 %) sowie Wasserkraftanlagen (-4 %) blieben weitgehend unverändert, während es bei Biogasanlagen (-51 %) einen dramatischen Einbruch gab. Dieser ging auf die mit der EEG-Novelle am 1.1.2012 in Kraft getretenen Änderungen der EEG-Förderung zurück, nach denen u.a. der Einsatz von Mais und Getreidekorn begrenzt sowie Mindestanforderungen in Bezug auf die Wärmenutzung eingeführt wurden. 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.

Die von der KfW im Jahr 2012 geförderten Investitionen stehen für gut die Hälfte der in diesem Zeitraum insgesamt in Deutschland investierten Beträge in Erneuerbare Energien: 2012 wurden in Deutschland rund 19,5 Mrd. € in den Ausbau der Erneuerbaren Energien zur Strom- und Wärmebereitstellung investiert (BMU 2013). Mit den Förderkrediten der KfW wurden im vergangenen Jahr Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Höhe von insgesamt 10,0 Mrd. € angestoßen. Damit hat die KfW rechnerisch 51 % aller in Deutschland im Jahr 2012 getätigten Investitionen in den Ausbau der regenerativen Energien gefördert (vgl. Tabelle 8). Im Vergleich zum Förderjahrgang 2011 stieg damit der Anteil KfW-geförderter Investitionen um mehr als 15 Prozentpunkte von 36 % auf 51 %. Dies geht im Wesentlichen auf einen starken Anstieg bei den geförderten Windkraft- und Photovoltaikanlagen zurück.

Der schon in den Vorjahren hohe Anteil der KfW-Förderung für die Onshore-Windenergie weist einen überaus hohen Wert von 90 % (Vorjahr 73 %) auf. Dieser geht aber möglicherweise – zumindest zum Teil – auf einen zeitlichen Verzug zwischen Förderzusage und Inbetriebnahme zurück. Die im Jahr 2012 zu verzeichnende Belebung bei den Windkraftprojekten an Land dürfte dazu geführt haben, dass ein Teil der im Jahr 2012 geförderten Anlagen nicht mehr im selben Jahr ans Netz gingen und deshalb erst in der öffentlichen Zubaustatistik des Jahres 2013 erfasst werden. Diese verzögerte Erfassung führt folglich zu einer Überschätzung des KfW-Anteils am Windkraft-Anlagenzubau, der in den letzten Jahren in einer Größenordnung von 70 % lag.

Auch bei den Photovoltaikanlagen ist im Vergleich zum Vorjahr ein stark gewachsener Anteil der KfW-Förderung von 32 auf knapp 51 % zu verzeichnen. Dieser ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass 2012 Großanlagen einen ungewöhnlich hohen Anteil an der zugebauten Gesamtleistung aufwiesen. Da solche Projekte bevorzugt mit KfW-

Förderung finanziert werden, resultiert ein im Vergleich zum Vorjahr stark gewachsener Anteil der KfW-Förderung.

**Tabelle 8: Im Rahmen der KfW-Programme geförderte Investitionen in Erneuerbare Energien im Vergleich zu den Gesamtinvestitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland (BMU 2013) für das Förderjahr 2012.**

	KfW-geförderte Investitionen [Mio. €]	Gesamtinvestitionen Deutschland [Mio. €]	Anteil KfW-Förderung [%]
<b>Biomasse (Strom)</b>	368,4	1.500	24,6
<b>Biomasse (Wärme)</b>	64,7	1.050	6,2
<b>Geothermie</b>	52,3	910 <sup>1)</sup>	5,7
<b>Große Wärmepumpe</b>	0,9	k.A.	k.A.
<b>Photovoltaik</b>	5.682,7	11.200	50,7
<b>Solarthermie</b>	8,2	990	0,8
<b>Wasserkraft</b>	25,7	60	42,8
<b>Windenergie Onshore</b>	3.386,4	3.750 <sup>2)</sup>	90,3
<b>Wärmenetz</b>	389,4	k.A.	k.A.
<b>Wärmespeicher</b>	9,2	k.A.	k.A.
<b>Summe</b>	<b>9.987,9</b>	<b>19.460</b>	<b>51,3</b>

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

<sup>2)</sup> Windenergie gesamt; keine getrennten Angaben für Onshore- und Offshore-Anlagen verfügbar.

Der Anteil für Wasserkraft liegt mit knapp 43 % – wie in den Vorjahren – auf hohem Niveau. Annähernd ein Viertel der in Biomasseanlagen zur Stromerzeugung getätigten Investitionen wurden von der KfW gefördert. Geringe Anteile nimmt die KfW-Förderung im Wärmebereich (Biomasse und Solarthermie) ein, da hier im Wesentlichen eine Förderung über den BAFA-Teil des BMU-Marktanreizprogramms erfolgt (kleine Solaranlagen, Biomasseheizungen und Wärmepumpen) bzw. im Bereich der Biomasse viele Anlagen auch ohne eine Förderung bzw. Fördernotwendigkeit errichtet werden (beispielsweise Kaminöfen). Detaillierte Angaben zu den Investitionen in Wärmenetze und Wärmespeicher sind auf Bundesebene nicht verfügbar. Es kann jedoch angesetzt werden, dass die in BMU (2013) ausgewiesenen Investitionen in Anlagen zur Wärmebereitstellung sowohl Wärmenetze als auch Wärmespeicher enthalten.

### 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 2012 im Vergleich zu den 2012 in Deutschland zugebauten Leistungen (BMU 2013, DEWI 2013, DBFZ 2013, BSW 2013).**

	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<sup>1)</sup></b>	Windenergie Onshore	2.194,7	2.335	94%
	Photovoltaik	3.579,3	7.604	47%
	Wasserkraft	6,9	13 <sup>2)</sup>	53%
	Biogas <sup>3)</sup>	91,4	350	26%
	feste Biomasse	11,2	41	27%
	<b>Summe</b>	<b>5.883,6</b>	<b>10.343</b>	<b>57%</b>
<b>Wärme<sup>4)</sup></b>	Solarthermie <sup>5)</sup>	8,5	753	1,1%
	Biomasse	141,2	k.A.	k.A.
	Geothermie	8,5	k.A.	k.A.
	Große Wärmepumpe	1,1	k.A.	k.A.
	<b>Summe</b>	<b>159,2</b>	<b>k.A.</b>	<b>k.A.</b>
<b>Wärmenetze (Trassenlänge)</b>		1.149,9 km	k.A.	k.A.
<b>Biogasleitungen (Länge)</b>		25,3 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> Anlagen zur Stromerzeugung aus Tiefengeothermie aus Datenschutzgründen nicht ausgewiesen.

<sup>2)</sup> Bau bzw. Modernisierung von Anlagen und Anlagenteilen bis 1 MW Leistung.

<sup>3)</sup> Stromerzeugung.

<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 29,5 MW, für Biogasanlagen 101,6 MW hochgerechnet. Der davon tatsächlich genutzte Anteil wurde mit 70 % (Biomasse-Heizkraftwerke) bzw. 25 % (Biogasanlagen) angesetzt. Vergleiche dazu auch Anhang A.4.

<sup>5)</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 BMU-Marktanreizprogramms mit Investitionskostenzuschüssen gefördert werden.

Im Jahr 2012 wurden 57 % der insgesamt in Deutschland zugebauten elektrischen Leistung über die KfW gefördert. Mit 94 % ist der Anteil im Bereich der Onshore-Windenergie besonders hoch, wobei hinsichtlich des sehr hohen Anteils die im vorigen Abschnitt dargelegten Einschränkungen auch hier gelten (im Durchschnitt der Jahre 2010 bis 2012 betrug der Anteil 82 %). Auch bei der Förderung von Wasserkraftanlagen und Photovoltaikanlagen konnten mit 53 % bzw. 47 % hohe Förderanteile erreicht werden. Bei Anlagen zur Nutzung fester Biomasse zur Stromerzeugung sowie Biogasanlagen wurden Anteile von gut einem Viertel bei der installierten elektrischen Leistung erreicht. Insgesamt lag der Anteil der von der KfW geförderten Leistung an der in Deutschland im Jahr 2012 neu installierten Leistung im Bereich der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien mit einem Wert von 57 % siebzehn Prozentpunkte über dem Vorjahreswert (zum Vergleich:

im Mittel der Jahre 2010 bis 2012 betrug der KfW-Anteil 48 %). Dieser Sprung ist im Wesentlichen auf das Wachstum bei geförderten Photovoltaikanlagen sowie die nach einem schwachen Jahr wiedererstarkten Aktivitäten bei der Onshore-Windkraft zurückzuführen.

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.

**Tabelle 10: Im Jahr 2012 durch KfW-Kreditprogramme geförderte Leistung 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>	171,5	2,9	19,4	12,2	100,1	8,7
<b>BY</b>	679,2	11,5	70,5	44,3	434,4	37,8
<b>BE</b>	13,9	0,2	0,2	0,1	-	0,0
<b>BB</b>	1.372,5	23,3	0,2	0,1	12,0	1,0
<b>HB</b>	4,0	0,1	-	-	-	-
<b>HH</b>	5,2	0,1	1,8	1,2	0,2	0,0
<b>HE</b>	231,2	3,9	9,2	5,8	29,9	2,6
<b>MV</b>	641,3	10,9	0,9	0,5	32,8	2,9
<b>NI</b>	617,1	10,5	12,8	8,0	265,1	23,1
<b>NW</b>	359,8	6,1	24,9	15,6	95,4	8,3
<b>RP</b>	349,3	5,9	5,6	3,5	13,7	1,2
<b>SL</b>	28,7	0,5	0,0	0,0	0,1	0,0
<b>SN</b>	306,1	5,2	1,4	0,9	7,5	0,6
<b>ST</b>	501,8	8,5	2,0	1,3	16,3	1,4
<b>SH</b>	424,5	7,2	4,4	2,8	141,8	12,3
<b>TH</b>	177,5	3,0	5,7	3,6	0,5	0,0
<b>Summe</b>	<b>5.883,6</b>	<b>100,0</b>	<b>159,2</b>	<b>100,0</b>	<b>1.149,9</b>	<b>100,0</b>

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 2012 geförderten EE-Anlagen auf die Bundesländer. Für die geförderte elektrische Leistung weisen die vier Bundesländer

Brandenburg, Bayern, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen die größten Anteile auf. Demgegenüber entfallen 44 % der geförderten thermischen Leistung auf Bayern, was hauptsächlich auf die dort geförderten Biomasseanlagen zurückzuführen ist. Daneben weisen nur Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg Anteile über 10 % auf. Hinsichtlich der Trassenlänge der Nahwärmenetze liegen Bayern und Niedersachsen vorne, Schleswig-Holstein, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen folgen mit Abstand.

**Tabelle 11: Im Jahr 2012 durch KfW-Kreditprogramme geförderte elektrische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Bundesländern.**

MW <sub>el</sub>	Biogas <sup>1)</sup>	Biomasse	Photovoltaik	Wasserkraft	Windenergie Onshore	Summe
<b>BW</b>	3,8	4,1	148,0	1,0	14,5	171,5
<b>BY</b>	16,8	3,8	406,6	4,2	247,8	679,2
<b>BE</b>	-	-	13,9	-	-	13,9
<b>BB</b>	9,1	-	1.178,7	-	184,6	1.372,5
<b>HB</b>	-	-	0,6	-	3,4	4,0
<b>HH</b>	-	-	2,8	-	2,4	5,2
<b>HE</b>	5,3	3,1	89,0	0,5	133,4	231,2
<b>MV</b>	5,4	0,1	268,5	-	367,3	641,3
<b>NI</b>	23,1	-	225,6	0,0	368,4	617,1
<b>NW</b>	11,6	-	240,4	0,5	107,3	359,8
<b>RP</b>	1,1	-	128,8	-	219,4	349,3
<b>SL</b>	1,1	-	23,1	-	4,5	28,7
<b>SN</b>	4,3	-	252,4	0,5	48,9	306,1
<b>ST</b>	5,0	-	315,1	0,2	181,5	501,8
<b>SH</b>	3,3	0,1	156,6	-	264,5	424,5
<b>TH</b>	1,6	0,0	129,1	-	46,8	177,5
<b>Summe</b>	<b>91,4</b>	<b>11,2</b>	<b>3.579,3</b>	<b>6,9</b>	<b>2.194,7</b>	<b>5.883,6</b>

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

<sup>1)</sup> Stromerzeugung

Tabelle 11 und Tabelle 12 präsentieren die auf die verschiedenen Verwendungszwecke entfallenden Anteile der elektrischen bzw. thermischen Leistung auf Bundesländerebene.

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 2012 geförderten EE-Anlagen im Stromsektor eine jährliche Strommenge von ca. 8,6 TWh. Rund 91 % des produzierten Stroms der von der KfW geförderten EE-Anlagen entfallen auf Onshore-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 (98,1 %, vgl. Tabelle 9). Die im Jahr 2012 von der KfW geförderten EE-Anlagen im Wärmesektor stellen jährlich Endenergie in Höhe von rund 1,3 TWh zur Verfügung.

**Tabelle 12: Im Jahr 2012 durch KfW-Kreditprogramme geförderte thermische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Bundesländern.**

<b>MW<sub>th</sub></b>	<b>Biomasse<sup>1)</sup></b>	<b>Solarthermie</b>	<b>Geothermie<sup>2)</sup></b>	<b>Summe</b>
<b>BW</b>	17,7	1,6	0,5	19,4
<b>BY</b>	59,6	2,0	8,9	70,5
<b>BE</b>	0,2	0,0	-	0,2
<b>BB</b>	-	0,2	-	0,2
<b>HB</b>	-	-	-	-
<b>HH</b>	0,8	0,5	0,5	1,8
<b>HE</b>	8,5	0,7	-	9,2
<b>MV</b>	0,8	0,1	-	0,9
<b>NI</b>	12,1	0,7	-	12,8
<b>NW</b>	24,0	0,8	-	24,9
<b>RP</b>	5,3	0,4	-	5,6
<b>SL</b>	0,0	-	-	0,0
<b>SN</b>	1,3	0,1	-	1,4
<b>ST</b>	1,5	0,5	-	2,0
<b>SH</b>	3,7	0,8	-	4,4
<b>TH</b>	5,7	0,0	-	5,7
<b>Summe</b>	<b>141,2</b>	<b>8,5</b>	<b>9,5</b>	<b>159,2</b>

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

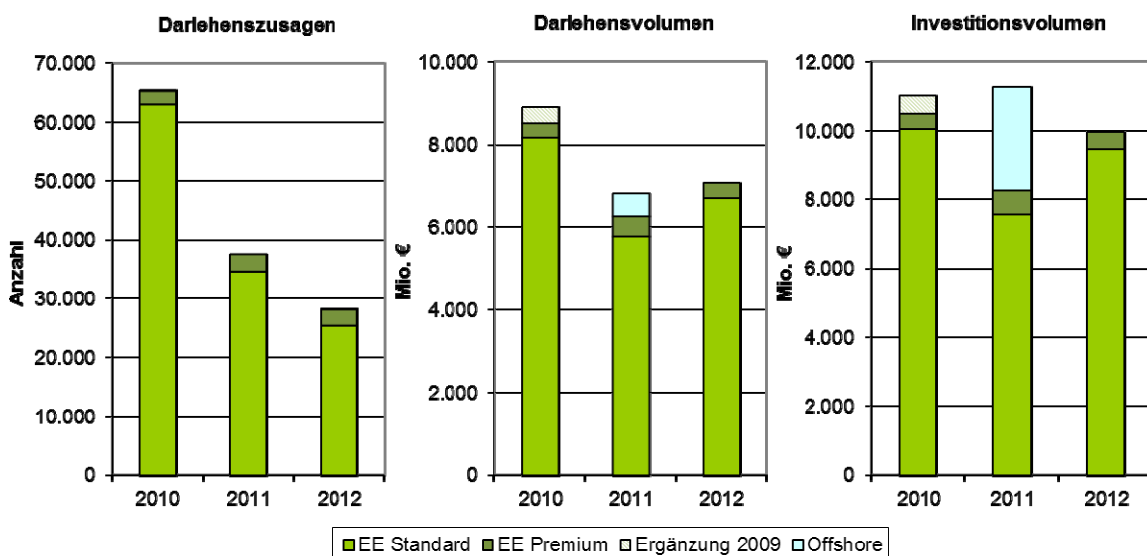
<sup>1)</sup> Ohne den therm. Leistungsanteil der KWK-Anlagen aus dem Strombereich (vgl. Tabelle 9, Fußnote 4).

<sup>2)</sup> Einschließlich Große Wärmepumpe.

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 2010 müssen bis Ende 2020 zusätzlich ca. 130 TWh Strom aus neu installierten EE-Erzeugungskapazitäten bereitgestellt werden (errechnet aus Nitsch et al. 2012), was pro Jahr im Durchschnitt 13 TWh zusätzlicher Erzeugung entspricht. Die von der KfW im Jahr 2012 geförderten Anlagen erzeugen – wie oben dargestellt – rechnerisch pro Jahr etwa 8,6 TWh Strom und tragen somit rund zwei Drittel zur rechnerischen Zielerreichung für den Zubau 2012 bei. Im Wärmesektor sind bis 2020 rechnerisch zusätzlich etwa 80 TWh EE-Wärme erforderlich (errechnet aus Nitsch et al. 2012) und damit eine jährliche Mehrerzeugung von durchschnittlich rund 8 TWh. Die im Jahr 2012 von der KfW geförderten Vorhaben im Bereich Wärmebereitstellung (einschl. KWK-Wärme) tragen dazu mit einer produzierten EE-Wärmemenge von rund 1,3 TWh pro Jahr zu rund 16 % bei.

## 2.4 Vergleich mit den Förderjahrgängen 2010 und 2011

Abbildung 2 zeigt für die drei Förderjahre jeweils die Anzahl der Darlehenszusagen, das Darlehensvolumen sowie das unterstützte Investitionsvolumen. Neben den im Förderjahr 2012 verfügbaren Förderprogrammen sind für das Jahr 2010 noch Zusagen im Rahmen des Ergänzungsprogramms 2009 berücksichtigt. Stellt man die Förderjahrgänge 2010 bis 2012 einander gegenüber, so ist die Entwicklung gekennzeichnet von einem starken Rückgang der Zahl der Darlehenszusagen bei moderat sinkendem Darlehensvolumen und vergleichsweise stabilem Investitionsvolumen. Im Jahr 2012 ging die Zahl der Zusagen im Vergleich zu 2011 deutlich von rund 37.600 auf 28.200 zurück. Dennoch war in diesem Zeitraum eine leichte Zunahme des Darlehensvolumens von 6,8 auf 7,1 Mrd. € zu verzeichnen. Das geförderte Investitionsvolumen weist zwischen den Jahren eine weit geringere Schwankung auf als Darlehenszusagen und -volumen. Das Investitionsvolumen wächst von 2010 auf 2011 von 11,0 auf 11,3 Mrd. €, um 2012 auf 10,0 Mrd. € zurückzugehen. Beim Vergleich der Jahre 2011 und 2012 ist zu berücksichtigen, dass bei den 2011 geförderten Offshore-Windparks der größte Teil der Investitionen nicht im Jahr der Zusage, sondern erst in den Folgejahren getätigt wird. Betrachtet man nur die Programmteile Standard und Premium, so wächst das Investitionsvolumen zwischen 2011 und 2012 von 8,3 auf 10,0 Mrd. €.

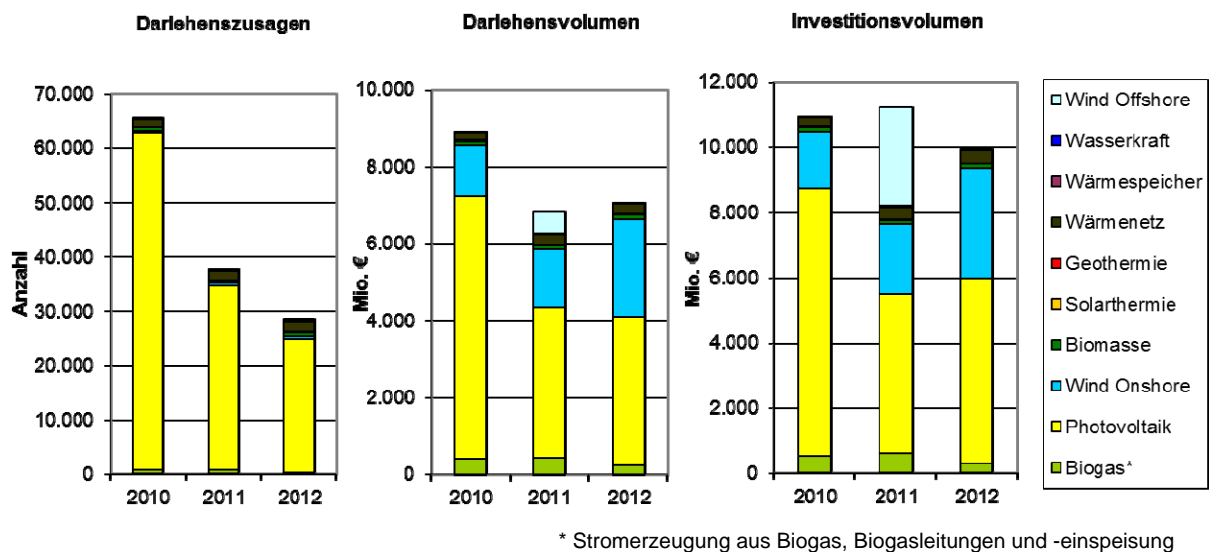


**Abbildung 2: Darlehenszusagen, Darlehensvolumen und unterstütztes Investitionsvolumen nach Förderprogrammen.**

Ursache für die gegenläufige Entwicklung von Darlehenszusagen und Darlehens- bzw. Investitionsvolumina im Jahr 2012 ist, dass die Größe der geförderten Projekte im Programm EE Standard stark gestiegen ist. So wuchs im Jahresvergleich von 2011 auf 2012 das mittlere Investitionsvolumen je Darlehen in diesem Programm um 70 %, während es im Programm EE Premium um fast ein Viertel sank. Auf Grund des sehr hohen Anteils des Programms EE Standard an den Förderaktivitäten (90 % der Darlehensfälle, je 95 %

der Darlehens- und Investitionsvolumina) schlägt der Zuwachs stark auf das Gesamtergebnis durch.

Vergleicht man das Jahr 2012 mit den Werten des Jahres 2007 (dem ersten Jahrgang, für den eine vergleichbare Evaluierung durchgeführt wurde), so ist eine Steigerung der Zahl der Darlehen von gut 25.000 auf gut 28.000, der Darlehensvolumina von rund 3,7 auf 7,1 Mrd. € sowie der geförderten Investitionsvolumina von rund 5 auf 10,0 Mrd. € zu verzeichnen.

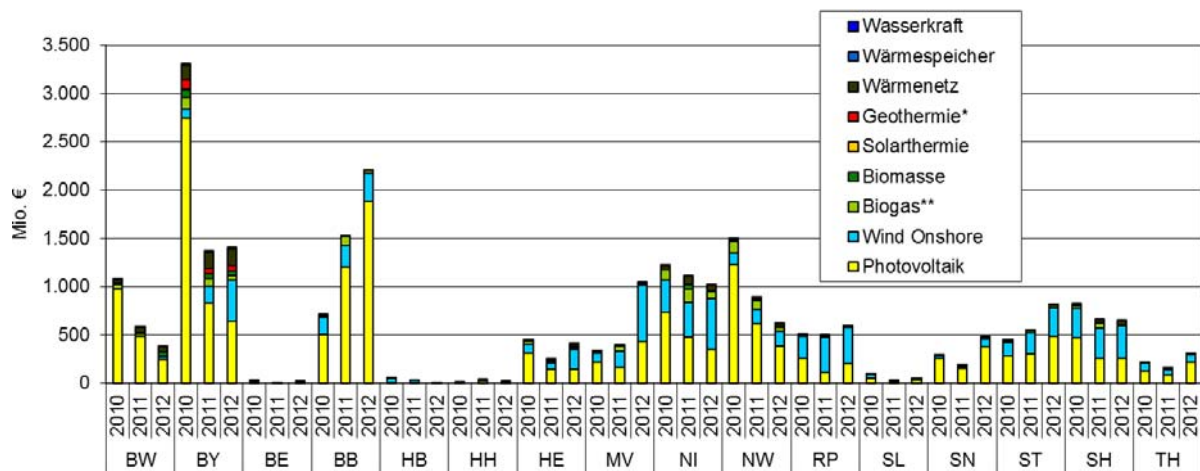


**Abbildung 3: Darlehenszusagen, Darlehensvolumen und unterstütztes Investitionsvolumen nach Verwendungszwecken der Förderung.**

Abbildung 3 verdeutlicht die Entwicklung der Förderaktivitäten im Hinblick auf die Verwendungszwecke. Mit einem Anteil von 87 % nahmen die geförderten Photovoltaikanlagen auch im Förderjahr 2012 den überwiegenden Anteil an den Darlehenszusagen ein. Im Vergleich zum Jahr 2011 sank die Zahl der Darlehensfälle für diesen Verwendungszweck von knapp 34.000 auf 24.000 um rund 28 %, das Darlehensvolumen blieb mit rund 3,9 Mrd. € unverändert. Das geförderte Investitionsvolumen dagegen stieg um 17 % von 4,9 auf ca. 5,7 Mrd. €. Da die Preise für Photovoltaikanlagen auch im Jahr 2012 gegenüber 2011 rückläufig waren, bedeutet dies einen deutlichen Anstieg der Größe der geförderten Anlagen. Die mittlerweile geringen Preise für Kleinanlagen führen auch dazu, dass diese Anlagen zunehmend vollständig mit Eigenkapital finanziert werden. Das bedeutendste Wachstum in Darlehens- und Investitionsvolumen wiesen die geförderten Onshore-Windenergieanlagen auf, die bei beiden Größen im Jahr 2012 gegenüber dem Vorjahr um ca. 68 bzw. 57 % zulegten, nachdem sie schon von 2010 auf 2011 um 14 bzw. 21 % gewachsen waren. Biogasanlagen büßten im Jahr 2012 auf Grund des allgemein stark rückläufigen Zubaus im Vorjahresvergleich ca. die Hälfte ihres Darlehens- und Investitionsvolumens ein, während Solarthermie-, Biomasse-, und Geothermieanlagen (inkl. Große Wärmepumpen) zulegten, allerdings auf vergleichsweise niedrigem Niveau was

die Höhe von Darlehens- und Investitionsvolumen angeht. Wärmenetze, Wasserkraft und Wärmespeicher verlieren im Vergleich zum Vorjahr an gefördertem Investitionsvolumen.

Die in Abbildung 4 dargestellte Entwicklung der ausgelösten Investitionen nach Bundesländern und Technologien zeichnet für die Bundesländer ein differenziertes Bild. Während die Investitionsvolumina in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen und Sachsen-Anhalt im Zeitraum von 2010 bis 2012 deutlich stiegen, weisen Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg im selben Zeitraum einen signifikanten und stetigen Rückgang auf. Bayern konnte 2012 im Vorjahresvergleich den Rückgang im Bereich Photovoltaik durch eine Zunahme bei der Windkraft ausgleichen und in Summe sogar einen leichten Anstieg des geförderten Investitionsvolumens realisieren. Die Folgen der Streichung der EEG-Vergütung für neue Photovoltaik-Freiflächenanlagen auf ehemaligem Ackerland und der daraus resultierende Einbruch der KfW-geförderten PV-Leistung von 2010 auf 2011 konnte allerdings bei weitem nicht ausgeglichen werden.



\* einschließlich Große Wärmepumpe

\*\* Stromerzeugung aus Biogas, Biogasleitungen und -einspeisung

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

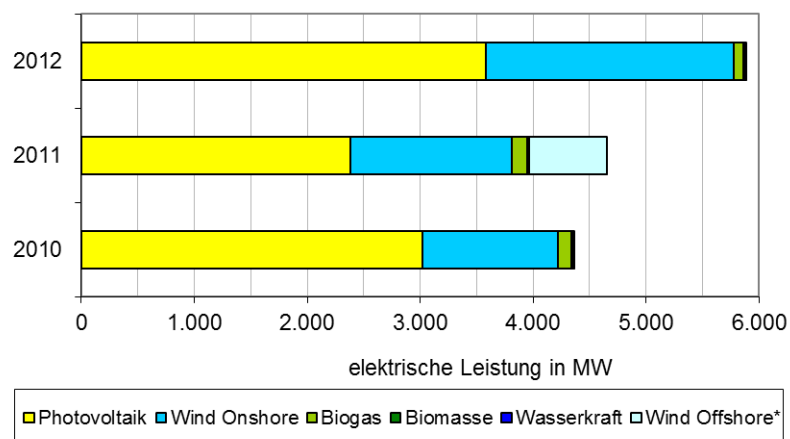
Durch den Bau zahlreicher großer PV-Freiflächenanlagen verdoppelte sich in Brandenburg das geförderte Investitionsvolumen von 2010 auf 2011 und legte 2012 nochmals nahezu um die Hälfte zu. In der Folge war Brandenburg 2012 mit 2,2 Mrd. € das Bundesland mit dem höchsten geförderten Investitionsvolumen, mit großem Abstand gefolgt von Bayern mit 1,4 Mrd. €. Es ist zu erwarten, dass sich die mit der PV-Novelle 2012 eingeführte Beschränkung der Neuanlagengröße auf maximal 10 MW in den kommenden Jahren auf die KfW-Förderaktivitäten niederschlagen wird.

Neben Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Bayern war im Jahr 2012 in Hessen, Rheinland-Pfalz, dem Saarland und Thüringen ein Anstieg des geförderten Investitionsvolumens im Vorjahresvergleich zu verzeichnen. Niedersachsen konnte trotz einer deutlichen Zunahme im Bereich Windkraft den Rückgang bei der

Photovoltaik nicht kompensieren, in Schleswig-Holstein war der Einbruch im Bereich Biogas größer als der Zuwachs bei den Windkraftanlagen.

Neben Windkraft und Photovoltaik nehmen die übrigen geförderten Technologien mit bis zu 15 % hinsichtlich ihres Investitionsvolumens in den meisten Bundesländern einen geringeren Anteil ein. Ausnahmen sind Hamburg, Bayern und Baden-Württemberg, wo ein Anteil von 19 bis 29 % der Investitionen außerhalb von Photovoltaik und Windenergie gefördert wurde.

Nach dem Rückgang der in Abbildung 5 dargestellten geförderten elektrischen Leistung von Photovoltaikanlagen um 21 % im Jahr 2011 stieg die geförderte Leistung 2012 um 50 % auf knapp 3,6 GW wieder stark an. Die geförderte Investitionssumme von Photovoltaikanlagen im Jahr 2012 wies lediglich ein Wachstum von ca. 17 % gegenüber dem Vorjahr auf. Grund hierfür waren gesunkene spezifische Kosten der PV-Anlagen, welche bei gleicher Investitionssumme eine höhere installierte Leistung ergaben. Dieser Rückgang der spezifischen Investitionskosten geht vor allem auf die gestiegene mittlere PV-Anlagengröße zurück, die bezogen auf das mittlere Investitionsvolumen je Darlehen im Vorjahresvergleich um mehr als 60 % zunahm.



\* Nach vollständiger Inbetriebnahme der geförderten Anlagen, voraussichtlich 2013/2014

**Abbildung 5: KfW-geförderte elektrische Leistung nach Technologien für die Förderjahre 2010 bis 2012.**

Das relative Wachstum der geförderten Leistung im Jahr 2012 im Vergleich zum Vorjahr fiel bei Onshore-Windenergieanlagen noch größer aus als bei den Photovoltaikanlagen – sie stieg um 54 % auf 2,2 GW. Bei den übrigen Technologien zur Stromerzeugung war im Vergleich zu 2011 ein Rückgang zu verzeichnen: bei den Biomasseanlagen und den Biogasanlagen um rund ein Drittel, womit 11 bzw. 91 MW elektrische Leistung in 2012 erreicht wurden. Insgesamt liegt die im Jahr 2012 von der KfW geförderte elektrische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien um 26 % über der des Vorjahres.

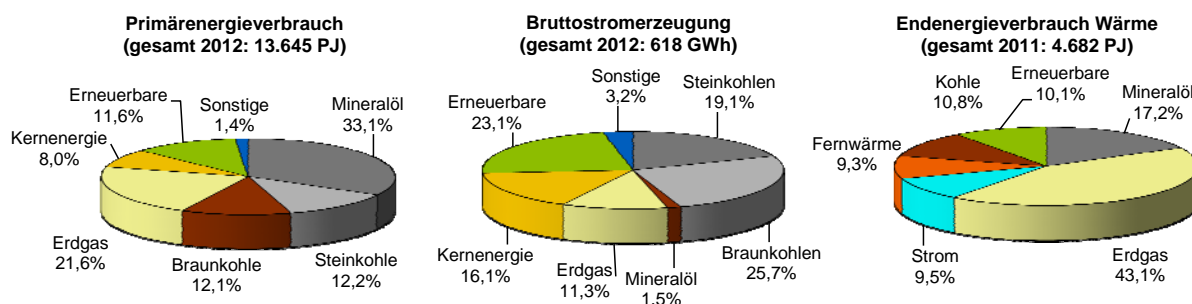




Im Wärmebereich ist im Jahr 2012 ein Rückgang der geförderten Leistung um knapp ein Drittel zu verzeichnen. Zwar wuchs die geförderte Solarthermieleistung im Vorjahresvergleich um 44 %. Auf Grund ihres geringen Anteils konnten die erheblichen Rückgänge bei Biomasse (-17 %) und Geothermie (-84 %) jedoch nicht ausgeglichen werden.

### 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 2012 wie im Vorjahr bei rund 80 %. Der Anteil der Erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch ist auf knapp 12 % 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 2013, AGEF 2013, BMU 2013).**

Durch den in den vergangenen Jahren deutlich gestiegenen Anteil der Erneuerbaren Energien an der Strombereitstellung sowie dem Beitrag der Kernenergie von etwa 16 % liegt der Anteil fossiler Energieträger an der Strombereitstellung im Vergleich zum Primärenergieverbrauch mit rund 60 % deutlich niedriger. Hier wird jedoch der Kernenergieausstieg in den kommenden Jahren dazu führen, dass die Erneuerbaren Energien bilanziell zunächst die wegfallende Stromerzeugung aus Kernenergie substituieren und lediglich darüber hinaus gehende Strommengen die Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern vermindern. Im Bereich der Wärmebereitstellung beträgt der Anteil der fossilen Energien nahezu 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 2011 für rund 10 % des Endenergieverbrauchs zur Wärmebereitstellung.

Die deutsche Energieversorgung ist im Hinblick auf fossile Energieträger durch eine hohe Importabhängigkeit gekennzeichnet. Die Nettoimportquote der deutschen Energieversorgung beträgt derzeit rund 70 % und ist in den vergangenen Jahren nur mäßig rückläufig (in den Jahren 2000 - 2006 pendelte die Nettoimportquote zwischen 72 und 74 %). Die Importquoten 2011 betragen bei Mineralöl 97 %, bei Erdgas 86 % und bei Steinkohle

<sup>2</sup> Der in der Einleitung genannte Anteil der Erneuerbaren Energien von 23,5 % 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 2011 vor. Fernwärme und Strom enthalten geringe Anteile Erneuerbarer Energien, die jedoch in der Quelle nicht ausgewiesen sind.

82 % (BMWi 2013). Die durch die KfW-Förderprogramme induzierte Einsparung fossiler Energieträger leistet einen Beitrag zur Verminderung der Importe fossiler Energieträger und 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. Die Preispfade wurden auf Basis der aktualisierten Leitstudie Nitsch et al. (2012) und der Preisentwicklung 2012 auf den neusten Stand gebracht.

### 3.1 Einsparung fossiler Energieträger

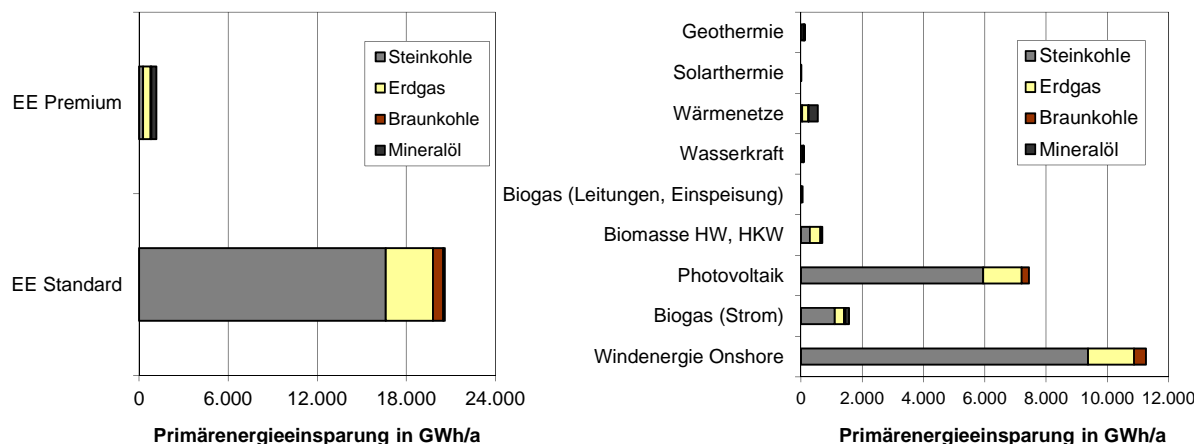
Entsprechend der skizzierten Vorgehensweise in den Anhängen A.1 und A.4 sowie der in Abschnitt 2.3 dargestellten Förderung von EE-Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung durch die verschiedenen KfW-Programme ergibt sich bei Inbetriebnahme aller im Jahr 2012 geförderten Anlagen eine jährliche Brennstoffsubstitution von 0,3 Mio. t Braunkohle, 2,0 Mio. t Steinkohle, 380 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas und rund 44 Mio. Liter Mineralöl. Insgesamt beträgt die jährliche fossile Primärenergieeinsparung der im Jahr 2012 von der KfW geförderten Anlagen im Bereich Erneuerbare Energien rund 21.800 GWh bzw. rund 78 PJ (vgl. Tabelle 13).

**Tabelle 13: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2012.**

[GWh/a]	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Anteil
<b>EE Standard</b>	16.625	3.170	692	117	20.604	94,6%
<b>EE Premium</b>	261	513	54	338	1.167	5,4%
<b>Summe</b>	16.886	3.683	745	456	21.770	100,0%
<b>Anteil</b>	77,6%	16,9%	3,4%	2,1%	100,0%	

Im Vorjahresvergleich ist durch den Aufwuchs bei der Förderung von Onshore-Windenergieanlagen sowie Photovoltaikanlagen auch bei den Einspareffekten des Programms „Standard“ ein deutliches Wachstum zu verzeichnen. Im Programm Premium ist die Einsparung gegenüber dem Förderjahr 2011 zurückgegangen. Dies ist einerseits auf den Rückgang bei den geförderten Biomasseanlagen zurückzuführen. Andererseits wirkt sich die erstmalige Nutzung der nun verfügbaren Angaben zum Wärmeabsatz von Wärmenetzen in geringeren Einsparungen aus (vgl. die Ausführungen in Anhang A4 zu

Wärmenetzen als eigenständige Maßnahmen). Weiterhin wurden im Gegensatz zum Jahr 2011 im vergangenen Jahr keine Offshore-Windenergieanlagen gefördert, was insgesamt im Vergleich zum Vorjahr zu einem leichten Rückgang der fossilen Primärenergieeinsparung für das Förderjahr 2012 führt.



**Abbildung 7: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2012.**

**Tabelle 14: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologien für den Förderjahrgang 2012.**

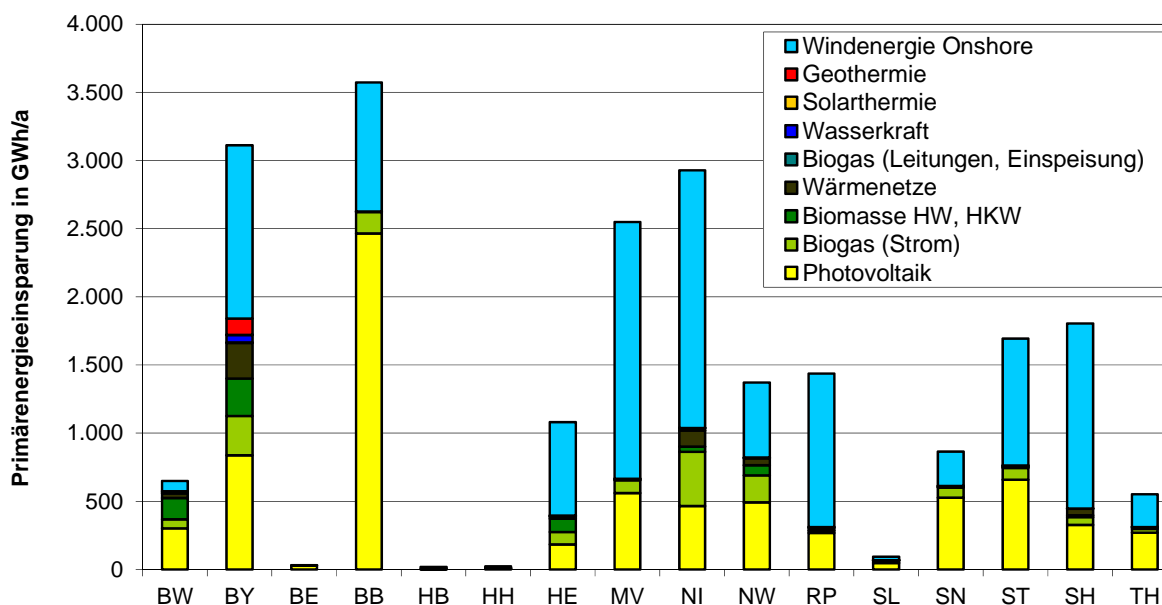
[GWh/a]	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Anteil
<b>Windenergie Onshore</b>	9.370	1.494	392	0	11.255	51,7%
<b>Biogas (Strom)<sup>1)</sup></b>	1.106	304	41	117	1.568	7,2%
<b>Photovoltaik</b>	5.943	1.259	239	0	7.441	34,2%
<b>Biomasse HW, HKW</b>	293	347	60	0	700	3,2%
<b>Biogas (Leitungen, Einspeisung)<sup>2)</sup></b>	-12	18	-1	35	40	0,2%
<b>Wasserkraft</b>	69	15	3	0	87	0,4%
<b>Wärmenetze</b>	42	206	4	302	555	2,6%
<b>Solarthermie</b>	0,1	1,2	0,0	1,0	2,4	0,01%
<b>Geothermie</b>	74	40	7	0	121	0,6%
<b>Summe</b>	16.886	3.683	745	456	21.770	100,0%
<b>Anteil</b>	77,6%	16,9%	3,4%	2,1%	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.

Insgesamt rund 93 % der jährlich zu erwartenden fossilen Primärenergieeinsparung gehen auf die geförderten Vorhaben in den Sparten Windenergie, Photovoltaik und Biogas (einschl. Wärmenutzung bei Biogasanlagen) zurück. Die Einspeise- und Substitutionscharakteristik (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 93 % der gesamten Primärenergieeinsparung (ohne KWK-Wärme) zuzurechnen ist. Ein Teil der Einsparung von Erdgas (17 %) ist den geförderten Vorhaben im Bereich der Wärmeerzeugung zuzurechnen. Vollständig in den Wärmebereich fallen dagegen die eingesparten Mengen an Mineralölprodukten durch die Substitution von Heizöl resultierend aus der Wärmebereitstellung der geförderten Technologien (vgl. Abbildung 7 und Tabelle 14).

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 Brandenburg der Fall, während die Einsparung durch Windenergieanlagen hauptsächlich in den Ländern Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Bayern und Rheinland Pfalz zutage tritt. Insbesondere in Bayern wurden im Vergleich zum Vorjahr mehr Windenergieanlagen gefördert. 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 2012.**

**Tabelle 15: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern und Technologien für den Förderjahrgang 2012.**

[GWh/a]	Windenergie Onshore	Biogas (Strom)	Photovoltaik	Biomasse HW, HKW	Biogas (Leitungen, Einspeisung)	Wasserkraft	Wärmenetze	Solarthermie	Geothermie	Summe
<b>BW</b>	74	65	303	156	3	13	35	0,5	-	649
<b>BY</b>	1.271	289	837	274	5	52	262	0,6	121	3.112
<b>BE</b>	-	-	29	1	-	-	-	-	-	30
<b>BB</b>	947	156	2.465	-	-	-	4	0,1	-	3.573
<b>HB</b>	17	-	1	-	-	-	-	-	-	19
<b>HH</b>	12	-	6	2	-	-	1	0,1	-	22
<b>HE</b>	684	91	183	98	4	6	13	0,2	-	1.079
<b>MV</b>	1.884	92	561	4	-	-	8	0,0	-	2.549
<b>NI</b>	1.889	396	466	37	19	1	118	0,2	-	2.927
<b>NW</b>	550	199	492	74	-	6	49	0,2	-	1.371
<b>RP</b>	1.125	19	267	17	-	-	7	0,1	-	1.436
<b>SL</b>	23	18	48	0	2	-	1	-	-	92
<b>SN</b>	251	73	528	4	-	6	3	0,0	-	865
<b>ST</b>	931	85	659	5	5	3	6	0,1	-	1.693
<b>SH</b>	1.357	57	326	14	3	-	47	0,2	-	1.804
<b>TH</b>	240	27	270	15	-	-	1	0,0	-	552
<b>Summe</b>	11.255	1.568	7.441	700	40	87	555	2,4	121	21.770

Wird die Einsparung auf die Bevölkerungszahlen in den jeweiligen Bundesländern bezogen, zeigt sich der höchste Einspareffekt in Brandenburg, wo im Verhältnis zu den Einwohnern die Leistung von großen Solarparks vergleichsweise hoch ist. Ähnliche Effekte zeigen sich für den vergleichsweise hohen Anteil geförderter Windenergieanlagen in Bundesländern mit geringen Bevölkerungszahlen wie Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern.

### 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 13,6 EJ im Jahr 2012 steht eine Primärenergiegewinnung im Inland von 4 bis

4,5 EJ gegenüber<sup>4</sup>. 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 wie in den Vorjahren schätzungsweise rund 70 % der in Deutschland im Jahr 2012 verbrauchten Primärenergieträger importiert werden. 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 nach vollständiger Inbetriebnahme der durch die mit den Programmen der KfW im Jahr 2012 geförderten Erneuerbaren Energien die Einfuhr von jährlich rund 2,0 Mio. t Steinkohle, 380 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas und rund 44 Mio. Liter Mineralöl bzw. entsprechende Rohölimporte vermieden (vgl. Tabelle 16).

**Tabelle 16: Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Brennstoffe für den Förderjahrgang 2012.**

	Eingesparte Energiemengen p.a.		Importquote <sup>1)</sup>	Vermiedene Energieimporte p.a.		Einfuhrpreise <sup>2)</sup>		Vermiedene Kosten für importierte Energieträger [Mio. € <sub>2012/a</sub> ]
<b>Braunkohle</b>	298	1.000 t/a	0%	0	1.000 t/a	k.A.	-	-
<b>Steinkohle</b>	2.003	1.000 t/a	100%	2.003	1.000 t/a	18.346	€/GWh	310
<b>Erdgas</b>	377	Mio. m <sup>3</sup> /a	100%	377	Mio. m <sup>3</sup> /a	32.865	€/GWh	121
<b>Mineralöl</b>	44	Mio. l/a	100%	44	Mio. l/a	57.198	€/GWh	26
<b>Summe</b>								457

<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 2011 betragen (nachrichtlich): Braunkohle 0 %; Steinkohle 82 %, Erdgas 86 %, Mineralöl 97 % (BMW i 2013).

<sup>2)</sup> Vgl. auch Anhang A.5. Es wurden Energiepreise in Anlehnung an Preispfad A aus Nitsch et al. (2012) ohne CO<sub>2</sub>-Aufschläge angesetzt, für 2012 wurden aktuelle Werte verwendet (BMW i 2013). Mit der Annuitätenmethode wurden die jährlich unterschiedlichen Brennstoffpreise mittels des Kalkulationszinssatzes über die Anlagenlebensdauer 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 2012 von der KfW-geförderte Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien Energieimporte in

<sup>4</sup> Die Angaben zur Primärenergiegewinnung im Inland 2012 liegen zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht vor, es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sich keine wesentliche Änderung gegenüber dem Vorjahreswert von 4,2 EJ ergeben hat.

einer Größenordnung von rund 460 Mio. €/a vermieden werden. Über die angenommene Lebensdauer der Maßnahmen von 20 Jahren summieren sich die Einsparungen auf rund 9,1 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 Energiepreisen frei Anlage zu kalkulieren. Für die Stromerzeugung wurden dafür die Brennstoffkosten frei Kraftwerk, für den Wärmemarkt stellvertretend die Kosten für private Haushalte angesetzt (Nitsch et al. 2012 und BMWi 2013). Wie Tabelle 17 zeigt, liegt der Gesamtbetrag der vermiedenen Kosten für fossile Energieträger mit rund 510 Mio. €/a höher als die vermiedenen Energieimporte. Davon entfällt mit gut 60 % der Großteil der Einsparung auf Steinkohle sowie zu knapp 30 % auf Erdgas bzw. 10 % Mineralöl. Über die angenommene Lebensdauer von 20 Jahren der geförderten Maßnahmen ergeben sich über alle Brennstoffe Einsparungen von rund 10,2 Mrd. €.

**Tabelle 17: Vermiedene Brennstoffkosten durch die Nutzung Erneuerbare Energien für den Förderjahrgang 2012.**

	Vermiedener Brennstoffeinsatz in Kraftwerken				Vermiedener Brennstoffeinsatz in Haushalten				Summe
	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	
<b>eingesparte Energiemengen [GWh/a]</b>	16.843	3.409	745	0	42	274	0,0	456	21.770
<b>Brennstoffkosten frei Kraftwerk bzw. Endverbraucher<sup>1)</sup> [€<sub>2012</sub>/GWh]</b>	18.919	35.405	5.060	57.198	57.173	80.385	54.796	94.489	-
<b>vermiedene Brennstoffkosten [Mio. €<sub>2012</sub>/a]</b>	318,7	120,7	3,8	0,0	2,4	22,0	0,0	43,1	510,7

<sup>1)</sup> Vgl. auch Anhang A.5. Es wurden Energiepreise in Anlehnung an Preispfad A aus Nitsch et al. (2012) ohne CO<sub>2</sub>-Aufschläge angesetzt, für 2012 wurden aktuelle Werte des BMWi verwendet (BMWi 2013). Mit Hilfe der Annuitätenmethode wurden die jährlich unterschiedlichen Brennstoffpreise mittels des Kalkulationszinssatzes in eine reale Annuität, d.h. preisbereinigte jährlich konstante Werte, umgerechnet.

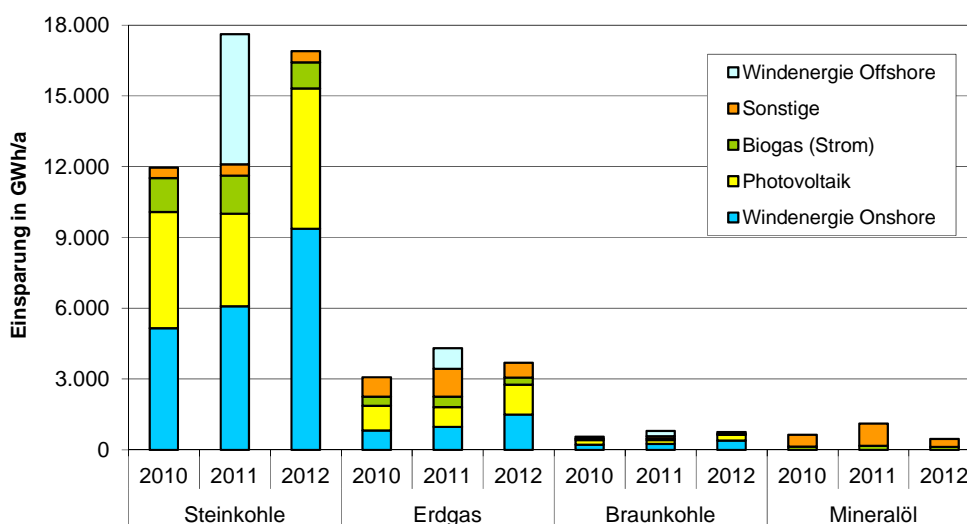
### 3.4 Vergleich mit den Förderjahrgängen 2010 und 2011

Zur Einordnung der Einsparung fossiler Energieträger sowie der damit verbundenen Kosten wird ein Vergleich mit den Förderjahrgängen 2010 und 2011 vorgenommen. Um die Vergleichbarkeit auf ein gemeinsames Bezugsjahr herzustellen, wird die Einsparung der Anlagen der Förderjahrgänge 2010 und 2011 mit den aktuellen Eingangsparametern neu berechnet. Für die Vorjahre wurde die Berechnung der Einsparung der Wärmenetze angepasst, indem die für das Förderjahr 2012 erstmals vorliegenden Daten zur tatsächli-



chen Wärmeauskopplung der geförderten Wärmenetze auf die Vorjahre übertragen wurden. Die Einsparung der geförderten Wärmenetze geht damit im Vergleich zu den ursprünglichen Berechnungen in den Evaluierungen 2010 und 2011 zurück, der Effekt ist jedoch bezogen auf die Gesamteinsparung der Förderjahre vernachlässigbar gering.

Die zu erwartenden jährlichen Einsparungen von fossiler Primärenergie sind für das Förderjahr 2012 im Vergleich zum Vorjahr um knapp 9 % zurückgegangen. Die Hauptursache für diese Entwicklung ist die Förderung von Offshore-Windenergieanlagen im Jahr 2011. Durch den deutlichen Anstieg der geförderten PV-Leistung 2012 wachsen die zuzurechnenden Einsparungen für diesen Technologiebereich im Vergleich zum Vorjahr, gleichermaßen positiv wirkt sich der Zuwachs bei der Förderung von Onshore-Windenergieanlagen auf die Einsparungen aus. Rückläufig war die Förderung von Biogasanlagen sowie Anlagen zur Einspeisung und Aufbereitung von Biogas. Aus diesem Grund werden im Wärmesektor weniger fossile Energieträger als im Vorjahr substituiert, was sich insbesondere auf die Einsparung von Mineralöl auswirkt (vgl. Abbildung 9).



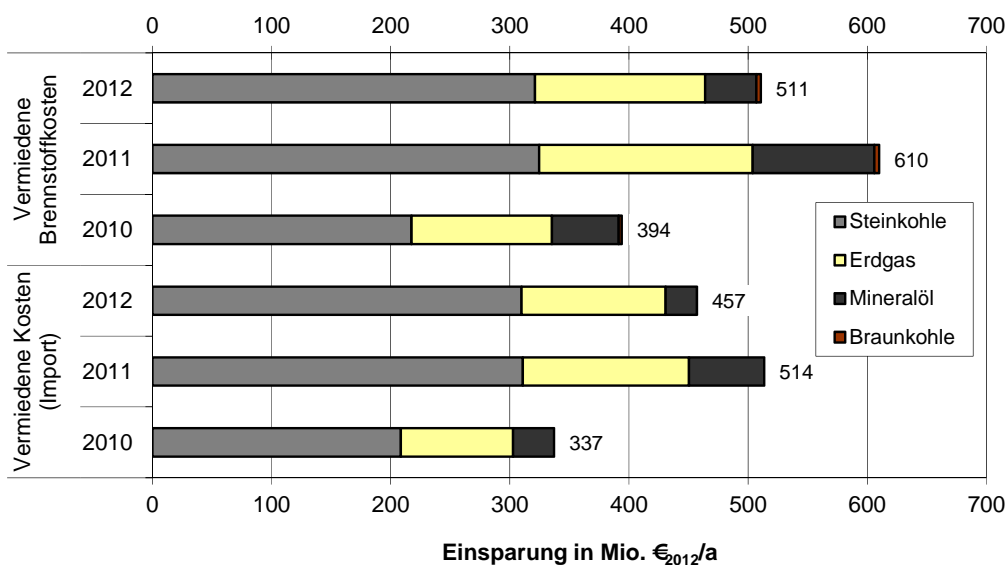
**Abbildung 9: Jährliche Einsparung fossiler Brennstoffe (Primärenergie) der von der KfW geförderten Vorhaben 2010 bis 2012 nach Technologien.**

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. (2012) erstellten Leitszenarien für den Ausbau Erneuerbarer Energien (vgl. Anhang A.5) von steigenden Preisen für fossile Brennstoffe ausgegangen wird, ergibt sich für die anlegbaren Brennstoffpreise späterer Förderjahre eine höhere Annuität als für die vorangegangenen. Die Einsparungen für die Förderjahrgänge 2010 und 2011 wurden auf Basis des aktualisierten Preispfades neu berechnet. Damit ergeben sich geringe Abweichungen gegenüber den in den Vorgänger-Studien angegebenen monetär bewerteten Einsparungen, die der Aktualisierung der Preisentwicklung geschuldet sind.

**Tabelle 18: Fossile Primärenergieeinsparung und vermiedene Kosten durch KfW-geförderte Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjahrgänge 2010 bis 2012.**

	Primärenergieeinsparung [GWh/a]			Vermiedene Kosten Import [Mio. € <sub>2012/a</sub> ]			Vermiedene Brennstoffkosten [Mio. € <sub>2012/a</sub> ]		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
<b>Steinkohle</b>	11.958	17.612	16.886	208	311	310	217	325	321
<b>Erdgas</b>	3.071	4.305	3.683	94	140	121	118	179	143
<b>Braunkohle</b>	550	801	745	0	0	0	3	4	4
<b>Mineralöl</b>	632	1.107	456	35	63	26	56	102	43
<b>Summe</b>	16.211	23.826	21.770	337	514	457	394	610	511

Tabelle 18 zeigt die fossile Primärenergieeinsparung und deren monetäre Bewertung für die Förderjahrgänge 2010 bis 2012 im Überblick. Da die Einsparung von Steinkohle, Erdgas und Mineralöl vollständig als vermiedene Importe und Braunkohle als einheimischer Energieträger betrachtet werden (vgl. Tabelle 16), liegen die vermiedenen Kosten für Brennstoffimport unter den vermiedenen Brennstoffkosten insgesamt. Abbildung 10 stellt die monetär bewertete Einsparung fossiler Energieträger für die Jahre 2010 bis 2012 gegenüber. Während für Steinkohle die monetär bewerteten Einsparungen 2012 im Vergleich zum Vorjahr weitgehend konstant blieben, gingen die Einsparungen durch Erdgas und Mineralöl merklich bzw. stark zurück, was auf die oben beschriebenen Rückgänge im Bereich Biogas zurückzuführen ist.



**Abbildung 10: Vermiedene jährliche Brennstoffkosten und vermiedene Kosten für importierte Brennstoffe für die in den Jahren 2010 bis 2012 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 Aspekt der Versorgungssicherheit von Bedeutung, sondern auch unter dem Aspekt vermiedener Emissionen von Treibhausgasen und klassischen Luftschadstoffen ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , Feinstaub sowie NMVOC). 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  $\text{CO}_2$ -Faktoren und Schadstoffemissionen der substituierten Energieträger deutlich voneinander unterscheiden. So entsteht beispielsweise bei der Verbrennung von Kohle etwa doppelt so viel  $\text{CO}_2$  wie bei der Verbrennung von Erdgas, weil bei Erdgas entsprechend der chemischen Zusammensetzung der enthaltene Wasserstoff einen hohen Anteil am Heizwert hat.  $\text{CO}_2$ -Emissionen sind auch mit der Nutzung von Bioenergien verbunden, allerdings kann davon ausgegangen werden, dass diese Prozesse insgesamt weitgehend  $\text{CO}_2$ -neutral sind, weil das freigesetzte  $\text{CO}_2$  zuvor während des Pflanzenwachstums aus der Atmosphäre aufgenommen wurde.

Nachfolgend werden die Treibhausgase  $\text{CO}_2$  (Kohlendioxid),  $\text{CH}_4$  (Methan) und  $\text{N}_2\text{O}$  (Lachgas) sowie die Luftschadstoffe  $\text{SO}_2$  (Schwefeldioxid),  $\text{NO}_x$  (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. Die detaillierte Methodik zur Ermittlung der vermiedenen 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.

### 4.1 Vermiedene Treibhausgasemissionen

Als Folge der Substitution fossiler Energieträger ist durch die Nutzung der im Jahr 2012 geförderten Erneuerbaren Energien von einer jährlichen  $\text{CO}_2$ -Vermeidung in Höhe von

6,3 Mio. t auszugehen. Werden die treibhausrelevanten Gase Methan und Lachgas einbezogen, erhöht sich die Einsparung auf 6,6 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente (vgl. Tabelle 19).

**Tabelle 19: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2012.**

[Mio. t/a]	EE Standard	EE Premium	Summe
CO <sub>2</sub>	6,01	0,28	6,29
Anteil	95,6%	4,4%	100,0%
CO <sub>2</sub> -Äquivalente	6,32	0,28	6,60
Anteil	95,7%	4,3%	100,0%

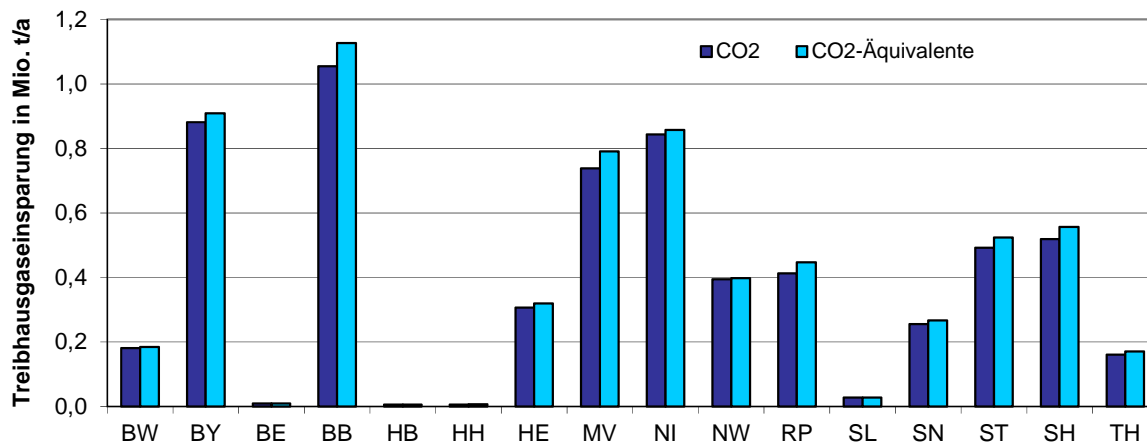
Wie schon in den Vorjahren entfällt ein großer Teil der Treibhausgasreduzierungen auf die geförderten Windenergieanlagen, die für mehr als die Hälfte der vermiedenen Treibhausgaseinsparungen des Förderjahres 2012 stehen. Der Beitrag der Photovoltaikanlagen zur Treibhausgasvermeidung ist deutlich auf 37 % gewachsen. Die drei Förderbereiche Windenergie-, Photovoltaik- sowie Biogasanlagen stehen insgesamt für 94 % der Treibhausgaseinsparungen des Förderjahrgangs 2012 (vgl. Tabelle 20).

**Tabelle 20: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2012.**

[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> -Äquiv.
Windenergie Onshore	3.223	11,2	0,045	3.514	53,2%
Biogas (Strom)	487	-5,87	-0,253	292	4,4%
Photovoltaik	2.216	7,8	0,034	2.419	36,7%
Biomasse HW, HKW	149	0,3	-0,017	151	2,3%
Biogas (Leitungen, Einspeisung)	6	0,02	0,001	7	0,1%
Wasserkraft	25	0,1	0,0003	27	0,4%
Wärmenetze	145	0,3	0,001	151	2,3%
Solarthermie	0,6	0,001	0,000004	0,6	0,01%
Geothermie	36	0,1	0,001	39	0,6%
Summe	6.289	13,8	-0,189	6.600	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 (Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein, Bayern und, Rheinland-Pfalz). Brandenburg profitiert insbesondere von der Einsparung der geförderten Photovoltaikanlagen. Die weiter angelegte Förderung von großen Solarparks in Brandenburg führt dazu, dass nicht mehr nur bezogen auf die Pro-Kopf-Einsparung Brandenburg den ersten Platz einnimmt, son-

dem auch im Hinblick auf die absolute Treibhausgaseinsparung des Förderjahrgangs 2012.



**Abbildung 11: Jährliche Vermeidung von Treibhausgasen durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2012.**

Die im Jahr 2012 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 2012 geförderten EE-Anlagen leisten damit einen Beitrag von 2,6 % zur Erreichung dieses Minderungsziels. Rechnet man die Treibhausgasreduzierungen mit ein, welche die in den Jahren 2007 bis 2011 KfW-geförderten Anlagen in jedem Betriebsjahr leisten, so erhöht sich der Beitrag der geförderten Anlagen auf eine Größenordnung von 12 %.

Eine weitere 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 2012 geförderten EE-Anlagen einen Beitrag von rund 10 % zur Zielerreichung. Bezieht man die in jedem Betriebsjahr erzielten Reduzierungen der in den Förderjahrgängen 2007 bis 2012 errichteten Anlagen ein, so wurden durch die KfW-Programme bislang Emissionsvermeidungen von

jährlich rund 29 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angestoßen, d.h. rund 45% der im IEKP angestrebten Einsparungen von 64 Mio. t pro Jahr bis 2020.

**Tabelle 21: Jährliche Einsparung von Treibhausgasen (CO<sub>2</sub>-Äquivalente) nach Bundesländern und Technologien für den Förderjahrgang 2012.**

[1.000 t/a]	Windenergie Onshore	Biogas (Strom)	Photovoltaik	Biomasse HW, HKW	Biogas (Leitungen, Einspeisung)	Wasserkraft	Wärmenetze	Solarthermie	Geothermie	Summe
<b>BW</b>	23,2	12,2	98,4	36,2	0,9	4,0	9,5	0,11	-	184,6
<b>BY</b>	396,7	53,8	272,0	58,1	1,4	16,4	71,3	0,14	39,2	908,9
<b>BE</b>	-	-	9,5	0,1	-	-	-	-	-	9,6
<b>BB</b>	295,6	29,0	801,4	-	-	-	1,2	0,02	-	1.127,2
<b>HB</b>	5,4	-	0,4	-	-	-	-	-	-	5,8
<b>HH</b>	3,8	-	1,9	0,4	-	-	0,3	0,03	-	6,5
<b>HE</b>	213,5	16,9	59,6	23,7	-	1,8	3,5	0,05	-	319,0
<b>MV</b>	588,1	17,2	182,4	0,8	-	-	2,1	0,00	-	790,6
<b>NI</b>	589,7	73,9	151,6	7,1	2,8	0,2	32,1	0,05	-	857,4
<b>NW</b>	171,7	37,2	159,8	13,9	-	2,0	13,4	0,06	-	398,0
<b>RP</b>	351,3	3,5	86,9	3,2	-	-	2,0	0,03	-	446,9
<b>SL</b>	7,2	3,4	15,7	0,01	0,5	-	0,2	-	-	27,0
<b>SN</b>	78,3	13,6	171,5	0,8	-	1,8	0,9	0,01	-	266,9
<b>ST</b>	290,6	15,9	214,1	0,9	-	0,9	1,6	0,04	-	524,0
<b>SH</b>	423,5	10,6	106,0	2,8	0,9	-	12,6	0,05	-	556,6
<b>TH</b>	74,9	5,0	87,7	2,8	-	-	0,2	0,003	-	170,6
<b>Summe</b>	3.513,6	292,2	2.418,9	150,8	6,5	27,0	150,9	0,58	39,2	6.599,7

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. 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 THG-Minderungsleistung der im Jahr 2012 geförderten Anlagen in Höhe von rund 6,6 Mio. t/a kumuliert sich über eine angenommene Nutzungsdauer dieser Anlagen von 20 Jahre auf rund 130 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente.

## 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 2012.**

[t/a]	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub> -Äquivalente <sup>1)</sup>	NMVOC	Feinstaub
<b>Windenergie Onshore</b>	1.620	2.250	3.149	135	135
<b>Biogas (Strom)</b>	-85	-761	-712	-67	-33
<b>Photovoltaik</b>	980	1.487	2.028	101	34
<b>Biomasse HW, HKW</b>	64	-305	-148	-240	-51
<b>Biogas (Leitungen, Einspeisung)</b>	6	7	11	1	0
<b>Wasserkraft</b>	12	17	24	1	1
<b>Wärmenetze</b>	129	95	196	8	5
<b>Solarthermie</b>	0	0	1	0	0
<b>Geothermie</b>	24	30	45	2	2
<b>Summe</b>	2.750	2.820	4.592	-57	94

<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.

Über alle geförderten Technologien ist festzustellen, dass die im Jahr 2012 geförderten Anlagen insgesamt zu einer Minderung an SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> sowie Feinstaub beitragen. Im Bereich der Biomasse sind jedoch Mehremissionen bei SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC sowie Feinstaub zu verzeichnen. 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 in NEEDS ermittelten Sätze für externe Kosten durch Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen dienten dem Umweltbundesamt als Grundlage seiner überarbeiteten Empfehlungen zu Best-Practice-Kostensätzen zur Bewertung von Umweltschäden (vgl. UBA 2012b). Die dort empfohlenen Wertansätze für Luftschadstoffemissionen und Treibhausgasemissionen werden auch im Rahmen von Arbeiten zur Bewertung der Nutzung Erneuerbarer Energien im Auftrag des Bundesumweltministeriums genutzt<sup>5</sup>, so dass die hier ermittelten Werte konsistent zur Berichterstattung des BMU sind. Um in der vorliegenden Studie eine einheitliche Preisbasis zu gewährleisten (vgl. Anhang A.5), wurden die Wertansätze aus UBA 2012b vom Preisniveau 2010 auf das Preisniveau 2012 umgerechnet.

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> verursacht weltweit quantifizierbare Schäden in Höhe von rund 83 €, die Emission einer Tonne N<sub>2</sub>O (in Folge einer höheren Klimawirksamkeit) von ca. 24.800 €. 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.

---

<sup>5</sup> Zu nennen sind insbesondere: BMU (2013, 2012), Breitschopf und Memmler (2012), Breitschopf et al. (2012).



**Tabelle 23: Verwendete Wertansätze zur Ermittlung der vermiedenen Schadenskosten.**

[€ <sub>2012</sub> /t]	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NM VOC	PM <sub>10</sub> <sup>1)</sup>
<b>Klimawandel</b>	83	2.080	24.820	-	-	-	-
<b>Gesundheitsschäden</b>	-	-	-	12.400	13.100	1.700	41.400
<b>Ernteverluste</b>	-	-	-	-140	560	340	-
<b>Materialschäden</b>	-	-	-	540	120	-	-
<b>Biodiversität</b>	-	-	-	880	2.270	-310	-
<b>Summe</b>	83	2.080	24.820	13.680	16.050	1.730	41.400

Werte nach UBA 2012b, umgerechnet auf Preisbasis 2012 und gerundet.

<sup>1)</sup> PM<sub>10</sub> bezeichnet Feinstaub („particulate matter“) mit einem aerodynamischen Partikeldurchmesser kleiner als 10 µm.

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 verminderten Düngerbedarf 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 2012.**

[Mio. € <sub>2012</sub> /a]	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NM VOC	PM <sub>10</sub>	Summe
<b>Windenergie Onshore</b>	268,4	23,2	1,1	22,2	36,2	0,24	5,58	356,9
<b>Biogas (Strom)</b>	40,6	-12,22	-6,3	-1,2	-12,2	-0,12	-1,35	7,2
<b>Photovoltaik</b>	184,6	16,2	0,8	13,4	23,9	0,18	1,40	240,5
<b>Biomasse HW, HKW</b>	12,4	0,6	-0,42	0,9	-4,9	-0,42	-2,1	6,1
<b>Biogas (Leitungen, Einspeisung)</b>	0,5	0,05	0,01	0,1	0,1	0,002	0,02	0,8
<b>Wasserkraft</b>	2,1	0,2	0,01	0,2	0,3	0,002	0,043	2,7
<b>Wärmenetze</b>	12,1	0,5	0,0	1,8	1,5	0,01	0,20	16,2
<b>Solarthermie</b>	0,05	0,002	0,0001	0,004	0,006	0,0002	-0,0005	0,06
<b>Geothermie</b>	3,0	0,2	0,01	0,3	0,5	0,004	0,095	4,2
<b>Summe</b>	523,7	28,8	-4,7	37,7	45,3	-0,10	3,89	634,6

Für die einzelnen von der KfW im Jahr 2012 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 rund 630 Mio. € Schadenskosten pro Jahr vermieden. Mit knapp 83 % entfällt der Großteil davon auf die vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Etwa 6 bzw. 7 % der vermiedenen externen Kosten sind der Emissionsminderung von SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> zuzurechnen. Bei Biogas- und Biomasseanlagen ergibt sich für einzelne

Schadstoffe ein Mehrausstoß im Vergleich zu den ersetzten konventionellen Anlagen und damit höhere externe Kosten (vgl. negative Werte in Tabelle 22). Für Biogas liegen die Hauptprobleme im Bereich erhöhter Methan- und Lachgasemissionen, bei Biomasse sind insbesondere erhöhte Feinstaubemissionen problematisch. Allerdings werden für beide Technologien die zusätzlichen Schadenskosten durch vermiedene CO<sub>2</sub>-Kosten deutlich übertroffen.

**Tabelle 25: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2012.**

[Mio. € <sub>2012/a</sub> ]	Klimawandel	Gesundheitsschäden	Ernteverluste	Materialschäden	Biodiversität	Summe
<b>Windenergie Onshore</b>	292,8	55,5	1,1	1,1	6,5	356,9
<b>Biogas (Strom)</b>	22,1	-12,5	-0,4	-0,1	-1,8	7,2
<b>Photovoltaik</b>	201,6	33,3	0,7	0,7	4,2	240,5
<b>Biomasse HW, HKW</b>	12,6	-5,7	-0,3	-0,001	-0,6	6,1
<b>Biogas (Leitungen, Einspeisung)</b>	0,6	0,2	0,004	0,004	0,02	0,8
<b>Wasserkraft</b>	2,3	0,4	0,01	0,009	0,05	2,7
<b>Wärmenetze</b>	12,7	3,1	0,04	0,1	0,3	16,2
<b>Solarthermie</b>	0,05	0,008	0,0002	0,0002	0,001	0,06
<b>Geothermie</b>	3,3	0,8	0,01	0,016	0,09	4,2
<b>Summe</b>	547,8	75,0	1,2	1,8	8,8	634,6

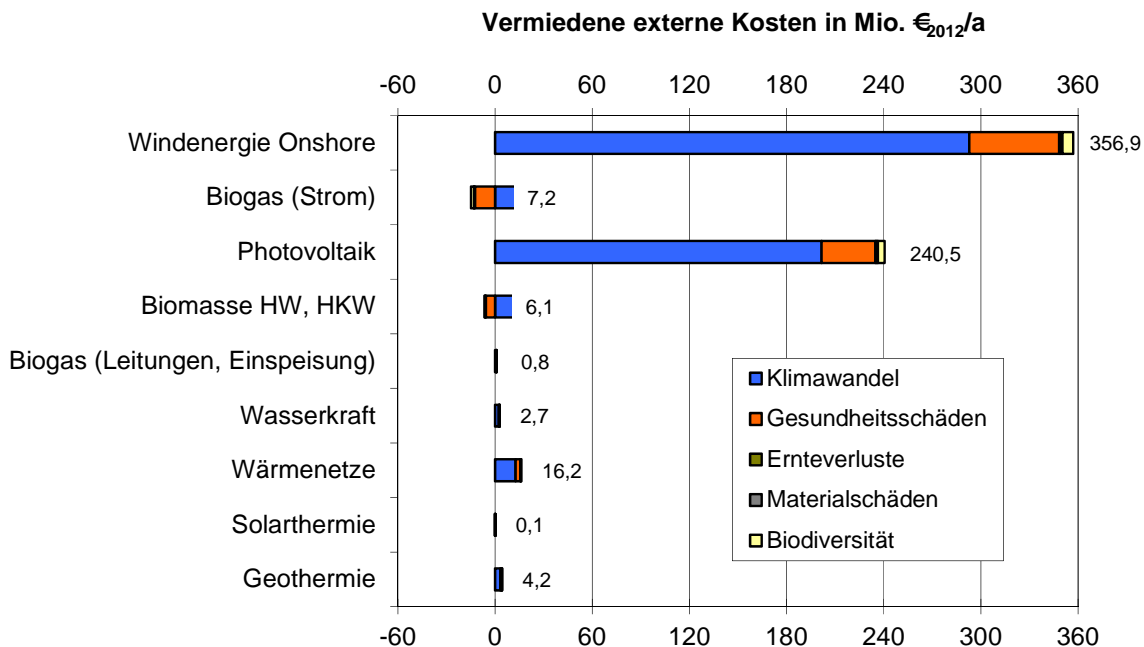
Auf die geförderten Windenergieanlagen entfallen 56 %, auf Photovoltaikanlagen knapp 38 % der vermiedenen externen Kosten. Daran hat die Einsparung von CO<sub>2</sub> den größten Anteil.

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 86 % den weitaus größten Anteil an den vermiedenen externen Kosten einnehmen. Die geförderten Anlagen des Förderjahrs 2012 vermeiden darüber hinaus pro Jahr externe Kosten durch Gesundheitsschäden von 75 Mio. € (vgl. auch Tabelle 25).

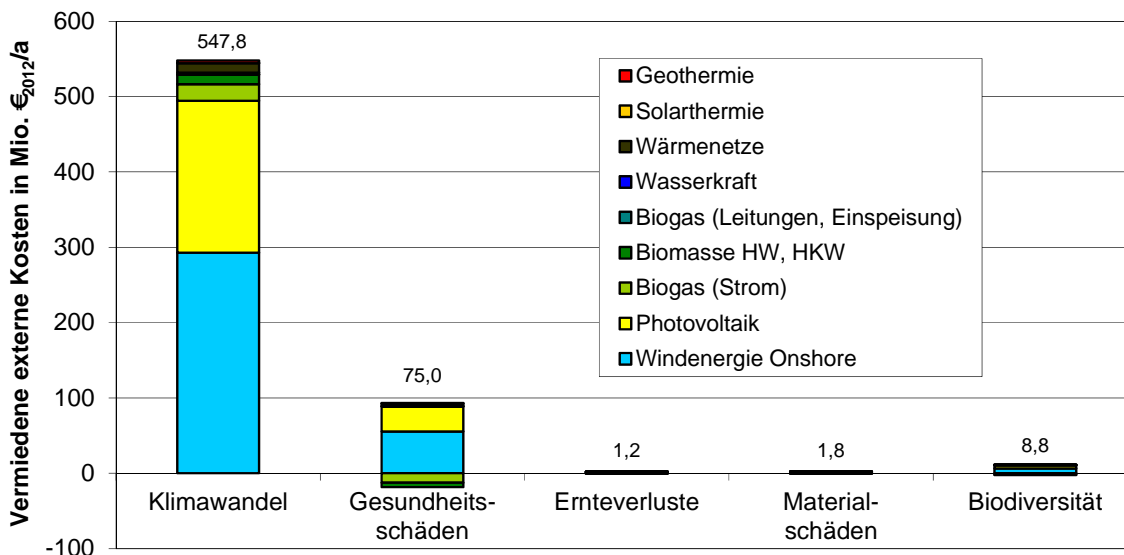
Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Ergebnisse aus Tabelle 25 zunächst nach den geförderten Technologien und Schadenskategorien (vgl. Abbildung 12) und anschließend nach Schadenskategorien und geförderten Technologien (vgl. Abbildung 13).

Da die aktualisierten Wertansätze von den in den Vorjahren verwendeten abweichen, wurden die vermiedenen externen Kosten auf der aktuellen Basis nochmals ausgewertet. Hierfür wurden auch die eingesparten Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen mit aktuellen Vermeidungsfaktoren berechnet. Dabei ergeben sich jährlich vermiedene Kosten von 443 Mio. € für die im Jahr 2010 geförderten Anlagen und 472 Mio. € für das För-

derjahr 2011 zuzüglich 210 Mio. € nach vollständiger Inbetriebnahme der 2011 geförder-ten Offshore-Windkraftanlagen.



**Abbildung 12: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologien und Schadenskategorien für das Förderjahr 2012.**

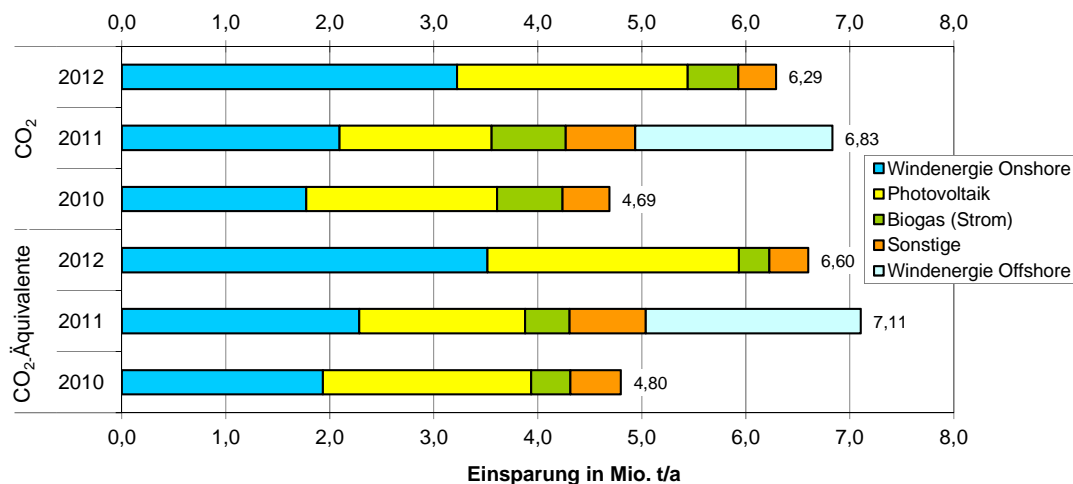


**Abbildung 13: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Schadenskategorien und Technologien für das Förderjahr 2012.**

#### 4.4 Vergleich der Treibhausgasminderung mit den Förderjährgängen 2010 und 2011

Für den Vergleich der vermiedenen Treibhausgasemissionen wurde dieselbe Vorgehensweise angesetzt wie im Kapitel 3.4 beim Vergleich der eingesparten fossilen Brennstoffe. Das Förderjahr 2012 wird somit verglichen mit den auf Basis der aktuellen Eingangsparameter überarbeiteten Ergebnissen für die Jahre 2010 und 2011.

Insgesamt betrachtet sind die vermiedenen CO<sub>2</sub>- bzw. Treibhausgasemissionen des Förderjahres 2012 geringer als im Vorjahr (vgl. Abbildung 14). Die im Jahr 2011 geförderten Offshore-Windenergieanlagen beeinflussen den Vergleich jedoch sehr stark. Werden diese aus der Betrachtung genommen, da ihr Minderungsbeitrag erst dann wirksam wird, wenn die Anlagen voraussichtlich in 2013/2014 in Betrieb gegangen sein werden (vgl. Abbildung 14), zeigt sich ein deutlicher Aufwuchs für das Förderjahr 2012. Positiv beeinflusst wird die Einsparung von CO<sub>2</sub> und Treibhausgasen des Förderjahres 2012 durch den Aufwuchs bei der Förderung von Onshore-Windenergieanlagen sowie Photovoltaikanlagen. Der Rückgang bei der Förderung von Biogasanlagen, Biomasseanlagen sowie sonstigen EE-Anlagen ist deutlich, wird jedoch vom höheren Beitrag von Wind- und PV-Anlagen überkompensiert.



**Abbildung 14: Treibhausgasvermeidung der von der KfW geförderten Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjährgänge 2010 bis 2012.**

## 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, -betreibern 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, welcher 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.

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. 2013 und Lehr et al. 2011) verwendeten. Mehr Informationen zum Analyserahmen finden sich in Anhang A.6.

## 5.1 Eingangsdaten

Hinsichtlich der Beschäftigungswirkung ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob die geförderten Investitionen vollumfänglich im Förderjahr zu Beschäftigung führen oder ob sie über mehrere Jahre verteilt beschäftigungswirksam werden. Bei der Mehrzahl der betrachteten Investitionen kann die Wirksamkeit im Förderjahr unterstellt werden. Einzige Ausnahme bei den bisher durchgeführten Evaluierungen waren Offshore-Windenergieprojekte, deren Umsetzung sich auf Grund ihres großen Umfangs über mehrere Jahre hinziehen.<sup>6</sup> Für das aktuelle Berichtsjahr 2012 können alle Investitionen als im Jahr 2012 beschäftigungswirksam angenommen werden. Die Beschäftigung durch den Betrieb der geförderten 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 2012).**

[Mio. € exkl. MwSt.	KfW-geförderte Anlagen: Inves- titionen insgesamt	davon im Inland wirksame Nachfrage	
Wind Onshore	3.386,4	3.367,4	(99,4 %)
Photovoltaik	5.682,7	2.102,6	(37,0 %)
Solarthermie	8,2	5,4	(65,6 %)
Wasserkraft	25,7	25,7	(100,0 %)
Biomasse	126,7	81,7	(64,5 %)
Biogas <sup>1)</sup>	291,1	290,7	(99,9 %)
Tiefengeothermie	52,3	52,3	(100,0 %)
Große Wärme- pumpen	0,9	0,6	(69,9 %)
<b>Summe</b>	<b>9.574,0<sup>2)</sup></b>	<b>5.926,6</b>	<b>(61,9 %)</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 413,8 Mio. €, so ergibt sich die von der KfW geförderte Gesamtinvestitionssumme von 9.987,9 Mio. €.

Ausgehend von einem geschätzten, im Jahr 2012 wirksamen geförderten Investitionsvolumen aus den KfW-Förderprogrammen von knapp 9,6 Mrd. € ergibt sich unter Berücksichtigung der für die einzelnen Bereiche der Erneuerbaren Energien ermittelten Importquoten<sup>7</sup> für neue Anlagen und Anlagenkomponenten eine im Inland wirksame geförderte Investitionsnachfrage von 5,9 Mrd. € (vgl. Tabelle 26).

<sup>6</sup> Im Förderjahr 2012 stand zwar das Förderprogramm Offshore-Windenergie zur Verfügung, es erfolgten allerdings keine Zusagen.

<sup>7</sup> Zur Vorgehensweise der Ermittlung der Importquoten vgl. Lehr et al. (2011), insbesondere Kapitel 2.

Der durchschnittliche jährliche fiktive Aufwand für den Betrieb der in Deutschland im Jahr 2012 geförderten Anlagen wird auf Basis der Referenzanlagen (vgl. Anhang A.4) bei einer unterstellten Lebensdauer von 20 Jahren auf insgesamt rund 243 Mio. € jährlich geschätzt. Hierfür wurden die Betriebskosten der einzelnen Technologien (unter Berücksichtigung der über den Zeitraum 2012 bis 2031 angenommenen Preissteigerungen) in Annuitäten umgerechnet und auf Basis der installierten elektrischen bzw. thermischen Leistung auf die im Jahr 2012 von der KfW unterstützten, neu gebauten Anlagen hochgerechnet.

## 5.2 Ergebnisse

Durch die im Jahr 2012 geförderten und beschäftigungswirksamen Investitionen konnten rund 73.500 Arbeitsplätze (Personenjahre) in Deutschland für ein Jahr gesichert bzw. neu geschaffen werden. Davon fielen 27.440 (37,3 %) direkt in den Branchen an, die Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren (sog. direkte Effekte), und annähernd 46.100 (62,7 %) 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 2012 auf 227.100 (O'Sullivan et al. 2013). Allerdings beinhaltet diese Zahl auch den Export von Anlagen, Komponenten und Dienstleistungen, weshalb sich die Zahlen nicht direkt miteinander vergleichen lassen.

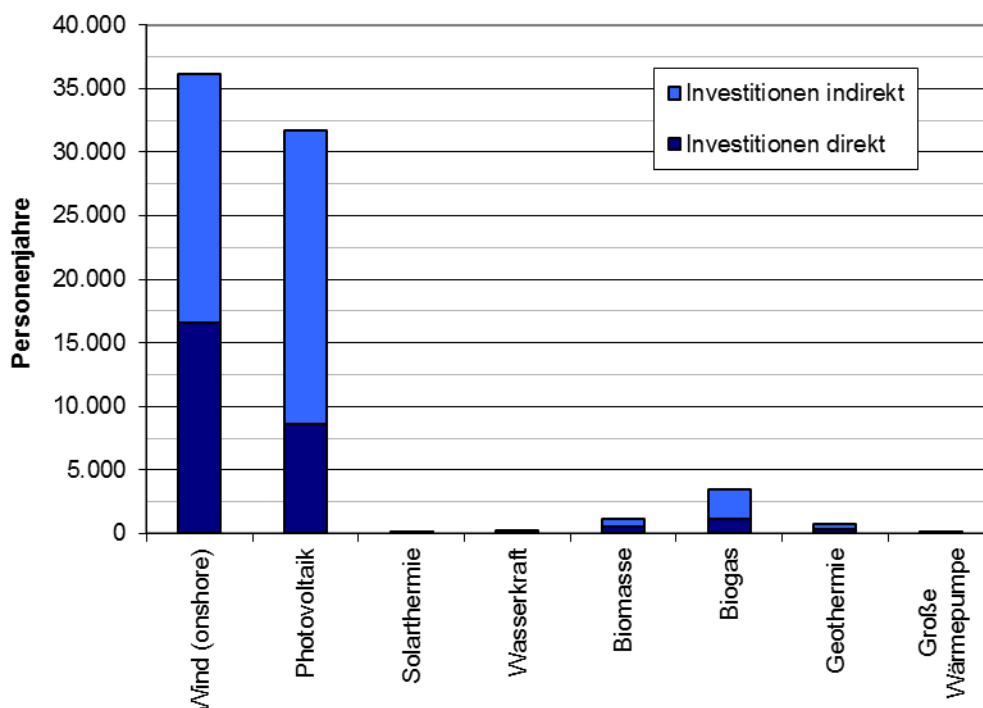


Abbildung 15: Durch die Investition in KfW-geförderte Anlagen im Jahr 2012 ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.

**Tabelle 27: Durch im Jahr 2012 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.**

Personenjahre (gerundet)	Investitionen		Betrieb (20 Jahre)		Summe <sup>2)</sup>	
	Direkt	Indirekt	Direkt	Indirekt		
<b>Wind Onshore</b>	16.630	19.490	7.480	20.820	64.420	49,1%
<b>Photovoltaik</b>	8.650	23.070	4.340	14.710	50.770	38,7%
<b>Solarthermie</b>	20	50	10	20	100	0,1%
<b>Wasserkraft</b>	140	130	90	100	450	0,3%
<b>Biomasse</b>	520	670	1.470	1.310	3.970	3,0%
<b>Biogas<sup>1)</sup></b>	1.150	2.270	3.160	2.860	9.450	7,2%
<b>Geothermie</b>	330	420	630	580	1.960	1,5%
<b>Große Wärmepumpe</b>	6	3	11	10	30	0,0%
<b>Summe<sup>2)</sup></b>	27.440	46.090	17.180	40.420	131.130	100,0%
	21%	35%	13%	31%	100%	

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

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

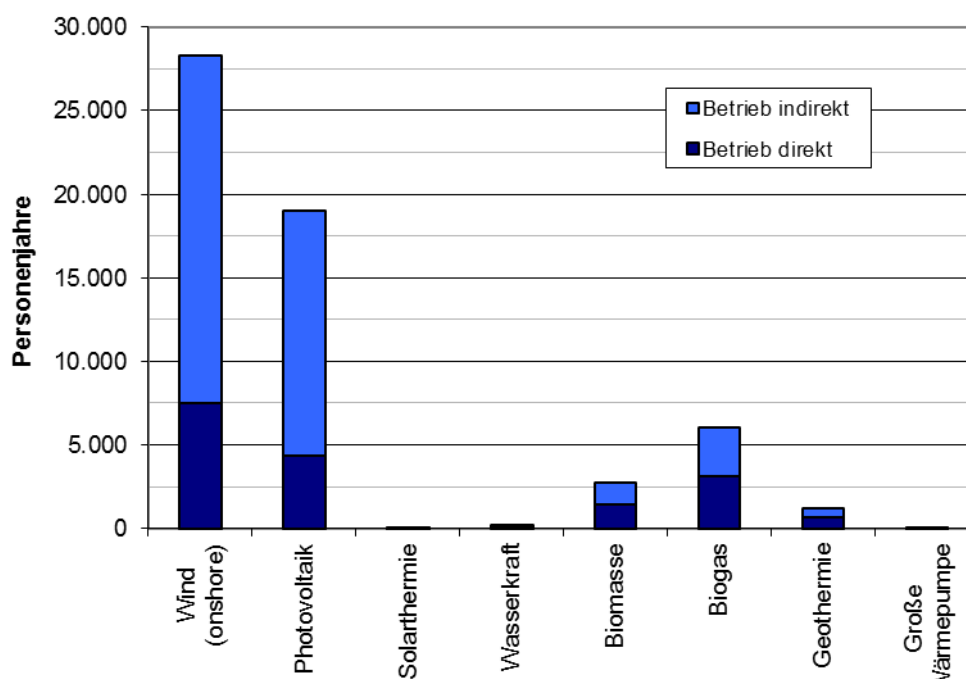
Rund 36.100 Personen wurden durch den Bau KfW-geförderter Onshore-Windkraftanlagen beschäftigt, ca. 31.700 durch Photovoltaikanlagen, 3.400 durch Biogasanlagen, knapp 1.200 im Bereich Biomasse und 750 im Bereich Geothermie. Solarthermie und Wasserkraft spielen wie bereits in den Vorjahren hinsichtlich der Beschäftigungswirkung eine untergeordnete Rolle (vgl. Abbildung 15 und Tabelle 27). Dasselbe trifft für die Großen Wärmepumpen zu, die als neuer Fördertatbestand erstmals berücksichtigt wurden.

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 57.600 Personenjahren bzw. rund 2.880 Personen jährlich. Wie Abbildung 16 zeigt (vgl. auch Tabelle 27), entfällt der größte Teil der betriebsbedingten Beschäftigung mit 1.415 Personen pro Jahr (oder 28.300 Personenjahren über eine Nutzungsdauer von 20 Jahren) auf Onshore-Windkraftanlagen. Photovoltaik liegt mit etwas Abstand mit ca. 950 Personen pro Jahr (19.050 Personenjahren über 20 Jahre) auf dem zweiten Platz, gefolgt



von Biogas mit 300 Personen (rund 6.000 Personenjahre über 20 Jahre) und Biomasse mit 140 Personen (knapp 2.800 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.



**Abbildung 16: Durch den Betrieb von im Jahr 2012 KfW-geförderten Anlagen in Deutschland ausgelöste Beschäftigung über einen Zeitraum von 20 Jahren.**

Fasst man das durch die Förderung im Jahr 2012 wirksame induzierte Nachfragevolumen (Investitionen und Betrieb) zusammen, ergibt sich über einen Zeitraum von 20 Jahren ein Beschäftigungsvolumen von mehr als 131.000 Personenjahren. Hiervon fallen 56 % als Investitionseffekt im Jahr 2012 an, der Rest als Betriebseffekt verteilt über 20 Jahre mit einem jährlichen Volumen von annähernd 2.900 Personenjahren.

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 2012). 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 131.130 für die Dauer eines Jahres gesicherten bzw. neu geschaffenen Arbeitsplätzen entfallen 74,9 % auf kleine und mittlere Unternehmen. In Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten sind 31,9 % der 131.130 Arbeitsplätze angesiedelt.

### **5.3 Vergleich mit den Förderjahrgängen 2010 und 2011**

Nach einem Rückgang der Beschäftigungseffekte vom Förderjahrgang 2010 zum Jahrgang 2011 (ohne Offshore-Windenergie) zeigen die Beschäftigtenzahlen im Jahr 2012 wieder deutlich nach oben. Ein wichtiger Grund hierfür ist die spürbare Zunahme der geförderten Investitionen in Windkraftanlagen an Land. Im Vergleich zum Vorjahr wuchs die ausgelöste Beschäftigung um gut 21 % und selbst das beschäftigungsstarke Jahr 2010 wurde noch um knapp 9 % übertroffen (vgl. Abbildung 17). Insbesondere die mit dem Bau der geförderten Anlagen verbundene Beschäftigung legte gegenüber 2011 um knapp 30 % zu, bei den Betriebseffekten belief sich das Plus auf 12 %. Verglichen mit 2010 ging die Beschäftigung durch den Anlagenbetrieb um 2,3 % zurück, was aber durch einen Zuwachs bei den Investitionseffekten in Höhe von knapp 20 % in Summe mehr als ausgeglichen wurde. Ursache für den schwächeren Betriebseffekt gegenüber 2010 ist der Rückgang der Investitionen in Biogasanlagen, die eine weit höhere Beschäftigungsintensität im Betrieb aufweisen als beispielsweise die Windkraftanlagen, die im Verlauf der vergangenen drei Jahren zur beschäftigungsstärksten Technologie unter den KfW-geförderten EE-Anlagen wurden.

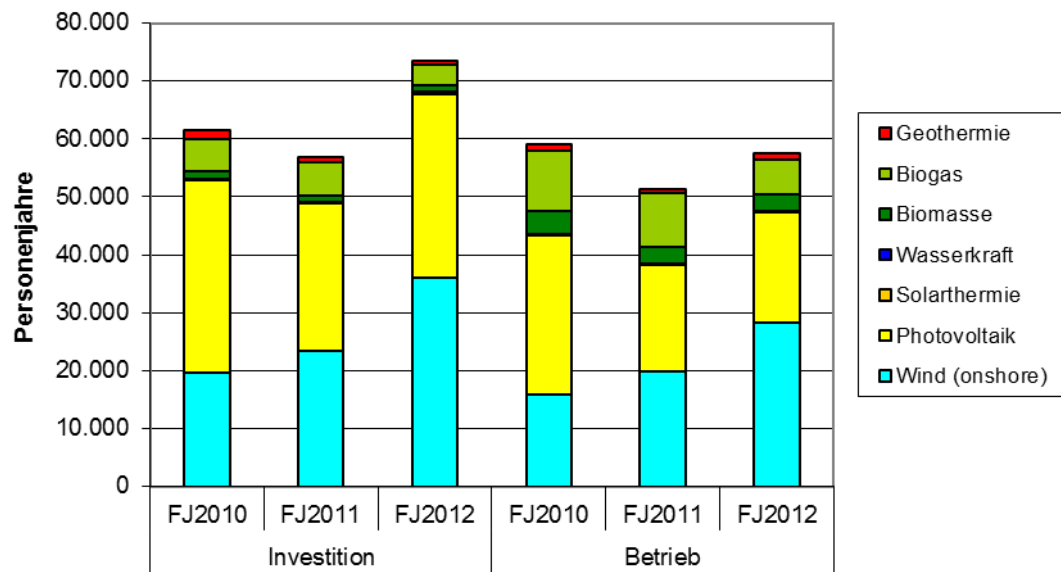


Abbildung 17: Gegenüberstellung der ausgelösten Beschäftigungswirkungen der Förderjahrgänge 2010 bis 2012 (ohne Offshore-Windenergie).

## 6 Zusammenfassung

Im Jahr 2012 konnte der Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE) in Deutschland weiter vorangetrieben werden: Mit 23,5 % lag der Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch deutlich über dem im Jahr zuvor erreichten Wert von 20,4 %. Der Anteil der Erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch (Strom, Wärme, Kraftstoffe) belief sich auf 12,7 % (2011: 11,6 %). Nach dem Energiekonzept der Bundesregierung vom 28. September 2010 sollen bis 2050 mindestens 60 % des Bruttoendenergieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden, mit einem 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 % des Endenergieverbrauchs für Wärme 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.

**Tabelle 28: Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2012.**

	KfW-Programm Erneuerbare Energien		KfW-Programm Offshore-Windenergie
	Standard	Premium	
<b>Programmnummer</b>	<b>270, 274</b>	<b>271, 272, 281, 282</b>	<b>273</b>
Hier berücksichtigte Fördermaßnahmen	Errichtung, Erweiterung oder 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, Biogasleitungen, große effiziente Wärmepumpen	Errichtung von bis zu 10 Offshore-Windparks in der Ausschließlichen Wirtschaftszone oder der 12-Seemeilen-Zone der Nord- und Ostsee
Kredithöchstbetrag	i.d.R. maximal 25 Mio. € pro Vorhaben	i.d.R. maximal 10 Mio. € pro Vorhaben	max. 800 Mio. € pro Projekt
Anmerkung zur Programmlaufzeit	Programmstart: 01.01.2009	Programmstart: 01.01.2009	Programmstart: 08.06.2011

Ein wichtiges Element zur Erreichung der EE-Ausbauziele sind die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe im Bereich der Erneuerbaren Energien. Um deren Bedeutung und Effektivität im Förderjahrgang 2012 zu überprüfen, werden in der vorliegenden Studie zum sechsten Mal die von diesen Förderprogrammen ausgehenden Effekte in den Bereichen Treibhausgasminde- rung, Einsparung fossiler Energieträger und damit vermiedener

Importe an fossilen Energieträgern, Beschäftigungseffekte sowie vermiedene externe Kosten durch die Reduktion von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen ermittelt. Im Rahmen der vorliegenden Evaluierung wurden die KfW-Programme zur Förderung Erneuerbarer Energien im Inland ausgewertet, welche in Tabelle 28 präsentiert werden.

Tabelle 29 zeigt den Umfang der ausgewerteten Kreditzusagen in den hier betrachteten Programmen im Jahr 2012. Insgesamt wurden im Förderjahr 2012 rund 28.200 Darlehen mit einem Darlehensvolumen von annähernd 7,1 Mrd. € für die Finanzierung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Deutschland gewährt. Damit ging die Anzahl der Zusagen im Vergleich zum Vorjahr (37.600) stark zurück, was durch eine Verlagerung von vielen kleineren auf weniger größere Investitionsvorhaben im Programmteil EE Standard verursacht wurde (insbesondere im Förderbereich Photovoltaik). So nahm das mittlere Investitionsvolumen je Darlehen in diesem Programmteil im Jahresvergleich um 70 % zu. Das insgesamt von der KfW im Jahr 2012 zugesagte Darlehensvolumen stieg im Vergleich zum Vorjahr von 6,8 auf 7,1 Mrd. € leicht an, das geförderte Investitionsvolumen sank von 11,3 auf 10,0 Mrd. €.

**Tabelle 29: Darlehenszusagen, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm für das Förderjahr 2012.**

	EE Standard	EE Premium	Offshore	Alle Programme
<b>Darlehenszusagen</b>	25.505	2.721	0	28.226
<b>Darlehensvolumen (Mio. €)</b>	6.713,0 <sup>2)</sup>	361,9	0	7.075,0 <sup>2)</sup>
<b>Investitionsvolumen (Mio. €)<sup>1)</sup></b>	9.488,8 <sup>3)</sup>	499,1	0	9.987,9 <sup>3)</sup>
<b>Mittleres Investitionsvolumen je Darlehen (€)<sup>1)</sup></b>	372.036	183.425	0	353.855

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

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

<sup>2)</sup> Bei Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 7.518,1 bzw. 7.880,1 Mio. €, hier nur Anlagen im Inland.

<sup>3)</sup> Bei Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 10.605,8 bzw. 11.104,9 Mio. €, hier nur Anlagen im Inland.

Auf Anlagen zur Stromerzeugung aus Photovoltaik und Windenergie entfielen knapp 91 % des im Jahr 2012 geförderten Investitionsvolumens, wobei die Photovoltaikanlagen klar dominierten (vgl. Tabelle 30). Dabei ist das geförderte Investitionsvolumen für PV-Anlagen im Vergleich zum Vorjahr von rund 4,9 auf knapp 5,7 Mrd. € deutlich gewachsen (+17 %). Noch stärker konnten mit 57 % die geförderten Investitionen für Windkraftanlagen an Land zulegen. Ansonsten wuchs im Vorjahresvergleich lediglich die Solarthermie (+12 %) nennenswert. Biomasseanlagen (+3 %), Geothermie (+2 %), Wärmenetze (-2 %) sowie Wasserkraftanlagen (-4 %) blieben weitgehend unverändert, während es bei Biogasanlagen (-51 %) einen dramatischen Einbruch gab.

**Tabelle 30: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2012 unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck.**

	EE Standard		EE Premium		Summe	
	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%
<b>Biogas<sup>1)</sup></b>	291,1	3,1	15,3	3,1	306,3	3,1
<b>Biomasse</b>	62,5	0,7	64,3	12,9	126,7	1,3
<b>Geothermie</b>	40,2	0,4	12,2	2,4	52,3	0,5
<b>Große Wärmepumpe</b>	-	-	0,9	0,2	0,9	0,0
<b>Photovoltaik</b>	5.682,7	59,9	-	-	5.682,7	56,9
<b>Solarthermie</b>	0,2	0,0	8,1	1,6	8,2	0,1
<b>Wärmenetz</b>	-	-	389,4	78,0	389,4	3,9
<b>Wärmespeicher</b>	0,2	0,0	9,0	1,8	9,2	0,1
<b>Wasserkraft</b>	25,7	0,3	-	-	25,7	0,3
<b>Windenergie Onshore</b>	3.386,4	35,7	-	-	3.386,4	33,9
<b>Summe</b>	9.488,8 <sup>2)</sup>	100,0	499,1	100,0	9.987,9 <sup>2)</sup>	100,0

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

<sup>2)</sup> Unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 10.605,8 bzw. 11.104,9 Mio. €

**Tabelle 31: Im Rahmen der KfW-Programme geförderte Investitionen in Erneuerbare Energien im Vergleich zu den Gesamtinvestitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland (BMU 2013) für das Förderjahr 2012.**

	KfW-geförderte Investitionen [Mio. €]	Gesamtinvestitionen Deutschland [Mio. €]	Anteil KfW-Förderung [%]
<b>Biomasse (Strom)</b>	368,4	1.500	24,6
<b>Biomasse (Wärme)</b>	64,7	1.050	6,2
<b>Geothermie</b>	52,3	910 <sup>1)</sup>	5,7
<b>Große Wärmepumpe</b>	0,9	k.A.	k.A.
<b>Photovoltaik</b>	5.682,7	11.200	50,7
<b>Solarthermie</b>	8,2	990	0,8
<b>Wasserkraft</b>	25,7	60	42,8
<b>Windenergie Onshore</b>	3.386,4	3.750 <sup>2)</sup>	90,3
<b>Wärmenetz</b>	389,4	k.A.	k.A.
<b>Wärmespeicher</b>	9,2	k.A.	k.A.
<b>Summe</b>	<b>9.987,9</b>	<b>19.460</b>	<b>51,3</b>

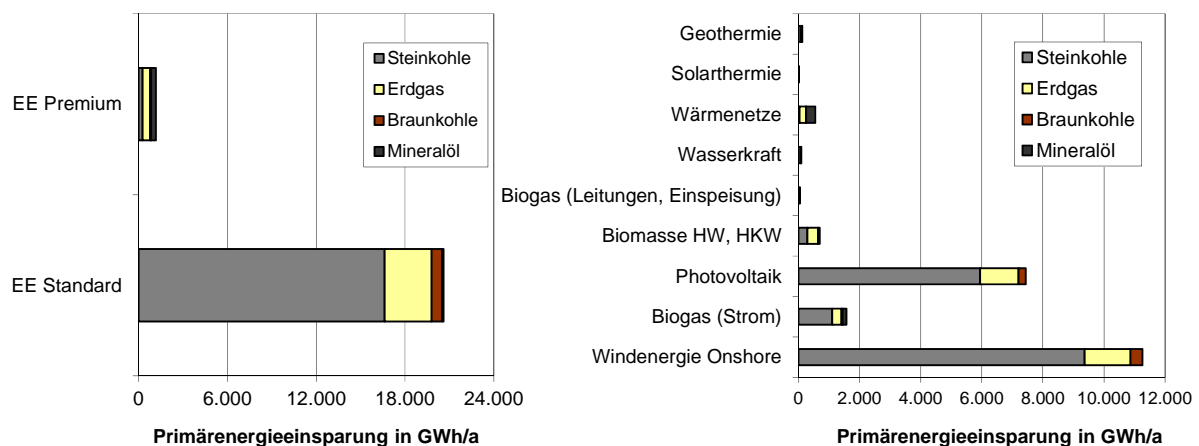
<sup>1)</sup> Einschließlich Wärmepumpen.

<sup>2)</sup> Windenergie gesamt; keine getrennten Angaben für Onshore- und Offshore-Anlagen verfügbar.

Die von der KfW im Jahr 2012 geförderten Investitionen stehen für gut die Hälfte der in diesem Zeitraum insgesamt in Deutschland investierten Beträge in Erneuerbare Energien: 2012 wurden in Deutschland rund 19,5 Mrd. € in den Ausbau der Erneuerbaren Energien zur Strom- und Wärmebereitstellung investiert. Mit den Förderkrediten der KfW

wurden im vergangenen Jahr Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Höhe von insgesamt 10,0 Mrd. € angestoßen. Damit hat die KfW rechnerisch 51 % aller in Deutschland im Jahr 2012 getätigten Investitionen in den Ausbau der regenerativen Energien gefördert (vgl. Tabelle 31). Im Vergleich zum Förderjahrgang 2011 stieg damit der Anteil KfW-geförderter Investitionen um mehr als 15 Prozentpunkte von 36 % auf 51 %. Dies geht im Wesentlichen auf einen starken Anstieg bei den geförderten Windkraft- und Photovoltaikanlagen zurück.

Durch die Nutzung der geförderten Anlagen werden fossile Energieträger substituiert. Nach Inbetriebnahme aller im Jahr 2012 geförderten Vorhaben ist von einer jährlichen fossilen Primärenergieeinsparung von rund 22 TWh (78 PJ) auszugehen. 93 % der jährlich zu erwartenden fossilen Primärenergieeinsparung resultieren aus den geförderten Windenergie-, Photovoltaik- und Biogasanlagen (einschl. Wärmeauskopplung; vgl. Abbildung 18).



**Abbildung 18: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2012.**

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 rund 93 % der gesamten Primärenergieeinsparung (ohne KWK-Wärme) zuzurechnen sind. 17 % der Einsparung von Erdgas ist den geförderten Vorhaben im Bereich der Wärmeerzeugung zuzurechnen. Vollständig in den Wärmebereich fallen dagegen die eingesparten Mengen an Mineralölprodukten durch die Substitution von Heizöl resultierend aus der Wärmebereitstellung der geförderten Technologien.

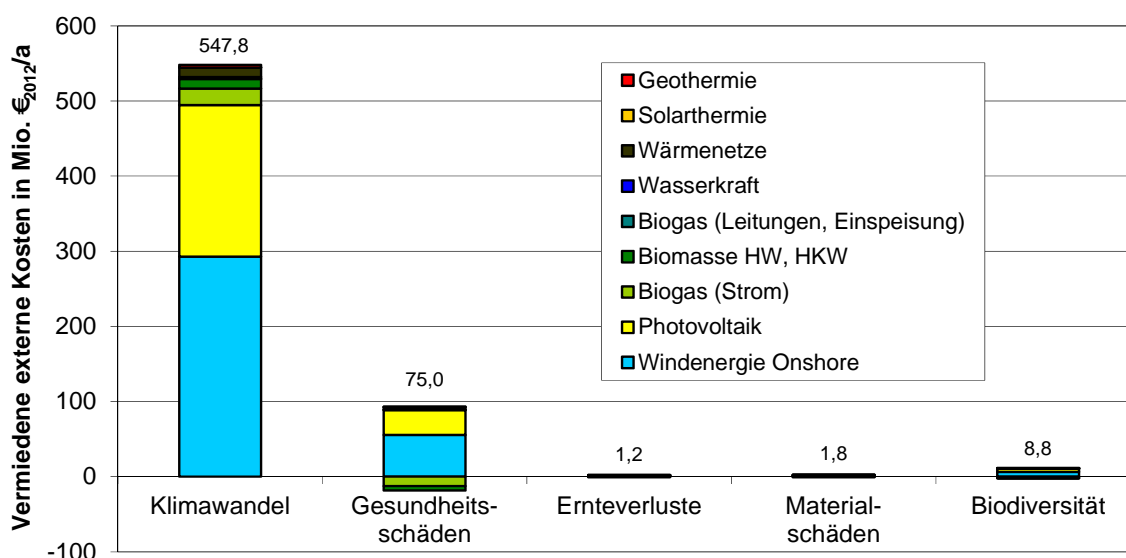
Als Folge der Substitution fossiler Energieträger ist mit der Nutzung der im Jahr 2012 geförderten Erneuerbaren Energien eine jährliche CO<sub>2</sub>-Vermeidung in Höhe von 6,3 Mio. t verbunden. Werden die treibhausrelevanten Gase Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) in die Berechnung einbezogen, erhöht sich die Einsparung auf 6,6 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente (vgl. Tabelle 32).

**Tabelle 32: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2012.**

[Mio. t/a]	EE Standard	EE Premium	Summe
<b>CO<sub>2</sub></b>	6,01	0,28	6,29
<b>Anteil</b>	95,6%	4,4%	100,0%
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente</b>	6,32	0,28	6,60
<b>Anteil</b>	95,7%	4,3%	100,0%

Wie schon in den Vorjahren entfällt ein großer Teil der Treibhausgaseminderungen auf die geförderten Windenergieanlagen (53 %). Durch das höhere Fördervolumen von Photovoltaikanlagen erhöht sich deren Minderungsbeitrag auf 37 %.

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 2012 geförderten Vorhaben und der daraus resultierenden Minderung von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen rund 630 Mio. € Schadenskosten pro Jahr vermieden. Mit knapp 83 % entfällt der Großteil davon auf die vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Rund 6 bzw. 7 % der vermiedenen externen Kosten sind der Emissionsminderung von SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> zuzurechnen.

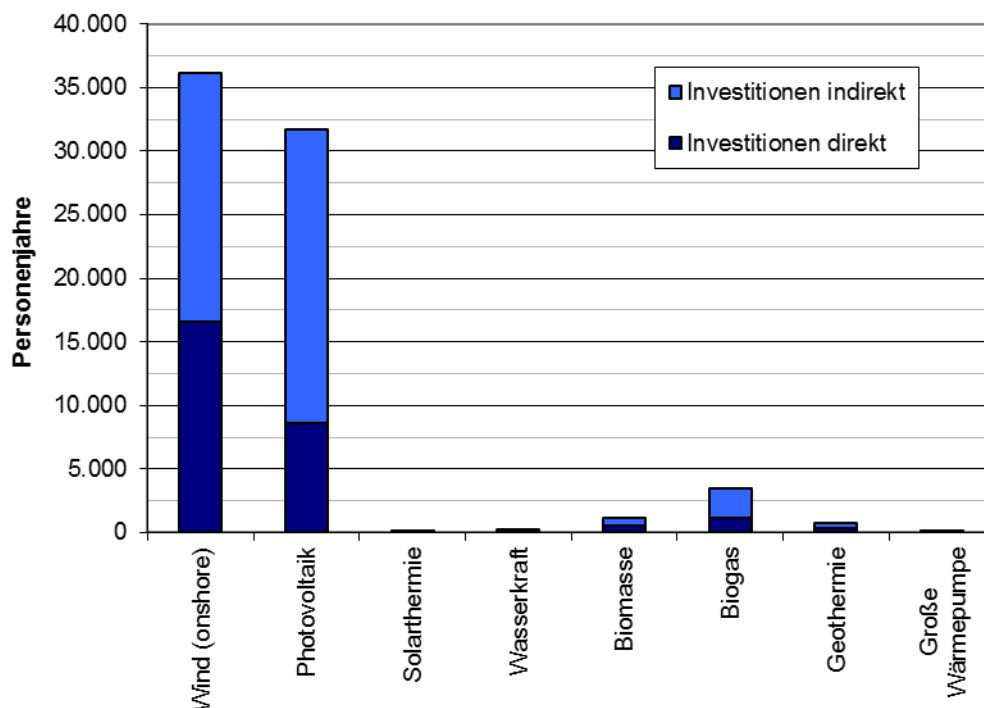


**Abbildung 19: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Schadenskategorien und Technologien für das Förderjahr 2012.**



Abbildung 19 illustriert, dass mit rund 550 Mio. € (rund 86 %) der weitaus größte Anteil vermiedener externer Kosten auf die Schadenskategorie Klimawandel entfällt. Die geförderten Anlagen des Förderjahrs 2012 vermeiden darüber hinaus pro Jahr externe Kosten durch Gesundheits- und Materialschäden, Ernteverluste und Beeinträchtigung der Biodiversität von rund 87 Mio. €.

Durch Produktion und Bau der im Jahr 2012 geförderten EE-Anlagen konnten rund 73.500 Arbeitsplätze (Personenjahre) in Deutschland für ein Jahr gesichert bzw. neu geschaffen werden. Davon fielen 27.440 (37 %) direkt in den Branchen an, die Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren (sog. direkte Effekte), und annähernd 46.100 (63 %) in den zuliefernden vorgelagerten Branchen der Volkswirtschaft (sog. indirekte Effekte). Rund 36.100 Personen wurden durch den Bau KfW-geförderter Onshore-Windkraftanlagen beschäftigt, ca. 31.700 durch Photovoltaikanlagen, 3.400 durch Biogasanlagen, knapp 1.200 im Bereich Biomasse und 750 im Bereich Geothermie. Solarthermie und Wasserkraft spielen wie bereits in den Vorjahren hinsichtlich der Beschäftigungswirkung eine untergeordnete Rolle (vgl. Abbildung 20).



**Abbildung 20: Durch die Investition in KfW-geförderte Anlagen im Jahr 2012 ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.**

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sind:

- Mittels KfW-Förderkrediten wurden im vergangenen Jahr Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Deutschland in Höhe von 10,0 Mrd. € ausgelöst; das sind rechnerisch 51 % aller in Deutschland im Jahr 2012 getätigten Investitionen in den Ausbau Erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung.
- Die Bedeutung der KfW-Programme für den Ausbau der Erneuerbaren Energien zeigt sich vor allem im Strombereich deutlich: Im Durchschnitt der letzten drei Jahre (2010-2012) wurden 48 % der in Deutschland zugebauten elektrischen Leistung durch die KfW gefördert. Mit 82 % besonders hoch ist dabei der Anteil bei Windenergieanlagen an Land.
- Die KfW-Förderung führt nach Inbetriebnahme aller im Jahr 2012 geförderten Anlagen zu vermiedenen Energieimporten im Gegenwert von jährlich rund 460 Mio. €. Dies entspricht insgesamt rund 9,1 Mrd. € über die gesamte Laufzeit der Anlagen von 20 Jahren. Die so im Inland verbleibenden Mittel tragen zur Stärkung der heimischen Wirtschaft bei.
- Als Folge der Substitution fossiler Energieträger ist mit der Nutzung der im Jahr 2012 geförderten EE-Anlagen eine jährliche Emissionsvermeidung von rund 6,6 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (davon 6,3 Mio. t CO<sub>2</sub>) verbunden. Dies entspricht rund 10 % der von der Bundesregierung insgesamt nach IEKP durch den Ausbau Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich angestrebten zusätzlichen jährlichen Treibhausgas-Einsparung von rund 64 Mio. t bis zum Jahr 2020 gegenüber 2006. Bezieht man die in jedem Betriebsjahr erzielten Minderungen der in den Jahren 2007 bis 2012 geförderten Anlagen ein, so wurden durch die KfW-Programme bislang Emissionsvermeidungen von zusammen jährlich rund 29 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angestoßen, d.h. rund 45 % der von der Bundesregierung im IEKP angestrebten Einsparungen.
- Durch eingesparte Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen können über die Nutzungsdauer aller im Jahr 2012 geförderten EE-Anlagen externe Kosten in Höhe von jährlich gut 630 Mio. € vermieden werden. Rund 86 % der vermiedenen externen Kosten entfallen auf die vermiedenen Schäden des Klimawandels.
- Durch Produktion und Bau der im Jahr 2012 geförderten EE-Anlagen konnten rund 73.500 Arbeitsplätze in Deutschland für ein Jahr gesichert bzw. neu geschaffen werden, durch Betrieb und Wartung dieser Anlagen finden 20 Jahre lang weitere rund 2.900 Personen jährlich Beschäftigung.

- Knapp 75 % der durch Bau und Betrieb der im Jahr 2012 erstellten Anlagen ausgelösten Arbeitsplätze sind in kleinen und mittleren Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten entstanden, rund 32 % der Arbeitsplätze entfallen auf Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten.

## Literaturverzeichnis

- AGEB 2013 AG Energiebilanzen e.V.: Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2010 und 2011. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Berlin, März 2013.
- 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 2012 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung. Berlin, Stand Juli 2012.
- BMU 2013 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung. Berlin, Oktober 2013.
- BMWi 2013 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Energiedaten. Nationale und internationale Entwicklung. Berlin, Stand 21. Mai 2013.
- Breitschopf et al. 2012 Breitschopf, B.; Klobasa, M.; Steinbach, J.; Sensfuß, F.; Diekmann, J.; Lehr, U.; Horst, J.: Monitoring der Kosten und Nutzenwirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich im Jahr 2011. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Juni 2012.
- Breitschopf und Memmler 2012 Breitschopf, B., Memmler, M.: Ermittlung vermiedener Umweltschäden - Hintergrundpapier zur Methodik - im Rahmen des Projekts „Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien“. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Juni 2012.
- BSW 2013 Bundesverband Solarwirtschaft: Statistische Zahlen der deutschen Solarwärmebranche (Solarthermie). Berlin, Februar 2013.
- DEWI 2013 Deutsches Windenergie Institut (DEWI): Windenergie in Deutschland - Aufstellungszahlen für das Jahr 2012. Informationsstand Januar 2013.
- DBFZ 2013 Deutsches BiomasseForschungsZentrum (DBFZ): Stromerzeugung aus Biomasse (Vorhaben Ila Biomasse). Kurzbericht Februar 2013.
- 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 2012 Institut für Mittelstandsforschung: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Betrieben 2010 nach Wirtschaftszweigen gemäß WZ 2008 laut Bundesagentur für Arbeit. Bonn. [www.ifm-bonn.org/assets/documents/BA\\_Besch\\_WZ\\_GrKI\\_2010.pdf](http://www.ifm-bonn.org/assets/documents/BA_Besch_WZ_GrKI_2010.pdf) [Stand 15.06.2012].
- 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.
- 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. 2012 Nitsch J., Pregger T., Naegler T., Heide D., de Tena D.; Trieb F., Scholz Y., Nienhaus K., Gerhardt N., Sterner M., Trost T., von Oehsen A., Schwinn R., Pape C., Hahn H., Wickert M., Wenzel B.: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Schlussbericht. Stuttgart, März 2012.
- O'Sullivan et al. 2013 O'Sullivan, M., Edler, D., Bickel, P., Lehr, U., Peter, F.: Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2012 - eine erste Abschätzung. Stand: 20. März 2013.
- 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 2012a Umweltbundesamt: Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten. Dessau-Roßlau, August 2012.
- UBA 2012b Umweltbundesamt: Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung. Anhang B der „Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten“. Dessau-Roßlau, August 2012.
- UBA 2013 Umweltbundesamt: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Aktualisierte Anhänge 2 und 4 der Veröffentlichung UBA (2009). Stand Juli 2013.

## 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>8</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>9</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 aus Kernenergie niedrigere Betriebskosten (v. a. Brennstoffkosten) aufweist. Die Strom-

<sup>8</sup> Für die Berechnungen wurde der ersetzte Brennstoffmix über den Betrachtungszeitraum konstant gehalten. Die angenommene Energiepreisentwicklung ist in Anhang A.5 dargestellt.

<sup>9</sup> Die Stromerzeugung aus Pumpspeicherkraftwerken mit natürlichem Zufluss sowie die Stromerzeugung aus dem biogenen Anteil der thermischen Abfallverwertung sind nicht Gegenstand der KfW-Förderung.

erzeugung 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 Zeitschrittssimulationen (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 Windstromeinspeisung 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 für das Jahr 2012 mit 3,3 % Braunkohle, 80 % Steinkohle und 16,6 % 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>10</sup>

Die daraus resultierenden Substitutionseffekte konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien sind ausführlich im Rahmen des bereits

---

<sup>10</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.

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 dessen Aktualisierung sich die weiteren Ausführungen beziehen.

**Tabelle 33: Substitution konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien - Bezugsjahr 2012 (BMU 2013 und UBA 2013).**

	Substitution				
	Kernenergie	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl
Windenergie	0,0%	3,3%	80,1%	16,6%	0,0%
Wasserkraft	0,0%	2,8%	75,7%	21,5%	0,0%
Geothermie	0,0%	2,8%	75,7%	21,5%	0,0%
feste Biomasse	0,0%	2,7%	74,5%	22,8%	0,0%
Biogas	0,0%	2,8%	75,4%	21,9%	0,0%
Photovoltaik	0,0%	3,0%	75,5%	21,5%	0,0%

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 - Bezugsjahr 2012 (BMU 2012).**

Energieträger	Primärenergieverbrauch (fossil) in kWh <sub>Prim</sub> /kWh <sub>el</sub>
Braunkohle	2,68
Steinkohle	2,64
Erdgas	2,04
Mineralöl	2,48
Wasserkraft	0,01
Windenergie	0,04
Photovoltaik	0,31
Geothermie	0,47
Feste Biomasse	0,06
Biogas	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 Altan-



lagen 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 2013).

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 - Bezugsjahr 2012 (BMU 2013 und UBA 2013).**

	Heizöl	Erdgas	Steinkohle	Braunkohle	Fernwärme	Strom
<b>Solarthermie</b>	44,9%	50,6%	0,0%	0,0%	1,6%	2,9%
<b>Wärmepumpen</b>	45,5%	44,5%	0,5%	1,5%	4,6%	3,4%
<b>Biogas</b>	59,0%	36,4%	4,6%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>Feste Biomasse in Heiz(kraft)werken</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
<b>Geothermie</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%

Die Substitution von Fernwärme und Heizstrom als Sekundärenergieträger zur Wärmebereitstellung wird zur Ermittlung der eingesparten fossilen Energieträger auf die Energieträger 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 (2013) eine Verteilung von 57 % Erdgas, 33 % 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 – Bezugsjahr 2012 (BMU 2012).**

<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>	1,24
<b>Steinkohle</b>	1,39
<b>Fernwärme (einschließlich Netzverluste)</b>	1,20
<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 (2013) 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 (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>11</sup> bzw. Versauerungspotenzial <sup>12</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 (2013) 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 und erneuerbarer Energieträger entstehen. Bilanziert werden neben den direkt aus dem Anlagenbetrieb resultierenden Emissionen (direkte Emissionen) auch diejenigen Emissionen, die in der jeweiligen Vorkette entstehen (indirekte Emissionen).

<sup>11</sup> Bezogen auf einen Zeithorizont von 100 Jahren mit CO<sub>2</sub> als Referenzsubstanz.

<sup>12</sup> Bezogen auf SO<sub>2</sub> als Referenzsubstanz.

Für die Technologien zur Stromerzeugung wurden folgende Einsparfaktoren zur Berechnung 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 – Bezugsjahr 2012 (UBA 2013).**

[g/kWh <sub>el</sub> ]	Wasser- kraft	Wind- energie	Photo- voltaik	Geo- thermie	Feste Bio- masse	Biogas
CO <sub>2</sub>	754,0	716,4	655,8	548,2	735,0	683,7
CH <sub>4</sub>	2,61	2,48	2,30	2,34	2,50	-8,52
N <sub>2</sub> O	0,01	0,01	0,01	0,00	-0,01	-0,37
CO <sub>2</sub> -Äquivalente	821,9	781,0	715,8	607,4	793,1	400,3
SO <sub>2</sub>	0,37	0,36	0,29	0,25	0,24	-0,17
NO <sub>x</sub>	0,55	0,50	0,44	0,33	-0,29	-1,14
SO <sub>2</sub> -Äquivalente	0,75	0,70	0,60	0,48	0,04	-0,96
Staub	0,04	0,03	0,01	0,02	-0,03	-0,05
NMVOG	0,04	0,03	0,03	0,03	-0,14	-0,11

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 – Bezugsjahr 2012 (UBA 2013).**

[g/kWh <sub>End</sub> ]	Biomasse Heiz(kraft)werk	Biogas BHKW	Solarthermie	Geothermie
CO <sub>2</sub>	226,6	281,1	253,2	252,0
CH <sub>4</sub>	0,32	-2,35	0,54	0,52
N <sub>2</sub> O	-0,03	-0,09	0,00	0,01
CO <sub>2</sub> -Äquivalente	222,8	202,9	265,4	265,3
SO <sub>2</sub>	0,11	0,13	0,13	0,22
NO <sub>x</sub>	-0,61	-0,18	0,18	0,28
SO <sub>2</sub> -Äquivalente	-0,32	-0,55	0,25	0,41
Staub	-0,10	0,00	-0,01	0,02
NMVOG	-0,49	0,02	0,04	0,02

### 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 (vgl. auch die Empfehlungen der Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten des Umweltbundesamtes – UBA 2012a). Abbildung 21 illustriert das Vorgehen des Wirkungspfadansatzes.

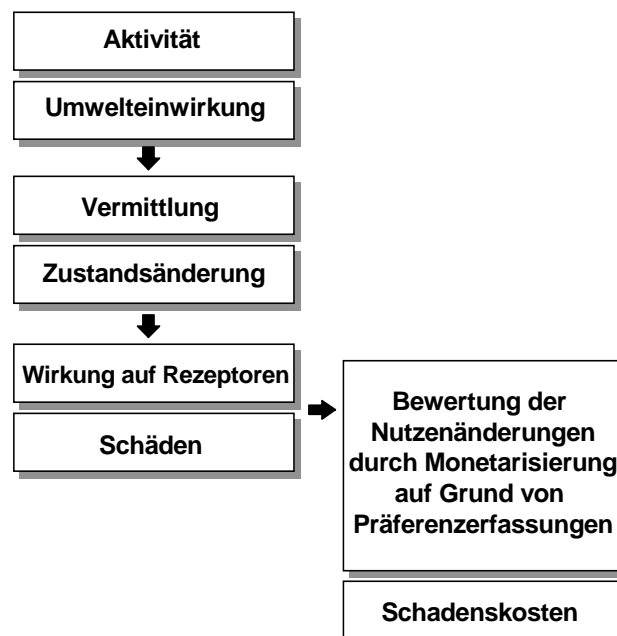


Abbildung 21: Der Wirkungspfadansatz zur Berechnung externer Umweltkosten.

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 Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen zur Verfügung. Auf dieser Grundlage empfiehlt das Umweltbundesamt Best-Practice-Kostensätze zur Berechnung von Umweltkosten (vgl. UBA 2012b), auf die in der vorliegenden Untersuchung zurückgegriffen wird. Diese Bewertung ist konsistent mit der Berichterstattung für das BMU, vgl. insbesondere BMU (2013, 2012), Breitschopf et al. (2012) sowie Breitschopf und Memmler (2012). 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.

Im Förderjahr 2012 wurden 190 **große Wärmespeicher** gefördert. Die mittlere Speicherkapazität der im Jahr 2012 geförderten Anlagen liegt bei rund 57 m<sup>3</sup> pro Speicher, das insgesamt geförderte Speichervolumen beläuft sich damit auf 10.910 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 2012 sind im Programmteil „Premium“ fünf Anlagen zur **Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz** gefördert worden. Insgesamt werden mit den geförderten Anlagen rund 1.370 Nm<sup>3</sup>/h Bioerdgas bereitgestellt<sup>13</sup>. Da die Antragssteller 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-Wärmekopplung – 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 2012 sind 14 **Biogasleitungen** zum Transport von unaufbereitetem Rohgas gefördert worden. 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 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 50 % 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 50 % durch Einsatz einer

---

<sup>13</sup> Nm<sup>3</sup> = Normkubikmeter.



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.

Im Jahr 2012 wurden 1.385 **Nahwärmenetze als eigenständige Maßnahme** gefördert<sup>14</sup>. Abhängig von der Leistung der einspeisenden Biomasse- oder Biogasanlagen wird den Wärmenetzen ein erhöhter Wärmeabsatz zugerechnet. Da in den neuen Antragsformularen auch der erwartete Wärmeabsatz abgefragt wird, konnte nun über eine Stichprobe von 100 Anlagen die tatsächlich zuzurechnende Wärmenutzung besser abgeschätzt werden. Anhand des gesamten Wärmeabsatzes des Wärmenetzes wurde angenommen, dass der mit dem Wärmenetz erzielbare höhere Wärmeabsatz ein Drittel (feste Biomasse) bzw. 60 % (Biogas) des Gesamtwärmeabsatzes beträgt und damit der Förderung der Wärmenetze zurechenbar ist.

Aktualisiert wurde die Verteilung der Wärmenetze auf die beiden wichtigsten Wärmequellen Biogasanlagen sowie Biomasseheizwerke. Anhand der Stichprobe von 100 Antragsformularen aus dem Förderjahrgang 2012 wurde ermittelt, dass der Anteil der mit Abwärme aus Biogasanlagen gespeisten Wärmenetze mit rund 60 % gegenüber dem Vorjahr (70 %) wieder leicht rückläufig ist. Wie in den Evaluierungen der vorangegangenen Förderjahre wird auch in der Abschätzung für 2012 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).

Erstmals wurden 2012 **große Wärmepumpen** im Programmteil „Premium“ gefördert. Im Einzelnen wurden zwei elektrisch sowie eine gasmotorisch betriebene Wärmepumpe gefördert. Aufgrund der geringen Anzahl bzw. Leistung werden die Wärmepumpen bei der Berechnung der Einsparungen nicht berücksichtigt.

---

<sup>14</sup> Dies umfasst nicht diejenigen Nahwärmenetze, bei denen gleichzeitig eine Anlage zur Wärmebereitstellung gefördert wurde, welche zusammen mit diesen Anlagen ausgewertet wurden.

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 19 kW<sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen bis 100 kW<sub>p</sub>**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	19	kW <sub>p</sub>
	Spezifische Investitionskosten	1.701	€/kW <sub>p</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	31.524	€
	Spezifischer Stromertrag	900	kWh/kW <sub>p</sub>
	Jährlicher Stromertrag	16.677	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	315	€/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	158	€/a
	Gesamte Betriebskosten	473	€/a

**Tabelle 41: Photovoltaikanlage mit 230 kW<sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen von 101 bis 1.000 kW<sub>p</sub>**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	230	kW <sub>p</sub>
	Spezifische Investitionskosten	1.586	€/kW <sub>p</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	364.811	€
	Spezifischer Stromertrag	950	kWh/kW <sub>p</sub>
	Jährlicher Stromertrag	219	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	3.648	€/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	1.824	€/a
	Gesamte Betriebskosten	5.472	€/a

**Tabelle 42: Photovoltaikanlage mit 5,5 MW<sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen über 1.000 kW<sub>p</sub>**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	5.500	kW <sub>p</sub>
	Spezifische Investitionskosten	1.570	€/kW <sub>p</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	8,6	Mio. €
	Spezifischer Stromertrag	950	kWh/kW <sub>p</sub>
	Jährlicher Stromertrag	5.225	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	86.349	€/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	43.174	€/a
	Gesamte Betriebskosten	142.023	€/a

**Tabelle 43: Windenergieanlage mit 2,4 MW.**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	2.400	kW
	Volllaststunden	2.050	h
	Jährlicher Stromertrag	4.920	MWh/a
	Betriebskosten	2,4	ct/kWh <sub>el</sub>
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Gesamte Betriebskosten	118.080	€/a

Tabelle 44: Biomasse-Heizkraftwerk mit 250 kW.

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	250	kW <sub>el</sub>
	Thermische Leistung	658	kW <sub>th</sub>
	Volllaststunden	5.000	h
	Jährlicher Stromertrag	1.250	MWh/a
	Wärmebereitstellung	3.289	MWh/a
	Wärmenutzung (70 %)	2.303	MWh/a
	Spezifische Investitionskosten	5.532	€/kW <sub>el</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	1,4	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		0,03	Mio. €/a
Versicherung, Verwaltung, Pacht		0,02	Mio. €/a
Gesamte Betriebskosten (ohne Brennstoffe)		0,14	Mio. €/a

Tabelle 45: Biogasanlage mit 390 kW<sub>el</sub>.

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	390	kW <sub>el</sub>
	Thermische Leistung	433	kW <sub>th</sub>
	Volllaststunden	7.000	h
	Jährlicher Stromertrag	2.730	MWh/a
	Wärmebereitstellung	3.033	MWh/a
	Wärmenutzung (25 %)	758	MWh/a
	Spezifische Investitionskosten	3.184	€/kW <sub>el</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	1.241.954	€
	Personaleinsatz	1	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	37.259	€/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	12.420	€/a
	Gesamte Betriebskosten (ohne Substratkosten)	99.678	€/a

**Tabelle 46: Wasserkraftanlage mit 150 kW.**

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	150	kW
	Spezifische Investitionskosten	3.711	€/kW
	Investitionskosten ( $I_0$ )	556.706	€
	Volllaststunden	5.000	h
	Strombereitstellung	750	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	8.351	€/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	2.784	€/a
	Sonstige variable Kosten	2.175	€/a
	Gesamte Betriebskosten	13.309	€/a

**Tabelle 47: Solarthermische Anlage mit 130 m<sup>2</sup>.**

<b>Basisdaten</b>	Kollektorfläche	130	m <sup>2</sup>
	Spezifische Investitionskosten	682	€/m <sup>2</sup>
	Investitionskosten ( $I_0$ )	88.601	€
	Spezifischer Wärmeertrag	370	kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Wärmebereitstellung	48,1	MWh/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	1,5	%/a von $I_0$
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Gesamte Betriebskosten	1.329	€/a

**Tabelle 48: Biogasleitung**

<b>Basisdaten</b>	Leitungslänge	1.808	m
	spez. Investitionskosten Biogasleitung (einschl. Gasverdichter)	156	€/m
	Investitionskosten ( $I_0$ ) Biogasleitung	281.307	€
	Leistung Biogasanlage	420	kW
	Volllaststunden	7.000	h
	zusätzliche Wärmenutzung	1.607	MWh/a
	Stromverbrauch Gastrocknung, - verdichtung	84	MWh/a
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Gesamte Betriebskosten	12.600	€/a

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

<b>Basisdaten</b>	Trassenlänge	550	m
	Spezifische Investitionskosten	270	€/m
	Investitionskosten ( $I_0$ )	148.270	€
	zusätzliche Wärmebereitstellung	66	MWh/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	1,5	%/a von $I_0$
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Gesamte jährliche Kosten	2.224	€/a

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

<b>Basisdaten</b>	Trassenlänge	830	m
	Spezifische Investitionskosten	270	€/m
	Investitionskosten ( $I_0$ )	223.753	€
	zusätzliche Wärmebereitstellung	551	MWh/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	1,5	%/a von $I_0$
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Gesamte jährliche Kosten	3.356	€/a

**Tabelle 51: Biomasse-Heizwerk mit 210 kW (ohne Nahwärmenetz).**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	210	kW
	Spezifische Investitionskosten	476	€/kW
	Investitionskosten ( $I_0$ )	99.963	€
	Volllaststunden	1.800	h
	Wärmebereitstellung	378	MWh/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	6	%/a von $I_0$
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Gesamte Betriebskosten (ohne Brennstoffkosten)	5.998	€/a

**Tabelle 52: Biomasse-Heizwerk mit 200 kW (mit Nahwärmenetz).**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	200	kW
	Spezifische Investitionskosten	447	€/kW
	Investitionskosten ( $I_0$ )	89.366	€
	Volllaststunden	2.500	h
	Wärmebereitstellung	500	MWh/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	6	%/a von $I_0$
<b>Jahreskosten (ohne Kapitalkosten)</b>	Gesamte Betriebskosten (ohne Brennstoffkosten)	5.362	€/a

## A.5 Energiepreise Förderjahr 2012

**Tabelle 53: Übersicht über die verwendeten Preissteigerungsraten und Annuitäten für Energiepreise (Preisbasis 2012). Quellen: BMWi (2013), Nitsch et al. (2012)**

Energieträger	Annuität in €/GWh	mittlere reale Preissteigerungsrate p.a.
Rohöl (Importpreis)	57.198	1,0%
Erdgas (Importpreis)	32.865	1,7%
Steinkohle (Importpreis)	18.346	4,0%
Erdgas (frei Kraftwerk)	35.405	1,6%
Steinkohle (frei Kraftwerk)	18.919	3,9%
Braunkohle (frei Kraftwerk)	5.060	0,6%
Heizöl (Verbraucherpreis)	94.489	2,3%
Erdgas (Verbraucherpreis)	80.385	2,8%
Steinkohle (Verbraucherpreis)	57.173	3,9%
Braunkohle (Verbraucherpreis)	54.796	0,6%

Zur ausführlichen Darstellung der angenommenen Preisentwicklungen wird auf Nitsch et al. (2012) 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 2012, durch die Anhebung der Preisbasis von 2009 auf 2012 sowie durch leichte Änderungen in den Preispfaden in Nitsch et al. (2012) resultieren abweichende Annuitäten im Vergleich zu den Vorgängerstudien. Die in Nitsch et al. (2012) angesetzten Preise wurden beibehalten. Die Einbeziehung aktueller Energiepreise 2012 (mit vergleichsweise hohem Niveau für Öl und Gas) wirkt sich durch die Beibehaltung der zukünftigen Preise aus der Leitstudie im Vergleich zu den Vorgängerstudien in geringeren mittleren Preissteigerungsraten aus.

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 einem kalkulatorischen Zinssatz von real 6 % (nach der BMU-Leitstudie Nitsch et al. 2012) 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
2012	59.076	2012	59.076	59.076
2015	66.666	2013	61.606	58.119
2020	76.352	2014	64.136	57.081
2025	86.998	2015	66.666	55.974
2030	98.516	2016	68.604	54.340
2035	109.249	2017	70.541	52.712
		2018	72.478	51.094
		2019	74.415	49.490
		2020	76.352	47.904
		2021	78.481	46.453
		2022	80.610	45.012
		2023	82.740	43.586
		2024	84.869	42.177
		2025	86.998	40.788
		2026	89.302	39.498
		2027	91.605	38.224
		2028	93.909	36.967
		2029	96.213	35.730
		2030	98.516	34.515
		2031	100.663	33.270
			Kapitalwert	922.011
			Annuität	80.385

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 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

---

<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 2012. 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 2012 (O'Sullivan et al. 2013) 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 aktuelle Berichtsjahr sind mit der aktuellen Schätzung für das Berichtsjahr 2012 abgestimmt (O'Sullivan et al. 2013).
- Als Input-Output-Tabelle für Deutschland wird die Tabelle für das Berichtsjahr 2007 (vgl. Statistisches Bundesamt 2010) verwendet. Die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichte Tabelle für das Berichtsjahr 2008 konnte nicht verwendet werden, da diese in ihrer Gliederung nach Produktionsbereichen der Wirtschaftszweigsystematik WZ 2008 folgt. Diese ist nicht kompatibel mit der derzeitigen Abbildung der erneuerbaren Energietechnologien in der erweiterten Input-Output-

---

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

Tabelle (vgl. Lehr et al. 2011 und O´Sullivan et al. 2013), die noch der Wirtschaftszweigsystematik WZ 2003 folgt. Eine Umstellung auf die neue Systematik und die neue Input-Output-Tabelle ist für das Berichtsjahr 2013 vorgesehen. 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 2012 fortgeschrieben. 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 2012 führen. Es wurden also alle Investitionen als im Jahr 2012 beschäftigungswirksam angenommen. Die Beschäftigung durch den Betrieb der Anlagen wurde für die auf die Errichtung folgenden 20 Jahre (2012 bis 2031) abgeschätzt.