



# **Evaluierung der KfW-Förderung für Erneuerbare Energien im Inland in 2009**

**Gutachten im Auftrag der KfW**



**Zentrum für Sonnenenergie- und  
Wasserstoff-Forschung  
Baden-Württemberg**

**Stuttgart, August 2010**

**Bearbeiter:**

Dr. Peter Bickel  
Tobias Kelm



Industriestr. 6  
70565 Stuttgart  
Tel.: (0711) 7870 – 0  
Fax: (0711) 7870 – 200

# Inhalt

<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>4</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>7</b>
<b>Abkürzungen und Definitionen .....</b>	<b>9</b>
<b>Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger .....</b>	<b>11</b>
<b>Abstract for political decision makers.....</b>	<b>13</b>
<b>1. Einführung .....</b>	<b>15</b>
<b>2. Datengrundlage und Methodik.....</b>	<b>17</b>
2.1. Datengrundlage Förderjahrgang 2009 .....	19
2.2. Vergleich der Förderjahrgänge 2007 bis 2009.....	26
<b>3. Einsparung fossiler Energieträger und Treibhausgasminderungen.....</b>	<b>30</b>
3.1. Methodik.....	30
3.2. Einsparung fossiler Energieträger .....	38
3.3. Vermiedene Energieimporte .....	41
3.4. Vermiedene Kosten für fossile Energieträger .....	42
3.5. Vermiedene Treibhausgasemissionen.....	43
3.6. Vergleich der Förderjahre 2007 bis 2009.....	46
<b>4. Beschäftigungseffekte.....</b>	<b>50</b>
4.1. Methodische Grundlagen .....	50
4.2. Ergebnisse .....	52
<b>5. Zusammenfassung.....</b>	<b>57</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>64</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>66</b>
<b>A1 Energiepreise Förderjahr 2009.....</b>	<b>66</b>
<b>A2 Substitution fossiler Energieträger und CO<sub>2</sub>-Vermeidung .....</b>	<b>68</b>
<b>A3 Referenzanlagen.....</b>	<b>74</b>
<b>A4 Treibhausgaspotenziale .....</b>	<b>82</b>

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1:	Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2009 .	18
Tab. 2-2:	Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm im Jahr 2009.	18
Tab. 2-3:	Mittelwerte der spezifischen Investitionskosten für die plausiblen Datensätze (eigene Berechnungen).	20
Tab. 2-4:	Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2009 unterstützter Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Bundesländern.	21
Tab. 2-5:	Relative Anteile am Investitionsvolumen nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2009.	22
Tab. 2-6:	Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2009 unterstützten Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck.	22
Tab. 2-7:	Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2009 unterstützten Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck und Bundesland.	23
Tab. 2-8:	Geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Förderjahrgang 2009 im Vergleich zu den 2009 in Deutschland zugebauten Leistungen (AGEE-Stat 2010, BMU 2010a).	24
Tab. 2-9:	Installierte Leistung der Investitionen in erneuerbare Energiequellen, die 2009 durch KfW-Kreditprogramme unterstützt wurden, nach Bundesländern.	25
Tab. 3-1:	Substitution konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien - Bezugsjahr 2007 (BMU 2009 und Klobasa et al. 2009).	33
Tab. 3-2:	Substitution konventioneller Energieträger durch die Wärmeerzeugung mit Erneuerbaren Energien (BMU 2009 und UBA 2009a).	34
Tab. 3-3:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2009.	38
Tab. 3-4:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2009.	39
Tab. 3-5:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2009.	41
Tab. 3-6:	Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Brennstoffe für den Förderjahrgang 2009.	42
Tab. 3-7:	Vermiedene Brennstoffkosten durch die Nutzung Erneuerbarer Energien für den Förderjahrgang 2009.	43

Tab. 3-8:	Relatives Treibhauspotenzial der drei wichtigsten Kyoto-Gase (BMU 2008).	44
Tab. 3-9:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogramm für den Förderjahrgang 2009.....	44
Tab. 3-10:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2009. ....	45
Tab. 3-11:	Energieeinsparung und vermiedene Kosten durch KfW-geförderte Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjahrgänge 2007 bis 2009.....	48
Tab. 4-1:	Aus KfW-geförderten Investitionen im Jahr 2009 resultierende im Inland wirksame Nachfrage nach Sparten. ....	52
Tab. 4-2:	Durch im Jahr 2009 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung. ....	53
Tab. 5-1:	Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2009. ....	57
Tab. 5-2:	Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Kreditprogramm im Jahr 2009.....	58
Tab. 5-3:	Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2009 unterstützten Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck.....	59
Tab. 5-4:	Geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Förderjahrgang 2009 im Vergleich zu den 2009 in Deutschland zugebauten Leistungen (AGEE-Stat 2010, BMU 2010a).....	60
Tab. A-1:	Übersicht über die verwendeten Preissteigerungsraten und Annuitäten für Energiepreise (Preisbasis 2005). ....	66
Tab. A-2:	Berechnung der Annuität am Beispiel Erdgas (Haushalte).....	67
Tab. A-3:	Vergleich der Substitutionsfaktoren im Strombereich (BMU 2009; Klobasa, M. et al. 2009; EVA 07: Evaluierung Förderjahrgang 2007; EVA 08/09: Evaluierung Förderjahrgänge 2008/2009). ....	68
Tab. A-4:	Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Strom (BMU 2009).....	69
Tab. A-5:	Vergleich der Minderungsfaktoren für CO <sub>2</sub> und CO <sub>2</sub> -Äquivalente im Stromsektor (UBA 2009a; EVA 07: Evaluierung Förderjahrgang 2007; EVA 08/09: Evaluierung Förderjahrgänge 2008/2009). ....	70
Tab. A-6:	Vergleich der Substitutionsfaktoren im Wärmebereich (BMU 2009, UBA 2009a; EVA 07: Evaluierung Förderjahrgang 2007; EVA 08/09: Evaluierung Förderjahrgänge 2008/2009). ....	71
Tab. A-7:	Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Wärme (BMU 2009).....	72
Tab. A-8:	Vergleich der Minderungsfaktoren für CO <sub>2</sub> und CO <sub>2</sub> -Äquivalente im Wärmesektor (BMU 2009, UBA 2009a; EVA 07: Evaluierung Förderjahrgang 2007; EVA 08/09: Evaluierung Förderjahrgänge 2008/2009). ....	72



Tab. A-9: Grunddaten für alle Referenzanlagen.....	74
Tab. A-10: Photovoltaikanlage mit 20 kW <sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen bis 100 kW <sub>p</sub> .....	74
Tab. A-11: Photovoltaikanlage mit 215 kW <sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen von 101 bis 1.000 kW <sub>p</sub> .....	75
Tab. A-12: Photovoltaikanlage mit 3,6 MW <sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen über 1 MW <sub>p</sub> .....	75
Tab. A-13: Windkraftanlage mit 2 MW.....	75
Tab. A-14: Biomasse-Heizkraftwerk 1,0 MW <sub>el</sub> .....	76
Tab. A-15: Wasserkraftanlage, Mix aus Neubau und Reaktivierung.....	76
Tab. A-16: Biogasanlage 450 kW <sub>el</sub> .....	77
Tab. A-17: Biogasleitungen.....	77
Tab. A-18: Solarthermische Anlage.....	78
Tab. A-19: Biogasaufbereitung und -einspeisung.....	78
Tab. A-20: Biomasse-Heizwerk ohne Nahwärmenetz.....	79
Tab. A-21: Biomasse-Heizwerk mit Nahwärmenetz.....	79
Tab. A-22: Wärmenetze (Wärmeeinspeisung aus Biomasse-Heizwerk).....	80
Tab. A-23: Wärmenetze (Wärmeeinspeisung aus Biogasanlage).....	80
Tab. A-24: Tiefengeothermie, Wärmenutzung.....	81
Tab. A-25: Tiefengeothermie, Stromerzeugung.....	81
Tab. A-26: Relatives Treibhauspotenzial von Treibhausgasen.....	82

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1:	Mit Darlehen der KfW-Programme im Jahr 2009 finanziertes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Bundesländern. ....	20
Abb. 2-2:	Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Programmen. ....	26
Abb. 2-3:	Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Technologien.....	27
Abb. 2-4:	Volumen der durch KfW-Kreditprogramme ausgelösten Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck und Bundesland.....	28
Abb. 2-5:	Geförderte elektrische Leistung aufgeteilt nach Technologien. ....	29
Abb. 3-1:	Struktur des Primärenergieverbrauchs und des Endenergieverbrauchs für die Sektoren Strom und Wärme in Deutschland (BMWi 2010, BDEW 2008). ....	30
Abb. 3-2:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2009. ....	39
Abb. 3-3:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2009. ....	40
Abb. 3-4:	Jährliche Vermeidung von CO <sub>2</sub> und CO <sub>2</sub> -Äquivalenten durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2009..	45
Abb. 3-5:	Jährliche Einsparung fossiler Brennstoffe der von der KfW geförderten Vorhaben in 2007 bis 2009 nach Technologien.....	47
Abb. 3-6:	Vermiedene jährliche Brennstoffkosten in Kraftwerken bzw. Haushalten und vermiedene Kosten für Importbrennstoffe für die in den Jahren 2007 bis 2009 von der KfW geförderten Vorhaben im Bereich Erneuerbare Energien. ....	48
Abb. 3-7:	CO <sub>2</sub> -Einsparung der von der KfW geförderten Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjahrgänge 2007 bis 2009.....	49
Abb. 4-1:	Durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2009 ausgelöste Beschäftigung. ....	53
Abb. 4-2:	Ausgelöste Beschäftigung durch den Betrieb von im Jahr 2009 KfW-geförderten Anlagen (über einen Zeitraum von 20 Jahren). ....	54
Abb. 4-3:	Abgeschätzte Aufteilung der Beschäftigung in Arbeitnehmer und Selbständige/mithelfende Familienangehörige. ....	55
Abb. 5-1:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2009. ....	61

Abb. 5-2: Jährliche CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologiebereichen und KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2009 (gesamt: 3,5 Mio. t/a). ..... 61

Abb. 5-3: Durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2009 ausgelöste Beschäftigung. .... 62



## Abkürzungen und Definitionen

AGEE-Stat	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien - Statistik
BB	Brandenburg
BE	Berlin
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
CCS	Carbon Capture and Storage
EE	Erneuerbare Energien
EE Premium	KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Premium“ (Teil des BMU Marktanzreizprogramms, Kreditprogramm der KfW)
EE Standard	KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Standard“ (Kreditprogramm der KfW)
EEG	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien – Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich – Erneuerbare-Energien-WärmeG
ERP-Umwelt	ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm (Kreditprogramm der KfW)
Ergänzung 2009	KfW-Programm Erneuerbare Energien, Ergänzung 2009 (Kreditprogramm der KfW)
HB	Bremen
HE	Hessen
HH	Hamburg
HW	Heizwerk
HKW	Heizkraftwerk
IEKP	Integriertes Energie- und Klimaprogramm
KfW	KfW Bankengruppe
KfW-EE	KfW-Programm Erneuerbare Energien (Teil des BMU Marktanzreizprogramms; Kreditprogramm der KfW)
KfW-Umwelt	KfW-Umweltprogramm (Kreditprogramm der KfW)
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
kW <sub>el</sub> / MW <sub>el</sub>	elektrische Leistung

$kWh_{prim}$	Primärenergie
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
$kW_p / MW_p$	Nennleistung einer Solaranlage unter Standardtestbedingungen
$kW_{th} / MW_{th}$	thermische Leistung
MV	Mecklenburg-Vorpommern
NI	Niedersachsen
NW	Nordrhein-Westfalen
PV	Photovoltaik
RP	Rheinland-Pfalz
Solar	Solarstrom Erzeugen (Kreditprogramm der KfW)
SH	Schleswig-Holstein
SL	Saarland
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
TH	Thüringen

## Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

Die Grundzüge der Klimapolitik der Bundesregierung sind im „Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP)“ verankert, dessen Eckpunkte im August 2007 beschlossen wurden. In dessen Folge wurden im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und im Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz (EEWärmeG) Ziele für den Ausbau Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich festgelegt. Bis zum Jahr 2020 sollen mindestens 30 % des Bruttostromverbrauchs und 14 % des Endenergieverbrauchs für Wärme mit Erneuerbaren Energien gedeckt werden. Damit sollen bis 2020 im Strombereich 54,4 Mio. t und im Wärmebereich 9,2 Mio. t CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr zusätzlich zu den im Jahr 2006 erreichten Minderungen eingespart werden.

Ein wichtiger Baustein dieser Strategie sind die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe im Bereich der Erneuerbaren Energien. Um deren Bedeutung und Effektivität im Förderjahrgang 2009 zu überprüfen, werden in der vorliegenden Studie zum dritten mal die von diesen Förderprogrammen ausgehenden Effekte in den Bereichen Treibhausgasminde-rung, Einsparung fossiler Energieträger und damit vermiedener Importe an fossilen Energieträgern sowie Beschäftigungseffekte ermittelt.

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sind:

- Mit einem ausgelösten Investitionsvolumen von 7,0 Mrd. € haben die KfW-Programme 34,3 % der in Deutschland im Jahr 2009 getätigten Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien gefördert.
- Die Bedeutung der KfW-Programme für den Ausbau der Erneuerbaren Energien zeigt sich vor allem im Strombereich sehr deutlich: Insgesamt 43 % der in Deutschland im Jahr 2009 zugebauten elektrischen Leistung wurden über die KfW gefördert. Ein besonders hoher Anteil entfällt mit rund 54 % auf Windkraftanlagen.
- Die KfW-Förderung im Jahr 2009 führt zu vermiedenen Energieimporten im Gegenwert von jährlich rund 310 Mio. €. Dies entspricht insgesamt rund 6,2 Mrd. € über die gesamte Laufzeit der Anlagen von 20 Jahren. Die so im Inland verbleibenden Mittel tragen zur Stärkung der heimischen Wirtschaft bei.
- Die im Jahr 2009 von der KfW geförderten Anlagen bewirken eine Vermeidung von 3,5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Emissionen (bzw. 3,7 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalent) pro Jahr, was allein über 5 % der von der Bundesregierung angestrebten zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch den Ausbau Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich bis 2020 entspricht. Betrachtet man die Förderjahre 2007 bis 2009 zusammen, so wurden durch die KfW-Programme bislang Emissionsvermeidungen von jährlich rund 10,6 Mio. t CO<sub>2</sub> angestoßen, d.h. rund ein Sechstel der im IEKP angestrebten Einsparungen.
- Mit Produktion und Bau der im Jahr 2009 geförderten Anlagen waren rund 41.000 Arbeitsplätze verbunden. Somit trägt die KfW-Förderung weiterhin maßgeblich zum Jobmotor Erneuerbare Energien bei. Hinzu kommen jährlich weitere 2.300 Arbeitsplätze durch Betrieb und Wartung der Anlagen.

- 71,7 % der Arbeitsplätze sind in kleinen und mittleren Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten entstanden, 31,4 % der Arbeitsplätze entfallen auf Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten. Diese Zahlen unterstreichen die Wichtigkeit der betrachteten KfW-Programme für die Mittelstandsförderung.

## Abstract for political decision makers

The main features of the German Federal Government's climate policy are contained in the Integrated Energy and Climate Programme (Integriertes Energie- und Klimaprogramm - IEKP), the core elements of which were approved on August 2007. Subsequently, the Renewable Energy Sources Act (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) and the Renewable Energies Heat Act (Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz – EEWärmeG) have set goals for the expansion of renewable energy within the electricity and the heat sector. One of the Federal Government's targets under this programme is to raise the share of renewable energies in gross electricity consumption to at least 30 % and their share in heat consumption to at least 14 % by the year 2020. More specifically, by developing renewable energies the IEKP aims to reduce annual CO<sub>2</sub> emissions in the electricity market by 54.4 million tonnes and in the heat market by 9.2 million tonnes, in addition to the reductions achieved in 2006.

The renewable energy promotional activities of KfW Bankengruppe represent an important component of the German climate strategy. In order to review their effectiveness and significance within the year 2009 the present study investigated the reductions in greenhouse gas emissions and fossil fuel consumption generated by financing programmes of KfW Bankengruppe promoting investments in renewable energies. Consequent decreases in fossil fuel imports and impacts on employment were also investigated.

The most important results at a glance:

- More than 34 % of the investments made in the construction of facilities using renewable energies in 2009 in Germany were financed through KfW programmes, which provided an investment volume of €7.0 billion.
- The KfW programmes considered are particularly important for renewable electricity production: In terms of electrical power 43 % of the renewable plants installed in Germany in 2009 were financed through KfW programmes. For wind turbines the share was 54 %.
- Promotional activities conducted in 2009 reduced energy imports by approximately €310 million per annum. This amounts to €6.2 billion over the facilities' 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 2009 led to a reduction of approximately 3.5 million tonnes of CO<sub>2</sub> (3.7 million tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent, respectively) per annum, which alone is more than 5 % of the Federal Government's above mentioned CO<sub>2</sub> 2020 target of reduction through development of renewable electricity and heating. Accumulating promotional activities in 2007, 2008 and 2009, KfW's programmes have led to a reduction of approximately 10.6 million tonnes CO<sub>2</sub> per annum, i.e. about one sixth of the targeted cuts in emissions.
- Manufacturing and construction of the facilities financed in 2009 generated around 41,000 jobs. Thus, KfW's financing programmes continue to clearly enhance the role

of renewable energy as a significant creator of employment. Another 2,300 jobs per annum are created by operation and maintenance of the facilities.

- Small and medium-sized enterprises with less than 500 employees account for 71.7 % of generated jobs, 31.4 % of jobs were created in small enterprises with less than 50 employees. These figures underscore the importance of KfW's financing programmes for the promotion of small and medium-sized enterprises.

## 1. Einführung

Kernstück der klimapolitischen Ziele der Bundesregierung ist das Integrierte Energie- und Klimaprogramm (IEKP), dessen Eckpunkte im August 2007 beschlossen wurden. Es hat zum Ziel, den Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromversorgung im Jahr 2020 – wie im Erneuerbare-Energien-Gesetz verankert – auf mindestens 30 % anzuheben. Im Jahr 2009 trugen die Erneuerbaren Energien bereits 16,3 % zum gesamten Stromverbrauch in Deutschland bei (BMU 2010a). Nach dem Jahr 2020 soll ein weiterer kontinuierlicher Ausbau erfolgen. Konkret sollen mit dem IEKP durch den Ausbau von Erneuerbaren Energien (EE) bis zum Jahr 2020 im Strombereich 54,4 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr zusätzlich zu den im Jahr 2006 erreichten Minderungen eingespart werden. Im Wärmebereich soll nach dem im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz festgeschriebenen Ausbauziel im Jahr 2020 ein Anteil von 14 % Erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch für Wärme erreicht werden. Im Jahr 2009 lag der EE-Anteil im Wärmebereich bei 8,8 %. Das CO<sub>2</sub>-Minderungsziel des IEKP im Wärmebereich beläuft sich auf 9,2 Mio. t pro Jahr bis 2020 zusätzlich zu den im Jahr 2006 erreichten Minderungen (vgl. BMU 2007).

Ein wichtiger Baustein in dieser Strategie sind die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe, in deren Rahmen sie zinsvergünstigte Darlehen und Tilgungszuschüsse für Investitionen in die Nutzung erneuerbarer Energiequellen zur Verfügung stellt. So wurden von insgesamt 20,4 Mrd. € Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Deutschland 2009 (BMU 2010a) mehr als 7 Mrd. € (das entspricht 34,3 %) durch KfW-Kreditprogramme gefördert.

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

Gegenstand der in diesem Bericht dargestellten Arbeiten ist die umfassende Evaluierung der Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe im Bereich der Erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2009. Hierfür werden die durch die geförderten Investitionen ausgelösten Effekte in den Bereichen Treibhausgasminderung, Einsparung fossiler Energieträger und damit vermiedene Importe an fossilen Energieträgern sowie Beschäftigungseffekte ermittelt. Es werden folgende Wirkungen berechnet:

- Treibhausgasminderungen: jährliche Treibhausgaseinsparung und über die gesamte Lebensdauer der Maßnahmen in Tonnen Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und CO<sub>2</sub>-Äquivalent; regionale Verteilung,
- Einsparung fossiler Energieträger (Einsparung jährlich und über die gesamte Lebensdauer der Maßnahmen) in Tonnen/Liter/m<sup>3</sup>/€,
- vermiedene Importe an fossilen Energieträgern in Tonnen/Liter/m<sup>3</sup>/€,
- Arbeitsplatzeffekte:  
Bruttobeschäftigungseffekte in Deutschland in den Sektoren Anlagenbau und Betrieb von Anlagen (p.a. und über die ganze Lebensdauer der Maßnahme) unter Berücksichtigung

sichtigung und Ausweisung der direkten und indirekten Beschäftigungseffekte sowie Berücksichtigung von Import/Export (Substitutions-<sup>1</sup> und Budgeteffekte<sup>2</sup> werden nicht berücksichtigt). Beschäftigungseffekte im Mittelstand, Untergliederung in abhängig Beschäftigte und Selbstständige.

Das folgende Kapitel 2 gibt einen Überblick über die Datengrundlage und die Methodik. Danach werden in Kapitel 3 die Einsparung fossiler Energieträger und die Minderung von Treibhausgasemissionen ermittelt. Um aufgrund methodischer Änderungen seit der ersten Evaluierung des Förderjahres 2007 einen konsistenten Vergleich der Förderjahre 2007 bis 2009 zu ermöglichen, wurde die Berechnung der Wirkungen für die beiden Vorjahre mit der aktuellen Berechnungsmethode erneut durchgeführt (vgl. Kapitel 3.6)<sup>3</sup>. Kapitel 4 befasst sich mit den Beschäftigungseffekten. Abschließend werden in Kapitel 5 die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst.

---

<sup>1</sup> Effekte auf Grund von durch Investition in bzw. Nutzung von Erneuerbaren Energien auftretende geringere Investitionen in konventionelle Energietechniken.

<sup>2</sup> Effekte auf Grund von durch Investition in Erneuerbare Energien nicht mehr für andere Investitions-/Konsumzwecke zur Verfügung stehende Mittel.

<sup>3</sup> Da für die Evaluierung 2008 im Rahmen der überarbeiteten Methodik teilweise noch mit vorläufigen Parametern gerechnet werden musste, erfolgte eine Neuberechnung der Förderjahrgänge 2007 und 2008, um einen konsistenten Vergleich mit dem Förderjahr 2009 zu ermöglichen.



## 2. Datengrundlage und Methodik

Im Betrachtungszeitraum 2009 förderte die KfW Investitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland hauptsächlich über die folgenden Programme (in Klammern jeweils das in dieser Evaluierung verwendete Kürzel):

- ERP<sup>4</sup>-Umwelt- und Energiesparprogramm (ERP-Umwelt),
- KfW-Umweltprogramm (KfW-Umwelt),
- Solarstrom Erzeugen (Solar),
- KfW-Programm Erneuerbare Energien (KfW-EE, Teil des BMU Marktanzreizprogramms),
- KfW-Programm Erneuerbare Energien, Ergänzung 2009 (Ergänzung 2009),
- KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Standard“ (EE Standard),
- KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Premium“ (EE Premium, Teil des BMU Marktanzreizprogramms).

Zum 01.01.2009 wurden die Programme der KfW zur Förderung Erneuerbarer Energien neu strukturiert (vgl. auch Tab. 2-1). Die Fördertatbestände mit EE-Bezug aus den Programmen ERP-Umwelt, KfW-Umwelt, Solar sowie KfW-EE wurden für Anträge ab 01.01.2009 in das neue KfW-Programm Erneuerbare Energien mit den Programmteilen „Standard“ und „Premium“ überführt. Im Programmteil „Standard“ wurden die EE-Fördertatbestände der Programme ERP-Umwelt, KfW-Umwelt sowie Solar zusammengefasst. Gefördert werden in dieser Programmvariante die Nutzung Erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Strom bzw. Strom und Wärme. Das bisherige KfW-Programm Erneuerbare Energien (KfW-EE), das einen Teil des Marktanzreizprogramms für Erneuerbare Energien des Bundes darstellt, ist in den Programmteil „Premium“ des neu angelegten KfW-Programms Erneuerbare Energien übergegangen. In der Premiumvariante werden im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) bestimmte Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Wärmemarkt gefördert.

Zusätzlich zu den beschriebenen Änderungen wurde das Finanzierungsangebot der KfW im Rahmen der „Ergänzung 2009“ des KfW-Programms Erneuerbare Energien erweitert, um die Umsetzung größerer Projekte im Bereich Erneuerbare Energien zu sichern. Diese Maßnahme wurde von der Bundesregierung im Rahmen des Pakets „Beschäftigungssicherung durch Wachstumsstärkung“ (Konjunkturpaket I) verabschiedet.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, dass im Rahmen dieser Untersuchung im Jahr 2009 zugesagte „Altfälle“ aus den Programmen ERP-Umwelt, KfW-Umwelt und Solar dem EE Standard, die des Altprogramms KfW-EE dem Programm EE-Premium zugerechnet werden.

---

<sup>4</sup> European Recovery Programme, hervorgegangen aus dem Marshallplan für den Wiederaufbau der deutschen Wirtschaft nach dem Zweiten Weltkrieg.

**Tab. 2-1: Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2009<sup>5</sup>.**

	EE Standard	EE Premium	Ergänzung 2009
Programmname	KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Standard“	KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Premium“	KfW-Programm Erneuerbare Energien, Ergänzung 2009
Hier berücksichtigte Fördermaßnahmen	Photovoltaik-, Biomasse-, Biogas-, Windkraft-, Wasserkraft-, Geothermieanlagen zur Stromerzeugung, Anlagen zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien (KWK)	Nach den BMU-Richtlinien förderfähige Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Wärme: Solarkollektoranlagen ab 40 m <sup>2</sup> , Anlagen zur Verbrennung fester Biomasse, Anlagen zur Erschließung und Nutzung von Tiefengeothermie, Nahwärmenetze und große Wärmespeicher, die aus Erneuerbaren Energien gespeist werden, Anlagen zur Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität, Biogasleitungen für unaufbereitetes Biogas	Finanzierung von größeren Projekten, für die eigens eine Projektgesellschaft gegründet wurde, zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Strom bzw. Strom und Wärme in KWK
Kreditregelhöchstbetrag	i.d.R. maximal 10 Mio. € pro Vorhaben	i.d.R. maximal 10 Mio. € pro Vorhaben	Mindestens 10 Mio. € und maximal 50 Mio. € pro Vorhaben

**Tab. 2-2: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm<sup>6</sup> im Jahr 2009.**

	Ergänzung 2009	EE Standard	EE Premium	Summe
Darlehensfälle	27	36.646	2.130	38.803
Darlehensvolumen (Mio. €) <sup>1)</sup>	573,6	4.471,2 <sup>2)</sup>	297,6	5.342,4 <sup>2)</sup>
Investitionsvolumen (Mio. €) <sup>1)</sup>	1.019,5	5.599,6 <sup>3)</sup>	415,8	7.034,9 <sup>3)</sup>
Mittleres Investitionsvolumen je Darlehen (€) <sup>1)</sup>	37.760.502	152.803	195.195	181.298

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

<sup>2)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 4.785,0 bzw. 5.656,2 Mio. €, hier wurden nur Anlagen im Inland berücksichtigt.

<sup>3)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 6.213,6 bzw. 7.648,9 Mio. €, hier wurden nur Anlagen im Inland berücksichtigt.

Tab. 2-2 gibt einen Überblick über den jeweiligen Umfang der ausgewerteten Kreditprogramme im Jahr 2009. Das Programm EE Standard weist die höchste Anzahl an Darlehensfällen und insgesamt die höchste Darlehenssumme auf, was hauptsächlich auf die Vielzahl der geförderten Photovoltaikanlagen zurückgeht. Sehr große Vorhaben mit Kreditbeträgen zwischen 10 und 50 Mio. € wurden im Rahmen des KfW-Programms

<sup>5</sup> Auf eine nochmalige Beschreibung der Programme ERP-Umwelt, KfW-Umwelt sowie Solar wird verzichtet und auf die Evaluierungen der Vorjahre verwiesen.

<sup>6</sup> 16 Darlehen mit einem Darlehensvolumen von rd. 50 Mio. € waren der Kategorie „Sonstiges“ zugeordnet und werden für die vorliegende Evaluierung nicht berücksichtigt.

Erneuerbare Energien „Ergänzung 2009“ gefördert. Der Anteil des Ergänzungsprogramms am gesamten Darlehensvolumen 2009 beträgt knapp 11 %. Insgesamt wurden im Förderjahr 2009 rund 38.800 Darlehen mit einem Darlehensvolumen von 5,3 Mrd. € gewährt.

## 2.1. Datengrundlage Förderjahrgang 2009

Grundlage der Berechnungen sind die installierten Leistungen und ausgelösten Investitionsvolumina. Die Wirkungen werden auf Grundlage einer Vollkostenrechnung ermittelt, in deren Rahmen sowohl die Investitions- als auch die Betriebskosten der geförderten Anlagen berücksichtigt werden.

Für den Förderjahrgang 2009 stellte die KfW für jeden Kreditantrag aus den genannten Förderprogrammen folgende Informationen zur Verfügung:

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

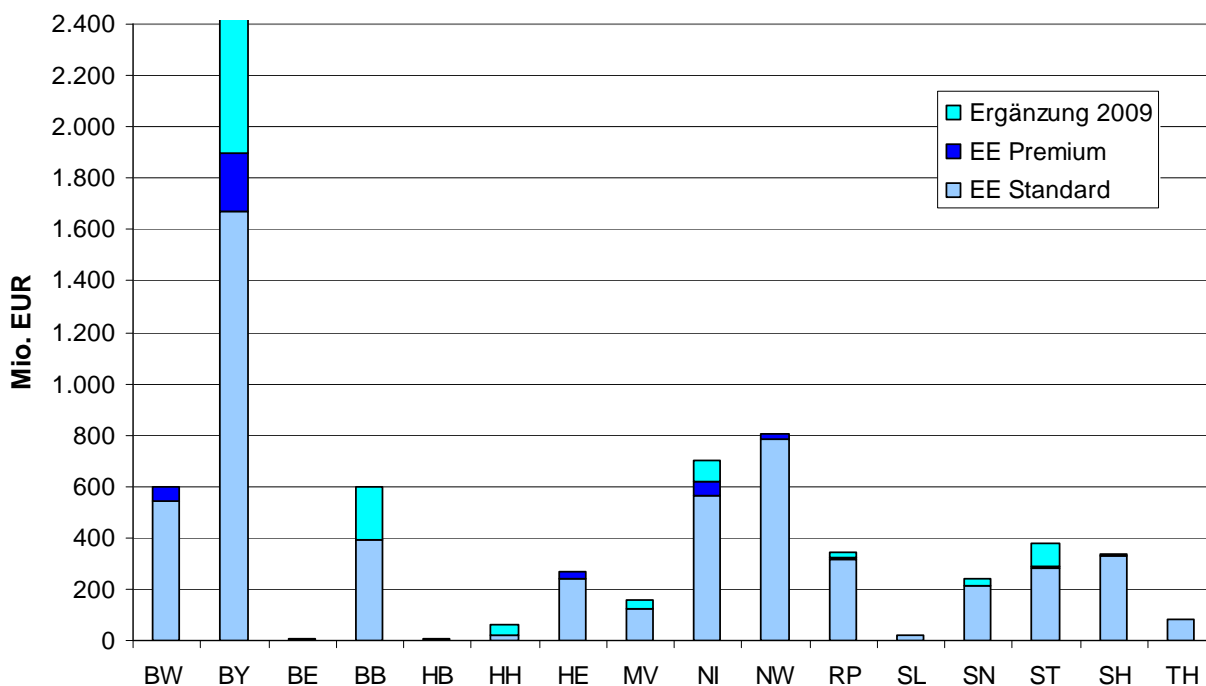
Für die Technologien Photovoltaik, Windkraft, Wasserkraft, Solarthermie, feste Biomasse, Biogas und Geothermie sind zusätzlich Angaben zur installierten Leistung vorhanden, falls sie im Rahmen des neu ausgerichteten KfW-Programms Erneuerbare Energien gefördert wurden. Für die Altanträge aus den Programmen ERP-Umwelt und KfW-Umwelt, die im Folgenden unter EE Standard geführt werden, sind Anlagentyp, Anlagenzahl und installierte Leistung für die Verwendungszwecke Solarkollektor, Biomasse, Biogas, Wasserkraft, Windkraft und Geothermie von der KfW partiell erfasst.

Alle vorhandenen Daten für Anlagen der verschiedenen Technologien wurden hinsichtlich der Plausibilität der angegebenen Leistungen bzw. sonstiger technischer Angaben und Investitionskosten überprüft. Im Mittel ergeben sich für die einzelnen Technologien die in Tab. 2-3 dargestellten Investitionskosten.

Abb. 2-1 zeigt die regionale Verteilung des mitfinanzierten Investitionsvolumens auf Bundesländerebene. Im Jahr 2009 wurden mit rund 2,4 Mrd. € die meisten Investitionen in Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Bayern gefördert, gefolgt von Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Baden-Württemberg und Brandenburg mit Investitionen in der Größenordnung von 0,6 bis 0,8 Mrd. €. Auf die flächenmäßig kleineren Bundesländer Berlin, Hamburg, Saarland und Bremen entfiel nur ein vergleichsweise geringer Anteil der Investitionen.

**Tab. 2-3: Mittelwerte der spezifischen Investitionskosten<sup>7</sup> für die plausiblen Datensätze (eigene Berechnungen).**

	Technologie	Durchschnittliche spezifische Investitionskosten in €/kW <sub>el</sub> (Strom) bzw. €/kW <sub>th</sub> (Wärme) - exkl. MwSt
<b>Strom</b>	Biogas (Stromerzeugung)	2.820
	Biomasse Heizkraftwerk	2.850
	Photovoltaik	3.140
	Wasserkraft	3.290
	Windkraft	1.330
<b>Wärme</b>	Solarthermie	1.180
	Biomasse	430
	Wärmenetze	220 €/Trassenmeter
	Geothermie	960



**Abb. 2-1: Mit Darlehen der KfW-Programme im Jahr 2009 finanziertes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Bundesländern.**

<sup>7</sup> Die angegebenen Investitionskosten sind Kosten, die im Vorfeld der Anlagenerrichtung angegeben werden und bilden im Allgemeinen die tatsächlich entstandenen Kosten gut ab. Ausnahmen davon, d.h. Anlagen, deren Realisierung günstiger oder teurer war als mit den Planungskosten angegeben, können nicht erfasst werden. In der Regel umfassen die Investitionskosten auch sämtliche neben der eigentlichen Investition anfallenden Kosten. Dazu gehören Planungskosten, Montagekosten etc. – vgl. Anhang A3.

**Tab. 2-4: Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2009 unterstützter Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Bundesländern.**

Mio. € (exkl. MwSt)	Ergänzung 2009	EE Standard	EE Premium	Summe
Baden-Württemberg	0	543,5	56,0	599,4
Bayern	518,9	1.673,6	225,6	2.418,2
Berlin	0	5,7	1,1	6,8
Brandenburg	205,8	391,2	1,9	598,9
Bremen	0	8,0	0,3	8,3
Hamburg	39,6	22,3	0,4	62,3
Hessen	0	240,5	24,4	264,9
Mecklenburg-Vorpommern	33,7	121,9	3,5	159,1
Niedersachsen	83,6	565,8	54,6	704,0
Nordrhein-Westfalen	0	780,6	26,9	807,5
Rheinland-Pfalz	22,1	317,0	5,2	344,3
Saarland	0	21,8	0,2	22,0
Sachsen	22,8	213,1	1,8	237,6
Sachsen-Anhalt	93,1	282,9	3,6	379,6
Schleswig-Holstein	0	330,4	9,7	340,1
Thüringen	0	81,2	0,8	82,1
Summe	1.019,5	5.599,6 <sup>1)</sup>	415,8	7.034,9 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 6.213,6 bzw. 7.648,9 Mio. €

Insgesamt wurden durch die Förderung der KfW Investitionen in Höhe von rund 7 Mrd. € ausgelöst (vgl. Tab. 2-4). Der größte Anteil des Investitionsvolumens wurde mit 5,6 Mrd. € über den Programmteil Standard des KfW-Programms Erneuerbare Energien gefördert. Mehr als ein Drittel des geförderten Investitionsvolumens wurde in Bayern getätigt, jeweils zwischen 8,5 und 11,5 % in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Baden-Württemberg und Brandenburg (vgl. Tab. 2-5).

**Tab. 2-5: Relative Anteile am Investitionsvolumen nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2009.**

Prozent	Ergänzung 2009	EE Standard	EE Premium	Summe
Baden-Württemberg	0	9,7	13,5	8,5
Bayern	50,9	29,9	54,3	34,4
Berlin	0	0,1	0,3	0,1
Brandenburg	20,2	7,0	0,5	8,5
Bremen	0	0,1	0,1	0,1
Hamburg	3,9	0,4	0,1	0,9
Hessen	0	4,3	5,9	3,8
Mecklenburg-Vorpommern	3,3	2,2	0,8	2,3
Niedersachsen	8,2	10,1	13,1	10,0
Nordrhein-Westfalen	0	13,9	6,5	11,5
Rheinland-Pfalz	2,2	5,7	1,3	4,9
Saarland	0	0,4	0,0	0,3
Sachsen	2,2	3,8	0,4	3,4
Sachsen-Anhalt	9,1	5,1	0,9	5,4
Schleswig-Holstein	0	5,9	2,3	4,8
Thüringen	0	1,5	0,2	1,2
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0

Knapp 90 % des geförderten Investitionsvolumens entfällt auf die Stromerzeugung aus Windkraft und Photovoltaik. Allein in diesen beiden Technologien wurden über die KfW-Programme Investitionen in Höhe von 1,4 Mrd. € (Wind) bzw. 4,9 Mrd. € (PV) mitfinanziert (vgl. Tab. 2-6). Signifikante Anteile am geförderten Investitionsvolumen nehmen weiterhin Wärmenetze mit 272 Mio. € und Biogasanlagen mit insgesamt 244 Mio. € ein.

**Tab. 2-6: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2009 unterstützten Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck.**

	Ergänzung 2009		EE Standard		EE Premium		Summe	
	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%
Biogas <sup>1)</sup>	33,7	3,3	183,6	3,3	26,9	6,5	244,1	3,5
Biomasse	0	0	63,7	1,1	76,8	18,5	140,6	2,0
Geothermie	0	0	64,8	1,2	26,0	6,2	90,8	1,3
Photovoltaik	732,3	71,8	4.152,9	74,2	0	0	4.885,2	69,4
Solarkollektoranlage	0	0	0,4	0,0	8,2	2,0	8,6	0,1
Wärmenetz	0	0	0	0	272,3	65,5	272,3	3,9
Wärmespeicher	0	0	0	0	5,6	1,4	5,6	0,1
Wasserkraft	0	0	23,7	0,4	0	0	23,7	0,3
Windkraft	253,5	24,9	1.110,5	19,8	0	0	1.364,1	19,4
Summe	1.019,5	100,0	5.599,6 <sup>2)</sup>	100,0	415,8	100,0	7.034,9 <sup>2)</sup>	100,0

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

<sup>2)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 6.213,6 bzw. 7.648,9 Mio. €

**Tab. 2-7: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2009 unterstützten Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck und Bundesland.**

Mio. €	Bio- gas <sup>1)</sup>	Bio- masse	Geo- thermie	Photo- voltaik	Solar- kollektor	Wär- menetz	Wärme- speicher	Was- serkraft	Wind- kraft	Summe
BW	9,4	16,8	0,0	518,8	0,9	34,4	1,5	3,8	13,8	599,4
BY	25,7	39,8	53,9	2.064,6	2,4	153,5	2,1	9,4	66,8	2.418,2
BE	0,0	0,3	0,0	5,7	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	6,8
BB	9,6	0,0	0,0	245,6	0,5	1,4	0,0	0,7	341,1	598,9
HB	0,0	0,1	0,0	2,1	0,0	0,1	0,0	0,0	5,9	8,3
HH	0,0	0,1	0,0	41,6	0,3	0,0	0,0	0,0	20,3	62,3
HE	3,6	21,0	0,0	180,7	0,7	18,0	0,3	2,9	37,7	264,9
MV	43,5	0,4	0,0	41,1	0,3	2,7	0,1	0,0	70,9	159,1
NI	45,5	34,0	0,0	292,6	0,6	35,7	1,2	0,0	294,4	704,0
NW	34,7	7,7	0,0	680,5	0,6	13,9	0,2	0,0	70,0	807,5
RP	2,4	1,7	36,9	205,3	0,4	2,9	0,1	1,2	93,4	344,3
SL	0,8	0,0	0,0	12,6	0,2	0,0	0,0	0,0	8,4	22,0
SN	12,6	16,3	0,0	140,6	0,3	0,9	0,0	2,0	65,0	237,6
ST	34,9	0,2	0,0	128,0	0,4	2,2	0,0	1,0	212,9	379,6
SH	15,2	1,9	0,0	258,3	0,1	5,9	0,2	0,0	58,5	340,1
TH	6,3	0,4	0,0	67,3	0,1	0,4	0,0	2,6	5,0	82,1
Summe	244,1	140,6	90,8	4.885,2	8,6	272,3	5,6	23,7	1.364,1	7.034,9

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

Insgesamt wurden Anlagen mit einer elektrischen Leistung von annähernd 2,7 GW und einer thermischen Leistung von 270 MW gefördert. Die Trassenlänge der geförderten Nahwärmenetze beträgt über alle Bundesländer rund 1.190 km (vgl. Tab. 2-8).

**Tab. 2-8: Geförderte elektrische und thermische Leistung<sup>8</sup> der KfW-Programme im Förderjahrgang 2009 im Vergleich zu den 2009 in Deutschland zugebauten Leistungen (AGEE-Stat 2010, BMU 2010a).**

	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
Strom <sup>1)</sup>	Windkraft	1.024	1.880	54 %
	Photovoltaik	1.556	3.806	41 %
	Wasserkraft	7,2	20	36 %
	Biomasse	19,3	172	11 %
	Biogas <sup>2)</sup>	76,2	345	22 %
	<b>Summe</b>	<b>2.683</b>	<b>6.223</b>	<b>43 %</b>
Wärme <sup>4)</sup>	Solarthermie <sup>3)</sup>	7,3	1.101	0,7 %
	Biomasse	197	k.A.	k.A.
	Tiefengeothermie	66	k.A.	k.A.
	<b>Summe</b>	<b>270</b>	<b>k.A.</b>	<b>k.A.</b>
Wärmenetze (Trassenlänge)		1.189 km	k.A.	k.A.

<sup>1)</sup> Aus Datenschutzgründen ohne die geförderte Anlage zur Nutzung von Tiefengeothermie

<sup>2)</sup> Stromerzeugung

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

<sup>4)</sup> Ohne den thermischen Leistungsanteil der KWK-Anlagen aus dem Strombereich. Auf die Darstellung des thermischen Leistungsanteils von KWK-Anlagen wird hier verzichtet, weil dieser sonst die thermische Leistung der ausschließlich thermisch genutzten Biomasseanlagen überdeckt. Für die Berechnung der vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen wird jedoch die thermische Leistung der KWK-Anlagen berücksichtigt. Nachrichtlich: für Biomasse-Heizkraftwerke wurde eine thermische Leistung von 88 MW, für Biogasanlagen 89 MW hochgerechnet. Der davon tatsächlich genutzte Anteil wurde mit 70 % (Biomasse-Heizkraftwerke) bzw. 25 % (Biogasanlagen) angesetzt. Vergleiche dazu auch Anhang A3.

Die Bedeutung der KfW-Förderung zeigt sich vor allem im Strombereich sehr deutlich. Dort wurden insgesamt rund 43 % der in Deutschland im Jahr 2009 zugebauten elektrischen Leistung an Erneuerbaren Energien über die KfW gefördert (Tab. 2-8). Ein besonders hoher Anteil entfällt mit rund 54 % auf Windkraftanlagen. Auch in den Bereichen Photovoltaik, Wasserkraft und Biogas zeigt sich die Wichtigkeit der KfW-Förderung; 41 % der 2009 in Deutschland zugebauten Photovoltaikleistung, 36 % der neu installierten Wasserkraftleistung sowie 22 % der zugebauten Biogasleistung wurde über die KfW gefördert. Bei diesem Vergleich ist zu berücksichtigen, dass die von der KfW geförderten Anlagen nicht unbedingt im Jahr der Förderung in Betrieb gehen. Darüber hinaus wurde ein Teil der tatsächlich im Jahr 2009 installierten Anlagen bereits im Jahr 2008 gefördert.

Die Wirkungen der KfW-Förderung im Wärmesektor lassen sich nur schwer in Bezug auf die installierten Leistungen einordnen, da diese nur für die solarthermischen Anlagen zur Verfügung stehen. Gemessen am Fördervolumen der KfW-Programme im Bereich der

<sup>8</sup> Die nicht in der Datenbank vorliegenden elektrischen bzw. thermischen Leistungen wurden anhand der spezifischen Investitionskosten (vgl. Tab. 2-3) der vollständigen Datensätze hochgerechnet.



Erneuerbaren Energien nimmt der Wärmebereich im Vergleich zum Strombereich nur einen geringen Anteil ein.

Über 58 % der geförderten thermischen Leistung entfällt auf die beiden Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg, während in Bayern (Photovoltaik) und Brandenburg (Windkraft) am meisten elektrische Leistung gefördert wurde. Die geförderten Wärmenetze konzentrieren sich mit zwei Dritteln in den beiden südlichen Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg (vgl. Tab. 2-9).

**Tab. 2-9: Installierte Leistung<sup>9</sup> der Investitionen in erneuerbare Energiequellen, die 2009 durch KfW-Kreditprogramme unterstützt wurden, nach Bundesländern.**

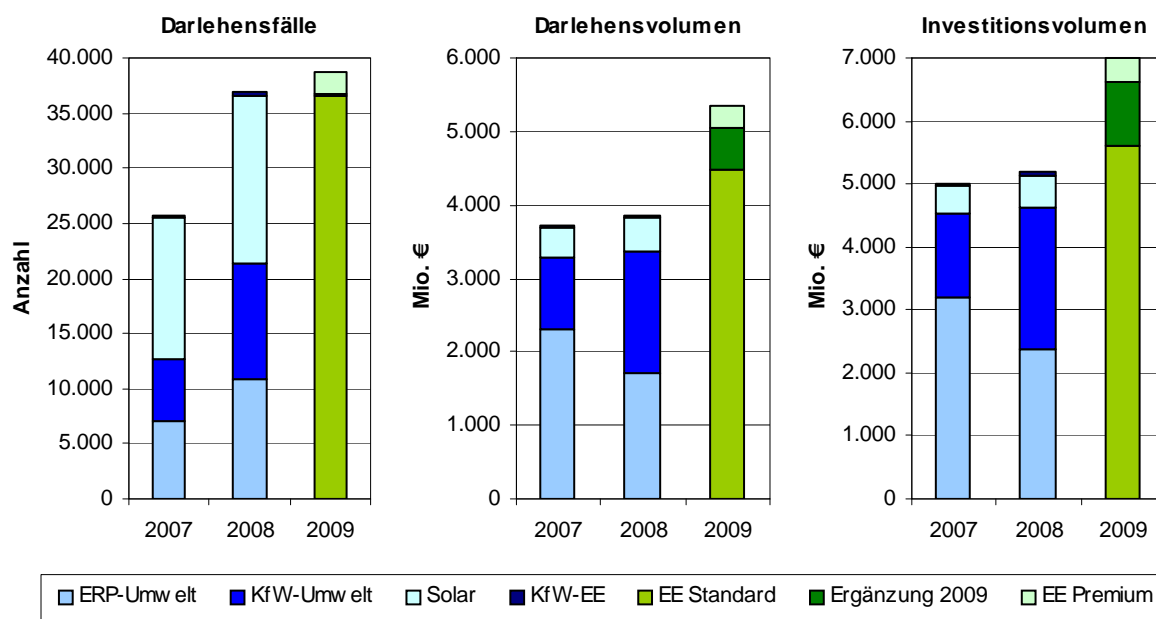
	MW <sub>el</sub>	Anteil an der gesamten elektrischen Leistung	MW <sub>th</sub>	Anteil an der gesamten thermischen Leistung	kumulierte Trassenlänge der Nahwärmenetze in km	Anteil an der gesamten Trassenlänge
BW	174	6,5%	48	17,7%	118	10,0%
BY	717	26,7%	110	40,7%	673	56,6%
BE	1,8	0,1%	0,9	0,3%	0,7	0,1%
BB	356	13,3%	0,4	0,2%	7,3	0,6%
HB	4,7	0,2%	0,4	0,1%	0,8	0,1%
HH	25	0,9%	0,6	0,2%	0	0,0%
HE	85	3,2%	14	5,0%	87	7,3%
MV	106	4,0%	1,3	0,5%	9,1	0,8%
NI	314	11,7%	29	10,8%	167	14,1%
NW	284	10,6%	19	7,0%	64	5,3%
RP	123	4,6%	39	14,6%	15	1,2%
SL	10	0,4%	0,2	0,1%	0	0,0%
SN	98	3,6%	1,1	0,4%	4,0	0,3%
ST	208	7,7%	1,1	0,4%	10	0,9%
SH	149	5,5%	4,7	1,7%	31	2,6%
TH	30	1,1%	0,8	0,3%	1,7	0,1%
Summe	2.683	100,0%	270	100,0%	1.189	100,0%

<sup>9</sup> Die Leistungsangaben für unvollständige Datensätze wurden anhand der spezifischen Investitionskosten der vollständigen Datensätze hochgerechnet (vgl. Tab. 2-3).

## 2.2. Vergleich der Förderjahrgänge 2007 bis 2009

Zur Einordnung des Förderjahrgangs 2009 werden im folgenden Abschnitt die Veränderungen der Förderung im Vergleich zu den beiden Vorjahren dargestellt und erläutert. Abb. 2-2 stellt die Darlehensfälle, das Darlehensvolumen und das ausgelöste Investitionsvolumen für die Förderjahrgänge 2007 bis 2009, aufgeteilt nach KfW-Förderprogrammen, gegenüber. Die Programme ERP-Umwelt, KfW-Umwelt, Solar und KfW-EE wurden im Jahr 2009 von den Programmen EE Standard, EE Premium und Ergänzung 2009, wie bereits oben dargestellt, abgelöst.

Die Gesamtanzahl der Darlehensfälle ist von 2007 auf 2008 um ca. 44 % auf knapp 37.000 angestiegen und konnte dieses Niveau im Jahr 2009 sogar noch um rund 5 % übertreffen. Bezogen auf die Anzahl der Darlehensfälle nehmen Photovoltaikanlagen in allen drei Jahren mit mehr als 90 % den größten Anteil ein. Das Wachstum der jährlichen Darlehensfälle ist somit zum überwiegenden Teil auf das Wachstum bei der Förderung von Photovoltaikanlagen zurückzuführen, die über das Programm EE Standard gefördert werden.

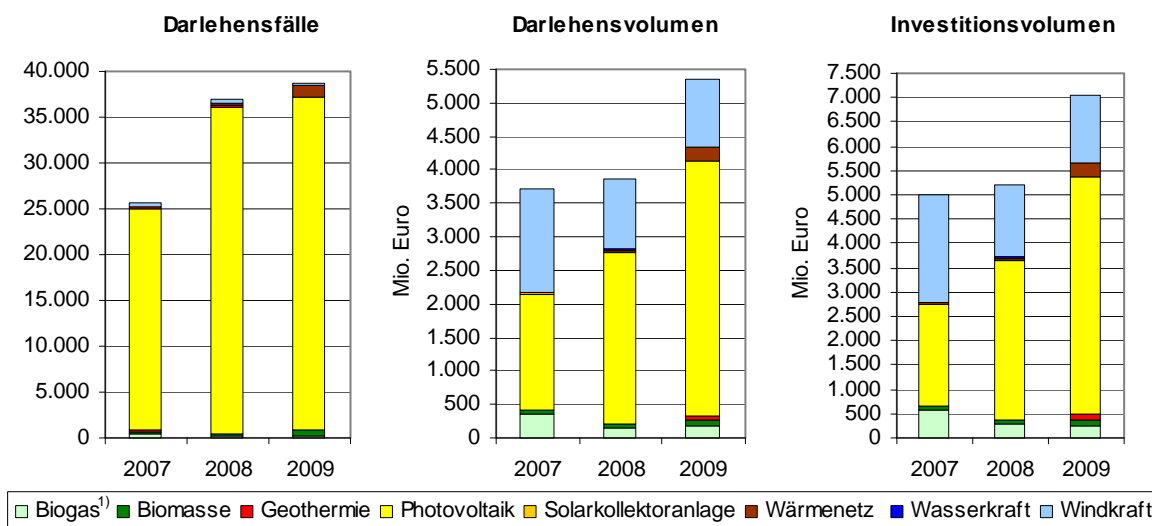


**Abb. 2-2: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Programmen.**

Die Zahl der Darlehen im Altprogramm KfW-Programm Erneuerbare Energien (KfW-EE) ist bereits im Jahr 2008 gegenüber dem Vorjahr von 160 auf rund 450 Darlehensfälle stark angestiegen, obwohl das Programm im Jahr 2008 erst ab September geöffnet war. Im Jahr 2009 war schließlich fast eine Verfünfachung der Darlehensfälle des Nachfolgers EE Premium gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen, was insbesondere auf die stark gewachsene Anzahl von geförderten Wärmenetzen zurückzuführen ist. Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Erhöhung der Antragszahl im Programm EE Premium bzw. im Vorgängerprogramm KfW-EE im Zeitraum 2007 bis 2009 v.a. auf die Etablierung neuer Fördertatbestände im Jahr 2008 zurückzuführen ist (Wärmenetze als eigenständi-

ge Maßnahme, große Wärmespeicher, Biogasleitungen sowie Anlagen zur Biogasaufbereitung und -einspeisung). Allerdings ist das zugesagte Darlehensvolumen dieses Programms trotz des Wachstums im Jahr 2009 verglichen mit den anderen Programmen weiterhin gering. Insbesondere zur Förderung größerer Vorhaben im Wärmebereich hat das Programm EE Premium bzw. sein Vorgängerprogramm KfW-EE jedoch eine große Bedeutung.

Während sowohl das Darlehens- als auch das Investitionsvolumen von 2007 auf 2008 nur leicht angestiegen ist, zeigt sich für beide Größen ein deutliches Wachstum von mehr als einem Drittel im Jahr 2009 gegenüber dem Vorjahr, was auf den starken Zuwachs bei den PV-Anlagen zurückzuführen ist. Das weitgehend konstante Darlehens- und Investitionsvolumen der Jahre 2007 und 2008 bei einer gleichzeitig stark angestiegenen Zahl von Darlehensfällen ist mit einer Verschiebung hin von Windkraftanlagen zu Photovoltaikanlagen zu erklären. Im Jahr 2007 wurden Darlehen in Höhe von insgesamt 1,5 Mrd. € für Windkraftanlagen und 0,4 Mrd. € für Biomasse- und Biogasanlagen gewährt. Im Jahr 2008 ging die Darlehenssumme für Windkraftanlagen auf rd. 1,0 Mrd. € und für Biomasse- und Biogasanlagen auf rund 0,2 Mrd. € zurück (vgl. Abb. 2-3) und veränderte sich 2009 kaum. Demgegenüber stieg die Darlehenssumme für Photovoltaikanlagen von 1,7 im Jahr 2007 auf 2,5 Mrd. € im Jahr 2008, was den Rückgang bei Wind, Biomasse und Biogas mehr als ausglich. Im Jahr 2009 verzeichnete der PV-Bereich einen Anstieg auf 3,8 Mrd. €, was den größten Teil des gewachsenen Darlehensvolumens ausmacht. Entsprechendes gilt für die Investitionssummen. Da die mittlere Darlehens- und Investitionssumme für Photovoltaikanlagen wesentlich geringer als für Windkraft-, Biomasse- und Biogasanlagen war, stieg der Anteil der PV-Anlagen an den Darlehensfällen weit stärker als bei Darlehens- und Investitionssummen.



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

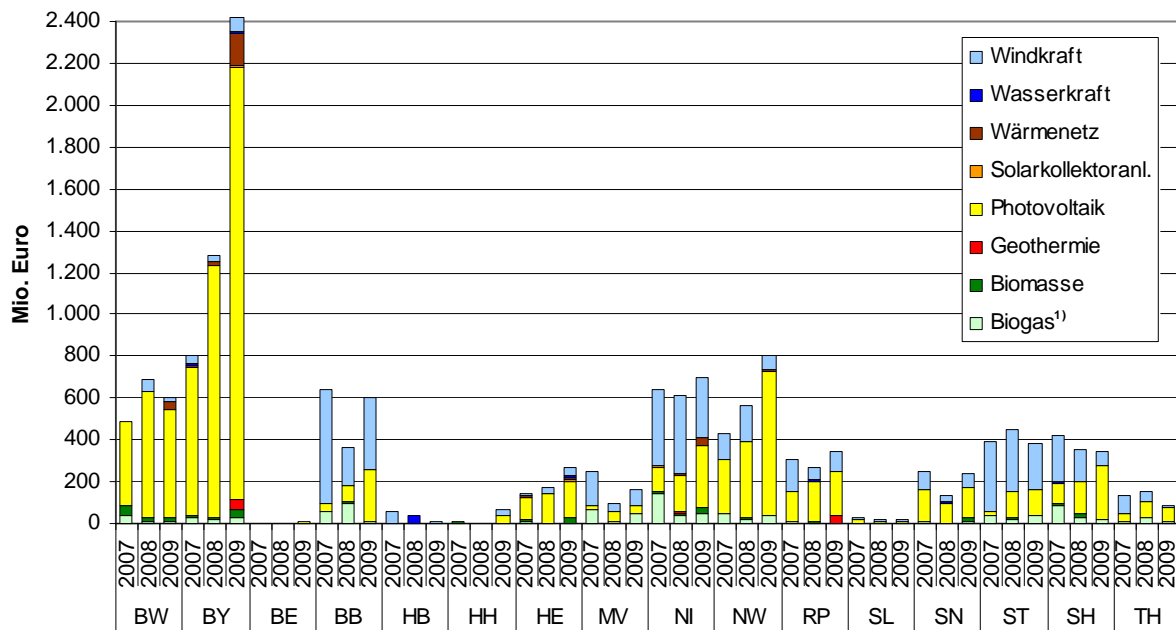
**Abb. 2-3: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Technologien.**

Das stark erhöhte Darlehens- und Investitionsvolumen für PV-Anlagen im Jahr 2009 gegenüber dem Vorjahr ist zum überwiegenden Teil dem Trend zu immer größeren Anlagen zuzuschreiben. So wuchs die mittlere Anlagenleistung, die bei den 2007 und

2008 geförderten Anlagen noch bei etwa 20 kW lag, für das Förderjahr 2009 auf mehr als das doppelte an. Die mittlere Darlehens- und Investitionssumme stieg allerdings nur um knapp die Hälfte. Hierzu trug zum einen bei, dass größere Anlagen bezogen auf ihre Leistung günstiger sind. Zum anderen war im Laufe des Jahres 2009 ein Preisverfall von Photovoltaikanlagen zu beobachten.

Die Preisentwicklung auf dem Photovoltaikmarkt 2009 ist auf mehrere Faktoren zurückzuführen, von denen insbesondere zwei Entwicklungen hervorzuheben sind. Große Auswirkungen auf die weltweiten Modulpreise hatte die Deckelung des spanischen Photovoltaikmarktes, was einen Nachfragerückgang und angesichts der Überkapazitäten bei der Produktion einen Preiseinbruch zur Folge hatte. Darüber hinaus sind die gesunkenen Preise für Solarsilizium als einer der wesentlichen Einflussfaktoren zu nennen (BMU 2010b). Auf diese Preisentwicklung wurde von der Bundesregierung mit einer weiteren Reduzierung der Einspeisevergütung für neue Photovoltaikanlagen zum 01.07.2010 bzw. 01.10.2010 reagiert, da mit der im EEG festgelegten Degression in der Größenordnung von zehn Prozent die Preisentwicklung nicht nachvollzogen werden konnte.

Ein großes Wachstum war auch bei der Förderung von Wärmenetzen zu verzeichnen. Die durch KfW-Darlehen ausgelösten Investitionen im Bereich der Wärmenetze wuchsen im Zeitraum 2008 bis 2009 um den Faktor 7, da sich diese nach der Aufnahme in die Förderung als eigener Fördertatbestand im Jahr 2008 gut etabliert haben. Im Vergleich zum geförderten Investitionsvolumen von Photovoltaik-, Windkraft-, Biomasse- und Biogasanlagen sowie Wärmenetzen sind die Investitionsvolumina der übrigen geförderten Technologien zu vernachlässigen. Dieselben Verhältnisse herrschen bei einer Betrachtung des Darlehensvolumens vor.

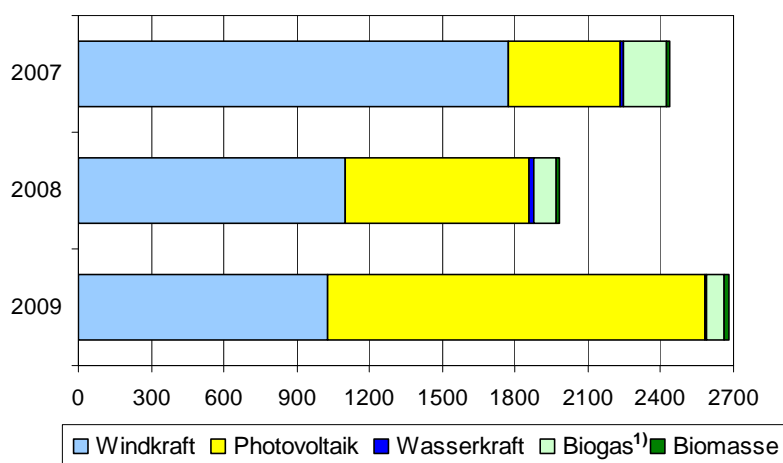


¹) Stromerzeugung mit Biogas, Biogasleitungen und -einspeisung.

**Abb. 2-4: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme ausgelösten Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck und Bundesland.**

Die in Abb. 2-4 dargestellte Verteilung der ausgelösten Investitionsvolumen nach Technologien und Bundesländern zeigt die oben beschriebene Entwicklung weiter differenziert. Das geförderte Investitionsvolumen ist in Bayern im Jahr 2009 auf 2,42 Mrd. € (+88 % gegenüber dem Vorjahr) und in Nordrhein-Westfalen auf 0,81 Mrd. € (+43 % gegenüber dem Vorjahr) stark gestiegen. Dieser Zuwachs beruht zum Großteil auf den zusätzlichen Investitionen im Bereich Photovoltaik. In wenigen Bundesländern sind dagegen Rückgänge bei den ausgelösten Investitionsvolumina im Jahr 2009 zu beobachten. Besonders markant war der Rückgang in Baden-Württemberg (-89 Mio. € bzw. -13 % gegenüber dem Vorjahr) und in Thüringen (-74 Mio. € bzw. -48 % gegenüber dem Vorjahr). In diesen Fällen ist der Rückgang zum Großteil auf die geringeren Investitionssummen in den Bereichen Windkraft und Photovoltaik zurückzuführen.

Entsprechend der oben beschriebenen Entwicklung zeigt sich auch beim Blick auf die geförderte elektrische Leistung der große Einfluss sowie Zuwachs der Photovoltaik. Während für die übrigen Technologien im Jahr 2009 eine Gesamtleistung in ähnlicher Größenordnung wie im Vorjahr gefördert wurde, zeigt sich insbesondere bei der Photovoltaik durch die deutlich größeren mittleren Anlagenleistungen ein weiteres Wachstum ausgehend von einem bereits hohen Vorjahreswert (von 0,76 GW 2008 auf 1,56 GW 2009, vgl. Abb. 2-5). Insgesamt wurden im Jahr 2009 Stromerzeugungskapazitäten von rund 2,7 GW gefördert, womit der Vorjahreswert um 35 % übertroffen wurde.



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

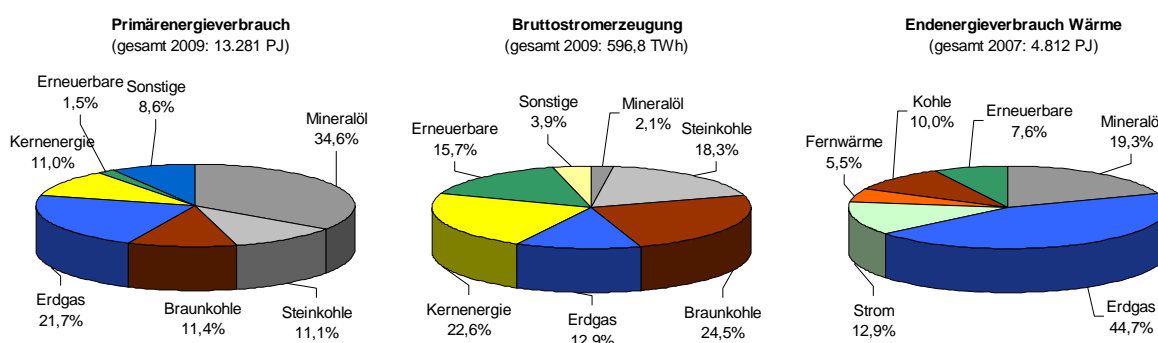
**Abb. 2-5: Geförderte elektrische Leistung aufgeteilt nach Technologien.**

Die geförderte thermische Leistung hat sich 2009 im Vergleich zum Vorjahr von rund 100 MW auf 270 MW nahezu verdreifacht, wobei hier Biomasseanlagen zur Wärmebereitstellung die dominierende Rolle einnehmen. Deren geförderte thermische Leistung steht im Jahr 2009 mit 197 MW für 73 % der insgesamt geförderten thermischen Leistung<sup>10</sup> und hat sich im Vergleich zu den Vorjahren etwa verdoppelt.

<sup>10</sup> Ohne den thermischen Leistungsanteil von KWK-Anlagen.

### 3. Einsparung fossiler Energieträger und Treibhausgas-minderungen

Nach wie vor decken fossile Energieträger in Deutschland rund achtzig Prozent (2009: 79 %) des Primärenergiebedarfes (BMWi 2010). Für die beiden im Rahmen des vorliegenden Gutachtens relevanten Sektoren Wärme und Strom betragen die Anteile über 80 % bzw. knapp 60 % (Endenergie), wobei der geringere Anteil im Strommarkt einerseits aus der Nutzung von Kernenergie und dem inzwischen deutlich gestiegenen Anteil Erneuerbarer Energien resultiert (Abb. 3-1).



**Abb. 3-1: Struktur des Primärenergieverbrauchs und des Endenergieverbrauchs für die Sektoren Strom und Wärme<sup>11</sup> in Deutschland (BMWi 2010, BDEW 2008).**

Mit Ausnahme von Braunkohle ist die Versorgung mit fossilen Energieträgern durch eine hohe Importabhängigkeit gekennzeichnet. So betragen die Importquoten bei Mineralöl 97 %, bei Erdgas 84 % und bei Steinkohle 72 % (AGEB 2010). Die durch die KfW-Förderprogramme induzierte Einsparung fossiler Energieträger trägt damit zur Erhöhung der Versorgungssicherheit mit Energie und zur Reduktion der durch Energieimporte bedingten Zahlungsströme ins Ausland bei.

#### 3.1. Methodik

Grundlage für die Berechnung der betrachteten Wirkungen stellt ein Referenzanlagenmodell dar. Anhand der Größenverteilung der geförderten Anlagen wurden eine oder mehrere geeignete Referenzanlagen definiert. Für das Förderjahr 2009 wurden insgesamt 16 Referenzanlagen erstellt, so dass teilweise mehrere Referenzanlagen pro Technologie in die Berechnung gingen. Für die Photovoltaik wurden beispielsweise drei Referenzanlagen definiert: eine Standard-Dachanlage im Ein-/Zweifamilienhausbereich, eine große Dachanlage im gewerblichen Bereich und eine große Freiflächenanlage. Dabei wurden die unterschiedlichen Energieerträge berücksichtigt. Die für die Referenzanlagen ermittelten eingesparten fossilen Energieträger und Treibhausgasemis-

<sup>11</sup> Zum Zeitpunkt der Berichterstellung lagen zum Endenergieverbrauch für die Wärmebereitstellung keine aktuelleren Angaben als für das Jahr 2007 vor.

sionen wurden für die Gesamtheit der geförderten Anlagen des entsprechenden Programms bzw. der Verwendungszwecke hochgerechnet. Anhang A3 gibt eine Übersicht über die verwendeten Referenzanlagen und deren Daten.

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>12</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>13</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 Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie unterliegt hingegen aufgrund der natürlichen Gegebenheiten hohen Fluktuationen. Die Frage, in welchem Umfang konventionelle Energieträger durch diese Quellen substituiert werden, lässt sich somit nur anhand von Zeitschrittsimulationen (z. B. in stündlicher Auflösung) durchführen, indem der Kraftwerkseinsatz zur Deckung der Stromnachfrage zunächst ohne und anschließend unter Berücksichtigung der Nutzung Erneuerbarer Energien betrachtet wird. Mit anderen

---

<sup>12</sup> Für die Berechnungen wurde der ersetzte Brennstoffmix über den Betrachtungszeitraum konstant gehalten (vgl. S. 33). Die angenommene Energiepreisentwicklung ist in Anhang A1 dargestellt.

<sup>13</sup> Die Stromerzeugung aus Pumpspeicherkraftwerken mit natürlichem Zufluss sowie die Stromerzeugung aus dem biogenen Anteil der thermischen Abfallverwertung sind nicht Gegenstand der KfW-Förderung.

Worten: Die Strombereitstellung wird für die 8.760 Stunden eines Jahres einmal ohne und einmal mit Berücksichtigung fluktuierender Erneuerbarer Energien simuliert. Die Differenz der beiden Brennstoffbilanzen stellt dann das Substitutionspotenzial dar.

Das Ergebnis hängt jedoch nicht nur vom zeitlichen Verlauf der Stromerzeugung ab, sondern auch von der sog. regenerativen Durchdringung, d. h. von der Strommenge bzw. installierten Leistung. So ist es zu Zeiten geringer Stromnachfrage und hoher Windstrom-einspeisung durchaus möglich, dass die Residuallast so gering ist, dass die Stromerzeugung aus Grundlastkraftwerken substituiert wird. Deshalb wird für das im Rahmen eines Gutachtens für die AGEE-Stat untersuchte System der durch Windstrom substituierte Mix in Deutschland mit 11 % Braunkohle, 63 % Steinkohle, 24 % Erdgas und 2 % Mineralöl ermittelt (Tab. 3-1). 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>14</sup>

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

In der vorliegenden Studie werden eine aktualisierte Substitutionsmethode und entsprechend aktualisierte CO<sub>2</sub>-Minderungsfaktoren verwendet, die erstmals für die Evaluierung des Förderjahrs 2008 verwendet wurden und damit die Methodik zur Evaluierung des Förderjahres 2007 abgelöst hat. Die Umstellung ist das Ergebnis der Aktualisierung der Substitutionsberechnungen der AGEE-Stat auf Basis des o. g. Gutachtens des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung. Eine detaillierte Gegenüberstellung der Änderungen ist im Anhang A2 dargestellt. Da für die Evaluierung 2008 im Rahmen

---

<sup>14</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.



der überarbeiteten Methodik teilweise noch mit vorläufigen Parametern gerechnet wurde, erfolgt in der vorliegenden Evaluierung eine Neuberechnung der Förderjahrgänge 2007 und 2008, um einen konsistenten Vergleich mit dem Förderjahr 2009 zu ermöglichen.

**Tab. 3-1: Substitution konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien - Bezugsjahr 2007 (BMU 2009 und Klobasa et al. 2009).**

	Substitution				
	Kernenergie	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl
Windenergie	0 %	11 %	63 %	24 %	2 %
Wasserkraft	0 %	30 %	45 %	25 %	0 %
Geothermie	0 %	30 %	45 %	25 %	0 %
feste Biomasse	0 %	16 %	59 %	25 %	0 %
Biogas	0 %	5 %	62 %	32 %	1 %
Photovoltaik	0 %	0 %	50 %	50 %	0 %

Um von den substituierten Strommengen auf die eingesparten fossilen Energieträger zu schließen, werden Primärenergiefaktoren verwendet (vgl. Tab. A-4 im Anhang A2). Die einzelnen 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.

Neben den direkten Effekten ist methodisch auch die energetische Bilanzierung indirekter Effekte von Bedeutung und mit in die Primärenergiefaktoren einbezogen. Darunter sind vor-, parallel und nachgelagerte Prozesse zu verstehen, die in Lebenszyklusanalysen einfließen und sämtliche Energiebedarfe für die Erstellung der Anlagen, die Aufbereitung und Bereitstellung von Brennstoffen sowie Abriss, Recycling und Entsorgung von Altanlagen berücksichtigen (siehe z. B. GEMIS 4.4). 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 2009a).

Im Förderjahr 2009 wurde eine einzelne Wärmepumpe zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie gefördert, die für die Ermittlung der Förderwirkungen vernachlässigt wird.

Die Substitutionsmethode zur Berechnung der eingesparten Energieträger im Wärmesektor wurde ebenfalls im Rahmen einer Studie (UBA 2009a) von Grund auf überarbeitet. Die überarbeitete Methodik wurde erstmals zur Evaluierung des Förderjahrgangs 2008 verwendet. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde im Rahmen der Evaluierung des Förderjahrgangs 2008 eine Neuberechnung der Wirkungen des Förderjahrgangs 2007 durchgeführt und die Ergebnisse der beiden Förderjahre gegenübergestellt. Diese Gegenüberstellung wird im vorliegenden Gutachten in Kapitel 3.6 fortgesetzt, um einen konsistenten Vergleich der drei Förderjahre 2007 bis 2009 zu ermöglichen.

Mit der vorliegenden Substitutionsmethodik<sup>15</sup> wird für die einzelnen erneuerbaren Energieträger differenziert ermittelt, welche fossilen Energieträger eingespart werden. Mit der neu eingeführten Berechnungsmethodik wird nun auch bilanziert, wie viel Fernwärme und Strom durch die Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien verdrängt wird. Die für die einzelnen Technologien zur erneuerbaren Wärmebereitstellung angesetzten Substitutionsbeziehungen sind in Tab. 3-2 dargestellt:

**Tab. 3-2: Substitution konventioneller Energieträger<sup>16</sup> durch die Wärmeerzeugung mit Erneuerbaren Energien (BMU 2009 und UBA 2009a).**

	Heizöl	Erdgas	Steinkohle	Braunkohle	Fernwärme	Strom
Solarthermie	45 %	51 %	0 %	0 %	2 %	3 %
Wärmepumpen	45 %	44 %	1 %	2 %	5 %	3 %
Biogas	48 %	46 %	6 %	0 %	0 %	0 %
Feste Biomasse in Heiz(kraft)werken	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %
Tiefengeothermie	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %

Analog zum Vorgehen im Stromsektor werden zur Berechnung der Primärenergieeinsparung im Wärmesektor Faktoren verwendet. Diese Einsparungsfaktoren geben an, wie viele Einheiten Primärenergie zur Bereitstellung einer Einheit Wärme einzusetzen sind (vgl. Tab. A-7 im Anhang A2). Die Einsparungsfaktoren werden dominiert durch die direkten Umwandlungsverluste bei der Wärmebereitstellung. Hinzu kommen die indirekten Effekte der Energiebereitstellung.

Zu den Vorketten zählen Umweltbelastungen aus der Herstellung von Anlagen und aus der Gewinnung und Bereitstellung von Brennstoffen. Dagegen beschreiben die direkten Emissionen die Umweltbelastungen, die direkt mit dem Anlagenbetrieb, z.B. der Verbrennung von Steinkohle, verbunden sind. Durch die Berücksichtigung der direkten und

<sup>15</sup> Eine detaillierte Gegenüberstellung der aktuellen Substitutionsmethodik mit der Methodik, die für die Evaluierung des Förderjahrgangs 2007 angewandt wurde, ist im Anhang A2 dargestellt.

<sup>16</sup> Zur Berücksichtigung von Heizstrom und Fernwärme bei der Ermittlung der vermiedenen fossilen Energieträger bzw. CO<sub>2</sub>-Vermeidung siehe Anhang A2.

indirekten Emissionen sowohl für die Strom-, als auch die Wärmebereitstellung können die Gesamtemissionen bzw. die gesamte Emissionsvermeidung der geförderten Vorhaben ermittelt werden.

Im Rahmen der Überarbeitung der Substitutionsmethodik (BMU 2009 und UBA 2009a) wurden auch die CO<sub>2</sub>-Einsparungsfaktoren aktualisiert (vgl. Anhang A2, Tab. A-5, Tab. A-8). Dabei ist insbesondere darauf hinzuweisen, dass nun auch bei den Faktoren für die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien die Vorketten berücksichtigt werden. Für die Evaluierung des Förderjahres 2007 waren die Vorketten lediglich für die Wärmebereitstellung berücksichtigt worden, da zum damaligen Zeitpunkt die entsprechenden Daten für die Strombereitstellung noch nicht vorgelegen hatten. Um einen konsistenten Vergleich der Ergebnisse zu gewährleisten, wurden die Ergebnisse der Förderjahre 2007 und 2008 mit der überarbeiteten CO<sub>2</sub>-Berechnungsmethodik erneut berechnet (vgl. Kapitel 3.6).<sup>17</sup>

Die in Tab. 3-1 und Tab. 3-2 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 Einsparungsfaktoren.

Im Hinblick auf die Energiebereitstellung aller im Jahr 2009 geförderten Anlagen dominieren eindeutig die Windkraftanlagen. Diese tragen damit auch den Großteil zur Primärenergieeinsparung und damit zur Emissionsvermeidung bei. Durch die beschriebenen Änderungen bei der Substitutionsmethode (vgl. Tab. A-3 im Anhang A2) ergab sich bei fossilem Strom, der durch Strom aus Windkraft substituiert wird, eine Verschiebung weg von Braunkohle hin zu Erdgas als weniger kohlenstoffintensivem Energieträger. Dieser Einfluss wirkt dämpfend auf den spezifischen CO<sub>2</sub>-Einsparungsfaktor. Dagegen wirkt sich die Berücksichtigung der Vorketten steigernd auf den CO<sub>2</sub>-Einsparungsfaktor und insbesondere auf den Einsparungsfaktor für CO<sub>2</sub>-Äquivalente aus. Werden beide Einflussfaktoren (Änderung bei den substituierten Brennstoffen, Berücksichtigung der Vorketten) einbezogen, ergibt sich gegenüber der Evaluierung 2007 für Windkraftanlagen ein um 12,6 % geringerer CO<sub>2</sub>-Einsparungsfaktor und ein um 6,1 % niedrigerer Einsparungsfaktor für CO<sub>2</sub>-Äquivalente (vgl. Tab. A-5 im Anhang A2).

Sonderfälle stellen insbesondere die Fördertatbestände im KfW-Programm Erneuerbare Energien, „Programmteil Premium“, dar. Diese Sonderfälle entstanden aus der Weiterentwicklung des Marktanzreizprogramms<sup>18</sup>, zu dem das KfW-Programm Erneuerbare Energien (Premium) gehört. Im Förderjahr 2008 wurden in dem Vorgängerprogramm KfW-Programm Erneuerbare Energien (KfW-EE) neue Fördertatbestände zur Förderung innovativer Technologien eingeführt. Dazu zählt die Förderung von Leitungen für unaufbereitetes Biogas, Anlagen zur Biogasaufbereitung und -einspeisung in das Erdgasnetz sowie große Wärmespeicher. Darüber hinaus wurden im Förderjahr 2008 über das KfW-

---

<sup>17</sup> Da für die Evaluierung 2008 im Rahmen der überarbeiteten Methodik teilweise noch mit vorläufigen Parametern gerechnet werden musste, erfolgt in der vorliegenden Evaluierung ebenfalls eine Neuberechnung der Förderwirkungen für den Förderjahrgang 2008.

<sup>18</sup> Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt vom 5. Dezember 2007.

Programm Erneuerbare Energien (KfW-EE) erstmals Wärmenetze, die überwiegend aus Erneuerbaren Energien gespeist werden, als eigenständiger Fördertatbestand gefördert. 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 CO<sub>2</sub>-Vermeidung) ist für die genannten Technologien des KfW-Programms Erneuerbare Energien „Premium“ jedoch mit erhöhtem Aufwand und größeren Unsicherheiten verbunden. Die Wirkungen der geförderten Maßnahmen sind in diesen Fällen nur über eine Reihe von Annahmen abzuschätzen. Die Herangehensweise wird im Folgenden für die einzelnen Technologien kurz dargestellt.

Nachdem im Jahr 2008 lediglich 10 große Wärmespeicher gefördert wurden, stieg die Anzahl der Förderzusagen im Jahr 2009 auf 105. Die mittlere Speicherkapazität liegt bei rund 73 m<sup>3</sup> pro Speicher, das insgesamt geförderte Speichervolumen<sup>19</sup> beläuft sich damit auf knapp 7.700 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 des Speichers. Für die vorliegende Evaluierung kann der Einfluss der Speicher jedoch vernachlässigt werden.

Im Jahr 2009 sind vier Anlagen zur **Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz** gefördert worden. Mit diesen Anlagen werden insgesamt rund 2.000 Nm<sup>3</sup>/h Bioerdgas bereitgestellt<sup>20</sup>. Dieses Erdgassubstitut steht für eine Energiemenge von jährlich etwa 160 GWh bzw. 16 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas. 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 (vgl. Tab. 3-1 und Tab. 3-2). Die CO<sub>2</sub>-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 (vgl. Tab. A-19 in Anhang A3, Vergleichsanlage). 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 CO<sub>2</sub>-Einsparung wird

---

<sup>19</sup> Hochgerechnet auf Basis der elektronisch erfassten Angaben zum Speichervolumen.

<sup>20</sup> Nm<sup>3</sup> = Normkubikmeter.

von der CO<sub>2</sub>-Einsparung abgezogen, die für die gesamte Anlage mit Biogasaufbereitung und -einspeisung ermittelt wurde.

Im Förderjahr 2009 sind 108 **Biogasleitungen** zum Transport von unaufbereitetem Biogas gefördert worden. Mit dem Transport des Rohbiogases zu einer Wärmesenke, an der das Biogas in der Regel in Kraft-Wärme-Kopplung verstromt wird, erhöht sich der genutzte Anteil der bereitgestellten Wärme im Vergleich zu einer durchschnittlichen Biogasanlage ohne Biogasleitung. In den vorherigen Evaluierungen für die Jahre 2007 und 2008 konnte nicht berücksichtigt werden, ob die Biogasleitungen in Verbindung mit dem Neubau oder der Erweiterung einer Biogasanlage errichtet wurden. Hierfür kann nun auf Ergebnisse aus einer Studie zur Weiterentwicklung des Marktanreizprogramms zurückgegriffen werden<sup>21</sup>, wonach sich die Biogasleitungen zu einem Drittel auf Neubauten und zwei Drittel auf Erweiterungen von Biogasanlagen verteilen. Es wird angenommen, dass durch den Transport des Rohbiogases zur Wärmesenke zusätzlich drei Viertel der vorher ungenutzten Wärme genutzt werden können. Für das Referenzsystem wird eine durchschnittliche Biogasanlage mit 350 kW<sub>el</sub> angesetzt. Das aus dem Fermenter austretende Biogas muss getrocknet, verdichtet und gekühlt werden. Dafür wird für die Referenzanlage eine elektrische Leistung von 5 kW angesetzt<sup>22</sup>. Bei der Ermittlung der eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen wird diese Leistung berücksichtigt.

**Wärmenetze als eigenständige Maßnahme** werden seit dem Jahr 2008 gefördert. Vorher war eine Förderung nur möglich, wenn im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien gleichzeitig ein Förderantrag für eine Anlage zur Wärmebereitstellung gestellt wurde. Für die Berechnung der eingesparten fossilen Energieträger und daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Einsparung wird den geförderten Wärmenetzen eine Wärmemenge zugerechnet, die abhängig von der einspeisenden Wärmeherzeugungstechnologie ist.

Im Jahr 2009 wurden 751 Nahwärmenetze als eigenständige Maßnahme gefördert<sup>23</sup>. Zur Abschätzung der Wirkungen auf Brennstoff- und CO<sub>2</sub>-Einsparung wird auf die detaillierte Auswertung zum Förderjahr 2008 zurückgegriffen. Aktualisiert wurde die Verteilung der Wärmenetze auf die beiden wichtigsten Wärmequellen Biogasanlagen sowie Biomasseheizwerke. Während für die Evaluierung 2008 eine Verteilung der Wärmenetze auf 75 % Biogas und 25 % feste Biomasse ermittelt wurde, ergab eine Stichprobe von 50 Antragsformularen aus dem Förderjahrgang 2009, dass der Anteil der mit Abwärme aus Biogasanlagen gespeisten Wärmenetze auf rund 60 % zurückgegangen ist. Wie in der Evaluierung des Förderjahres 2008 wird auch in der Abschätzung für 2009 die Einspeisung von solarthermischer Wärme nicht berücksichtigt, da dieser Nutzungsbereich derzeit noch vernachlässigt werden kann.

---

<sup>21</sup> Ergebnisse aus dem BMU-Vorhaben zur Weiterentwicklung des MAP von IFEU, DLR, ZSW (2010).

<sup>22</sup> Die Abschätzung basiert auf einer groben Simulation eines Verdichters für einen Volumenstrom von rund 250 m<sup>3</sup>/h.

<sup>23</sup> Dies umfasst nicht diejenigen Nahwärmenetze, bei denen gleichzeitig eine Anlage zur Wärmebereitstellung gefördert wurde, welche zusammen mit diesen Anlagen ausgewertet wurden.

Abhängig von der Leistung der einspeisenden Biomasse- oder Biogasanlagen wird den Wärmenetzen ein erhöhter Wärmeabsatz zugerechnet. Dieser wird für Biomasseanlagen auf 1.000 zusätzliche Volllaststunden und für Biogasanlagen auf 3.750 zusätzliche Volllaststunden angesetzt<sup>24</sup>. Die zusätzliche Wärmenutzung ist für Biomasseanlagen mit einem erhöhten Brennstoffbedarf verbunden. Dagegen steht die Wärme, die aus Biogasanlagen in ein neu errichtetes Wärmenetz eingespeist wird, kostenlos zur Verfügung, da die Wärmemenge ansonsten ungenutzt an die Umgebung abgegeben worden wäre<sup>25</sup>.

Die mittlere Trassenlänge der in 2009 als eigenständige Maßnahmen geförderten Wärmenetze beträgt rund 1.150 m und damit etwa 20 % mehr als im Förderjahr 2008. Mit der Neueinführung des KfW-Programms Erneuerbare Energien „Premium“ im Jahr 2009 wurden die erwarteten Netzverluste der Wärmenetze abgefragt. Diese betragen im Durchschnitt rund 10 % und liegen damit etwas geringer als die geschätzten Netzverluste von 15 %, mit denen für das Förderjahr 2008 kalkuliert wurde.

### 3.2. Einsparung fossiler Energieträger

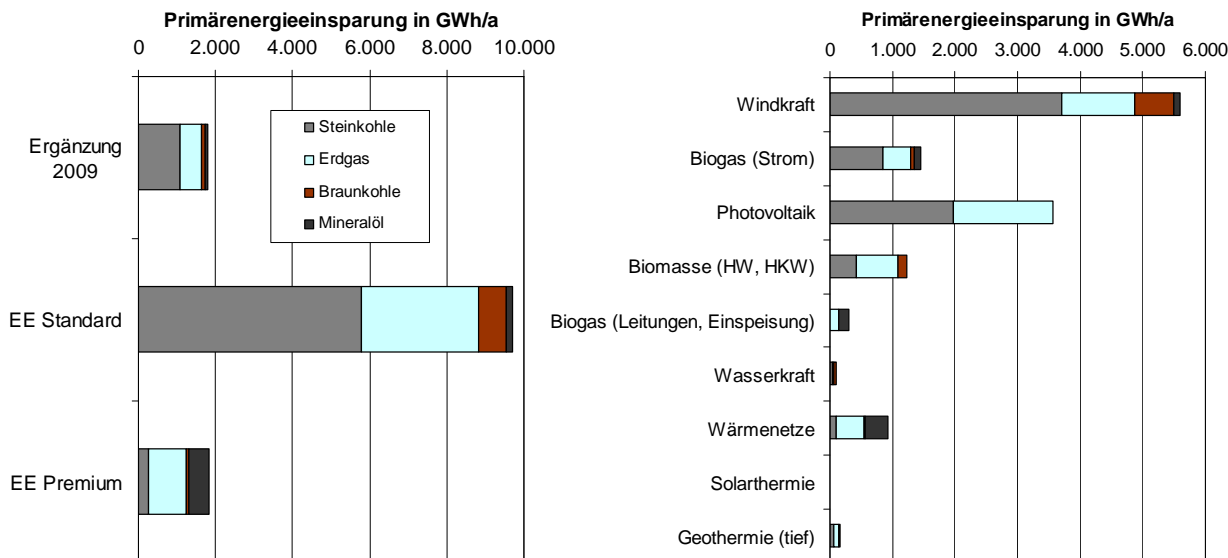
Entsprechend der skizzierten Vorgehensweise und der in Abschnitt 2.1 dargestellten Förderung von Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung durch die verschiedenen KfW-Programme ergibt sich eine jährliche Brennstoffsubstitution von 349.000 t Braunkohle, 853.000 t Steinkohle, 517 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas und 60 Mio. Liter Mineralöl. Insgesamt beträgt die jährliche fossile Primärenergieeinsparung der im Jahr 2009 von der KfW geförderten Anlagen im Bereich Erneuerbare Energien 13.320 GWh bzw. rund 48 PJ (vgl. Tab. 3-3). Dem gegenüber steht ein Primärenergieverbrauch von rund 13.300 PJ in Deutschland (vgl. Abb. 3-1).

**Tab. 3-3: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2009.**

GWh/a	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Prozent
Ergänzung 2009	1.092	543	110	43	1.788	13,4%
EE Standard	5.793	3.036	712	158	9.699	72,8%
EE Premium	272	974	71	515	1.832	13,8%
Summe	7.158	4.553	892	716	13.319	100,0%
Prozent	53,7%	34,2%	6,7%	5,4%	100,0%	

<sup>24</sup> Dies entspricht für Biomasseanlagen einem erhöhten Wärmeabsatz von etwa 50 %. Bei Biogasanlagen entsprechen 3.750 zusätzliche Volllaststunden (bei einer Ausgangsbasis von 30 % Wärmenutzung) einer zusätzlichen Nutzung von 75 % der Überschusswärme, die ansonsten ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird. Der zusätzliche Wärmeabsatz wird über eine gemittelte Referenzanlage abgeschätzt, die auf Basis der Unterlagen des Förderjahrganges 2008 ermittelt wurde. Dabei wird nicht berücksichtigt, dass Biogasanlagen in verschiedenen Bundesländern unterschiedlich groß sind (die mittlere Anlagenleistung in Baden-Württemberg und Bayern ist weniger als halb so groß, wie in Niedersachsen (DBFZ 2009)).

<sup>25</sup> Der genutzte Anteil der bereitgestellten Wärme beträgt beim Großteil der Biogasanlagen lediglich 20 bis 30 %, womit der Fermenter sowie die unmittelbar angrenzenden Wärmeverbraucher (Wohnhaus, Betriebsgebäude, Stallungen) beheizt werden.



**Abb. 3-2: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2009.**

Abb. 3-2, Tab. 3-3 und Tab. 3-4 zeigen dazu die Aufteilung der Einsparung fossiler Energieträger nach Förderprogrammen und Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2009. Deutlich geht daraus hervor, dass die Förderung der Windenergienutzung aus dem Programmteil Standard des KfW-Programms Erneuerbare Energien dominiert.

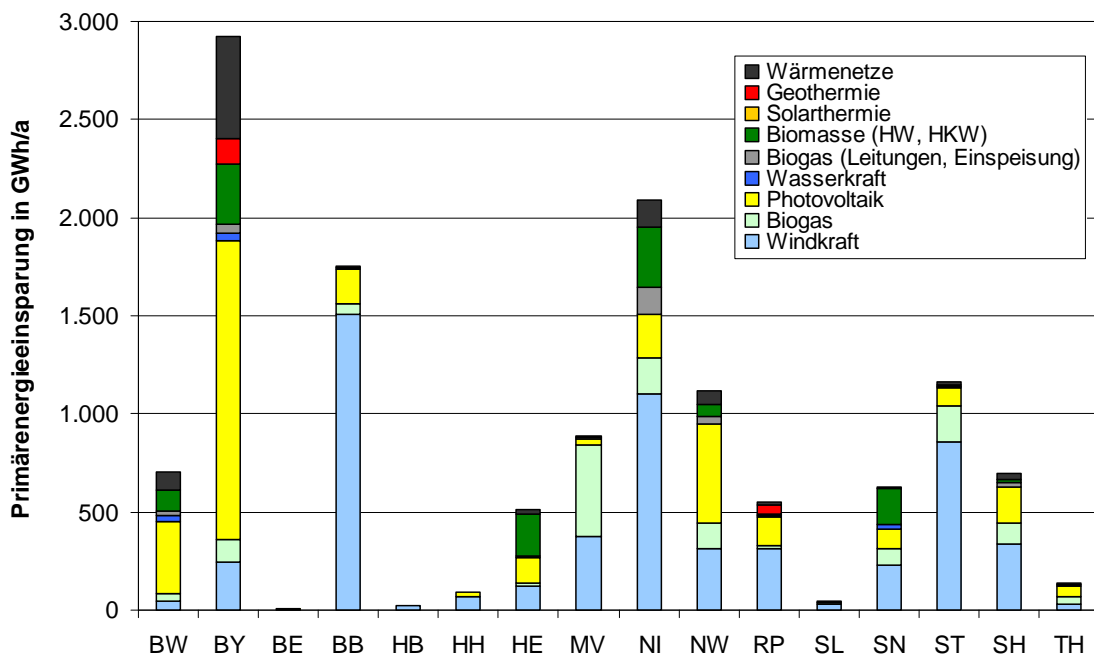
**Tab. 3-4: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2009.**

GWh/a	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Prozent
Windkraft	3.703	1.170	624	106	5.603	42,1%
Biogas (Strom)	852	428	65	95	1.441	10,8%
Photovoltaik	1.969	1.598	0	0	3.567	26,8%
Biomasse HW, HKW	426	668	131	0	1.225	9,2%
Biogas <sup>26</sup> (Leitungen, Einspeisung)	6	138	-1	153	295	2,2%
Wasserkraft	47	22	30	0	99	0,7%
Wärmenetze	97	444	15	360	916	6,9%
Solarthermie	0,0	2,0	0,2	1,8	4,1	0,03%
Tiefengeothermie	58	83	28	0	169	1,3%
<b>Summe</b>	<b>7.158</b>	<b>4.553</b>	<b>892</b>	<b>716</b>	<b>13.319</b>	<b>100,0%</b>
<b>Prozent</b>	<b>53,7%</b>	<b>34,2%</b>	<b>6,7%</b>	<b>5,4%</b>	<b>100,0%</b>	

<sup>26</sup> Infolge der Nutzung von Biogasleitungen verteilt sich die Stromerzeugung üblicherweise auf zwei oder mehrere Blockheizkraftwerke, die einen geringeren elektrischen Jahresnutzungsgrad aufweisen als ein einziges Groß-BHKW. Dadurch wird den Biogasleitungen eine verminderte Stromerzeugung zugerechnet.

Die Einsparung von rund 48 PJ bzw. 13,3 TWh Primärenergie liegt zwischen der für die Förderjahrgänge 2007 und 2008 errechneten Einsparung<sup>27</sup> (vgl. dazu auch Kapitel 3.6). Bezogen auf die geförderten Anlagentypen im Bereich Erneuerbare Energien stellt sich die Einsparung fossiler Energieträger wie folgt dar:

In den Technologiebereichen entfällt mehr als 40 % der eingesparten fossilen Brennstoffe auf die Nutzung der Windenergie. Durch den weiter gewachsenen Anteil von Photovoltaikanlagen an der KfW-Förderung steigt der Anteil der PV an der Primärenergieeinsparung auf gut ein Viertel. Abb. 3-3 und Tab. 3-5 zeigen die entsprechende Aufteilung nach Bundesländern.



**Abb. 3-3: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2009.**

Weil der Einspareffekt durch die Nutzung der Windenergie am höchsten ist, profitieren Brandenburg, Niedersachsen und Sachsen Anhalt sowie die anderen nördlichen Bundesländer entsprechend stark. Durch den großen Anteil Bayerns an den geförderten Photovoltaikanlagen wird dort etwa ebenso viel Primärenergie durch die geförderten PV-Anlagen, wie in Brandenburg mit den geförderten Windkraftanlagen eingespart. Die Nutzung von Biogas und Biomasse nimmt inzwischen in vielen Bundesländern einen nennenswerten Anteil ein, wobei hier Bayern, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen als Schwerpunkte auszumachen sind. Im Vergleich zum Vorjahr deutlich angewachsen ist die Förderung von Nahwärmenetzen. Von denjenigen Netzen, die als singuläres Netz gefördert wurden, entfallen mehr als die Hälfte auf Bayern. Deutlich ausgeprägt ist das Süd-Nord-Gefälle bei der Photovoltaik: Auf Bayern und Baden-Württemberg

<sup>27</sup> Aufgrund von geringfügigen Änderungen in der Berechnung wurden auch die Werte für 2007 und 2008 neu berechnet und unterscheiden sich deshalb nur wenig von den Werten im Bericht für den Förderjahrgang 2008.



entfällt mehr als die Hälfte der Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung von Photovoltaikanlagen, die im Jahr 2009 gefördert wurden.

**Tab. 3-5: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2009.**

GWh/a	Windkraft	Photovoltaik	Biogas	Biomasse (HW, HKW)	Wärmenetze	Biogas (Leitungen, Einspeisung)	Geothermie	Wasserkraft	Solarthermie	Summe
BW	49	367	39	107	90	25	0	24	0,4	702
BY	243	1.523	117	310	521	47	123	35	1,1	2.921
BE	0	4,0	0	1,9	0	0	0	0	0,2	6,1
BB	1.510	176	54	0	7,3	0	0	1,3	0,2	1.749
HB	22	1,6	0	1,2	0	0	0	0	0,02	25
HH	66	29	0	0,8	0	0	0	0	0,2	96
HE	120	129	17	210	22	7,4	0	4,7	0,4	511
MV	375	29	470	3,2	6,1	5,0	0	0	0,1	889
NI	1.105	216	183	311	138	137	0	0	0,3	2.092
NW	311	503	134	62	72	39	0	0	0,3	1.120
RP	315	147	10	13	10	2,5	46	3,4	0,2	548
SL	33	9,0	3,4	0	0	0	0	0	0,1	45
SN	230	101	84	184	4,9	5,0	0	17	0,1	626
ST	856	95	183	1,9	12	7,4	0	5,5	0,3	1.161
SH	340	186	103	16	30	20	0	0	0,05	695
TH	28	50	43	2,9	2,4	0	0	8,5	0,04	135
Summe	5.603	3.567	1.441	1.225	916	295	169	99	4,1	13.319

### 3.3. Vermiedene 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. Mehr als 70 % der in Deutschland im Jahr 2009 verbrauchten Primärenergieträger mussten importiert werden (AGEB 2010). Die Nutzung erneuerbarer Energieträger mindert nicht nur den Verbrauch an Primärenergieträgern, sondern trägt zur Steigerung der Unabhängigkeit von Energieimporten bei.

Bei der folgenden Berechnung wird unterstellt, dass die Einsparung fossiler Energieträger vollständig zu einer Minderung der Energieimporte führt. Heimische Energieträger werden damit im Rahmen dieser Methodik nicht durch die Energiebereitstellung der geförderten Anlagen verdrängt. Somit wird derzeit durch die mit den Programmen der KfW im Jahr 2009 geförderten Erneuerbaren Energien die Einfuhr von jährlich 0,85 Mio. t Steinkohle, 517 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas und rund 60 Mio. Liter Mineralöl bzw. entsprechende Rohölimporte vermieden (vgl. Tab. 3-6).

**Tab. 3-6: Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Brennstoffe für den Förderjahrgang 2009.**

	Eingesparte Energiemengen p.a.		Importquote <sup>1)</sup>	Vermiedene Energieimporte p.a.		Einfuhrpreise <sup>2)</sup>		Vermiedene Kosten für importierte Energieträger [Mio. €/a]
Braunkohle	349	1.000 t/a	0%	0	1.000 t/a	k.A.	-	-
Steinkohle	853	1.000 t/a	100%	853	1.000 t/a	17.185	€/GWh	123,0
Erdgas	517	Mio. m <sup>3</sup> /a	100%	517	Mio. m <sup>3</sup> /a	34.908	€/GWh	159,0
Mineralöl	60	Mio. l/a	100%	60	Mio. l/a	42.238	€/GWh	30,2
Summe								312,2

- <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 gleich Null gesetzt. Die tatsächlichen Importquoten betragen (nachrichtlich): Braunkohle 0 %; Steinkohle 72 %, Erdgas 84 %, Mineralöl 97 % (AGEB 2010).
- <sup>2)</sup> Vgl. auch Anhang A1. Es wurden Energiepreise in Anlehnung an Preispfad A aus Nitsch (2008) ohne CO<sub>2</sub>-Aufschläge angesetzt, für 2009 wurden aktuelle Werte des BMWi verwendet (BMWi 2010). Mit Hilfe der Annuitätenmethode wurden die jährlich unterschiedlichen Brennstoffpreise mittels des Kalkulationszinssatzes in eine reale Annuität, d.h. preisbereinigte jährlich konstante Werte, umgerechnet.

In Tab. 3-6 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 2009 von der KfW-geförderte Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien Energieimporte in einer Größenordnung von mehr als 300 Mio. €/a vermieden werden. Über die angenommene Lebensdauer der Maßnahmen von 20 Jahren summieren sich die jährlichen Einsparungen auf rund 6,2 Mrd. €.

### 3.4. Vermiedene Kosten für fossile Energieträger

Neben den Ausgaben für Energieimporte lassen sich auch die insgesamt vermiedenen Kosten für fossile Energieträger ermitteln. Anders als bei den Energieimporten ist hier nicht mit Einfuhrpreisen, sondern den Brennstoffkosten frei Anlage zu kalkulieren. Für die Stromerzeugung wurden dafür die Brennstoffkosten frei Kraftwerk (Nitsch 2008), für den Wärmemarkt stellvertretend die Kosten für private Haushalte angesetzt (nach BMWi 2010). Wie Tab. 3-7 zeigt, liegt der Gesamtbetrag der vermiedenen Kosten für fossile Energieträger mit 444 Mio. €/a um 42 % höher als die vermiedenen Energieimporte. Mit ca. 240 Mio. €/a entfällt davon mehr als die Hälfte auf Erdgas, rund ein Drittel der vermiedenen Kosten entfallen auf Steinkohle. Über die angenommene Lebensdauer von 20 Jahren der geförderten Maßnahmen ergeben sich über alle Brennstoffe Einsparungen von knapp 9 Mrd. €.

**Tab. 3-7: Vermiedene Brennstoffkosten durch die Nutzung Erneuerbarer Energien für den Förderjahrgang 2009.**

	Vermiedener Brennstoffeinsatz in Kraftwerken				Vermiedener Brennstoffeinsatz in Haushalten				Summe
	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl	
eingesparte Energiemengen [GWh/a]	892	7.074	3.991	118	0	84	562,3	598	13.319
Brennstoffkosten frei Kraftwerk bzw. Endverbraucher <sup>1)</sup> [€/GWh]	4.637	20.921	48.091	42.238	62.672	43.871	85.896	71.989	-
vermiedene Brennstoffkosten [Mio. €/a]	4,1	148	192	5	0	3,7	48	43	444

<sup>1)</sup> Vgl. auch Anhang A1. Es wurden Energiepreise in Anlehnung an Preispfad A aus Nitsch (2008) ohne CO<sub>2</sub>-Aufschläge angesetzt, für 2009 wurden aktuelle Werte des BMWi verwendet (BMWi 2010). Mit Hilfe der Annuitätenmethode wurden die jährlich unterschiedlichen Brennstoffpreise mittels des Kalkulationszinssatzes in eine reale Annuität, d.h. preisbereinigte jährlich konstante Werte, umgerechnet.

### 3.5. Vermiedene Treibhausgasemissionen

Während die Einsparung fossiler Energien primär unter dem Gesichtspunkt der Versorgungssicherheit von Bedeutung ist, kommt der Nutzung Erneuerbarer Energien auch für den Umwelt- und Klimaschutz eine zentrale Bedeutung zu. Im Vordergrund steht dabei die Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen, die Gegenstand der weiteren Ausführungen sind. Gleichwohl sei darauf hingewiesen, dass die Nutzung Erneuerbarer Energien ebenfalls dazu beiträgt, eine Reihe weiterer negativer Umweltwirkungen fossiler Energieträger zu reduzieren, beispielsweise im Bereich der klassischen Luftschadstoffe<sup>28</sup>.

Die Bilanzierung der CO<sub>2</sub>-Vermeidung folgt der beschriebenen Methodik zur Einsparung fossiler Energieträger. Unterschiede zu den eingesparten fossilen Energieträgern ergeben sich einerseits daraus, dass sich die CO<sub>2</sub>-Faktoren der substituierten Energieträger deutlich voneinander unterscheiden. So entsteht bei der Verbrennung von Kohle etwa doppelt so viel CO<sub>2</sub> wie bei der Verbrennung von Erdgas, weil bei Erdgas entsprechend der chemischen Zusammensetzung (im Wesentlichen CH<sub>4</sub>) der enthaltene Wasserstoff einen hohen Anteil am Heizwert hat. CO<sub>2</sub>-Emissionen sind auch mit der Nutzung von Bioenergien verbunden, allerdings kann davon ausgegangen werden, dass diese Prozesse insgesamt weitgehend CO<sub>2</sub>-neutral sind, weil das freigesetzte CO<sub>2</sub> zuvor während des Pflanzenwachstums aus der Atmosphäre aufgenommen wurde.

Zum anderen ist in Bezug auf den Klimaschutz zu berücksichtigen, dass bei der Verbrennung fossiler Energieträger weitere klimaschädigende Gase in die Atmosphäre entlassen werden. Wichtige Treibhausgase sind die so genannten 6 Kyoto-Gase<sup>29</sup>, die im Rahmen des Kyoto-Protokolls reduziert werden sollen und in unterschiedlichem Maße zum Treibhauseffekt beitragen. Um ihre Treibhauswirkung vergleichen zu können, wird ihnen das sog. relative Treibhauspotenzial bezogen auf das Leitgas CO<sub>2</sub> zugeordnet (Tab. 3-8). Das CO<sub>2</sub>-Äquivalent gibt an, welche Menge an CO<sub>2</sub> in einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren die gleiche Treibhauswirkung entfalten würde.

<sup>28</sup> Wobei die Effekte speziell bei der Nutzung von Bioenergien teilweise auch negativ sein können.

<sup>29</sup> Kohlendioxid, Methan, Lachgas, Schwefelhexafluorid, wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe und perfluorierte Kohlenwasserstoffe.

**Tab. 3-8: Relatives Treibhauspotenzial der drei wichtigsten Kyoto-Gase (BMU 2008).**

		Werte nach IPCC (1996) <sup>1)</sup>
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid	1
CH <sub>4</sub>	Methan	21
N <sub>2</sub> O	Lachgas	310

<sup>1)</sup> Werte bezogen auf einen Zeithorizont von 100 Jahren; CO<sub>2</sub> als Referenzsubstanz (vgl. Anhang A4).

Für die Vermeidung von Treibhausgasemissionen durch Strom- und Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien sind neben CO<sub>2</sub> noch CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O in gewissem Umfang relevant. Auf Grund unterschiedlicher Substitutionsbeziehungen von erneuerbaren und fossilen Primärenergieträgern im Strom- und Wärmebereich unterscheiden sich die eingesparten CO<sub>2</sub>-Äquivalente: Im Strombereich werden neben CO<sub>2</sub>- auch N<sub>2</sub>O-Emissionen eingespart, während je GWh Erneuerbaren Stroms mehr Methan freigesetzt wird als bei Produktion des ersetzten Stroms. Unter dem Strich resultieren allerdings zusätzliche Einsparungen zum CO<sub>2</sub>, so dass mehr CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart werden als CO<sub>2</sub>. Demgegenüber werden bei der Wärmebereitstellung durch Erneuerbare Energien mehr Methan und Lachgas freigesetzt als im ersetzten konventionellen Mix. Deshalb werden per saldo weniger CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart als CO<sub>2</sub>-Emissionen (vgl. BMU 2008, S. 21).

Tab. 3-9 und Tab. 3-10 zeigen Höhe und Struktur der Vermeidung von CO<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>-Äquivalenten nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2009<sup>30</sup>. Die Verhältnisse entsprechen auch hier im Wesentlichen der Brennstoffsubstitution nach Abb. 3-2, weil die unterschiedlichen CO<sub>2</sub>-Faktoren gemessen an den Energiemengen nicht entscheidend ins Gewicht fallen. Im Technologiebereich ergeben sich nur leichte Verschiebungen.

**Tab. 3-9: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogramm für den Förderjahrgang 2009.**

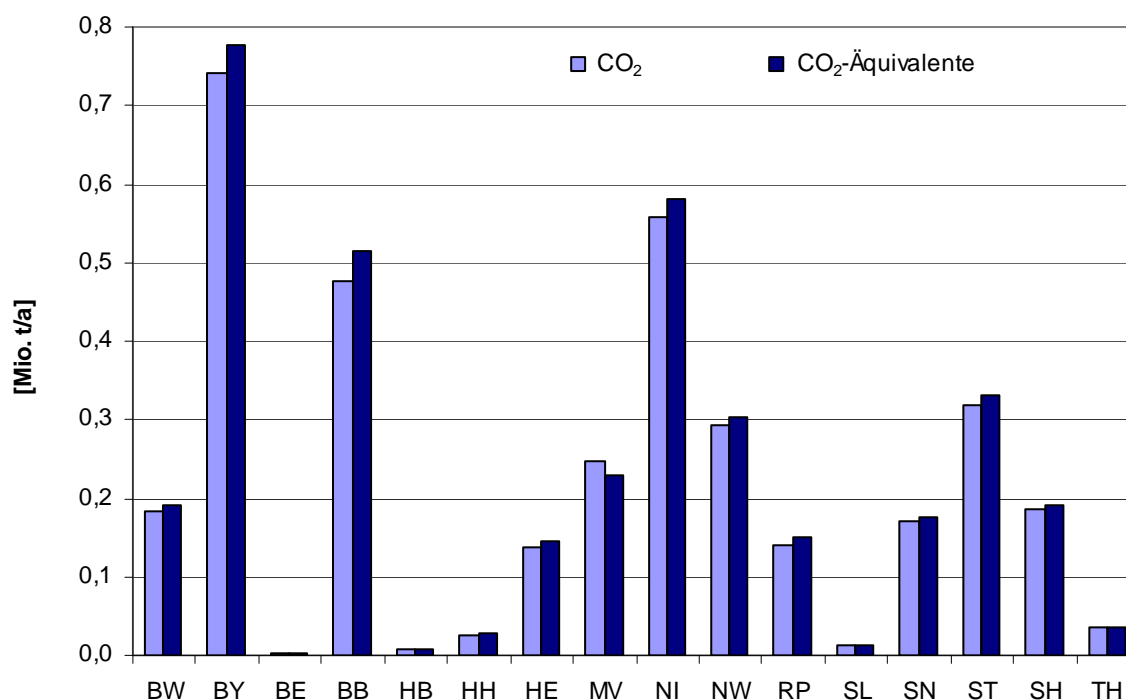
Mio. t pro Jahr	Ergänzung 2009	EE Standard	EE Premium	Summe
CO <sub>2</sub>	0,48	2,59	0,46	3,54
Anteil	13,6%	73,3%	13,0%	100,0%
CO <sub>2</sub> -Äquivalente	0,49	2,73	0,45	3,68
Anteil	13,3%	74,4%	12,3%	100,0%

<sup>30</sup> Zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Vermeidung s. Anhang A2.

**Tab. 3-10: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2009.**

Mio. t pro Jahr	CO <sub>2</sub>	Anteil	CO <sub>2</sub> -Äquivalente	Anteil
Wind	1,54	43,6%	1,68	45,7%
Wasserkraft	0,03	0,9%	0,03	0,9%
Biogas (Strom)	0,41	11,5%	0,32	8,7%
Biomasse (HW, HKW)	0,35	9,9%	0,37	10,0%
Photovoltaik	0,90	25,3%	0,98	26,7%
Solarthermie	0,0008	0,02%	0,0009	0,02%
Geothermie	0,025	0,70%	0,026	0,71%
Wärmenetze	0,22	6,2%	0,21	5,6%
Biogas (Leitungen, Einspeisungen)	0,06	1,8%	0,06	1,6%
Summe	3,54	100%	3,68	100%

Die größten prozentualen Unterschiede zwischen der Vermeidung von CO<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ergeben sich bei den Biogasanlagen, die in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten bewertete Treibhausgaseinsparung liegt hier um rund ein Fünftel geringer als die CO<sub>2</sub>-Einsparung. Dies ist insbesondere auf den Methanausstoß zurückzuführen, der bei Biogasanlagen einen deutlichen Einfluss auf die Einsparung von Treibhausgasen hat. Die Einsparung an CO<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>-Äquivalenten nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2009 ist in Abb. 3-4 dargestellt.



**Abb. 3-4: Jährliche Vermeidung von CO<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>-Äquivalenten durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern für den Förderjahrgang 2009.**

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass die durch die untersuchten KfW-Programme induzierte Einsparung fossiler Energieträger und die Reduktion der Treibhausgasemissionen längerfristig wirken, denn die Nutzungsdauern der Regenerativanlagen betragen in der Regel mindestens 20 Jahre, insbesondere bei Wasserkraftanlagen auch deutlich länger. Eine Projektion ist jedoch mit vielen Unsicherheiten behaftet, denn der Brennstoffmix und die Wirkungsgrade von fossilen Anlagen werden sich ebenso im Zeitablauf verändern wie die Zusammensetzung, Durchdringung und Betriebsweise der Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien. Dies gilt primär im Strommarkt. Dort könnten sich mittelfristig die CO<sub>2</sub>-Faktoren auch dadurch verändern, dass CO<sub>2</sub> aus fossilen Anlagen abgetrennt wird (sog. CCS-Technologien), wobei dann aber andererseits der Brennstoffbedarf steigt. Die hier gewählte statische Betrachtungsweise dient deshalb primär der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse. Vernachlässigt man allerdings die zeitliche Dynamik der Bilanzierungsparameter, so wird deutlich, dass die Effekte der KfW-Förderinstrumente beträchtlich sind. Denn bei einer angenommenen Nutzungsdauer der geförderten Anlagen von 20 Jahren kumulieren sich z. B. die vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf rund 70 Mio. t. Mit anderen Worten: Die jährliche CO<sub>2</sub>-Minderungsleistung der im Jahr 2009 geförderten Anlagen in Höhe von rund 3,5 Mio. t/a kumuliert sich über eine angenommene Nutzungsdauer dieser Anlagen von 20 Jahren auf 70 Mio. t CO<sub>2</sub>.

### 3.6. Vergleich der Förderjahre 2007 bis 2009

Wie bereits in der vorangegangenen Evaluierung werden im Folgenden die Ergebnisse des aktuellen Förderjahres mit denen der Vorjahre verglichen. Die Wirkungen der Förderfälle aus den Vorjahren wurden mit der aktualisierten Methodik erneut berechnet, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten.<sup>31</sup>

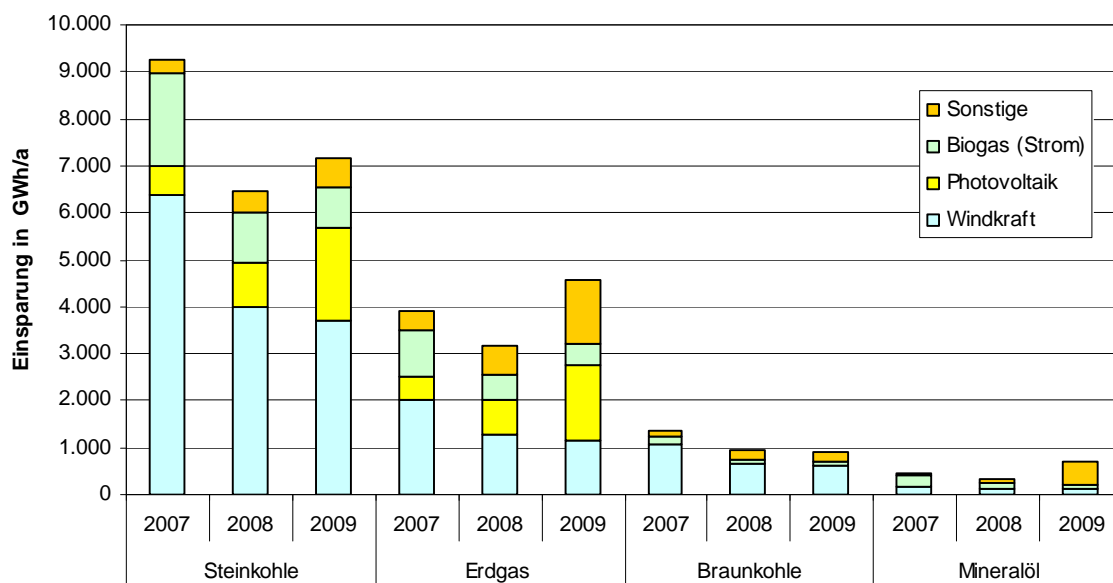
Die bereits in Kapitel 2.2 beschriebenen Änderungen gegenüber den Vorjahren bei den Darlehens- und Investitionsvolumina schlagen sich bei den eingesparten fossilen Energieträgern bzw. der Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen entsprechend nieder: Abb. 3-5 illustriert die sinkenden Beiträge von Windenergie und Biogas bei der Einsparung fossiler Brennstoffe. Bei der Substitution von Steinkohle und Erdgas legt die Photovoltaik gegenüber 2007 und 2008 stark zu. Während im Vergleich zu den Vorjahren weniger Braunkohle (Grundlastkraftwerke) durch Erneuerbare ersetzt wird, wird 2009 im Vergleich zu 2008 doppelt soviel Mineralöl substituiert, vor allem durch die Nutzung von Wärmenetzen.

Die starken Rückgänge der Förderung von Windkraft und Biogasanlagen wurde durch die EEG-Novelle 2009 mitverursacht. In diesem Bereich war im Jahr 2008 eine abwartende Haltung bei den Investitionen und damit auch bei den Förderanträgen zu verzeichnen. Durch die anstehende Novellierung des EEG zum 01.01.2009 war eine Erhöhung der Fördersätze für Biogas- und Windkraftanlagen zu erwarten, was die Investitionsbereitschaft im Jahr 2008 deutlich bremste. Im Jahr 2009 verhinderten die Auswirkungen der Wirtschafts- und Finanzkrise einen stärkeren Zuwachs bei Windkraft und Biogasanlagen. Ein dazu gegensätzliches Verhalten der Investoren war im Bereich Photovoltaik zu verzeichnen: Dort bestand im Jahr 2008 die Aussicht auf eine erhöhte Degression der

---

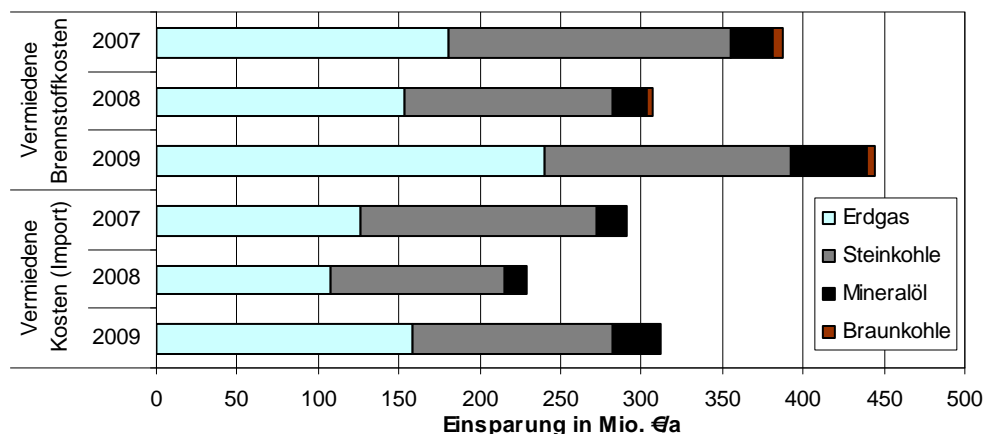
<sup>31</sup> Da für die Evaluierung 2008 im Rahmen der überarbeiteten Methodik teilweise noch mit vorläufigen Parametern gerechnet werden musste, erfolgt in der vorliegenden Evaluierung ebenfalls eine Neuberechnung der Förderwirkungen für den Förderjahrgang 2008.

Fördersätze im Rahmen der EEG-Novelle zum 01.01.2009 und damit eine Tendenz, Investitionspläne so schnell wie möglich vorher zu realisieren. Durch die im Jahr 2009 rapide gesunkenen Preise für Photovoltaikanlagen stieg die Nachfrage auf ein neues Rekordniveau, auf das der Gesetzgeber mit einer weiteren Absenkung der Photovoltaikvergütung reagiert hat (vgl. BMU 2010b). Der Zubau an Photovoltaikanlagen wird sich voraussichtlich auch im Jahr 2010 auf einem hohen Niveau bewegen. Ausgelöst durch den Boom stieg auch die Bedeutung der Photovoltaik für die KfW-Förderung im Jahr 2009 an, was sich in Bezug auf die Wirkungen zeigt. Die mit Photovoltaik im Jahr 2009 jährlich erzielbare Brennstoffeinsparung ist mehr als doppelt so hoch wie für die geförderten Photovoltaikanlagen in den Förderjahrgängen 2007 und 2008.



**Abb. 3-5: Jährliche Einsparung fossiler Brennstoffe der von der KfW geförderten Vorhaben in 2007 bis 2009 nach Technologien.**

Abb. 3-6 und Tab. 3-11 zeigen die Aufteilung der vermiedenen jährlichen Brennstoffkosten sowie Kosten für Importbrennstoffe auf die fossilen Energieträger. Durch die bereits oben angesprochenen Verschiebungen bei den Anteilen der geförderten Technologien im Zeitraum von 2007 bis 2009 ergeben sich in unterschiedlichem Maße Verschiebungen bei der Primärenergieeinsparung, Emissionsminderung und eingesparten Brennstoffkosten. Zu einem wesentlichen Anteil ist dies auf den Rückgang bei der Förderung von Windkraftanlagen von 2007 auf 2008 sowie auf die Verdopplung der geförderten PV-Leistung in 2009 gegenüber 2008 zurückzuführen. Da Photovoltaikanlagen zu den fluktuierenden erneuerbaren Energieträgern zählen, substituieren sie häufig Strom aus Steinkohle und Erdgas (Mittel- und Spitzenlastkraftwerke). Strom aus Photovoltaikanlagen spart tendenziell weniger Primärenergie als Strom aus Windkraftanlagen ein, da zu einem größeren Anteil Kraftwerke mit geringerem Primärenergiebedarf substituiert werden. Im Gegensatz dazu führen die hohen Brennstoffpreise von Erdgas im Vergleich zu anderen fossilen Energieträgern dazu, dass sich höhere vermiedene Brennstoffkosten bei gleichzeitig geringerer Primärenergieeinsparung ergeben.



**Abb. 3-6: Vermiedene jährliche Brennstoffkosten in Kraftwerken bzw. Haushalten und vermiedene Kosten für Importbrennstoffe für die in den Jahren 2007 bis 2009 von der KfW geförderten Vorhaben im Bereich Erneuerbare Energien.**

Insgesamt können mit den zwischen 2007 und 2009 geförderten Anlagen jährlich rund 39 TWh Primärenergie eingespart werden (vgl. Tab. 3-11). Dazu tragen mehr als zur Hälfte die geförderten Windkraftanlagen bei. Rund 8 % der eingesparten Primärenergie entfällt auf Braunkohle, was bedeutet, dass die Primärenergieträgersubstitution zu mehr als 90 % importmindernd wirkt. Die insgesamt vermiedenen Energieimporte belaufen sich annuiert auf einen Betrag von jährlich etwa 0,8 Mrd. €. Bezogen auf die Ebene der Brennstoffnutzer, d.h. Kraftwerke und Haushalte, steigt die Brennstoffeinsparung auf einen annuierten Wert von jährlich rund 1,1 Mrd. €.

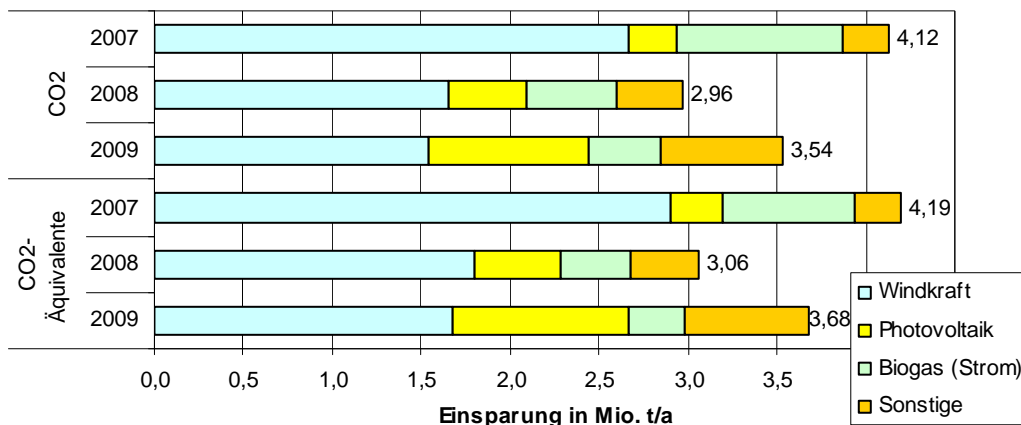
**Tab. 3-11: Energieeinsparung und vermiedene Kosten durch KfW-geförderte Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjahrgänge 2007 bis 2009.**

	Primärenergieeinsparung (GWh/a)			Vermiedene Kosten Import (Mio. €/a)			Vermiedene Brennstoffkosten (Mio. €/a)		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Steinkohle	9.263	6.455	7.158	146	108	123	175	129	152
Erdgas	3.905	3.171	4.553	126	107	159	180	154	240
Braunkohle	1.346	929	892	-	-	-	6	4	4
Mineralöl	467	347	716	19	14	30	26	21	48
Summe	14.981	10.902	13.319	291	229	312	388	308	444

Die vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen der im Jahr 2009 geförderten Vorhaben betragen rund 3,5 Mio. t/a und ordnen sich von der Größenordnung zwischen die erzielten Einsparungen der beiden Vorjahre ein (vgl. Abb. 3-7). Ursache für die im Vergleich zum Förderjahrgang 2007 geringeren Einsparungen in den Jahren 2008 und 2009 ist – wie bei der Primärenergieeinsparung – die gesunkene Zahl geförderter Windkraftanlagen, deren CO<sub>2</sub>-Einsparung nicht durch die größere Zahl anderer Anlagen (vor allem PV) kompensiert wurde. Insgesamt kann für die drei Förderjahre 2007 bis 2009 eine jährliche CO<sub>2</sub>-Minderung von 10,6 Mio. t/a abgeschätzt werden. Werden weitere Treibhausgase einbezogen, erhöht sich die jährliche Einsparung auf einen Wert von 10,9 Mio. t/a CO<sub>2</sub>.



Äquivalenten. Die CO<sub>2</sub>-Minderung für den Zeitraum 2007 bis 2009 geht zu 55 % auf die geförderten Windkraftanlagen zurück und zu insgesamt einem Drittel auf Biogas- und Photovoltaikanlagen.



**Abb. 3-7: CO<sub>2</sub>-Einsparung der von der KfW geförderten Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjahrgänge 2007 bis 2009.**

Allein die von der KfW im Jahr 2009 geförderten Anlagen tragen mehr als 5 % zur Erreichung der mit dem Integrierten Energie- und Klimaprogramm angestrebten CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch die Förderung Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich (rund 64 Mio. t pro Jahr bis 2020) bei. Werden die in den Jahren 2007 und 2008 geförderten Anlagen hinzugerechnet, beträgt der Beitrag bereits etwa ein Sechstel der im IEKP angestrebten CO<sub>2</sub>-Einsparung.

Die Zusammenfassung der drei Förderjahre 2007 bis 2009 zeigt die Wichtigkeit der Förderung Erneuerbarer Energien. Mit der Förderung und Nutzung von erneuerbaren Energieträgern wird durch die ausgelöste Treibhausgasreduzierung nicht nur dem umweltpolitischen Ziel der Umweltverträglichkeit Rechnung getragen, sondern durch die Einsparung fossiler Primärenergieträger und damit die Verminderung von Energieimporten wird auch die Versorgungssicherheit erhöht.

## 4. Beschäftigungseffekte

### 4.1. Methodische Grundlagen

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>32</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>33</sup>. Mit diesem Schätzansatz werden nicht nur die (direkten) Beschäftigten ermittelt, die in den Unternehmen arbeiten, die selbst die nachgefragten Güter wie Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren, sondern es werden auch die Beschäftigten erfasst, die in jenen Unternehmen arbeiten, die Vorprodukte zur Herstellung der gefertigten Anlagen bereit stellen. Es werden mit dieser Methode also auch jene Beschäftigungsanteile abgeschätzt, die indirekt in den Vorleistungen zur Erstellung von nachgefragten Anlagen enthalten sind. Falls beispielsweise ein Mitarbeiter in einem Stahlwerk Stahl produziert, der später beim Bau einer Windkraftanlage Verwendung findet, wird genau der entsprechende Anteil des Arbeitsvolumens des Mitarbeiters modellmäßig der hier betrachteten Beschäftigung zugerechnet, obwohl dem Mitarbeiter selbst der Zusammenhang seiner Tätigkeit mit Erneuerbaren Energien unbekannt ist.

---

<sup>32</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>33</sup> Unter methodischer Perspektive erfolgt eine Zurechnung der Produktionswirkungen und daraus abgeleiteter Beschäftigungswirkungen zu empirisch ermittelten Endnachfragekomponenten.

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 2009 (vgl. Tab. 4-1). Für den Förderjahrgang 2007 waren dazu in einem Zwischenschritt auf der Grundlage der Schätzung der geförderten Investitionen die aus dem Ausland bezogenen Anlagen auf Basis von Ergebnissen der Referenzstudie (BMU 2006, Kratzat et al. 2008) ermittelt worden<sup>34</sup> und von der Summe der geförderten Investitionen abgezogen worden, um so zu einer Schätzung der im Inland wirksamen Nachfrage zu gelangen.<sup>35</sup> Im Vergleich zu den Förderjahrgängen 2007 und 2008 dürfte sich, mit Ausnahme der Photovoltaik, nur wenig an den Importquoten geändert haben. Aus diesem Grund wurde die entsprechende Relation für die Photovoltaik angepasst, während für die übrigen Sparten die für die Jahre 2007 und 2008 verwendeten Relationen übernommen wurden.
- 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)

Da auch für die o.g. Daten zur Beschreibung der Branchen zur Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien sowie der Bereiche zum Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien sich im Vergleich zu 2007 nur wenig geändert haben dürften, wurden auch diese für den Förderjahrgang 2009 übernommen.

- Dasselbe gilt für die Input-Output-Tabelle für Deutschland und die Arbeitskoeffizienten (Anzahl der Beschäftigten je Einheit Bruttoproduktionswert) entsprechend der sektoralen Gliederung der verwendeten Input-Output-Tabelle sowie die Annahmen über die Entwicklung der Arbeitsproduktivität über den gesamten Zeitraum der Nutzung der geförderten Anlagen.

---

<sup>34</sup> Die Abschätzung der aus dem Ausland importierten Anlagen beruht auf Schätzungen, die mit erheblichen empirischen Unsicherheiten belastet sind. Empirisch besser belastbare Ergebnisse werden erst gegen Ende 2010 auf Basis eines laufenden Forschungsprojekts erwartet. Zwischen den einzelnen Sparten der Erneuerbaren Energien bestehen erhebliche Unterschiede. Nach derzeitig vorliegenden Erkenntnissen ist die Relation zwischen Importen und Investitionen z. B. im Bereich der Windenergienutzung sehr gering, in anderen Bereichen jedoch deutlich höher.

<sup>35</sup> Dabei wird in Übereinstimmung mit BMU (2006) angenommen, dass der Beschäftigungseffekt durch Installation von importierten Anlagen vernachlässigt werden kann.

**Tab. 4-1: Aus KfW-geförderten Investitionen im Jahr 2009 resultierende im Inland wirksame Nachfrage nach Sparten.**

Millionen €	Durch KfW geförderte Investitionen insgesamt	davon im Inland wirksame Nachfrage	
Wind	1.364	1.339	(98 %)
Photovoltaik	4.885	2.052	(42 %)
Solarthermie	9	6	(70 %)
Wasserkraft	24	24	(100 %)
Biomasse	141	119	(85 %)
Biogas <sup>1)</sup>	244	165	(67 %)
Geothermie	91	40	(44 %)
Summe	6.757 <sup>2)</sup>	3.744	(55 %)

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

<sup>2)</sup> Investitionen in Wärmenetze und Wärmespeicher werden hier aus methodischen Gründen nicht berücksichtigt. Berücksichtigt man die damit verbundenen Investitionen von 277,9 Mio. €, so ergibt sich die von der KfW geförderte Gesamtinvestitionssumme von 7.034,9 Mio. €.

Für die Wirkung der Investitionen auf die Beschäftigungseffekte wurde angenommen, dass die gesamten Investitionen zu Beschäftigung im Jahr 2009 führen. Es wurden also alle Investitionen als im Jahr 2009 beschäftigungswirksam angenommen. Die Beschäftigung durch den Betrieb der Anlagen wurde für die auf die der Errichtung folgenden 20 Jahre abgeschätzt.

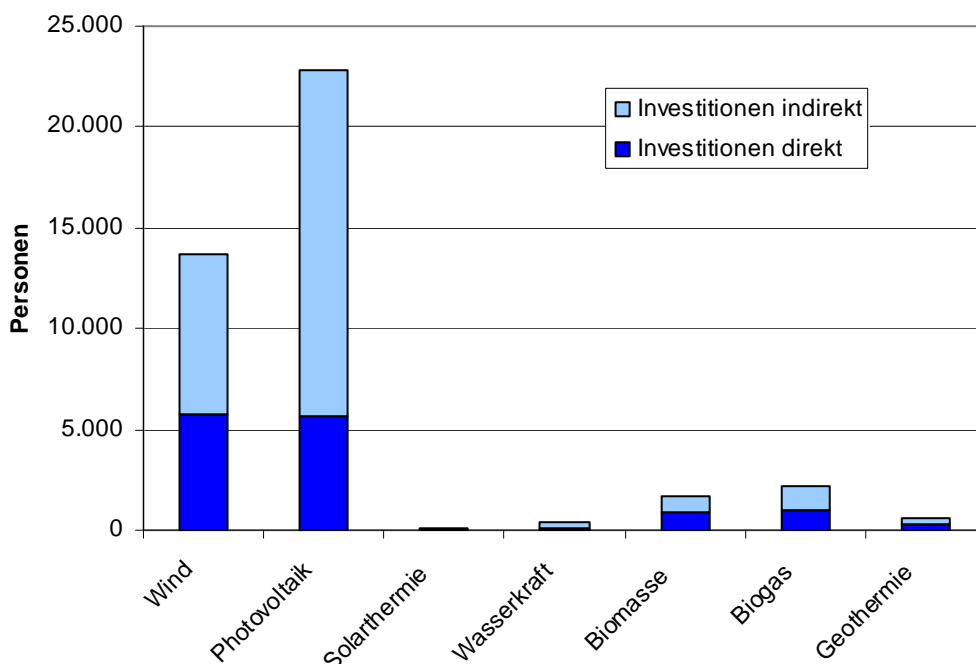
## 4.2. Ergebnisse

Ausgehend von einem geschätzten geförderten Investitionsvolumen aus den KfW-Förderprogrammen von knapp 6,8 Mrd. € im Jahr 2009 ergibt sich unter Berücksichtigung der für die einzelnen Bereiche der Erneuerbaren Energien typischen Importquoten für neue Anlagen eine im Inland wirksame geförderte Investitionsnachfrage von gut 3,7 Mrd. €. Der durchschnittliche jährliche fiktive Aufwand für den Betrieb der in Deutschland geförderten Anlagen wird auf Basis der Referenzanlagen bei einer unterstellten Lebensdauer von 20 Jahren auf rund 197 Mio. € jährlich geschätzt<sup>36</sup>.

Die durch die im Jahr 2009 geförderten Investitionen ausgelöste Beschäftigung (für ein Jahr) in Deutschland wird auf rund 41.000 Personen geschätzt. Davon fallen knapp 14.000 (33 %) direkt in den Branchen an, die Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren, und annähernd 28.000 (67 %) in den zuliefernden vorgelagerten Branchen der Volkswirtschaft. Vorläufige Abschätzungen der investitionsbedingten Beschäftigungseffekte der Erneuerbaren Energien in Deutschland belaufen sich für das Jahr 2009 auf 183.800 (O'Sullivan et al. 2010). Allerdings beinhaltet diese Zahl den

<sup>36</sup> Ausgangspunkt dieser Berechnung waren die für die Referenzanlagen ermittelten jährlichen Betriebskosten wie in Anhang A3 dargestellt. Diese beinhalten über den Zeitraum 2009 bis 2028 angenommene Preissteigerungen und wurden in Annuitäten umgerechnet. Auf Basis der installierten elektrischen bzw. thermischen Leistung wurden die Werte der Referenzanlagen auf die im Jahr 2009 von der KfW unterstützten, neu gebauten Anlagen hochgerechnet.

Export von Anlagen<sup>37</sup>, Komponenten und Dienstleistungen, weshalb ein direkter Vergleich nicht möglich ist. Knapp 23.000 Personen werden durch die Förderung von Investitionen im Bereich Photovoltaik beschäftigt, annähernd 14.000 im Bereich Windenergie, 2.200 im Bereich Biogas und 1.700 im Bereich Biomasse; die übrigen Bereiche der Erneuerbaren Energien spielen im Förderjahr 2009 eine untergeordnete Rolle (vgl. Abb. 4-1 und Tab. 4-2).



**Abb. 4-1: Durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2009 ausgelöste Beschäftigung.**

**Tab. 4-2: Durch im Jahr 2009 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung.**

Beschäftigte (gerundet)	Investitionen		Betrieb (20 Jahre)		Summe <sup>2)</sup>
	Direkt	Indirekt	Direkt	Indirekt	
Wind	5.700	8.000	3.500	10.100	27.300 (31 %)
Photovoltaik	5.700	17.100	3.400	14.600	40.800 (47 %)
Solarthermie	30	50	6	30	120 (0,1 %)
Wasserkraft	100	250	100	120	570 (0,6 %)
Biomasse	930	730	3.000	2.800	7.500 (8,6 %)
Biogas <sup>1)</sup>	960	1.200	3.200	3.000	8.500 (10 %)
Geothermie	320	240	900	1.000	2.500 (2,9 %)
Summe <sup>2)</sup>	13.700 (16 %)	27.600 (32 %)	14.200 (16 %)	31.700 (36 %)	87.200 (100 %)

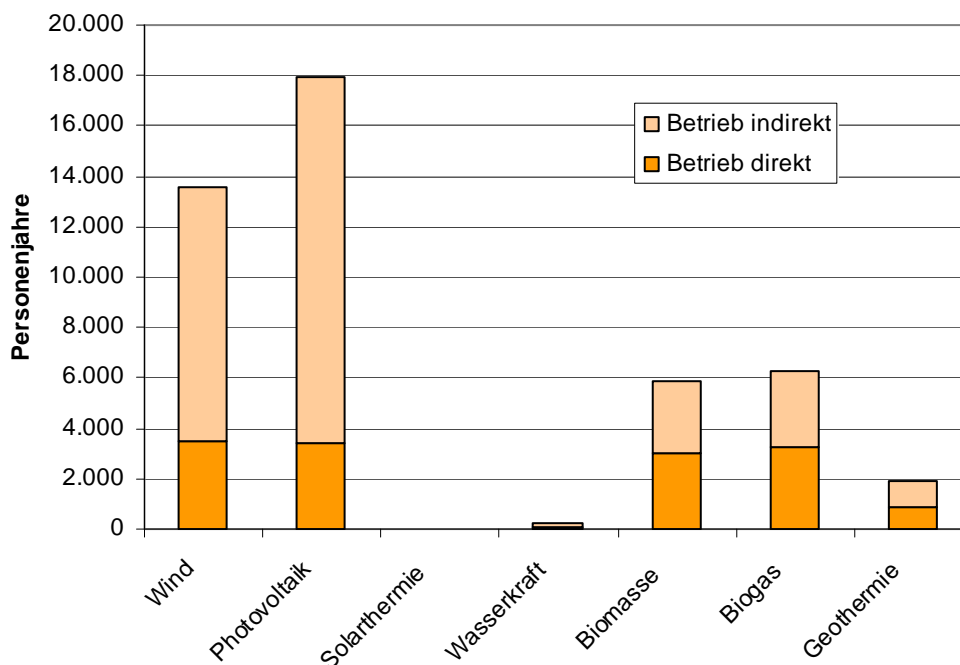
<sup>1)</sup> Stromerzeugung mit Biogas, Biogasleitungen und -einspeisung.

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

<sup>37)</sup> Die Exporte unterscheiden sich zwischen den Sparten erheblich, insbesondere die deutschen Windkraftanlagenhersteller sind sehr exportstark.

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 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 knapp 46.000 Personenjahren bzw. 2.300 Personen jährlich. Wie Abb. 4-2 zeigt, entfällt der größte Teil der betriebsbedingten Beschäftigung auf die Photovoltaik (18.000 Personenjahre), gefolgt von der Windenergie mit 13.600 Personenjahren. Annähernd gleichauf sind die Bereiche Biogas mit 6.200 und Biomasse mit 5.800 Personenjahren. In den Betriebskosten sind die Brennstoffkosten (Biomasse und Biogas) nicht enthalten. Eine Abschätzung der mit den Brennstoffkosten verbundenen Beschäftigungswirkungen über den gesamten Lebenszeitraum der Anlagen (20 Jahre) ist derzeit nicht möglich. So fehlen beispielsweise noch 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<sup>38</sup>.

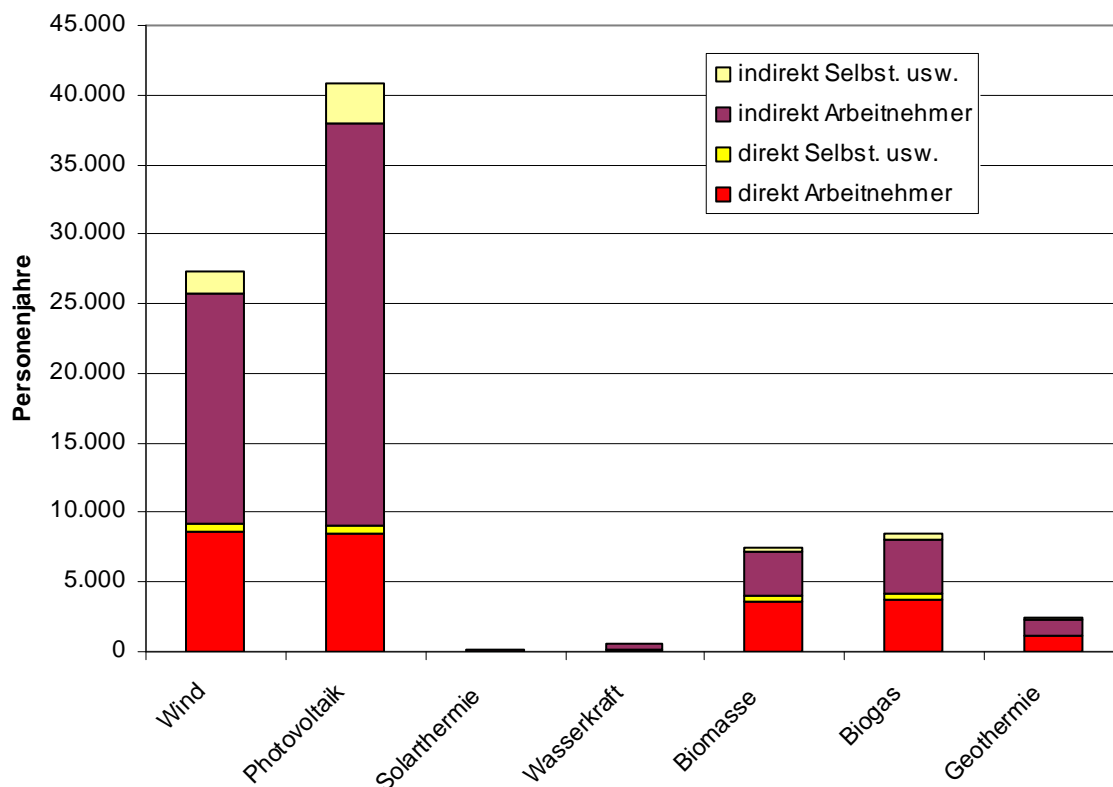


**Abb. 4-2: Ausgelöste Beschäftigung durch den Betrieb von im Jahr 2009 KfW-geförderten Anlagen (über einen Zeitraum von 20 Jahren).**

<sup>38</sup> Es wird erwartet, dass derzeit im Auftrag des BMU laufende Forschungsarbeiten die Datensituation in diesem Bereich verbessern.

Fasst man das durch die Förderung im Jahr 2009 induzierte Nachfragevolumen (Investitionen und Betrieb) zusammen, ergibt sich über einen Zeitraum von 20 Jahren ein Beschäftigungsvolumen von gut 87.000 Personenjahren. Knapp die Hälfte hiervon fällt als Investitionseffekt im Jahr 2009 an, der Rest als Betriebseffekt verteilt über 20 Jahre mit einem jährlichen Volumen von gut 2.300 Personenjahren.

Unter der Annahme, dass sich bei der durch die KfW-Förderung der Erneuerbaren Energien induzierten Beschäftigung in jedem der betrachteten 71 Wirtschaftszweige die gleichen Relationen zwischen Arbeitnehmern und Selbständigen<sup>39</sup> einstellen wie sie dort bei anderen branchentypischen Wirtschaftsaktivitäten anfallen, ergibt sich, dass knapp 80.000 Personenjahre von Arbeitnehmern erbracht werden, also gut 91 % aller induzierten Personenjahre, während mehr als 7.500 Personenjahre, d.h. knapp 9 %, auf Selbständige und mithelfende Familienangehörige entfallen. Diese Relationen schwanken zwischen den einzelnen Sparten der Erneuerbaren Energien in einer Bandbreite von +/- 3 Prozentpunkten.



**Abb. 4-3: Abgeschätzte Aufteilung der Beschäftigung in Arbeitnehmer und Selbständige/mithelfende Familienangehörige.**

Die Anteile der auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU)<sup>40</sup> mit weniger als 500 Beschäftigten entfallenden Arbeitsplätze wurden wie in den Vorjahren anhand von Daten

<sup>39</sup> sowie mithelfenden Familienangehörigen.

<sup>40</sup> Analog wurde für Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten vorgegangen.

des Instituts für Mittelstandsforschung<sup>41</sup> abgeschätzt. 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 87.200 für die Dauer eines Jahres gesicherten bzw. neu geschaffenen Arbeitsplätzen entfallen 71,7 % auf kleine und mittlere Unternehmen. In Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten entstehen 31,4 % der 87.200 Arbeitsplätze. Diese Zahlen unterstreichen die Wichtigkeit der durch die KfW-Förderprogramme unterstützten Investitionen für kleine und mittelständische Unternehmen.

Im Vergleich zum Jahr zuvor wuchsen die Beschäftigungseffekte des Förderjahrgangs 2009 um 10 %. Dieser Zuwachs ist verglichen mit der Zunahme des Investitionsvolumens eher gering. Dies ist auf den hohen Importanteil der Photovoltaik zurückzuführen, auf die der größte Teil des Investitionswachstums entfällt. Im Vergleich zu den Vorjahren nahm der Anteil importierter Solarzellen und Module im Zubau-Rekordjahr 2009 massiv zu, so dass die Beschäftigung im Bereich der Investitionen nur wenig anstieg. Demgegenüber ist mit dem Betrieb der zugebauten Anlagen über 20 Jahre ein Beschäftigungszuwachs von über 60% im Vergleich mit den im Förderjahr 2008 erstellten Anlagen verbunden. Für die übrigen Sparten entwickelt sich die Beschäftigung entsprechend der in Abschnitt 2.2 dargestellten Änderungen in den ausgelösten Investitionen.

---

<sup>41</sup> Vgl. Institut für Mittelstandsforschung (2010).



## 5. Zusammenfassung

Die Grundzüge der Klimapolitik der Bundesregierung sind im „Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP)“ verankert, dessen Eckpunkte im August 2007 beschlossen wurden. In dessen Folge wurden im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und im Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz (EEWärmeG) Ziele für den Ausbau Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich festgelegt. Bis zum Jahr 2020 sollen mindestens 30 % des Bruttostromverbrauchs und 14 % des Wärmeverbrauchs mit Erneuerbaren Energien gedeckt werden. Damit sollen bis 2020 im Strombereich 54,4 Mio. t und im Wärmebereich 9,2 Mio. t CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr zusätzlich zu den im Jahr 2006 erreichten Minderungen eingespart werden (vgl. BMU (2007)). Im Jahr 2009 lag der Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch bei 16,3 %, für die Wärmebereitstellung betrug er 8,8 %.

Ein wichtiger Baustein dieser Strategie sind die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe im Bereich der Erneuerbaren Energien. Um deren Bedeutung und Effektivität im Förderjahrgang 2009 zu überprüfen, werden in der vorliegenden Studie zum dritten mal die von diesen Förderprogrammen ausgehenden Effekte in den Bereichen Treibhausgasminde-rung, Einsparung fossiler Energieträger und damit vermiedener Importe an fossilen Energieträgern sowie Beschäftigungseffekte ermittelt. Eine Übersicht der relevanten KfW-Förderprogramme im Betrachtungszeitraum 2009 kann Tab. 5-1 entnommen werden.

**Tab. 5-1: Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2009.**

	EE Standard	EE Premium	Ergänzung 2009
Programmna-me	KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Stan-dard“	KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Premi-um“	KfW-Programm Erneuer-bare Energien, Ergänzung 2009
Hier berück-sichtigte Fördermaß-nahmen	Photovoltaik-, Biomas-se-, Biogas-, Wind-kraft-, Wasserkraft-, Geothermieanlagen zur Stromerzeugung, Anlagen zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien (KWK)	Nach den BMU-Richtlinien förderfähige Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Wärme: Solarkollektoranlagen ab 40 m <sup>2</sup> , Anlagen zur Verbrennung fester Biomasse, Anlagen zur Erschlie-ßung und Nutzung von Tiefen-geothermie, Nahwärmenetze und große Wärmespeicher, die aus Erneuerbaren Energien gespeist werden, Anlagen zur Aufberei-tung von Biogas auf Erdgasquali-tät, Biogasleitungen für unaufbe-reitetes Biogas	Finanzierung von größe-ren Projekten, für die eigens eine Projektgesell-schaft gegründet wurde, zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Strom bzw. Strom und Wärme in KWK
Kreditregel-höchstbetrag	i.d.R. maximal 10 Mio. € pro Vorhaben	i.d.R. maximal 10 Mio. € pro Vorhaben	Mindestens 10 Mio. € und maximal 50 Mio. € pro Vorhaben

Im Jahr 2008 war erstmalig eine Evaluation für den Förderjahrgang 2007 vorgelegt worden. Um aufgrund methodischer Änderungen seit der ersten Evaluierung einen konsistenten Vergleich der Förderjahre 2007 bis 2009 zu ermöglichen, wurde die Berechnung der Wirkungen für die beiden Vorjahre mit der aktuellen Berechnungsmethode erneut durchgeführt.<sup>42</sup>

**Tab. 5-2: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Kreditprogramm im Jahr 2009.**

	Ergänzung 2009	EE Standard	EE Premium	Summe
Darlehensfälle	27	36.646	2.130	38.803
Darlehensvolumen (Mio. €) <sup>1)</sup>	573,6	4.471,2 <sup>2)</sup>	297,6	5.342,4 <sup>2)</sup>
Investitionsvolumen (Mio. €) <sup>1)</sup>	1.019,5	5.599,6 <sup>3)</sup>	415,8	7.034,9 <sup>3)</sup>
Mittleres Investitionsvolumen je Darlehen (€) <sup>1)</sup>	37.760.502	152.803	195.195	181.298

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

<sup>2)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 4.785,0 bzw. 5.656,2 Mio. € hier wurden nur Anlagen im Inland berücksichtigt.

<sup>3)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 6.213,6 bzw. 7.648,9 Mio. € hier wurden nur Anlagen im Inland berücksichtigt.

Tab. 5-2 gibt einen Überblick über den jeweiligen Umfang der ausgewerteten Kreditprogramme im Jahr 2009. Das Programm EE Standard weist die höchste Anzahl an Darlehensfällen und insgesamt die höchste Darlehenssumme auf, was hauptsächlich auf die Vielzahl der geförderten Photovoltaikanlagen zurückgeht. Sehr große Vorhaben mit Kreditbeträgen zwischen 10 und 50 Mio. € wurden im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien „Ergänzung 2009“ gefördert.

Grundlage der Kalkulationen der mit den Investitionen verbundenen Wirkungen sind die installierten Leistungen und ausgelösten Investitionsvolumina. Tab. 5-3 zeigt das als Grundlage der Berechnungen verwendete Investitionsvolumen nach Kreditprogramm und Verwendungszweck.

<sup>42</sup> Da für die Evaluierung 2008 im Rahmen der überarbeiteten Methodik teilweise noch mit vorläufigen Parametern gerechnet werden musste, erfolgte eine Neuberechnung der Förderjahrgänge 2007 und 2008, um einen konsistenten Vergleich mit dem Förderjahr 2009 zu ermöglichen.

**Tab. 5-3: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2009 unterstützten Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck.**

	Ergänzung 2009		EE Standard		EE Premium		Summe	
	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%
Biogas <sup>1)</sup>	33,7	3,3	183,6	3,3	26,9	6,5	244,1	3,5
Biomasse	0	0	63,7	1,1	76,8	18,5	140,6	2,0
Geothermie	0	0	64,8	1,2	26,0	6,2	90,8	1,3
Photovoltaik	732,3	71,8	4.152,9	74,2	0	0	4.885,2	69,4
Solarkollektoranlage	0	0	0,4	0,0	8,2	2,0	8,6	0,1
Wärmenetz	0	0	0	0	272,3	65,5	272,3	3,9
Wärmespeicher	0	0	0	0	5,6	1,4	5,6	0,1
Wasserkraft	0	0	23,7	0,4	0	0	23,7	0,3
Windkraft	253,5	24,9	1.110,5	19,8	0	0	1.364,1	19,4
Summe	1.019,5	100,0	5.599,6 <sup>2)</sup>	100,0	415,8	100,0	7.034,9 <sup>2)</sup>	100,0

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

<sup>2)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 6.213,6 bzw. 7.648,9 Mio. €

Die Bedeutung der KfW-Programme für den Ausbau der Erneuerbaren Energien zeigt sich vor allem im Strombereich sehr deutlich: Insgesamt 43 % der in Deutschland im Jahr 2009 zugebauten elektrischen Leistung wurden über die KfW gefördert (vgl. Tab. 5-4). Ein besonders hoher Anteil entfällt mit rund 54 % auf Windkraftanlagen. Auch in den Bereichen Photovoltaik, Wasserkraft und Biogas zeigt sich die Wichtigkeit der KfW-Förderung; 41 % der 2009 in Deutschland zugebauten Photovoltaikleistung, 36 % der neu installierten Wasserkraftleistung sowie 22 % der zugebauten Biogasleistung wurde über die KfW gefördert. Bei diesem Vergleich ist zu berücksichtigen, dass die von der KfW geförderten Anlagen nicht unbedingt im Jahr der Förderung in Betrieb gehen. Darüber hinaus wurde ein Teil der tatsächlich im Jahr 2009 installierten Anlagen bereits im Jahr 2008 gefördert.

Die Wirkungen der KfW-Förderung im Wärmesektor lassen sich hingegen nur schwer in Bezug auf die installierten Leistungen einordnen, da diese Daten nur für die solarthermischen Anlagen zur Verfügung stehen. Gemessen am Fördervolumen der KfW-Programme im Bereich der Erneuerbaren Energien nimmt der Wärmebereich im Vergleich zum Strombereich nur einen geringen Anteil ein.

**Tab. 5-4: Geförderte elektrische und thermische Leistung<sup>43</sup> der KfW-Programme im Förderjahrgang 2009 im Vergleich zu den 2009 in Deutschland zugebauten Leistungen (AGEE-Stat 2010, BMU 2010a).**

	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
Strom <sup>1)</sup>	Windkraft	1.024	1.880	54 %
	Photovoltaik	1.556	3.806	41 %
	Wasserkraft	7,2	20	36 %
	Biomasse	19,3	172	11 %
	Biogas <sup>2)</sup>	76,2	345	22 %
	<b>Summe</b>	<b>2.683</b>	<b>6.223</b>	<b>43 %</b>
Wärme <sup>4)</sup>	Solarthermie <sup>3)</sup>	7,3	1.101	0,7 %
	Biomasse	197	k.A.	k.A.
	Tiefengeothermie	66	k.A.	k.A.
	<b>Summe</b>	<b>270</b>	<b>k.A.</b>	<b>k.A.</b>
Wärmenetze (Trassenlänge)		1.189 km	k.A.	k.A.

<sup>1)</sup> Aus Datenschutzgründen ohne die geförderte Anlage zur Nutzung von Tiefengeothermie

<sup>2)</sup> Stromerzeugung

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

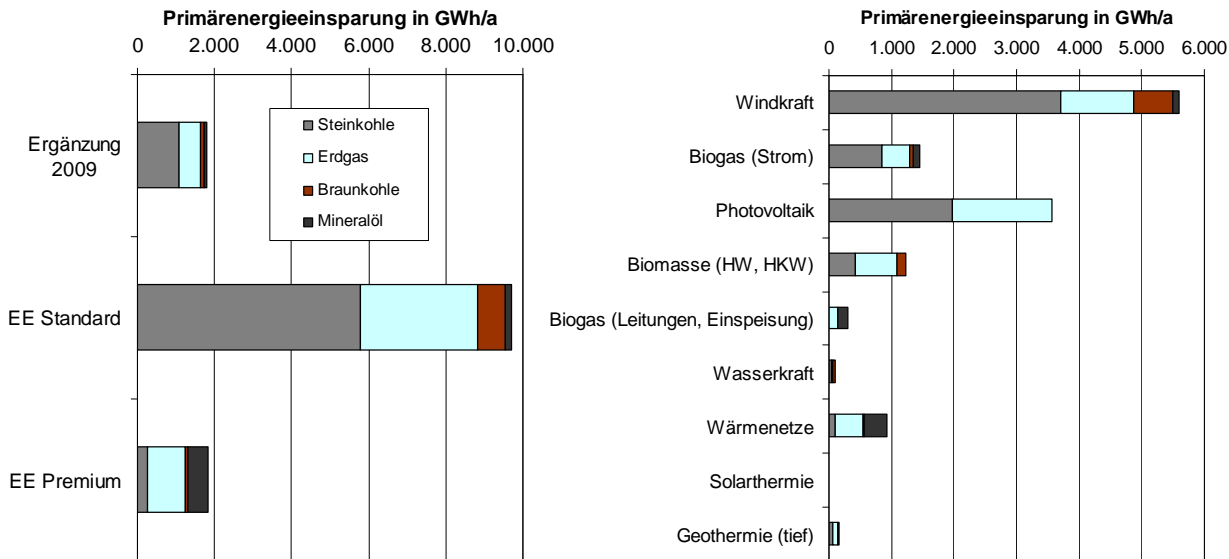
<sup>4)</sup> Ohne den thermischen Leistungsanteil der KWK-Anlagen aus dem Strombereich. Auf die Darstellung des thermischen Leistungsanteils von KWK-Anlagen wird hier verzichtet, weil dieser sonst die thermische Leistung der ausschließlich thermisch genutzten Biomasseanlagen überdeckt. Für die Berechnung der vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen wird jedoch die thermische Leistung der KWK-Anlagen berücksichtigt. Nachrichtlich: für Biomasse-Heizkraftwerke wurde eine thermische Leistung von 88 MW, für Biogasanlagen 89 MW hochgerechnet. Der davon tatsächlich genutzte Anteil wurde mit 70 % (Biomasse-Heizkraftwerke) bzw. 25 % (Biogasanlagen) angesetzt. Vergleiche dazu auch Anhang A3.

Abb. 5-1 zeigt die Aufteilung der Einsparung fossiler Energieträger nach Förderprogrammen und Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2009<sup>44</sup>. Daraus geht deutlich hervor, dass die Effekte der Förderung der Windenergienutzung dominieren. Auch die geförderten Photovoltaik-, Biogas- und Biomasseanlagen tragen einen bedeutenden Beitrag zur Einsparung fossiler Primärenergieträger bei. Insgesamt wird durch die geförderten Anlagen fossile Primärenergie von jährlich rund 13,3 TWh eingespart.

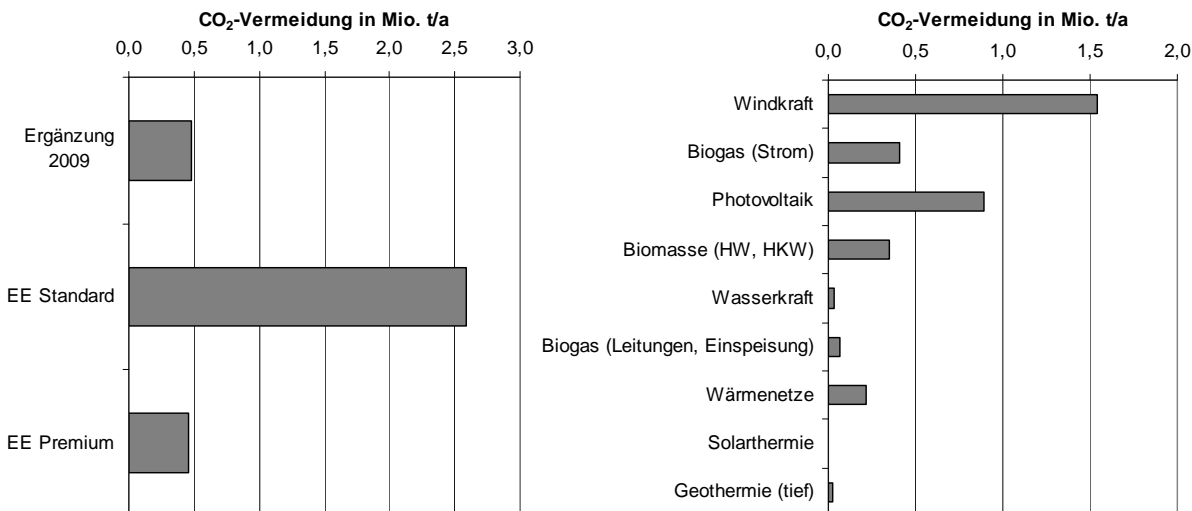
Abb. 5-2 zeigt die Struktur der CO<sub>2</sub>-Vermeidung nach Technologiebereichen und KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2009. Die Verhältnisse entsprechen auch hier im Wesentlichen der Brennstoffsubstitution nach Abb. 5-1, die unterschiedlichen CO<sub>2</sub>-Faktoren der Technologien fallen gemessen an den Energiemengen nicht entscheidend ins Gewicht. Deshalb ergeben sich im Technologiebereich nur leichte Verschiebungen.

<sup>43</sup> Die nicht in der Datenbank vorliegenden elektrischen bzw. thermischen Leistungen wurden anhand der spezifischen Investitionskosten der vollständigen Datensätze hochgerechnet (vgl. dazu Tab. 2-3).

<sup>44</sup> Aus Vereinfachungsgründen wurde hierbei vernachlässigt, dass die im Verlauf des Jahres 2009 geförderten Anlagen nur anteilige Energiemengen bereit gestellt haben.



**Abb. 5-1: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2009.**



**Abb. 5-2: Jährliche CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologiebereichen und KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2009 (gesamt: 3,5 Mio. t/a).**

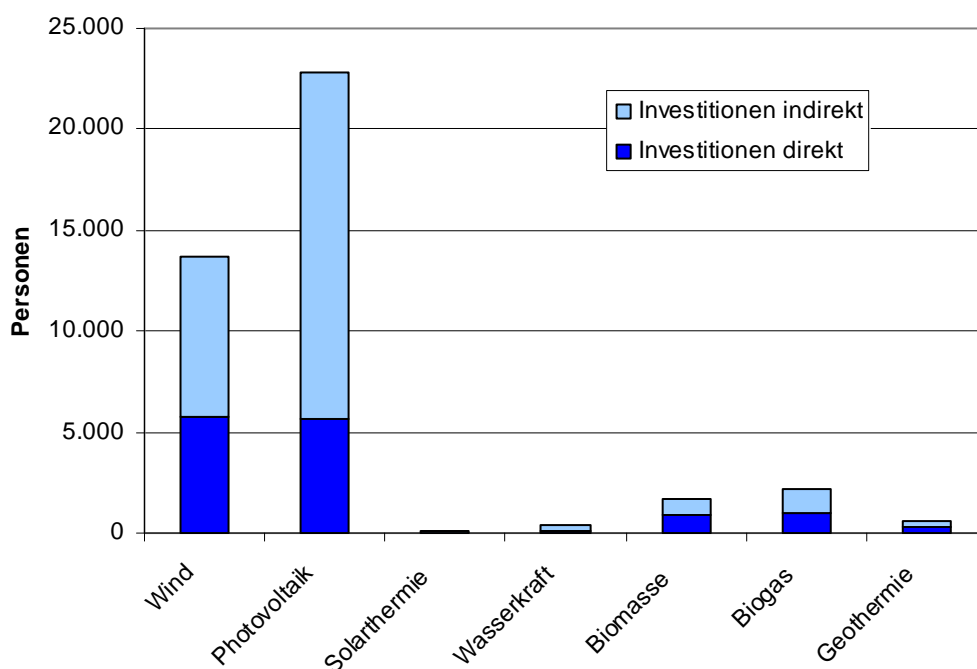
Allein die von der KfW im Jahr 2009 geförderten Anlagen tragen somit mit einer Minderung von rund 3,5 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr mehr als 5 % zur Erreichung der mit dem Integrierten Energie- und Klimaprogramm angestrebten CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch die Förderung Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich (rund 64 Mio. t pro Jahr bis 2020<sup>45</sup>) bei. Werden die in den Jahren 2007 und 2008 geförderten Anlagen hinzugerechnet, beträgt der Beitrag der in den Jahren 2007 bis 2009 von der KfW geförderten Anlagen im

<sup>45</sup> Nach BMU (2007) belaufen sich die CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch das Energie- und Klimaprogramm von Meseberg bis 2020 im Bereich Erneuerbare Energien Stromerzeugung auf 54,4 Mio. t/a und im Bereich Erneuerbare Energien Wärmeversorgung auf 9,2 Mio. t/a.

Bereich Erneuerbaren Energien rund 10,6 Mio. t pro Jahr. Diese Anlagen tragen damit etwa ein Sechstel zu der im IEKP angestrebten CO<sub>2</sub>-Einsparung bei.

In den betrachteten drei Förderjahren sind Verschiebungen in den Programmen und insbesondere im Hinblick auf die geförderten Technologien zu verzeichnen (v.a. Rückgang der Förderung zugebauter Leistung an Windkraft- und Biogasanlagen sowie starke Zunahme der geförderten PV-Leistung). Diese sind zum Großteil auf die Novellierung des EEG sowie die allgemeine Marktentwicklung der Photovoltaik zurückzuführen.

Die durch die im Jahr 2009 geförderten Investitionen ausgelöste Beschäftigung (für ein Jahr) in Deutschland wird auf rund 41.000 Personen geschätzt. Davon fallen knapp 14.000 (33 %) direkt in den Branchen an, die Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren, und annähernd 28.000 (67 %) in den zuliefernden vorgelagerten Branchen der Volkswirtschaft. Knapp 23.000 Personen werden durch die Förderung von Investitionen im Bereich Photovoltaik beschäftigt, annähernd 14.000 im Bereich Windenergie, 2.200 im Bereich Biogas und 1.700 im Bereich Biomasse; die übrigen Bereiche der Erneuerbaren Energien spielen im Förderjahr 2009 hinsichtlich der Beschäftigungswirkung eine untergeordnete Rolle (vgl. Abb. 5-3).



**Abb. 5-3: Durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2009 ausgelöste Beschäftigung.**

Hervorzuheben ist der mit knapp 72 % sehr hohe Anteil an Arbeitsplätzen im Bereich kleiner und mittelständischer Unternehmen, die einen großen Teil der Wertschöpfung im Bereich der Erneuerbaren Energien beitragen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe ganz erheblich zum stabilen Aufwärtstrend der Beschäftigung in der Erneuerbaren-Energien-Branche beitragen.

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sind:

- Mit einem ausgelösten Investitionsvolumen von 7,0 Mrd. € haben die KfW-Programme 34,3 % der in Deutschland im Jahr 2009 getätigten Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien gefördert.
- Die Bedeutung der KfW-Programme für den Ausbau der Erneuerbaren Energien zeigt sich vor allem im Strombereich sehr deutlich: Insgesamt 43 % der in Deutschland im Jahr 2009 zugebauten elektrischen Leistung wurden über die KfW gefördert. Ein besonders hoher Anteil entfällt mit rund 54 % auf Windkraftanlagen.
- Die KfW-Förderung im Jahr 2009 führt zu vermiedenen Energieimporten im Gegenwert von jährlich rund 310 Mio. €. Dies entspricht insgesamt rund 6,2 Mrd. € über die gesamte Laufzeit der Anlagen von 20 Jahren. Die so im Inland verbleibenden Mittel tragen zur Stärkung der heimischen Wirtschaft bei.
- Die im Jahr 2009 von der KfW geförderten Anlagen bewirken eine Vermeidung von 3,5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Emissionen (bzw. 3,7 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalent) pro Jahr, was allein über 5 % der von der Bundesregierung angestrebten zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch den Ausbau Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich bis 2020 entspricht. Betrachtet man die Förderjahre 2007 bis 2009 zusammen, so wurden durch die KfW-Programme bislang Emissionsvermeidungen von jährlich rund 10,6 Mio. t CO<sub>2</sub> angestoßen, d.h. rund ein Sechstel der im IEKP angestrebten Einsparungen.
- Mit Produktion und Bau der im Jahr 2009 geförderten Anlagen waren rund 41.000 Arbeitsplätze verbunden. Somit trägt die KfW-Förderung weiterhin maßgeblich zum Jobmotor Erneuerbare Energien bei. Hinzu kommen jährlich weitere 2.300 Arbeitsplätze durch Betrieb und Wartung der Anlagen.
- 71,7 % der Arbeitsplätze sind in kleinen und mittleren Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten entstanden, 31,4 % der Arbeitsplätze entfallen auf Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten. Diese Zahlen unterstreichen die Wichtigkeit der betrachteten KfW-Programme für die Mittelstandsförderung.

## Literaturverzeichnis

- AGEB (2010): Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Hrsg.): *Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2009*. Berlin, März 2010.
- AGEE-Stat (2010): Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik. *Persönliche Mitteilungen*. Stuttgart, 2010.
- BDEW (2008): Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Endenergieverbrauch in Deutschland 2007*. Berlin, Dezember 2008.
- BMWi (2010): Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.): *Energiedaten - Nationale und Internationale Entwicklung*. URL: <http://www.bmwi.de/Navigation/Technologie-und-Energie/Energiepolitik/energiedaten.html> [Stand 07.04.2010].
- Bode, S.; Groscurth, H. (2006): *Zur Wirkung des EEG auf den „Strompreis“*. HWWA Discussion Paper, 348, Hamburg Institute of International Economics. Hamburg, August 2006.
- BMU (2006): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): *Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte - Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt*. Berlin, Juni 2006.
- BMU (2007): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): *Kosten und Nutzen des Energie- und Klimaprogramms der Bundesregierung*. Berlin, Oktober 2007.
- BMU (2008): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): *Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung*, Berlin, Juni 2008.
- BMU (2009): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): *Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung*, Berlin, Juni 2009.
- BMU (2010a): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): *Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung*, Berlin, Juni/August 2010.
- BMU (2010b): Reichmuth, M.; Schmidt, M.; Kelm, T.; Erfurt, I.; Schiffler, A.: *Analyse zur möglichen Anpassung der EEG-Vergütung für Photovoltaik-Anlagen*; Erstellt im Rahmen des Vorhabens: „Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichtes gemäß § 65 EEG – Vorhaben IIc – Spartenspezifisches Vorhaben Solare Strahlungsenergie“ im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Berlin; 05.03.2010.
- DBFZ (2009): Deutsches BiomasseForschungsZentrum: *Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse*. Zwischenbericht „Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse 2008“. Leipzig, März 2009.
- GEMIS: Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) Version 4.4. Öko-Institut Darmstadt. <http://www.oeko.de/service/gemis/de/index.htm>.
- Institut für Mittelstandsforschung (2010): *Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Deutschland 2008 nach Wirtschaftszweigen und Beschäftigtengrößenklassen*. Bonn. [www.ifm-bonn.org/assets/documents/BA\\_Besch\\_D\\_2003-2008.pdf](http://www.ifm-bonn.org/assets/documents/BA_Besch_D_2003-2008.pdf) [Stand 28.07.2010].
- IPCC (1996): Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.): *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. 1996.
- IPCC (2001): Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.): *Third Assessment Report*. 2001.
- Jansen, A. et al. (2005): *Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland an Land und Offshore bis zum Jahr 2020*. Konsortium DEWI / E.ON Netz / EWI / RWE Transportnetz Strom / VE Transmission, Endbericht, Köln, Februar 2005.
- Klobasa, M.; Ragwitz, M. (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, M.; Sensfuß, F.; Ragwitz, M. (2009): *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.
- Kratzatz, M.; Edler, D.; Ottmüller, M.; Lehr, U. (2008): *Bruttobeschäftigung 2007 – eine erste Abschätzung*. Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. März 2008.
- Krewitt, W.; Schломann, B. (2006): *Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern*. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Thermodynamik, Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Gutachten für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stuttgart, April 2006.
- Leible, L.; Arlt, A.; Fürniß, B.; Kälber, S.; Kappler, G.; Lange, S.; Nieke, E.; Rösch, C.; Wintzer, D. (2003): *Energie aus biogenen Rest- und Abfallstoffen*. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Karlsruhe, Juli 2003.
- Neji, L.; Dannemand, D.; Durstewitz, M.; Helby, P.; Hoppe-Kilpper, M.; Morthorst, P., E. (2003): *Experience Curves: A Tool for Energy Policy Assessment*. Environmental and Energy Systems Studies. Lund, Schweden, 2003.
- Nitsch, J.; Krewitt, W.; Nast, M.; Viebahn, P.; Gärtner, S.; Pehnt, M.; Reinhardt, G.; Schmidt, R.; Uihlein, A. Scheurlen, K.; Barthel, C.; Fishedick, M.; Merten, F. (2004): *Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland*. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Thermodynamik, Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie, Bericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Stuttgart, 2004.
- Nitsch J. (2008): „Leitstudie 2008“ - Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Stuttgart, Oktober 2008.
- O’Sullivan, M.; Edler, D.; Ottmüller, M.; Lehr, U. (2010): *Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2009 – eine erste Abschätzung*. Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit März 2010.
- Pehnt, M. (2007): *Erneuerbare Energien kompakt, Ergebnisse systemanalytischer Studien*. Im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Heidelberg, Mai 2007.
- Staiß F. (2007): *Jahrbuch Erneuerbare Energien 2007*. Radebeul: Biberstein, Mai 2007.
- Staiß, F.; Schmidt, M.; Musiol, F. (2007): *Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2007 gemäß § 20 EEG – Forschungsbericht*. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW). Stuttgart, November 2007.
- UBA (2009a): Umweltbundesamt (Hrsg.): *Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger*, Dessau, 2009.
- UBA (2009b): Umweltbundesamt (Hrsg.): *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2007*. April 2009.
- Wissen, R.; Nicolosi, M. (2007): *Anmerkungen zur aktuellen Diskussion zum Merit-Order Effekt der erneuerbaren Energien*. Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI) Working Paper, Nr. 07/3, September 2007.
- ZSW (2007): Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (Hrsg.): *Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (Marktanreizprogramm)*. Evaluierungsberichte des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung für die Zeiträume 2002 bis 2004, 2004 bis 2005 sowie 2006. Stuttgart, 2004-2007.

## Anhang

### A1 Energiepreise Förderjahr 2009

**Tab. A-1: Übersicht über die verwendeten Preissteigerungsraten und Annuitäten für Energiepreise (Preisbasis 2005).**

Energieträger	Annuität in €/GWh	mittlere reale Preissteigerungsrate	Quelle
Rohöl (Importpreis)	42.238	4,1 %	Importpreise 2007-2009 aus BMWi Energiedaten, Preisniveau in Anlehnung an Nitsch (2008), Tab. 2-3
Erdgas (Importpreis)	34.908	4,8 %	
Steinkohle (Importpreis)	17.185	5,4 %	
Erdgas (frei Kraftwerk)	48.091	4,4 %	In Anlehnung an Nitsch (2008)
Steinkohle (frei Kraftwerk)	20.921	5,0 %	
Braunkohle (frei Kraftwerk)	4.637	1,1 %	
Heizöl (Verbraucherpreis)	71.989	4,3 %	
Erdgas (Verbraucherpreis)	85.896	3,6 %	
Steinkohle (Verbraucherpreis)	43.871	1,2 %	Haushaltspreis 2007-2009 aus BMWi Energiedaten, Preisniveau in Anlehnung an Nitsch (2008), Tab. 2-3
Braunkohle (Verbraucherpreis)	62.672	1,2 %	

Zur ausführlichen Darstellung der angenommenen Preisentwicklungen wird auf Nitsch (2008), Tabelle 2-3 verwiesen. Der für diese Studie gewählte Preisfad „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 sind somit nur die reinen Brennstoffkosten ohne CO<sub>2</sub>-Aufschläge.

Durch den Bezug auf das Ausgangsjahr 2009, in dem die Energiepreise für Erdgas und Mineralölprodukte auf verhältnismäßig niedrigen Niveau im Vergleich zu 2008 lagen, ergeben sich gegenüber einem Bezug auf das Basisjahr 2008 (Evaluierung 2008) erhöhte mittlere Preissteigerungsraten über einen Zeitraum von 20 Jahren.

Tab. A-2 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. Aufgrund der in 2009 gesunkenen Energiepreise für Erdgas und Mineralölprodukte entfällt das Jahr 2010 als Stützwert; es wird deshalb zwischen 2009 und 2015 interpoliert. Mit dem kalkulatorischen Zinssatz von 6 % werden die jährlichen Werte auf das Basisjahr abgezinst und zu einem Kapitalwert aufsummiert. Der Kapitalwert wird anschließend mit dem kalkulatorischen Zinssatz in eine Annuität umgerechnet. Diese Art der Umrechnung auf einen gemittelten Wert für den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren zeigt lediglich geringe Abweichungen (bis zu 4 %) zum arithmetischen Mittelwert.

**Tab. A-2: Berechnung der Annuität am Beispiel Erdgas (Haushalte).**

<b>Ausgangswerte:</b>	
<b>Jahr</b>	<b>€/GWh</b>
2009	54.848
2015	81.342
2020	92.025
2025	101.904
2030	112.657

Kalkulatorischer Zinssatz: 6 %

	<b>Interpolierte Werte</b>	<b>abgezinst</b>
<b>Jahr</b>	<b>€/GWh</b>	<b>€/GWh</b>
2009	54.848	54.848
2010	59.264	55.909
2011	63.679	56.674
2012	68.095	57.174
2013	72.511	57.435
2014	76.927	57.484
2015	81.342	57.343
2016	83.479	55.518
2017	85.615	53.716
2018	87.752	51.940
2019	89.888	50.193
2020	92.025	48.477
2021	94.001	46.715
2022	95.976	44.998
2023	97.952	43.324
2024	99.928	41.697
2025	101.904	40.114
2026	104.055	38.642
2027	106.205	37.208
2028	108.356	35.813
	<b>Kapitalwert</b>	<b>985.224</b>
	<b>Annuität</b>	<b>85.896</b>

## A2 Substitution fossiler Energieträger und CO<sub>2</sub>-Vermeidung

Im Rahmen der Arbeiten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) wurde die Methodik der Substitution fossiler Energieträger durch den Einsatz Erneuerbarer Energien wesentlich überarbeitet und erstmals für die Evaluierung des Förderjahrgangs 2008 angewandt. Sowohl für den Strom- als auch für den Wärmesektor gelten neue Substitutionsfaktoren. Diese werden im Folgenden denjenigen gegenübergestellt, die für die Evaluierung des Förderjahrgangs 2007 herangezogen wurden.

Im Strombereich ist grundsätzlich eine Verschiebung von den kohlenstoffintensiven Energieträgern Braun- und Steinkohle hin zum weniger kohlenstoffintensiven Energieträger Erdgas zu beobachten (vgl. Tab. A-3). Erstmals zur Methodik hinzugekommen sind Kraftwerke, die mit Mineralöl befeuert werden. Diese spielen jedoch nur eine untergeordnete Rolle bei der Strombereitstellung. Nach wie vor wird durch die Nutzung erneuerbarer Energiequellen im Stromsektor kein Strom aus Kernkraftwerken substituiert.

**Tab. A-3: Vergleich der Substitutionsfaktoren im Strombereich (BMU 2009; Klobasa, M. et al. 2009; EVA 07: Evaluierung Förderjahrgang 2007; EVA 08/09: Evaluierung Förderjahrgänge 2008/2009).**

[%]	Kernenergie		Braunkohle		Steinkohle		Erdgas		Mineralöl	
	EVA 07	EVA 08/09	EVA 07	EVA 08/09	EVA 07	EVA 08/09	EVA 07	EVA 08/09	EVA 07	EVA 08/09
Windenergie	0		20	11	70	63	10	24	0	2
Wasserkraft	0		100	30	0	45	0	25	0	0
Feste Biomasse	0		30	16	60	59	10	25	0	0
Biogas	0		0	5	70	62	30	32	0	1
Photovoltaik	0		0	0	50	50	50	50	0	0
Tiefengeothermie	0		100	30	0	45	0	25	0	0

Die in Tab. A-3 angeführten erneuerbaren Energieträger sparen somit zu unterschiedlichen Anteilen fossile Energieträger ein. Im Einzelnen errechnet sich die Primärenergieeinsparung für die fossilen Energieträger aus den mittleren Brennstoffausnutzungsgraden der deutschen Kraftwerke sowie dem kumulierten Primärenergieaufwand zur Bereitstellung und Nutzung der fossilen Energieträger. Damit lässt sich für die Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien eine Brutto-Primärenergieeinsparung berechnen. Dieser Einsparung wird der fossile Primärenergieaufwand zur Bereitstellung erneuerbarer Energieträger sowie zur Herstellung von Anlagen zur erneuerbaren Energiebereitstellung

gegenübergestellt und damit die Netto-Primärenergieeinsparung ermittelt. Die Primärenergiefaktoren für die Strombereitstellung sind in Tab. A-4 angeführt:

**Tab. A-4: Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Strom (BMU 2009).**

Energieträger	Primärenergieverbrauch (fossil) in kWh <sub>Prim</sub> /kWh <sub>el</sub>
Braunkohle	2,81
Steinkohle	2,91
Erdgas	2,42
Mineralöl	2,62
Wasserkraft	0,01
Windenergie	0,04
Photovoltaik	0,31
Tiefengeothermie	0,47
Feste Biomasse	0,06
Biogas	0,37

Die Bereitstellung einer Kilowattstunde Strom aus Photovoltaik ist demnach mit einem Primärenergieverbrauch von 0,31 kWh verbunden. Eingespart wird dadurch jeweils zu 50 % der Primärenergieaufwand von 2,91 kWh (Steinkohle) und 2,42 kWh (Erdgas). Damit ergibt sich für die Bereitstellung einer Kilowattstunde Strom aus Photovoltaik eine Netto-Primärenergieeinsparung von 2,36 kWh.

Im Rahmen der Umstellung der Substitutionsmethodik wurden auch die CO<sub>2</sub>-Minderungsfaktoren für die einzelnen erneuerbaren Energieträger im Stromsektor überarbeitet. Während in der Vergangenheit nur die direkten Emissionen der verdrängten fossilen Energieträger bzw. der erneuerbaren Energieträger bilanziert wurden, werden nun auch die Emissionen aus den Vorketten bilanziert.

Durch die bereits beschriebene Änderung bei den Substitutionsfaktoren sowie durch die Einbeziehung der Vorketten ergeben sich Differenzen gegenüber den für die Evaluierung des Förderjahrgangs 2007 verwendeten Emissionsfaktoren. Zur Veranschaulichung der Auswirkungen auf die Minderungsfaktoren sind in Tab. A-5 die Einsparungsfaktoren für die Evaluierung der Förderjahre ab 2008 den für die Evaluierung des Förderjahres 2007 verwendeten Faktoren gegenübergestellt.

**Tab. A-5: Vergleich der Minderungsfaktoren für CO<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Stromsektor (UBA 2009a; EVA 07: Evaluierung Förderjahrgang 2007; EVA 08/09: Evaluierung Förderjahrgänge 2008/2009).**

[g/kWh <sub>el</sub> ]	CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub> -Äquivalente	
	EVA 07	EVA 08/09 (einschl. Vorketten)	EVA 07	EVA 08/09 (einschl. Vorketten)
Windenergie	862	753	873	820
Wasserkraft	1.088	851	1.098	907
Feste Biomasse	886	819	874	877
Biogas	748	688	751	530
Tiefengeothermie	1.088	541	1.098	577
Photovoltaik	683	591	690	649

Durch die geänderten Berechnungsgrundlagen werden die Einsparungsfaktoren für die CO<sub>2</sub>-Minderung allesamt geringer. Auch bei den CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ergibt sich bis auf Strom aus fester Biomasse eine geringere Einsparung gegenüber den für die Evaluierung des Förderjahrgangs 2007 verwendeten Faktoren.

Im Wärmebereich wurde die seither verwendete Methodik deutlich erweitert. Während bislang für den gesamten Wärmesektor pauschale Substitutionsfaktoren angenommen wurden (vgl. Tab. A-6, EVA 07), wurde im Zuge der Aktualisierung der Methodik eine nach Energieträgern spezifizierte Substitutionsmethode definiert (vgl. Tab. A-6, EVA 08/09), die erstmals für die Evaluierung des Förderjahrgangs 2008 herangezogen wurde. Mit der neu eingeführten Berechnungsmethodik wird nun auch bilanziert, wie viel Fernwärme und Strom durch die Wärmebereitstellung aus Erneuerbare Energien verdrängt wird.

**Tab. A-6: Vergleich der Substitutionsfaktoren im Wärmebereich (BMU 2009, UBA 2009a; EVA 07: Evaluierung Förderjahrgang 2007; EVA 08/09: Evaluierung Förderjahrgänge 2008/2009).**

[%]		Heizöl	Erdgas	Steinkohle	Braunkohle	Fernwärme	Strom
EVA 08/09	Solarthermie	45	51	0	0	2	3
	Wärmepumpen	45	44	1	2	5	3
	Biogas	48	46	6	0	0	0
	Feste Biomasse (HW, HKW)	0	0	0	0	100	0
	Tiefengeothermie	0	0	0	0	100	0
EVA 07	Alle Energieträger	56,9	40,5	0,5	2,1	0	0

Während bei Solarthermie, Wärmepumpen und Biogas Änderungen nur in begrenztem Umfang stattfanden, wurde für die Wärme aus fester Biomasse in Heizwerken und Heizkraftwerken sowie aus Tiefengeothermie eine hundertprozentige Verdrängung von Fernwärme angesetzt.

Analog zur Berechnung im Stromsektor werden Primärenergiefaktoren zur Berechnung der Primärenergieeinsparung verwendet, wobei auch der kumulierte fossile Primärenergieaufwand sowohl bei den fossilen, als auch bei den erneuerbaren Energieträgern berücksichtigt ist. Die Netto-Primärenergieeinsparung für erneuerbare Energieträger ergibt sich aus dem nach Tab. A-7 gewichteten Primärenergieaufwand abzüglich des Primärenergieverbrauchs der erneuerbaren Wärmebereitstellung.

**Tab. A-7: Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Wärme (BMU 2009).**

Energieträger	Primärenergieverbrauch (fossil) in kWh <sub>Prim</sub> /kWh <sub>th</sub>
Erdgas	1,15
Heizöl	1,18
Braunkohle	1,22
Steinkohle	1,38
Fernwärme (einschließlich Netzverluste)	1,12
Strom	1,81
Solarthermie	0,12
Wärmepumpen	0,72
Biogas	0,06
Feste Biomasse	0,02
Tiefengeothermie	0,47

Durch die Änderung der Substitutionsmethode ergeben sich Änderungen bei den Einsparungsfaktoren für CO<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>-Äquivalente. In Tab. A-8 sind die Einsparungsfaktoren für die vorliegende Evaluierung angeführt. Zusätzlich sind die für die Evaluierung des Förderjahres 2007 verwendeten Einsparungsfaktoren mit in die Tabelle aufgenommen. Im Hinblick auf die Vorketten gibt es für die Einsparungsfaktoren im Wärmesektor keine Änderungen gegenüber der Evaluierung des Förderjahres 2007.

**Tab. A-8: Vergleich der Minderungsfaktoren für CO<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Wärmesektor (BMU 2009, UBA 2009a; EVA 07: Evaluierung Förderjahrgang 2007; EVA 08/09: Evaluierung Förderjahrgänge 2008/2009).**

[g/kWh <sub>End</sub> ]	CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub> -Äquivalente	
	EVA 07	EVA 08/09	EVA 07	EVA 08/09
Solarthermie	231,7	218	225,7	224
Wärmepumpen		90		93
Biogas		262		241
Feste Biomasse (HW, HKW)		279		291
Tiefengeothermie		65		68

Die Einsparungsfaktoren für Wärme aus Wärmepumpen sind deutlich geringer, als für die Evaluierung des Förderjahres 2007 angesetzt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass eine Emissionsminderung nur dem erneuerbaren Anteil der Wärme aus Wärmepumpen



zugerechnet wird. Gleichzeitig sind Primärenergieaufwand und die damit verbundenen Emissionen für den Wärmepumpenstrom in den Einsparungsfaktor für die Wärmeerzeugung aus Wärmepumpen eingerechnet. Die für Biogasanlagen im Vergleich zu den anderen Technologien höhere Differenz zwischen dem CO<sub>2</sub>-Einsparungsfaktor und dem Einsparungsfaktor für CO<sub>2</sub>-Äquivalente für Wärme rührt von den bei der Biogasnutzung entstehenden Methanemissionen her, die mit einem Gewichtungsfaktor von 21 (vgl. Tab. A-26) in die Berechnung eingehen.

Um einen konsistenten Vergleich der unterschiedlichen Förderjahrgänge zu gewährleisten, wurden die Förderwirkungen Primärenergieeinsparung und CO<sub>2</sub>-Einsparung für die Förderjahre 2007 und 2008<sup>46</sup> erneut mit der aktuellen Berechnungsmethodik ermittelt. Die Ergebnisse sind im Kapitel 3.6 gegenübergestellt.

---

<sup>46</sup> Da für die Evaluierung 2008 im Rahmen der überarbeiteten Methodik teilweise noch mit vorläufigen Parametern gerechnet werden musste, erfolgt in der vorliegenden Evaluierung ebenfalls eine Neuberechnung der Förderwirkungen für den Förderjahrgang 2008.

### A3 Referenzanlagen

Im folgenden Teil des Anhangs sind die Eingangsdaten zur Berechnung der Betriebskosten der Referenzanlagen angeführt. Die Tabellen gliedern sich in die beiden Hauptteile „Basisdaten“ und „Jahreskosten“. Der Tabellenteil „Basisdaten“ umfasst die zur Berechnung des jährlichen Energieertrags notwendigen Angaben sowie Eingangsdaten zur Ermittlung der jährlichen Kosten der Anlage. Aufbauend auf den Referenzanlagen wird die Energiebereitstellung aller geförderten Anlagen hochgerechnet, die wiederum als Grundlage für die Abschätzung der eingesparten fossilen Energieträger sowie der vermiedenen Treibhausgasemissionen dient.

Die jährlichen Kosten der Referenzanlagen sind anschließend im Tabellenteil „Jahreskosten“ dargestellt und nach Kapitaldienst, ggf. Brennstoffkosten sowie sonstigen Betriebskosten aufgeteilt. Bei KWK-Anlagen ist darüber hinaus ein Wärmeerlös zu berücksichtigen.

Der Kapitaldienst der Referenzanlagen stellt die Annuität der Investition über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren dar. Darüber hinaus sind Brennstoffpreise (bei Biomasseanlagen) oder sonstige Kosten, die mit einer Preissteigerungsrate versehen sind, bereits in Annuitäten umgerechnet. Die Angaben zu den jährlichen Kosten gehen in die Abschätzung der Beschäftigungswirkungen ein (vgl. Kapitel 4).

**Tab. A-9: Grunddaten für alle Referenzanlagen.**

Kalkulatorischer Zinssatz	6 %
Betrachtungszeitraum	20 a
Inbetriebnahme	2009
1 Personenjahr	50.000 € (ohne Umsatzsteuer)
Steuer	netto

**Tab. A-10: Photovoltaikanlage mit 20 kW<sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen bis 100 kW<sub>p</sub>.**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	20 kW <sub>p</sub>
	Spezifische Investitionskosten	3.220 €/kW <sub>p</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	64.400 €
	Spezifischer Stromertrag	970 kWh/kW <sub>p</sub>
	Jährlicher Stromertrag	19,4 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</b>	Kapitaldienst	5.615 €/a
	Personalkosten	0 €/a
	Wartung und Reparatur	814 €/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	322 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	6.751 €/a

**Tab. A-11: Photovoltaikanlage mit 215 kW<sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen von 101 bis 1.000 kW<sub>p</sub>.**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	215 kW <sub>p</sub>
	Spezifische Investitionskosten	3.100 €/kW <sub>p</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	666.500 €
	Spezifischer Stromertrag	970 kWh/kW <sub>p</sub>
	Jährlicher Stromertrag	208,6 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</b>	Kapitaldienst	58.109 €/a
	Personalkosten	0 €/a
	Wartung und Reparatur	6.665 €/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	3.333 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	68.106 €/a

**Tab. A-12: Photovoltaikanlage mit 3,6 MW<sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen über 1 MW<sub>p</sub>.**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	3.550 kW <sub>p</sub>
	Spezifische Investitionskosten	3.060 €/kW <sub>p</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	10.863.000 €
	Spezifischer Stromertrag	980 kWh/kW <sub>p</sub>
	Jährlicher Stromertrag	3.480 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</b>	Kapitaldienst	947.086 €/a
	Personalkosten	12.500 €/a
	Wartung und Reparatur	137.387 €/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	54.315 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	1.151.288 €/a

**Tab. A-13: Windkraftanlage mit 2 MW.**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	2.000 kW
	Spezifische Investitionskosten	1.332 €/kW
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	2.664.000 €
	Volllaststunden	2.000 h
	Jährlicher Stromertrag	4.000 MWh/a
	Betriebskosten (ab 1. Betriebsjahr)	50 €/kW
	Betriebskosten (ab 10. Jahr)	60 €/kW
	<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst
Betriebskosten		113.596 €/a
Gesamte jährliche Kosten		345.856 €/a

**Tab. A-14: Biomasse-Heizkraftwerk 1,0 MW<sub>el</sub>.**

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	1.000 kW <sub>el</sub>
	Thermische Leistung	4.545 kW <sub>th</sub>
	Spezifische Investitionskosten	2.850 €/kW <sub>el</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	2.850.000 €
	Volllaststunden	5.000 h
	Jährlicher Stromertrag	5.000 MWh/a
	Wärmebereitstellung	22.727 MWh/a
	Wärmenutzung (70 %)	15.909 MWh/a
	Wärmevergütung	4,0 ct/kWh
	Brennstoffpreis	60 €/t
	Brennstoffheizwert	4,1 kWh/t
	Elektrischer Jahresnutzungsgrad	14,0 %
	Brennstoffbedarf	8.711 t/a
	Personaleinsatz	2,0 a
	Wartung und Reparatur	2,0 %/a von I <sub>0</sub>
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	1,2 %/a von I <sub>0</sub>
Sonstige variable Kosten	4,0 €/MWh <sub>Hu</sub>	
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	248.476 €/a
	Betriebskosten	422.491 €/a
	Brennstoffkosten	522.648 €/a
	Wärmegutschrift	-636.364 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	557.251 €/a

**Tab. A-15: Wasserkraftanlage, Mix aus Neubau und Reaktivierung.**

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	290 kW
	Spezifische Investitionskosten	3.300 €/kW
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	957.000 €
	Volllaststunden	5.000 h
	Strombereitstellung	1.450 MWh/a
	Wartung und Reparatur	1,5 %/a von I <sub>0</sub>
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5 %/a von I <sub>0</sub>
	Sonstige variable Kosten	2,9 €/MWh
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	83.436 €/a
	Betriebskosten	29.525 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	112.961 €/a

**Tab. A-16: Biogasanlage 450 kW<sub>el</sub>.**

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	450 kW <sub>el</sub>
	Thermische Leistung	523 kW <sub>th</sub>
	Spezifische Investitionskosten	2.800 €/kW <sub>el</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	1.260.000 €
	Volllaststunden	7.000 h
	Jährlicher Stromertrag	3.150 MWh/a
	Wärmebereitstellung	3.663 MWh/a
	Wärmenutzung (25 %)	916 MWh/a
	Wärmevergütung	4,0 ct/kWh
	Substratkosten Maissilage	43 €/t <sub>FM</sub>
	Anteil Maissilage	50 %
	Anteil Gülle	50 %
	Elektrischer Jahresnutzungsgrad	35 %
	Bedarf Maissilage	7.303 t <sub>FM</sub> /a
	Personaleinsatz	1,0 a
	Wartung und Reparatur	3,5 %/a von I <sub>0</sub>
Versicherung, Verwaltung, Pacht	1,2 %/a von I <sub>0</sub>	
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	75.600 €/a
	Betriebskosten	138.133 €/a
	Substratkosten	312.780 €/a
	Wärmegutschrift	-36.628 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	489.886 €/a

**Tab. A-17: Biogasleitungen.**

<b>Basisdaten</b>	Leitungslänge	1.550 m
	spez. Investitionskosten Biogasleitung (einschließlich Gasverdichter)	107 €/m
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> ) Biogasleitung	165.850 €
	Leistung Biogasanlage	350 kW
	Volllaststunden	7.500 h
	Stromkennzahl	0,65
	zusätzliche Wärmenutzung durch BG-Leitung	55 %
	zusätzliche Wärmenutzung	2.221 MWh/a
	Stromverbrauch Gasverdichtung	38 MWh/a
	Investition Wärmeversorgung Fermenter	20.000 €
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	24.922 €/a
	Mehrerlöse KWK-Bonus & Anlagensplitting	-151.333 €/a
	Betriebskosten	24.280 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	-102.131 €/a

**Tab. A-18: Solarthermische Anlage.**

<b>Basisdaten</b>	Kollektorfläche	90 m <sup>2</sup>
	Spezifische Investitionskosten	820 €/m <sup>2</sup>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	73.800 €
	Spezifischer Wärmeertrag	370 kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Wärmebereitstellung	33,3 MWh/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	1,5 %/a von I <sub>0</sub>
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	6.434 €/a
	Betriebskosten	1.400 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	7.834 €/a

**Tab. A-19: Biogasaufbereitung und -einspeisung.**

<b>Basisdaten</b>	<b>Einspeiseanlage</b> (Biogaseinspeisung und Nutzung des Biogases in mehreren dezentralen Satelliten-BHKWs)	
	Rohgasvolumenstrom	1.080 Nm <sup>3</sup> /h
	Energiemenge im Rohgas	56,3 GWh/a
	Volumenstrom Erdgassubstitut (Produktgas)	700 Nm <sup>3</sup> /h
	Volllaststunden Gaseinspeisung	8.000 h/a
	Produktgasvolumen	5,6 Mio. Nm <sup>3</sup> /a
	Energiemenge im Produktgas nach Abzug für Fermenterbeheizung	52,3 GWh/a
	Produktgasanteil zur KWK-Nutzung	100 %
	Dezentrale Wärmenutzung	80 %
	Elektrischer Jahresnutzungsgrad	36 %
	Thermischer Jahresnutzungsgrad	50 %
	Jährlicher Stromertrag	18,8 GWh/a
	Jährliche Wärmenutzung	20,9 GWh/a
	<b>Vergleichsanlage</b> (Nutzung des Biogas ohne Einspeisung in einem zentralen Groß-BHKW)	
	Elektrischer Jahresnutzungsgrad	40 %
	Thermischer Jahresnutzungsgrad	45 %
	Anteil Wärmenutzung	20 %
	Jährlicher Stromertrag	22,5 GWh/a
Jährliche Wärmenutzung	5,1 GWh/a	

**Tab. A-20: Biomasse-Heizwerk ohne Nahwärmenetz.**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	420 kW
	Spezifische Investitionskosten	490 €/kW
	Investitionskosten ( $I_0$ )	205.800 €
	Volllaststunden	1.800 h
	Wärmebereitstellung	756 MWh/a
	Brennstoffpreis (Holzhackschnitzel)	92 €/t
	Jahresnutzungsgrad	75 %
	Brennstoffbedarf	252 t/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	6,0 %/a von $I_0$
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	17.943 €/a
	Brennstoffkosten	23.177 €/a
	Betriebskosten	15.617 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	56.736 €/a

**Tab. A-21: Biomasse-Heizwerk mit Nahwärmenetz.**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	280 kW
	Trassenlänge	720 m
	Spezifische Investitionskosten	1.080 €/kW
	Investitionskosten ( $I_0$ )	302.000 €
	Volllaststunden	3.500 h
	Wärmebereitstellung	980 MWh/a
	Verluste Wärmenetz (10 %)	98 MWh/a
	Wärmenutzung	882 MWh/a
	Brennstoffpreis (Holzhackschnitzel)	92 €/t
	Jahresnutzungsgrad	80 %
	Brennstoffbedarf	306 t/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	6,0 %/a von $I_0$
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	26.330 €/a
	Brennstoffkosten	28.166 €/a
	Betriebskosten	22.917 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	77.413 €/a

**Tab. A-22: Wärmenetze (Wärmeeinspeisung aus Biomasse-Heizwerk).**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	566 kW
	Trassenlänge	970 m
	Spezifische Investitionskosten	220 €/m
	Investitionskosten ( $I_0$ )	213.400 €
	zusätzliche Volllaststunden	1.000 h
	zusätzliche Wärmebereitstellung	566 MWh/a
	Verluste Wärmenetz	10 %
	Brennstoffpreis (Holzhackschnitzel)	92 €/t
	Jahresnutzungsgrad	80 %
	Brennstoffbedarf	177 t/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	1,5 %/a von $I_0$
	ausgespeiste Wärme	509 MWh
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	18.605 €/a
	Brennstoffkosten	16.268 €/a
	Betriebskosten	4.048 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	38.921 €/a

**Tab. A-23: Wärmenetze (Wärmeeinspeisung aus Biogasanlage).**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	440 kW
	Trassenlänge	1.270 m
	Spezifische Investitionskosten	220 €/m
	Investitionskosten ( $I_0$ )	279.400 €
	zusätzliche Volllaststunden	3.750 h
	zusätzliche Wärmebereitstellung	1.650 MWh
	Verluste Wärmenetz	10 %
	Wartung, Reparatur und Betrieb	1,5 %/a von $I_0$
	ausgespeiste Wärme	1.485 MWh
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	25.231 €/a
	Brennstoffkosten	0 €/a
	Gutschrift KWK-Bonus	-28.958 €/a
	Betriebskosten	5.300 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	1.574 €/a



**Tab. A-24: Tiefengeothermie, Wärmenutzung.**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	22 MW
	Spezifische Investitionskosten	955 €/kW
	Investitionskosten ( $I_0$ )	21,0 Mio. €
	Volllaststunden	2.000 h
	Wärmeertrag	44.000 MWh/a
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	1,83 Mio. €/a
	Betriebskosten	2,64 Mio. €/a
	Gesamte jährliche Kosten	4,47 Mio. €/a

**Tab. A-25: Tiefengeothermie, Stromerzeugung.**

Entfällt aus Datenschutzgründen, da lediglich eine Anlage gefördert wurde.

## A4 Treibhausgaspotenziale

Tab. A-26 zeigt das relative Treibhauspotenzial bezogen auf einen Zeithorizont von 100 Jahren mit CO<sub>2</sub> als Referenzsubstanz. Die Werte nach IPCC (2001) stellen den derzeitigen wissenschaftlichen Stand dar. Da diese Werte jedoch noch nicht verbindlich von den Vertragsstaaten angenommen worden sind, wird im Gutachten mit den Werten aus IPCC (1996) gerechnet.

**Tab. A-26: Relatives Treibhauspotenzial von Treibhausgasen.**

Gas		relatives Treibhauspotenzial	
		IPCC (2001)	IPCC (1996)
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid	1	1
CH <sub>4</sub>	Methan	23	21
N <sub>2</sub> O	Distickstoffoxid	296	310
SF <sub>6</sub>	Schwefelhexafluorid	22.200	23.900
FKW	perfluorierte Kohlenwasserstoffe	8.600-11.900	6.500-9.200
H-FKW	wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe	43-12.000	140-11.700