

# **Evaluierung der KfW-Förderung für Erneuerbare Energien im Inland in 2008**

**Gutachten im Auftrag der KfW**



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

**Stuttgart, Juli 2009**

**Bearbeiter:**

Dr. Peter Bickel  
Tobias Kelm  
Dr. Dietmar Edler (DIW Berlin)



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

# Inhalt

<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>5</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>8</b>
<b>Abkürzungen und Definitionen .....</b>	<b>10</b>
<b>Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger .....</b>	<b>12</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 2008 .....	18
2.2. Vergleich der Förderjahrgänge 2007 und 2008 .....	25
2.3. Referenzanlagenmodell .....	28
<b>3. Einsparung fossiler Energieträger und Treibhausgasminderungen.....</b>	<b>29</b>
3.1. Methodik.....	29
3.2. Einsparung fossiler Energieträger .....	36
3.3. Vermiedene Energieimporte .....	39
3.4. Vermiedene Kosten für fossile Energieträger .....	40
3.5. Vermiedene Treibhausgasemissionen.....	41
3.6. Vergleich der Förderjahre 2007 und 2008 .....	44
<b>4. Beschäftigungseffekte.....</b>	<b>48</b>
4.1. Methodische Grundlagen .....	48
4.2. Ergebnisse .....	50
<b>5. Zusammenfassung.....</b>	<b>55</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>61</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>63</b>
<b>A1 Energiepreise.....</b>	<b>63</b>
<b>A2 Substitution fossiler Energieträger und CO<sub>2</sub>-Vermeidung .....</b>	<b>65</b>



<b>A3 Referenzanlagen.....</b>	<b>71</b>
<b>A4 Treibhausgaspotenziale .....</b>	<b>80</b>

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1: Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2008. ....	17
Tab. 2-2: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm. ....	18
Tab. 2-3: Mittelwerte der spezifischen Investitionskosten für die plausiblen Datensätze (eigene Berechnungen).....	19
Tab. 2-4: Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2008 unterstützter Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Bundesländern.....	20
Tab. 2-5: Relative Anteile am Investitionsvolumen nach Bundesländern.....	21
Tab. 2-6: Relative Anteile am Investitionsvolumen nach Programmen. ....	21
Tab. 2-7: Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2008 unterstützter Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck.....	22
Tab. 2-8: Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2008 unterstützter Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck und Bundesland.....	22
Tab. 2-9: Geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Vergleich zu den 2008 in Deutschland zugebauten Leistungen (BMU 2009). ....	23
Tab. 2-10: Installierte Leistung der Investitionen in erneuerbare Energiequellen, die 2008 durch KfW-Kreditprogramme unterstützt wurden.....	24
Tab. 3-1: Substitution konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien bezogen auf das Jahr 2007 (BMU 2009 und Klobasa et al. 2009). ....	31
Tab. 3-2: Substitution konventioneller Energieträger durch die Wärmeerzeugung mit Erneuerbaren Energien (BMU 2009 und UBA 2009a). ....	32
Tab. 3-3: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen. ....	37
Tab. 3-4: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologiebereichen.....	38
Tab. 3-5: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern. ....	39
Tab. 3-6: Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Energieträger..	40
Tab. 3-7: Vermiedene Kosten durch die Nutzung Erneuerbarer Energien im Jahr 2008. ....	41
Tab. 3-8: Relatives Treibhauspotenzial der sog. Kyoto-Gase (BMU 2008).....	42
Tab. 3-9: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogramm. ....	42

Tab. 3-10: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen. .....	43
Tab. 3-11: Energieeinsparung und vermiedene Kosten durch KfW-geförderte Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjahrgänge 2007 und 2008. ....	46
Tab. 4-1: Aus KfW-geförderten Investitionen im Jahr 2008 resultierende im Inland wirksame Nachfrage nach Sparten. ....	50
Tab. 4-2: Durch im Jahr 2008 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung. .....	51
Tab. 5-1: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Kreditprogramm im Jahr 2008. ....	55
Tab. 5-2: Volumina der Investitionen in erneuerbare Energiequellen, die 2008 durch KfW-Kreditprogramme gefördert wurden, nach Verwendungszweck. ....	56
Tab. 5-3: Geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Vergleich zu den 2008 in Deutschland zugebauten Leistungen (BMU 2009). .....	57
Tab. A-1: Übersicht über die verwendeten Preissteigerungsraten und Annuitäten für Energiepreise. ....	63
Tab. A-2: Berechnung der Annuität am Beispiel Erdgas (Haushalte). ....	64
Tab. A-3: Vergleich der Substitutionsfaktoren im Strombereich (BMU 2009; Klobasa, M. et al. 2009; EVA 07: Evaluierung Förderjahrgang 2007; EVA 08: Evaluierung Förderjahrgang 2008). ....	65
Tab. A-4: Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Strom (BMU 2009). ....	66
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: Evaluierung Förderjahrgang 2008). ....	67
Tab. A-6: Vergleich der Substitutionsfaktoren im Wärmebereich (BMU 2009, UBA 2009a; EVA 07: Evaluierung Förderjahrgang 2007; EVA 08: Evaluierung Förderjahrgang 2008). ....	68
Tab. A-7: Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Wärme (BMU 2009). ....	69
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: Evaluierung Förderjahrgang 2008). ....	69
Tab. A-9: Grunddaten für alle Referenzanlagen. ....	71
Tab. A-10: Photovoltaikanlage mit 17 kW <sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen bis 100 kW <sub>p</sub> . ....	72
Tab. A-11: Photovoltaikanlage mit 233 kW <sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen von 101 bis 1.000 kW <sub>p</sub> . ....	72



Tab. A-12: Photovoltaikanlage mit 2,6 MW<sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen über 1 MW<sub>p</sub>. ..... 73

Tab. A-13: Windkraftanlage mit 2 MW. .... 73

Tab. A-14: ORC-Biomasse-Heizkraftwerk 1,5 MW<sub>el</sub>, Brennstoff: Altholz und Waldrestholz. .... 74

Tab. A-15: Biogasanlage 540 kW<sub>el</sub>. .... 75

Tab. A-16: Wasserkraftanlage Neubau. .... 75

Tab. A-17: Wasserkraftanlage Umbau, Reaktivierung. .... 76

Tab. A-18: Solarthermische Anlage. .... 76

Tab. A-19: Biomasse-Heizwerk ohne Nahwärmenetz. .... 76

Tab. A-20: Biomasse-Heizwerk mit Nahwärmenetz. .... 77

Tab. A-21: Geothermische Anlage (Wärmepumpe). .... 77

Tab. A-22: Wärmenetze (Einspeisung Biomasse). .... 78

Tab. A-23: Wärmenetze (Einspeisung Biogas). .... 78

Tab. A-24: Biogasleitungen. .... 79

Tab. A-25: Biogasaufbereitung und –einspeisung. .... 79

Tab. A-26: Relatives Treibhauspotenzial von Treibhausgasen. .... 80

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1: Mit Darlehen der KfW-Programme im Jahr 2008 finanziertes Investitionsvolumen nach Bundesländern.....	19
Abb. 2-2: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Programmen. ....	25
Abb. 2-3: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Technologien.....	26
Abb. 2-4: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme ausgelösten Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck und Bundesland.....	27
Abb. 2-5: Geförderte elektrische Leistung aufgeteilt nach Technologien. ....	28
Abb. 3-1: Struktur des Primärenergieverbrauchs und des Endenergieverbrauchs für die Sektoren Strom und Wärme (BMW 2009, BDEW 2008).....	29
Abb. 3-2: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen.....	37
Abb. 3-3: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern. ....	38
Abb. 3-4: Jährliche Vermeidung von CO <sub>2</sub> und CO <sub>2</sub> -Äquivalenten durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern.....	43
Abb. 3-5: Jährliche Einsparung fossiler Brennstoffe der von der KfW geförderten Vorhaben in 2007 und 2008 nach Technologien. ....	45
Abb. 3-6: Vermiedene jährliche Brennstoffkosten in Kraftwerken bzw. Haushalten und vermiedene Kosten für Importbrennstoffe für die in den Jahren 2007 und 2008 von der KfW geförderten Vorhaben im Bereich Erneuerbare Energien.....	46
Abb. 3-7: CO <sub>2</sub> -Einsparung der von der KfW geförderten Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjahrgänge 2007 und 2008. ....	46
Abb. 4-1: Durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2008 ausgelöste Beschäftigung. ....	51
Abb. 4-2: Ausgelöste Beschäftigung durch den Betrieb von im Jahr 2008 KfW-geförderten Anlagen (über einen Zeitraum von 20 Jahren). ....	52
Abb. 4-3: Abgeschätzte Aufteilung der Beschäftigung in Arbeitnehmer und Selbständige/mithelfende Familienangehörige. ....	53
Abb. 5-1: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen.....	58
Abb. 5-2: Jährliche CO <sub>2</sub> -Vermeidung durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologiebereichen und KfW-Förderprogrammen (gesamt: 3,0 Mio. t/a)..	58

Abb. 5-3: Ausgelöste Beschäftigung durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2008.  
..... 59

## Abkürzungen und Definitionen

AGEE-Stat	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien - Statistik
BB	Brandenburg
BE	Berlin
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
CCS	Carbon Capture and Storage
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien – Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich – Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz
ERP-Umwelt	ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm (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 Marktanzreizprogrammes; Kreditprogramm der KfW)
KfW-Umwelt	KfW-Umweltprogramm (Kreditprogramm der KfW)
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
$kW_{el} / MW_{el}$	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
ORC	Organic Rankine Cycle
PV	Photovoltaik
RP	Rheinland-Pfalz
Solar	Solarstrom erzeugen (Kreditprogramm der KfW)
SH	Schleswig-Holstein
SL	Saarland
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
TH	Thüringen
Verwendungszweck	Wind (-kraftanlage), Photovoltaik, Solarkollektoranlage („Solarthermie“), Anlage zur Verfeuerung fester Biomasse („Biomasse“), Biogasanlage, Wasserkraft (-anlage), (Tiefen-) Geothermie, Wärmenetze, Biogasleitung
WP	Wärmepumpen

## Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

Die Grundzüge der Klimapolitik der Bundesregierung sind im „Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP)“ verankert, dessen Eckpunkte auf der Klausurtagung des Bundeskabinetts in Meseberg am 23./24. 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 Wär-mebereich festgelegt. Bis zum Jahr 2020 sollen mindestens 30 Prozent des Bruttostrom- verbrauchs und 14 Prozent des Wärmeverbrauchs mit Erneuerbaren Energien gedeckt werden. Damit sollen 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 Förder- jahrgang 2008 zu überprüfen, werden in der vorliegenden Studie zum zweiten mal die von diesen Förderprogrammen ausgehenden Effekte in den Bereichen Treibhausgas- minderung, Einsparung fossiler Energieträger und damit vermiedener Importe an fossilen Energieträgern sowie Beschäftigungseffekte ermittelt.

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sind:

- Mit einem ausgelösten Investitionsvolumen von 5,2 Mrd. € haben die KfW- Programme rund 40 % der in Deutschland im Jahr 2008 getätigten Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien gefördert.
- Die KfW-Förderung im Jahr 2008 führt zu vermiedenen Energieimporten im Gegen- wert von jährlich rund 244 Mio. €. Dies entspricht insgesamt knapp 4,9 Mrd. € über die gesamte Laufzeit der Anlagen von 20 Jahren. Die so im Inland verbleibenden Mit- tel tragen zur Stärkung der heimischen Wirtschaft bei.
- Die im Jahr 2008 von der KfW geförderten Anlagen bewirken eine Vermeidung von 2,97 Mio. t CO<sub>2</sub>-Emissionen (bzw. 3,00 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalent) pro Jahr, was allein über 4,5 % der von der Bundesregierung angestrebten zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Einspar- ungen durch den Ausbau Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich bis 2020 entspricht. Betrachtet man die Förderjahre 2007 und 2008 zusammen, so wur- den durch die KfW-Programme bislang Emissionsvermeidungen von jährlich rund 7,1 Mio. t CO<sub>2</sub> angestoßen, d.h. rund 11 % der im IEKP angestrebten Einsparungen.
- Mit Produktion und Bau der im Jahr 2008 geförderten Anlagen waren rund 42.000 Arbeitsplätze verbunden. Somit trägt die KfW-Förderung weiterhin maßgeblich zum Jobmotor Erneuerbare Energien bei und erweist sich als Innovationsprogramm für ei- ne exportorientierte Wirtschaft. Hinzu kommen jährlich weitere mehr als 1.850 Ar- beitsplätze durch Betrieb und Wartung der Anlagen.
- 71,8 % der Arbeitsplätze sind in kleinen und mittleren Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten entstanden, knapp die Hälfte davon (insgesamt 33,3 %) in Kleinun- ternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten. Diese Zahlen unterstreichen die Wich- tigkeit 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 at the closed conference of the Federal Cabinet in Meseberg on 23 and 24 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 percent and their share in heat consumption to at least 14 percent 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 2008 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:

- Around 40 % of the investments made in the construction of facilities using renewable energies in 2008 in Germany were financed through KfW programmes, which provided an investment volume of € 5.2 billion.
- Promotional activities conducted in 2008 reduced energy imports by nearly € 244 million per annum. This amounts to almost € 4.9 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 2008 led to a reduction of approximately 2.97 million tonnes of CO<sub>2</sub> (3.00 million tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent, respectively) per annum, which alone is more than 4.5 % 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 and 2008, KfW's programmes have led to a reduction of approximately 7.1 million tonnes CO<sub>2</sub> per annum, i.e. about 11 % of the targeted cuts in emissions.
- Manufacturing and construction of the facilities financed in 2008 generated around 42,000 jobs. Thus, KfW's financing programmes continue to clearly enhance the role of renewable energy as a significant creator of employment, concurrently proving to be an innovation programme for Germany's export-driven economy. Another 1,850 jobs per annum are created by operation and maintenance of the facilities.
- Small and medium-sized enterprises with less than 500 employees account for 71.8 % of generated jobs, with almost half of them (overall 33.3 %) being created by



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). Es basiert auf den in der Klausurtagung der Bundesregierung in Meseberg am 23./24. August 2007 beschlossenen Eckpunkten und hat zum Ziel, den Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung im Jahr 2020 – wie im Erneuerbare-Energien-Gesetz verankert – auf mindestens 30 % anzuheben. Im Jahr 2008 lag dieser bei 14,8 %. 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 lautet das im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz festgeschriebene Ausbauziel auf 14 % im Jahr 2020. Im Jahr 2008 lag der EE-Anteil bei 7,7 %. Das CO<sub>2</sub>-Minderungsziel des IEKP im Wärmebereich beläuft sich auf 9,2 Mio. t pro Jahr 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 13,1 Mrd. € Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Deutschland 2008 (BMU 2009) mehr als 5 Mrd. € durch KfW-Kreditprogramme gefördert.

Die große Bedeutung der KfW-Förderung zeigt sich vor allem im Strombereich sehr deutlich. Dort wurden insgesamt fast 60 % der in Deutschland im Jahr 2008 zugebauten elektrischen Leistung an Erneuerbaren Energien über die KfW gefördert.

Gegenstand der hier dargestellten Arbeiten ist die umfassende Evaluierung der Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe im Bereich der Erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2008. 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>/€ zu aktuellen Preisen,
- vermiedene Importe an fossilen Energieträgern in Tonnen/Liter/m<sup>3</sup>/€ zu aktuellen Preisen,
- 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.

Auf Grund inzwischen eingetretener methodischer Änderungen im Vergleich zur Erstevaluation für den Förderjahrgang 2007 sind deren Ergebnisse in den Bereichen Treibhausgasminderung, Einsparung fossiler Energieträger und damit verbundener Importe nicht direkt mit den Ergebnissen für 2008 vergleichbar. Um einen Vergleich zu ermöglichen, wurden die betreffenden Berechnungen für den Förderjahrgang 2007 nochmals mit der neuen Methode durchgeführt.

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. 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.

## 2. Datengrundlage und Methodik

Im Betrachtungszeitraum 2008 förderte die KfW Investitionen in Erneuerbare Energien hauptsächlich über die vier Programme (vgl. auch Tab. 2-1):

- ERP<sup>3</sup>-Umwelt- und Energiesparprogramm (ERP-Umwelt),
- KfW-Umweltprogramm (KfW-Umwelt),
- Solarstrom erzeugen (Solar) sowie das
- KfW-Programm Erneuerbare Energien (KfW-EE, Teil des BMU Marktanzreizprogrammes).

Während die beiden letztgenannten Programme ausschließlich Investitionen in Erneuerbare Energien fördern, sind die ersten beiden Programme breiter angelegt. Allerdings wird im Weiteren nur die Förderung Erneuerbarer Energien berücksichtigt.

**Tab. 2-1: Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2008.**

	ERP-Umwelt	KfW-Umwelt	Solar	KfW-EE
Programmname	ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm	KfW-Umweltprogramm	Solarstrom erzeugen	KfW-Programm Erneuerbare Energien
Hier berücksichtigte Fördermaßnahmen	Gewerblicher Einsatz regenerativer Energiequellen, z.B. Windkraft, Photovoltaik	Gewerblicher Einsatz regenerativer Energiequellen, z.B. Windkraft, Photovoltaik	Errichtung, Erweiterung oder Erwerb einer Photovoltaikanlage	Solarkollektoranlagen ab 40 m <sup>2</sup> , Anlagen zur Verfeuerung und Vergasung fester Biomasse, Anlagen zur Erschließung und Nutzung von Tiefengeothermie, Nahwärmenetze, große Wärmespeicher, Anlagen zur Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität, Biogasleitungen für unaufbereitetes Biogas <sup>2)</sup>
Kreditregelhöchstbetrag <sup>1)</sup>	500.000 € (alte Bundesländer) 1.000.000 € (neue Bundesländer)	10.000.000 €	50.000 €	i.d.R. maximal 10.000.000 €

<sup>1)</sup> In begründeten Ausnahmefällen können die Kredithöchstgrenzen, zumindest im ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm, überschritten werden, was in der Praxis auch regelmäßig geschieht (z.B. bei Windkraftanlagen).

<sup>2)</sup> Folgende Fördertatbestände wurden im September 2008 neu eingeführt: Wärmenetze als eigenständige Maßnahme, große Wärmespeicher, Biogasleitungen, Biogasaufbereitungsanlagen.

Tab. 2-2 gibt einen Überblick über den jeweiligen Umfang der ausgewerteten Kreditprogramme im Jahr 2008. Während das Programm Solarstrom erzeugen (Solar) die höchste

<sup>3)</sup> European Recovery Programme, hervorgegangen aus dem Marshallplan für den Wiederaufbau der deutschen Wirtschaft nach dem zweiten Weltkrieg.

Anzahl an Darlehen ausweist, stehen die beiden Programme ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm und KfW-Umweltprogramm für insgesamt fast 87 % des zugesagten Darlehensvolumens.

**Tab. 2-2: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm.**

	ERP-Umwelt	KfW-Umwelt	Solar	KfW-EE	Summe
Darlehensfälle	10.857	10.500	15.173	448	36.978
Darlehensvolumen (Mio. €) <sup>1)</sup>	1.703,3	1.651,3 <sup>2)</sup>	464,4	47,9	3.867,0 <sup>2)</sup>
Investitionsvolumen (Mio. €) <sup>1)</sup>	2.363,8	2.264,5 <sup>3)</sup>	514,2	61,1	5.203,6 <sup>3)</sup>
Mittleres Investitionsvolumen je Darlehen (€) <sup>1)</sup>	217.723	215.663	33.890	136.442	140.722

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

<sup>2)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 1.961,8 bzw. 4.177,5 Mio. €; hier wurden nur Anlagen im Inland berücksichtigt.

<sup>3)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 2.916,8 bzw. 5.855,9 Mio. €; hier wurden nur Anlagen im Inland berücksichtigt.

## 2.1. Datengrundlage Förderjahrgang 2008

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 2008 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.

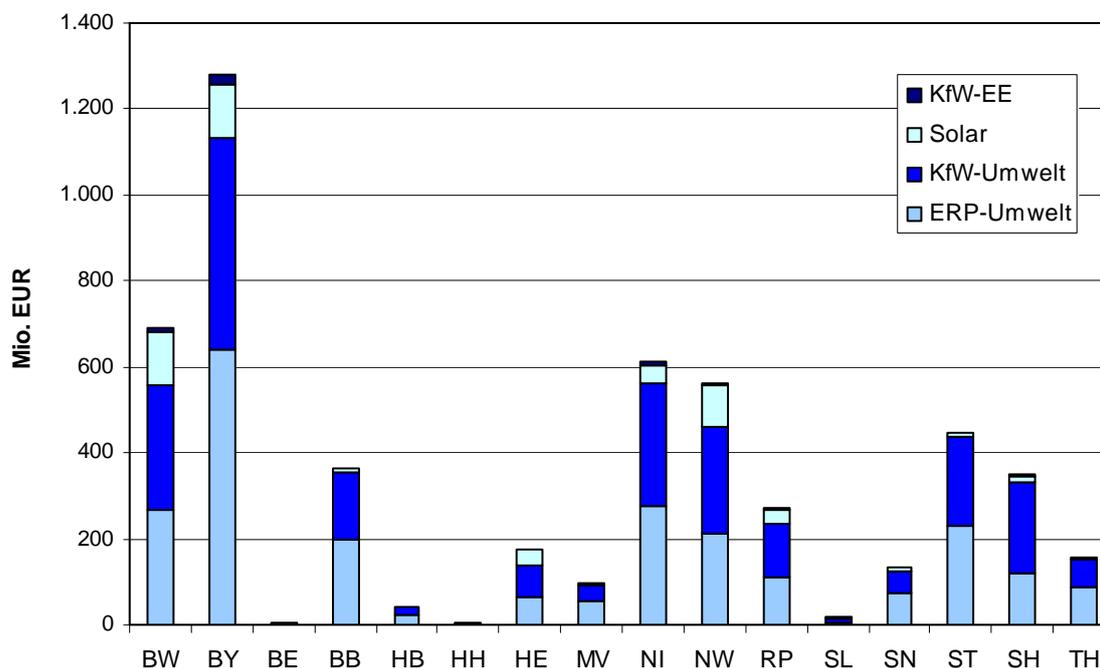
Für die Technologien Photovoltaik, Solarthermie, feste Biomasse, Biogas und Geothermie sind zusätzlich Angaben zur installierten Leistung vorhanden, falls sie durch die Programme Solarstrom erzeugen oder das Programm Erneuerbare Energien gefördert wurden. Für die Programme ERP-Umwelt und KfW-Umwelt sind Anlagentyp, Anlagenzahl und installierte Leistung für die Verwendungszwecke Solarkollektor, Biomasse, Biogas, Wasserkraft, Windkraft und Geothermie von der KfW partiell erfasst. Für Photovoltaikanlagen wurde eine geschichtete Zufallsstichprobe von 200 Anlagen für die Angaben Anlagentyp, Anlagenzahl und installierte Leistung zur Verfügung gestellt. Schichtungskriterium war die Verteilung nach Bundesländern.

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.

**Tab. 2-3: Mittelwerte der spezifischen Investitionskosten<sup>4</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 <sup>1)</sup>	2.910
	Biomasse Heizkraftwerk	3.650
	Photovoltaik	4.320
	Wasserkraft Neubau	3.480
	Wasserkraft Umbau	2.210
	Windkraft	1.330
<b>Wärme</b>	Solarthermie	1.150
	Biomasse	430
	Wärmenetze	210 €/Trassenmeter
	Geothermie	1.190

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



**Abb. 2-1: Mit Darlehen der KfW-Programme im Jahr 2008 finanziertes Investitionsvolumen nach Bundesländern.**

<sup>4</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.

Abb. 2-1 zeigt die regionale Verteilung des mitfinanzierten Investitionsvolumens auf Bundesländerebene. Insgesamt wurden im Jahr 2008 die höchsten Investitionen in Bayern getätigt, gefolgt von Baden-Württemberg, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Auf die flächenmäßig kleineren Bundesländer Berlin, Hamburg, Saarland und Bremen entfiel nur ein vergleichsweise geringer Anteil der Investitionen.

**Tab. 2-4: Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2008 unterstützter Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Bundesländern.**

Millionen € (exkl. MwSt)	ERP-Umwelt	KfW-Umwelt	Solar	KfW-EE	Summe
Baden-Württemberg	265,1	293,7	121,7	8,3	688,8
Bayern	638,4	492,3	128,6	23,2	1.282,5
Berlin	1,2	1,0	1,4	0,0	3,6
Brandenburg	198,3	154,0	9,9	0,1	362,4
Bremen	21,0	18,2	0,3	0,0	39,6
Hamburg	0,4	1,3	0,6	0,05	2,3
Hessen	65,4	73,1	35,4	2,8	176,6
Mecklenburg-Vorpommern	55,1	35,9	2,6	1,0	94,7
Niedersachsen	274,7	286,2	44,2	6,6	611,7
Nordrhein-Westfalen	213,0	248,0	97,8	4,7	563,5
Rheinland-Pfalz	109,9	124,8	30,5	6,8	272,1
Saarland	5,7	7,6	3,7	0,0	17,0
Sachsen	73,0	52,0	8,4	0,2	133,5
Sachsen-Anhalt	232,2	205,1	7,5	3,9	448,6
Schleswig-Holstein	121,0	210,5	15,7	3,1	350,3
Thüringen	89,6	60,6	5,9	0,3	156,5
Summe	2.363,8	2.264,5 <sup>1)</sup>	514,2	61,1	5.203,6 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 2.916,8 bzw. 5.855,9 Mio. €

Insgesamt wurden Investitionen in Höhe von über 5,2 Mrd. € ausgelöst (vgl. Tab. 2-4). Der größte Anteil des Investitionsvolumens wurde mit knapp 2,4 Mrd. € über das ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm gefördert. Ein Viertel des geförderten Investitionsvolumens wurde in Bayern getätigt, jeweils zwischen 10 und 13 % in den Bundesländern Baden-Württemberg, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Im Programm Solarstrom erzeugen ist darüber hinaus zu erkennen, dass knapp die Hälfte der Investitionen dieses Programms in den südlichen und solarstrahlungsreichen Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg zu finden ist (vgl. Tab. 2-5).

**Tab. 2-5: Relative Anteile am Investitionsvolumen nach Bundesländern.**

Prozent	ERP-Umwelt	KfW-Umwelt	Solar	KfW-EE	Gesamt
Baden-Württemberg	11,2	13,0	23,7	13,6	13,2
Bayern	27,0	21,7	25,0	37,9	24,6
Berlin	0,1	0,04	0,3	0,0	0,1
Brandenburg	8,4	6,8	1,9	0,2	7,0
Bremen	0,9	0,8	0,1	0,0	0,8
Hamburg	0,02	0,1	0,1	0,1	0,05
Hessen	2,8	3,2	6,9	4,6	3,4
Mecklenburg-Vorpommern	2,3	1,6	0,5	1,7	1,8
Niedersachsen	11,6	12,6	8,6	10,7	11,8
Nordrhein-Westfalen	9,0	11,0	19,0	7,7	10,8
Rheinland-Pfalz	4,6	5,5	5,9	11,1	5,2
Saarland	0,2	0,3	0,7	0,0	0,3
Sachsen	3,1	2,3	1,6	0,3	2,6
Sachsen-Anhalt	9,8	9,1	1,5	6,4	8,6
Schleswig-Holstein	5,1	9,3	3,0	5,0	6,7
Thüringen	3,8	2,7	1,2	0,6	3,0
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

**Tab. 2-6: Relative Anteile am Investitionsvolumen nach Programmen.**

Prozent	ERP-Umwelt	KfW-Umwelt	Solar	KfW-EE	Summe
Baden-Württemberg	38,5	42,6	17,7	1,2	100,0
Bayern	49,8	38,4	10,0	1,8	100,0
Berlin	33,1	28,0	39,0	0,0	100,0
Brandenburg	54,7	42,5	2,7	0,04	100,0
Bremen	53,0	46,1	0,9	0,0	100,0
Hamburg	17,6	54,4	26,0	2,0	100,0
Hessen	37,0	41,4	20,0	1,6	100,0
Mecklenburg-Vorpommern	58,2	37,9	2,8	1,1	100,0
Niedersachsen	44,9	46,8	7,2	1,1	100,0
Nordrhein-Westfalen	37,8	44,0	17,4	0,8	100,0
Rheinland-Pfalz	40,4	45,9	11,2	2,5	100,0
Saarland	33,4	44,9	21,7	0,0	100,0
Sachsen	54,6	38,9	6,3	0,1	100,0
Sachsen-Anhalt	51,8	45,7	1,7	0,9	100,0
Schleswig-Holstein	34,5	60,1	4,5	0,9	100,0
Thüringen	57,2	38,7	3,8	0,2	100,0

Über 90 % des geförderten Investitionsvolumens entfällt auf Windkraft und Photovoltaik. Allein in diesen beiden Technologien wurden über die KfW-Programme Investitionen in Höhe von 1,5 Mrd. € (Wind) bzw. 3,3 Mrd. € (PV) mitfinanziert (vgl. Tab. 2-7). Den dritt-

größten Anteil am geförderten Investitionsvolumen nehmen Biogasanlagen mit insgesamt knapp 285 Mio. € ein.

**Tab. 2-7: Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2008 unterstützter Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck.**

	ERP-Umwelt		KfW-Umwelt		Solar		KfW-EE		Summe	
	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%
Biogas <sup>1)</sup>	147,3	6,2	131,0	5,8	-	-	6,4	10,5	284,7	5,5
Biomasse	33,4	1,4	40,6	1,8	-	-	17,0	27,9	91,1	1,8
Geothermie	0,4	0,02	0,6	0,02	-	-	-	-	0,9	0,02
Photovoltaik	1.457,2	61,6	1.292,6	57,1	514,2	100,0	-	-	3.264,0	62,7
Solarkollektoranlage	0,04	0,002	0,1	0,006	-	-	3,1	5,0	3,2	0,06
Wärmenetz	-	-	-	-	-	-	34,6	56,6	34,6	0,7
Wasserkraft	31,9	1,3	28,4	1,3	-	-	-	-	60,3	1,2
Windkraft	693,6	29,3	771,2	34,1	-	-	-	-	1.464,8	28,1
Summe	2.363,8	100,0	2.264,5 <sup>2)</sup>	100,0	514,2	100,0	61,1	100,0	5.203,6 <sup>2)</sup>	100,0

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

<sup>2)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 2.916,8 bzw. 5.855,9 Mio. €

**Tab. 2-8: Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2008 unterstützter Investitionen in erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck und Bundesland.**

Mio. €	Bio-gas <sup>1)</sup>	Bio-masse	Geo-thermie	Photo-voltaik	Solarkollektor-anl.	Wär-menetz	Was-serkraft	Wind-kraft	Summe
BW	6,7	19,4	0,1	600,2	1,0	5,6	0,7	55,1	688,8
BY	22,5	9,9	0,2	1.204,5	1,0	12,5	1,9	30,0	1.282,5
BE	-	-	-	3,6	-	-	-	-	3,6
BB	97,3	6,6	-	80,9	-	-	-	177,6	362,4
HB	-	-	-	0,7	-	-	37,8	1,1	39,6
HH	-	-	-	2,3	0,05	-	-	-	2,3
HE	0,6	3,0	-	142,1	0,1	2,1	-	28,7	176,6
MV	11,0	0,1	-	48,1	0,1	0,9	0,4	34,0	94,7
NI	42,8	9,3	0,5	178,4	0,2	4,0	1,5	375,0	611,7
NW	20,6	6,4	0,03	362,4	0,4	1,7	1,0	171,0	563,5
RP	1,6	8,6	-	189,3	0,1	5,3	1,0	66,2	272,1
SL	1,1	-	-	6,8	-	-	-	9,1	17,0
SN	4,3	-	-	88,3	0,2	-	10,4	30,3	133,5
ST	23,6	4,4	-	125,5	-	-	2,4	292,7	448,6
SH	26,0	23,4	0,05	152,1	0,2	2,4	-	146,2	350,3
TH	26,5	0,12	-	78,6	-	0,2	3,2	47,9	156,5
Summe	284,7	91,1	0,9	3.264,0	3,2	34,6	60,3	1.464,8	5.203,6

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

Insgesamt wurden Anlagen mit einer elektrischen Leistung von fast 2 GW und einer thermischen Leistung von rund 100 MW gefördert. Die Trassenlänge der geförderten Nahwärmenetze beträgt über alle Bundesländer mehr als 150 km (vgl. Tab. 2-9).

**Tab. 2-9: Geförderte elektrische und thermische Leistung<sup>5</sup> der KfW-Programme im Vergleich zu den 2008 in Deutschland zugebauten Leistungen (BMU 2009).**

	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	Windkraft	1.100	1.647	67 %
	Photovoltaik	757	1.500	50 %
	Wasserkraft <sup>2)</sup>	18	20	90 %
	Biomasse	13,5	77	18 %
	Biogas <sup>3)</sup>	95,6	168	57 %
	<b>Summe</b>	<b>1.984<sup>5)</sup></b>	<b>3.412</b>	<b>58 %</b>
Wärme <sup>1)</sup>	Solarthermie <sup>4)</sup>	3,1	1.328	0,2 %
	Biomasse	97	k.A.	k.A.
	Geothermie (Wärmepumpen)	0,8	k.A.	k.A.
	<b>Summe</b>	<b>100,7</b>	<b>k.A.</b>	<b>k.A.</b>
Wärmenetze (Trassenlänge)		155 km	k.A.	k.A.

<sup>1)</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 vermeintlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen wird jedoch die thermische Leistung der KWK-Anlagen berücksichtigt. Nachrichtlich: für Biomasse-Heizkraftwerke wurde eine thermische Leistung von 43 MW, für Biogasanlagen 147 MW hochgerechnet. Der davon tatsächlich genutzte Anteil wurde mit 70 % (Biomasse-Heizkraftwerke) bzw. 25 % (Biogasanlagen) angesetzt. Vergleiche dazu auch Anhang A3.

<sup>2)</sup> Davon 2 MW Anlagenreaktivierungen bzw. -erweiterungen.

<sup>3)</sup> Stromerzeugung mit Biogas, Biogasleitungen und -einspeisung.

<sup>4)</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 Marktanzreizprogramms mit Investitionskostenzuschüssen gefördert werden.

<sup>5)</sup> Unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 2.286 MW<sub>el</sub>.

Über 40 % der installierten thermischen Leistung wurde in den beiden Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg installiert, während in Niedersachsen und Bayern am meisten elektrische Leistung installiert wurde (vgl. Tab. 2-10).

Der Anteil der von der KfW geförderten Anlagen zeigt sich vor allem im Strombereich sehr deutlich. Dort wurden insgesamt rund 58 % der in Deutschland im Jahr 2008 zugebauten elektrischen Leistung an Erneuerbaren Energien über die KfW gefördert (Tab. 2-9). Insbesondere für die Windkraft zeigt sich die Bedeutung der KfW-Förderung. Der Anteil der von der KfW geförderten Windkraftanlagen lag bei rund zwei Dritteln des Zu-

<sup>5)</sup> Die nicht in der Datenbank vorliegenden elektrischen bzw. thermischen Leistungen wurden anhand der spezifischen Investitionskosten (vgl. Tab. 2-3) der vollständigen Datensätze hochgerechnet.

baus 2008. Auch in den Bereichen Biogas, Wasserkraft und Photovoltaik zeigt sich die Wichtigkeit der KfW-Förderung; 57 % der 2008 in Deutschland zugebauten elektrischen Biogasleistung sowie 90 % der zugebauten Wasserkraftleistung wurde über die KfW gefördert. Im Bereich der Photovoltaik wurde die Hälfte der in Deutschland installierten Photovoltaikleistung durch einen KfW-Kredit finanziert. 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 2008 installierten Anlagen bereits im Jahr 2007 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 Erneuerbaren Energien nimmt der Wärmebereich im Vergleich zum Strombereich nur einen geringen Anteil ein.

**Tab. 2-10: Installierte Leistung<sup>6</sup> der Investitionen in erneuerbare Energiequellen, die 2008 durch KfW-Kreditprogramme unterstützt wurden.**

Millionen €	kW <sub>el</sub>	Anteil an der gesamten elektrischen Leistung	kW <sub>th</sub> <sup>7</sup>	Anteil an der gesamten thermischen Leistung	kumulierte Trassenlänge der Nahwärmenetze in km	Anteil an der gesamten Trassenlänge
BW	177	8,9%	17	17,0%	20	12,9%
BY	315	15,9%	27	26,4%	61	39,2%
BE	0,8	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
BB	185	9,3%	5,9	5,8%	0,2	0,2%
HB	11	0,6%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
HH	0,5	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
HE	51	2,6%	3,8	3,8%	12	7,5%
MV	40	2,0%	0,2	0,2%	3,5	2,3%
NI	335	16,9%	4,5	4,5%	25	15,8%
NW	213	10,7%	7,4	7,3%	11	7,1%
RP	93	4,7%	21	20,6%	10	6,6%
SL	7,8	0,4%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
SN	50	2,5%	0,2	0,2%	0,2	0,2%
ST	261	13,1%	11	10,9%	0,0	0,0%
SH	179	9,0%	2,9	2,9%	12	7,5%
TH	65	3,3%	0,3	0,3%	1,2	0,8%
Summe	1.984	100,0%	101	100,0%	155	100,0%

<sup>1)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 2.286 MW<sub>el</sub>

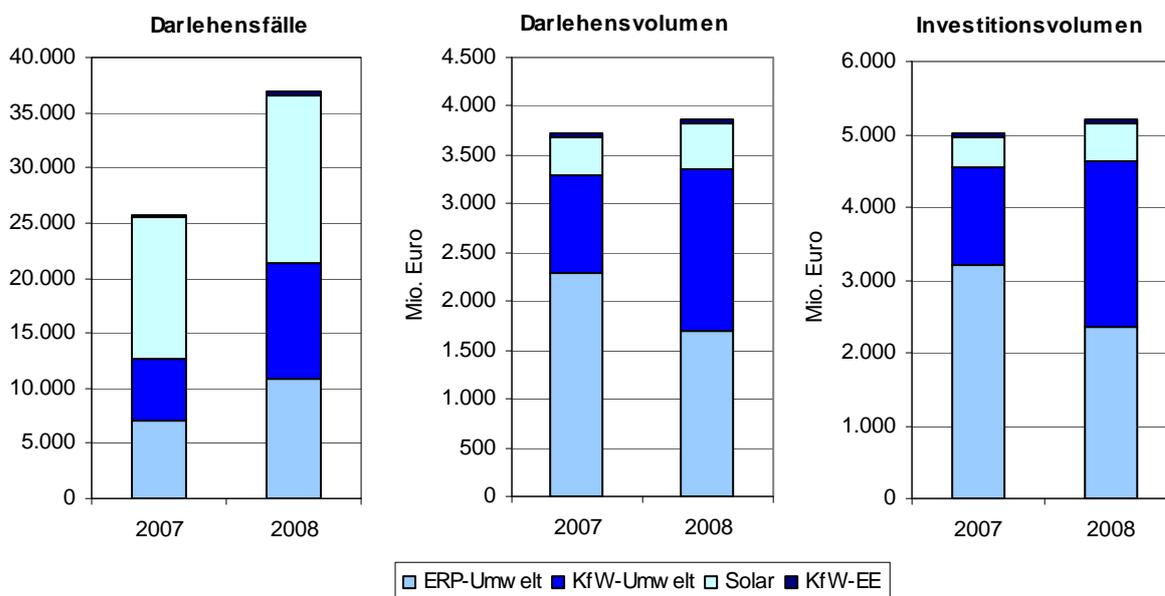
<sup>6)</sup> Die Leistungsangaben für unvollständige Datensätze wurden anhand der spezifischen Investitionskosten der vollständigen Datensätze hochgerechnet (vgl. Tab. 2-3).

<sup>7)</sup> Ohne den thermischen Leistungsanteil der KWK-Anlagen aus dem Strombereich. Für die Berechnung der vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen wird jedoch die thermische Leistung der KWK-Anlagen berücksichtigt. vgl. auch Fußnote 1 zu Tab. 2-9.

## 2.2. Vergleich der Förderjahrgänge 2007 und 2008

Im folgenden Abschnitt werden die Veränderungen der Förderung im Vergleich zum Vorjahr dargestellt und erläutert. Abb. 2-2 stellt die Darlehensfälle, das Darlehensvolumen und das ausgelöste Investitionsvolumen für die Förderjahrgänge 2007 und 2008, aufgeteilt nach KfW-Förderprogrammen, gegenüber. Die Gesamtanzahl der Darlehensfälle ist von 2007 auf 2008 um ca. 44 % auf knapp 37.000 angestiegen. Das Programm Solarstrom erzeugen weist im Jahr 2008 über 2.000 mehr Darlehensfälle auf und bleibt mit ca. 15.000 Darlehen weiterhin das Programm mit den meisten Darlehen. Die Darlehensfälle des ERP-Umwelt- und Energiesparprogramms und des KfW-Umweltprogramms sind auf über 10.000 je Programm stark angestiegen. Die Zahl der Darlehen im KfW-Programm Erneuerbare Energien ist gegenüber dem Vorjahr stark angestiegen, obwohl das Programm im Jahr 2008 erst ab September geöffnet war. Dagegen war das Programm im Jahr 2007 bereits ab dem 1. Mai für Anträge geöffnet. Die Erhöhung der Antragszahl ist v.a. auf die Einführung neuer Fördertatbestände zurückzuführen (Wärmenetze als eigenständige Maßnahme, große Wärmespeicher, Biogasleitungen sowie Anlagen zur Biogasaufbereitung und -einspeisung). Allerdings ist das Volumen dieses Programms verglichen mit den anderen Programmen weiterhin gering. Insbesondere zur Förderung größerer Vorhaben im Wärmebereich hat das KfW-Programm Erneuerbare Energien jedoch eine große Bedeutung.

Sowohl das Darlehens- als auch das Investitionsvolumen wuchs im Vergleich zu 2007 leicht, wobei beide Volumina für die KfW-Programme Erneuerbare Energien, Solarstrom erzeugen und besonders für das KfW-Umweltprogramm gestiegen sind, während sie für das ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm gesunken sind.

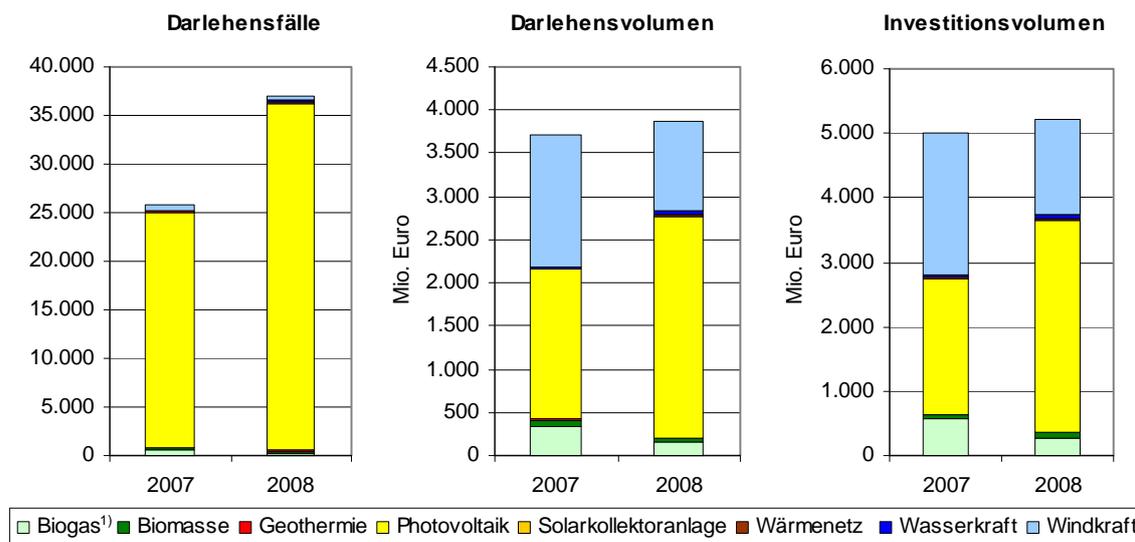


**Abb. 2-2: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Programmen.**

Die durchschnittlichen spezifischen Investitionskosten sind im Vergleich zum Vorjahr für fast alle Technologien gesunken. Hierbei ist insbesondere die Kostensenkung im Bereich

der Photovoltaikanlagen zu nennen, die knapp 5 % beträgt<sup>8</sup>. Die Investitionskosten für Windkraft blieben nahezu gleich, was vor allem auf hohe Stahlpreise zurückzuführen ist.

Der starke Anstieg der Darlehensfälle bei insgesamt etwa gleichem Investitionsvolumen lässt sich mit der Verlagerung von Investitionen aus den Bereichen Windkraft und Biogas auf Investitionen in Photovoltaikanlagen erklären (vgl. Abb. 2-3). Da der größte Teil der geförderten Photovoltaikanlagen kleinere Anlagen (< 50 kW<sub>p</sub>) sind, ergibt sich pro Darlehensfall ein viel geringeres Investitionsvolumen als z.B. bei Windkraftanlagen, bei denen eine Anlage typischerweise über eine Leistung von 2.000 kW verfügt und oftmals in einem Darlehensfall gleich mehrere Anlagen (d.h. Windparks) gefördert werden.



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

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

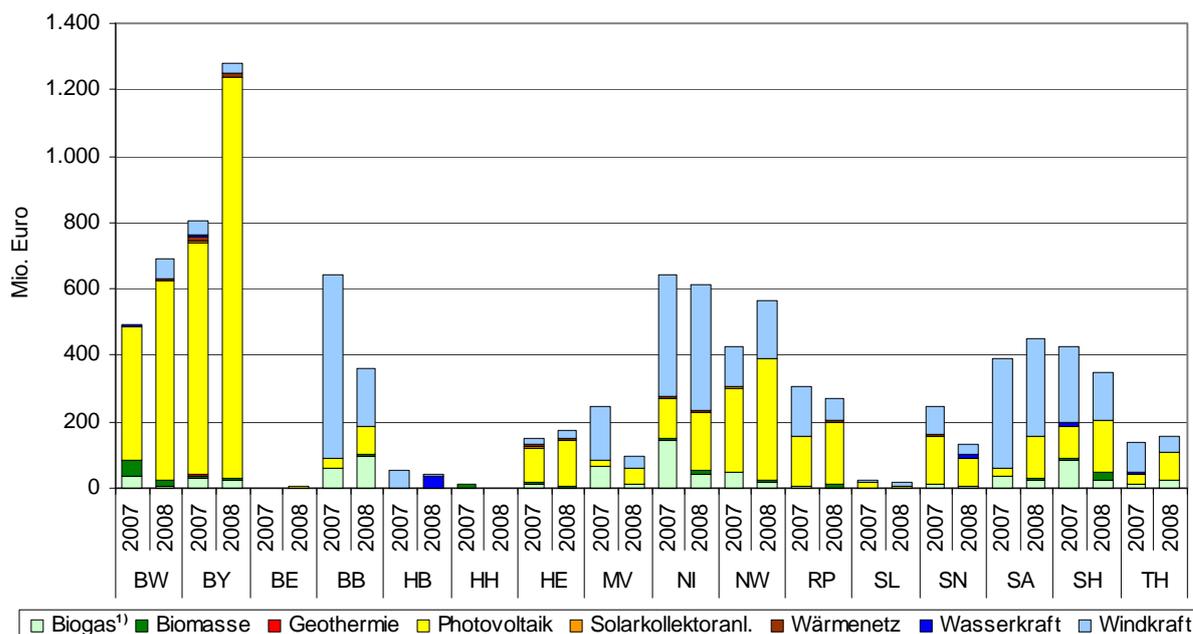
Die verminderten Investitionsaktivitäten in den Bereichen Windkraft und Biogas und die verstärkte Aktivität im Bereich Photovoltaik ist auf die Novellierung des EEG zum 1.1.2009 zurückzuführen: Während für Photovoltaikanlagen die Einspeisevergütung im Jahr 2009 verringert wurde, wurde diese für Windkraft- und Biogasanlagen angehoben. In der Folge wurden Investitionen in PV-Anlagen soweit wie möglich ins Jahr 2008 vorgezogen, während Bau bzw. Inbetriebnahme von Windkraft- und Biogasanlagen ins Jahr 2009 verschoben wurden. Aller Voraussicht nach ist im Jahr 2009 wieder mit verstärkten Investitionsaktivitäten in den Bereichen Windkraft und Biogas zu rechnen.

Wie Abb. 2-3 zeigt, stiegen die ausgelösten Investitionen im Bereich Photovoltaik um 56 %. Demgegenüber sank das Investitionsvolumen für Windkraft um 33 % und für Biogas um 49 %. Die durch KfW-Darlehen ausgelösten Investitionen im Bereich der Wärme-

<sup>8</sup> Die im EEG festgelegte Degression der Vergütungssätze für Photovoltaik-Dachanlagen beträgt 5 %, für Freiflächenanlagen 6,5 %. In der Realität sind somit Kostensenkungen von knapp über 5 % zu erwarten. Eine mögliche Erklärung für die Differenz zwischen der erwarteten und aus den Daten ermittelten Mindereung ist, dass die elektronisch erfassten Daten auf Planungswerten basieren und damit die tatsächlich angefallenen Kosten nicht genau widerspiegeln.

netze wuchsen stark (43 %), da diese im Jahr 2008 erstmals als eigener Fördertatbestand ins Programm Erneuerbare Energien aufgenommen wurden. Im Vergleich zum geförderten Investitionsvolumen von Windkraft-, Photovoltaik- und Biogasanlagen sind die Investitionsvolumina der übrigen geförderten Technologien zu vernachlässigen. Dieselben Verhältnisse herrschen bei einer Betrachtung des Darlehensvolumens vor. Im Hinblick auf die Darlehensfälle dominiert eindeutig die Photovoltaik, während auf die übrigen Technologien vergleichsweise wenige Darlehen entfallen.

Die in Abb. 2-4 dargestellte Verteilung der ausgelösten Investitionsvolumen nach Technologien und Bundesländern zeigt die oben beschriebene Entwicklung weiter differenziert. Das Investitionsvolumen ist in Bayern auf 1,28 Mrd. € (+60 %), in Baden-Württemberg auf 0,69 Mrd. € (+40 %) und in Nordrhein-Westfalen auf 0,56 Mrd. € (+32 %) stark gestiegen. Dieser Zuwachs beruht zum Großteil auf den zusätzlichen Investitionen im Bereich Photovoltaik. In den Bundesländern, in denen die Investitionen im Jahr 2008 in Summe zurückgingen, konnten die zusätzlichen Investitionen in Photovoltaikanlagen den Rückgang bei Windkraft- und Biogasanlagen nicht kompensieren. Besonders markant war der Rückgang in Brandenburg (-280 Mio. € bzw. -44 %) und Mecklenburg-Vorpommern (-153 Mio. € bzw. -62 %). In diesen Fällen ist der Rückgang zum Großteil auf die verminderten Investitionsaktivitäten im Bereich Windkraft zurückzuführen.

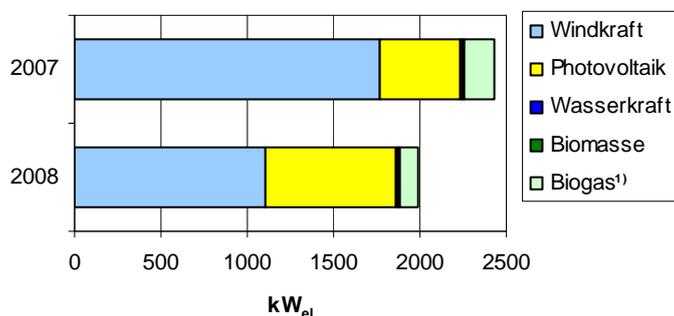


<sup>1)</sup> Stromerzeugung mit Biogas, Biogasleitungen und -einspeisung.

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

Entsprechend der oben beschriebenen Änderungen im Investitionsvolumen sank die insgesamt geförderte elektrische Leistung durch Windkraft um 669 MW (-38 %) und Biogas um 81 MW (-46 %). Im Bereich Photovoltaik stieg die geförderte Leistung um 292 MW bzw. 63 % (vgl. Abb. 2-5). Aufgrund der höheren spezifischen Investitionskosten für Photovoltaik konnte diese Technologie den massiven Rückgang im Bereich Windkraft nicht

ausgleichen. Somit ging die geförderte elektrische Leistung trotz leicht steigendem Gesamtinvestitionsvolumen insgesamt zurück.



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

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

Die geförderte thermische Leistung weist einen geringen Anstieg von 95 MW im Jahr 2007 auf 101 MW auf, der auf einen stärkeren Ausbau von Biomasseheizwerken (Programme Erneuerbare Energien, KfW-Umweltprogramm und ERP-Umweltprogramm) zurückgeht.

### 2.3. Referenzanlagenmodell

Grundlage für die Berechnung der betrachteten Wirkungen stellt ein Referenzanlagenmodell dar. Anhand der Größenverteilung der geförderten Anlagen wurden eine oder mehrere geeignete Referenzanlagen definiert. Insgesamt wurden 17 Referenzanlagen erstellt, so dass teilweise mehrere Referenzanlagen pro Technologie in die Berechnung eingingen. 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 Erträge berücksichtigt. So ist bei Freiflächenanlagen trotz der mittlerweile hauptsächlich Verwendung von Dünnschichtmodulen ein etwas höherer spezifischer Ertrag pro  $\text{kW}_p$  zu erwarten, als pro  $\text{kW}_p$  für eine Dachanlage mit kristallinen Silizium-Modulen. Der Einsatz von Dünnschichtmodulen bei Freiflächenanlagen wird dadurch überkompensiert, dass diese bevorzugt an ertragsstarken Standorten errichtet werden und dass knapp 20 % der Freiflächenanlagen nachgeführt bzw. im Hinblick auf gegenseitige und Objekt-Verschattung optimal ausgerichtet sind (PV-Monitoring 2008).

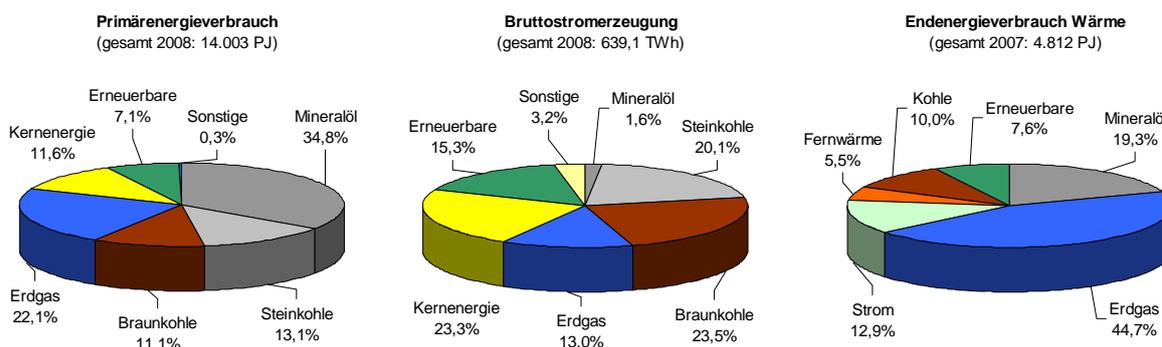
Für jede Referenzanlage wurden entsprechend der Anlagengröße Investitions-, Betriebs- sowie ggf. Brennstoffkosten definiert. Diese sind überwiegend aktuellen abgeschlossenen bzw. noch laufenden Forschungsvorhaben<sup>9</sup> entnommen, um Konsistenz und Aktualität zu gewährleisten. Diese Kosten wurden ebenso wie die für die Referenzanlagen ermittelten eingesparten fossilen Energieträger und Treibhausgasemissionen 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.

<sup>9</sup> Dies sind im Wesentlichen: Staiß (2007), Staiß et al. (2007) sowie ZSW (2007).

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

Fossile Energieträger decken in Deutschland über achtzig Prozent (2008: 81 %) des Primärenergiebedarfes (BMW 2009). Für die beiden im Rahmen des vorliegenden Gutachtens interessierenden Sektoren Wärme und Strom betragen die Anteile über 80 % bzw. rund 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 (BMW 2009, 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 2009). 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

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.<sup>10</sup> Hierbei spielen zahlreiche Einflussfaktoren eine Rolle, insbesondere die

- zeitliche Struktur der Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien (speziell Strommarkt),

<sup>10</sup> 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. Sowohl für den Strom- als auch für den Wärmesektor gelten neue Substitutionsfaktoren. Um einen Vergleich mit dem Vorjahr zu ermöglichen, wurden die betreffenden Berechnungen (Treibhausgas-minderung, Einsparung fossiler Energieträger und damit verbundener Importe) für den Förderjahrgang 2007 nochmals mit der neuen Methode durchgeführt.

- 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).

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. Heizöl. Dem stehen die spezifischen Erzeugungscharakteristika der regenerativen Quellen gegenüber.

Zu den sog. grundlastfähigen Energien zählen Laufwasserkraft und Geothermie<sup>11</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 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 Gutachten für die AGEE-Stat untersuchte System der durch Windstrom substituierte Mix in Deutschland mit 2 % Braunkohle, 72 % Steinkohle, 24 % Erdgas und 2 % Mineralöl ermittelt (Tab. 3-1). Für die Verstromung von Bioenergien ergibt sich ein differenziertes Bild: Klär- und

---

<sup>11</sup> Die Stromerzeugung aus Pumpspeicherkraftwerken mit natürlichem Zufluss sowie die Stromerzeugung aus dem biogenen Anteil der thermischen Abfallverwertung sind nicht Gegenstand der KfW-Förderung.

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 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>12</sup>

Die daraus resultierenden Substitutionseffekte sind ausführlich im Rahmen eines Gutachtens des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien - Statistik (AGEE-Stat) untersucht worden (Klobasa et al. 2009), auf das sich die weiteren Ausführungen beziehen.

**Tab. 3-1: Substitution konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien<sup>13</sup> bezogen auf das Jahr 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 %

<sup>12</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. Da eine Verwendung des Merit-Order-Ansatzes zur Modellierung der Substitution konventioneller Energieträger den Rahmen dieser Arbeit gesprengt hätte, musste auf eine Anwendung hier verzichtet werden.

<sup>13</sup> In der vorliegenden Studie werden eine aktualisierte Substitutionsmethode und entsprechend aktualisierte CO<sub>2</sub>-Minderungsfaktoren verwendet. Die Umstellung ist das Ergebnis der Aktualisierung der Substitutionsberechnungen der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik. Eine detaillierte Gegenüberstellung der Änderungen ist im Anhang A2 dargestellt.

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, die in die Betrachtung einbezogen werden können. 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. Ggf. müssen auch Windenergieanlagen zur Gewährleistung der Netzstabilität abgeregelt werden.

**Tab. 3-2: Substitution konventioneller Energieträger<sup>14</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 %

Die Substitutionsmethode zur Berechnung der eingesparten Energieträger im Wärmesektor wurde im Rahmen einer Studie (UBA 2009a) von Grund auf überarbeitet. Im Gegensatz zu der bisher angenommenen Substitutionsmethodik<sup>15</sup> wurde für die einzelnen erneuerbaren Energieträger differenziert ermittelt, welche fossilen Energieträger eingespart werden. Mit der neu eingeführten Berechnungsmethodik<sup>16</sup> wird nun erstmals auch bilan-

<sup>14</sup> Zur Berücksichtigung von Heizstrom und Fernwärme bei der Ermittlung der vermiedenen fossilen Energieträger bzw. CO<sub>2</sub>-Vermeidung siehe Anhang A2.

<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> Siehe Fußnote 15. Abweichungen in den Summen durch Rundungen.

ziert, 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:

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. 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 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. 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 des Förderjahres 2008 mit denen des Vorjahres zu gewährleisten, wurden die Ergebnisse des Förderjahres 2007 mit der überarbeiteten Berechnungsmethodik erneut berechnet. Eine detaillierte Gegenüberstellung der Fördereffekte der Jahre 2007 und 2008 ist in Kapitel 3.6 dargestellt.

Im Hinblick auf die Energiebereitstellung aller im Jahr 2008 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 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 KWK-Anlagen und Wärmepumpen zur Nutzung von Geothermie dar. Die Wärmemengen aus KWK-Anlagen werden bei der Berechnung berücksichtigt und zu den eingesparten fossilen Energieträgern bzw. vermiedenen Emissionen auf der Stromseite addiert. Bei den eingesparten fossilen Energieträgern bzw. vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Wärmepumpen, die in der Regel mit Strom betrieben werden, muss jedoch der Einsatz des Antriebsstroms berücksichtigt werden. Dies erfolgt unter der An-

nahme einer mittleren Jahresarbeitszahl<sup>17</sup>. Der Strom, der zum Antrieb der Wärmepumpe benötigt wird, ist in den Primärenergiefaktoren (vgl. Tab. A-7) und Einsparungsfaktoren (vgl. Tab. A-8) bereits berücksichtigt. Weitere Sonderfälle entstanden aus der Weiterentwicklung des Marktanreizprogramms<sup>18</sup>, zu dem das KfW-Programm Erneuerbare Energien gehört. Im Förderjahr 2008 wurden im KfW-Programm Erneuerbare Energien 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-Programm Erneuerbare Energien erstmals Wärmenetze als eigenständiger Fördertatbestand gefördert. Mit den genannten Technologien, insbesondere mit Nahwärmenetzen und Biogasleitungen, wird ein wichtiger Beitrag zur Strukturentwicklung 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 mit erhöhtem Aufwand 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<sup>19</sup>.

Im Jahr 2008 sind lediglich zwei Anlagen zur **Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz** gefördert worden. Diese sind allerdings nicht zu vernachlässigen, da die Anlagen einen Volumenstrom von insgesamt 1.850 Nm<sup>3</sup>/h aufbereiteten Biogases bereitstellen<sup>20</sup>. Dieses Erdgassubstitut steht für eine Energiemenge von jährlich fast 150 GWh bzw. knapp 15 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. 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). Zur Berechnung der vermiedenen CO<sub>2</sub>-Äquivalente muss der bei der Aufbereitung und Einspeisung auftretende Methanschlupf berücksichtigt werden<sup>21</sup>. Durch die erhöhte Treibhauswirksamkeit von Methan (vgl. Tab. A-26) darf dieser bei der Betrachtung der Biogasaufbereitung und -einspeisung nicht vernachlässigt werden<sup>22</sup>. Die Einsparung bezogen auf CO<sub>2</sub>-Äquivalente fällt demnach geringer aus, als wenn nur die CO<sub>2</sub>-Emissionen betrachtet werden.

---

<sup>17</sup> Die Jahresarbeitszahl ist der Quotient aus der abgegebenen Wärmeenergie und der Antriebs- und Hilfsenergie (Umwälzpumpen). Damit eine Wärmepumpe einen erneuerbaren Beitrag bereitstellt, muss die Jahresarbeitszahl über dem Primärenergiefaktor für Strom (2,7 nach der Energieeinsparverordnung 2007) liegen.

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

<sup>19</sup> Im Förderjahr 2008 wurden lediglich 11 große Wärmespeicher gefördert. Die Wirkungen der geförderten großen Wärmespeicher sind im Vergleich zu den geförderten Biogasleitungen und Anlagen zur Biogasaufbereitung und -einspeisung zu vernachlässigen. Eine Bewertung der geförderten Wärmespeicher wird jedoch voraussichtlich für das Förderjahr 2009 notwendig, da 2009 mit einer signifikanten Anzahl von geförderten großen Wärmespeichern zu rechnen ist.

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

<sup>21</sup> Für den Methanschlupf wurde abhängig von der Aufbereitungskapazität auf 0,25 bzw. 0,5 % angesetzt. Dies entspricht einem Ausstoß von 0,1 bzw. 0,2 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro m<sup>3</sup> Produktgas (gwa 2007).

<sup>22</sup> Nach § 41f GasNZV darf der maximale Methanschlupf 1 % bzw. ab 2012 0,5 % nicht übersteigen.

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, in der dieselbe Energiemenge im Biogas in Kraft-Wärmekopplung verstromt wird. Bei dieser fiktiven Vergleichsanlage wird das Biogas nicht aufbereitet und eingespeist, sondern vor Ort direkt genutzt. Der Anteil der Wärmenutzung wird auf 20 % angesetzt. Die für die kontrafaktische Anlage ermittelte CO<sub>2</sub>-Einsparung wird von der CO<sub>2</sub>-Einsparung abgezogen, die für die gesamte Anlage mit Biogasaufbereitung und -einspeisung ermittelt wurde.

Im Förderjahr 2008 sind 11 **Biogasleitungen** zum Transport von unaufbereitetem Biogas gefördert worden. Mit dem Transport des Rohbiogases zu einer Wärmesenke, an der das Biogas in der Regel mit Kraft-Wärme-Kopplung verstromt wird, erhöht sich der genutzte Anteil der bereitgestellten Wärme im Vergleich zu einer durchschnittlichen Biogasanlage ohne Biogasleitung. Es wird angenommen, dass durch den Transport des Rohbiogases zur Wärmesenke zusätzlich drei Viertel der vorher ungenutzten Wärme genutzt werden kann. Für das Referenzsystem wird eine durchschnittliche Biogasanlage mit 350 kW<sub>el</sub> angesetzt. Die Leistung der Referenzanlage errechnet sich aus den mittleren Leistungen der Biogasanlagen in denjenigen Bundesländern (IE Leipzig 2008), in denen die Rohbiogasleitungen errichtet werden. 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>23</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 2008 wurden 118 Nahwärmenetze als eigenständige Maßnahme gefördert. Die dazu vorliegenden Antragsunterlagen wurden im Detail ausgewertet, um einerseits die einspeisende Wärmeherzeugungstechnologie zu ermitteln und andererseits Angaben zur thermischen Leistung der einspeisenden Technologien vorliegen zu haben. Der Großteil (75 %) der als eigenständige Maßnahme geförderten Wärmenetze wird mit Wärme aus Biogasanlagen gespeist, ein Viertel der Netze nutzt Wärme aus Biomassefeuerungen. Daneben ist ein Wärmenetz an eine Anlage zur Nutzung von Tiefengeothermie angeschlossen. Schließlich werden vier Wärmenetze zusätzlich mit Wärme aus solarthermischen Anlagen gespeist<sup>24</sup>. Da in solchen Fällen die Menge der eingespeisten Solarwärme vergleichsweise gering zu der in das selbe Netz eingespeisten Wärme aus Biogas- oder Biomasseanlagen ist, kann die Einspeisung aus solarthermischen Anlagen in die vier Wärmenetze aufgrund der derzeit noch geringen Anzahl vernachlässigt werden. Ebenso rechtfertigt das geothermisch gespeiste Wärmenetz keinen zusätzlichen Aufwand, um ein

---

<sup>23</sup> Die Abschätzung basiert auf einer groben Simulation eines Verdichters für einen Rohbiogas-Volumenstrom von rund 250 m<sup>3</sup>/h.

<sup>24</sup> Davon entfallen zwei Wärmenetze auf Maßnahmen, bei denen die solarthermische Anlage im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien gefördert wurde.

Referenzsystem zu erstellen. Die Betrachtung konzentriert sich somit auf jene Wärmenetze, die mit Wärme aus Biogas- oder Biomasseanlagen gespeist werden.

Von rund 57 % der als eigenständigen Maßnahmen geförderten Nahwärmenetze liegen Angaben zur thermischen Leistung der einspeisenden Biomasse- bzw. Biogasanlagen vor. Für Anlagen, für die keine Leistungsangabe der einspeisenden Anlage vorliegt, wird die mittlere Wärmeleistung pro Wärmenetz ausgehend von den vollständigen Antragsformularen herangezogen. 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>25</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>26</sup>.

Die mittlere Trassenlänge der Wärmenetze, die als alleinige Maßnahme gefördert wurden, beträgt rund 960 m. Die mit Wärme aus Biogasanlagen gespeisten Netze sind mit 1.030 m im Mittel rund 30 % länger, als die mit Wärme aus Biomassefeuerungen gespeisten Netze, die im Mittel eine Trassenlänge von 770 m aufweisen. Die Netzverluste werden im Jahresmittel mit 15 % der eingespeisten Wärmemenge angesetzt.

### 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 331.000 t Braunkohle, 792.000 t Steinkohle, 334 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas und 36 Mio. Liter Mineralöl. Dies entspricht einer Reduktion des Primärenergieverbrauchs in Deutschland um 1,9 % bei Braunkohle, 4,3 % bei Steinkohle, 2,9 % bei Erdgas und 0,9 % bei Mineralölen. Primärenergetisch bewertet beträgt die jährliche Primärenergieeinsparung der im Jahr 2008 von der KfW geförderten Anlagen im Bereich Erneuerbare Energien rund 38 PJ. Verglichen mit der Einsparung fossiler Brennstoffe durch sämtliche (einschließlich biogener Kraftstoffe) in Deutschland genutzten regenerativen Quellen (2008: 1.347 PJ (BMU 2009)) entspricht dies einem Anteil von knapp 3 %<sup>27</sup>.

---

<sup>25</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.

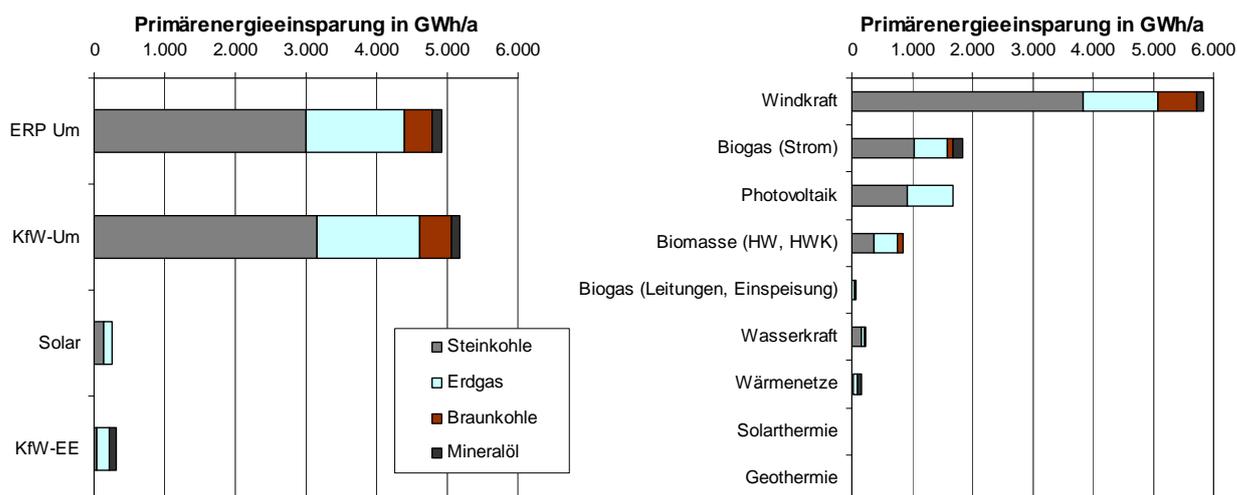
<sup>26</sup> Der genutzte Anteil der bereitgestellten Wärme beträgt beim Großteil der Biogasanlagen lediglich 20 bis 30 %, womit der Fermenter sowie die unmittelbar angrenzenden Wärmeverbraucher (Wohnhaus, Betriebsgebäude, Stallungen) beheizt werden.

<sup>27</sup> Ein Bezug auf die Einsparung der in Deutschland lediglich in 2008 zugebauten erneuerbaren Energieträger wäre nicht korrekt, da der Zeitpunkt des Zubaus für die einzelnen Anlagen in Deutschland nicht bekannt ist und sich die Energiebereitstellung nicht auf ein vollständiges Jahr bezieht, wie dies für die KfW-Anlagen angenommen wurde.

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

GWh/a	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Prozent
ERP Umwelt	2.996	1.389	391	139	4.914	46,0%
KfW-Umwelt	3.151	1.460	441	131	5.182	48,5%
Solar	144	120	0	0	264	2,5%
KfW-EE	44	164	9	102	320	3,0%
Summe	6.334	3.133	841	371	10.680	100,0%
Prozent	59,3%	29,3%	7,9%	3,5%	100,0%	

Abb. 3-2, Tab. 3-3 und Tab. 3-4 zeigen dazu die Aufteilung der Einsparung fossiler Energieträger nach Förderprogrammen und Technologiebereichen<sup>28</sup>. Deutlich geht daraus hervor, dass die Förderung der Windenergienutzung aus dem ERP- und dem KfW-Umweltweltprogramm dominiert.



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

Die Einsparung von rund 10,7 TWh Primärenergie liegt um rund 27 % unter der für das Jahr 2007 errechneten Einsparung<sup>29</sup> (vgl. dazu auch Kapitel 3.6). Dies ist darauf zurückzuführen, dass 2008 im Bereich Windkraft 38 % bzw. Biogas 46 % weniger Anlagenleistung als im Jahr 2007 gefördert wurde. Ein deutlicher Zuwachs (63 %) war bei der Photovoltaik zu beobachten, wobei dieser Leistungszuwachs nicht die Rückgänge in den Bereichen Windkraft und Biogas kompensieren konnte. Bezogen auf die geförderten Anlagentypen im Bereich Erneuerbare Energien stellt sich die Einsparung fossiler Energieträger wie folgt dar:

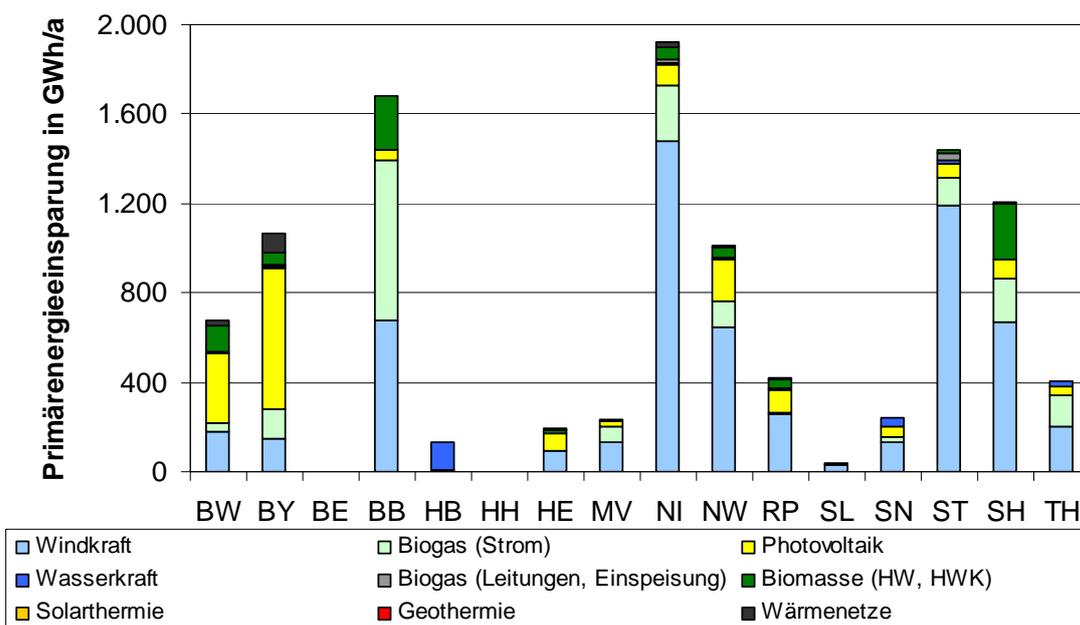
<sup>28</sup> Aus Vereinfachungsgründen wurde hierbei vernachlässigt, dass die im Verlauf des Jahres 2008 geförderten Anlagen nur anteilige Energiemengen bereit gestellt haben.

<sup>29</sup> Wegen Änderung der Berechnungsfaktoren wurden auch die Werte für 2007 neu berechnet und unterscheiden sich deshalb von den Werten im Bericht für den Förderjahrgang 2007.

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

GWh/a	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Prozent
Windkraft	3.839	1.246	644	115	5.845	54,7%
Biogas (Strom)	1.033	564	78	154	1.829	17,1%
Photovoltaik	920	769	0,0	0,0	1.689	15,8%
Biomasse HW, HKW	364	395	91	0,0	850	8,0%
Biogas (Leitungen, Einspeisung)	4,9	33	0,0	35	72	0,7%
Wasserkraft	158	53	28	0,0	239	2,2%
Wärmenetze	14	72	0,9	67	154	1,4%
Solarthermie	0,0	0,9	0,1	0,8	1,8	0,0%
Geothermie (Wärmepumpen)	0,0	0,3	0,1	0,3	0,7	0,0%
Summe	6.334	3.133	841	371	10.680	100,0%
Prozent	59,3%	29,3%	7,9%	3,5%	100,0%	

In den Technologiebereichen entfällt mehr als die Hälfte der eingesparten fossilen Brennstoffe auf die Nutzung der Windenergie. Anteile von 17 bzw. 16 % entfallen auf Biogasanlagen bzw. Photovoltaikanlagen. Abb. 3-3 zeigt die entsprechende Aufteilung nach Bundesländern. Weil der Einspareffekt durch die Nutzung der Windenergie am höchsten ist, profitieren Niedersachsen und Sachsen Anhalt sowie die anderen nördlichen Bundesländer entsprechend stark. Die Nutzung von Biogas ist inzwischen in vielen Bundesländern von nennenswerter Bedeutung, wobei hier Brandenburg als Schwerpunkt auszumachen ist. Deutlich ausgeprägt ist das Süd-Nord-Gefälle bei der Photovoltaik: auf Bayern und Baden-Württemberg entfällt mehr als die Hälfte der Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung von Photovoltaikanlagen, die im Jahr 2008 gefördert wurden.



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

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

GWh/a	Wind	Biogas (Strom)	Photovoltaik	Biomasse HW, HKW	Biogas (Leitungen, Einspeisung)	Wasserkraft	Wärmenetze	Solarthermie	Geothermie (Wärmepumpen)	Summe
BW	182	39	307	120	2,4	2,8	20	0,6	0,1	675
BY	145	137	625	54	9,4	11	85	0,6	0,2	1.067
BE	-	-	1,8	-	-	-	-	-	-	1,8
BB	677	718	42	247	-	-	-	-	-	1.684
HB	4,3	-	0,4	-	-	128	-	-	-	133
HH	-	-	1,2	-	-	-	-	0,02	-	1,2
HE	94	3,7	73	15	4,7	-	4,2	0,1	-	194
MV	132	71	25	0,4	-	1,7	1,6	0,01	-	232
NI	1.479	246	92	53	16	11	24	0,1	0,4	1.923
NW	645	119	187	47	4,7	3,1	7,4	0,2	0,02	1.013
RP	258	7,1	99	41	-	11	2,1	0,1	-	418
SL	32	3,6	3,5	-	-	-	-	-	-	39
SN	133	20	47	-	-	44	-	0,1	-	244
ST	1.191	125	65	22	30	10	-	-	-	1.443
SH	668	199	79	250	4,7	-	8,4	0,1	0,03	1.210
TH	204	140	41	0,6	-	17	1,6	-	-	403
Summe	5.845	1.829	1.689	850	72	239	154	1,8	0,7	10.680

### 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 2008 verbrauchten Primärenergieträger mussten importiert werden (AGEB 2009). 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 2008 geförderten Erneuerbaren Energien die Einfuhr von 0,79 Mio. t Steinkohle,

334 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas und rund 36 Mio. Liter Mineralöl bzw. entsprechende Rohölimporte vermieden.

**Tab. 3-6: Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Energieträger.**

	Eingesparte Energiemengen p.a.		Importquote <sup>1)</sup>	Vermiedene Energieimporte p.a.		Einfuhrpreise <sup>2)</sup>		Vermiedene Kosten für importierte Energieträger [Mio. €/a]
Braunkohle	331	1.000 t/a	0%	0	1.000 t/a	k.A.	-	-
Steinkohle	792	1.000 t/a	100%	792	1.000 t/a	18.069	€/GWh	114,5
Erdgas	334	Mio. m <sup>3</sup> /a	100%	334	Mio. m <sup>3</sup> /a	36.033	€/GWh	112,9
Mineralöl	36	Mio. l/a	100%	36	Mio. l/a	45.910	€/GWh	17,0
Summe								244,4

- 1) Es wird unterstellt, dass in Deutschland geförderte Energie nicht verdrängt wird, sondern dass die Einsparung durch den Einsatz Erneuerbare 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 2009).
- 2) Vgl. auch Anhang A1. Es wurden die Energiepreisszenarien aus Nitsch (2008) verwendet, für 2008 wurden aktuelle Werte des BMWi verwendet (BMWi 2009). Mit Hilfe der Annuitätenmethode wurden die jährlich unterschiedlichen Brennstoffpreise mittels des Kalkulationszinssatzes in eine Annuität, d.h. jährlich konstante Preise, umgerechnet.

In Tab. 3-6 sind darüber hinaus die vermiedenen Energieimporte auf der Grundlage der Einfuhrpreise monetär bewertet worden, denn die korrespondierenden Beträge fließen nicht aus der deutschen Volkswirtschaft ab. Danach konnten 2008 durch die KfW-geförderte Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien die Energieimporte in der Größenordnung von rund 244 Mio. €/a vermieden werden. Über die angenommene Lebensdauer der Maßnahmen von 20 Jahren summieren sich die jährlichen Einsparungen von rund 244 Mio. € auf knapp 4,9 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 Energiekosten (netto) 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 2009). Wie Tab. 3-7 zeigt, liegt der Gesamtbetrag mit 313 Mio. €/a um 28 % höher als die vermiedenen Energieimporte. Mit ca. 136 Mio. €/a entfällt davon knapp 44 % auf Erdgas, rund 40 % der vermiedenen Kosten entfallen auf Steinkohle. Über die angenommene Lebensdauer von 20 Jahren ergeben sich über alle Brennstoffe Einsparungen von 6,26 Mrd. €.

**Tab. 3-7: Vermiedene Kosten durch die Nutzung Erneuerbarer Energien im Jahr 2008.**

	Vermiedener Brennstoffeinsatz in Kraftwerken				Vermiedener Brennstoffeinsatz in Haushalten				Summe
	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl	
eingesparte Energiemengen [GWh/a]	841	6.299	2.908	131	0	35	225	241	10.680
Kosten frei Kraftwerk bzw. Endverbraucher <sup>1)</sup> [€/GWh]	4.611	19.581	46.914	45.910	64.927	45.449	92.904	84.637	-
vermiedene Kosten [Mio. €/a]	4	123	136	6	0	2	21	20	313

<sup>1)</sup> Vgl. auch Anhang A1. Es wurden die Energiepreisszenarien aus Nitsch (2008) verwendet, für 2008 wurden aktuelle Werte des BMWi verwendet (BMWi 2009) bzw. Werte aus Nitsch (2008). Mit Hilfe der Annuitätenmethode wurden die jährlich unterschiedlichen Brennstoffpreise mittels des Kalkulationszinssatzes in eine Annuität, d.h. jährlich konstante Preise, 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>30</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 hier 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>31</sup>, die im Rahmen des Kyoto-Protokolls reduziert werden sollen (Tab. 3-8) 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. 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>30</sup> Wobei die Effekte speziell bei der Nutzung von Bioenergien teilweise auch negativ sein können.

<sup>31</sup> Kohlendioxid, Methan, Lachgas, Schwefelhexafluorid, wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe und perfluorierte Kohlenwasserstoffe.

**Tab. 3-8: Relatives Treibhauspotenzial der sog. 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 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 die Struktur der CO<sub>2</sub>-Vermeidung nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen<sup>32</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. So entfallen 56 % der CO<sub>2</sub>-Vermeidung auf Windstrom gegenüber 54,7 % bei der Einsparung fossiler Energien, weil hier der CO<sub>2</sub>-Faktor höher ist als bei Biogas und der Photovoltaik, deren Anteile sich deshalb verringern (bei Photovoltaik auf 14,6 % gegenüber 15,8 %).

**Tab. 3-9: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogramm.**

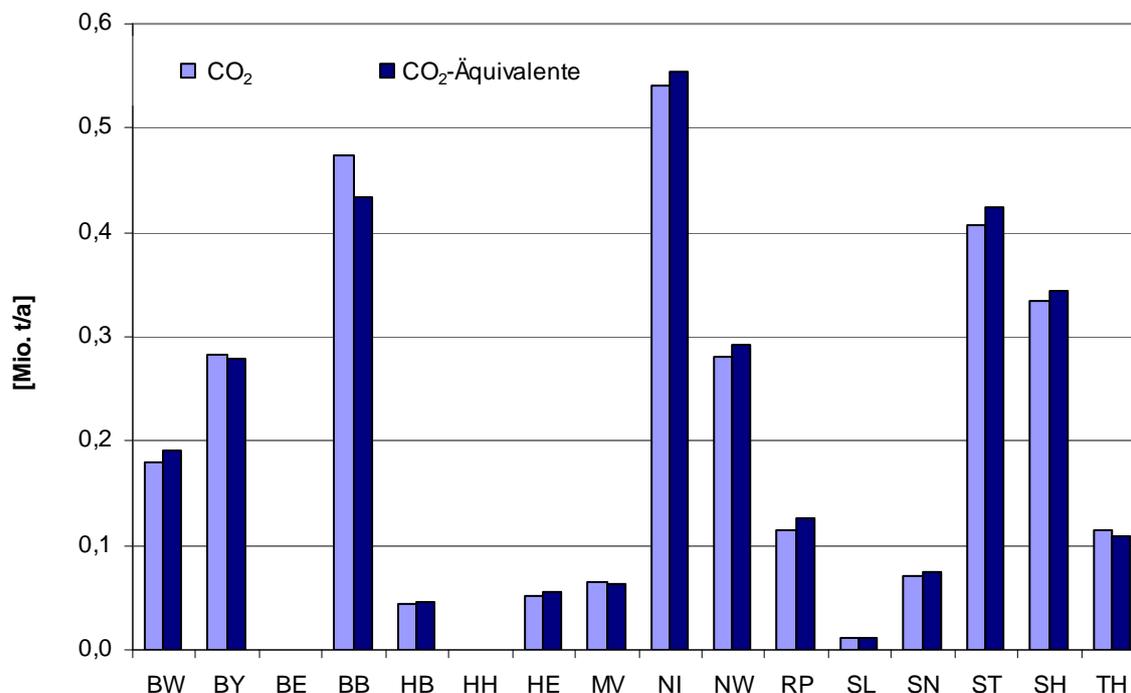
Mio. t pro Jahr	ERP-Umwelt	KfW-Umwelt	Solar	KfW-EE	Summe
CO <sub>2</sub>	1,38	1,45	0,07	0,08	2,97
Anteil	46,4%	48,7%	2,3%	2,6%	100,0%
CO <sub>2</sub> -Äquivalente	1,39	1,49	0,07	0,05	3,00
Anteil	46,3%	49,5%	2,5%	1,7%	100,0%

<sup>32</sup> Zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Vermeidung s. Anhang A2.

**Tab. 3-10: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen.**

Mio. t pro Jahr	CO <sub>2</sub>	Anteil	CO <sub>2</sub> -Äquivalente	Anteil
Wind	1,66	55,7 %	1,80	60,1 %
Wasserkraft	0,08	2,7 %	0,08	2,8 %
Biogas (Strom)	0,53	17,8 %	0,36	11,9 %
Biomasse (HW, HWK)	0,22	7,4 %	0,26	8,6 %
Photovoltaik	0,43	14,6 %	0,48	15,9 %
Solarthermie	0,0004	0,01 %	0,0004	0,01 %
Geothermie	0,0001	0,004 %	0,0001	0,005 %
Wärmenetze	0,04	1,2 %	0,02	0,5 %
Biogas (Leitungen, Einspeisungen)	0,02	0,6 %	0,01	0,2 %
Summe	2,97	100,0 %	3,00	100,0 %

Die größten prozentualen Unterschiede ergeben sich bei den Biogasanlagen, die in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten bewertete Treibhausgaseinsparung liegt hier um rund ein Drittel 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 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.**

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 knapp 60 Mio. t. Mit anderen Worten: Die jährliche CO<sub>2</sub>-Minderungsleistung der im Jahr 2008 geförderten Anlagen in Höhe von rund 3 Mio. t/a kumuliert sich über eine angenommene Nutzungsdauer dieser Anlagen von 20 Jahren auf 60 Mio. t CO<sub>2</sub>.

### **3.6. Vergleich der Förderjahre 2007 und 2008**

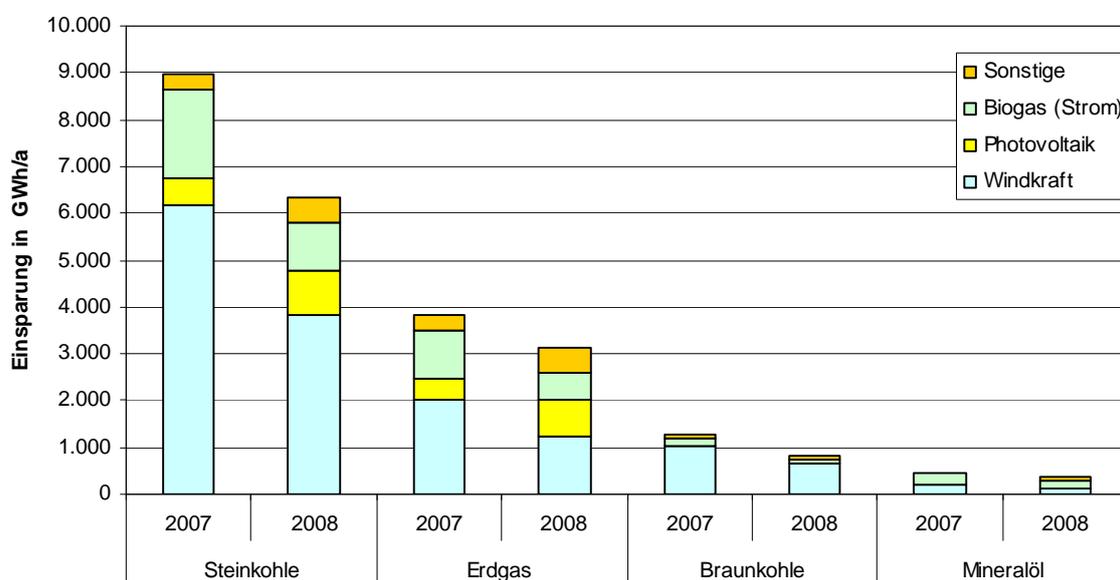
Im Gegensatz zur Evaluierung des Förderjahres 2007 wird in der vorliegenden Auswertung eine grundlegend veränderte und aktualisierte Berechnungsmethodik zugrunde gelegt. Eine detaillierte Beschreibung der geänderten Berechnungsgrundlagen ist im Anhang A2 dargestellt. Um einen konsistenten Vergleich der Ergebnisse für die Jahre 2007 und 2008 zu gewährleisten, wurde die Berechnung des Förderjahres 2007 auf Basis der aktualisierten Berechnungsgrundlage komplett überarbeitet.

Die bereits in Kapitel 2.2 beschriebenen Änderungen gegenüber dem Vorjahr bei den Darlehensfällen und -volumina zeigen sich dementsprechend auch bei der Abschätzung der eingesparten fossilen Energieträger bzw. der Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Deutlich wird im Folgenden abermals die Wirkung der EEG-Novelle 2009 auf die Verteilung der geförderten Anlagen und der eingesparten Brennstoffe. Im Bereich der Windkraftanlagen sowie Biogasanlagen war im Jahr 2008 eine abwartende Haltung bei den Investitionen und damit auch Förderanträgen zu verzeichnen. Durch die anstehende Novellierung des EEG zum 1.1.2009 war eine Erhöhung der Fördersätze für Biogas- und Windkraftanlagen zu erwarten, was die Investitionsbereitschaft deutlich bremste. Ein dazu gegensätzliches Verhalten der Investoren war im Bereich Photovoltaik zu verzeichnen: dort bestand die Aussicht auf eine erhöhte Degression der Fördersätze.

Im Förderjahr 2008 wurden im Vergleich zu 2007 wesentlich mehr Photovoltaik-Anlagen und deutlich weniger Windkraft- und Biogasanlagen gefördert. Der Rückgang bei den Windkraft- und Biogasanlagen konnte durch den Zuwachs bei Photovoltaik-Anlagen im Hinblick auf das Darlehens- und Investitionsvolumen näherungsweise kompensiert werden. Die zusätzliche Photovoltaik-Leistung kann jedoch den Rückgang bei den Windkraft- und Biogasanlagen nicht ausgleichen. Daraus resultiert ein geringerer Stromertrag, den die geförderten Anlagen bei näherungsweise konstantem Darlehensvolumen der Jahre 2007 und 2008 bereitstellen. Als Folge des geringeren Stromertrages der im Jahr 2008

geförderten Anlagen ergeben sich geringere Einsparungen fossiler Brennstoffe und von Kohlendioxid als im Jahr 2007. Die Abweichungen gegenüber 2007 sind zum Großteil auf die genannten Veränderungen bei Windkraft-, Photovoltaik- und Biogasanlagen zurückzuführen. Die Änderungen bei den übrigen Technologien sind hierbei zu vernachlässigen.

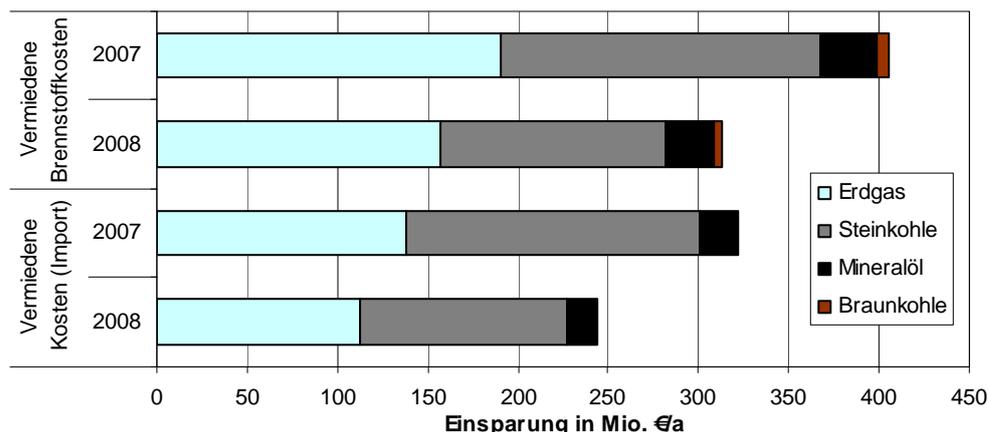
Insgesamt ist bei der Einsparung fossiler Primärenergieträger ein Rückgang um 27 % auf rund 10,7 TWh zu verzeichnen. Sowohl absolut, als auch relativ betrachtet am höchsten ist der Rückgang bei der Einsparung von Steinkohle (vgl. Abb. 3-5 und Tab. 3-11). Dies ist primär auf die geringere Förderung von Windkraftanlagen zurückzuführen, aber auch das Nachlassen bei der Förderung von Biogasanlagen wirkt sich auf die Einsparung von Steinkohle aus. Die höhere Anzahl der geförderten Photovoltaikanlagen trägt jedoch zu einer Steigerung der Einsparung von Steinkohle und Erdgas im Vergleich zu den im Jahr 2007 geförderten Photovoltaikanlagen bei. Bei der Einsparung von Braunkohle und Mineralöl ist ebenso ein Rückgang zu verzeichnen, dieser fällt jedoch an der gesamten Einsparung der Primärenergieträger gemessen gering aus.



**Abb. 3-5: Jährliche Einsparung fossiler Brennstoffe der von der KfW geförderten Vorhaben in 2007 und 2008 nach Technologien.**

Mit den im Vergleich zum Vorjahr geringeren Einsparungen fossiler Primärenergieträger sinken auch die vermiedenen Brennstoffkosten. Die gesamten vermiedenen Brennstoffkosten für Kraftwerke bzw. Haushalte sind im Vergleich zum Vorjahr um 23 % auf rund 313 Mio. €/a gesunken. Mit 24 % auf rund 244 Mio. €/a sind die eingesparten Kosten, die durch die Verminderung der Brennstoffimporte erreicht werden, etwas stärker gesunken (vgl. Abb. 3-6 und Tab. 3-11).

Einergehend mit der verminderten Einsparung fossiler Primärenergieträger sinken auch die vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen der im Jahr 2008 geförderten Vorhaben im Vergleich zu den im Vorjahr geförderten Anlagen (vgl. Abb. 3-7): Die CO<sub>2</sub>-Vermeidung im Jahr 2008 ist mit knapp 3 Mio. t/a um mehr als ein Viertel geringer als im Vorjahr. Um dieselbe Größenordnung ist die Treibhausgasvermeidung ausgedrückt in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten auf rund 3 Mio. t/a gesunken.

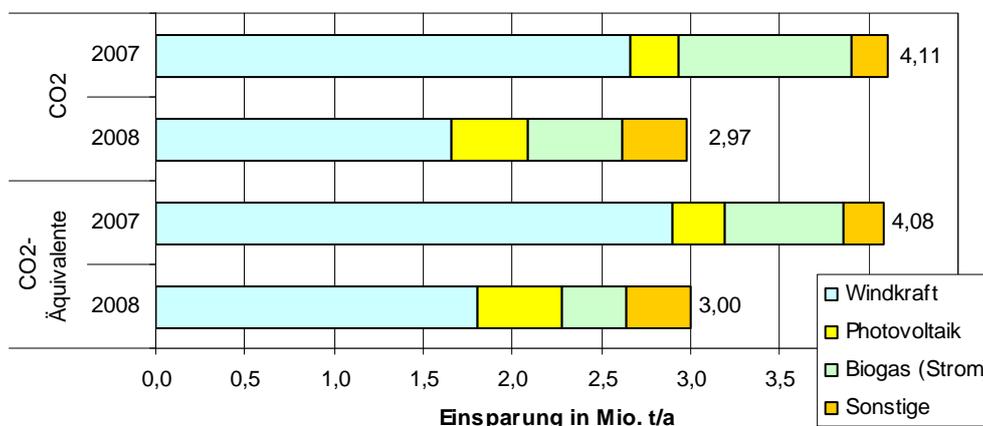


**Abb. 3-6:** Vermiedene jährliche Brennstoffkosten in Kraftwerken bzw. Haushalten und vermiedene Kosten für Importbrennstoffe für die in den Jahren 2007 und 2008 von der KfW geförderten Vorhaben im Bereich Erneuerbare Energien.

**Tab. 3-11:** Energieeinsparung und vermiedene Kosten durch KfW-geförderte Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjahrgänge 2007 und 2008.

	Primärenergieeinsparung (GWh/a)		Vermiedene Kosten Import (Mio. €/a)		Vermiedene Brennstoffkosten (Mio. €/a)	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Steinkohle	8.979	6.334	162	115	177	125
Erdgas	3.832	3.133	138	113	191	157
Braunkohle	1.256	841	-	-	6	4
Mineralöl	471	371	22	17	32	26
<b>Summe</b>	<b>14.539</b>	<b>10.680</b>	<b>322</b>	<b>244</b>	<b>405</b>	<b>313</b>

**Abb. 3-7:** CO<sub>2</sub>-Einsparung der von der KfW geförderten Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien für die Förderjahrgänge 2007 und 2008.



Allein die von der KfW im Jahr 2008 geförderten Anlagen tragen somit mehr als 4,5 % zur Erreichung der mit dem Integrierten Energie und Klimaprogramm angestrebten Einsparungen durch die Förderung Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich (rund

64 Mio. t pro Jahr bis 2020) bei. Werden die im Jahr 2007 geförderten Anlagen hinzuge-rechnet, die zur Minderung von rund 4,1 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr führen, beträgt der Beitrag der in den Jahren 2007 und 2008 von der KfW geförderten Anlagen im Bereich Erneuer-barer Energien rund 7,1 Mio. t pro Jahr. Diese Anlagen tragen damit etwa 11 % zu der im IEKP angestrebten Einsparung bei.

Trotz der im Hinblick auf die geförderten Technologien beschriebenen Verschiebung bei näherungsweise konstantem Investitions- und Darlehensvolumen und der daraus resul-tierenden Effekte bei der Einsparung fossiler Primärenergieträger und Verminderung von Treibhausgasemissionen, zeigt sich die Wichtigkeit der Förderung Erneuerbarer Ener-gien. Mit der Förderung und Nutzung von erneuerbaren Energieträgern wird durch die ausgelöste Treibhausgas-minderung nicht nur dem umweltpolitischen Ziel der Umweltver-träglichkeit Rechnung getragen, sondern auch die Versorgungssicherheit findet durch die Einsparung fossiler Primärenergieträger und damit die Verminderung von Energieimporten angemessene Berücksichtigung.

## 4. Beschäftigungseffekte

### 4.1. Methodische Grundlagen

Beschäftigungswirkungen ergeben sich aus den Investitionen und dem Betrieb von geförderten Anlagen. Bei den Investitionen ist darüber hinaus zwischen direkten Effekten bei Anlagenherstellern und -errichtern 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 Investitionsentscheidungen 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>33</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>34</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.

Das methodische Vorgehen setzt als wichtige Bausteine folgende Elemente voraus:

---

<sup>33</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>34</sup> Unter methodischer Perspektive erfolgt eine Zurechnung der Produktionswirkungen und daraus abgeleiteter Beschäftigungswirkungen zu empirisch ermittelten Endnachfragekomponenten.

- Eine quantitative Abschätzung der im Inland wirksamen Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen auf Basis der betrachteten Förderprogramme im Berichtsjahr 2008 (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>35</sup> und von der Summe der geförderten Investitionen abgezogen worden, um so zu einer Schätzung der im Inland wirksamen Nachfrage zu gelangen.<sup>36</sup> Da davon auszugehen ist, dass sich im Vergleich zum Förderjahrgang 2007 nur wenig an den Importquoten geändert haben dürfte, werden die für 2007 ermittelten Relationen auch für den Förderjahrgang 2008 verwendet.
- 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 2008 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>35</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 2009 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 (über 30 %).

<sup>36</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 2008 resultierende im Inland wirksame Nachfrage nach Sparten.**

Millionen €	Durch KfW geförderte Investitionen insgesamt	davon im Inland wirksame Nachfrage	
Wind	1.465	1.438	(98 %)
Photovoltaik	3.264	2.040	(62 %)
Solarthermie	3	2	(70 %)
Wasserkraft	60	60	(100 %)
Biomasse	91	77	(85 %)
Biogas <sup>1)</sup>	285	192	(67 %)
Geothermie	0,9	0,4	(44 %)
Summe	5.169 <sup>2)</sup>	3.810	(74 %)

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

<sup>2)</sup> Investitionen in Wärmenetze werden hier aus methodischen Gründen nicht berücksichtigt. Berücksichtigt man die damit verbundenen Investitionen von 34,6 Mio. €, so ergibt sich die Gesamtinvestitionssumme von 5203,6 Mio. €.

Für die Wirkung der Investitionen auf die Beschäftigungseffekte wurde angenommen, dass die gesamten Investitionen zu Beschäftigung im Jahr 2008 führen. Es wurden also alle Investitionen als im Jahr 2008 beschäftigungswirksam angenommen. Die Beschäftigung durch den Betrieb der Anlagen wurde für die auf die der Errichtung folgenden 20 Jahre abgeschätzt.

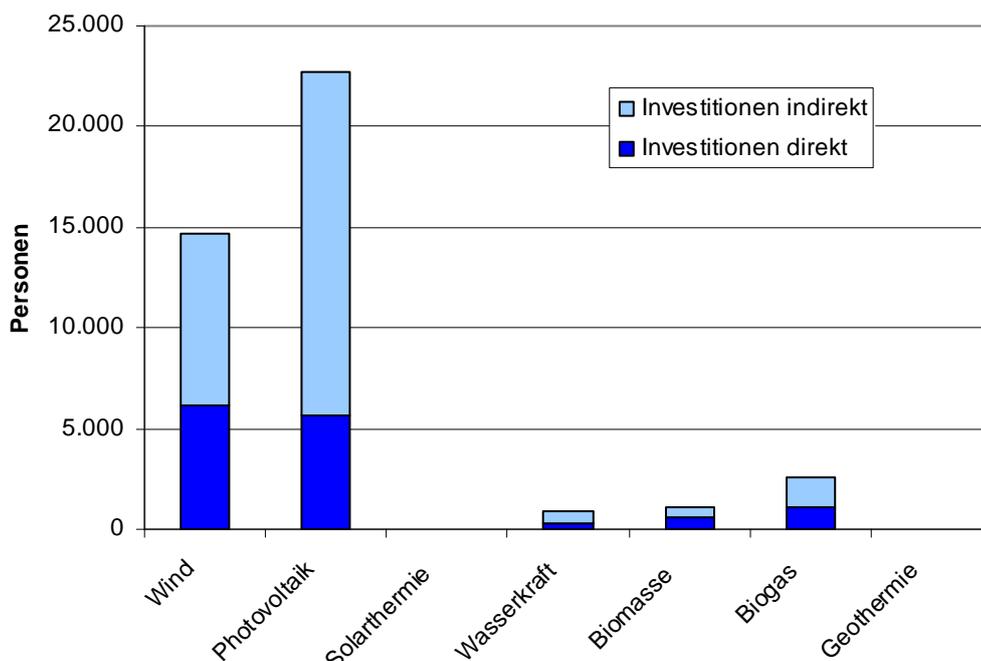
## 4.2. Ergebnisse

Ausgehend von einem geschätzten geförderten Investitionsvolumen aus den KfW-Förderprogrammen von knapp 5,2 Mrd. € im Jahr 2008 ergibt sich unter Berücksichtigung der für die einzelnen Bereiche der Erneuerbaren Energien typischen Importquoten für neue Anlagen eine im Inland wirksame geförderte Investitionsnachfrage von 3,8 Mrd. €. Der durchschnittliche jährliche fiktive Aufwand für den Betrieb dieser Anlagen wird auf Basis der Referenzanlagen bei einer unterstellten Lebensdauer von 20 Jahren auf rund 158 Mio. € jährlich geschätzt<sup>37</sup>.

Die durch die geförderten Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland wird im Jahr 2008 auf rund 42.000 Personen geschätzt. Davon fallen knapp 14.000 (33 %) direkt in den Branchen an, die Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren, und gut 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 2008 auf 170.400 (Kratz et al.

<sup>37)</sup> Ausgangspunkt dieser Berechnung waren die für die Referenzanlagen ermittelten jährlichen Betriebskosten wie in Anhang A3 dargestellt. Diese beinhalten über den Zeitraum 2008 bis 2027 angenommene Preissteigerungen und wurden in Annuitäten umgerechnet. Auf Basis der installierten elektrischen bzw. thermischen Leistung wurden die Werte der Referenzanlagen auf die im Jahr 2008 von der KfW unterstützten, neu gebauten Anlagen hochgerechnet.

2009). Allerdings beinhaltet diese Zahl den Export von Anlagen<sup>38</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, knapp 15.000 im Bereich Windenergie und 2.500 im Bereich Biogas, während die übrigen Bereiche der Erneuerbaren Energien im Jahr 2008 eine untergeordnete Rolle spielen (vgl. Abb. 4-1 und Tab. 4-2).



**Abb. 4-1: Durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2008 ausgelöste Beschäftigung.**

**Tab. 4-2: Durch im Jahr 2008 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung.**

Beschäftigte (gerundet)	Investitionen		Betrieb (20 Jahre)		Summe <sup>2)</sup>
	Direkt	Indirekt	Direkt	Indirekt	
Wind	6.100	8.600	3.800	10.800	29.300 (37 %)
Photovoltaik	5.700	17.000	2.100	9.000	33.800 (43 %)
Solarthermie	10	20	2	10	42 (0,1 %)
Wasserkraft	260	640	330	400	1.600 (2 %)
Biomasse	600	470	1.300	1.200	3.700 (5 %)
Biogas <sup>1)</sup>	1.100	1.400	4.200	3.900	10.700 (14 %)
Geothermie	3	2	5	5	15 (0,0 %)
Summe <sup>2)</sup>	13.800 (17 %)	28.200 (36 %)	11.800 (15 %)	25.500 (32 %)	79.200 (100 %)

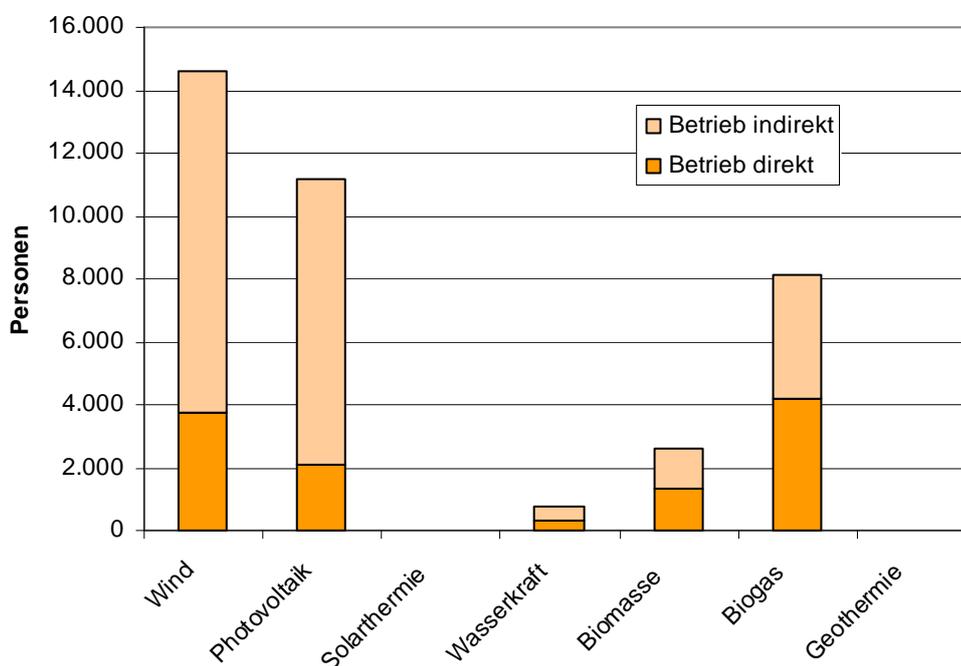
<sup>1)</sup> Stromerzeugung mit Biogas, Biogasleitungen und -einspeisung.

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

<sup>38)</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 37.000 Personenjahren bzw. 1.850 Personen jährlich. Wie Abb. 4-2 zeigt, entfällt der größte Teil der betriebsbedingten Beschäftigung auf die Windenergie (14.600 Personenjahre), am zweitwichtigsten ist – auf Grund der großen Anzahl installierter Anlagen – die Photovoltaik (gut 11.000 Personenjahre), wohingegen der Bereich Biogas den dritten Platz einnimmt (gut 8.000 Personenjahre). 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>39</sup>.

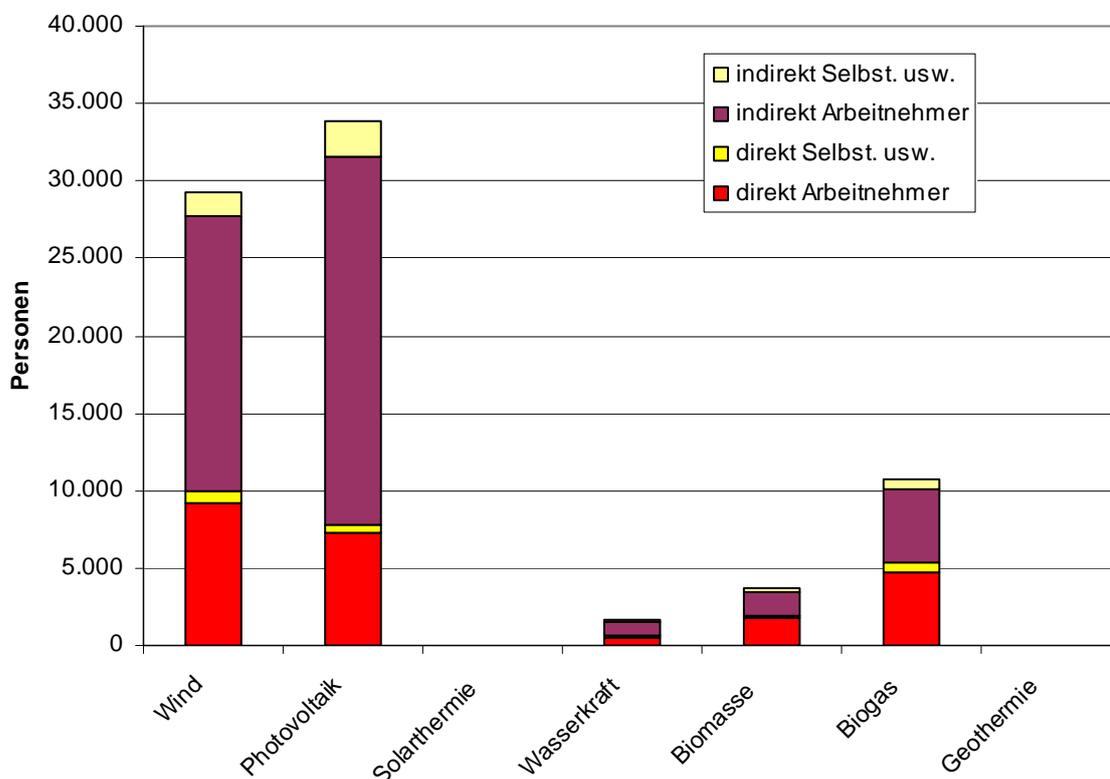


**Abb. 4-2: Ausgelöste Beschäftigung durch den Betrieb von im Jahr 2008 KfW-geförderten Anlagen (über einen Zeitraum von 20 Jahren).**

<sup>39</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 2008 induzierte Nachfragevolumen (Investitionen und Betrieb) zusammen, ergibt sich über einen Zeitraum von 20 Jahren ein Beschäftigungsvolumen von annähernd 80.000 Personenjahren. Etwas mehr als die Hälfte hiervon fällt als Investitionseffekt im Jahr 2008 an, der Rest als Betriebseffekt verteilt über 20 Jahre mit einem jährlichen Volumen von gut 1.850 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>40</sup> einstellen wie sie dort bei anderen branchentypischen Wirtschaftsaktivitäten anfallen, ergibt sich, dass gut 72.000 Personenjahre von Arbeitnehmern erbracht werden, also knapp 92 % aller induzierten Personenjahre, während knapp 7.000 Personenjahre, also gut 8 %, auf Selbständige und andere Gruppen 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>41</sup> mit weniger als 500 Beschäftigten entfallenden Arbeitsplätze wurden wie im Vorjahr anhand der Daten des Insti-

<sup>40</sup> sowie mithelfenden Familienangehörigen.

<sup>41</sup> Analog wurde für Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten vorgegangen.

tuts für Mittelstandsforschung<sup>42</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 79.200 für die Dauer eines Jahres gesicherten bzw. neu geschaffenen Arbeitsplätzen entfallen 71,8 % auf kleine und mittlere Unternehmen. In Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten entstehen 33,3 % der 79.200 Arbeitsplätze. Diese Zahlen unterstreichen die Wichtigkeit der durch die KfW-Förderprogramme unterstützten Investitionen für kleine und mittelständische Unternehmen.

Stellt man die Ergebnisse im Bereich der Beschäftigungseffekte denen des Förderjahrgangs 2007 gegenüber, so erklären sich die Änderungen weitgehend mit den in Abschnitt 2.2 dargestellten Änderungen in den ausgelösten Investitionen. Bei den investitionsbedingten Effekten verhindert der hohe Importanteil im Bereich der Photovoltaik eine weiter gehende Kompensierung der Investitionsrückgänge bei Windkraft- und Biogasanlagen durch die stark angestiegenen PV-Investitionen (siehe auch Tab. 4-1). In der Folge sinken die Beschäftigungseffekte im Vergleich zum Jahr 2007 in Summe um knapp 8 %. Die Anteile der auf den Mittelstand entfallenden Beschäftigungseffekte bleiben im Vergleich zum Förderjahrgang 2007 weitgehend unverändert.

---

<sup>42</sup> Vgl. Günterberg und Kayser (2004).

## 5. Zusammenfassung

Die Grundzüge der Klimapolitik der Bundesregierung sind im „Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP)“ verankert, dessen Eckpunkte auf der Klausurtagung des Bundeskabinetts in Meseberg am 23./24. 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 Wär-mebereich festgelegt. Bis zum Jahr 2020 sollen mindestens 30 Prozent des Bruttostrom-verbrauchs und 14 Prozent des Wärmeverbrauchs mit Erneuerbaren Energien gedeckt werden. Damit sollen 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 2008 lag der Anteil Erneuerbarer Energien am Brutto-stromverbrauch bei 14,8 Prozent, und bei 7,7 Prozent bei der Wärmebereitstellung.

Ein wichtiger Baustein dieser Strategie sind die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe im Bereich der Erneuerbaren Energien. Um deren Bedeutung und Effektivität im Förder-jahrgang 2008 zu überprüfen, werden in der vorliegenden Studie zum zweiten mal die von diesen Förderprogrammen ausgehenden Effekte in den Bereichen Treibhausgas-minderung, Einsparung fossiler Energieträger und damit vermiedener Importe an fossilen Energieträgern sowie Beschäftigungseffekte ermittelt.

Im Jahr 2008 war erstmalig eine Evaluation für den Förderjahrgang 2007 vorgelegt wor-den. Auf Grund inzwischen eingetretener methodischer Änderungen sind die Ergebnisse der Erstevaluation in den Bereichen Treibhausgas-minderung, Einsparung fossiler Ener-gieträger und damit verbundener Importe nicht direkt mit den Ergebnissen für 2008 ver-gleichbar. Um einen Vergleich zu ermöglichen, wurden die betreffenden Berechnungen für den Förderjahrgang 2007 nochmals mit der neuen Methode durchgeführt.

**Tab. 5-1: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Kreditprogramm im Jahr 2008.**

	ERP-Umwelt	KfW-Umwelt	Solar	KfW-EE	Summe
Darlehensfälle	10.857	10.500	15.173	448	36.978
Darlehensvolumen (Mio. €) <sup>1)</sup>	1.703,3	1.651,3 <sup>2)</sup>	464,4	47,9	3.867,0 <sup>2)</sup>
Investitionsvolumen (Mio. €) <sup>1)</sup>	2.363,8	2.264,5 <sup>3)</sup>	514,2	61,1	5.203,6 <sup>3)</sup>
Mittleres Investitionsvolumen je Darlehen (€) <sup>1)</sup>	217.723	215.663	33.890	136.442	140.722

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

<sup>2)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 1.961,8 bzw. 4.177,5 Mio. € hier wurden nur Anlagen im Inland berücksichtigt.

<sup>3)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 2.916,8 bzw. 5.855,9 Mio. € hier wurden nur Anlagen im Inland berücksichtigt.

Tab. 5-1 gibt einen Überblick über den Umfang der ausgewerteten Kreditprogramme im Jahr 2008. Während das Programm Solarstrom erzeugen (Solar) die höchste Anzahl an Darlehen ausweist, stehen die beiden Programme ERP-Umwelt- und Energiesparpro-

gramm und KfW-Umweltprogramm für insgesamt fast 87 % des zugesagten Darlehensvolumens.

Grundlage der Kalkulationen der mit den Investitionen verbundenen Wirkungen sind die installierten Leistungen und ausgelösten Investitionsvolumina. Tab. 5-2 zeigt das als Grundlage der Berechnungen verwendete Investitionsvolumen nach Kreditprogramm und Verwendungszweck.

**Tab. 5-2: Volumina der Investitionen in erneuerbare Energiequellen, die 2008 durch KfW-Kreditprogramme gefördert wurden, nach Verwendungszweck.**

	ERP-Umwelt		KfW-Umwelt		Solar		KfW-EE		Summe	
	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%
Biogas <sup>1)</sup>	147,3	6,2	131,0	5,8	-	-	6,4	10,5	284,7	5,5
Biomasse	33,4	1,4	40,6	1,8	-	-	17,0	27,9	91,1	1,8
Geothermie	0,4	0,02	0,6	0,02	-	-	-	-	0,9	0,02
Photovoltaik	1.457,2	61,6	1.292,6	57,1	514,2	100,0	-	-	3.264,0	62,7
Solarkollektoranlage	0,04	0,002	0,1	0,006	-	-	3,1	5,0	3,2	0,06
Wärmenetz	-	-	-	-	-	-	34,6	56,6	34,6	0,7
Wasserkraft	31,9	1,3	28,4	1,3	-	-	-	-	60,3	1,2
Windkraft	693,6	29,3	771,2	34,1	-	-	-	-	1.464,8	28,1
Summe	2.363,8	100,0	2.264,5 <sup>2)</sup>	100,0	514,2	100,0	61,1	100,0	5.203,6 <sup>2)</sup>	100,0

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

<sup>2)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 2.916,8 bzw. 5.855,9 Mio. €

Die Bedeutung der KfW-Programme für den Ausbau der Erneuerbaren Energien zeigt sich vor allem im Strombereich sehr deutlich: Insgesamt 58 % der in Deutschland im Jahr 2008 zugebauten elektrischen Leistung wurden über die KfW gefördert (Tab. 5-3). Bei den Windkraftanlagen ergibt sich ein Anteil von rund zwei Dritteln. Auch in den Bereichen Biogas, Wasserkraft und Photovoltaik zeigt sich der Stellenwert der KfW-Förderung. Im Bereich der Photovoltaik wurde rund die Hälfte der in Deutschland neu installierten Leistung durch einen KfW-Kredit finanziert.

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. 5-3: Geförderte elektrische und thermische Leistung<sup>43</sup> der KfW-Programme im Vergleich zu den 2008 in Deutschland zugebauten Leistungen (BMU 2009).**

	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	Windkraft	1.100	1.647	67 %
	Photovoltaik	757	1.500	50 %
	Wasserkraft <sup>2)</sup>	18	20	90 %
	Biomasse	13,5	77	18 %
	Biogas <sup>3)</sup>	95,6	168	57 %
	<b>Summe</b>	<b>1.984<sup>5)</sup></b>	<b>3.412</b>	<b>58 %</b>
Wärme <sup>1)</sup>	Solarthermie <sup>4)</sup>	3,1	1.328	0,2 %
	Biomasse	97	k.A.	k.A.
	Geothermie (Wärmepumpen)	0,8	k.A.	k.A.
	<b>Summe</b>	<b>100,7</b>	<b>k.A.</b>	<b>k.A.</b>
Wärmenetze (Trassenlänge)		155 km	k.A.	k.A.

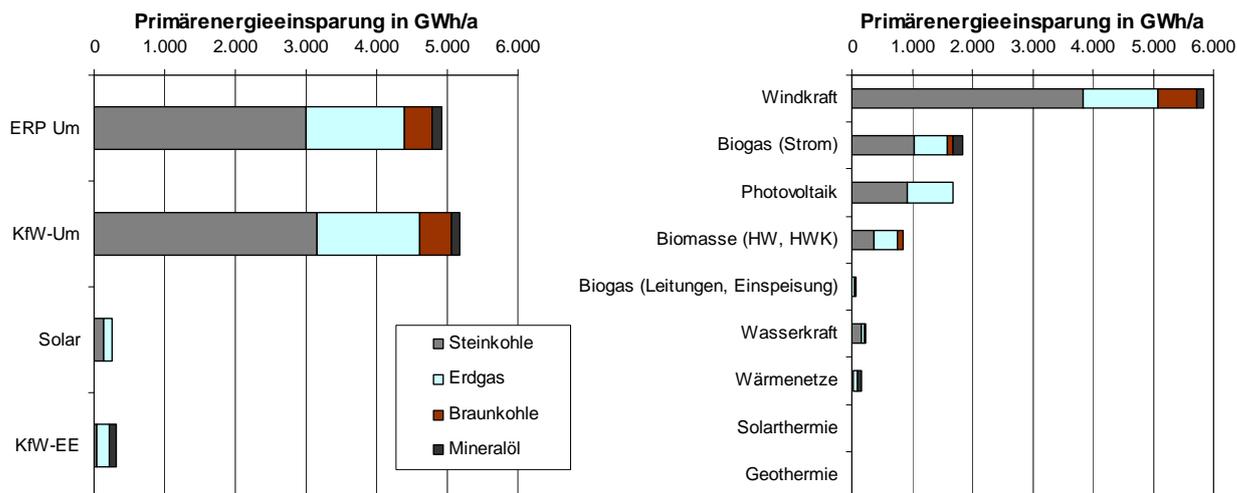
- <sup>1)</sup> Ohne den thermischen Leistungsanteil der KWK-Anlagen aus dem Strombereich. Auf die Darstellung des thermischen Leistungsanteils von KWK-Anlagen wird hier verzichtet, weil dieser sonst die thermische Leistung der ausschließlich thermisch genutzten Biomasseanlagen überdeckt. Für die Berechnung 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 43 MW, für Biogasanlagen 147 MW hochgerechnet. Der davon tatsächlich genutzte Anteil wurde mit 70 % (Biomasse-Heizkraftwerke) bzw. 25 % (Biogasanlagen) angesetzt. Vergleiche dazu auch Anhang A2.
- <sup>2)</sup> Davon 2 MW Anlagenreaktivierungen bzw. -erweiterungen.
- <sup>3)</sup> Stromerzeugung mit Biogas, Biogasleitungen und -einspeisung.
- <sup>4)</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 Marktanzreizprogramms mit Investitionskostenzuschüssen gefördert werden.
- <sup>5)</sup> Unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 2.286 MW<sub>el</sub>.

Abb. 5-1 zeigt die Aufteilung der Einsparung fossiler Energieträger nach Förderprogrammen und Technologiebereichen<sup>44</sup>. Daraus geht deutlich hervor, dass die Effekte der Förderung der Windenergienutzung dominieren. Auch die geförderten Biogas- bzw. Photovoltaikanlagen tragen einen bedeutenden Beitrag zur Einsparung fossiler Primärenergieträger bei.

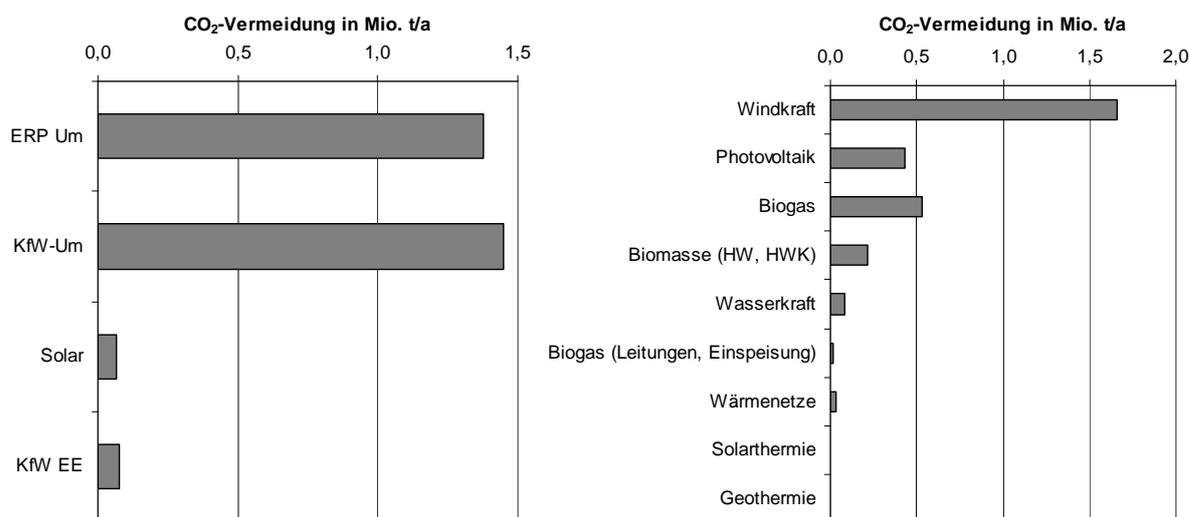
Abb. 5-2 zeigt die Struktur der CO<sub>2</sub>-Vermeidung nach Technologiebereichen und KfW-Förderprogrammen. Die Verhältnisse entsprechen auch hier im Wesentlichen der Brennstoffsubstitution nach Abb. 5-1, die unterschiedlichen CO<sub>2</sub>-Faktoren der Technologien fallen gemessen an den Energiemengen nicht entscheidend ins Gewicht. Technologiebezogen ergeben sich leichte Verschiebungen. So entfallen 56 % der CO<sub>2</sub>-Vermeidung auf die Windenergie, weil hier der CO<sub>2</sub>-Faktor höher ist als bei Photovoltaik und Biogas, deren Anteile sich deshalb auf knapp 15 % bzw. 18 % verringern.

<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 2008 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.**



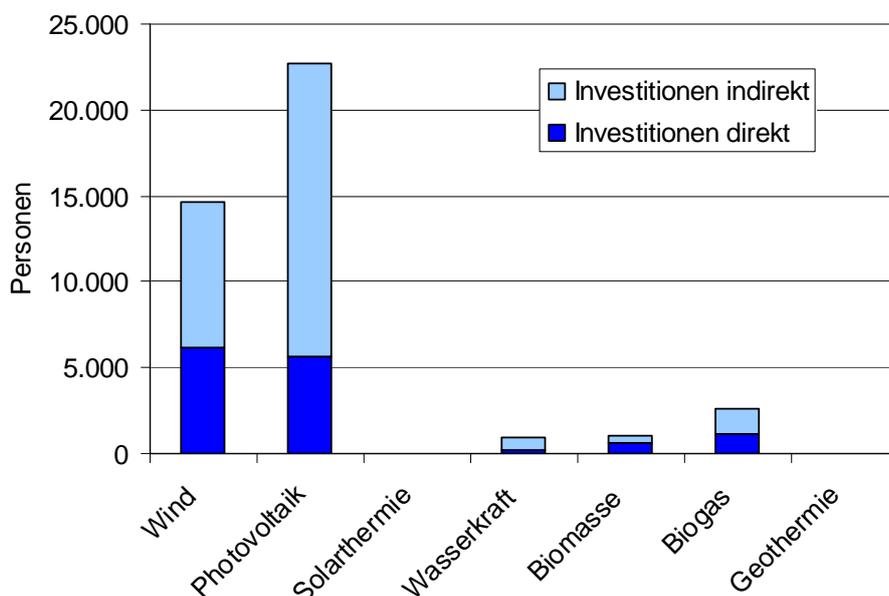
**Abb. 5-2: Jährliche CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologiebereichen und KfW-Förderprogrammen (gesamt: 3,0 Mio. t/a).**

Allein die von der KfW im Jahr 2008 geförderten Anlagen tragen somit mit einer Minderung von knapp 3 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr mehr als 4,5 % zur Erreichung der mit dem Integrierten Energie und Klimaprogramm angestrebten Einsparungen durch die Förderung Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich (rund 64 Mio. t pro Jahr bis 2020<sup>45</sup>) bei. Werden die im Jahr 2007 geförderten Anlagen hinzugerechnet, die zur Minderung von rund 4,1 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr führen, beträgt der Beitrag der in den Jahren 2007 und 2008 von der KfW geförderten Anlagen im Bereich Erneuerbaren Energien rund 7,1 Mio. t pro Jahr. Diese Anlagen tragen damit etwa 11 % zu der im IEKP angestrebten Einsparung bei.

<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.

Im Vergleich zum Förderjahrgang 2007 waren Verschiebungen in den Programmen und insbesondere im Hinblick auf die geförderten Technologien zu verzeichnen. Diese sind zum Großteil auf die Novellierung des EEG zurückzuführen. Das novellierte EEG sieht ab 2009 eine Erhöhung der Fördersätze für Windkraft- und Biogasanlagen vor, dagegen verschlechtern sich die Bedingungen für Investitionen in Photovoltaikanlagen. Die Betrachtung der im Jahr 2008 geförderten Anlagen zeigt, dass in den Bereichen Windkraft- und Biogasanlagen weniger Anlagen als 2007 gefördert wurden. Dies ist zum Großteil auf eine abwartende Haltung von Seiten der Investoren zurückzuführen, die vermutlich Investitionen bzw. Finanzierungsentscheidungen in das Jahr 2009 verlegten. Dagegen waren im Bereich Photovoltaik deutliche Vorzieheffekte zu beobachten.

Die durch die geförderten Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland wird im Jahr 2008 auf rund 42.000 Personen geschätzt. Davon fallen knapp 14.000 (33 %) direkt in den Branchen an, die Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren, und gut 28.000 (67 %) in den liefernden vorgelagerten Branchen der Volkswirtschaft. Knapp 23.000 Personen werden durch die Förderung von Investitionen im Bereich Photovoltaik beschäftigt, knapp 15.000 im Bereich Windenergie und 2.500 im Bereich Biogas, während die übrigen Bereiche der Erneuerbaren Energien im Jahr 2008 eine untergeordnete Rolle spielen (vgl. Abb. 5-3).



**Abb. 5-3: Ausgelöste Beschäftigung durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2008.**

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 Erneuerbare-Energien-Branche beitragen.

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sind:

- Mit einem ausgelösten Investitionsvolumen von 5,2 Mrd. € haben die KfW-Programme rund 40 % der in Deutschland im Jahr 2008 getätigten Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien gefördert.
- Die KfW-Förderung im Jahr 2008 führt zu vermiedenen Energieimporten im Gegenwert von jährlich rund 244 Mio. €. Dies entspricht insgesamt knapp 4,9 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 2008 von der KfW geförderten Anlagen bewirken eine Vermeidung von knapp 3,0 Mio. t CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr, was allein über 4,5 % 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 und 2008 zusammen, so wurden durch die KfW-Programme bislang Emissionsvermeidungen von jährlich rund 7,1 Mio. t CO<sub>2</sub> angestoßen und damit rund 11 % der im IEKP angestrebten Einsparungen.
- Mit Produktion und Bau der im Jahr 2008 geförderten Anlagen waren rund 42.000 Arbeitsplätze verbunden. Somit trägt die KfW-Förderung weiterhin maßgeblich zum Jobmotor Erneuerbare Energien bei und erweist sich als Innovationsprogramm für eine exportorientierte Wirtschaft. Hinzu kommen jährlich weitere mehr als 1.850 Arbeitsplätze durch Betrieb und Wartung der Anlagen.
- 71,8 % der Arbeitsplätze sind in kleinen und mittleren Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten entstanden, knapp die Hälfte davon (insgesamt 33,3 %) in Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten. Diese Zahlen unterstreichen die Wichtigkeit der betrachteten KfW-Programme für die Mittelstandsförderung.

## Literaturverzeichnis

- AGEB (2009): Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Hrsg.): *Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2008*. Berlin, Februar 2009.
- BDEW (2008): Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Endenergieverbrauch in Deutschland 2007*. Berlin, Dezember 2008.
- BMWi (2009): Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.): *Energiedaten - Nationale und Internationale Entwicklung*. URL: <http://www.bmwi.de/Navigation/Technologie-und-Energie/Energiepolitik/energiedaten.html> [Stand 24.02.2009].
- Bode und Groscurth (2006): Bode, S.; Groscurth, H.: *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*, Juni 2009.
- GEMIS: Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) Version 4.4. Öko-Institut Darmstadt (<http://www.oeko.de/service/gemis/de/index.htm>).
- gwa (2007): Baum, S.: Methanverluste bei der Biogasaufbereitung. Fachartikel in Gas, Wasser, Abwasser, Ausgabe 9/2007. Zürich, 2007.
- IE Leipzig (2008): Institut für Energetik und Umwelt GmbH (Hrsg.): *Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Stromerzeugung aus Biomasse*. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Leipzig, März 2008.
- Günterberg und Kayser (2004): Günterberg, B.; Kayser, G.: *SMEs in Germany – Facts and Figures 2004*. Institut für Mittelstandsforschung, Bonn, 2004.
- 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 et al. (2005) 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 und Ragwitz (2005): Klobasa, M.; Ragwitz, M.: *Gutachten zur CO<sub>2</sub>-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien*. Bericht im Auftrag des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW). Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe, Januar 2005.
- Klobasa et al. (2009): Klobasa, M; Sensfuß, F.; Ragwitz, M.: *CO<sub>2</sub>-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2006 und 2007*. Bericht im Auftrag des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW). Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe, Februar 2009.
- Kratzat et al. (2008): Kratzat, M.; Edler, D.; Ottmüller, M.; Lehr, U.: *Bruttobeschäftigung 2007 – eine erste Abschätzung*. Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. März 2008.

- Kratz et al. (2009): Kratz, M.; Edler, D.; Ottmüller, M.; Lehr, U.: *Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2008 – eine erste Abschätzung*. Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit März 2009.
- Krewitt und Schломann (2006): Krewitt, W.; Schломann, B.: *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 et al. (2003): Leible, L.; Arlt, A.; Fürniß, B.; Kälber, S.; Kappler, G.; Lange, S.; Nieke, E.; Rösch, C.; Wintzer, D.: *Energie aus biogenen Rest- und Abfallstoffen*. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Karlsruhe, Juli 2003.
- Neji et al. (2003): Neji, L.; Dannemand, D.; Durstewitz, M.; Helby, P.; Hoppe-Kilpper, M.; Morthorst, P., E.: *Experience Curves: A Tool for Energy Policy Assessment*. Environmental and Energy Systems Studies. Lund, Schweden, 2003.
- Nitsch et al. (2004): 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.: *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 (2008): Nitsch, J.: „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.
- Pehnt (2007): Pehnt, M. 2007: *Erneuerbare Energien kompakt, Ergebnisse systemanalytischer Studien*. Im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Heidelberg, Mai 2007.
- PV-Monitoring (2008): Günnewig D. (Bosch & Partner), Püschel M. (Bosch & Partner), Langniß O., Böhnisch H., Kelm T. (ZSW), Mack M. (Decker & Mack), Teckenburg K. (Decker & Mack), Reichmuth M. (IE Leipzig), Bohl J. (Bohl & Coll.): *Monitoring zur Wirkung des novellierten EEG auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Solarenergie, insbesondere der Photovoltaik-Freiflächen*, Ergänzungsbericht 2007. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Hannover, Stuttgart, Leipzig, Würzburg, April 2008.
- Staiß (2007): Staiß, F.: *Jahrbuch Erneuerbare Energien 2007*. Radebeul: Biberstein, Mai 2007.
- Staiß et al. (2007): Staiß, F.; Schmidt, M.; Musiol, F.: *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 und Nicolosi (2007): Wissen, R.; Nicolosi, M.: *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 Wasserstoffforschung (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

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

Energieträger	Annuität in €/GWh	Eingerechnete Preissteigerungsrate	Quelle
Rohöl (Importpreis)	45.910	2,4 %	Importpreise 2007/2008 aus BMWi Energiedaten, Preissteigerung aus Nitsch (2008), Tab. 2-3
Erdgas (Importpreis)	36.033	3,3 %	
Steinkohle (Importpreis)	18.069	5,0 %	
Erdgas (frei Kraftwerk)	46.914	3,3 %	Nitsch (2008)
Steinkohle (frei Kraftwerk)	19.581	5,0 %	
Braunkohle (frei Kraftwerk)	4.611	0,9 %	
Heizöl (Verbraucherpreis)	84.637	3,5 %	
Erdgas (Verbraucherpreis)	92.904	3,8 %	
Steinkohle (Verbraucherpreis)	45.449	5,0 %	Haushaltspreis 2007/2008 aus BMWi Energiedaten, Preissteigerung aus Nitsch (2008), Tab. 2-3
Braunkohle (Verbraucherpreis)	64.927	0,9 %	

Zur ausführlichen Darstellung der angenommenen Preisentwicklungen wird auf Nitsch (2008), Tabelle 2-3 verwiesen. Der für diese Studie gewählte Preispfad „A: Deutlich“ stellt aus heutiger Sicht die realistischste Entwicklung dar.

Tab. A-2 zeigt ein Beispiel für die Berechnung der Annuität aus einer Zeitreihe. Ausgangsbasis der Berechnungen sind die Eckdaten in der linken Tabelle aus Nitsch (2008). Diese werden in der rechten Tabelle linear interpoliert und in €/GWh umgerechnet. Mit dem kalkulatorischen Zinssatz von 6 % werden die jährlichen Werte auf 2008 abgezinst und zu einem Kapitalwert aufsummiert. Der Kapitalwert wird anschließend mit dem kalkulatorischen Zinssatz in eine Annuität umgerechnet.

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

<b>Ausgangswerte:</b>	
<b>Jahr</b>	<b>€/GWh</b>
2008	59.684
2010	75.546
2015	87.815
2020	99.916
2025	111.008
2030	122.773

Kalkulatorischer Zinssatz: 6 %

	<b>Interpolierte Werte</b>	<b>abgezinst</b>
<b>Jahr</b>	<b>€/GWh</b>	<b>€/GWh</b>
2008	59.684	59.684
2009	66.627	62.855
2010	75.546	67.236
2011	78.000	65.490
2012	80.454	63.727
2013	82.908	61.953
2014	85.361	60.176
2015	87.815	58.402
2016	90.235	56.615
2017	92.655	54.843
2018	95.076	53.090
2019	97.496	51.360
2020	99.916	49.655
2021	102.134	47.885
2022	104.353	46.155
2023	106.571	44.469
2024	108.790	42.825
2025	111.008	41.225
2026	113.361	39.715
2027	115.714	38.245
	<b>Kapitalwert</b>	<b>1.065.604</b>
	<b>Annuität</b>	<b>92.904</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. 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 (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: Evaluierung Förderjahrgang 2008).**

[%]	Kernenergie		Braunkohle		Steinkohle		Erdgas		Mineralöl	
	EVA 07	EVA 08	EVA 07	EVA 08	EVA 07	EVA 08	EVA 07	EVA 08	EVA 07	EVA 08
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

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	2,70
Steinkohle	2,81
Erdgas	2,40
Mineralöl	2,66
Wasserkraft	0,01
Windenergie	0,04
Photovoltaik	0,31
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 2,81 kWh (Steinkohle) und 2,4 kWh (Erdgas). Damit ergibt sich für die Bereitstellung einer Kilowattstunde Strom aus Photovoltaik eine Netto-Primärenergieeinsparung von 2,3 kWh.

Im Rahmen der Umstellung der Substitutionsmethodik wurden auch die CO<sub>2</sub>-Minderungsfaktoren für die einzelnen erneuerbaren Energieträger 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 vorliegende Evaluierung des Förderjahres 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: Evaluierung Förderjahrgang 2008).**

[g/kWh <sub>el</sub> ]	CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub> -Äquivalente	
	EVA 07	EVA 08 (einschl. Vorketten)	EVA 07	EVA 08 (einschl. Vorketten) <sup>46</sup>
Windenergie	862	753	873	820
Wasserkraft	1.088	851	1.098	907
Feste Biomasse	886	819	874	882
Biogas	748	688	751	497
Photovoltaik	683	591	690	645

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 (Tab. A-6, EVA 07), wurde im Zuge der Aktualisierung der Methodik eine nach Energieträgern spezifizierte Substitutionsmethode definiert (Tab. A-6, EVA 08). Darüber hinaus tauchen erstmals Fernwärme und Strom als substituierte Energieträger auf.

<sup>46</sup> Die Minderungsfaktoren für CO<sub>2</sub>-Äquivalente wurden abgeschätzt, da diese zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht zur Veröffentlichung bereitstanden.

**Tab. A-6: Vergleich der Substitutionsfaktoren im Wärmebereich<sup>47</sup> (BMU 2009, UBA 2009a; EVA 07: Evaluierung Förderjahrgang 2007; EVA 08: Evaluierung Förderjahrgang 2008).**

[%]		Heizöl	Erdgas	Steinkohle	Braunkohle	Fernwärme	Strom
EVA 08	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-6 gewichteten Primärenergieaufwand abzüglich des Primärenergieverbrauchs der erneuerbaren Wärmebereitstellung.

<sup>47</sup> Abweichungen in den Summen durch Rundungen.

**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: Evaluierung Förderjahrgang 2008).**

[g/kWh <sub>th</sub> ]	CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub> -Äquivalente <sup>48</sup>	
	EVA 07	EVA 08	EVA 07	EVA 08
Solarthermie	231,7	218	225,7	229
Wärmepumpen		91		95
Biogas		265		92
Feste Biomasse (HW, HKW)		284		352
Tiefengeothermie		219		225

<sup>48</sup> Vgl. Fußnote 46.

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. Auffällig ist weiterhin die signifikante Differenz zwischen dem CO<sub>2</sub>-Einsparungsfaktor und dem Einsparungsfaktor für CO<sub>2</sub>-Äquivalente für Wärme aus Biogasanlagen. Die Differenz rührt von den bei der Biogasnutzung entstehenden Methanemissionen her, die mit einem Gewichtungsfaktor von 21 (vgl. Tab. A-26) in die Berechnung eingehen.

### 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. 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 Investitionskosten umfassen neben den eigentlichen Investitionskosten für die Anlage auch die Investitionsnebenkosten wie Planung, Montage, etc.

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

Kalkulatorischer Zinssatz	6 %
Betrachtungszeitraum	20 a
Inbetriebnahme	2008
1 Personenjahr	50.000 € (ohne Umsatzsteuer)
Steuer	netto

**Tab. A-10: Photovoltaikanlage mit 17 kW<sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen bis 100 kW<sub>p</sub>.**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	17 kW <sub>p</sub>
	Spezifische Investitionskosten	4.320 €/kW <sub>p</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	73.440 €
	Spezifischer Stromertrag	970 kWh/kW <sub>p</sub>
	Jährlicher Stromertrag	16.490 kWh/a
	Personaleinsatz	0,0 a
	Wartung und Instandhaltung	1,0 %/a von I <sub>0</sub>
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5 %/a von I <sub>0</sub>
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	6.403 €/a
	Personalkosten	0 €/a
	Wartung und Reparatur	911 €/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	367 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	7.681 €/a

**Tab. A-11: Photovoltaikanlage mit 233 kW<sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen von 101 bis 1.000 kW<sub>p</sub>.**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	233 kW <sub>p</sub>
	Spezifische Investitionskosten	4.200 €/kW <sub>p</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	978.600 €
	Spezifischer Stromertrag	970 kWh/kW <sub>p</sub>
	Jährlicher Stromertrag	226 MWh/a
	Personaleinsatz	0,0 a
	Wartung und Instandhaltung	1,0 %/a von I <sub>0</sub>
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5 %/a von I <sub>0</sub>
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	85.319 €/a
	Personalkosten	0 €/a
	Wartung und Reparatur	9.786 €/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	4.893 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	99.998 €/a

**Tab. A-12: Photovoltaikanlage mit 2,6 MW<sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen über 1 MW<sub>p</sub>.**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	2.600 kW <sub>p</sub>
	Spezifische Investitionskosten	3.280 €/kW <sub>p</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	8.528.000 €
	Spezifischer Stromertrag	980 kWh/kW <sub>p</sub>
	Jährlicher Stromertrag	2.548 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	743.510 €/a
	Personalkosten	12.500 €/a
	Wartung und Reparatur	105.741 €/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	42.640 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	904.391 €/a

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

<b>Basisdaten</b>	Leistung	2.000 kW
	Spezifische Investitionskosten	1.261 €/kW
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	2.522.000 €
	Volllaststunden	2.000 h
	Jährlicher Stromertrag	4.000 MWh/a
	Betriebskosten (ab 1. Betriebsjahr)	50 €/kW
	Betriebskosten (ab 10. Betriebsjahr)	60 €/kW
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	219.879 €/a
	Betriebskosten	113.596 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	333.476 €/a

**Tab. A-14: ORC-Biomasse-Heizkraftwerk 1,5 MW<sub>el</sub>, Brennstoff: Altholz und Waldrestholz<sup>49</sup>.**

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	1.500 kW <sub>el</sub>
	Thermische Leistung	6.522 kW <sub>th</sub>
	Spezifische Investitionskosten	3.650 €/kW <sub>el</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	5.475.000 €
	Volllaststunden	5.000 h
	Jährlicher Stromertrag	7.500 MWh/a
	Wärmebereitstellung	32.609 MWh/a
	Wärmenutzung (70 %)	22.826 MWh/a
	Wärmevergütung	4,0 ct/kWh
	Brennstoffpreis (Altholz und Waldrestholz)	60 €/t
	Brennstoffheizwert	4,1 kWh/t
	Elektrischer Jahresnutzungsgrad	14,0 %
	Brennstoffbedarf	13.066 t/a
	Personaleinsatz	2,0 a
	Wartung und Reparatur	109.500 %/a von I <sub>0</sub>
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	65.700 %/a von I <sub>0</sub>
Sonstige variable Kosten	214.286 %/a von I <sub>0</sub>	
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	477.335 €/a
	Betriebskosten	606.927 €/a
	Brennstoffkosten	783.972 €/a
	Wärmegutschrift	-913.043 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	955.191 €/a

<sup>49</sup> ORC (Organic Rankine Cycle): Im Gegensatz zu klassischen Dampfturbinen, die mit Wasser als Arbeitsmittel betrieben werden, wird bei ORC-Anlagen ein organisches Arbeitsmittel eingesetzt. Dadurch kann auch niederwertige Wärme verstromt werden, womit jedoch nur ein geringer elektrischer Jahresnutzungsgrad erreicht werden kann.

**Tab. A-15: Biogasanlage 540 kW<sub>el</sub>.**

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	540 kW <sub>el</sub>
	Thermische Leistung	831 kW <sub>th</sub>
	Spezifische Investitionskosten	3.500 €/kW <sub>el</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	1.890.000 €
	Volllaststunden	7.000 h
	Jährlicher Stromertrag	3.780 MWh/a
	Wärmebereitstellung	5.815 MWh/a
	Wärmenutzung (25 %)	1.454 MWh/a
	Wärmevergütung	4,0 ct/kWh
	Substratkosten Maissilage	41,6 €/t <sub>FM</sub>
	Anteil Maissilage	50 %
	Anteil Gülle	50 %
	Elektrischer Jahresnutzungsgrad	33 %
	Bedarf Maissilage	9.295 t <sub>FM</sub> /a
	Personaleinsatz	1,0 a
	<b>Jahreskosten</b>	Wartung und Reparatur
Versicherung, Verwaltung, Pacht		1,2 %/a von I <sub>0</sub>
Kapitaldienst		113.400 €/a
Betriebskosten		172.139 €/a
Substratkosten		386.489 €/a
Wärmegutschrift	-58.154 €/a	
Gesamte jährliche Kosten	613.874 €/a	

**Tab. A-16: Wasserkraftanlage Neubau.**

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	1.000 kW
	Spezifische Investitionskosten	5.000 €/kW
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	5.000.000 €
	Volllaststunden	5.000 h
	Strombereitstellung	5.000 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	435.923 €/a
	Betriebskosten	141.972 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	577.895 €/a

**Tab. A-17: Wasserkraftanlage Umbau, Reaktivierung.**

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	120 kW
	Spezifische Investitionskosten	2.500 €/kW
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	300.000 €
	Volllaststunden	5.000 h
	Strombereitstellung	600 MWh/a
	Wartung und Reparatur	1,8 %/a von I <sub>0</sub>
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5 %/a von I <sub>0</sub>
	Sonstige variable Kosten	3,5 €/MWh
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	26.155 €/a
	Betriebskosten	11.159 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	37.315 €/a

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

<b>Basisdaten</b>	Kollektorfläche	80 m <sup>2</sup>
	Spezifische Investitionskosten	750 €/m <sup>2</sup>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	60.000 €
	Spezifischer Wärmeertrag	370 kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Wärmebereitstellung	29,6 MWh/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	1,5 %/a von I <sub>0</sub>
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	5.231 €/a
	Betriebskosten	1.116 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	6.347 €/a

**Tab. A-19: Biomasse-Heizwerk ohne Nahwärmenetz.**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	500 kW
	Spezifische Investitionskosten	500 €/kW
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	250.000 €
	Volllaststunden	1.800 h
	Wärmebereitstellung	900 MWh/a
	Brennstoffpreis (Holzhackschnitzel)	99 €/t
	Jahresnutzungsgrad	75 %
	Brennstoffbedarf	300 t/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	6,0 %/a von I <sub>0</sub>
	<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst
Brennstoffkosten		29.788 €/a
Betriebskosten		18.599 €/a
Gesamte jährliche Kosten		70.183 €/a

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

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	300 kW
	Trassenlänge	350 m
	Spezifische Investitionskosten	1.375 €/kW
	Investitionskosten ( $I_0$ )	412.500 €
	Volllaststunden	3.500 h
	Wärmebereitstellung	1.050 MWh/a
	Verluste Wärmenetz (15 %)	158 MWh/a
	Wärmenutzung	893 MWh/a
	Brennstoffpreis (Holzhackschnitzel)	99 €/t
	Jahresnutzungsgrad	80 %
	Brennstoffbedarf	328 t/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	6,0 %/a von $I_0$
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	35.964 €/a
	Brennstoffkosten	32.581 €/a
	Betriebskosten	30.688 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	99.233 €/a

**Tab. A-21: Geothermische Anlage (Wärmepumpe).**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	75 kW <sub>th</sub>
	Elektrische Leistung	21 kW <sub>el</sub>
	Spezifische Investitionskosten	1.200 €/kW <sub>th</sub>
	Investitionskosten ( $I_0$ )	90.000 €
	Volllaststunden	1.800 h
	Jahresarbeitszahl	3,5
	Wärmebereitstellung	135 MWh/a
	Strombedarf	39 MWh/a
	Strompreis	20,3 ct/kWh
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	7.847 €/a
	Betriebskosten (Strom)	11.748 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	19.594 €/a

**Tab. A-22: Wärmenetze (Einspeisung Biomasse).**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	566,0 MW
	Trassenlänge	770 m
	Spezifische Investitionskosten	350 €/m
	Investitionskosten ( $I_0$ )	269.500 €
	zusätzliche Volllaststunden	1.000 h
	zusätzliche Wärmebereitstellung	566 MWh/a
	Verluste Wärmenetz	15 %
	Brennstoffpreis (Holzhackschnitzel)	99 €/t
	Jahresnutzungsgrad	80 %
	Brennstoffbedarf	177 t/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	1,5 %/a von $I_0$
	ausgespeiste Wärme	481 MWh
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	23.496 €/a
	Brennstoffkosten	17.563 €/a
	Betriebskosten	5.012 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	46.071 €/a

**Tab. A-23: Wärmenetze (Einspeisung Biogas).**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	441,0 MW
	Trassenlänge	1.030 m
	Spezifische Investitionskosten	190 €/m
	Investitionskosten ( $I_0$ )	195.700 €
	zusätzliche Volllaststunden	3.750 h
	zusätzliche Wärmebereitstellung	1.654 MWh
	Verluste Wärmenetz	15 %
	Wartung, Reparatur und Betrieb	3,0 %/a von $I_0$
	ausgespeiste Wärme	1.406 MWh
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	17.934 €/a
	Brennstoffkosten	0 €/a
	Gutschrift KWK-Bonus	-27.411 €/a
	Betriebskosten	7.280 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	-2.197 €/a

**Tab. A-24: Biogasleitungen.**

<b>Basisdaten</b>	Leitungslänge	1.405 m
	spez. Investitionskosten Biogasleitung (einschließlich Gasverdichter)	83 €/m
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> ) Biogasleitung	115.974 €
	Leistung Biogasanlage	350 kW
	Volllaststunden	7.500 h
	Anteil Wärmenutzung	30 %
	Stromkennzahl	0,65
	Wärmenutzung (ohne BG-Leitung)	121.154 MWh/a
	zusätzliche Wärmenutzung durch BG-Leitung	53 %
	zusätzliche Wärmenutzung	212.019 MWh/a
	Stromverbrauch Gasverdichtung	3.750 MWh/a
	Investition Wärmeversorgung Fermenter	20.000 €
	<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst
Gutschrift KWK-Bonus		-41.344 €/a
Betriebskosten		19.004 €/a
Gesamte jährliche Kosten		-1.767 €/a

**Tab. A-25: Biogasaufbereitung und –einspeisung.**

Entfällt aus Datenschutzgründen<sup>50</sup>.

<sup>50</sup> Im Jahr 2008 wurden lediglich zwei dieser Anlagen gefördert. Diese konnten nicht anhand einer einzelnen Referenzanlage abgebildet werden. Die beiden Referenzanlagen basieren somit direkt auf den Daten der geförderten Anlagen und werden aus Datenschutzgründen nicht abgebildet.

## 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