



# **Evaluierung der KfW-Förderung für Erneuerbare Energien im Inland in 2007**

**Gutachten im Auftrag der KfW**

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



**Stuttgart, November 2008**

**Bearbeiter:**

Dr. Peter Bickel  
Tobias Kelm  
Jochen Mayer  
Prof. Dr. Frithjof Staiß  
Dr. Ole Langniß  
Dr. Dietmar Edler (DIW Berlin)



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

# Inhalt

<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>4</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>6</b>
<b>Abkürzungen und Definitionen .....</b>	<b>7</b>
<b>Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger .....</b>	<b>8</b>
<b>Abstract for political decision makers.....</b>	<b>9</b>
<b>1. Einführung .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Datengrundlage und Methodik.....</b>	<b>12</b>
2.1. Datengrundlage.....	13
2.2. Referenzanlagenmodell .....	20
<b>3. Einsparung fossiler Energieträger und Treibhausgasminderungen.....</b>	<b>22</b>
3.1. Einsparung fossiler Energieträger .....	24
3.2. Vermiedene Energieimporte .....	29
3.3. Vermiedene Kosten für fossile Energieträger .....	30
3.4. Vermiedene Treibhausgasemissionen.....	31
<b>4. Beschäftigungseffekte.....</b>	<b>36</b>
4.1. Methodische Grundlagen .....	36
4.2. Ergebnisse .....	39
<b>5. Zusammenfassung.....</b>	<b>44</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>50</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>52</b>
<b>A1 Energiepreise.....</b>	<b>52</b>
<b>A2 Referenzanlagen.....</b>	<b>54</b>
<b>A3 Treibhausgaspotenziale .....</b>	<b>60</b>

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1: Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2007. ....	12
Tab. 2-2: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Kreditprogramm. ....	13
Tab. 2-3: Mittelwerte der spezifischen Investitionskosten für die plausiblen Datensätze (eigene Berechnungen).....	14
Tab. 2-4: Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2007 unterstützter Investitionen in Erneuerbare Energiequellen nach Bundesländern. ....	15
Tab. 2-5: Relative Anteile am Investitionsvolumen nach Bundesländern.....	16
Tab. 2-6: Relative Anteile am Investitionsvolumen nach Programmen. ....	17
Tab. 2-7: Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2007 unterstützter Investitionen in Erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck. ....	17
Tab. 2-8: Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2007 unterstützter Investitionen in Erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck und Bundesland. ....	18
Tab. 2-9: Geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Vergleich zu den 2007 in Deutschland zugebauten Leistungen (BMU 2008). 19	
Tab. 2-10: Installierte Leistung der Investitionen in Erneuerbare Energiequellen, die 2007 durch KfW-Kreditprogramme unterstützt wurden.....	20
Tab. 3-1: Substitution konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien (Klobasa und Ragwitz 2005, BMU 2008).....	24
Tab. 3-2: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen. ....	27
Tab. 3-3: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologiebereichen.....	27
Tab. 3-4: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern.....	29
Tab. 3-5: Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Energieträger... 30	
Tab. 3-6: Vermiedene Kosten durch die Nutzung Erneuerbarer Energien im Jahr 2007. ....	31
Tab. 3-7: Relatives Treibhauspotenzial der sog. Kyoto-Gase (BMU 2008).....	32
Tab. 3-8: Vermiedene Treibhausgasemissionen durch die Nutzung Erneuerbarer Energien, die im Rahmen von KfW-Programmen gefördert wurden.....	33
Tab. 3-9: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogramm. ....	33
Tab. 3-10: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen. 34	

Tab. 4-1: Durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2007 geförderte im Inland wirksame Nachfrage nach Sparten.....	38
Tab. 4-2: Durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2007 ausgelöste Beschäftigung.....	41
Tab. 5-1: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Kreditprogramm im Jahr 2007.....	44
Tab. 5-2: Volumina der Investitionen in erneuerbare Energiequellen, die 2007 durch KfW-Kreditprogramme gefördert wurden, nach Verwendungszweck. ....	45
Tab. 5-3: Geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Vergleich zu den 2007 in Deutschland zugebauten Leistungen (BMU 2008). ....	46
Tab. A-1: Übersicht über die verwendeten Preissteigerungsraten und Annuitäten für Energiepreise.....	52
Tab. A-3: Grunddaten für alle Referenzanlagen.....	54
Tab. A-4: Photovoltaik-Dachanlage mit 7,5 kW <sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen bis 100 kW <sub>p</sub> . ....	54
Tab. A-5: Photovoltaik-Dachanlage mit 265 kW <sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen von 100 bis 1.000 kW <sub>p</sub> .....	55
Tab. A-6: Photovoltaik-Freiflächenanlage mit 2 MW <sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen über 1 MW <sub>p</sub> .....	55
Tab. A-7: Windkraftanlage mit 2 MW <sub>p</sub> .....	55
Tab. A-8: ORC-Biomasse-Heizkraftwerk 1 MW <sub>el</sub> , Brennstoff: Altholz und Waldrestholz.....	56
Tab. A-9: Biogasanlage 500 kW <sub>el</sub> . ....	57
Tab. A-10: Wasserkraftanlage Neubau.....	57
Tab. A-11: Wasserkraftanlage Umbau, Reaktivierung.....	58
Tab. A-12: Solarthermische Anlage.....	58
Tab. A-13: Biomasse-Heizwerk ohne Nahwärmenetz. ....	58
Tab. A-14: Biomasse-Heizwerk mit Nahwärmenetz. ....	59
Tab. A-15: Geothermische Anlage (Wärmepumpe).....	59
Tab. A-16: Geothermische Anlage (Tiefengeothermie). ....	59
Tab. A-17: Relatives Treibhauspotenzial von Treibhausgasen. ....	60

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1: Mit Darlehen der KfW-Programme im Jahr 2007 finanziertes Investitionsvolumen nach Bundesländern.....	15
Abb. 3-1: Struktur des Primärenergieverbrauchs und des Endenergieverbrauchs für die Sektoren Strom und Wärme (BMW i 2008).....	22
Abb. 3-2: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen.....	27
Abb. 3-3: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern.....	28
Abb. 3-4: Jährliche CO <sub>2</sub> -Vermeidung durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern.....	34
Abb. 4-1: Abbildung des neuen Bereichs „Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien“ im Kontext der Input-Output-Rechnung (BMU 2006). .....	39
Abb. 4-2: Durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2007 ausgelöste Beschäftigung.40	
Abb. 4-3: Ausgelöste Beschäftigung durch den Betrieb von im Jahr 2007 KfW-geförderten Anlagen (über einen Zeitraum von 20 Jahren). ....	42
Abb. 4-4: Abgeschätzte Aufteilung der Beschäftigung in Arbeitnehmer und Selbständige/mithelfende Familienangehörige .....	43
Abb. 5-1: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen.....	46
Abb. 5-2: Jährliche CO <sub>2</sub> -Vermeidung durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen (gesamt: 4,6 Mio t/a)....	47
Abb. 5-3: Ausgelöste Beschäftigung durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2007.48	

## Abkürzungen und Definitionen

EE	Erneuerbare Energien
ERP-Umwelt	ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm (Kreditprogramm der KfW)
GWh	Gigawattstunden
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KfW-EE	KfW-Programm Erneuerbare Energien (Teil des BMU Marktanzreizprogrammes; Kreditprogramm der KfW)
KfW-Umwelt	KfW-Umweltprogramm (Kreditprogramm der KfW)
kW <sub>el</sub>	Elektrische Leistung: Kilowatt elektrisch
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kW <sub>th</sub>	Thermische Leistung: Kilowatt thermisch
MW	Megawatt
Solar	Solarstrom erzeugen (Kreditprogramm der KfW)
Verwendungszweck	Wind (-kraftanlage), Photovoltaik, Solarkollektoranlage („Solarthermie“), Anlage zur Verfeuerung fester Biomasse („Biomasse“), Biogasanlage, Wasserkraft (-anlage), (Tiefen-) Geothermie, Wärmenetze

## Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

Kernstück der Klimapolitik der Bundesregierung ist das Integrierte Energie- und Klima-programm (IEKP), dessen Eckpunkte auf der Klausurtagung des Bundeskabinetts in Me-seberg am 23. /24. August 2007 beschlossen wurden. Ein darauf basierendes Ziel der Bundesregierung ist es, den Anteil der Erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch auf mindestens 30 Prozent und am Wärmeverbrauch auf mindestens 14 Prozent im Jahr 2020 anzuheben. Konkret sollen mit dem IEKP durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2020 im Strombereich 54,4 Mio. t CO<sub>2</sub> und im Wärmebereich 9,2 Mio t. CO<sub>2</sub> 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 Effektivität und Bedeutung zu überprü-fen, wurden in der vorliegenden Studie die von diesen Förderprogrammen ausgehenden Effekte in den Bereichen Treibhausgasminderung und Einsparung fossiler Energieträger und damit vermiedener Importe an fossilen Energieträgern sowie Beschäftigungseffekte ermittelt.

Die wichtigsten Ergebnisse auf einen Blick:

- Mit 5 Mrd. € wurden rund 45 % der in Deutschland im Jahr 2007 getätigten Investitio-nen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien mit KfW-Programmen gefördert.
- Die Förderung im Jahr 2007 führt zu vermiedenen Energieimporten im Gegenwert von jährlich rund 250 Mio. € und annähernd 5 Mrd. € über die Laufzeit der Anlagen von 20 Jahren. Die so im Inland verbleibenden Mittel tragen zur Stärkung der heimi-schen Wirtschaft bei.
- Die im Jahr 2007 von der KfW geförderten Anlagen führen zu einer Vermeidung von rund 4,6 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr, was allein mehr als 7 % der oben genannten von der Bundesregierung angestrebten zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch den Ausbau Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich bis 2020 entspricht.
- Produktion und Bau der im Jahr 2007 geförderten Anlagen lösten eine Beschäftigung von rund 16.000 direkten und 27.000 indirekten Arbeitsplätzen aus. Somit trägt die KfW-Förderung maßgeblich zum Jobmotor Erneuerbare Energien bei und erweist sich als Innovationsprogramm für eine exportorientierte Wirtschaft. Hinzu kommen jährlich weitere 2000 Arbeitsplätze durch Betrieb und Wartung der Anlagen.
- Ein Wort zum Mittelstand: 71,4 % der Arbeitsplätze entfallen auf kleine und mittlere Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten, 32,8 % auf Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten. Diese Zahlen unterstreichen, dass die durch KfW-Förderprogramme unterstützten Investitionen insbesondere mittelständischen Unter-nehmen zugute kommen.



## Abstract for political decision makers

The nucleus of the German Federal Government's climate policy is 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 Meiseberg on 23 and 24 August 2007. One of the Federal Government's goals 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 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, by the year 2020.

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 the present study investigated the reductions, generated by these promotional programmes, in greenhouse gases reduction, fossil fuel consumption and, consequent fossil fuel imports. Employment impacts resulting from the promotional activities were also investigated.

The most important results at a glance:

- Around 45% of the investments made in the construction of facilities using renewable energies in 2007 were financed through KfW programmes, which provided an investment volume of EUR 5 billion.
- Promotional activities conducted in 2007 reduce energy imports by nearly EUR 250 million a year and save close to EUR 5 billion over the lifetime of the facilities (20 years). The funds remaining in the country as a result contribute to strengthening the national economy.
- The facilities financed by KfW in 2007 lead to a reduction of approximately 4.6 million tonnes of CO<sub>2</sub> each year, which alone is more than 7% of the Federal Government's above mentioned CO<sub>2</sub> 2020 reduction target through development of renewable electricity and heating.
- Manufacturing and construction of the facilities financed in 2007 generated around 16,000 direct and 27,000 indirect jobs. Thus, KfW's financing programmes clearly enhance the role of renewable energy as a job engine, and they prove to be an innovation programme, spurring other industries, for an export-driven economy. Operation and maintenance of the facilities create another 2000 jobs per year.
- A word about SMEs: small and medium-sized enterprises with less than 500 employees account for 71.4% of generated jobs and small enterprises with less than 50 employees make up 32.8% of the additional workforce. These figures underscore the fact that the investments supported by KfW's financing programmes benefit SMEs in particular.

# 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 auf mindestens 30 % anzuheben. Im Jahr 2007 lag dieser bei 14,2 %. Nach dem Jahr 2020 soll ein weiterer kontinuierlicher Ausbau erfolgen. Konkret sollen mit dem IEKP durch den Ausbau von Erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2020 im Strombereich 54,4 Mio. t CO<sub>2</sub> eingespart werden. Im Wärmebereich sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Einsatz Erneuerbarer Energien um 9,2 Mio. t reduziert werden (vgl. BMU (2007)).

Ein wichtiger Baustein in dieser Strategie sind die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe, in deren Rahmen sie zinsvergünstigte Darlehen für Investitionen in die Nutzung Erneuerbarer Energiequellen zur Verfügung stellt. So wurden von insgesamt 11 Mrd. € Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Deutschland 2007<sup>1</sup> 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 78 % der in Deutschland im Jahr 2007 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. 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 (CO<sub>2e</sub>); 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 und Ausweisung der direkten und indirekten Beschäftigungseffekte sowie Berücksichtigung von Import/Export (Substitutions-<sup>2</sup> und Budgeteffekt<sup>3</sup> werden nicht

---

<sup>1</sup> Vgl. BMU (2008), S. 29.

<sup>2</sup> Effekte auf Grund von durch Investition in bzw. Nutzung von Erneuerbaren Energien auftretende geringere Investitionen in konventionelle Energietechniken.

<sup>3</sup> Effekte auf Grund von durch Investition in Erneuerbare Energien nicht mehr für andere Investitions-/Konsumzwecke zur Verfügung stehende Mittel.

berücksichtigt). Beschäftigungseffekte im Mittelstand, Untergliederung in abhängig Beschäftigte und Selbstständige.

Das folgende Kapitel 2 gibt einen Überblick über die Datengrundlage und die Methodik. Danach werden in Kapitel 3 die Einsparung fossiler Energieträger und die Minderung von Treibhausgasemissionen ermittelt. Kapitel 4 befasst sich mit den Beschäftigungseffekten. Abschließend werden in Kapitel 5 die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst.

## 2. Datengrundlage und Methodik

Die KfW fördert die Investition in Erneuerbare Energien hauptsächlich über die vier Programme (vgl. auch Tab. 2-1):

- ERP<sup>4</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 2007.**

	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. größere Photovoltaikanlagen	Gewerblicher Einsatz regenerativer Energiequellen, z.B. größere Photovoltaikanlagen	Errichtung, Erweiterung oder Erwerb einer Photovoltaikanlage	Solarkollektoranlagen ab 40 m <sup>2</sup> , Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse, Anlagen zur Nutzung von Tiefengeothermie, Nahwärmenetze in Verbindung mit der geförderten Anlage
Kreditregelhöchstbetrag <sup>5</sup>	500.000 € (alte Bundesländer) 1.000.000 € (neue Bundesländer) Für Photovoltaikanlagen Mindestbetrag von 50.000 €	10.000.000 € Für Photovoltaikanlagen Mindestbetrag von 50.000 €	50.000 €	i.d.R. maximal 5.000.000 €

Tab. 2-2 gibt einen Überblick über den jeweiligen Umfang der ausgewerteten Kreditprogramme im Jahr 2007. Während das Programm Solarstrom erzeugen die höchste Anzahl an Darlehen ausweist, ist das ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm, gemessen am Darlehensvolumen, das mit Abstand größte der betrachteten Förderprogramme.

Die geringe Zahl von Darlehensfällen und das vergleichsweise geringe Zusagevolumen im Programm Erneuerbare Energien ist darauf zurückzuführen, dass das Programm erst ab dem 1. Mai 2007 für Anträge geöffnet war.

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

<sup>5</sup> In begründeten Ausnahmefällen können die Kredithöchstgrenzen, zumindest im ERP-Umweltprogramm, überschritten werden, was in der Praxis auch regelmäßig geschieht (z.B. bei Windkraftanlagen).

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

	ERP-Umwelt	KfW-Umwelt	Solar	KfW-EE	Summe
Darlehensfälle	6.974	5.735	12.836	161	25.706
Darlehensvolumen (Mio. €) <sup>1)</sup>	2.297,3	1.001,0 <sup>2)</sup>	393,3	22,3	3.714,0 <sup>2)</sup>
Investitionsvolumen (Mio. €) <sup>1)</sup>	3.198,7	1.344,4 <sup>3)</sup>	428,0	32,4	5.003,6 <sup>3)</sup>
Mittleres Investitionsvolumen je Darlehen (€) <sup>1)</sup>	458.664	234.429	33.346	201.041	194.646

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

<sup>2)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 1.062,2 bzw. 3.775,1 Mio. €, hier wurden nur Anlagen im Inland berücksichtigt.

<sup>3)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 1.428,5 bzw. 5.087,6 Mio. €, hier wurden nur Anlagen im Inland berücksichtigt.

## 2.1. Datengrundlage

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 2007 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 100 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 und Investitionskosten überprüft. Hierzu wurden die spezifischen Investitionskosten in €/kW<sub>el</sub> bzw. €/kW<sub>th</sub> für jede Anlage errechnet. Die spezifischen Investitionskosten jeder Anlage wurden dann mit Spannbreiten aus Erfahrungswerten von bereits bestehende Anlagen verglichen. Tab. 2-3 zeigt die Mittelwerte der spezifischen Investitionskosten.

**Tab. 2-3: Mittelwerte der spezifischen Investitionskosten<sup>6</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	3.200
	Biomasse Heizkraftwerk	5.328
	Photovoltaik	4.528
	Wasserkraft Neubau	2.780
	Wasserkraft Umbau	4.794
	Windkraft	1.254
<b>Wärme</b>	Solarthermie	1.382
	Biomasse	519
	Wärmenetze	767 €/Trassenmeter
	Geothermie	979

Anhand der dargestellten Mittelwerte wurden für die Anlagen ohne Angaben und für die Anlagen außerhalb der Plausibilitätsbereiche Annahmen für die Leistungen auf Basis der Investitionssummen getroffen.<sup>7</sup> Für die Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen wurde für die Hochrechnung eine Stromkennzahl<sup>8</sup> von 0,173 verwendet.

Abb. 2-1 zeigt die regionale Verteilung des mitfinanzierten Investitionsvolumens auf Bundesländerebene. Insgesamt wurden im Jahr 2007 die höchsten Investitionen in Bayern getätigt, gefolgt von Brandenburg, Niedersachsen und Baden-Württemberg. Auf die flächenmäßig kleineren Bundesländer Berlin, Hamburg, Saarland und Bremen entfiel nur ein vergleichsweise geringer Anteil der Investitionen.

<sup>6</sup> In der Regel umfassen die Investitionskosten auch sämtliche neben der eigentlichen Investition anfallenden Kosten. Dazu gehören Planungskosten, Montagekosten etc. – vgl. Anhang A2.

<sup>7</sup> Dieser Ansatz vernachlässigt Skaleneffekte.

<sup>8</sup> Die Stromkennzahl kennzeichnet das Verhältnis von elektrischer zu thermischer Leistung einer KWK-Anlage. Eine KWK-Anlage mit 173 kW elektrischer und 1000 kW thermischer Leistung hat somit eine Stromkennzahl von 0,173.

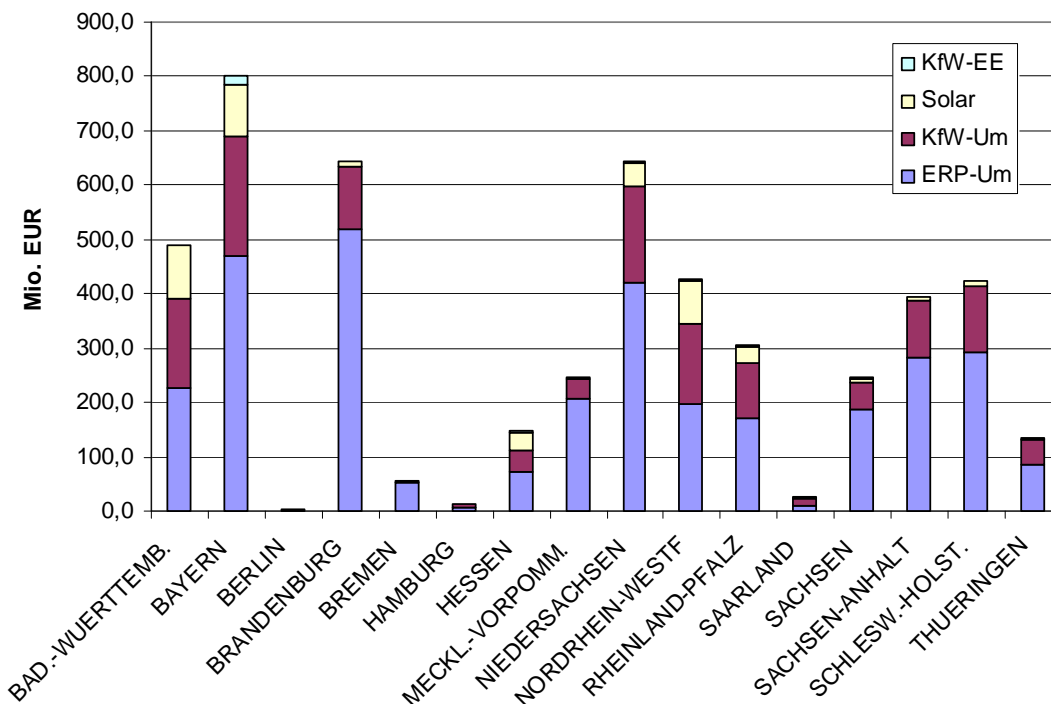


Abb. 2-1: Mit Darlehen der KfW-Programme im Jahr 2007 finanziertes Investitionsvolumen nach Bundesländern.

Tab. 2-4: Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2007 unterstützter Investitionen in Erneuerbare Energiequellen nach Bundesländern.

Millionen € (exkl. MwSt)	ERP-Umwelt	KfW-Umwelt	Solar	KfW-EE	Summe
Baden-Württemberg	227,1	162,5	98,7	2,5	490,9
Bayern	470,8	218,8	96,9	16,5	803,0
Berlin	0,6	0,4	1,0	0,2	2,3
Brandenburg	517,8	117,1	7,8	0,0	642,7
Bremen	53,0	3,3	0,5	0,0	56,8
Hamburg	6,0	6,0	0,6	0,0	12,6
Hessen	71,5	41,0	33,3	2,0	147,9
Mecklenburg-Vorpommern	206,8	36,7	4,5	0,0	248,0
Niedersachsen	418,8	178,5	41,7	4,2	643,2
Nordrhein-Westfalen	196,7	149,5	79,1	2,2	427,5
Rheinland-Pfalz	169,7	103,1	29,3	1,9	304,0
Saarland	8,6	13,4	3,9	0,0	25,9
Sachsen	188,0	48,0	7,8	1,6	245,4
Sachsen-Anhalt	283,6	103,4	5,8	0,0	392,8
Schleswig-Holstein	293,1	119,2	11,8	1,0	425,1
Thüringen	86,6	43,7	5,4	0,2	135,8
Summe	3.198,7	1.344,4 <sup>1)</sup>	428,0	32,4	5.003,6 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 1.428,5 bzw. 5.087,6 Mio. €

Insgesamt wurden Investitionen in Höhe von über 5 Mrd. € ausgelöst (vgl. Tab. 2-4). Der größte Anteil des Investitionsvolumens wurde mit rund 3,2 Mrd. € über das ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm gefördert. Rund 16 % des geförderten Investitionsvolumens wurde in Bayern getätigt, jeweils knapp 13 % in den beiden Bundesländern Brandenburg und Niedersachsen. 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	7,1	12,1	23,1	7,8	9,8
Bayern	14,7	16,3	22,6	50,9	16,0
Berlin	0,0	0,0	0,2	0,7	0,0
Brandenburg	16,2	8,7	1,8	0,0	12,8
Bremen	1,7	0,2	0,1	0,0	1,1
Hamburg	0,2	0,4	0,1	0,0	0,3
Hessen	2,2	3,1	7,8	6,3	3,0
Mecklenburg-Vorpommern	6,5	2,7	1,0	0,0	5,0
Niedersachsen	13,1	13,3	9,7	13,0	12,9
Nordrhein-Westfalen	6,1	11,1	18,5	6,8	8,5
Rheinland-Pfalz	5,3	7,7	6,8	5,8	6,1
Saarland	0,3	1,0	0,9	0,1	0,5
Sachsen	5,9	3,6	1,8	4,8	4,9
Sachsen-Anhalt	8,9	7,7	1,3	0,1	7,8
Schleswig-Holstein	9,2	8,9	2,8	3,2	8,5
Thüringen	2,7	3,2	1,3	0,5	2,7
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	46,3	33,1	20,1	0,5	100,0
Bayern	58,6	27,2	12,1	2,1	100,0
Berlin	25,8	19,2	45,3	9,7	100,0
Brandenburg	80,6	18,2	1,2	0,0	100,0
Bremen	93,3	5,8	0,9	0,0	100,0
Hamburg	47,5	47,4	5,0	0,0	100,0
Hessen	48,3	27,7	22,5	1,4	100,0
Mecklenburg-Vorpommern	83,4	14,8	1,8	0,0	100,0
Niedersachsen	65,1	27,7	6,5	0,7	100,0
Nordrhein-Westfalen	46,0	35,0	18,5	0,5	100,0
Rheinland-Pfalz	55,8	33,9	9,6	0,6	100,0
Saarland	33,2	51,7	14,9	0,1	100,0
Sachsen	76,6	19,6	3,2	0,6	100,0
Sachsen-Anhalt	72,2	26,3	1,5	0,0	100,0
Schleswig-Holstein	69,0	28,0	2,8	0,2	100,0
Thüringen	63,8	32,2	4,0	0,1	100,0

Über 85 % des geförderten Investitionsvolumens steht für Windkraft und Photovoltaik. Allein in diesen beiden Technologien wurden über die KfW-Programme Investitionen in Höhe von 2,2 Mrd. € (Wind) bzw. 2,1 Mrd. € (PV) mitfinanziert (vgl. Tab. 2-7). Den drittgrößten Anteil am geförderten Investitionsvolumen nehmen Biogasanlagen mit insgesamt knapp 561 Mio. € ein.

**Tab. 2-7: Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2007 unterstützter Investitionen in Erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck.**

Millionen €	ERP-Umwelt	%	KfW-Umwelt	%	Solar	%	KfW-EE	%	Summe	%
Biogas	310,4	9,7	250,1	18,6	0,0	0,0	0,0	0,0	560,5	11,2
Biomasse	35,1	1,1	41,0	3,0	0,0	0,0	5,3	16,4	81,3	1,6
Geothermie	1,3	0,0	3,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	0,1
Photovoltaik	1.093,7	34,2	575,2	42,8	428,0	100,0	0,0	0,0	2.096,9	41,9
Solarkollektoranlage	0,3	0,0	5,1	0,4	0,0	0,0	2,8	8,8	8,3	0,2
Wärmenetz <sup>1)</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,2	74,8	24,2	0,5
Wasserkraft	20,7	0,6	5,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	26,3	0,5
Windkraft	1.737,3	54,3	464,3	34,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2.201,6	44,0
Summe	3.198,7	100,0	1.344,4 <sup>2)</sup>	100,0	428,0	100,0	32,4	100,0	5.003,6	100,0

<sup>1)</sup> Einschließlich Heizwerke<sup>9</sup>

<sup>2)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 1.428,5 bzw. 5.087,6 Mio. €

<sup>9</sup> Ein Wärmenetz kann hinsichtlich seiner CO<sub>2</sub>-Minderung nicht ohne die zugehörige thermische Anlage bewertet werden. Aus diesem Grund werden den geförderten Wärmenetzen typische Biomasseheizwerke zugeschrieben, um den tatsächlichen Anwendungsfall abzubilden.

**Tab. 2-8: Volumen durch KfW-Kreditprogramme 2007 unterstützter Investitionen in Erneuerbare Energiequellen nach Verwendungszweck und Bundesland.**

Mio. €	Biogas	Bio- masse	Geo- thermie	Photo- voltaik	Solarkol- lektoranl.	Wär- menetz	Was- serkraft	Wind- kraft	Summe
Baden- Württ.	38,8	47,0	0,5	400,1	0,3	1,7	2,4	0,0	490,9
Bayern	31,6	6,9	3,3	699,5	1,4	13,0	5,2	42,2	803,0
Berlin				1,7	0,2			0,3	2,3
Branden- burg	61,7			31,0				550,0	642,7
Bremen				0,7				56,0	56,8
Hamburg		11,5		1,1					12,6
Hessen	14,2	4,1	0,6	104,2	4,7	1,5	0,3	18,5	147,9
Meckl.- Vorp.	68,7		0,0	15,0			0,2	164,1	248,0
Nieder- sachsen	147,1	3,3	0,1	121,6	0,5	3,6	0,1	367,0	643,2
Nordrh.- Westf.	47,5	1,6		253,6	0,9	0,6	0,5	122,9	427,5
Rhein- land-Pfalz	7,1	0,9		147,3	0,1	1,5		147,1	304,0
Saarland				20,7		0,0		5,1	25,9
Sachsen	12,2			146,7	0,1	1,5	4,5	80,5	245,4
Sachsen- Anhalt	34,9	0,1		25,9			0,1	331,7	392,8
Schles- wig-Holst.	86,5	6,0		94,0	0,0	0,9	10,6	227,0	425,1
Thürin- gen	10,1	0,1		33,9		0,1	2,5	89,1	135,8
Summe	560,5	81,3	4,4	2.096,9	8,3	24,2	26,3	2.201,6	5.003,6

Insgesamt wurden Anlagen mit einer elektrischen Leistung von über 2.400 MW und einer thermischen Leistung von fast 100 MW gefördert. Die Trassenlänge der geförderten Nahwärmenetze beträgt über alle Bundesländer mehr als 26 km (vgl. Tab. 2-9).

Mehr als 60 % der installierten thermischen Leistung wurde in den beiden Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg installiert, während in Brandenburg und Niedersachsen am meisten elektrische Leistung installiert wurde.

Der Anteil der von der KfW geförderten Anlagen zeigt sich vor allem im Strombereich sehr deutlich. Dort wurden insgesamt 78 % der in Deutschland im Jahr 2007 zugebauten elektrischen Leistung an Erneuerbaren Energien über die KfW gefördert (Tab. 2-9). Insbesondere für die Windkraft zeigt sich die immense Bedeutung der KfW-Förderung. Der Anteil der von der KfW geförderten Anlagen lag über 100 %, was durch eine zeitliche Verzögerung zwischen Förderzusage und Errichtung der Anlage zu erklären ist. Auch in den Bereichen Biogas, Wasserkraft und Photovoltaik zeigt sich die Wichtigkeit der KfW-Förderung; mehr als 60 % der 2007 in Deutschland zugebauten elektrischen Biogasleistung sowie Wasserkraftleistung wurde über die KfW gefördert. Im Bereich der Photovol-

taik wurden über 40 % der in Deutschland installierten Photovoltaikleistung durch einen KfW-Kredit finanziert.

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. 2-9: Geförderte elektrische und thermische Leistung<sup>10</sup> der KfW-Programme im Vergleich zu den 2007 in Deutschland zugebauten Leistungen (BMU 2008).**

	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 <sup>11</sup>	1.769,4	1.625	109 %
	Photovoltaik	465,6	1.100	42 %
	Wasserkraft	12,2	20	61 %
	Biomasse	10,9	81	14 %
	Biogas	176,5	283	62 %
	<b>Summe</b>	<b>2.434,6</b>	<b>3.109</b>	<b>78 %</b>
Wärme <sup>12</sup>	Solarthermie <sup>13</sup>	6,3	668	0,9 %
	Biomasse	87	k.A.	k.A.
	Geothermie tief	1	k.A.	k.A.
	Geothermie (Wärmepumpen)	1,5	k.A.	k.A.
	<b>Summe</b>	<b>95,8</b>	<b>k.A.</b>	<b>k.A.</b>
Wärmenetze (Trassenlänge)		26 km	k.A.	k.A.

<sup>10</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>11</sup> Da bei den geförderten Anlagen das Jahr der Errichtung ein anderes als das Förderjahr sein kann, wurden im Jahr 2007 mehr Anlagen gefördert, als in Deutschland zugebaut wurden.

<sup>12</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 48 MW, für Biogasanlagen 272 MW hochgerechnet. Der davon tatsächlich genutzte Anteil wurde mit 70 % (Biomasse-Heizkraftwerke) bzw. 25 % (Biogasanlagen) angesetzt. Vgl. dazu auch Anhang A2.

<sup>13</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.

**Tab. 2-10: Installierte Leistung<sup>14</sup> der Investitionen in Erneuerbare Energiequellen, die 2007 durch KfW-Kreditprogramme unterstützt wurden.**

Millionen €	kW <sub>el</sub>	Anteil an der gesamten elektrischen Leistung	kW <sub>th</sub> <sup>15</sup>	Anteil an der gesamten thermischen Leistung	kumulierte Trassenlänge der Nahwärmenetze in m	Anteil an der gesamten Trassenlänge
Baden-Württemberg	109.676	4,5 %	22.995	24,0 %	1.966	7,5 %
Bayern	203.167	8,3 %	26.907	28,1 %	11.827	45,1 %
Berlin	677	0,03 %	157	0,2 %	0	0 %
Brandenburg	469.941	19,3 %	0	0 %	0	0 %
Bremen	44.768	1,8 %	0	0 %	0	0 %
Hamburg	1.927	0,1 %	0	0 %	0	0 %
Hessen	44.400	1,8 %	12.758	13,3 %	2.028	7,7 %
Mecklenburg-Vorpommern	152.513	6,3 %	0	0 %	0	0 %
Niedersachsen	365.672	15,0 %	9.569	10,0 %	6.524	24,9 %
Nordrhein-Westfalen	172.569	7,1 %	5.322	5,6 %	671	2,6 %
Rheinland-Pfalz	149.783	6,2 %	3.131	3,3 %	420	1,6 %
Saarland	8.603	0,4 %	19	0,02 %	24	0,1 %
Sachsen	99.147	4,1 %	1.308	1,4 %	881	3,4 %
Sachsen-Anhalt	271.412	11,1 %	130	0,1 %	0	0 %
Schleswig-Holstein	259.110	10,6 %	13.077	13,7 %	1.707	6,5 %
Thüringen	81.204	3,3 %	400	0,4 %	180	0,7 %
Summe	2.434.566 <sup>1)</sup>	100 %	95.774	100 %	26.227	100 %

<sup>1)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 2.466.377 kWh<sub>el</sub>

## 2.2. 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 13 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 wegen der mittlerweile haupt-

<sup>14</sup> Die Leistungsangaben für unvollständige Datensätze wurden anhand der spezifischen Investitionskosten der vollständigen Datensätze hochgerechnet (vgl. Tab. 2-3).

<sup>15</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 12.

sächlichen Verwendung von Dünnschichtmodulen ein geringerer 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 jedoch dadurch überkompensiert, dass diese bevorzugt an ertragsstarken Standorten errichtet werden und dass knapp 20 % der Freiflächenanlagen nachgeführt sind.

Für jede Referenzanlage wurden entsprechend der Anlagengröße Investitions-, Betriebs- sowie ggf. Brennstoffkosten definiert. Diese sind überwiegend aktuellen abgeschlossenen bzw. noch laufenden Forschungsvorhaben<sup>16</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 A2 gibt eine Übersicht über die verwendeten Referenzanlagen und deren Daten.

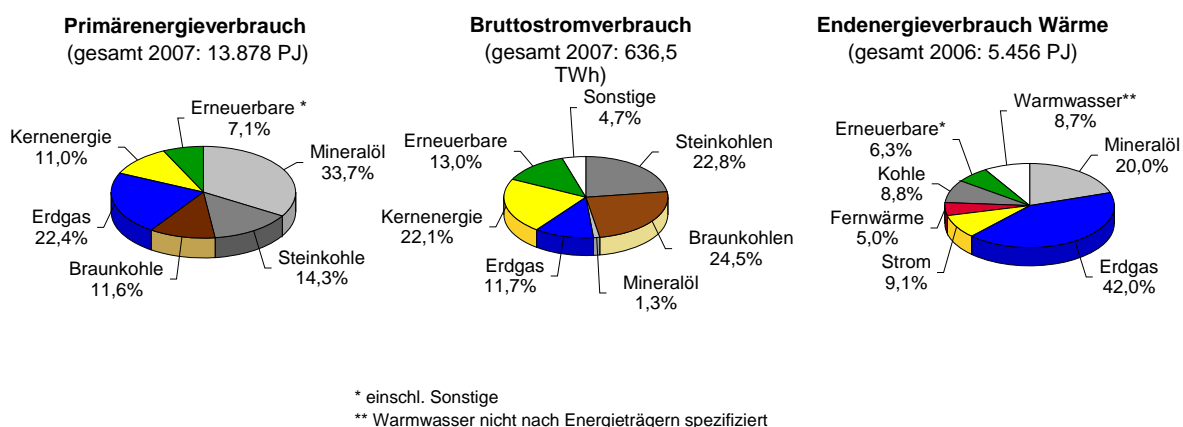
---

<sup>16</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 (2007: 82 %) des Primärenergiebedarfes (BMW 2008). 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).

Mit Ausnahme von Braunkohle ist die Versorgung mit fossilen Energieträgern durch eine hohe Importabhängigkeit gekennzeichnet. So betragen die Importquoten bei Mineralöl 97 %, bei Erdgas 82 %<sup>17</sup> und bei Steinkohle 66 %. 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.



**Abb. 3-1: Struktur des Primärenergieverbrauchs und des Endenergieverbrauchs für die Sektoren Strom und Wärme (BMW 2008).**

Zur Quantifizierung der Effekte ist der durch die jeweiligen Technologien der Erneuerbaren Energien substituierte Mix fossiler Quellen zu bestimmen. Hierbei spielen zahlreiche Einflussfaktoren eine Rolle, insbesondere die

- zeitliche Struktur der Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien (speziell Strommarkt),
- geographische Verteilung von regenerativen Erzeugungssystemen (speziell Wärmemarkt),
- Wirkungsgrade der regenerativen und der fossilen Energiebereitstellung und im Anlagenbetrieb tatsächlich erreichbare Nutzungsgrade (z. B. Nutzung von Überschuss-

<sup>17</sup> einschl. Erdölgas und Grubengas

wärme 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. 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 und Ragwitz 2005), auf das sich die weiteren Ausführungen beziehen. Zu den sog. grundlastfähigen Energien zählen Laufwasserkraft und Geothermie<sup>18</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 8760 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<sup>19</sup> der durch Windstrom substituierte Mix in Deutschland mit 20 % Braunkohle, 70 % Steinkohle und 10 % Erdgas ermittelt (Tab. 3-1). Für die Verstromung von Bioenergien ergibt sich ein differenziertes Bild: Klär- und Deponiegas-

<sup>18</sup> Die Stromerzeugung aus Pumpspeicherkraftwerken mit natürlichem Zufluss sowie die Stromerzeugung aus dem biogenen Anteil der thermischen Abfallverwertung sind nicht Gegenstand der KfW-Förderung.

<sup>19</sup> 15 GW Windleistung und 30 TWh Windstromeinspeisung

anlagen 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 guter 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>20</sup>

**Tab. 3-1: Substitution konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien (Klobasa und Ragwitz 2005, BMU 2008).**

	Substitution			
	Kernenergie	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas
Windenergie	0 %	20 %	70 %	10 %
Wasserkraft/Geothermie	0 %	100 %	0 %	0 %
Biomasse fest, flüssig	0 %	30 %	60 %	10 %
Biogas	0 %	0 %	70 %	30 %
Photovoltaik	0 %	0 %	50 %	50 %

nachrichtlich: biogener Abfall wie Biomasse, Klär- und Deponiegas wie Wasserkraft

### 3.1. Einsparung fossiler Energieträger

Um von den substituierten Strommengen auf die eingesparten fossilen Energieträger zu schließen, kann mit den durchschnittlichen Jahresnutzungsgraden<sup>21</sup> der fossilen Kraftwerke gearbeitet werden. Im Weiteren werden für Braunkohlekraftwerke 36,6 %, für Steinkohle 37,6 % und für Erdgaskraftwerke 43,9 % angesetzt (Klobasa und Ragwitz

<sup>20</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>21</sup> Der Jahresnutzungsgrad einer Anlage bezeichnet das Verhältnis zwischen der Summe der abgegebenen Nutzenergie und der Summe der zugeführten Energie in einem Jahr. Dabei werden Abgasverluste, Stillstandsverluste sowie Betriebsverluste eingerechnet. Der Jahresnutzungsgrad stellt somit den gewichteten Wirkungsgrad der Anlage über den Zeitraum eines Jahres dar.



2005). Daraus folgt unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Heizwerte<sup>22</sup>, dass für die Erzeugung von 1 kWh Strom gut 1 kg Braunkohle oder rund 0,3 kg Steinkohle bzw. 0,25 m<sup>3</sup> Erdgas benötigt werden. Für die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung aus Biomasse in Heizkraftwerken erfolgt zusätzlich eine Gutschrift auf der Wärmeseite entsprechend der ersetzten Energieträger und damit der vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Neben diesen direkten Effekten ist methodisch auch die energetische Bilanzierung indirekter Effekte von Bedeutung. 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 (s. 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 Wind in elektrische Netze, weil hier im konventionellen Erzeugungssystem ein erhöhter Bedarf an sog. Regenergie 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.

Die geschlossene Bilanzierung indirekter energetischer Effekte sowie der korrespondierenden Effekte in Bezug auf die Emission von Treibhausgasen und Luftschadstoffen werden derzeit in der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik diskutiert. Mit Ergebnissen ist jedoch nicht vor Ende 2008 zu rechnen. Im Weiteren können daher nur die direkten Effekte ausgewiesen werden. Allerdings ist nach vorläufigen Abschätzungen der Unterschied nicht allzu groß und dürfte sich unterhalb einer Grenze von +/- 5 % bewegen.

Bei der Einsparung fossiler Brennstoffe durch die Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien werden von der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik im Unterschied zur Stromerzeugung bereits die vorgelagerten Prozesse der Energiebereitstellung berücksichtigt<sup>23</sup>, wobei näherungsweise angenommen wird, dass es sich im Wesentlichen um Holzheizungen<sup>24</sup> handelt. Daraus ergibt sich für jede eingesetzte Kilowattstunde Energie aus erneuerbaren Quellen gegenüber Ölheizungen eine Einsparung von 1,11 Kilowattstunden (Primärenergie) bzw. 1,08 gegenüber Erdgas. Für die verschiedenen Kohleheizungen betragen die Werte 1,59 (Steinkohlebriketts), 1,80 (Braunkohlebriketts) und 2,03 (Steinkohlenkoks) (BMU 2008). Die Gewichtung der fossilen Brennstoffe entspricht der Struktur des substituierten Wärmebereitstellungsmixes, der zu

---

<sup>22</sup> Im Weiteren werden folgende Heizwerte verwendet: Braunkohle 2,46 kWh/kg, Steinkohle: 7,98 kWh/kg, Erdgas 9,39 kWh/m<sup>3</sup>, Heizöl leicht 11,31 kWh/kg.

<sup>23</sup> Für die Bilanzierung des Förderjahres 2007 wird hier die Ungleichbehandlung von Strom- und Wärmeerzeugung in Kauf genommen, da die zu erwartenden Unterschiede bei der Stromerzeugung gering sind und die Konsistenz mit der offiziellen Berichterstattung gewahrt bleibt. In künftigen Analysen werden – soweit verfügbar – direkte und indirekte Emissionen berücksichtigt werden.

<sup>24</sup> Im Bereich der geförderten Biomasseanlagen beschränken sich die vorgelagerten Prozesse fast ausschließlich auf heimische Aktivitäten, da Holzhackschnitzel bzw. Holzpellets überwiegend aus heimischem Waldrestholz erzeugt werden.

56,9 % auf Erdgas, 40,5 % auf Heizöl und 2,6 % auf Kohle basiert<sup>25</sup>, weil angenommen werden kann, dass durch die thermische Nutzung Erneuerbarer Energien in der Regel weder bestehende Fernwärme noch Strom ersetzt wird.

Sonderfälle stellen KWK-Anlagen und Wärmepumpen zur Nutzung von Geothermie dar. Die Wärmemengen aus KWK-Anlagen werden mit den im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Angaben bewertet und zu den eingesparten Emissionen bzw. fossilen Energieträgern 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 Annahme einer mittleren Jahresarbeitszahl<sup>26</sup>. Der zum Betrieb der Wärmepumpe benötigte Strom wird mit dem mittleren Emissionsfaktor für Deutschland bewertet<sup>27</sup>.

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 874.000 t Braunkohle, 1.200.000 t Steinkohle, 288 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas und 39 Mio. Liter Heizöl. Dies entspricht einer Reduktion des Primärenergieverbrauchs in Deutschland um 0,5 % bei Braunkohle, 1,7 % bei Steinkohle, 0,3 % bei Erdgas und 0,03 % bei Heizöl. Primärenergetisch bewertet sind dies 53,5 PJ. Verglichen mit der Einsparung fossiler Brennstoffe durch sämtliche (einschließlich biogener Kraftstoffe) in Deutschland genutzten regenerativen Quellen (2007: 1.389 PJ (BMU 2008)) entspricht dies einem Anteil von 3,8 %<sup>28</sup>. Betrachtet man ausschließlich Erneuerbare Energien im Strommarkt sind es etwa 6 % bzw. ohne die Stromerzeugung aus Wasserkraft, die überwiegend aus großen Anlagen stammt, 7,9 %.

Abb. 3-2, Tab. 3-2 und Tab. 3-3 zeigen dazu die Aufteilung der Einsparung fossiler Energieträger nach Förderprogrammen und Technologiebereichen<sup>29</sup>. Deutlich geht daraus hervor, dass die Förderung der Windenergienutzung aus dem ERP- und dem KfW-Umweltprogramm dominiert.

---

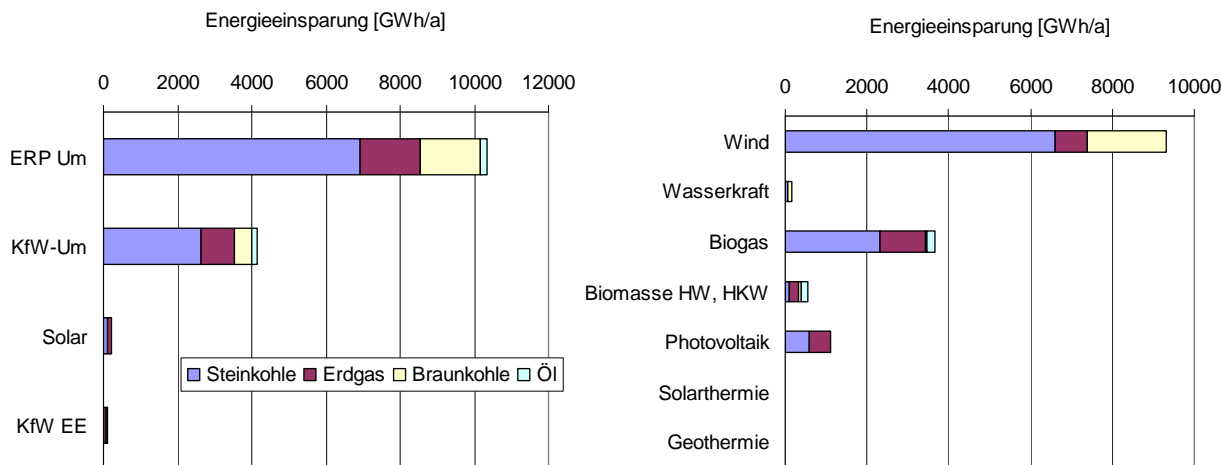
<sup>25</sup> Für Kohleheizungen wird angenommen, dass zu 79,6 % Braunkohlebriketts, zu 12,9 % Steinkohlebriketts und zu 7,5 % Steinkohlenkoks substituiert werden.

<sup>26</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>27</sup> Der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor für Strom in Deutschland liegt für 2006 bei rund 596 g/kWh (UBA 2008, Stand April 2008). Der Wert für 2007 liegt noch nicht vor.

<sup>28</sup> Ein Bezug auf die Einsparung der in Deutschland lediglich in 2007 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.

<sup>29</sup> aus Vereinfachungsgründen wurde hierbei vernachlässigt, dass die im Verlauf des Jahres 2007 geförderten Anlagen nur anteilige Energiemengen bereit gestellt haben



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

**Tab. 3-2: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen.**

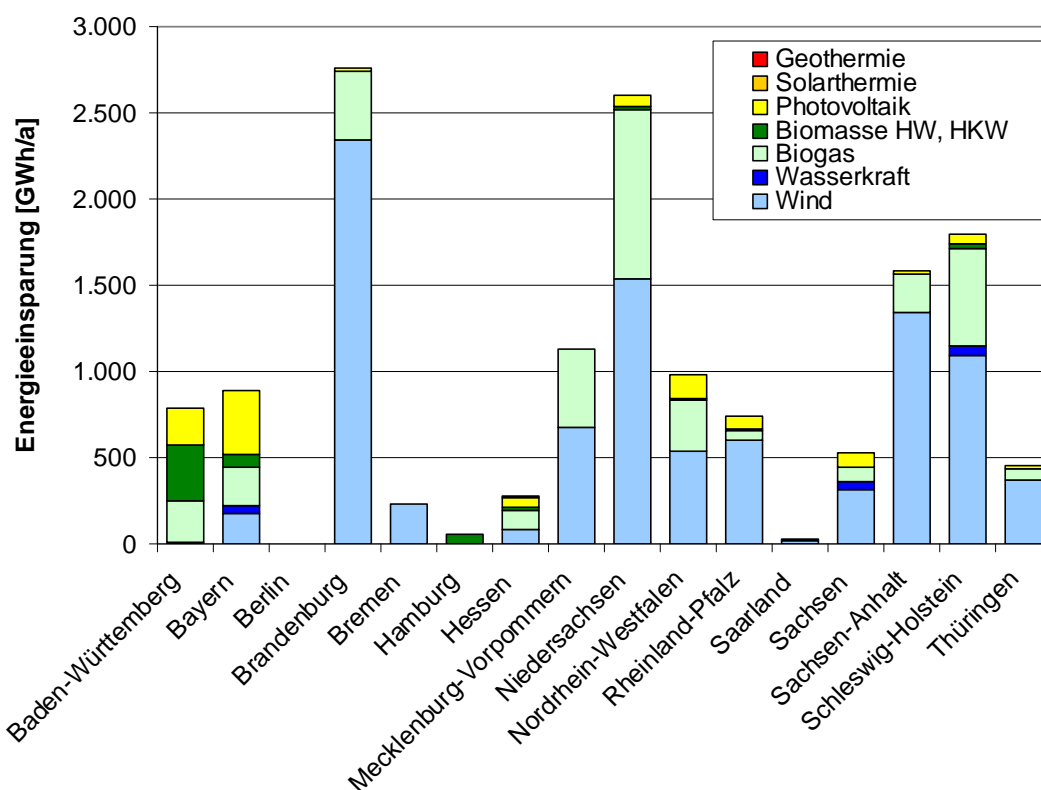
GWh/a	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Öl	Summe	Prozent
ERP Umwelt	6.910	1.624	1.646	176	10.356	69,7 %
KfW-Umwelt	2.628	908	449	162	4.147	27,9 %
Solar	125	107	0	0	231	1,6 %
KfW-EE	1	63	4	46	114	0,8 %
Summe	9.663	2.702	2.099	384	14.848	100 %
Prozent	65,1 %	18,2 %	14,1 %	2,6 %	100 %	

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

GWh/a	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Öl	Summe	Prozent
Wind	6.588	806	1.934	0	9.328	62,8 %
Wasserkraft	79	0	88	0	167	1,1 %
Biogas	2.304	1.136	18	214	3.671	24,7 %
Biomasse HW, HKW	91	234	58	162	545	3,7 %
Photovoltaik	601	515	0	0	1.117	7,5 %
Solarthermie	0	2	0	2	4	0,02 %
Geothermie	0	9	1	7	16	0,1 %
Summe	9.663	2.702	2.099	384	14.848	100 %
Prozent	65,1 %	18,2 %	14,1 %	2,6 %	100 %	

In den Technologiebereichen entfallen 63 % der eingesparten fossilen Brennstoffe auf die Nutzung der Windenergie. Allerdings haben mit knapp 25 % auch Biogasanlagen Bedeutung erlangt sowie die Photovoltaik mit 7,5 %. Alle übrigen Technologien liegen unter 4 %. Durch die große Bedeutung der Stromerzeugung aus Wind und Biogas erfolgt vor allem eine Substitution von Kohle und Erdgas.

Abb. 3-3 zeigt die entsprechende Aufteilung nach Bundesländern. Weil der Einspareffekt durch die Nutzung der Windenergie am höchsten ist, profitieren Brandenburg und Niedersachsen sowie die anderen nördlichen Bundesländer entsprechend stark. Interessant ist dabei auch eine Normierung auf die Fläche der einzelnen Bundesländer, denn Brandenburg (29.478 km<sup>2</sup>) ist deutlich kleiner als Niedersachsen (47.624 km<sup>2</sup>). Die Nutzung von Biogas ist inzwischen in vielen Bundesländern von nennenswerter Bedeutung, während die KfW-Programme für Biomasse-Heizkraft- und –Heizwerke zum weitaus überwiegenden Teil in Baden-Württemberg in Anspruch genommen wurden. Deutlich ausgeprägt ist das Süd-Nord-Gefälle bei der Photovoltaik. Denn mehr als die Hälfte der Energieeinsparung durch Photovoltaikanlagen erfolgt in Bayern und Baden-Württemberg.



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

**Tab. 3-4: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern.**

GWh/a	Wind	Wasser- kraft	Biogas	Biomasse HW, HKW	Photovoltaik	Solar- thermie	Geother- mie	Summe
Baden- Württemberg	0	8	244	322	211	0	5	790
Bayern	175	49	218	72	374	1	5	893
Berlin	1	0	0	0	1	0	0	3
Brandenburg	2.339	0	404	0	16	0	0	2.759
Bremen	235	0	0	0	0	0	0	236
Hamburg	0	0	0	51	1	0	0	52
Hessen	85	1	108	20	55	2	6	276
Mecklenburg- Vorpommern	672	0	453	0	8	0	0	1.133
Niedersach- sen	1.537	0	978	25	65	0	1	2.606
Nordrhein- Westfalen	537	2	293	11	135	0	0	978
Rheinland- Pfalz	605	0	49	9	78	0	0	741
Saarland	21	0	0	0	11	0	0	32
Sachsen	313	47	80	5	78	0	0	524
Sachsen- Anhalt	1.345	0	221	0	14	0	0	1.579
Schleswig- Holstein	1.093	59	563	28	50	0	0	1.794
Thüringen	370	0	62	1	18	0	0	451
Summe	9.328	167	3.671	545	1.117	4	16	14.848

### 3.2. Vermiedene Energieimporte

Aus den dargestellten Einsparungen lassen sich eine Reihe weiterer Kenngrößen ableiten. Dazu zählt unter dem Gesichtspunkt der Energieversorgungssicherheit die Frage, in welchem Umfang Energieimporte vermieden werden. In Tab. 3-5 sind dazu die Importquoten der relevanten Energieträger für das Jahr 2006 angegeben (DIW 2007). Für Mineralölprodukte (Heizöl) kann näherungsweise die Importquote für Rohöl angesetzt werden, weil über 90 % der Mineralölprodukte in deutschen Raffinerien erzeugt werden. Somit wird derzeit durch die mit den Programmen der KfW geförderten Erneuerbaren Energien die Einfuhr von 1,2 Mio. t Steinkohle, 290 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas und knapp 40 Mio. Liter Heizöl bzw. entsprechende Rohölimporte vermieden.

**Tab. 3-5: 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	874	1.000 t/a	0 %	0	1.000 t/a	k.a.	-	-
Steinkohle	1.200	1.000 t/a	100 %	1.200	1.000 t/a	16.120	€/GWh	155,7
Erdgas	288	Mio. m <sup>3</sup> /a	100 %	288	Mio.m <sup>3</sup> /a	28.260	€/GWh	76,3
Rohöl	39	Mio. l/a	100 %	39	Mio. l/a	44.320	€/GWh (Rohöl)	17,0
Summe								249,1

<sup>1)</sup> 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 66 %, Erdgas 82 %, Mineralöl 97 %. [DIW (2007)]

<sup>2)</sup> Vgl. auch Anhang A1. Es wurden die Energiepreisszenarien aus Nitsch (2008) verwendet, für 2007 wurden aktuelle Werte des BMWi verwendet (BMWi Energiedaten, Stand 15.08.2008). Mit Hilfe der Annuitätenmethode wurden die jährlich unterschiedlichen Brennstoffpreise mittels des Kalkulationszinssatzes in eine Annuität, d.h. jährlich konstante Preise, umgerechnet

In Tab. 3-5 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 2007 durch die KfW-geförderte Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien die Energieimporte in der Größenordnung von rund 250 Mio €/a vermieden werden. Über die angenommene Lebensdauer der Maßnahmen von 20 Jahren summieren sich jährlichen Einsparungen von rund 250 Mio. € auf annähernd 5 Mrd. €.

### 3.3. 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 frei Anlage zu kalkulieren. Für die Stromerzeugung wurden dafür die Brennstoffkosten frei Kraftwerk (netto) (Nitsch 2008), für den Wärmemarkt stellvertretend die Kosten für private Haushalte angesetzt (einschl. MwSt.) (nach BMWi 2008). Wie Tab. 3-6 zeigt, liegt der Gesamtbetrag mit knapp 326 Mio. €/a um gut 30 % höher als die vermiedenen Energieimporte. Mit mehr als 160 Mio. €/a entfällt davon mehr als die Hälfte auf Steinkohle. Über die angenommene Lebensdauer von 20 Jahren ergeben sich Einsparungen von rund 6,5 Mrd. €.

**Tab. 3-6: Vermiedene Kosten durch die Nutzung Erneuerbarer Energien im Jahr 2007.**

	Braunkohle (Kraftwerk)	Steinkohle (Kraftwerk)	Erdgas (Kraftw.)	Heizöl (Haushalte)	Erdgas (Haushalte)	Steinkohle (Haushalte)	Braunkohle- lebketts (Haushalte)	Summe
eingesparte Energiemengen [GWh/a]	2.067	9.655	2.178	384	524	8	32	14.848
Kosten frei Endverbraucher bzw. Kraftwerk <sup>1)</sup> [€/GWh]	4.520	16.810	34.740	80.490	89.770	15.250	15.910	
vermiedene Kosten [Mio. €/a]	9,3	162,3	75,7	30,9	47,0	0,1	0,5	325,9

<sup>1)</sup> Vgl. auch Anhang A1. Es wurden die Energiepreisszenarien aus Nitsch (2008) verwendet, für 2007 wurden aktuelle Werte des BMWi verwendet (BMWi Energiedaten, Stand 15.08.2008) 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

### 3.4. 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 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. Im Gegensatz zu oben werden auch für die Wärmeerzeugung ausschließlich die direkten Emissionen betrachtet<sup>31</sup>. 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

<sup>30</sup> Wobei die Effekte speziell bei der Nutzung von Bioenergien teilweise auch negativ sein können.

<sup>31</sup> Dies entspricht der derzeitigen Vorgehensweise der offiziellen Berichterstattung, die allerdings in Kürze überarbeitet werden wird.

werden. Wichtige Treibhausgase sind die so genannten 6 Kyoto-Gase<sup>32</sup>, die im Rahmen des Kyoto-Protokolls reduziert werden sollen (Tab. 3-7) und in unterschiedlichem Maße zum Treibhauseffekt beitragen. Um ihre Treibhauswirkung vergleichen zu können, wird ihnen das sog. relative Treibhauspotenzial (THP) 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.

**Tab. 3-7: Relatives Treibhauspotenzial der sog. Kyoto-Gase (BMU 2008).**

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

Werte bezogen auf einen Zeithorizont von 100 Jahren; CO<sub>2</sub> als Referenzsubstanz

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.<sup>33</sup>

Tab. 3-8 zeigt dies für die substituierten fossilen Energieträger, wobei die spezifischen Faktoren die o. g. Kraftwerkswirkungsgrade für die Stromerzeugung berücksichtigen, während für die Wärmebereitstellung direkt auf den jeweiligen (End-) Energieträger bezogen wird. Entsprechend der Energiemengen addiert sich daraus insgesamt eine CO<sub>2</sub>-Vermeidung von knapp 4,6 Mio. t pro Jahr. Gemessen an der gesamten CO<sub>2</sub>-Minderung durch Erneuerbare Energien in Deutschland von 115 Mio. t pro Jahr (BMU 2008) entspricht dies einem Anteil von 4 %, der sich ebenso wie im Strommarkt weitgehend mit den Anteilen der eingesparten Brennstoffe entspricht (s. oben)<sup>34</sup>.

<sup>32</sup> Kohlendioxid, Methan, Lachgas, Schwefelhexafluorid, wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe und perfluorierte Kohlenwasserstoffe.

<sup>33</sup> Vgl. BMU (2008), S. 21.

<sup>34</sup> Ein Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Vermeidung der in Deutschland in 2007 zugebauten Energieträger erscheint nicht sinnvoll, da die 2007 zugebauten Anlagen kein ganzes Jahr in Betrieb waren, wie dies für die KfW-Anlagen angenommen wurde. Vgl. dazu auch Fußnote 28.



**Tab. 3-8: Vermiedene Treibhausgasemissionen durch die Nutzung Erneuerbarer Energien, die im Rahmen von KfW-Programmen gefördert wurden.**

	Braunkohle Strom	Steinkohle Strom	Erdgas Strom	Heizöl Wärme	Erdgas Wärme	Steinkohle <sup>1)</sup> Wärme	Braunkohlebriketts Wärme	Summe
eingesparte Energiemengen [GWh/a]	753	3.601	956	384	524	8	32	6.258
CO <sub>2</sub> [t/GWh] <sup>2)</sup>	1088,3	848,0	520,6	266,4	201,6	350,5	349,2	-
CO <sub>2</sub> -Äquivalente [t/GWh] <sup>2)</sup>	1099,3	858,3	522,8	266,8	202,0	372,2	361,5	-
vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen [Mio.t/a]	0,82	3,05	0,50	0,10	0,10	0,003	0,001	4,57
vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen, CO <sub>2</sub> -Äquivalente [Mio.t/a]	0,83	3,09	0,50	0,10	0,10	0,003	0,001	4,62

1) gewichteter Mittelwert aus Steinkohlebriketts (334,8 gCO<sub>2</sub>/GWh<sub>input</sub> bzw. 368,1 gCO<sub>2</sub>-Äquiv./GWh<sub>input</sub>, Anteil 63,6 % und Steinkohlenkoks (378,0 gCO<sub>2</sub>/GWh<sub>input</sub> bzw. 379,4 gCO<sub>2</sub>-Äquiv./GWh<sub>input</sub>, Anteil 36,4 %)

2) bezogen auf Strom bzw. Endenergie für Wärme

Tab. 3-9 und Tab. 3-10 zeigen die Struktur der CO<sub>2</sub>-Vermeidung nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen. 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 67 % der CO<sub>2</sub>-Vermeidung auf Windstrom gegenüber 63 % 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 Biogas auf 23 % gegenüber 25 %).

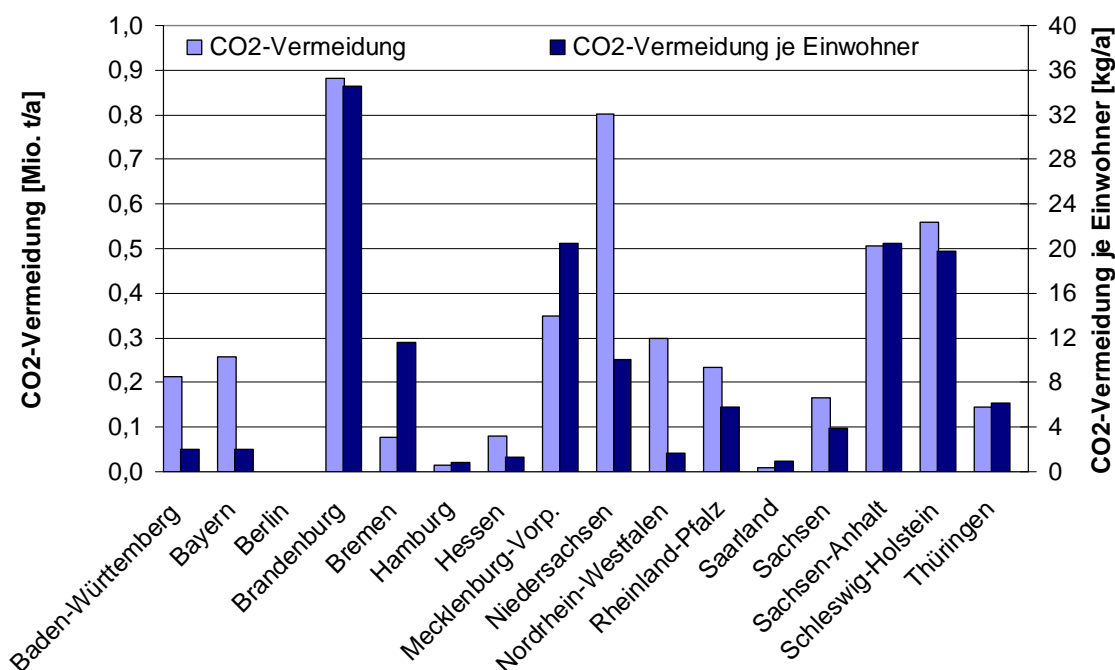
**Tab. 3-9: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogramm.**

Mio. t pro Jahr	ERP-Umwelt	KfW-Umwelt	Solar	KfW-EE	Summe
CO <sub>2</sub>	3,25	1,25	0,06	0,02	4,57
CO <sub>2</sub> -Äquivalente	3,28	1,26	0,06	0,02	4,62
Anteil	70,9 %	27,2 %	1,4 %	0,5 %	100,0 %

**Tab. 3-10: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen<sup>35</sup>.**

Mio. t pro Jahr	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> -Äquivalente
Wind	3,05	3,09
Wasserkraft	0,03	0,04
Biogas (Strom)	0,93	0,93
Biomasse (Strom)	0,05	0,05
Photovoltaik	0,31	0,31
Solarthermie	0,001	0,001
Biomasse Wärme	0,20	0,19
Geothermie	0,001	0,001
Summe	4,57	4,62

Ebenfalls nur geringe Unterschiede ergeben sich für die Darstellung nach Bundesländern in Abb. 3-4. Interessant ist jedoch der Vergleich der jährlichen CO<sub>2</sub>-Vermeidung je Einwohner. Hier liegt beispielsweise Brandenburg mit 35 kg/a deutlich vor Niedersachsen mit 10 kg/a, obwohl die Absolutbeträge ähnlich sind.



**Abb. 3-4: Jährliche CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Bundesländern.**

<sup>35</sup> Der mittlere Einsparungsfaktor für die CO<sub>2</sub>-Äquivalente ist bei der Strombereitstellung minimal höher, als der CO<sub>2</sub>-Einsparungsfaktor. Für die Wärmeerzeugung ist dies umgekehrt der Fall. Vgl. dazu auch die Ausführungen unter Tab. 3-7.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass die durch die untersuchten KfW-Programme induzierte Einsparung fossiler Energieträger und die Reduktion der Treibhausgasemissionen längerfristig wirken, denn die Nutzungsdauern der Regenerativanlagen betragen in der Regel mindestens 20 Jahre, insbesondere bei Wasserkraftanlagen auch deutlich länger. Eine Projektion ist jedoch mit vielen Unsicherheiten behaftet, denn der Brennstoffmix und die Wirkungsgrade von fossilen Anlagen werden sich ebenso im Zeitablauf verändern wie die Zusammensetzung, Durchdringung und Betriebsweise der Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien. 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 über 90 Mio. t. Mit anderen Worten: Die jährliche CO<sub>2</sub>-Minderungsleistung der in 2007 geförderten Anlagen in Höhe von 4,57 Mio. t/a kumuliert sich über eine angenommene Nutzungsdauer dieser Anlagen von 20 Jahren auf 91,4 Mio. t CO<sub>2</sub>

## 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 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 Fördermaßnahme 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>36</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>37</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>36</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>37</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 2007 (vgl. Tab. 4-1). Dazu werden in einem Zwischenschritt auf der Grundlage der Schätzung der geförderten Investitionen (vgl. dazu die entsprechenden Ausführungen in Kapitel 2) die aus dem Ausland bezogenen Anlagen auf Basis von Ergebnissen der Referenzstudie (BMU 2006, Kratzat et al. 2008) ermittelt<sup>38</sup> und von der Summe der geförderten Investitionen abgezogen, um so zu einer Schätzung der im Inland wirksamen Nachfrage zu gelangen.<sup>39</sup>
- Eine Beschreibung der Erneuerbaren Energietechnologien im Analyserahmen der Input-Output-Analyse, insbesondere eine Beschreibung der neu definierten Produktionsbereiche
  - Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in den betrachteten sieben Sparten (Wind, Photovoltaik, Solarthermie, Wasserkraft, Biomasse, Biogas und Geothermie)
  - Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in den betrachteten sieben Sparten (Wind, Photovoltaik, Solarthermie, Wasserkraft, Biomasse, Biogas und Geothermie)

Die 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 wurden aus der als Referenz dienenden Untersuchung zur Beschäftigung durch Erneuerbare Energien im Jahr 2007 (Kratzat et al. 2008) übernommen.

- Eine möglichst zeitnahe Input-Output-Tabelle für Deutschland und
- Einen Satz von Arbeitskoeffizienten (Anzahl der Beschäftigten je Einheit Bruttoproduktionswert) für das Berichtsjahr 2007 entsprechend der sektoralen Gliederung der verwendeten Input-Output-Tabelle sowie von Annahmen über die Entwicklung der Arbeitsproduktivität über den gesamten Zeitraum der Nutzung der geförderten Anlagen.

---

<sup>38</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 im nächsten Jahr 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>39</sup> Dabei wird in Übereinstimmung mit BMU (2006) angenommen, dass der Beschäftigungseffekt durch Installation von importierten Anlagen vernachlässigt werden kann.

**Tab. 4-1: Durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2007 geförderte im Inland wirksame Nachfrage nach Sparten.**

Millionen €	Durch KfW geförderte Investitionen insgesamt	davon im Inland wirksame Nachfrage	
Wind	2.202	2.162	(98 %)
Photovoltaik	2.097	1.310	(62 %)
Solarthermie	8	6	(70 %)
Wasserkraft	26	26	(100 %)
Biomasse	81	69	(85 %)
Biogas	561	378	(67 %)
Geothermie	4	2	(44 %)
Summe	4.979 <sup>40</sup>	3.953	(79 %)

### Zeitnahe Input-Output-Tabelle für Deutschland

Die amtliche Input-Output-Rechnung des Statistischen Bundesamtes folgt den Methoden und Konzepten des Europäischen Systems Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen - ESVG 1995.<sup>41</sup> Die Input-Output-Tabellen geben einen detaillierten Einblick in die Güterströme und Produktionsverflechtungen in der deutschen Volkswirtschaft und mit der übrigen Welt. Die amtlichen Tabellen des Statistischen Bundesamtes verfügen über eine Gliederungstiefe von 71 Produktionsbereichen. Grundlage der mit Hilfe der Input-Output-Analyse durchgeführten Beschäftigungsschätzungen ist die Input-Output-Tabelle des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2004<sup>42</sup>, die auch für die als Referenzschätzung dienende Abschätzung der Beschäftigung durch Erneuerbare Energien für das Jahr 2007 herangezogen wurde.

### Arbeitskoeffizienten für das Jahr 2007

Grundlage für die Abschätzung der Arbeitskoeffizienten sind die amtlichen Ausgangsdaten aus der Input-Output-Tabelle des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2004. Die Fortschreibung für das Jahr 2007 erfolgte unter Verwendung von amtlichen Daten der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung in tiefer sektoraler Gliederung in Übereinstimmung mit den Annahmen in der Referenzuntersuchung.

Die in der amtlichen Tabelle für das Jahr 2004 ausgewiesene Unterteilung der Erwerbstätigen in Arbeitnehmer einerseits und Selbständige sowie mithelfende Familienangehörige andererseits auf der Ebene der dargestellten 71 Wirtschaftszweige dient als Grundlage der angestellten Modellrechnungen zur Aufteilung der geschätzten Beschäftigung auf die zwei genannten Gruppen der Beschäftigten.

<sup>40</sup> Investitionen in Wärmenetze werden hier aus methodischen Gründen nicht berücksichtigt. Berücksichtigt man die damit verbundenen Investitionen von 24,2 Mio. €, so ergibt sich die Gesamtinvestitionssumme von 5003,6 Mio. €.

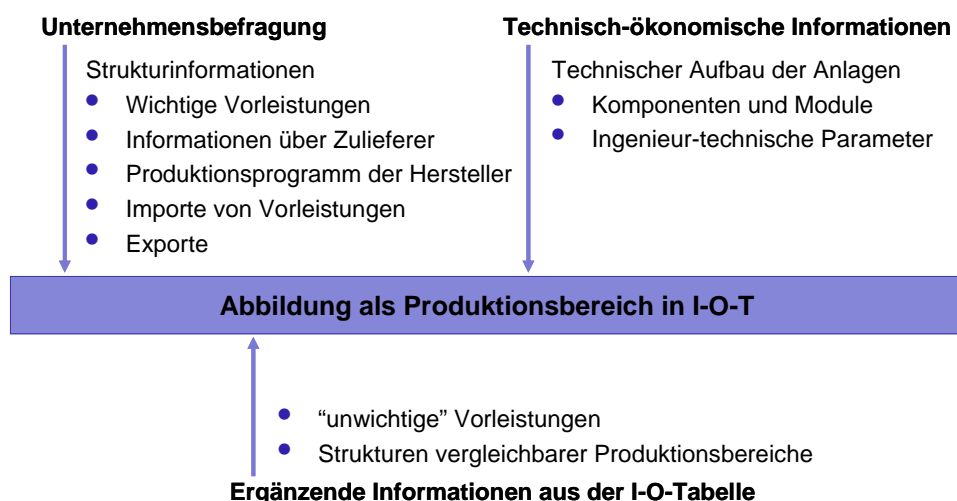
<sup>41</sup> Nur bei der Verbuchung der firmeninternen Lieferungen und Leistungen (der sog. Weiterverarbeitungsproduktion) weichen sie von diesem Konzept ab.

<sup>42</sup> Vgl. Statistisches Bundesamt 2007.

Für die Wirkung der Investitionen auf die Beschäftigungseffekte wurde angenommen, dass die gesamten Investitionen zu Beschäftigung im Jahr 2007 führen. Es wurden also alle Investitionen als im Jahr 2007 beschäftigungswirksam angenommen. Die Beschäftigung durch den Betrieb der Anlagen wurde für die auf die Errichtung folgenden 20 Jahre abgeschätzt.

Nachfolgende Abb. 4-1 illustriert das Vorgehen zur Abbildung eines neuen Vektors „Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien“, der Voraussetzung für die Abschätzung indirekter Beschäftigungseffekte darstellt.

### Abbildung des neuen Bereichs Herstellung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien



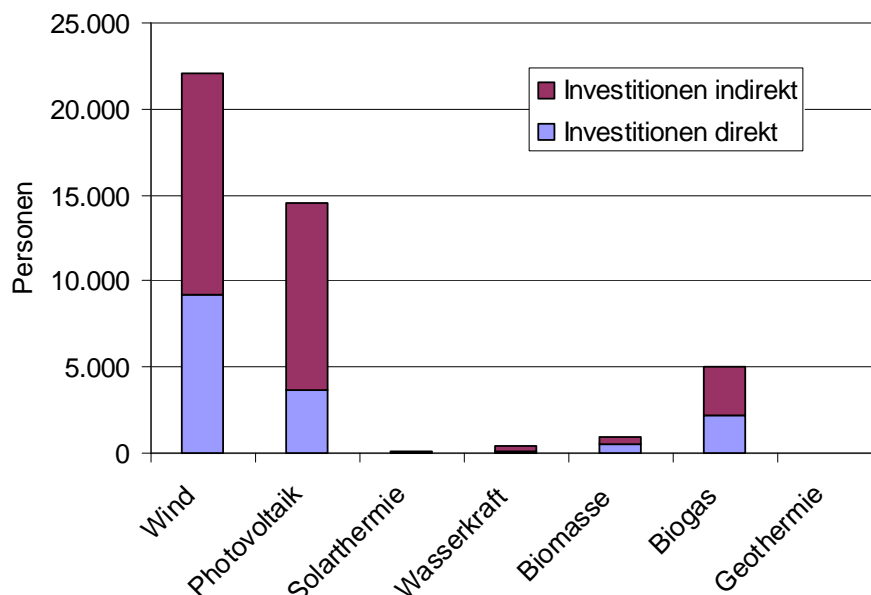
**Abb. 4-1: Abbildung des neuen Bereichs „Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien“ im Kontext der Input-Output-Rechnung (BMU 2006).**

## 4.2. Ergebnisse

Ausgehend von einem geschätzten geförderten Investitionsvolumen aus den KfW-Förderprogrammen von rund 5 Mrd. € im Jahr 2007 ergibt sich unter Berücksichtigung der für die einzelnen Bereiche der Erneuerbaren Energien typischen Importquoten für neue Anlagen eine im Inland wirksame geförderte Investitionsnachfrage von knapp 4 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 175 Mio. € jährlich geschätzt<sup>43</sup>.

<sup>43</sup> Ausgangspunkt dieser Berechnung waren die für die Referenzanlagen ermittelten jährlichen Betriebskosten wie in Anhang A2 dargestellt. Diese beinhalten über den Zeitraum 2007 bis 2026 angenommene Preissteigerungen – für die Brennstoffkosten von Biomasseanlagen aus Nitsch (2008) abgeleitet – und wurden in Annuitäten umgerechnet. Auf Basis der installierten elektrischen bzw. thermischen Leistung wurden die Werte der Referenzanlagen auf die im Jahr 2007 von der KfW unterstützten, neu gebauten Anlagen hochgerechnet.

Die durch die geförderten Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland wird im Jahr 2007 auf rund 43.000 Personen geschätzt. Davon fallen knapp 16.000 (37 %) direkt in den Branchen an, die Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren und gut 27.000 (63 %) in den zuliefernden vorgelagerten Branchen der Volkswirtschaft. Vorläufige Abschätzungen der investitionsbedingten Beschäftigungseffekte der Erneuerbaren Energien in Deutschland belaufen sich für das Jahr 2007 auf 146.300 (Kratz et al. 2008). Allerdings beinhaltet diese Zahl den Export von Anlagen<sup>44</sup>, Komponenten und Dienstleistungen, weshalb ein direkter Vergleich nicht möglich ist. Ungefähr 22.000 Personen werden durch die Förderung von Investitionen im Bereich Windenergie beschäftigt, knapp 15.000 im Bereich Photovoltaik und 5.000 im Bereich Biogas, während die übrigen Bereiche der Erneuerbaren Energien im Jahr 2007 eine untergeordnete Rolle spielen (vgl. Abb. 4-2 und Tab. 4-2).



**Abb. 4-2: Durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2007 ausgelöste Beschäftigung.**

<sup>44</sup> Die Exporte unterscheiden sich zwischen den Sparten erheblich, nach den vorliegenden vorläufigen Zahlen für das Jahr 2007 waren die Exporte im Bereich Wind besonders hoch.



**Tab. 4-2: Durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2007 ausgelöste Beschäftigung.**

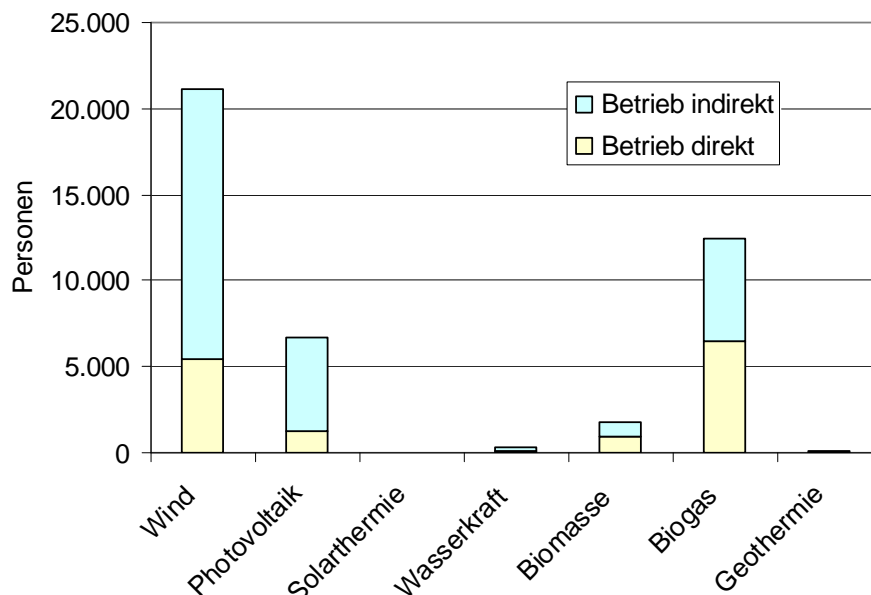
Beschäftigte (gerundet)	Investitionen		Betrieb (20 Jahre)		Summe <sup>1)</sup>	
	Direkt	Indirekt	Direkt	Indirekt		
Wind	9.200	12.900	5.500	15.700	43.200	(50 %)
Photovoltaik	3.600	10.900	1.300	5.400	21.200	(25 %)
Solarthermie	30	50	5	20	105	(0,1 %)
Wasserkraft	110	280	150	180	730	(1 %)
Biomasse	540	420	900	840	2.700	(3 %)
Biogas	2.200	2.800	6.400	6.000	17.500	(20 %)
Geothermie	15	10	40	40	105	(0,1 %)
Summe <sup>1)</sup>	15.760 (18 %)	27.400 (32 %)	14.300 (17 %)	28.200 (33 %)	85.600	(100 %)

<sup>1)</sup> Abweichungen durch Rundung möglich

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 42.000 Personenjahren bzw. 2.100 Personen jährlich. Wie Abb. 4-3 zeigt, entfällt auch hier ungefähr die Hälfte auf die Windenergie (21.000 Personenjahre), am zweitwichtigsten ist der Bereich Biogas (gut 12.000 Personenjahre), wohingegen die Photovoltaik hier wegen der geringeren Betriebs- und Wartungsaufwendungen den dritten Platz einnimmt (gut 6.000 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>45</sup>.

<sup>45</sup> Es wird erwartet, dass derzeit im Auftrag des BMU laufende Forschungsarbeiten die Datensituation in diesem Bereich verbessern.

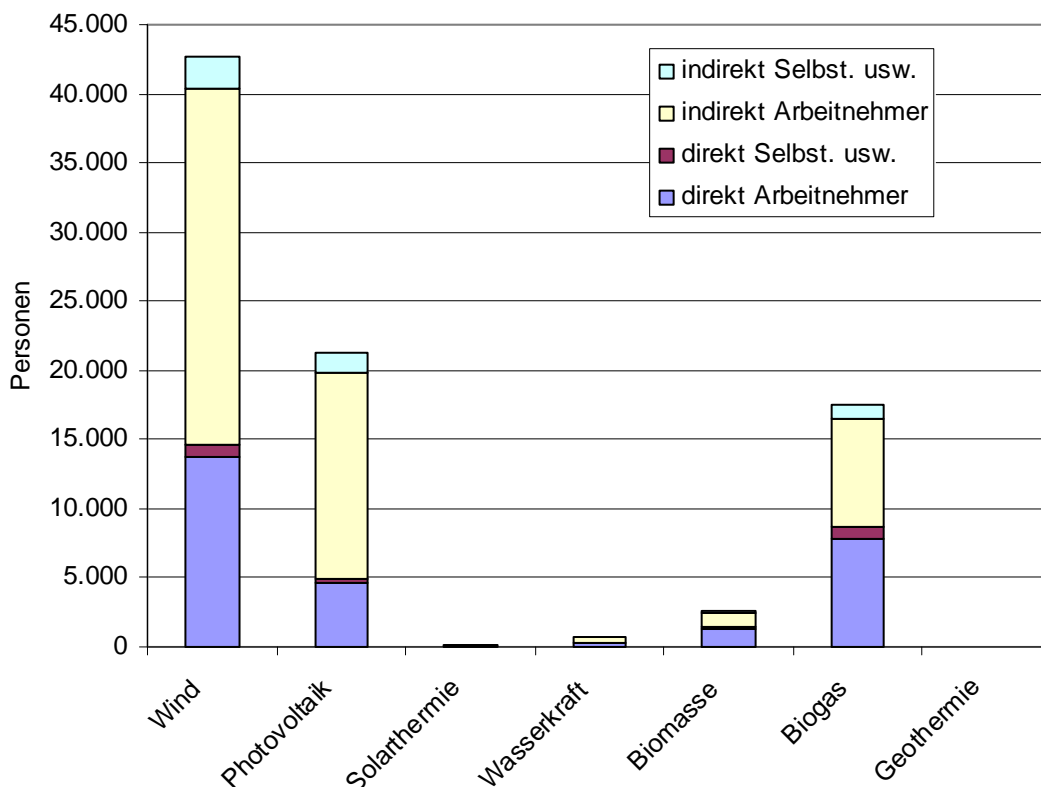


**Abb. 4-3: Ausgelöste Beschäftigung durch den Betrieb von im Jahr 2007 KfW-geförderten Anlagen (über einen Zeitraum von 20 Jahren).**

Fasst man das durch die Förderung im Jahr 2007 induzierte Nachfragevolumen (Investitionen und Betrieb) zusammen, ergibt sich über einen Zeitraum von 20 Jahren ein Beschäftigungsvolumen von gut 85.000 Personenjahren. Die Hälfte hiervon fällt als Investitionseffekt im Jahr 2007 an, der Rest als Betriebseffekt verteilt über 20 Jahren mit einem jährlichen Volumen von gut 2.000 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>46</sup> einstellen wie sie dort bei anderen branchentypischen Wirtschaftsaktivitäten anfallen, ergibt sich, dass knapp 78.000 Personenjahre von Arbeitnehmern erbracht werden, also 91 % aller induzierten Personenjahre, während gut 7.000 Personenjahre, also rund 9 %, auf Selbständige und andere Gruppen entfallen. Diese Relationen schwanken zwischen den einzelnen Sparten der Erneuerbaren Energien in einer Bandbreite von +/- 3 Prozentpunkten.

<sup>46</sup> sowie mithelfenden Familienangehörigen.



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

Die Anteile auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU)<sup>47</sup> mit weniger als 500 Beschäftigten entfallender Arbeitsplätze lassen sich anhand von Daten des Instituts für Mittelstandsforschung (IfM) abschätzen. Dafür wird die Verteilung der Beschäftigten in unterschiedlich großen Unternehmen nach Wirtschaftssektoren aus IfM (2004)<sup>48</sup> 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“ aus IfM (2004) angenommen.

Von den 85.600 für ein Jahr gesicherten bzw. neu geschaffenen Arbeitsplätzen entfallen 71,4 % auf kleine und mittlere Unternehmen. Dabei reichen die Anteile in den unterschiedlichen Sparten von 69 % in der Geothermie bis zu 75 % bei der Wasserkraft.

In Kleinunternehmen (KU) mit weniger als 50 Beschäftigten entstehen 32,8 % der 85.600 Arbeitsplätze, mit einer Bandbreite von 30 % für die Geothermie bis zu 38 % bei der Wasserkraft.

Diese Zahlen unterstreichen, dass die durch KfW-Förderprogramme unterstützten Investitionen insbesondere mittelständischen Unternehmen zugute kommen.

<sup>47</sup> Analog wurde für Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten vorgegangen.

<sup>48</sup> vgl. IfM (2004), Table 7: Employment by economic sections and size-classes, Germany, 2003.

## 5. Zusammenfassung

Kernstück der Klimapolitik der Bundesregierung ist das Integrierte Energie- und Klima-programm (IEKP), dessen Eckpunkte auf der Klausurtagung des Bundeskabinetts in Me-seberg am 23. /24. August 2007 beschlossen wurden. Ein darauf basierendes Ziel der Bundesregierung ist es, den Anteil der Erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch auf mindestens 30 Prozent und am Wärmeverbrauch auf mindestens 14 Prozent im Jahr 2020 anzuheben. Im Jahr 2007 lag der Anteil am Bruttostromverbrauch bei 14,2 Prozent. Konkret sollen mit dem IEKP durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2020 im Strombereich 54,4 Mio. t CO<sub>2</sub> und im Wärmebereich 9,2 Mio t. CO<sub>2</sub> pro Jahr zusätzlich zu den im Jahr 2006 erreichten Minderungen eingespart werden (vgl. BMU (2007)).

Ein wichtiger Baustein dieser Strategie sind die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe im Bereich der Erneuerbaren Energien. Um deren Effektivität und Bedeutung zu überprüfen, ist der Gegenstand der vorliegenden Studie die Ermittlung der von diesen Förderpro-grammen ausgehenden Effekte in den Bereichen Treibhausgasminderung und Einspa-rung fossiler Energieträger und damit vermiedener Importe an fossilen Energieträgern sowie Beschäftigungseffekte.

Tab. 5-1 gibt einen Überblick über den Umfang der ausgewerteten Kreditprogramme im Jahr 2007. Während das Programm Solarstrom erzeugen (Solar) die höchste Anzahl an Darlehen ausweist, ist das ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm (ERP-Umwelt), ge-messen am Darlehensvolumen, das mit Abstand größte der betrachteten Förderpro-gramme.

Die geringe Zahl von Darlehensfällen und das vergleichsweise geringe Zusagevolumen im Programm Erneuerbare Energien (KfW-EE) ist darauf zurückzuführen, dass das Pro-gramm erst ab dem 1. Mai 2007 für Anträge geöffnet war.

**Tab. 5-1: Darlehensfälle, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen nach Kreditprogramm im Jahr 2007.**

	ERP-Umwelt	KfW-Umwelt	Solar	KfW-EE	Summe
Darlehensfälle	6.974	5.735	12.836	161	25.706
Darlehensvolumen (Mio. €) <sup>1)</sup>	2.297,3	1.001,0 <sup>2)</sup>	393,3	22,3	3.714,0 <sup>2)</sup>
Investitionsvolumen (Mio. €) <sup>1)</sup>	3.198,7	1.344,4 <sup>3)</sup>	428,0	32,4	5.003,6 <sup>3)</sup>
Mittleres Investitionsvolumen je Darlehen (€) <sup>1)</sup>	458.664	234.429	33.346	201.041	194.646

ERP-Umwelt = ERP -Umwelt- und Energiesparprogramm, KfW-Umwelt = KfW-Umweltprogramm, KfW-EE =KfW-Programm Erneuerbare Energien (Teil des BMU-Marktanreizprogrammes), Solar = Programm Solarstrom erzeugen

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

<sup>2)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 1.062,2 bzw. 3.775,1 Mio. € hier nur Anlagen im Inland berücksichtigt.

<sup>3)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 1.428,5 bzw. 5.087,6 Mio. € hier nur Anlagen im Inland berücksichtigt.

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 2007 durch KfW-Kreditprogramme gefördert wurden, nach Verwendungszweck.**

Millionen EUR	ERP-Umwelt	KfW-Umwelt	Solar	KfW-EE	Summe
Biogas	310,4	250,1	0,0	0,0	560,5
Biomasse	35,1	41,0	0,0	5,3	81,3
Geothermie	1,3	3,1	0,0	0,0	4,4
Photovoltaik	1.093,7	575,2	428,0	0,0	2.096,9
Solarkollektoranlage	0,3	5,1	0,0	2,8	8,3
Wärmenetz <sup>1)</sup>	0,0	0,0	0,0	24,2	24,2
Wasserkraft	20,7	5,7	0,0	0,0	26,3
Windkraft	1.737,3	464,3	0,0	0,0	2.201,6
Summe	3.198,7	1.344,4 <sup>2)</sup>	428,0	32,4	5.003,6

<sup>1)</sup> einschließlich Heizwerke<sup>49</sup>

<sup>2)</sup> unter Berücksichtigung von Anlagen im Ausland 1.428,5 bzw. 5.087,6 Mio. €

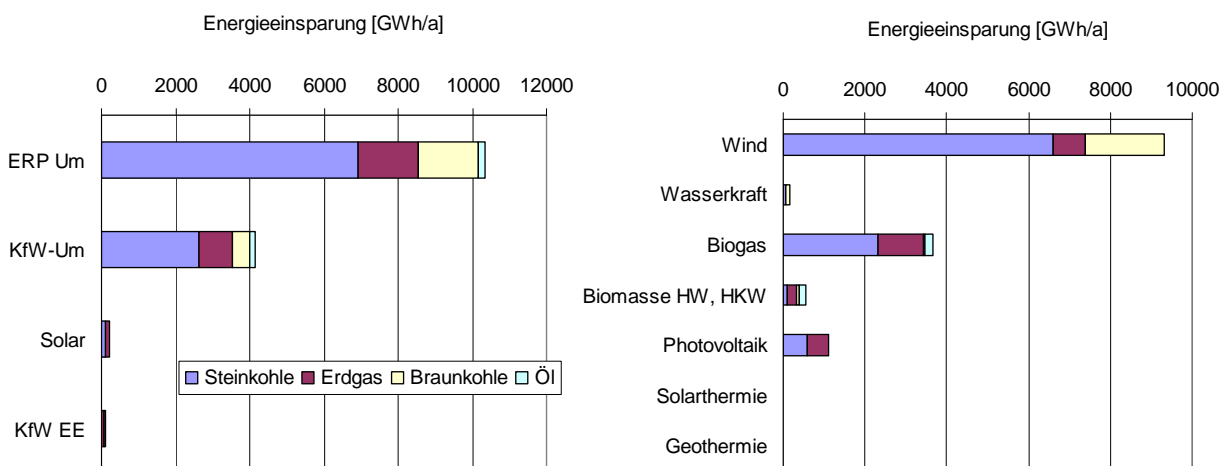
Die Bedeutung der KfW-Programme für den Ausbau der erneuerbaren Energien zeigt sich vor allem im Strombereich sehr deutlich: Insgesamt 78 % der in Deutschland im Jahr 2007 zugebauten elektrischen Leistung wurden über die KfW gefördert (Tab. 5-3). Bei der Windkraft ergibt sich rechnerisch sogar eine Quote von über 100 %, was durch eine zeitliche Verzögerung zwischen Förderzusage und Errichtung der Anlagen zu erklären ist. Auch in den Bereichen Biogas, Wasserkraft und Photovoltaik zeigt sich der Stellenwert der KfW-Förderung: mehr als 60 % der 2007 in Deutschland zugebauten elektrischen Biogas- und Wasserkraftleistung wurden über die KfW gefördert. Im Bereich der Photovoltaik wurden immerhin noch über 40 % 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.

<sup>49</sup> Ein Wärmenetz kann hinsichtlich seiner CO<sub>2</sub>-Minderung nicht ohne die zugehörige thermische Anlage bewertet werden. Aus diesem Grund werden den geförderten Wärmenetzen typische Biomasseheizwerke zugeschrieben, um den tatsächlichen Anwendungsfall abzubilden.

**Tab. 5-3: Geförderte elektrische und thermische Leistung<sup>50</sup> der KfW-Programme im Vergleich zu den 2007 in Deutschland zugebauten Leistungen (BMU 2008).**

	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 <sup>51</sup>	1.769,4	1.625	109 %
	Photovoltaik	465,6	1.100	42 %
	Wasserkraft	12,2	20	61 %
	Biomasse	10,9	81	14 %
	Biogas	176,5	283	62 %
	<b>Summe</b>	<b>2.434,6</b>	<b>3.109</b>	<b>78 %</b>
Wärme <sup>52</sup>	Solarthermie <sup>53</sup>	6,3	668	0,9 %
	Biomasse	87	k.A.	k.A.
	Geothermie tief	1	k.A.	k.A.
	Geothermie (Wärmepumpen)	1,5	k.A.	k.A.
	<b>Summe</b>	<b>95,8</b>	<b>k.A.</b>	<b>k.A.</b>
Wärmenetze (Trassenlänge)		26 km	k.A.	k.A.



**Abb. 5-1: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen.**

<sup>50</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>51</sup> Da bei den geförderten Anlagen das Jahr der Errichtung ein anderes als das Förderjahr sein kann, wurden im Jahr 2007 mehr Anlagen gefördert, als in Deutschland zugebaut wurden.

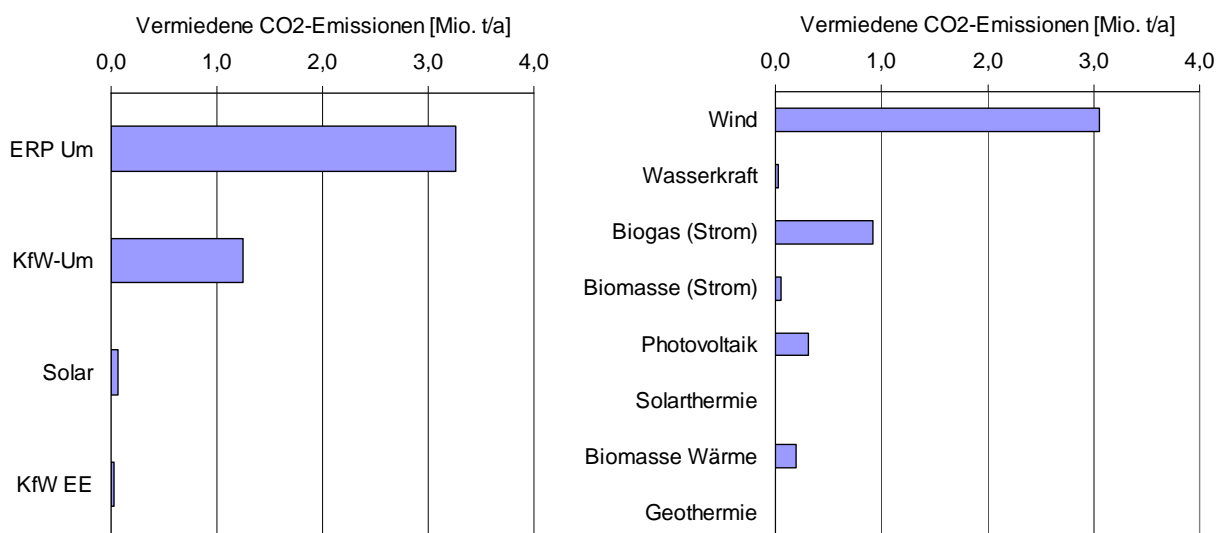
<sup>52</sup> Ohne den thermischen Leistungsanteil der KWK-Anlagen aus dem Strombereich. Auf die Darstellung des thermischen Leistungsanteils von KWK-Anlagen wird hier verzichtet, weil dieser sonst die thermische Leistung der ausschließlich thermisch genutzten Biomasseanlagen überdeckt. Für die Berechnung 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 48 MW, für Biogasanlagen 272 MW hochgerechnet. Der davon tatsächlich genutzte Anteil wurde mit 70 % (Biomasse-Heizkraftwerke) bzw. 25 % (Biogasanlagen) angesetzt. Vgl. dazu auch Anhang A2.

<sup>53</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.

Abb. 5-1 zeigt die Aufteilung der Einsparung fossiler Energieträger nach Förderprogrammen und Technologiebereichen<sup>54</sup>. Deutlich geht daraus hervor, dass die Effekte der Förderung der Windenergienutzung aus dem ERP- und dem KfW-Umweltweltprogramm dominieren.

Technologiebezogen entfallen knapp 63 % der Einsparung an fossilen Energieträgern auf die Nutzung der Windenergie. Weiterhin haben mit knapp 25 % auch Biogasanlagen eine hohe Bedeutung. Auf die Photovoltaik entfallen 7,5 %, auf die übrigen Technologien jeweils unter 4 %.

Abb. 5-2 zeigt die Struktur der CO<sub>2</sub>-Vermeidung nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen. Die Verhältnisse entsprechen auch hier im Wesentlichen der Brennstoffsubstitution nach Abb. 5-1, die unterschiedlichen CO<sub>2</sub>-Faktoren der Technologien fallen nicht entscheidend ins Gewicht. Technologiebezogen ergeben sich leichte Verschiebungen. So entfallen sogar fast 67 % der CO<sub>2</sub>-Vermeidung auf die Windenergie, weil hier der CO<sub>2</sub>-Faktor höher ist als bei Biogas und Photovoltaik, deren Anteile sich deshalb auf knapp 23 bzw. 6,8 % verringern.



**Abb. 5-2: Jährliche CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen und Technologiebereichen (gesamt: 4,6 Mio t/a).**

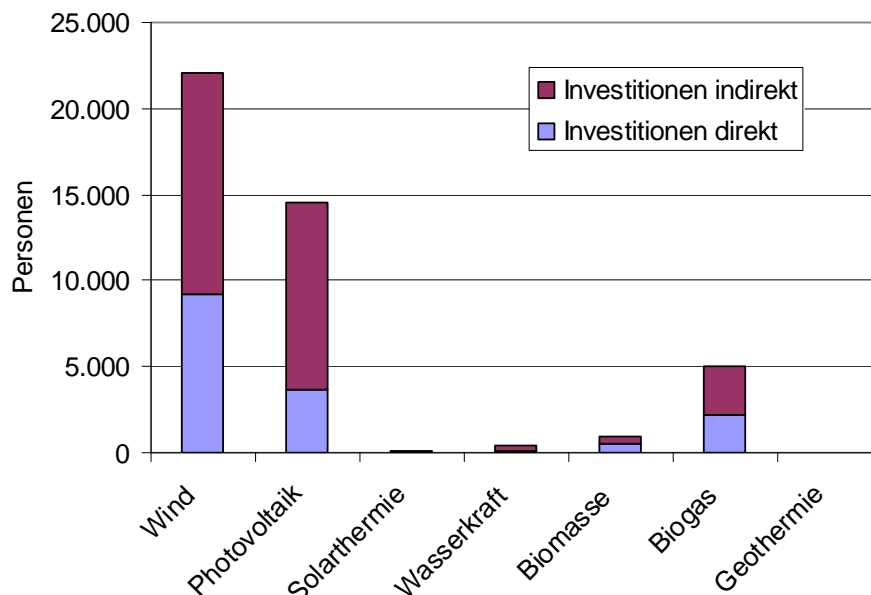
Allein die von der KfW im Jahr 2007 geförderten Anlagen tragen somit mit einer Mindere- rung von ca. 4,6 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr gut 7 % zur Erreichung der mit dem Integrierten Energie und Klimaprogramm angestrebten Einsparungen durch die Förderung Erneuer- barer Energien im Strom- und Wärmebereich (rund 64 Mio. t pro Jahr bis 2020<sup>55</sup>) bei.

Die durch die geförderten Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland wird im Jahr 2007 auf rund 43.000 Personen geschätzt. Davon fallen knapp 16.000 (37 %) direkt

<sup>54</sup> Aus Vereinfachungsgründen wurde hierbei vernachlässigt, dass die im Verlauf des Jahres 2007 geförder- ten Anlagen nur anteilige Energiemengen bereit gestellt haben

<sup>55</sup> Nach BMU (2007), Tabelle 2 belaufen sich die CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch das Energie- und Klimapro- gramm 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.

in den Branchen an, die Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren und gut 27.000 (63 %) in den zuliefernden vorgelagerten Branchen der Volkswirtschaft. Ungefähr 22.000 Personen werden durch die Förderung von Investitionen im Bereich Windenergie beschäftigt, knapp 15.000 im Bereich Photovoltaik und 5.000 im Bereich Biogas, während die übrigen Bereiche der Erneuerbaren Energien im Jahr 2007 eine untergeordnete Rolle spielen (vgl. Abb. 5-3).



**Abb. 5-3: Ausgelöste Beschäftigung durch KfW-geförderte Investitionen im Jahr 2007.**

Hervorzuheben ist der mit gut 70 % 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 auf einen Blick:

- Mit 5 Mrd. € wurden rund 45 % der in Deutschland im Jahr 2007 getätigten Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien mit KfW-Programmen gefördert.
- Die Förderung im Jahr 2007 führt zu vermiedenen Energieimporten im Gegenwert von jährlich rund 250 Mio. € und annähernd 5 Mrd. € über die Laufzeit der Anlagen von 20 Jahren. Die so im Inland verbleibenden Mittel tragen zur Stärkung der heimischen Wirtschaft bei.
- Die im Jahr 2007 von der KfW geförderten Anlagen führen zu einer Vermeidung von rund 4,6 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr, was allein mehr als 7 % der von der Bundesregierung angestrebten zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch den Ausbau Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich bis 2020 entspricht.
- Produktion und Bau der im Jahr 2007 geförderten Anlagen lösten eine Beschäftigung von rund 16.000 direkten und 27.000 indirekten Arbeitsplätzen aus. Somit trägt die KfW-Förderung maßgeblich zum Jobmotor Erneuerbare Energien bei und erweist sich als Innovationsprogramm für eine exportorientierte Wirtschaft. Hinzu kommen jährlich weitere 2000 Arbeitsplätze durch Betrieb und Wartung der Anlagen.
- Ein Wort zum Mittelstand: 71,4 % der Arbeitsplätze entfällt auf kleine und mittlere Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten, 32,8 % auf Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten. Diese Zahlen unterstreichen, dass die durch KfW-Förderprogramme unterstützten Investitionen insbesondere mittelständischen Unternehmen zugute kommen.

## Literaturverzeichnis

- Bode, S./Groscurth, H. (2006): Zur Wirkung des EEG auf den „Strompreis“. HWWA Discussion Paper, 348, Hamburg Institute of International Economics.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2006): Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte - Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Berlin. [www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/arbeitsmarkt\\_ee\\_lang.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/arbeitsmarkt_ee_lang.pdf)
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007): Kosten und Nutzen des Energie- und Klimaprogramms der Bundesregierung. Berlin. [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2008): Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung, 2008 [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2008): Energiedaten - Nationale und Internationale Entwicklung, Stand 10.7.2008 (<http://www.bmwi.de/Navigation/Technologie-und-Energie/Energiepolitik/energiedaten.html>).
- DIW (2007): Primärenergieverbrauch in Deutschland nur wenig gestiegen. DIW Wochenbericht Nr. 8 2007, 74. Jahrgang/21. Februar 2007, S. 105-118. DIW Berlin ([www.diw.de](http://www.diw.de)).
- FHG ISI (2005) Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung: Gutachten zur CO<sub>2</sub>-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien, Karlsruhe, 2005.,
- GEMIS - Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) Version 4.4. Öko-Institut Darmstadt (<http://www.oeko.de/service/gemis/de/index.htm>).
- Institut für Mittelstandsforschung (2004): SMEs in Germany – Facts and Figures 2004, Bonn.
- IPCC 1996 Intergovernmental Panel on Climate Change: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1996.
- IPCC 2001 Intergovernmental Panel on Climate Change: Third Assessment Report, 2001.
- Jansen, A. et al. 2005: Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland an Land und Offshore bis zum Jahr 2020. Konsortium DEWI / E.ON Netz / EWI / RWE Transportnetz Strom / VE Transmission, Endbericht, Köln, Februar 2005.
- Konstantin, P (2007): Praxisbuch Energiewirtschaft: Energieumwandlung, -transport und -beschaffung im liberalisierten Markt. Springer, Berlin/Heidelberg, 2007.
- Kratz, M., Edler, D., Ottmüller, M., Lehr, U. (2008) Bruttobeschäftigung 2007 – eine erste Abschätzung – Stand 14. März 2008. [www.erneuerbare-energien.de/inhalt/41023/40289/](http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/41023/40289/)
- Krewitt, W. et al. 2006: Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Thermodynamik, Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Gutachten für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stuttgart, April 2006.
- Leible, L. et al. 2003: Energie aus biogenen Rest- und Abfallstoffen. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Karlsruhe, Juli 2003.
- M. Klobasa, M. Ragwitz (2005): Gutachten zur CO<sub>2</sub>- Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien. Bericht für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien Statistik (A-GEE-Stat) im Auftrag des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW). Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung Karlsruhe, Januar 2005.
- Nitsch, J. 2004: Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Thermodynamik, Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie, Bericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Stuttgart, 2004.

- Nitsch, J. (2008) Leitstudie 2008 - Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas. Untersuchung im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Dr. Joachim Nitsch in Zusammenarbeit mit der Abteilung „Systemanalyse und Technikbewertung“ des DLR – Instituts für Technische Thermodynamik, Stuttgart, Oktober 2008 ([www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de)).
- Pehnt, M. 2007: Erneuerbare Energien kompakt, Ergebnisse systematischer Studien. Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Heidelberg, Mai 2007.
- Staiß, F. 2007: Jahrbuch Erneuerbare Energien. Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg, Radebeul, 2007.
- Staiß, F. et al. 2007: Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2007 gemäß § 20 EEG – Forschungsbericht. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart, November 2007.
- Umweltbundesamt (2007): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2006, Verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/energie/archiv/co2-strommix.pdf>
- Wissen, R./ Nicolosi, M. (2007): Anmerkungen zur aktuellen Diskussion zum Merit-Order Effekt der erneuerbaren Energien. Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI) Working Paper, Nr. 07/3, Verfügbar: [www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user/WPs/ewiwp0703.pdf](http://www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user/WPs/ewiwp0703.pdf)
- Wohlauf, G. et al. 2005: Ersatz von Elektrospeicherheizungen durch effiziente Brennwerttechnik. Überarbeiteter Endbericht im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal, 2005.
- ZSW (2007): 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)	44.320	2,4 %	Importpreise 2007 aus BMWi Energiedaten, Preissteigerung aus Nitsch (2008), Tab. 2-3
Erdgas (Importpreis)	28.260	3,3 %	
Steinkohle (Importpreis)	16.120	5,0 %	
Erdgas (frei Kraftwerk)	34.740	3,3 %	Nitsch (2008)
Steinkohle (frei Kraftwerk)	16.810	5,0 %	
Braunkohle (frei Kraftwerk)	4.520	0,9 %	
Heizöl (Verbraucherpreis)	80.490	3,5 %	
Erdgas (Verbraucherpreis)	89.770	3,8 %	
Steinkohle (Verbraucherpreis)	15.250	5,0 %	Haushaltspreis 2007 aus BMWi Energiedaten, Preissteigerung aus Nitsch (2008), Tab. 2-3
Braunkohle (Verbraucherpreis)	15.910	0,9 %	

Zur ausführlichen Darstellung der angenommenen Preisentwicklungen wird auf Nitsch (2008), Tabelle 2-3 verwiesen. Der gewählte Preispfad „A: Deutlich“ stellt aus heutiger Sicht die realistische 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 2007 abgezinst und zu einem Kapitalwert aufsummiert. Der Kapitalwert wird anschließend mit dem kalkulatorischen Zinssatz auf eine Annuität umgerechnet.

**Tab. A-2: Berechnung der Annuität am Beispiel Rohöl (Importpreis)**

<b>Ausgangswerte:</b>	
<b>Jahr</b>	<b>€/GJ</b>
2007	9,19
2010	9,79
2015	11,19
2020	12,70
2025	14,19
2030	15,67

Kalkulatorischer Zinssatz: 6 %

	<b>Interpolierte Werte</b>	<b>abgezinst</b>
<b>Jahr</b>	<b>€/GWh</b>	<b>€/GWh</b>
2007	33.084	33.084
2008	33.792	31.879
2009	34.500	30.705
2010	35.208	29.561
2011	36.223	28.692
2012	37.238	27.827
2013	38.254	26.967
2014	39.269	26.116
2015	40.284	25.275
2016	41.371	24.488
2017	42.458	23.709
2018	43.546	22.939
2019	44.633	22.181
2020	45.720	21.435
2021	46.793	20.697
2022	47.866	19.973
2023	48.938	19.264
2024	50.011	18.572
2025	51.084	17.897
2026	52.164	17.241
	<b>Kapitalwert</b>	<b>508.371</b>
	<b>Annuität</b>	<b>44.322</b>

## A2 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-3: Grunddaten für alle Referenzanlagen.**

Kalkulatorischer Zinssatz	6 %
Betrachtungszeitraum	20 a
Inbetriebnahme	2007
1 Personenjahr	50.000 € (ohne Umsatzsteuer)
Steuer	netto

**Tab. A-4: Photovoltaik-Dachanlage mit 7,5 kW<sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen bis 100 kW<sub>p</sub>.**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	7,5 kW <sub>p</sub>
	Spezifische Investitionskosten	4.700 €/kW <sub>p</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	35.250 €
	Spezifischer Stromertrag	970 kWh/kW <sub>p</sub>
	Jährlicher Stromertrag	7.275 kWh/a
	Personaleinsatz	0 a
	Wartung und Instandhaltung	1 %/a von I <sub>0</sub>
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5 %/a von I <sub>0</sub>
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	3.073 €/a
	Personalkosten	0 €/a
	Wartung und Reparatur	353 €/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	176 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	3.602 €/a

**Tab. A-5: Photovoltaik-Dachanlage mit 265 kW<sub>p</sub> zur Berechnung der Photovoltaikanlagen von 100 bis 1.000 kW<sub>p</sub>.**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	265 kW <sub>p</sub>
	Spezifische Investitionskosten	4.500 €/kW <sub>p</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	1.192.500 €
	Spezifischer Stromertrag	970 kWh/kW <sub>p</sub>
	Jährlicher Stromertrag	257 MWh/a
	Personaleinsatz	0 a
	Wartung und Instandhaltung	1 %/a von I <sub>0</sub>
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5 %/a von I <sub>0</sub>
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	103.968 €/a
	Personalkosten	0 €/a
	Wartung und Reparatur	11.925 €/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	5.963 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	121.855 €/a

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

<b>Basisdaten</b>	Leistung	2.000 kW <sub>p</sub>
	Spezifische Investitionskosten	3.500 €/kW <sub>p</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	7.000.000 €
	Spezifischer Stromertrag	980 kWh/kW <sub>p</sub>
	Jährlicher Stromertrag	1.960 MWh/a
	Personaleinsatz	0,25 a
	Wartung und Instandhaltung	1 %/a von I <sub>0</sub>
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5 %/a von I <sub>0</sub>
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	610.292 €/a
	Personalkosten	12.500 €/a
	Wartung und Reparatur	70.000 €/a
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	35.000 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	727.792 €/a

**Tab. A-7: Windkraftanlage mit 2 MW<sub>p</sub>.**

<b>Basisdaten</b>	Leistung	2.000 kW
	Spezifische Investitionskosten	1.260 €/kW
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	2.500.000 €
	Volllaststunden	2.000 h
	Jährlicher Stromertrag	4.000 MWh/a
	Betriebskosten	45 / 54 €/kW (ab 1./10. Betriebsjahr)
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	219.878 €/a
	Betriebskosten	102.237 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	322.116 €/a

**Tab. A-8: ORC-Biomasse-Heizkraftwerk 1 MW<sub>el</sub>, Brennstoff: Altholz und Waldrestholz<sup>56</sup>.**

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	1.000 kW <sub>el</sub>
	Thermische Leistung	4.350 kW <sub>th</sub>
	Spezifische Investitionskosten	4.000 €/kW <sub>el</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	4.000.000 €
	Volllaststunden	5.000 h
	Jährlicher Stromertrag	5.000 MWh/a
	Wärmebereitstellung	21.750 MWh/a
	Wärmenutzung (70 %)	15.225 MWh/a
	Wärmevergütung	4 ct/kWh
	Brennstoffpreis (Altholz und Waldrestholz)	60 €/t
	Brennstoffheizwert	4,1 kWh/t
	Elektrischer Jahresnutzungsgrad	14 %
	Brennstoffbedarf	8.700 t/a
	Personaleinsatz	2 a
	Wartung und Reparatur	2 % von I <sub>0</sub>
Versicherung, Verwaltung, Pacht	1,2 % von I <sub>0</sub>	
Sonstige variable Kosten	3,6 % von I <sub>0</sub>	
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	348.738 €/a
	Betriebskosten	370.857 €/a
	Brennstoffkosten	522.648 €/a
	Wärmegutschrift	-609.000 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	633.243 €/a

<sup>56</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-9: Biogasanlage 500 kW<sub>el</sub>.**

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	500 kW <sub>el</sub>
	Thermische Leistung	770 kW <sub>th</sub>
	Spezifische Investitionskosten	3.500 €/kW <sub>el</sub>
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	1.750.000 €
	Volllaststunden	7.000 h
	Jährlicher Stromertrag	3.500 MWh/a
	Wärmebereitstellung	5.390 MWh/a
	Wärmenutzung (25 %)	1.348 MWh/a
	Wärmevergütung	4 ct/kWh
	Substratkosten Maissilage	34 €/t <sub>FM</sub>
	Verhältnis Maissilage : Gülle	50 : 50
	Elektrischer Jahresnutzungsgrad	33 %
	Bedarf Maissilage	8.600 t <sub>FM</sub> /a
	Personaleinsatz	1 a
	Wartung und Reparatur	3,5 % von I <sub>0</sub>
Versicherung, Verwaltung, Pacht	1,2 % von I <sub>0</sub>	
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	105.000 €/a
	Betriebskosten	132.250 €/a
	Substratkosten	289.531 €/a
	Wärmegutschrift	-53.900
	Gesamte jährliche Kosten	472.881 €/a

**Tab. A-10: Wasserkraftanlage Neubau.**

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	200 kW
	Spezifische Investitionskosten	5.000 €/kW
	Investitionskosten (I <sub>0</sub> )	1.000.000 €
	Volllaststunden	5.000 h
	Strombereitstellung	1.000 MWh/a
	Wartung und Reparatur	1,5 % von I <sub>0</sub>
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5 % von I <sub>0</sub>
	Sonstige variable Kosten	2,9 €/MWh
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	87.185 €/a
	Betriebskosten	22.900 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	110.085 €/a

**Tab. A-11: Wasserkraftanlage Umbau, Reaktivierung.**

<b>Basisdaten</b>	Elektrische Leistung	50 kW
	Spezifische Investitionskosten	2.000 €/kW
	Investitionskosten ( $I_0$ )	100.000 €
	Volllaststunden	5.000 h
	Strombereitstellung	250 MWh/a
	Wartung und Reparatur	1,8 % von $I_0$
	Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5 % von $I_0$
	Sonstige variable Kosten	3,5 €/MWh
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	8.718 €/a
	Betriebskosten	3.175 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	11.893 €/a

**Tab. A-12: Solarthermische Anlage.**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	32 kW
	Kollektorfläche	45 m <sup>2</sup>
	Spezifische Investitionskosten	750 €/m <sup>2</sup>
	Investitionskosten ( $I_0$ )	33.750 €
	Spezifischer Wärmeertrag	370 kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Wärmebereitstellung	16,7 MWh/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	1,5 % von $I_0$
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	2.942 €/a
	Betriebskosten	506 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	3.449 €/a

**Tab. A-13: Biomasse-Heizwerk ohne Nahwärmenetz.**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	300 kW
	Spezifische Investitionskosten	500 €/kW
	Investitionskosten ( $I_0$ )	150.000 €
	Volllaststunden	1.800 h
	Wärmebereitstellung	540 MWh/a
	Brennstoffpreis (Holzhackschnitzel)	100 €/t
	Jahresnutzungsgrad	80 %
	Brennstoffbedarf	169 t/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	3 % von $I_0$
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	13.078 €/a
	Brennstoffkosten	17.110 €/a
	Betriebskosten	4.500 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	34.668 €/a

**Tab. A-14: 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	4.000 h
	Wärmebereitstellung	1.200 MWh/a
	Verluste Wärmenetz (15 %)	180 MWh/a
	Wärmenutzung	1.080 MWh/a
	Brennstoffpreis (Holzhackschnitzel)	100 €/t
	Jahresnutzungsgrad	80 %
	Brennstoffbedarf	375 t/a
	Wartung, Reparatur und Betrieb	4 % von $I_0$
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	35.964 €/a
	Brennstoffkosten	38.022 €/a
	Betriebskosten	16.500 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	90.486 €/a

**Tab. A-15: Geothermische Anlage (Wärmepumpe).**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	112 kW
	Elektrische Leistung	32 kW
	Spezifische Investitionskosten	1.000 €/kW <sub>th</sub>
	Investitionskosten ( $I_0$ )	112.000 €
	Volllaststunden	2.500 h
	Jahresarbeitszahl	3,5
	Wärmebereitstellung	280 MWh/a
	Strombedarf	80 MWh/a
	Strompreis	21 ct/kWh
	Jahresnutzungsgrad	80 %
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	9.765 €/a
	Betriebskosten (Strom)	16.794 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	26.559 €/a

**Tab. A-16: Geothermische Anlage (Tiefengeothermie).**

<b>Basisdaten</b>	Thermische Leistung	1 MW
	Spezifische Investitionskosten	3.000 €/kW
	Investitionskosten ( $I_0$ )	3.000.000 €
	Volllaststunden	2.000 h
	Wärmebereitstellung	2.000 MWh/a
	Betriebskosten	95 €/(kW <sub>th</sub> a)
<b>Jahreskosten</b>	Kapitaldienst	261.554 €/a
	Betriebskosten	95.000 €/a
	Gesamte jährliche Kosten	356.554 €/a

## A3 Treibhausgaspotenziale

Tab. A-17 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-17: 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