



Evaluierung der inländischen KfW-Programme zur Förderung Erneuerbarer Energien in den Jahren 2013 und 2014

Gutachten im Auftrag der KfW Bankengruppe

Dezember 2015



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

Dr. Peter Bickel

E-Mail: Peter.Bickel@zsw-bw.de

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

Tobias Kelm

E-Mail: Tobias.Kelm@zsw-bw.de

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

Unterauftragnehmer:

Dr. Dietmar Edler, Berlin – Ermittlung der Bruttobeschäftigung

Stuttgart, den 21. Dezember 2015

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis	XI
Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger.....	XIII
Abstract for Political Decision Makers.....	XV
1 Einführung	1
2 Überblick über die geförderten Vorhaben.....	3
2.1 Förderprogramme	3
2.2 Datengrundlage Förderjahrgänge 2013 und 2014	5
3 Wirkungen durch geförderte Anlagen in Deutschland.....	7
3.1 Investitionsvolumen und geförderte Leistung	7
3.1.1 Ausgelöstes Investitionsvolumen	7
3.1.2 Geförderte Leistung	11
3.1.3 Vergleich der Förderjahrgänge 2013 und 2014	15
3.2 Einsparung fossiler Energieträger	16
3.2.1 Einsparung fossiler Energieträger und vermiedene Energieimporte	16
3.2.2 Vergleich der Förderjahrgänge 2013 und 2014	22
3.3 Vermiedene Emissionen und vermiedene externe Kosten	23
3.3.1 Vermiedene Treibhausgasemissionen	23
3.3.2 Vermiedene Luftschadstoffemissionen.....	26
3.3.3 Vermiedene externe Kosten.....	28
3.3.4 Vergleich der Förderjahrgänge 2013 und 2014	33
3.4 Bruttobeschäftigungseffekte in Deutschland.....	35
3.4.1 Eingangsdaten	36
3.4.2 Ergebnisse.....	37
3.4.3 Vergleich der Förderjahrgänge 2013 und 2014	40
4 Wirkungen durch geförderte Anlagen im Ausland.....	42
4.1 Investitionsvolumen und geförderte Leistung	42
4.1.1 Ausgelöstes Investitionsvolumen und geförderte Leistung	42
4.1.2 Vergleich der Förderjahrgänge 2013 und 2014	43
4.2 Vermiedene Treibhausgasemissionen	44
Literaturverzeichnis.....	46
Anhang.....	49
A.1 Ermittlung der Einsparung fossiler Energieträger durch geförderte Anlagen mit Standort in Deutschland	49
A.2 Ermittlung vermiedener Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen für geförderte Anlagen mit Standort in Deutschland	54
A.3 Ermittlung vermiedener Treibhausgasemissionen für geförderte Anlagen mit Standort im Ausland	56

A.4	Bewertung externer Kosten durch Emission von Treibhausgasen und Luftschadstoffen.....	58
A.5	Referenzanlagen.....	60
A.6	Energiepreise.....	67
A.7	Ermittlung von Bruttobeschäftigungseffekten in Deutschland.....	68

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Von der KfW in Deutschland geförderte elektrische Leistung nach Technologien.	15
Abbildung 2: Struktur des Primärenergieverbrauchs, der Bruttostromerzeugung sowie des Endenergieverbrauchs zur Wärmebereitstellung in Deutschland.....	16
Abbildung 3: Jährliche Einsparung fossiler Brennstoffe (Primärenergie) der von der KfW geförderten Vorhaben 2013 und 2014 nach Technologien (ohne geförderte Anlagen im Ausland).....	22
Abbildung 4: Vergleich der CO ₂ - und Treibhausgaseinsparung der Förderjahrgänge 2013 und 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland)	33
Abbildung 5: Vergleich der jährlich vermiedenen externen Kosten der Förderjahrgänge 2013 und 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland)	34
Abbildung 6: Durch die 2013 und 2014 getätigten Investitionen in KfW-geförderte Anlagen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.....	41
Abbildung 7: Durch den Betrieb von im Jahr 2013 und 2014 KfW-geförderten Anlagen in Deutschland ausgelöste Beschäftigung über einen Zeitraum von 20 Jahren.....	41
Abbildung 8: In den Jahren 2013 und 2014 im Ausland durch das KfW-Programm Erneuerbare Energien „Standard“ gefördertes Investitionsvolumen.	43
Abbildung 9: Der Wirkungspfadansatz zur Berechnung externer Umweltkosten.....	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2013 und 2014.....	3
Tabelle 2:	Darlehenszusagen, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm für das Förderjahr 2013.	5
Tabelle 3:	Darlehenszusagen, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm für das Förderjahr 2014.	5
Tabelle 4:	Mittelwerte der spezifischen Investitionskosten für die plausiblen Datensätze (eigene Berechnungen).....	6
Tabelle 5:	Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2013 in Deutschland unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck.....	7
Tabelle 6:	Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2014 in Deutschland unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck.....	8
Tabelle 7:	Im Rahmen der KfW-Programme in Deutschland geförderte Investitionen in Erneuerbare Energien im Vergleich zu den Gesamtinvestitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland für das Förderjahr 2013.....	9
Tabelle 8:	Im Rahmen der KfW-Programme in Deutschland geförderte Investitionen in Erneuerbare Energien im Vergleich zu den Gesamtinvestitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland für das Förderjahr 2014.....	10
Tabelle 9:	In Deutschland geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Förderjahrgang 2013 im Vergleich zu den 2013 insgesamt in Deutschland zugebauten Leistungen.	11
Tabelle 10:	in Deutschland geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Förderjahrgang 2014 im Vergleich zu den 2014 insgesamt in Deutschland zugebauten Leistungen.	12
Tabelle 11:	2013 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte elektrische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.	13
Tabelle 12:	2013 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte thermische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.	14
Tabelle 13:	2014 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte elektrische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.	14

Tabelle 14:	2014 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte thermische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.	14
Tabelle 15:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).....	17
Tabelle 16:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).....	17
Tabelle 17:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologien für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	18
Tabelle 18:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologien für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	19
Tabelle 19:	Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Brennstoffe für den Förderjahrgang 2013.	20
Tabelle 20:	Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Brennstoffe für den Förderjahrgang 2014.	20
Tabelle 21:	Vermiedene jährliche Kosten für importierte fossile Brennstoffe nach Förderprogramm für den Förderjahrgang 2013.	21
Tabelle 22:	Vermiedene jährliche Kosten für importierte fossile Brennstoffe nach Förderprogramm für den Förderjahrgang 2014.	21
Tabelle 23:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).....	24
Tabelle 24:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).....	24
Tabelle 25:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	24
Tabelle 26:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	25
Tabelle 27:	Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).....	26
Tabelle 28:	Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	27
Tabelle 29:	Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).....	27
Tabelle 30:	Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	28

Tabelle 31:	Verwendete Wertansätze zur Ermittlung der vermiedenen Schadenskosten.....	29
Tabelle 32:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Substanzen für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	30
Tabelle 33:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Substanzen für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	30
Tabelle 34:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).....	31
Tabelle 35:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Förderprogrammen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).....	32
Tabelle 36:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).....	32
Tabelle 37:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Förderprogrammen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).....	33
Tabelle 38:	Aus KfW-geförderten Anlagen resultierende im Inland wirksame Nachfrage durch Investitionen.....	36
Tabelle 39:	Durch im Jahr 2013 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.	38
Tabelle 40:	Durch im Jahr 2014 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.	39
Tabelle 41:	Durch KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland nach Förderprogrammen.....	39
Tabelle 42:	Im Jahr 2013 durch das KfW-Programm Erneuerbare Energien „Standard“ im Ausland gefördertes Investitionsvolumen und elektrische Leistung nach Verwendungszweck und Land.	42
Tabelle 43:	Im Jahr 2014 durch das KfW-Programm Erneuerbare Energien „Standard“ im Ausland gefördertes Investitionsvolumen und elektrische Leistung nach Verwendungszweck und Land.	43
Tabelle 44:	Vermiedene Treibhausgasemissionen (CO ₂ -Äquivalente) für geförderte Anlagen mit Standort im Ausland nach Ländern und Verwendungszweck für das Förderjahr 2013.....	44
Tabelle 45:	Vermiedene Treibhausgasemissionen (CO ₂ -Äquivalente) für geförderte Anlagen mit Standort im Ausland nach Ländern und Verwendungszweck für das Förderjahr 2014.....	45

Tabelle 46:	Substitution konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien - Bezugsjahr 2014.	50
Tabelle 47:	Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Strom - Bezugsjahr 2014.....	51
Tabelle 48:	Substitution konventioneller Energieträger durch die Wärmeerzeugung mit Erneuerbaren Energien - Bezugsjahr 2014.	52
Tabelle 49:	Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Wärme – Bezugsjahr 2014.....	52
Tabelle 50:	Relatives Treibhauspotenzial von Treibhausgasen (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) bzw. Versauerungspotenzial (SO ₂ , NO _x) von Säurebildnern.....	54
Tabelle 51:	Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffemissionen für die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien – Bezugsjahr 2014.....	55
Tabelle 52:	Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffemissionen für die Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien – Bezugsjahr 2014.	55
Tabelle 53:	Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen CO ₂ -Äquivalente für Anlagen mit Standort im Ausland (Lebenszyklusansatz).....	56
Tabelle 54:	Parameter zur Berechnung der Photovoltaikanlagen bis 100 kW _p	64
Tabelle 55:	Parameter zur Berechnung der Photovoltaikanlagen von 101 bis 1.000 kW _p	64
Tabelle 56:	Parameter zur Berechnung der Photovoltaikanlagen über 1.000 kW _p	64
Tabelle 57:	Parameter zur Berechnung der Windenergieanlagen (onshore).....	64
Tabelle 58:	Parameter zur Berechnung der Windenergieanlagen (offshore).....	64
Tabelle 59:	Parameter zur Berechnung der Biomasse-Heizkraftwerke.	65
Tabelle 60:	Parameter zur Berechnung der Biogasanlagen.....	65
Tabelle 61:	Parameter zur Berechnung der Wasserkraftanlagen.....	65
Tabelle 62:	Parameter zur Berechnung der solarthermischen Anlagen.	65
Tabelle 63:	Parameter zur Berechnung der Biogasleitungen.....	65
Tabelle 64:	Parameter zur Berechnung der Wärmenetze mit Wärmeeinspeisung aus einem Holzheizwerk.....	65
Tabelle 65:	Parameter zur Berechnung der Wärmenetze mit Wärmeeinspeisung aus einer Biogasanlage.	66
Tabelle 66:	Parameter zur Berechnung der Biomasse-Heizwerke (ohne Nahwärmenetz).....	66
Tabelle 67:	Parameter zur Berechnung der Biomasse-Heizwerke (mit Nahwärmenetz).....	66

Tabelle 68:	Angesetzte Grenzübergangspreise (Importpreise) für fossile Energieträger, reale Preis in € ₂₀₁₁	67
Tabelle 69:	Übersicht über die angesetzten Energiepreise (Annuitäten, Preisbasis 2014) in € ₂₀₁₄ /GWh	67

Abkürzungsverzeichnis

AGEE-Stat	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien - Statistik
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
CCS	Carbon Capture and Storage
CH ₄	Methan
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
EE	Erneuerbare Energien
EE Premium	KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Premium“
EE Speicher	KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Speicher“
EE Standard	KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Standard“
EEG	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien – Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich – Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz
EJ	Exajoule (10 ¹⁸ Joule)
FJ	Förderjahr
GW	Gigawatt (10 ⁹ Watt)
HW	Heizwerk
HKW	Heizkraftwerk
IEKP	Integriertes Energie- und Klimaprogramm
KfW	KfW Bankengruppe
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
kW	Kilowatt (10 ³ Watt)
kW _{el} / MW _{el}	elektrische Leistung
kWh _{Prim}	Primärenergie
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kW _p / MW _p	Nennleistung einer Solaranlage unter Standardtestbedingungen
kW _{th} / MW _{th}	thermische Leistung
Mio.	Millionen
MW	Megawatt (10 ⁶ Watt)
N ₂ O	Distickstoffoxid (Lachgas)
NMVOC	Non-methane volatile organic compounds (flüchtige organische Verbindungen außer Methan)
NO _x	Stickoxide

PJ	Petajoule (10^{15} Joule)
PM ₁₀	Feinstaub („particulate matter“) mit einem aerodynamischen Partikeldurchmesser kleiner als 10 μm
PV	Photovoltaik
SO ₂	Schwefeldioxid
t	Tonnen
TJ	Terajoule (10^{12} Joule)
UBA	Umweltbundesamt

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

Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

In den Jahren 2013 und 2014 setzte sich der Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE) in Deutschland weiter fort (vgl. BMWi 2015b): Ausgehend von einem Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch von 23,7 % im Jahr 2012 wuchs dieser Anteil 2013 auf 25,2 % und auf 27,4 % im Jahr 2014. Damit sind mittlerweile die Erneuerbaren Energien zur wichtigsten Stromquelle in Deutschland geworden.

Die auf dem Energiekonzept der Bundesregierung vom 28. September 2010 sowie auf den Beschlüssen des Bundeskabinetts vom Juni 2011 basierende Zielarchitektur für die Energiewende in Deutschland sieht vor, bis 2050 mindestens 60 % des Bruttoendenergieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen zu decken, mit einem Anteil von mindestens 80 % bei der Stromversorgung. In Verbindung mit anspruchsvollen Energieeffizienzzielen soll es dadurch möglich sein, die Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 1990 um 80 bis 95 % zu mindern. Kurzfristig, d.h. bis zum Jahr 2020, sollen mindestens 18 % des Endenergieverbrauchs und mindestens 35 % des Stromverbrauchs aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden. Die Treibhausgasemissionen sollen um 40 % gesenkt werden.

Ein wichtiges Element, um die anspruchsvollen EE-Ausbauziele zu erreichen, sind die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe, die zinsgünstige Darlehen für Investitionen in die Nutzung erneuerbarer Energiequellen zur Verfügung stellt. Um deren Bedeutung und Effektivität in den Förderjahrgängen 2013 und 2014 zu überprüfen, wurden in der vorliegenden Studie zum siebten Mal die von diesen Förderprogrammen ausgehenden Effekte in den Bereichen Treibhausgasminderung, Einsparung fossiler Energieträger und damit vermiedener Importe an fossilen Energieträgern, Beschäftigungseffekte sowie vermiedene externe Kosten durch die Reduktion von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen ermittelt. Erstmals wurden auch im Ausland geförderte Anlagen in die Evaluierung einbezogen, für die das ausgelöste Investitionsvolumen, die geförderte Leistung sowie die vermiedenen Treibhausgasemissionen ermittelt wurden.

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sind:

- Mittels KfW-Förderkrediten wurden in den Jahren 2013 und 2014 Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Höhe von 8,0 bzw. 6,4 Mrd. € ausgelöst (davon 1,0 bzw. 1,9 Mrd. € durch Anlagen im Ausland). Rechnerisch wurden 42,3 % bzw. 33,5 % aller in Deutschland in den Jahren 2013 und 2014 getätigten Investitionen in den Ausbau Erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung durch KfW-Programme mitfinanziert (ohne Berücksichtigung von Windenergie auf See).

- Die Bedeutung der KfW-Programme für den Ausbau der Erneuerbaren Energien zeigt sich vor allem im Strombereich deutlich: 44 % der insgesamt in den Jahren 2013 und 2014 in Deutschland zugebauten elektrischen Leistung wurde durch die KfW gefördert (ohne Berücksichtigung von Windenergie auf See). Mit 62 % besonders hoch ist dabei der Anteil bei Windenergieanlagen an Land.
- Die KfW-Förderung führt nach Inbetriebnahme aller im Jahr 2013 und 2014 geförderten Anlagen zu vermiedenen Energieimporten in Deutschland im Gegenwert von insgesamt jährlich rund 520 Mio. €. Dies entspricht rund 10,4 Mrd. € über die gesamte Laufzeit der Anlagen von 20 Jahren.
- Als Folge der Substitution fossiler Energieträger ist mit der Nutzung der im Jahr 2013 und 2014 geförderten EE-Anlagen mit Standort in Deutschland eine jährliche Emissionsvermeidung von insgesamt rund 9,5 Mio. t CO₂-Äquivalenten (davon 8,8 Mio. t CO₂) verbunden. Durch die im selben Zeitraum geförderten Anlagen mit Standort im Ausland werden jährlich weitere 0,8 Mio. t CO₂-Äquivalente vermieden.
- Durch eingesparte Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen können über die Nutzungsdauer aller im Jahr 2013 und 2014 in Deutschland geförderten EE-Anlagen externe Kosten in Höhe von zusammen jährlich rund 950 Mio. € vermieden werden. Rund 85 % der vermiedenen externen Kosten entfallen auf die vermiedenen Schäden des Klimawandels.
- Durch Produktion und Bau der im Jahr 2013 und 2014 geförderten und errichteten EE-Anlagen konnten insgesamt rund 100.000 Arbeitsplätze in Deutschland für ein Jahr gesichert bzw. neu geschaffen werden, durch Betrieb und Wartung dieser Anlagen finden 20 Jahre lang weitere rund 3.500 Personen jährlich Beschäftigung. Zusätzlich werden durch die Erstellung der geförderten Windenergieanlagen auf See in den Folgejahren rund 15.400 Arbeitsplätze für ein Jahr gesichert bzw. neu geschaffen, sowie nach deren Inbetriebnahme jährlich weitere 370 Arbeitsplätze.
- Gut 74 % der durch Bau und Betrieb der in den Jahren 2013 und 2014 erstellten Anlagen gewonnenen Arbeitsplätze sind in kleinen und mittleren Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten entstanden, rund 34 % der Arbeitsplätze entfallen auf Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten.

Abstract for Political Decision Makers

In the years 2013 and 2014 renewable energy sources (RES) continued to increase their share in Germany's energy provision (cf. BMWi 2015b): In 2012 RES already contributed 23.7 % to the electricity consumption. This share increased to 25.2 % in 2013 and 27.4 % in 2014, and as a consequence RES have become the most important source of electricity production.

The targets set for reaching the German Energiewende are based on the German Federal Government's long-term strategy for future energy supply, according to which at least 60 % of final energy consumption and 80 % of electricity consumption ought to be covered with renewable energies by the year 2050. In combination with challenging energy efficiency targets greenhouse gas emissions are to be cut by 80 to 95 % in relation to the base year 1990. By the year 2020 18 % of final energy consumption and at least 35 % of electricity consumption are to be covered with renewable energy sources. Greenhouse gas emissions ought to be cut by 40 % compared to the year 1990.

The national renewable energy promotional activities of KfW Bankengruppe represent an important building block for reaching the targets for renewable energy use described above. In order to review their effectiveness and significance within the years 2013 and 2014 the present study investigated the resulting reductions in emissions of greenhouse gases and air pollutants, external costs, fossil fuel consumption and associated fossil fuel imports. Furthermore, impacts on employment were quantified. In addition, plants built abroad were considered, covering investment volume, capacity installed and greenhouse gas emissions avoided.

The most important results at a glance:

- In the years 2013 and 2014 the KfW promotional programmes supported a total investment in the construction of plants for using renewable energies of € 8,000 million and € 6,400 million respectively (of which € 1,000 million and € 1,900 million in plants abroad). This represents shares of 42.3 % and 33.5 % respectively of the total investment in such plants in Germany in 2013 and 2014 (without considering offshore wind energy plants).
- The KfW programmes considered are particularly important for renewable electricity production: In terms of electrical power 44 % of the renewable plants installed in Germany in the years 2013 and 2014 were financed through KfW programmes (excluding offshore wind energy plants). For onshore wind turbines the average share amounted to 62 %.
- Promotional activities conducted in 2013 and 2014 reduce energy imports by approximately € 520 million per annum. This cumulates to € 10,400 million over the plants' lifetime of 20 years.

- The plants built in Germany and financed by KfW in 2013 and 2014 lead to a reduction of approximately 9.5 million tonnes of CO₂ equivalent (of which 8.8 million tonnes CO₂) per annum. The plants with KfW-support built abroad reduce another 0.8 million tonnes of CO₂ equivalent annually.
- Avoiding greenhouse gas and air pollutant emissions in Germany reduces external costs by approx. € 950 million a year (for both years considered), 85 % of which refer to climate change effects.
- Manufacturing and construction of the plants built in 2013 and 2014 correspond to approx. 100,000 jobs created or preserved in Germany. A further 3,500 jobs per annum result from the operation and maintenance of the plants for the assumed 20 years of operation. Offshore wind energy turbines, whose building stretches over a longer time period than other projects, contributes further 15,400 jobs during the construction phase and annually 370 jobs for plant operation.
- Small and medium-sized enterprises with less than 500 employees account for approx. 74 % of the jobs generated by the construction and operation of plants built in the years 2013 and 2014, approx. 34 % of jobs were created in small enterprises with less than 50 employees.

1 Einführung

In den Jahren 2013 und 2014 setzte sich der Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE) in Deutschland weiter fort (vgl. BMWi 2015b): Ausgehend von einem Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch von 23,7 % im Jahr 2012 wuchs dieser Anteil 2013 auf 25,2 % und auf 27,4 % im Jahr 2014. Damit sind mittlerweile die Erneuerbaren Energien zur wichtigsten Stromquelle in Deutschland geworden. Auf Grund der in den letzten Novellen des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) – zuletzt in der Novelle von 2014 – vorgenommenen erheblichen Kürzungen in der Förderung neuer Photovoltaik- und Biogasanlagen verschob sich der Schwerpunkt des Anlagenzubaus hin zur Windenergie.

Der Anteil der Erneuerbaren Energien am gesamten Bruttoendenergieverbrauch (Strom, Wärme, Kraftstoffe) hat mit 13,2 % 2013 und 13,5 % 2014 gegenüber 12,8 % im Jahr 2012 leicht zugelegt. Die Zielarchitektur für die Energiewende der Bundesregierung basiert auf dem Energiekonzept der Bundesregierung vom 28. September 2010 sowie auf den Beschlüssen des Bundeskabinetts vom Juni 2011. Bis 2050 sollen mindestens 60 % des Bruttoendenergieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden, mit einem Anteil von mindestens 80 % bei der Stromversorgung. In Verbindung mit anspruchsvollen Energieeffizienzzielen soll es dadurch möglich sein, die Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 1990 um 80 bis 95 % zu mindern. Kurzfristig, d.h. bis zum Jahr 2020, sollen mindestens 18 % des Endenergieverbrauchs und mindestens 35 % des Stromverbrauchs aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden. Die Treibhausgasemissionen sollen um 40 % gesenkt werden.

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

Gegenstand der in diesem Bericht dargestellten Arbeiten ist die umfassende Evaluierung der Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe im Bereich der Erneuerbaren Energien (Strom und Wärme) für die Förderjahrgänge 2013 und 2014. Hierfür werden die durch die geförderten Investitionen ausgelösten Effekte in den Bereichen Einsparung fossiler Energieträger und damit vermiedene Importe an fossilen Energieträgern, vermiedene Emissionen und dadurch vermiedene externe Kosten sowie Beschäftigungseffekte ermittelt. Im Einzelnen werden folgende Wirkungen berechnet:

- Einsparung fossiler Energieträger (jährliche Primärenergieeinsparung nach Energieträgern),
- vermiedene Importe an fossilen Energieträgern; monetäre Bewertung,

- Minderung von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen: jährliche Vermeidung von Treibhausgasen (CO_2 , CH_4 , N_2O sowie das daraus ermittelte CO_2 -Äquivalent), Säurebildnern (SO_2 , NO_x sowie das daraus ermittelte SO_2 -Äquivalent), Vorläuferstoffen für bodennahes Ozon (NMVOC) sowie Feinstaub,
- monetäre Bewertung der durch die Minderung von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen vermiedenen externen Kosten: Verteilung nach Technologien und Schadenskategorien,
- Arbeitsplatzeffekte: Bruttobeschäftigungseffekte in Deutschland in den Sektoren Anlagenbau und Betrieb von Anlagen (p.a. und über die ganze Lebensdauer der Maßnahme). Ausweisung der direkten und indirekten Beschäftigungseffekte sowie der Anteile Beschäftigter in kleinen und mittleren Unternehmen.

Das folgende Kapitel 2 gibt einen Überblick über die geförderten Vorhaben. In Kapitel 3 werden für geförderte Anlagen mit Standort in Deutschland das ausgelöste Investitionsvolumen und die geförderte Leistung ermittelt sowie die damit einhergehenden Wirkungen berechnet.

Erstmals wurden auch im Ausland geförderte Anlagen in die Evaluierung einbezogen. Das durch den Bau dieser Anlagen ausgelöste Investitionsvolumen, die geförderte Leistung sowie die vermiedenen Treibhausgasemissionen sind Gegenstand von Kapitel 4.

2 Überblick über die geförderten Vorhaben

2.1 Förderprogramme

In den betrachteten Jahren 2013 und 2014 förderte die KfW Investitionen in Erneuerbare Energien über die folgenden Programme, deren Fördergegenstände Tabelle 1 zeigt (in Klammern jeweils das in dieser Evaluierung verwendete Kürzel):

- KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Standard“ (EE Standard),
- KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Premium“ (EE Premium, Teil des Marktanzreizprogramms des Bundes),
- KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil „Speicher“ (EE Speicher),
- KfW-Programm Offshore-Windenergie (Offshore).

Tabelle 1: Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2013 und 2014.

	KfW-Programm Erneuerbare Energien			KfW-Programm Offshore-Windenergie
	Standard	Premium	Speicher	
Programmnummer	270, 274	271, 272, 281, 282	275	273
Hier berücksichtigte Fördermaßnahmen	Errichtung, Erweiterung oder Erwerb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung und Strom- und Wärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen	Nach den BMWi-Richtlinien förderfähige Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Wärmemarkt: große Solarkollektoranlagen, Biomasseanlagen zur Verbrennung fester Biomasse für die thermische Nutzung, streng wärmegeführte KWK-Biomasseanlagen, Wärmenetze, große Wärmespeicher, Biogasleitungen, große effiziente Wärmepumpen, Anlagen zur Erschließung und Nutzung der Tiefengeothermie	Errichtung von stationären Batteriespeichersystemen in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage	Errichtung von bis zu 10 Offshore-Windparks in der Ausschließlichen Wirtschaftszone oder der 12-Seemeilen-Zone der Nord- und Ostsee
Kredithöchstbetrag	maximal 25 Mio. € pro Vorhaben	i.d.R. maximal 10 Mio. € pro Vorhaben	bis zu 100 % der förderfähigen Nettoinvestitionskosten	maximal 800 Mio. € pro Projekt
Anmerkung zur Programmlaufzeit	Programmstart: 01.01.2009	Programmstart: 01.01.2009	Programmstart: 01.05.2013	Programmstart: 08.06.2011

Im Programmteil „Standard“ des KfW-Programms Erneuerbare Energien wird die Nutzung Erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Strom bzw. Strom und Wärme gefördert, im Programmteil „Premium“ werden im Auftrag des Bundes bestimmte Maßnahmen zur

Nutzung Erneuerbarer Energien im Wärmemarkt unterstützt. Im Rahmen des im Mai 2013 gestarteten Programmteils „Speicher“ werden stationäre Batteriespeichersysteme in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage gefördert. Mit dem im Juni 2011 gestarteten KfW-Programm „Offshore-Windenergie“ sollen insgesamt bis zu 10 Offshore-Windparks mit Krediten bis jeweils maximal 800 Mio. € gefördert werden.

Tabelle 2 und Tabelle 3 geben einen Überblick über den Umfang der erteilten Kreditzusagen zur Finanzierung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in den betrachteten Programmen in den Jahren 2013 und 2014. Im Rahmen des Programmteils „Standard“ wurden neben Anlagen im Inland auch Anlagen im Ausland gefördert. Genauere Angaben zu diesen Anlagen finden sich in Kapitel 4.

Insgesamt wurden im Förderjahr 2013 ca. 16.000 und im Jahr 2014 rund 13.000 Darlehen gewährt. Damit setzte sich der rückläufige Trend bei der Anzahl der Zusagen im Vergleich zu den Vorjahren (Zahl der Zusagen 2012: 28.000, 2011: 38.000) weiter fort. Zurückzuführen ist dieser Rückgang auf die Verlagerung von vielen kleineren auf weniger größere Investitionsvorhaben im Programmteil EE Standard, insbesondere im Förderbereich Photovoltaik. In diesem Bereich führte der Markteinbruch im Segment der Dachanlagen zu einem starken Rückgang der Anträge für entsprechende Anlagen mit der Folge, dass sich in diesem Programmteil im Jahresvergleich 2013/2014 das Investitionsvolumen je Darlehen mehr als verdoppelte. Beschränkt man den Vergleich allerdings auf die im Inland geförderten Anlagen, so betrug der Zuwachs des mittleren Investitionsvolumens moderatere 72 %, nachdem es von 2012 auf 2013 um ein Drittel und von 2011 auf 2012 um 70 % gewachsen war. Das insgesamt von der KfW zugesagte Darlehensvolumen sank 2014 im Vergleich zum Vorjahr von 4,9 auf 4,1 Mrd. €, das geförderte Investitionsvolumen sank von 8,0 auf 6,4 Mrd. €. Der Rückgang des geförderten Investitionsvolumens ist im Wesentlichen auf das Ausbleiben von Zusagen im Programm Offshore im Jahr 2014 zurückzuführen. Betrachtet man allein das KfW-Programm Erneuerbare Energien (Standard, Premium, Speicher), so ist das geförderte Investitionsvolumen lediglich leicht von 6,7 Mrd. € in 2013 auf 6,4 Mrd. € in 2014 gesunken. Hervorzuheben ist demgegenüber die Entwicklung der im Ausland geförderten Anlagen: Die geförderten Investitionen in diesem Bereich nahmen von 1,0 Mrd. € im Jahr 2013 auf 1,9 Mrd. € im Jahr 2014 zu.

Tabelle 2: Darlehenszusagen, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm für das Förderjahr 2013.

Förderjahr 2013	EE Standard	EE Premium	EE Speicher	Offshore	Alle Programme
Darlehenszusagen	10.621	2.689	2.729	2	16.041
Darlehensvolumen (Mio. €)	4.340,6 ²⁾	280,9	45,0	193,8	4.860,4²⁾
Investitionsvolumen (Mio. €)¹⁾	6.228,3 ³⁾	395,6	65,7	1.285,4	7.975,0³⁾
Mittleres Investitionsvolumen je Darlehen (€)¹⁾	586.410	147.129	24.087	642,7 Mio.	497.165

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ exkl. Mehrwertsteuer.

²⁾ Davon Anlagen im Ausland 749,9 Mio. € - vgl. auch Kapitel 4.1.

³⁾ Davon Anlagen im Ausland 992,3 Mio. € - vgl. auch Kapitel 4.1.

Tabelle 3: Darlehenszusagen, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm für das Förderjahr 2014.

Förderjahr 2014	EE Standard	EE Premium	EE Speicher	Offshore	Alle Programme
Darlehenszusagen	4.805	2.595	5.561	-	12.961
Darlehensvolumen (Mio. €)	3.785,9 ²⁾	233,9	88,9	-	4.108,7²⁾
Investitionsvolumen (Mio. €)¹⁾	5.909,1 ³⁾	377,8	127,6	-	6.414,5³⁾
Mittleres Investitionsvolumen je Darlehen (€)¹⁾	1.229.783	145.586	22.948	-	494.909

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ exkl. Mehrwertsteuer.

²⁾ Davon Anlagen im Ausland 1.001,3 Mio. € - vgl. auch Kapitel 4.1.

³⁾ Davon Anlagen im Ausland 1.885,8 Mio. € - vgl. auch Kapitel 4.1.

Die insgesamt im Jahr 2013 (2014) ausgelösten Investitionen in Höhe von 8,0 Mrd. € (6,4 Mrd. €) wurden zu 78 % (92 %) über den Programmteil Standard des KfW-Programms Erneuerbare Energien finanziert, in dem rund 6,2 Mrd. € (5,9 Mrd. €) Investitionen zu verzeichnen waren. Mit dem Programm „EE Premium“ wurden rund 396 Mio. € (378 Mio. €), mit „EE Speicher“ knapp 66 Mio. € (128 Mio. €) Investitionen angestoßen, was bei letzterem einer Verdopplung im Vergleich zum Vorjahr gleichkommt.

2.2 Datengrundlage Förderjahrgänge 2013 und 2014

Für die Förderjahrgänge 2013 und 2014 stellte die KfW für jeden Kreditantrag aus den genannten Förderprogrammen folgende Informationen zur Verfügung:

- Verwendungszweck (Technologie, z.B. Solarthermie, Windkraft),
- Darlehensbetrag aufgeschlüsselt auf die einzelnen Programme,

- konsolidiertes Investitionsvolumen nach Förderprogramm,
- Rechtsform des Antragstellers und
- Bundesland, in dem das Investitionsvorhaben angemeldet wurde.

Für die Technologien Photovoltaik, Windkraft, Wasserkraft, Solarthermie, feste Biomasse, Biogas, Geothermie und Große Wärmepumpe liegen zusätzlich Angaben zur installierten Leistung, für Wärmenetze und Biogasleitungen die Trassenlänge, für Wärmespeicher das Volumen und für Anlagen zur Aufbereitung von Biogas deren Kapazität vor. Alle vorhandenen Anlagendaten der verschiedenen Technologien wurden hinsichtlich der Plausibilität der angegebenen Leistungen bzw. sonstiger technischer Angaben und Investitionskosten geprüft.

Auf Grund fehlender Daten zu Kapazität oder Leistung konnte für die geförderten PV-Stromspeicher nur eine sehr eingeschränkte Plausibilitätsprüfung durchgeführt werden. Weiterhin ergab sich die Schwierigkeit, dass für den Verwendungszweck „Neue PV-Anlage mit PV-Speicher“ keine Aufteilung der Investitionssumme auf PV-Anlage und Speicher vorlag. Um eine Zuordnung der Investitionen zu PV-Anlagen und Speichern vornehmen zu können, wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber für die PV-Anlagen geschätzte spezifische Investitionskosten in Höhe von 1.600 €/kW_p angesetzt. Die auf den Speicher entfallende Investitionssumme wurde als Differenz aus gesamter Investitionssumme abzüglich des Produkts aus installierter elektrischer Leistung und geschätzten spezifischen Investitionskosten der PV-Anlage ermittelt.

Tabelle 4: Mittelwerte der spezifischen Investitionskosten für die plausiblen Datensätze (eigene Berechnungen).

Technologie	Gerundete durchschnittliche spezifische Investitionskosten in €/kW _{el} (Strom) bzw. €/kW _{th} (Wärme) - exkl. MwSt		
	FJ 2013	FJ 2014	
Strom	Biogas (Stromerzeugung)	2.000	2.200
	Biomasse Heizkraftwerk	6.800	4.900
	Photovoltaik	1.170	1.200
	Wasserkraft	3.600	1.900
	Windenergie Onshore	1.580	1.670
Wärme	Solarthermie	1.240	1.100
	Biomasse	400	410
	Wärmenetze ¹⁾	290 €/Trassenmeter	270 €/Trassenmeter

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

Im Mittel ergeben sich für die einzelnen Förderjahre die in Tabelle 4 aufgeführten spezifischen Investitionskosten für die einzelnen Technologien. Wegen der geringen Anzahl geförderter Anlagen in den Bereichen Geothermie, Große Wärmepumpe und Windkraft auf See werden aus Datenschutzgründen keine Mittelwerte ausgewiesen.

3 Wirkungen durch geförderte Anlagen in Deutschland

3.1 Investitionsvolumen und geförderte Leistung

3.1.1 Ausgelöstes Investitionsvolumen

Tabelle 5 und Tabelle 6 zeigen das Volumen der durch KfW-Kreditprogramme in den Jahren 2013 und 2014 unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland. Auf Anlagen zur Stromerzeugung aus Windenergie an Land entfielen knapp 60 % bzw. 82 % des im jeweiligen Jahr geförderten Investitionsvolumens. Windenergieanlagen auf See erreichten im Jahr 2013 einen Anteil von über 18 %. Mit deutlichem Abstand folgten mit 14,6 % bzw. 7,6 % Photovoltaikanlagen, die bis 2012 die geförderten Investitionen klar dominiert hatten. Dieser signifikante Rückgang geht im Wesentlichen auf die reduzierte Förderung von Photovoltaikanlagen im Rahmen des EEG zurück. Durch die Reduzierung der Vergütung ging der Anlagenzubau insbesondere im Bereich der Freiflächenanlagen, in welchem die KfW in den Vorjahren mit ihren Finanzierungen stark engagiert gewesen war, erheblich zurück.

Tabelle 5: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2013 in Deutschland unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck.

Förderjahr 2013 (exkl. MwSt)	EE Standard		EE Premium		EE Speicher		Offshore		Summe	
	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%
Biogas¹⁾	36,1	0,7	22,6	5,7	-	-	-	-	58,7	0,8
Feste Biomasse	37,5	0,7	80,0	20,2	-	-	-	-	117,5	1,7
Geothermie	8,2	0,2	-	-	-	-	-	-	8,2	0,1
Große Wärmepumpe	-	-	1,2	0,3	-	-	-	-	1,2	0,0
Photovoltaik	982,5	18,8	-	-	34,1	51,8	-	-	1.016,6	14,6
Solarthermie	0,1	0,0	5,7	1,4	-	-	-	-	5,8	0,1
Wärmenetz	-	-	276,8	70,0	-	-	-	-	276,8	4,0
Wärmespeicher	0,0	0,0	9,3	2,3	-	-	-	-	9,3	0,1
Wasserkraft	12,0	0,2	-	-	-	-	-	-	12,0	0,2
Windenergie an Land	4.159,6	79,4	-	-	-	-	-	-	4.159,6	59,6
Windenergie auf See	-	-	-	-	-	-	1.285,4	100,0	1.285,4	18,4
Stromspeicher	-	-	-	-	31,7	48,2	-	-	31,7	0,5
Summe	5.236,0	100,0	395,6	100,0	65,7	100,0	1.285,4	100,0	6.982,7	100,0

¹⁾ Stromerzeugung mit Biogas, Biogasleitungen und -einspeisung.

Tabelle 6: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2014 in Deutschland unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck.

Förderjahr 2014 (exkl. MwSt)	EE Standard		EE Premium		EE Speicher		Offshore		Summe	
	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%
Biogas¹⁾	12,2	0,3	1,1	0,3	-	-	-	-	13,3	0,3
Feste Biomasse	3,6	0,1	84,0	22,2	-	-	-	-	87,6	1,9
Geothermie	-	-	49,7	13,2	-	-	-	-	49,7	1,1
Große Wärmepumpe	-	-	0,6	0,2	-	-	-	-	0,6	0,0
Photovoltaik	280,1	7,0	-	-	63,7	49,9	-	-	343,8	7,6
Solarthermie	0,02	0,0	9,7	2,6	-	-	-	-	9,7	0,2
Wärmenetz	-	-	224,8	59,5	-	-	-	-	224,8	5,0
Wärmespeicher	-	-	7,9	2,1	-	-	-	-	7,9	0,2
Wasserkraft	10,1	0,3	-	-	-	-	-	-	10,1	0,2
Windenergie an Land	3.717,2	92,4	-	-	-	-	-	-	3.717,2	82,1
Stromspeicher	-	-	-	-	63,9	50,1	-	-	63,9	1,4
Summe	4.023,3	100,0	377,8	100,0	127,6	100,0	-	-	4.528,7	100,0

¹⁾ Stromerzeugung mit Biogas und Biogasleitungen.

Die geförderten Investitionen in Windkraftanlagen an Land gingen 2014 im Vergleich zu 2013 um 11 % zurück, nachdem sie in den Vorjahren stark gewachsen waren (2013 ca. 23 %, 2012 ca. 57 %). Die Investitionen in Stromspeicher verdoppelten sich im Vorjahresvergleich, die in tiefe Geothermie nahmen um einen Faktor 6, die in Solarthermie um mehr als zwei Drittel zu. Biogasanlagen verzeichneten im Jahr 2014 mit -77 % nach -81 % im Jahr 2013 und -51 % im Jahr 2012 abermals einen dramatischen Einbruch der geförderten Investitionen, der auf die mit der EEG-Novelle am 1.1.2012 in Kraft getretenen Änderungen der EEG-Förderung zurückgeht, nach denen u.a. der Einsatz von Mais und Getreidekorn begrenzt sowie Mindestanforderungen in Bezug auf die Wärmenutzung eingeführt wurden. Ebenfalls bedingt durch Förderkürzungen im Rahmen der EEG-Novelle ging 2014 das geförderte Investitionsvolumen in Photovoltaikanlagen im Vergleich zu 2013 um 66 % zurück. Die übrigen Verwendungszwecke verzeichneten moderatere Rückgänge: Große Wärmepumpen (-53 %), Anlagen zur Nutzung fester Biomasse (-25 %), Wärmenetze (-19 %), Wasserkraftanlagen (-16 %) sowie Wärmespeicher (-15 %).

Im Jahr 2013 (2014) wurden in Deutschland rund 15,7 (18,9) Mrd. € in den Ausbau der Erneuerbaren Energien zur Strom- und Wärmebereitstellung investiert (BMW i 2015b). Mit den Förderkrediten der KfW wurden 2013 (2014) Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Höhe von insgesamt 7,0 (4,5) Mrd. € angestoßen. Verglichen mit den Gesamtinvestitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland in den jeweiligen Betrachtungsjahren hat die KfW damit im Jahr 2013 rechnerisch 44,5 % und im Jahr 2014 24,0 % aller in Deutschland getätigten Investitionen in den Ausbau der regenerativen Energien gefördert. Nimmt man die Investitionen in Windenergieanlagen

auf See von der Berechnung aus, weil zwischen Darlehenszusage der KfW und der Inbetriebnahme der Anlagen mehrere Jahre liegen können und die damit verbundenen Investitionen größtenteils erst in den Folgejahren in der öffentlichen Zubaustatistik Berücksichtigung finden, so beträgt der KfW-Anteil im Jahr 2013 42,3 % und im Jahr 2014 33,5 % (vgl. Tabelle 7 und Tabelle 8).

Tabelle 7: Im Rahmen der KfW-Programme in Deutschland geförderte Investitionen in Erneuerbare Energien im Vergleich zu den Gesamtinvestitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland (BMWi 2015b) für das Förderjahr 2013.

Förderjahr 2013	KfW-geförderte Investitionen [Mio. €]	Gesamtinvestitionen Deutschland [Mio. €]	Anteil KfW-Förderung [%]
Biomasse (Strom)	102,1	1.420	7,2
Biomasse (Wärme)	74,1	1.210	6,1
Geothermie	8,2	1.060 ¹⁾	0,8
Große Wärmepumpe	1,2	In Wert für Geothermie enthalten	k.A.
Photovoltaik	1.016,6	4.240	24,0
Solarthermie	5,8	890	0,6
Wasserkraft	12,0	250	4,8
Windenergie an Land	4.159,6	4.400	94,5
Wärmenetz	276,8	k.A.	k.A.
Wärmespeicher	9,3	k.A.	k.A.
Stromspeicher	31,7	k.A.	k.A.
Summe (ohne Windenergie auf See)²⁾	5.697,3	13.470	42,3³⁾
Nachrichtlich: Windenergie auf See	1.285,4	2.230	k.A.²⁾

¹⁾ Einschließlich Wärmepumpen.

²⁾ Der überwiegende Teil der von der KfW geförderten Windenergieanlagen auf See wird erst in den Folgejahren investitionswirksam und wird daher nicht in der Bundesstatistik der im Jahr 2013 getätigten Investitionen berücksichtigt. Aufgrund der großen zeitlichen Differenz zwischen Förderzusage und Inbetriebnahme der geförderten Anlagen wird hier von der Berücksichtigung des KfW-Anteils abgesehen.

³⁾ Bei Berücksichtigung von Windenergie auf See 44,5 %.

Im Vergleich zum Vorjahr sank im Förderjahrgang 2014 der Anteil KfW-geförderter Investitionen – ohne Berücksichtigung der Windenergie auf See – um knapp 9 Prozentpunkte. Der bei den Photovoltaikanlagen im Vorjahresvergleich von ca. 24 % auf knapp 15 % gesunkene Anteil der KfW-Förderung ist auf den bereits oben angesprochenen Rückgang im Bereich der Freiflächenanlagen zurückzuführen.

Tabelle 8: Im Rahmen der KfW-Programme in Deutschland geförderte Investitionen in Erneuerbare Energien im Vergleich zu den Gesamtinvestitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland (BMWi 2015b) für das Förderjahr 2014.

Förderjahr 2014	KfW-geförderte Investitionen [Mio. €]	Gesamtinvestitionen Deutschland [Mio. €]	Anteil KfW-Förderung [%]
Biomasse (Strom)	27,3	1.300	2,1
Biomasse (Wärme)	73,6	1.090	6,8
Geothermie	49,7	1.010 ¹⁾	4,9
Große Wärmepumpe	0,6	In Wert für Geothermie enthalten	k.A.
Photovoltaik	343,8	2.320	14,8
Solarthermie	9,7	780	1,2
Wasserkraft	10,1	110	9,2
Windenergie an Land	3.717,2	6.900	53,9
Wärmenetz	224,8	k.A.	k.A.
Wärmespeicher	7,9	k.A.	k.A.
Stromspeicher	63,9	k.A.	k.A.
Summe (ohne Windenergie auf See)	4.528,7	13.510	33,5²⁾
Nachrichtlich: Windenergie auf See	-	5.390	k.A.

¹⁾ Einschließlich Wärmepumpen.

²⁾ Bei Berücksichtigung von Windenergie auf See 24,0 %.

Ein Grund für den insgesamt rückläufigen Anteil der KfW-Förderung an den Gesamtinvestitionen im Förderjahr 2014 dürfte darin liegen, dass nicht nur kleine PV-Anlagen, sondern auch andere Erneuerbare-Energien-Anlagen zunehmend mit einem geringeren Fremdfinanzierungsanteil realisiert werden. Lediglich bei der Windenergie an Land erreicht die KfW-Förderung im Jahr 2014 einen Anteil über 50 %. Bei den übrigen Verwendungszwecken bewegten sich die Anteile an den Gesamtinvestitionen, soweit sie hier erfasst werden können, zwischen rund 1 % und 15 %. Im Wärmebereich (Biomasse und Solarthermie) erfolgt im Wesentlichen eine Förderung über den BAFA-Teil des Marktanzreizprogramms des Bundes (kleine Solaranlagen, Biomasseheizungen und Wärmepumpen). Im Bereich der Biomasse werden zudem viele Anlagen auch ohne eine Förderung bzw. Fördernotwendigkeit errichtet (beispielsweise Kaminöfen). Detaillierte Angaben zu den Investitionen in Wärmenetze und Wärmespeicher sind auf Bundesebene nicht verfügbar. Es kann jedoch angesetzt werden, dass die in BMWi (2015b) ausgewiesenen Investitionen in Anlagen zur Wärmebereitstellung sowohl Wärmenetze als auch Wärmespeicher enthalten.

3.1.2 Geförderte Leistung

Die bereits im Hinblick auf die Investitionen beobachteten Anteile der KfW-Förderung im Bereich Erneuerbare Energien (vgl. Tabelle 7, Tabelle 8) finden sich in etwa auch beim Blick auf die geförderten Anlagenleistungen im Vergleich zur neu installierten Leistung in Deutschland (vgl. Tabelle 9, Tabelle 10).

Tabelle 9: In Deutschland geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Förderjahrgang 2013 im Vergleich zu den 2013 insgesamt in Deutschland zugebauten Leistungen (BMWi 2015b, DEWI 2015, BDH & BSW 2015).

Förderjahr 2013	Verwendungszweck	Geförderte Leistung in MW _{el} bzw. MW _{th}	In Deutschland zugebaute Leistung in MW _{el} bzw. MW _{th}	Anteil der KfW-geförderten Anlagen am Zubau in Deutschland
Strom ¹⁾	Windenergie an Land	2.625,9	2.997	88%
	Photovoltaik	858,5	3.304	26%
	Wasserkraft	3,3	108	3%
	Biogas ²⁾	16,9	250	7%
	Feste Biomasse	6,4	39	16%
	Summe (ohne Winden. auf See)³⁾	3.511,0	6.698	52%⁴⁾
	Nachr.: Windenergie auf See	288	595	k.A. ³⁾
Wärme ⁵⁾	Solarthermie ⁶⁾	4,6	728	0,6%
	Feste Biomasse	186,1	k.A.	k.A.
	Große Wärmepumpe	0,9	k.A.	k.A.
	Summe	191,7	k.A.	k.A.
Wärmenetze (Trassenlänge)		971,1 km	k.A.	k.A.
Biogasleitungen (Länge)		11,5 km	k.A.	k.A.

Anmerkung: Nicht in der Datenbank vorliegende elektrische bzw. thermische Leistungen wurden anhand der spezifischen Investitionskosten der vollständigen Datensätze hochgerechnet.

¹⁾ Anlagen zur Stromerzeugung aus Geothermie aus Datenschutzgründen nicht ausgewiesen.

²⁾ Stromerzeugung.

³⁾ Von der KfW geförderte Windenergieanlagen auf See werden erst in den Folgejahren errichtet und sind damit nicht in der bundesweiten Zubaustatistik für 2013 erfasst. Aufgrund der großen zeitlichen Differenz zwischen Förderzusage und Inbetriebnahme der Anlagen wird hier von der Berücksichtigung des KfW-Anteils abgesehen.

⁴⁾ **Bei Berücksichtigung von Windenergie auf See ebenfalls 52 %.**

⁵⁾ Ohne den thermischen Leistungsanteil der KWK-Anlagen aus dem Strombereich. Auf die Darstellung des therm. Leistungsanteils von KWK-Anlagen wird hier verzichtet, weil dieser sonst die therm. Leistung der ausschließlich therm. genutzten Biomasseanlagen überdeckt.

⁶⁾ 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 m² bzw. 14 kW sind und über den BAFA-Teil des Marktanzreizprogramms des Bundes mit Investitionskostenzuschüssen gefördert werden.

Tabelle 10: in Deutschland geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Förderjahrgang 2014 im Vergleich zu den 2014 insgesamt in Deutschland zugebauten Leistungen (BMWi 2015b, DEWI 2015, BDH & BSW 2015).

Förderjahr 2014	Verwendungszweck	Geförderte Leistung in MW _{el} bzw. MW _{th}	In Deutschland zugebaute Leistung in MW _{el} bzw. MW _{th}	Anteil der KfW-geförderten Anlagen am Zubau in Deutschland
Strom ¹⁾	Windenergie an Land	2.222,0	4.789	46%
	Photovoltaik	274,6	1.899	14%
	Wasserkraft	5,4	70	8%
	Biogas ²⁾	5,5	250	2%
	Feste Biomasse	2,9	27	11%
	Summe (ohne Windenerg. auf See)	2.510,4	7.035	36% ³⁾
	Nachr.: Windenergie auf See	-	1.437	k.A.
Wärme ⁴⁾	Solarthermie ⁵⁾	8,8	644	1,4%
	Feste Biomasse	179,3	k.A.	k.A.
	Geothermie	16,8	k.A.	k.A.
	Große Wärmepumpe	0,6	k.A.	k.A.
	Summe	205,5	k.A.	k.A.
Wärmenetze (Trassenlänge)		849,3 km	k.A.	k.A.
Biogasleitungen (Länge)		8,1 km	k.A.	k.A.

Anmerkung: Nicht in der Datenbank vorliegende elektrische bzw. thermische Leistungen wurden anhand der spezifischen Investitionskosten der vollständigen Datensätze hochgerechnet.

¹⁾ Anlagen zur Stromerzeugung aus Geothermie aus Datenschutzgründen nicht ausgewiesen.

²⁾ Stromerzeugung.

³⁾ **Bei Berücksichtigung von Windenergie auf See 30 %.**

⁴⁾ Ohne den thermischen Leistungsanteil der KWK-Anlagen aus dem Strombereich. Auf die Darstellung des therm. Leistungsanteils von KWK-Anlagen wird hier verzichtet, weil dieser sonst die therm. Leistung der ausschließlich therm. genutzten Biomasseanlagen überdeckt.

⁵⁾ 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 m² bzw. 14 kW sind und über den BAFA-Teil des Marktanzreizprogramms des Bundes mit Investitionskostenzuschüssen gefördert werden.

Im Jahr 2013 (2014) wurden 52 % (36 %) der insgesamt in Deutschland zugebauten elektrischen Leistung (ohne Windenergie auf See) über die KfW gefördert. Der Rückgang um 16 Prozentpunkte ist vor allem auf den stark gesunkenen Anteil bei den geförderten Windkraftanlagen an Land zurückzuführen. In den beiden betrachteten Förderjahren wird mit 88 % bzw. 46 % im Bereich der Onshore-Windenergie der höchste KfW-Förderanteil erreicht. Bei der Interpretation der ermittelten Anteile ist zu berücksichtigen, dass beim Bau von Windkraftanlagen ein zeitlicher Verzug zwischen Förderzusage und Inbetriebnahme nicht ungewöhnlich ist, wodurch die zeitliche Zuordnung unpräzise werden kann (im Durchschnitt der Jahre 2010 bis 2014 betrug der KfW-Anteil 71 %). Bei Photovoltaik-

anlagen wurde 2013 (2014) ein KfW-Anteil von 26 % (14 %) an der installierten elektrischen Leistung erreicht.

Im Wärmesektor bzw. bei der Förderung von Wärmenetzen und Biogasleitungen wird die Einordnung der KfW-Förderung dadurch erschwert, dass außer zur Solarthermie keine Angaben zur installierten Leistung bzw. (Trassen-)Länge auf Bundesebene verfügbar sind. Als Größenordnung im Bereich der Wärmeerzeugung aus Biomasse kann jedoch der Anteil der Investitionen aus Tabelle 7 und Tabelle 8 näherungsweise herangezogen werden. Bezogen auf die installierte Leistung zur Wärmebereitstellung aus Biomasse ist allerdings anzunehmen, dass der KfW-Anteil leicht höher liegt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass von der KfW große Biomasseanlagen gefördert werden, die geringere spezifische Kosten aufweisen und damit leistungsbezogen einen größeren Marktanteil einnehmen.

Tabelle 11 bis Tabelle 14 zeigen für die Förderjahrgänge 2013 und 2014 die Aufteilung der geförderten elektrischen bzw. thermischen Leistung auf die einzelnen Förderprogramme der KfW.

Tabelle 11: 2013 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte elektrische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.

Förderjahr 2013	EE Standard ¹⁾	EE Premium	EE Speicher	Offshore	Summe
MW _{el}					
Windenergie an Land	2.625,9	-	-	-	2.625,9
Windenergie auf See	-	-	-	288,0	288,0
Photovoltaik	836,9	-	21,6	-	858,5
Wasserkraft	3,3	-	-	-	3,3
Biogas²⁾	16,9	-	-	-	16,9
Feste Biomasse	4,2	2,2	-	-	6,4
Summe	3.487,3	2,2	21,6	288,0	3.799,0

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Anlagen zur Stromerzeugung aus Geothermie aus Datenschutzgründen nicht ausgewiesen.

²⁾ Stromerzeugung.

Tabelle 12: 2013 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte thermische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.

Förderjahr 2013	EE Standard	EE Premium	Summe
MW _{th}			
Solarthermie	0,07	4,6	4,6
Feste Biomasse	23,7	162,5	186,1
Große Wärmepumpe	-	0,9	0,9
Summe	23,7	167,9	191,7

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 13: 2014 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte elektrische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.

Förderjahr 2014	EE Standard	EE Premium ¹⁾	EE Speicher	Summe
MW _{el}				
Windenergie an Land	2.222,0	-	-	2.222,0
Photovoltaik	233,7	-	40,9	274,6
Wasserkraft	5,4	-	-	5,4
Biogas ²⁾	5,5	-	-	5,5
Feste Biomasse	0,1	2,7	-	2,9
Summe	2.466,7	2,7	40,9	2.510,4

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Anlagen zur Stromerzeugung aus Geothermie aus Datenschutzgründen nicht ausgewiesen.

²⁾ Stromerzeugung.

Tabelle 14: 2014 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte thermische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.

Förderjahr 2014	EE Standard	EE Premium	Summe
MW _{th}			
Solarthermie	0,01	8,8	8,8
Feste Biomasse	5,4	173,9	179,3
Geothermie	-	16,8	16,8
Große Wärmepumpe	-	0,6	0,6
Summe	5,4	200,0	205,5

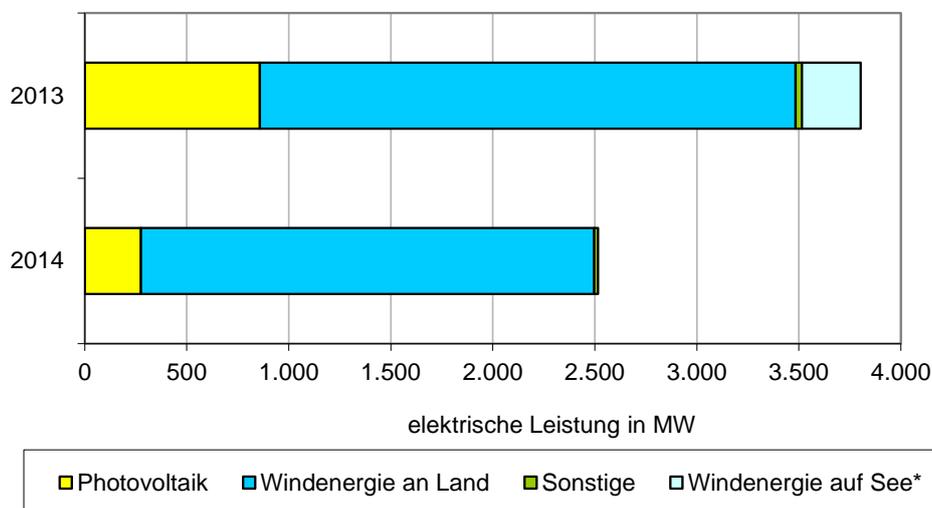
Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Anhand der installierten Leistungen wurde mittels Referenzanlagen (vgl. Anhang A.5) die Strommenge bzw. im Wärmebereich der Beitrag zur Endenergiebereitstellung ermittelt. Insgesamt produzieren die von der KfW im Jahr 2013 (2014) geförderten EE-Anlagen im Stromsektor eine jährliche Strommenge von ca. 7,5 (4,9) TWh. Rund 83 % (97 %) des produzierten Stroms der von der KfW geförderten EE-Anlagen entfallen auf Windener-

gieanlagen an Land sowie auf Photovoltaikanlagen. Da diese Technologien im Vergleich zur Stromerzeugung aus Biomasse vergleichsweise geringe Volllaststunden aufweisen (vgl. Anhang A.5), ist ihr Anteil an der Stromproduktion geringer als in Bezug auf die geförderte installierte Leistung (91,7 % bzw. 99,5 %, vgl. Tabelle 9 und Tabelle 10). Die im Jahr 2013 (2014) von der KfW geförderten EE-Anlagen im Wärmesektor stellen jährlich Endenergie in Höhe von rund 1,0 (0,8) TWh zur Verfügung.

3.1.3 Vergleich der Förderjahrgänge 2013 und 2014

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der von der KfW in Deutschland geförderten elektrischen Leistung für die Jahre 2013 und 2014. Der Rückgang von insgesamt 3,8 GW 2013 auf 2,5 GW 2014 ist eine direkte Folge des in diesem Zeitraum gesunkenen geförderten Investitionsvolumens in Anlagen zur Stromerzeugung. Neben fehlenden Förderzusagen für Windkraftanlagen auf See war im Jahr 2014 auch ein im Vergleich zum Jahr 2013 deutlich geringerer Zubau von Photovoltaikanlagen zu verzeichnen – sowohl deutschlandweit wie auch bei den KfW-geförderten Anlagen. Schließlich ging auf Grund eines gesunkenen Förderanteils bei Windenergieanlagen an Land auch die in diesem Bereich zugebaute elektrische Leistung im Vorjahresvergleich zurück, wenn auch nur moderat. Die sonstigen geförderten EE-Anlagen zur Stromerzeugung (Biogas, Wasserkraft, feste Biomasse und tiefe Geothermie) spielen mengenmäßig eine zu vernachlässigende Rolle.



* Nach vollständiger Inbetriebnahme der geförderten Anlagen

Abbildung 1: Von der KfW in Deutschland geförderte elektrische Leistung nach Technologien.

3.2 Einsparung fossiler Energieträger

3.2.1 Einsparung fossiler Energieträger und vermiedene Energieimporte

Der Energiebedarf Deutschlands wird trotz des gestiegenen Anteils erneuerbarer Energien nach wie vor zu einem großen Teil aus fossilen Rohstoffen gedeckt. Der Anteil der fossilen Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt im Jahr 2014 nahezu unverändert bei rund 80 %. Der Anteil der Erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch ist auf gut 11 % gewachsen (vgl. Abbildung 2).

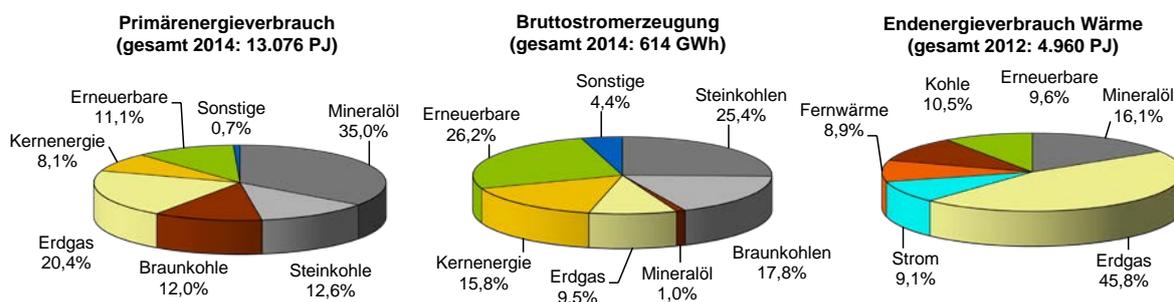


Abbildung 2: Struktur des Primärenergieverbrauchs, der Bruttostromerzeugung¹ sowie des Endenergieverbrauchs zur Wärmebereitstellung² in Deutschland (BMW 2015a, AGE 2013, BMW 2015b).

Durch den in den vergangenen Jahren deutlich gestiegenen Anteil der Erneuerbaren Energien an der Strombereitstellung sowie dem Beitrag der Kernenergie von etwa 16 % liegt der Anteil fossiler Energieträger an der Strombereitstellung im Vergleich zum Primärenergieverbrauch mit rund 54 % deutlich niedriger. Im Bereich der Wärmebereitstellung beträgt der Anteil der fossilen Energien nahezu drei Viertel des Endenergieverbrauchs, wobei zu berücksichtigen ist, dass Fernwärme und Strom zu einem großen Teil auch aus fossilen Energieträgern stammen. Erneuerbare Energien standen im Jahr 2012 für rund 10 % des Endenergieverbrauchs zur Wärmebereitstellung.

Die deutsche Energieversorgung ist im Hinblick auf fossile Energieträger durch eine hohe Importabhängigkeit gekennzeichnet. Die Nettoimportquote der deutschen Energieversorgung beträgt derzeit gut 70 % und ist in den vergangenen Jahren nur mäßig rückläufig (in den Jahren 2000 - 2006 pendelte die Nettoimportquote zwischen 72 und 74 %). Die Importquoten 2013 betragen bei Mineralöl 98 %, bei Erdgas 87 % und bei Steinkohle 87 % (BMW 2015a). Die durch die KfW-Förderprogramme induzierte Einsparung fossiler

¹ Der in der Einleitung genannte Anteil der Erneuerbaren Energien von 27,4 % bezieht sich auf den Stromverbrauch. Die in Abbildung 2 angeführten Zahlen beziehen sich auf die Stromerzeugung. Da die Stromerzeugung in Deutschland leicht höher als der Stromverbrauch liegt, ergibt sich ein geringerer EE-Anteil beim Bezug auf die Stromerzeugung.

² Zum Zeitpunkt der Berichterstellung lagen zum Endenergieverbrauch für die Wärmebereitstellung nach Energieträgern keine aktuelleren Angaben als für das Jahr 2012 vor. Fernwärme und Strom enthalten geringe Anteile Erneuerbarer Energien, die jedoch in der Quelle nicht ausgewiesen sind.

Energieträger leistet einen Beitrag zur Verminderung der Importe fossiler Energieträger und damit zur Erhöhung der Versorgungssicherheit.

Die von der KfW geförderten EE-Anlagen verdrängen zu unterschiedlichen Anteilen fossile Energieträger. Zur Ermittlung der pro Betriebsjahr zu erwartenden Einsparung fossiler Energieträger wird auf die Berechnungsmethode zurückgegriffen, die von der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) im Rahmen der Berichterstattung des Bundeswirtschaftsministeriums verwendet wird. Für die detaillierte Beschreibung der Berechnungsmethodik, der angesetzten Berechnungsparameter sowie der Ansätze zur Monetarisierung der eingesparten Brennstoffe bzw. Energieimporte wird auf die Erläuterungen in den Anhängen A.1 bis A.6 verwiesen. Für die Preispfade wurden die Annahmen der Energiereferenzprognose des BMWi (Prognos et al. 2014) herangezogen.

Die jährliche Einsparung fossiler Energieträger nach Programmen ist für die beiden Förderjahrgänge in Tabelle 15 und 16 dargestellt.

Tabelle 15: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[GWh/a]	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Anteil
EE Standard	11.890	3.037	637	26	15.590	80,3%
EE Speicher	33	8	1	0	43	0,2%
EE Premium	189	465	63	201	918	4,7%
Offshore	2.410	361	100	0	2.871	14,8%
Summe	14.522	3.870	802	227	19.422	100,0%
Anteil	74,8%	19,9%	4,1%	1,2%	100,0%	

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 16: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[GWh/a]	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Anteil
EE Standard	9.080	2.301	492	7	11.880	92,4%
EE Speicher	63	15	3	0	81	0,6%
EE Premium	314	435	77	77	903	7,0%
Offshore	-	-	-	-	-	-
Summe	9.458	2.750	571	84	12.864	100,0%
Anteil	73,5%	21,4%	4,4%	0,7%	100,0%	

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 17 und Tabelle 18 zeigen die jährliche Einsparung fossiler Energieträger nach geförderten Technologien für die Förderjahrgänge 2013 und 2014. Diese betrug 2013 in Summe 19,4 TWh (69,8 PJ) pro Jahr, 2014 belief sie sich auf 12,9 TWh (46,4 PJ) jähr-

lich. Diese Verringerung spiegelt den Rückgang in den geförderten Leistungen wider, insbesondere im Bereich Windenergie auf See. Mit 83 % 2013 und 87 % 2014 entfiel in beiden Jahren der weit überwiegende Anteil der fossilen Primärenergieeinsparung auf Anlagen zur Nutzung der Windenergie an Land und auf See. Die Anteile von Photovoltaik und Biogas fielen im Vergleich der Förderjahre deutlich, während die Anteile der übrigen Technologien weitgehend unverändert blieben.

Tabelle 17: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologien für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[GWh/a]	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Anteil
Windenergie an Land	10.112	2.565	554	0	13.230	68,1%
Windenergie auf See	2.410	361	100	0	2.871	14,8%
Biogas (Strom)¹⁾	215	59	10	20	305	1,6%
Photovoltaik	1.415	332	56	0	1.803	9,3%
Stromspeicher (einschl. PV)	33	8	1	0	43	0,2%
Biomasse HW, HKW	270	353	72	0	694	3,6%
Biogas (Leitungen, Einspeisung)²⁾	-32	32	-2	53	51	0,3%
Wasserkraft	34	7	2	0	42	0,2%
Wärmenetze	21	142	6	153	322	1,7%
Solarthermie	0,1	0,7	0,0	0,6	1,3	0,01%
Geothermie	44	11	3	0	58	0,3%
Wärmepumpen	0	1	0	0	1	0,0%
Summe	14.522	3.870	802	227	19.422	100,0%
Anteil	74,8%	19,9%	4,1%	1,2%	100,0%	

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Einschließlich Einsparung fossiler Energieträger durch Wärmenutzung.

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

Neben der Umwelt- und Klimaverträglichkeit als eine wesentliche Anforderung an die Energieversorgung ist auch die Versorgungssicherheit von großer Wichtigkeit. Die Vorkommen an fossiler Energie sind in Deutschland gering: Dem Primärenergieverbrauch von rund 13,1 EJ im Jahr 2014 steht eine Primärenergiegewinnung im Inland von 3,9 EJ gegenüber. Davon entfallen mehr als 40 % auf die heimische Braunkohle. Die Erneuerbaren Energien als heimische Energiequellen leisten bereits einen ähnlich großen Beitrag wie die Braunkohle. Insgesamt mussten wie in den Vorjahren rund 70 % der in Deutschland im Jahr 2014 verbrauchten Primärenergieträger importiert werden. Die Nutzung er-

neuerbarer Energieträger mindert nicht nur den Verbrauch an fossilen Primärenergieträgern, sondern trägt auch zur Steigerung der Unabhängigkeit von Energieimporten bei.

Tabelle 18: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologien für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[GWh/a]	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Anteil
Windenergie an Land	8.556	2.170	469	0	11.195	87,0%
Windenergie auf See	0	0	0	0	0	0%
Biogas (Strom)¹⁾	70	19	3	7	99	0,8%
Photovoltaik	393	92	16	0	501	3,9%
Stromspeicher (einschl. PV)	63	15	3	0	81	0,6%
Biomasse HW, HKW	198	287	58	0	543	4,2%
Biogas (Leitungen, Einspeisung)²⁾	-1	4	0	6	9	0,1%
Wasserkraft	55	11	3	0	69	0,5%
Wärmenetze	21	83	6	70	179	1,4%
Solarthermie	0,1	1,3	0,0	1,1	2,5	0,02%
Geothermie	102	67	14	0	183	1,4%
Wärmepumpen	0	0	0	0	1	0,0%
Summe	9.458	2.750	571	84	12.864	100,0%
Anteil	73,5%	21,4%	4,4%	0,7%	100,0%	

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

^{1) 2)} siehe Tabelle 17

Bei der folgenden Berechnung wird unterstellt, dass – abgesehen von der Braunkohle – die Einsparung fossiler Energieträger vollständig zu einer Minderung der Energieimporte führt. Heimische Energieträger (Braunkohle) werden damit im Rahmen dieser Methodik nicht durch die Nutzung der geförderten Anlagen verdrängt. Demnach wird nach vollständiger Inbetriebnahme der durch die mit den Programmen der KfW in den Jahren 2013 (2014) geförderten Erneuerbaren Energien die Einfuhr von jährlich rund 1,7 (1,1) Mio. t Steinkohle, 396 (282) Mio. m³ Erdgas und rund 22 (8) Mio. Liter Mineralöl bzw. entsprechende Rohölimporte vermieden (vgl. Tabelle 19 und Tabelle 20).

Tabelle 19: Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Brennstoffe für den Förderjahrgang 2013.

Förderjahr 2013	Eingesparte Energiemengen p.a.		Importquote ¹⁾	Vermiedene Energieimporte p.a.		Einfuhrpreise ²⁾		Vermiedene Kosten für importierte Energieträger [Mio. € _{2014/a}]
Braunkohle	320	1.000 t/a	0%	0	1.000 t/a	k.A.	-	-
Steinkohle	1.723	1.000 t/a	100%	1.723	1.000 t/a	12.345	€/GWh	179
Erdgas	396	Mio. m ³ /a	100%	396	Mio. m ³ /a	30.828	€/GWh	119
Mineralöl	22	Mio. l/a	100%	22	Mio. l/a	62.049	€/GWh	14
Summe								313

¹⁾ Es wird unterstellt, dass in Deutschland geförderte Energie nicht verdrängt wird, sondern dass die Einsparung durch den Einsatz Erneuerbarer Energien vollständig den Importen zuzurechnen ist. Da keine Braunkohle nach Deutschland importiert wird, wird in diesem Fall die Importquote zu Null gesetzt. Die tatsächlichen Importquoten 2013 betragen (nachrichtlich): Braunkohle 0 %; Steinkohle 87 %, Erdgas 87 %, Mineralöl 98 % (BMW i 2015a).

²⁾ Vgl. auch Anhang A.6. Es wurden Energiepreise aus der Energiereferenzprognose des BMW i (Prognos et al. 2014) ohne CO₂-Aufschläge angesetzt, für 2013/2014 wurden aktuelle Werte verwendet (BMW i 2015a). Mit der Annuitätenmethode wurden die jährlich unterschiedlichen Brennstoffpreise mittels des Kalkulationszinssatzes über die Anlagenlebensdauer in eine reale Annuität, d.h. preisbereinigte jährlich konstante Werte, umgerechnet.

Tabelle 20: Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Brennstoffe für den Förderjahrgang 2014.

Förderjahr 2014	Eingesparte Energiemengen p.a.		Importquote ¹⁾	Vermiedene Energieimporte p.a.		Einfuhrpreise ²⁾		Vermiedene Kosten für importierte Energieträger [Mio. € _{2014/a}]
Braunkohle	227	1.000 t/a	0%	0	1.000 t/a	k.A.	-	-
Steinkohle	1.122	1.000 t/a	100%	1.122	1.000 t/a	12.634	€/GWh	119
Erdgas	282	Mio. m ³ /a	100%	282	Mio. m ³ /a	31.093	€/GWh	86
Mineralöl	8	Mio. l/a	100%	8	Mio. l/a	62.988	€/GWh	5
Summe								210

^{1) 2)} siehe Tabelle 19

In den obigen Tabellen sind die vermiedenen Energieimporte auf Grundlage der Einfuhrpreise monetär bewertet worden. Da die korrespondierenden Beträge nicht aus der deutschen Volkswirtschaft abfließen, können durch die im Jahr 2013 und 2014 von der KfW-geförderte Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien Energieimporte in einer Größenordnung von rund 313 bzw. 210 Mio. €/a vermieden werden. Über die angenommene Lebensdauer der Maßnahmen von 20 Jahren summieren sich die Einsparungen auf rund 6,3 Mrd. € (Förderjahrgang 2013) und 4,2 Mrd. € (Förderjahrgang 2014). Tabelle 21 und Tabelle 22 zeigen die Aufteilung der vermiedenen jährlichen Kosten für importierte fossile Brennstoffe auf die einzelnen Förderprogramme.

Tabelle 21: Vermiedene jährliche Kosten für importierte fossile Brennstoffe nach Förderprogramm für den Förderjahrgang 2013.

[Mio. € _{2014/a}]	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl	Summe	Anteil
EE Standard	147	94	2	242	77,4%
EE Speicher	0	0	0	1	0,2%
EE Premium	2	14	13	29	9,3%
Offshore	30	11	0	41	13,1%
Summe	179	119	14	313	100,0%
Anteil	57,3%	38,2%	4,5%	100,0%	

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 22: Vermiedene jährliche Kosten für importierte fossile Brennstoffe nach Förderprogramm für den Förderjahrgang 2014.

[Mio. € _{2014/a}]	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl	Summe	Anteil
EE Standard	115	72	0	187	88,8%
EE Speicher	1	0	0	1	0,6%
EE Premium	4	14	5	22	10,6%
Offshore	0	0	0	0	0,0%
Summe	119	86	5	210	100,0%
Anteil	56,8%	40,7%	2,5%	100,0%	

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

3.2.2 Vergleich der Förderjahrgänge 2013 und 2014

Zur Einordnung der Wirkungen wird die Einsparung fossiler Energieträger für die beiden betrachteten Förderjahre gegenübergestellt. Abbildung 3 zeigt die Einsparung nach fossilen Energieträgern gruppiert nach geförderten Technologien und Jahren.

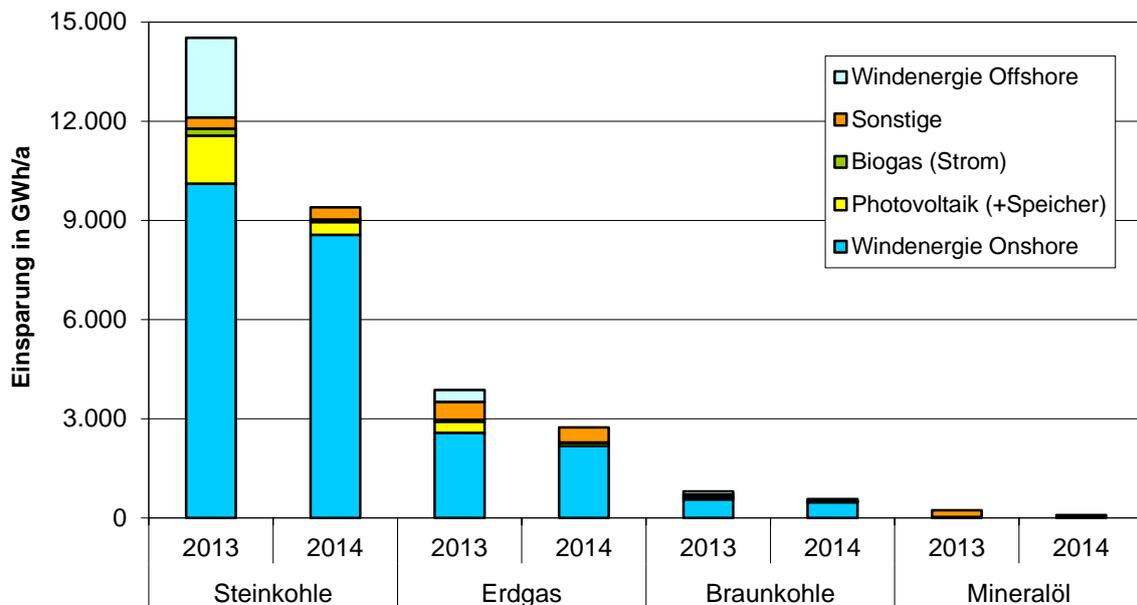


Abbildung 3: Jährliche Einsparung fossiler Brennstoffe (Primärenergie) der von der KfW geförderten Vorhaben 2013 und 2014 nach Technologien (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

In beiden Förderjahrgängen dominiert die Einsparung durch die geförderten Windenergieanlagen, die hauptsächlich Steinkohle und in geringerem Umfang Erdgas und Braunkohle einsparen. Die Einsparung von Mineralöl ist zum Großteil den im Wärmesektor geförderten Vorhaben im Programmteil „Premium“ zuzurechnen.

3.3 Vermiedene Emissionen und vermiedene externe Kosten

Die im vorigen Kapitel betrachtete Einsparung fossiler Energien ist nicht allein vor dem Hintergrund der Versorgungssicherheit von Bedeutung, sondern auch unter dem Aspekt vermiedener Emissionen von Treibhausgasen und klassischen Luftschadstoffen (SO_2 , NO_x , Feinstaub sowie NMVOC). Damit kommt der Nutzung Erneuerbarer Energien auch für den Umwelt- und Klimaschutz eine zentrale Bedeutung zu. Die Vermeidung von Treibhausgasemissionen ist Gegenstand des folgenden Abschnitts 3.3.1. Die Auswirkungen der KfW-Förderung im Bereich Erneuerbarer Energien auf die Emission von Luftschadstoffen wird in Abschnitt 3.3.2 analysiert.

Die Bilanzierung der Emissionsvermeidung folgt der Methodik zur Einsparung fossiler Energieträger. Unterschiede zu den eingesparten fossilen Energieträgern ergeben sich daraus, dass sich die CO_2 -Faktoren und Schadstoffemissionen der substituierten Energieträger deutlich voneinander unterscheiden. So entsteht beispielsweise bei der Verbrennung von Kohle etwa doppelt so viel CO_2 wie bei der Verbrennung von Erdgas, weil bei Erdgas entsprechend der chemischen Zusammensetzung der enthaltene Wasserstoff einen hohen Anteil am Heizwert hat. CO_2 -Emissionen sind auch mit der Nutzung von Bioenergien verbunden, allerdings kann davon ausgegangen werden, dass diese Prozesse insgesamt weitgehend CO_2 -neutral sind, weil das freigesetzte CO_2 zuvor während des Pflanzenwachstums aus der Atmosphäre aufgenommen wurde.

Nachfolgend werden die Treibhausgase CO_2 (Kohlendioxid), CH_4 (Methan) und N_2O (Lachgas) sowie die Luftschadstoffe SO_2 (Schwefeldioxid), NO_x (Stickoxide), Feinstaub sowie NMVOC (Non-methane volatile organic compounds) betrachtet. Diese stellen die schädlichsten und quantitativ wichtigsten Stoffe dar, weshalb für sie auch die Datenverfügbarkeit am besten ist. Die detaillierte Methodik zur Ermittlung der vermiedenen Emissionen von Treibhausgasen sowie Luftschadstoffen ist in Anhang A.2 dargestellt.

Luftschadstoffe beeinträchtigen die Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen und wirken zerstörerisch auf Bauwerke und andere Sachgüter. Treibhausgase tragen zur globalen Klimaänderung bei und führen so ebenfalls zu Schäden. Diese Schäden führen bei den Betroffenen oder der Allgemeinheit zu Kosten, welche nicht vom Verursacher getragen werden, man spricht von „externen“ Kosten. Eine Minderung der Emissionen durch die Nutzung Erneuerbarer Energien und die damit verbundenen Schäden stellt einen gesellschaftlichen Nutzen dar. Dieser Nutzen wird in Abschnitt 3.3.3 mittels gängiger Wertansätze in monetären Größen abgeschätzt.

3.3.1 Vermiedene Treibhausgasemissionen

Als Folge der Substitution fossiler Energieträger ist durch die Nutzung der im Jahr 2013 und 2014 geförderten Erneuerbaren Energien von einer jährlichen CO_2 -Vermeidung in Höhe von 5,3 bzw. 3,5 Mio. t auszugehen. Werden die treibhausrelevanten Gase Methan

und Lachgas einbezogen, erhöht sich die Einsparung auf 5,7 bzw. 3,8 Mio. t CO₂-Äquivalente pro Jahr (vgl. Tabelle 23 und Tabelle 24).

Tabelle 23: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[Mio. t/a]	EE Standard	EE Premium	EE Speicher	Offshore-Windenergie	Summe
CO₂	4,29	0,21	0,01	0,81	5,31
Anteil	80,7%	3,9%	0,2%	15,2%	100,0%
CO₂-Äquivalente	4,62	0,22	0,01	0,88	5,73
Anteil	80,7%	3,8%	0,2%	15,4%	100,0%

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 24: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[Mio. t/a]	EE Standard	EE Premium	EE Speicher	Offshore-Windenergie	Summe
CO₂	3,27	0,23	0,02	-	3,51
Anteil	92,9%	6,4%	0,6%	-	100,0%
CO₂-Äquivalente	3,54	0,23	0,02	-	3,80
Anteil	93,3%	6,1%	0,6%	-	100,0%

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 25: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[1.000 t pro Jahr]	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -Äquivalente	Anteil CO ₂ -Äquiv.
Windenergie an Land	3.635	12,3	0,058	3.960	69,1%
Windenergie auf See	808	2,8	0,012	881	15,4%
Biogas (Strom)	89	-1,08	-0,045	48	0,8%
Photovoltaik	502	1,8	0,007	549	9,6%
Stromspeicher (einschl. PV)	12	0,04	0,000	13	0,2%
Biomasse HW, HKW	154	0,3	-0,019	156	2,7%
Biogas (Leitungen, Einspeisung)	9	0,3	0,010	18	0,3%
Wasserkraft	11	0,04	0,000	12	0,2%
Wärmenetze	79	0,1	-0,001	80	1,4%
Solarthermie	0,3	0,001	0,000003	0,3	0,01%
Geothermie	15	0,1	0,0001	16	0,3%
Wärmepumpen	0,1	0,0002	-0,00001	0,1	0,002%
Summe	5.315	16,7	0,023	5.734	100,0%

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Wie auch in den Vorjahren entfällt ein großer Teil der Treibhausgasminderungen auf die geförderten Windenergieanlagen. Diese stehen mittlerweile für mehr als vier Fünftel der vermiedenen Treibhausgaseinsparungen der beiden Förderjahre 2013 und 2014. Der Beitrag der Photovoltaikanlagen zur Treibhausgasvermeidung ist weiterhin deutlich gesunken und liegt mittlerweile im einstelligen Prozentbereich (vgl. Tabelle 25 und Tabelle 26).

Tabelle 26: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[1.000 t pro Jahr]	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -Äquivalente	Anteil CO ₂ -Äquiv.
Windenergie an Land	3.075	10,4	0,049	3.351	88,2%
Windenergie auf See	0	0,0	0,000	0	0,0%
Biogas (Strom)	29	-0,4	-0,015	16	0,4%
Photovoltaik	140	0,5	0,002	153	4,0%
Stromspeicher (einschl. PV)	22	0,1	0,000	25	0,6%
Biomasse HW, HKW	129	0,2	-0,017	129	3,4%
Biogas (Leitungen, Einspeisung)	2,3	0,01	0,000	2,5	0,1%
Wasserkraft	18	0,1	0,0003	20	0,5%
Wärmenetze	44	0,1	-0,001	45	1,2%
Solarthermie	0,6	0,001	0,000	0,6	0,02%
Geothermie	53	0,2	0,001	57	1,5%
Wärmepumpen	0,1	0,0001	-0,00001	0,1	0,002%
Summe	3.514	11,2	0,020	3.798	100,0%

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass die durch die untersuchten KfW-Programme induzierte Einsparung fossiler Energieträger und die Reduktion der Treibhausgasemissionen längerfristig wirken, denn die Nutzungsdauern der Regenerativanlagen betragen in der Regel mindestens 20 Jahre, insbesondere bei Wasserkraftanlagen auch deutlich länger. Eine Projektion ist jedoch mit vielen Unsicherheiten behaftet, denn der Brennstoffmix und die Wirkungsgrade von fossilen Anlagen werden sich ebenso im Zeitablauf verändern wie die Zusammensetzung, Durchdringung und Betriebsweise der Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien. Die hier gewählte statische Betrachtungsweise dient deshalb primär der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse. Vernachlässigt man allerdings die zeitliche Dynamik der Bilanzierungsparameter, so wird deutlich, dass die Effekte der KfW-Förderinstrumente beträchtlich sind. Die jährliche THG-Minderungsleistung der in den Jahren 2013 und 2014 geförderten Anlagen in Höhe von rund 9,5 Mio. t/a kumuliert sich über eine angenommene Nutzungsdauer dieser Anlagen von 20 Jahre auf rund 190 Mio. t CO₂-Äquivalente.

3.3.2 Vermiedene Luftschadstoffemissionen

Durch die Substitution fossiler Brennstoffe werden nicht nur Treibhausgase vermieden, sondern auch Luftschadstoffe. Allerdings verursachen auch Anlagen, deren Betrieb weitgehend emissionsfrei ist (also z.B. Windkraft- und PV-Anlagen), Emissionen durch ihre Herstellung. Die Berücksichtigung von Vorketten (d.h. Emissionen durch die Anlagenherstellung) sowie der Emissionen aus dem Anlagenbetrieb führt für bestimmte Technologien bzw. Schadstoffe zu einer negativen Einsparung, d.h. zu einem Mehrausstoß, der den Erneuerbaren Energien zuzurechnen ist. Dies ist insbesondere dort der Fall, wo biogene Brennstoffe genutzt werden, d.h. im Bereich der Nutzung von Biomasse in Biogasanlagen oder Heiz(kraft)werken (vgl. Tabelle 27 bis Tabelle 30).

Tabelle 27: Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[t/a]	SO ₂	NO _x	SO ₂ -Äquivalente ¹⁾	NMVOC	Feinstaub
Windenergie an Land	1.717	2.644	3.557	130	89
Windenergie auf See	408	568	803	29	26
Biogas (Strom)	-18	-141	-116	-13	-7
Photovoltaik	217	344	457	16	-5
Stromspeicher (einschl. PV)	5	8	11	0	0
Biomasse HW, HKW	54	-347	-188	-274	-55
Biogas (Leitungen, Einspeisung)	24	52	125	8	3
Wasserkraft	5	8	11	0,4	0,3
Wärmenetze	56	30	216	-9	-1
Solarthermie	0,2	0,2	0,3	0,05	-0,01
Geothermie	8	10	15	0,6	0,5
Wärmepumpen	0,1	0,03	0,1	0,1	0,02
Summe	2.477	3.176	4.890	-112	51

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ SO₂-Äquivalente bieten einen Anhaltspunkt für das Versauerungspotenzial durch SO₂ und NO_x. Diese Größe wird im Folgenden nicht weiter verwendet, da sich die Wertansätze in Abschnitt 3.3.3 auf SO₂ und NO_x direkt beziehen.

Tabelle 28: Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[t/a]	SO ₂	NO _x	SO ₂ -Äquivalente ¹⁾	NMVOC	Feinstaub
EE Standard	1.945	2.813	3.910	91	70
EE Speicher	5	8	11	0,4	-0,1
EE Premium	119	-214	167	-232	-44
Offshore	408	568	803	29	26
Summe	2.477	3.176	4.890	-112	51

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ vgl. Tabelle 27.

Tabelle 29: Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[t/a]	SO ₂	NO _x	SO ₂ -Äquivalente ¹⁾	NMVOC	Feinstaub
Windenergie an Land	1.453	2.237	3.010	110	75
Windenergie auf See	0	0	0	0	0
Biogas (Strom)	-6	-46	-38	-4	-2
Photovoltaik	60	96	127	5	-1
Stromspeicher (einschl. PV)	10	15	20	0,7	0
Biomasse HW, HKW	45	-312	-172	-247	-50
Biogas (Leitungen, Einspeisung)	2,1	2,8	10	0,6	0,2
Wasserkraft	9	13	18	0,7	0,4
Wärmenetze	28	-8	86	-21	-4
Solarthermie	0,3	0,4	0,6	0,1	-0,02
Geothermie	34	46	66	2,8	4,0
Wärmepumpen	0,1	0,02	0,1	0,05	0,01
Summe	1.636	2.045	3.128	-153	23

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ vgl. Tabelle 27.

Über alle geförderten Technologien ist festzustellen, dass die in den Jahren 2013 und 2014 geförderten Anlagen insgesamt zu einer Minderung an SO₂, NO_x sowie Feinstaub beitragen. Im Bereich der Biomasse sind jedoch Mehremissionen bei SO₂, NO_x, NMVOC sowie Feinstaub zu verzeichnen. Den überwiegend positiven Umwelteigenschaften der Nutzung Erneuerbarer Energien, insbesondere der Treibhausgaseinsparung, stehen somit auch Nachteile gegenüber. Die Bewertung der Vor- und Nachteile der mit der Nutzung Erneuerbarer Energien verbundenen Umweltwirkungen im folgenden Kapitel anhand der monetären Bewertung der vermiedenen externen Kosten wird allerdings zeigen, dass die Vorteile deutlich überwiegen.

Tabelle 30: Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[t/a]	SO ₂	NO _x	SO ₂ -Äquivalente ¹⁾	NM VOC	Feinstaub
EE Standard	1.517	2.291	3.112	104	71
EE Speicher	10	15	20	1	-0,2
EE Premium	109	-261	-5	-258	-48
Offshore	0	0	0	0	0
Summe	1.636	2.045	3.128	-153	23

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ vgl. Tabelle 27.

3.3.3 Vermiedene externe Kosten

Die vermiedenen Umweltschäden und die damit vermiedenen externen Kosten stellen einen der wesentlichen Aspekte der Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien dar. Zur Bewertung der vermiedenen Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen wird auf etablierte Wertansätze zur Monetarisierung der vermiedenen Schadenskosten zurückgegriffen (vgl. Tabelle 31 bzw. Anhang A.4). Im Rahmen des NEEDS-Projekts (New Energy Externalities Development for Sustainability) im Auftrag der Generaldirektion Forschung und Innovation der Europäischen Kommission wurden die gesamten (d.h. internen und externen) Kosten und Nutzen verschiedener aktueller und zukünftiger Energieversorgungsoptionen ermittelt. Die in NEEDS ermittelten Sätze für externe Kosten durch Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen dienten dem Umweltbundesamt als Grundlage seiner überarbeiteten Empfehlungen zu Best-Practice-Kostensätzen zur Bewertung von Umweltschäden (vgl. UBA 2012b). Die dort empfohlenen Wertansätze für Luftschadstoffemissionen und Treibhausgasemissionen werden auch im Rahmen von Arbeiten zur Bewertung der Nutzung Erneuerbarer Energien im Auftrag des Bundesumweltministeriums bzw. des Bundeswirtschaftsministeriums genutzt³, so dass die hier ermittelten Werte konsistent zur Berichterstattung der beiden Ministerien sind. Um in der vorliegenden Studie eine einheitliche Preisbasis zu gewährleisten (vgl. Anhang A.6), wurden die Wertansätze aus UBA 2012b vom Preisniveau 2010 auf das Preisniveau 2014 umgerechnet.

Die Wertansätze in Tabelle 31 basieren auf modellgestützten Berechnungen der durch die Emission von Treibhausgasen oder Luftschadstoffen verursachten Schäden. Die gesamten ermittelten Schadenskosten werden auf die Emission einer Tonne des Schadstoffs bezogen, so dass die in Abschnitt 3.3.1 und 3.3.2 berechneten vermiedenen Emissionen direkt bewertet werden können. Mit anderen Worten: Die Emission einer Tonne CO₂ verursacht weltweit quantifizierbare Schäden in Höhe von rund 84 €, die Emission

³ Zu nennen sind insbesondere: BMU (2013, 2012), Breitschopf und Memmler (2012), Breitschopf et al. (2012).

einer Tonne N₂O (in Folge einer höheren Klimawirksamkeit) von ca. 25.180 €. Diese Werte berücksichtigen eine Zeitpräferenzrate von 1 %. Damit wird eine Präferenz für einen gegenwärtigen Konsum gegenüber einem Konsum in der Zukunft abgebildet. Mit dem zugrunde gelegten equity weighting mit westeuropäischem Pro-Kopf-Einkommen wird berücksichtigt, dass der Grenznutzen der Schadensvermeidung für unterschiedlich hohe Pro-Kopf-Einkommen unterschiedlich bewertet wird.

Tabelle 31: Verwendete Wertansätze zur Ermittlung der vermiedenen Schadenskosten.

[€ ₂₀₁₄ /t]	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	NO _x	NM VOC	PM ₁₀ ¹⁾
Klimawandel	84	2.110	25.180	-	-	-	-
Gesundheitsschäden	-	-	-	12.600	13.310	1.740	42.000
Ernteverluste	-	-	-	-150	570	350	-
Materialschäden	-	-	-	550	120	-	-
Biodiversität	-	-	-	890	2.300	-310	-
Summe	84	2.110	25.180	13.890	16.300	1.780	42.000

Werte nach UBA 2012b, umgerechnet auf Preisbasis 2014 und gerundet.

¹⁾ PM₁₀ bezeichnet Feinstaub („particulate matter“) mit einem aerodynamischen Partikeldurchmesser kleiner als 10 µm.

Die Bewertung der Luftschadstoffe SO₂, NO_x, NM VOC und Feinstaub berücksichtigt quantifizierbare Schäden an menschlicher Gesundheit, Ernteverluste, Materialschäden und Beeinträchtigung der Biodiversität. Negative Schadenskosten entsprechen einem positiven Effekt durch die jeweilige Emission, ausgelöst etwa durch verminderten Düngerbedarf in der Landwirtschaft. Allerdings zeigt sich, dass solche positiven Auswirkungen deutlich geringer sind als die insgesamt verursachten Schäden.

Tabelle 32: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Substanzen für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[Mio. € _{2014/a}]	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	NO _x	NM VOC	PM ₁₀	Summe
Windenergie an Land	307,1	26,1	1,5	23,9	43,1	0,23	3,74	405,5
Windenergie auf See	68,3	5,9	0,3	5,7	9,3	0,05	1,08	90,5
Biogas (Strom)	7,5	-2,28	-1,1	-0,2	-2,3	-0,02	-0,30	1,2
Photovoltaik	42,4	3,7	0,2	3,0	5,6	0,03	-0,19	54,8
Stromspeicher (einschl. PV)	1,0	0,1	0,004	0,07	0,1	0,001	0,00	1,3
Biomasse HW, HKW	13,0	0,6	-0,48	0,7	-5,7	-0,49	-2,33	5,4
Biogas (Leitungen, Einspeisung)	0,8	0,60	0,25	0,3	0,9	0,014	0,12	3,0
Wasserkraft	0,9	0,1	0,00	0,1	0,1	0,001	0,012	1,2
Wärmenetze	6,7	0,3	0,0	0,8	0,5	-0,02	-0,03	8,2
Solarthermie	0,03	0,001	0,0001	0,002	0,004	0,0001	-0,0003	0,03
Geothermie	1,3	0,1	0,00	0,1	0,2	0,001	0,021	1,7
Große Wärmepumpen	0,01	0,000	-0,0003	0,002	0,000	0,0001	0,0007	0,01
Summe	449,0	35,2	0,6	34,4	51,8	-0,2	2,1	572,9

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 33: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Substanzen für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[Mio. € _{2014/a}]	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	NO _x	NM VOC	PM ₁₀	Summe
Windenergie an Land	259,8	22,1	1,2	20,2	36,5	0,20	3,17	343,1
Biogas (Strom)	2,5	-0,74	-0,4	-0,1	-0,7	-0,01	-0,10	0,4
Photovoltaik	11,8	1,0	0,1	0,8	1,6	0,01	-0,05	15,2
Stromspeicher (einschl. PV)	1,9	0,2	0,008	0,14	0,3	0,001	-0,01	2,5
Biomasse HW, HKW	10,9	0,5	-0,43	0,6	-5,1	-0,44	-2,09	3,9
Biogas (Leitungen, Einspeisung)	0,2	0,02	0,01	0,0	0,0	0,001	0,01	0,3
Wasserkraft	1,5	0,1	0,01	0,1	0,2	0,001	0,019	2,0
Wärmenetze	3,7	0,2	0,0	0,4	-0,1	-0,04	-0,15	3,9
Solarthermie	0,05	0,003	0,0002	0,004	0,007	0,0002	-0,0007	0,06
Geothermie	4,5	0,3	0,03	0,5	0,8	0,005	0,166	6,2
Große Wärmepumpen	0,01	0,000	-0,0002	0,001	0,000	0,0001	0,0004	0,01
Summe	296,9	23,6	0,5	22,7	33,3	-0,3	1,0	377,8

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Für die einzelnen von der KfW im Jahr 2013 und 2014 geförderten EE-Technologien ergeben sich die in Tabelle 32 und Tabelle 33 dargestellten vermiedenen externen Kosten

nach den einzelnen Treibhausgasen und Luftschadstoffen. Insgesamt werden durch die von der KfW im Jahr 2013 geförderten EE-Anlagen und die dadurch induzierte Treibhausgas- und Luftschadstoffminderung rund 573 Mio. € sowie durch die im Jahr 2014 unterstützten Investitionen rund 378 Mio. € Schadenskosten pro Jahr vermieden. Mit knapp 80 % entfällt der Großteil davon auf die vermiedenen CO₂-Emissionen. Etwa 6 bzw. 9 % der vermiedenen externen Kosten sind der Emissionsminderung von SO₂ und NO_x zuzurechnen. Bei Biogas- und Biomasseanlagen ergibt sich für einzelne Schadstoffe ein nennenswerter Mehrausstoß im Vergleich zu den ersetzten konventionellen Anlagen und damit höhere externe Kosten (vgl. negative Werte in Tabelle 32 bis Tabelle 37). Für Biogas liegen die Hauptprobleme im Bereich erhöhter Methan-, NO_x- und Lachgasemissionen, bei Biomasse sind insbesondere erhöhte NO_x- und Feinstaubemissionen problematisch. Allerdings werden für beide Technologien die zusätzlichen Schadenskosten durch vermiedene CO₂-Kosten übertroffen.

Im Förderjahr 2013 (2014) entfallen 87 % (91%) der vermiedenen externen Kosten auf die geförderten Windenergieanlagen, auf Photovoltaikanlagen rund 10 % (4 %). Daran hat die Einsparung von CO₂ den größten Anteil.

Tabelle 34: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[Mio. € _{2014/a}]	Klimawandel	Gesundheitsschäden	Ernteverluste	Materialschäden	Biodiversität	Summe
Windenergie an Land	334,6	60,8	1,3	1,3	7,6	405,5
Windenergie auf See	74,5	13,8	0,3	0,3	1,7	90,5
Biogas (Strom)	4,1	-2,4	-0,1	-0,03	-0,3	1,2
Photovoltaik	46,3	7,2	0,2	0,2	1,0	54,8
Stromspeicher (einschl. PV)	1,1	0,2	0,004	0,004	0,02	1,3
Biomasse HW, HKW	13,1	-6,7	-0,3	-0,012	-0,7	5,4
Biogas (Leitungen, Einspeisung)	1,6	1,1	0,029	0,019	0,14	3,0
Wasserkraft	1,0	0,2	0,004	0,004	0,02	1,2
Wärmenetze	7,0	1,1	0,01	0,0	0,1	8,2
Solarthermie	0,03	0,005	0,0001	0,0001	0,001	0,03
Geothermie	1,4	0,3	0,005	0,005	0,03	1,7
Große Wärmepumpen	0,01	0,003	0,00003	0,0001	0,0001	0,01
Summe	484,8	75,4	1,4	1,7	9,5	572,9

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Bereits aus Tabelle 32 und Tabelle 33 lässt sich auf Grund der hohen Anteile der Schäden durch CO₂ schließen, dass insgesamt betrachtet die vermiedenen externen Kosten der Schadenskategorie Klimawandel den weitaus größten Anteil an den vermiedenen

externen Kosten einnehmen. Tabelle 34 bis Tabelle 37 bestätigen, dass in beiden Förderjahren rund 85 % der quantifizierten vermiedenen Schäden auf Klimawandel entfallen. Die im Jahr 2013 (2014) geförderten Anlagen vermeiden darüber hinaus pro Jahr externe Kosten durch Gesundheitsschäden von 75 (49) Mio. €.

Tabelle 35: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Förderprogrammen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2013 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[Mio. € _{2014/a}]	Klimawandel	Gesundheitsschäden	Ernteverluste	Materialschäden	Biodiversität	Summe	Anteil
EE Standard	390,8	65,0	1,4	1,4	8,2	466,7	81,5%
EE Speicher	1,1	0,2	0,004	0,004	0,02	1,3	0,2%
EE Premium	18,5	-3,6	-0,2	0,04	-0,3	14,4	2,5%
Offshore	74,5	13,8	0,3	0,3	1,7	90,5	15,8%
Summe	484,8	75,4	1,4	1,7	9,5	572,9	100,0%

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 36: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[Mio. € _{2014/a}]	Klimawandel	Gesundheitsschäden	Ernteverluste	Materialschäden	Biodiversität	Summe
Windenergie an Land	283,1	51,4	1,1	1,1	6,4	343,1
Biogas (Strom)	1,3	-0,8	0,0	0,0	-0,1	0,4
Photovoltaik	12,9	2,0	0,0	0,0	0,3	15,2
Stromspeicher (einschl. PV)	2,1	0,3	0,01	0,01	0,0	2,5
Biomasse HW, HKW	10,9	-6,1	-0,3	-0,012	-0,6	3,9
Biogas (Leitungen, Einspeisung)	0,2	0,1	0,002	0,001	0,01	0,3
Wasserkraft	1,7	0,3	0,01	0,006	0,04	2,0
Wärmenetze	3,9	0,1	-0,02	0,0	0,0	3,9
Solarthermie	0,05	0,009	0,0002	0,0002	0,001	0,06
Geothermie	4,8	1,2	0,02	0,024	0,14	6,2
Große Wärmepumpen	0,01	0,002	0,00002	0,00004	0,0001	0,01
Summe	321,0	48,5	0,9	1,1	6,2	377,8

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 37: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Förderprogrammen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

[Mio. € _{2014/a}]	Klimawandel	Gesundheitsschäden	Ernteverluste	Materialschäden	Biodiversität	Summe	Anteil
EE Standard	299,3	52,8	1,1	1,1	6,6	360,9	95,5%
EE Speicher	2,1	0,3	0,01	0,01	0,04	2,5	0,6%
EE Premium	19,6	-4,6	-0,3	0,03	-0,4	14,4	3,8%
Offshore	0	0	0	0	0	0	0
Summe	321,0	48,5	0,9	1,1	6,2	377,8	100,0%

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

3.3.4 Vergleich der Förderjahrgänge 2013 und 2014

Abbildung 4 stellt die jährlichen CO₂- und Treibhausgaseinsparungen, Abbildung 5 die jährlichen vermiedenen externen Kosten der Förderjahrgänge 2013 und 2014 gegenüber. Im Jahr 2014 zeigt sich deutlich der Rückgang bei den geförderten Photovoltaikanlagen. Einen signifikanten Einfluss auf die deutlich höheren Minderungsbeiträge bzw. vermiedenen externen Kosten der im Jahr 2013 geförderten Anlagen geht auf die in diesem Jahr geförderten Offshore-Windenergieanlagen zurück.

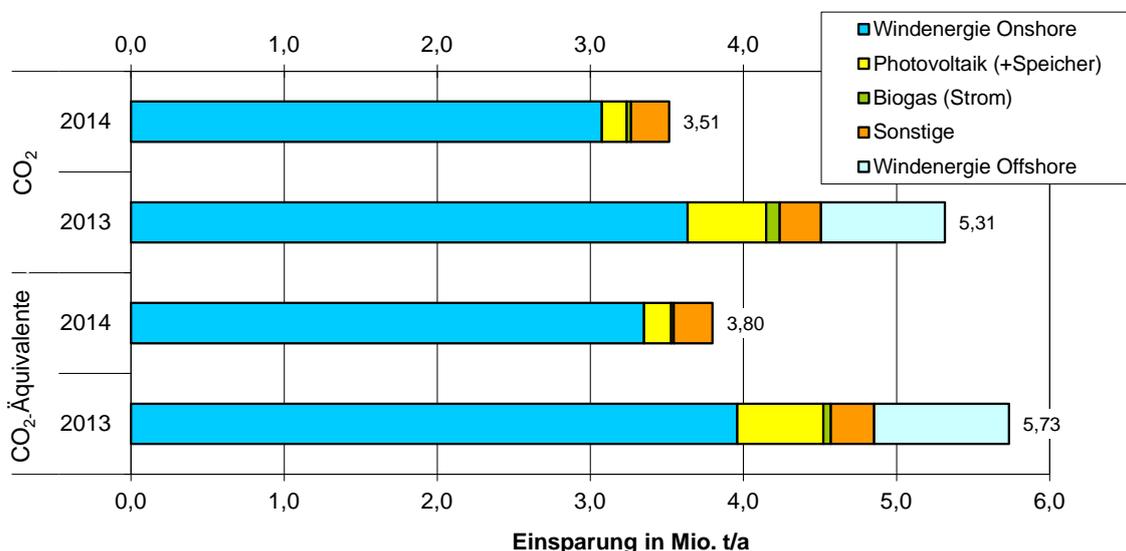


Abbildung 4: Vergleich der CO₂- und Treibhausgaseinsparung der Förderjahrgänge 2013 und 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland)

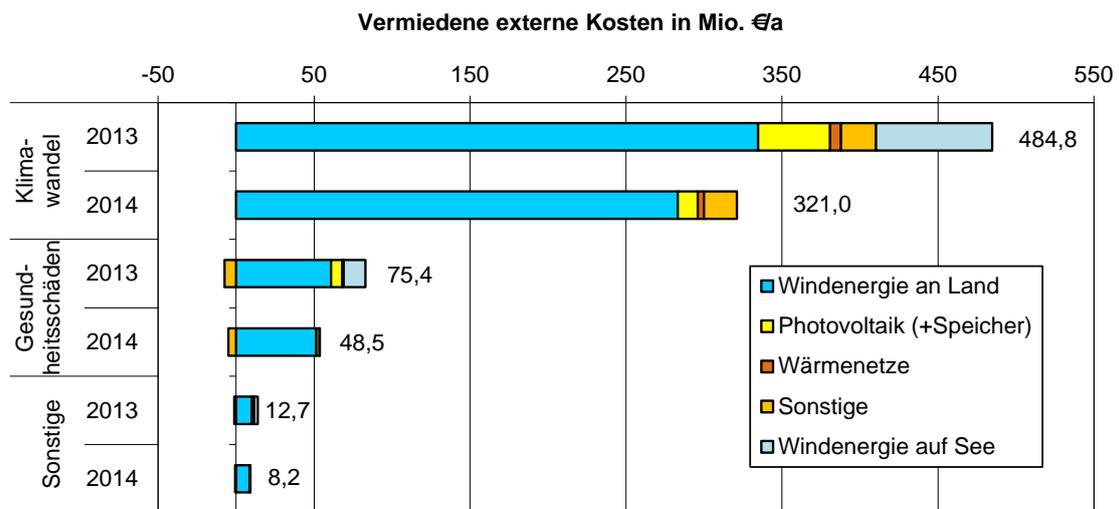


Abbildung 5: Vergleich der jährlich vermiedenen externen Kosten der Förderjahrgänge 2013 und 2014 (ohne geförderte Anlagen im Ausland)

3.4 Bruttobeschäftigungseffekte in Deutschland

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

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

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

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

Vorgehensweise und Rahmendaten sind, wie auch in den Vorjahren, konsistent mit den im Rahmen von Arbeiten für das Bundesumweltministerium bzw. für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (vgl. z.B. O'Sullivan et al. 2015 und Lehr et al. 2015) verwendeten. Mehr Informationen zum Analyserahmen finden sich in Anhang A.7.

3.4.1 Eingangsdaten

Hinsichtlich der Beschäftigungswirkung ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob die geförderten Investitionen vollumfänglich im Förderjahr zu Beschäftigung führen oder ob sie über mehrere Jahre verteilt beschäftigungswirksam werden. Bei der Mehrzahl der betrachteten Investitionen kann die Wirksamkeit im Förderjahr unterstellt werden. Einzige Ausnahme bei den bisher durchgeführten Evaluierungen sind Offshore-Windenergieprojekte, deren Umsetzung sich auf Grund ihres großen Umfangs über mehrere Jahre hinziehen. So erfolgt der größte Teil der Investitionen bei den im Jahr 2013 geförderten Offshore-Windkraftanlagen nicht im Jahr 2013, sondern erst in den Folgejahren, so dass auch erst in diesen Jahren nennenswerte Beschäftigungswirkungen ausgelöst werden. Um dennoch eine Abschätzung der Beschäftigungseffekte dieser Investitionen durchführen zu können, werden vereinfachend die Parameter (Arbeitsproduktivitäten, Importanteile etc.) des Jahres 2013 verwendet und die so ermittelten Beschäftigungseffekte nur nachrichtlich ausgewiesen. Das Förderprogramm Offshore-Windenergie stand zwar auch im Förderjahr 2014 zur Verfügung, allerdings erfolgten keine Zusagen. Die übrigen im Jahr 2014 geförderten Investitionen können als im Berichtsjahr 2014 beschäftigungswirksam angenommen werden. Die Beschäftigung durch den Betrieb der geförderten Anlagen wurde in allen Technologiebereichen für die auf die Errichtung folgenden 20 Jahre abgeschätzt.

Tabelle 38: Aus KfW-geförderten Anlagen resultierende im Inland wirksame Nachfrage durch Investitionen.

[Mio. € exkl. MwSt.]	KfW-geförderte Anlagen: Investitionen insgesamt		davon im Inland wirksame Nachfrage			
	FJ 2013	FJ 2014	FJ 2013		FJ 2014	
Windenergie an Land	4.159,6	3.717,2	4.120,7	(99,1 %)	3.682,4	(99,1 %)
Photovoltaik	1.016,6	343,8	648,6	(63,8 %)	219,3	(63,8 %)
Solarthermie	5,8	9,7	4,7	(81,9 %)	8,0	(81,9 %)
Wasserkraft	12,0	10,1	12,0	(100,0 %)	10,1	(100,0 %)
Biomasse	117,5	87,6	75,8	(64,5 %)	56,5	(64,5 %)
Biogas¹⁾	33,2	12,2	30,7	(92,5 %)	11,3	(92,5 %)
Geothermie	8,2	49,7	8,2	(100,0 %)	49,7	(100,0 %)
Summe	5.352,8²⁾	4.230,3²⁾	4.900,6	(91,6 %)	4.037,3	(95,4 %)
Nachrichtlich: Windenergie auf See³⁾	1.285,4	-	1.285,4 ³⁾	(100,0 %)	-	

¹⁾ Stromerzeugung mit Biogas.

²⁾ Investitionen in Biogasleitung und -einspeisung, Wärmenetze und -speicher, große Wärmepumpen sowie Stromspeicher werden hier aus methodischen Gründen nicht berücksichtigt. Berücksichtigt man die damit verbundenen Investitionen von 344,5 Mio. € 2013 bzw. 298,3 Mio. € 2014, so ergibt sich die von der KfW im Inland geförderte Gesamtinvestitionssumme von 5.697,3 Mio. € 2013 (ohne Windenergie auf See) und 4.528,7 Mio. € 2014.

³⁾ Der überwiegende Teil der Investitionen wird erst in den Jahren 2014 und 2015 beschäftigungswirksam.

Ausgehend von geschätzten, in den Jahren 2013 und 2014 wirksamen geförderten Investitionsvolumina aus den KfW-Förderprogrammen von knapp 5,4 Mrd. € bzw. 4,2 Mrd. € ergeben sich unter Berücksichtigung der für die einzelnen Bereiche der Erneuerbaren Energien ermittelten Importquoten⁴ für neue Anlagen und Anlagenkomponenten im Inland wirksame geförderte Investitionsnachfragen von 4,9 Mrd. € 2013 und 4,0 Mrd. € 2014 (vgl. Tabelle 38).

Der durchschnittliche jährliche fiktive Aufwand für den Betrieb der in Deutschland in den Jahren 2013 und 2014 geförderten Anlagen wird auf Basis der Referenzanlagen (vgl. Anhang A.5) bei einer unterstellten Lebensdauer von 20 Jahren auf insgesamt knapp 192 Mio. € bzw. 126 Mio. € jährlich geschätzt. Hierfür wurden die jährlichen Betriebskosten der einzelnen Technologien (unter Berücksichtigung der über den Zeitraum 2013 bis 2032 bzw. 2014 bis 2033 angenommenen Preissteigerungen) auf Basis der installierten elektrischen bzw. thermischen Leistung auf die in den Jahren 2013 und 2014 von der KfW unterstützten, neu gebauten Anlagen hochgerechnet.

3.4.2 Ergebnisse

Durch die in den Jahren 2013 und 2014 geförderten und beschäftigungswirksamen Investitionen konnten rund 55.800 bzw. 44.100 Arbeitsplätze (Personenjahre) in Deutschland für ein Jahr gesichert bzw. neu geschaffen werden. Davon fielen 2013 und 2014 21.170 (38,0 %) bzw. 17.340 (39,3 %) direkt in den Branchen an, die Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren (sog. direkte Effekte), und 34.610 (62,0 %) bzw. 26.780 (60,7 %) in den zuliefernden vorgelagerten Branchen der Volkswirtschaft (sog. indirekte Effekte). Abschätzungen der investitionsbedingten Beschäftigungseffekte der Erneuerbaren Energien in Deutschland belaufen sich für das Jahr 2013 auf 230.800 (O'Sullivan et al. 2014), für das Jahr 2014 auf 213.600 (O'Sullivan et al. 2015). Allerdings beinhalten diese Werte auch den Export von Anlagen, Komponenten und Dienstleistungen, weshalb sich die Zahlen nicht direkt miteinander vergleichen lassen.

Im Jahr 2013 wurden rund 44.400 Personen durch den Bau KfW-geförderter Onshore-Windkraftanlagen beschäftigt (entspricht 80 % der gesamten durch die Investitionen ausgelöste Beschäftigung), ca. 9.800 durch Photovoltaikanlagen. Die übrigen Technologien spielten hinsichtlich der Beschäftigungswirkung nur eine untergeordnete Rolle (vgl. Tabelle 39). Produktion und Bau der geförderten Offshore-Windkraftanlagen weisen einen zusätzlichen Beschäftigungseffekt (für die Dauer eines Jahres) in Höhe von rund 15.400 Personen auf, der sich allerdings rechnerisch überwiegend auf die Jahre 2014 und 2015, in denen die Anlagen errichtet werden, verteilt.

Im Jahr 2014 nahm das Übergewicht der Onshore-Windenergie noch weiter zu: 39.300 Personen entsprechen 88 % der gesamten durch den Bau KfW-geförderter Projekte ge-

⁴ Zur Vorgehensweise der Ermittlung der Importquoten vgl. Lehr et al. (2015), insbesondere Kapitel 2.

schaffenen Beschäftigung, gefolgt von knapp 3.200 Personen im Bereich Photovoltaik (vgl. Tabelle 40).

Tabelle 39: Durch im Jahr 2013 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.

Personenjahre (gerundet)	Investitionen		Betrieb (20 Jahre)		Summe ²⁾	
	Direkt	Indirekt	Direkt	Indirekt		
Windenergie an Land	17.240	27.150	12.860	18.890	76.130	80,0%
Photovoltaik	3.150	6.680	1.320	3.330	14.490	15,2%
Solarthermie	20	40	10	10	80	0,1%
Wasserkraft	50	70	20	50	200	0,2%
Biomasse	500	410	580	990	2.490	2,6%
Biogas¹⁾	160	200	360	550	1.270	1,3%
Geothermie	50	60	120	250	480	0,5%
Summe²⁾	21.170	34.610	15.280	24.090	95.150	100,0%
	22,3%	36,4%	16,1%	25,3%	100,0%	
Nachrichtlich: Windenergie auf See³⁾	6.400	8.970	3.170	4.200	22.730	

¹⁾ Stromerzeugung mit Biogas.

²⁾ Abweichungen durch Rundung möglich.

³⁾ Der überwiegende Teil der Investitionen wird erst in den Jahren 2014 und 2015 beschäftigungswirksam.

Die Abschätzungen zu den Beschäftigungswirkungen, die durch den Betrieb der geförderten Anlagen ausgelöst werden, haben stärker den Charakter von Modellrechnungen. Es wird eine Lebensdauer der geförderten Anlagen von 20 Jahren und eine über diesen Zeitraum gleiche zeitliche Verteilung der Betriebskosten unterstellt. Bei zu treffenden Annahmen über die Entwicklung der Arbeitsproduktivität in diesem Zeitraum und der Annahme einer sich nicht ändernden Verflechtungsstruktur der Wirtschaftssektoren ergibt sich dann über den gesamten Zeitraum ein induziertes Beschäftigungsvolumen von 39.400 Personenjahren für die im Jahr 2013 geförderten Anlagen und 30.700 Personenjahren für die im Jahr 2014 unterstützten Anlagen. Dies entspricht rund 1.970 bzw. 1.530 Personen jährlich. Wie Tabelle 39 und Tabelle 40 zeigen, entfällt der größte Teil der betriebsbedingten Beschäftigung 2013 und 2014 mit 1.590 bzw. 1.330 Personen pro Jahr (oder 31.750 bzw. 26.520 Personenjahren über eine Nutzungsdauer von 20 Jahren) auf Onshore-Windkraftanlagen. Photovoltaik liegt 2013 mit ca. 230 Personen pro Jahr (4.650 Personenjahren über 20 Jahre) mit deutlichem Abstand auf dem zweiten Platz, und fällt 2014 noch hinter Anlagen zur Nutzung von Biomasseanlagen auf Platz drei zurück. Nach Inbetriebnahme der im Jahr 2013 geförderten Offshore-Windkraftanlagen wird deren Be-

trieb über 20 Jahre jeweils 369 Personen beschäftigen, was in Summe 7.370 Personenjahren entspricht.

Eine Abschätzung der mit dem Brennstoffeinsatz verbundenen Beschäftigungswirkungen über die gesamte Nutzungsdauer der Anlagen (20 Jahre) ist derzeit nicht möglich. So fehlen beispielsweise belastbare Daten zur typischen Substratzusammensetzung von Biogasanlagen. Darüber hinaus sind sowohl Preisentwicklung als auch zukünftige regionale Herkunft (Inland, Ausland) der Brennstoffe nur sehr schwer absehbar.

Tabelle 40: Durch im Jahr 2014 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.

Personenjahre (gerundet)	Investitionen		Betrieb (20 Jahre)		Summe ²⁾	
	Direkt	Indirekt	Direkt	Indirekt		
Windenergie an Land	15.360	23.940	10.750	15.770	65.820	88,0%
Photovoltaik	1.190	1.990	360	910	4.460	6,0%
Solarthermie	20	60	10	20	120	0,2%
Wasserkraft	40	60	20	50	170	0,2%
Biomasse	360	300	490	840	2.000	2,7%
Biogas¹⁾	60	70	160	240	520	0,7%
Geothermie	300	350	340	710	1.710	2,3%
Summe²⁾	17.340	26.780	12.140	18.540	74.810	100,0%
	23,2%	35,8%	16,2%	24,8%	100,0%	

¹⁾ Stromerzeugung mit Biogas.

²⁾ Abweichungen durch Rundung möglich.

Tabelle 41: Durch KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland nach Förderprogrammen.

Personenjahre (gerundet)	FJ 2013			FJ 2014		
	Investition	Betrieb	Summe	Investition	Betrieb	Summe
EE Standard	54.770	38.110	92.890	42.150	28.080	70.230
EE Speicher	330	160	490	590	240	830
EE Premium	680	1.090	1.770	1.380	2.370	3.750
Summe¹⁾	55.780	39.360	95.150	44.120	30.680	74.810
Nachrichtlich: Offshore	15.360	7.370	22.730			

¹⁾ Abweichungen durch Rundung möglich.

Tabelle 41 zeigt die Aufteilung der in Deutschland ausgelösten Beschäftigung auf die verschiedenen Förderprogramme.

Fasst man das durch die Förderung in den Jahren 2013 und 2014 wirksame induzierte Nachfragevolumen (Investitionen und Betrieb) zusammen, ergibt sich über einen Zeitraum von 20 Jahren ein Beschäftigungsvolumen von rund 95.000 bzw. 75.000 Personenjahren. Hiervon fallen in beiden Jahren rund 59 % als Investitionseffekt im selben Jahr an, der Rest als Betriebseffekt verteilt über 20 Jahre mit jährlichen Volumina von rund 1.970 bzw. 1.530 Personenjahren.

Die Anteile der auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit weniger als 500 Beschäftigten entfallenden Arbeitsplätze wurden anhand von Daten des Instituts für Mittelstandsforschung abgeschätzt (IfM 2012). Dafür wurde die Verteilung der Beschäftigten in unterschiedlich großen Unternehmen nach Wirtschaftssektoren herangezogen, aus der sich die relativen Anteile der Beschäftigten nach Unternehmensgröße ableiten lassen. Mit Hilfe dieser relativen Anteile lässt sich die Zahl der indirekt Beschäftigten in KMU aus den mit der Input-Output-Tabelle berechneten (indirekten) Beschäftigten in den „traditionellen“ Wirtschaftssektoren (z. B. Baugewerbe) berechnen. Schwierig gestaltet sich dagegen die Abschätzung der direkt Beschäftigten in KMU, da für die „neuen“ Sektoren keine Daten zur Beschäftigung nach Unternehmensgröße vorliegen. Für die verschiedenen EE-Sparten lässt sich der Mittelstandsanteil deshalb nur grob abschätzen; hierfür wurde der relative Anteil für den Sektor „Verarbeitendes Gewerbe“ angenommen.

Von den 2013 insgesamt 95.150 für die Dauer eines Jahres gesicherten bzw. neu geschaffenen Arbeitsplätzen entfallen 74,4 % auf kleine und mittlere Unternehmen und 34,5 % auf Kleinunternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten. Im Jahr 2014 entfallen 74,2 % der 74.810 Arbeitsplätze auf kleine und mittlere Unternehmen, 34,2 % auf Kleinunternehmen.

3.4.3 Vergleich der Förderjahrgänge 2013 und 2014

Die Entwicklung der ermittelten Beschäftigungswirkungen spiegelt die Tendenzen im Fördergeschehen wider: Sowohl 2013 als auch 2014 dominieren Onshore-Windkraftanlagen die Beschäftigungseffekte, sowohl bei den Investitions- als auch bei den Betriebseffekten.

Wie Abbildung 6 und Abbildung 7 verdeutlichen, gehen die durch den Bau und den Betrieb von Photovoltaikanlagen ausgelösten Effekte weiterhin stark zurück. Während die Photovoltaik 2014 bei den Investitionen noch deutlich vor Biomasse und Geothermie liegt, sind im selben Jahr die Beschäftigungseffekte aus dem Betrieb bei allen drei Sparten auf annähernd demselben Niveau. Der Grund dafür liegt in den im Vergleich zu Biomasse und Geothermie niedrigen Betriebsaufwendungen für PV-Anlagen.

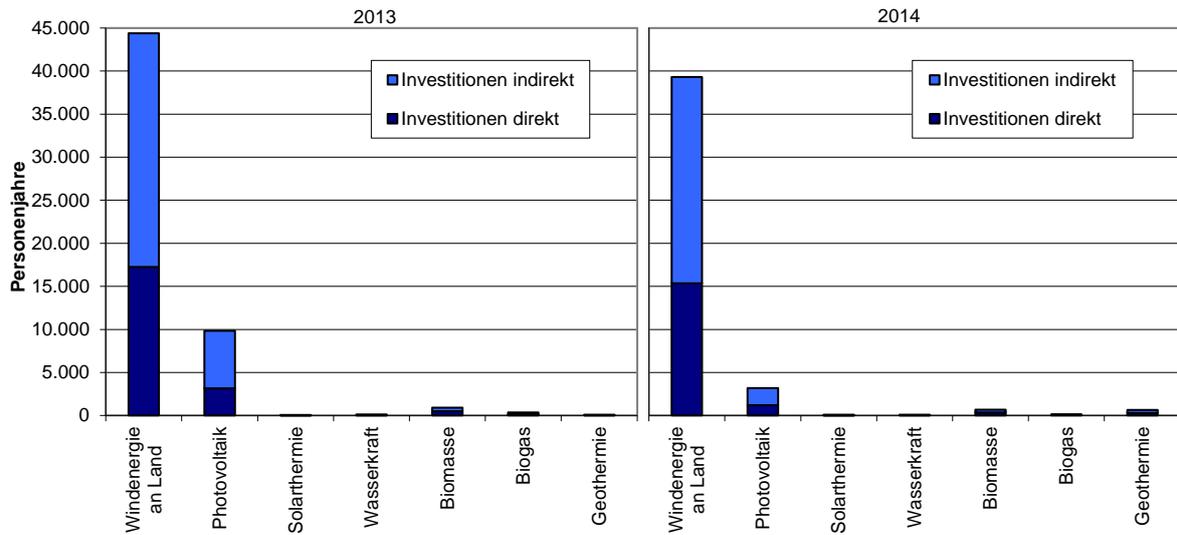


Abbildung 6: Durch die 2013 und 2014 getätigten Investitionen in KfW-geförderte Anlagen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.

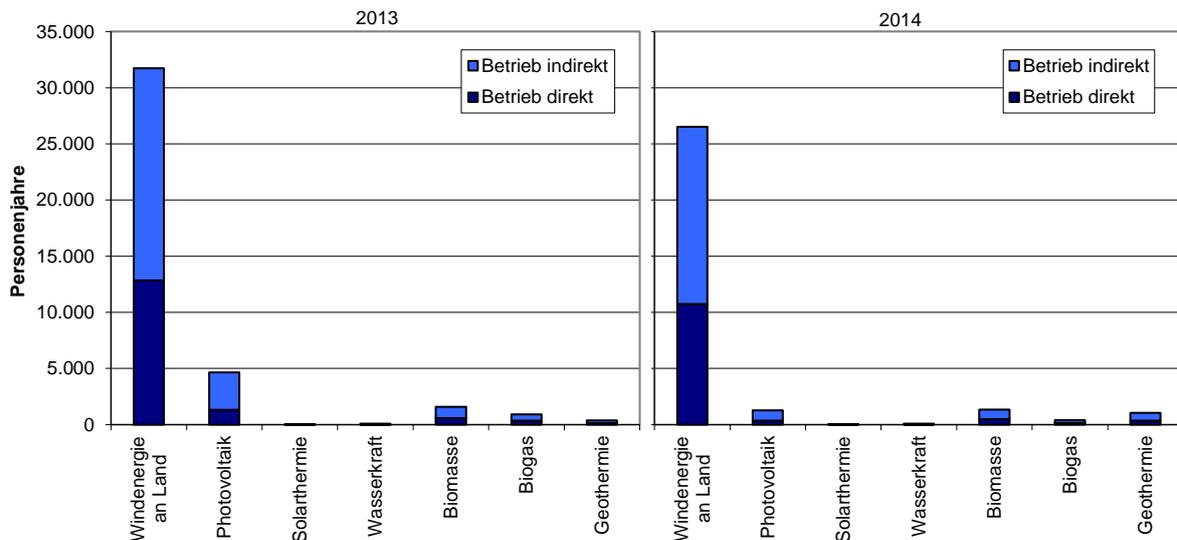


Abbildung 7: Durch den Betrieb von im Jahr 2013 und 2014 KfW-geförderten Anlagen in Deutschland ausgelöste Beschäftigung über einen Zeitraum von 20 Jahren.

4 Wirkungen durch geförderte Anlagen im Ausland

4.1 Investitionsvolumen und geförderte Leistung

4.1.1 Ausgelöstes Investitionsvolumen und geförderte Leistung

Im Rahmen des Programms „EE Standard“ werden auch Anlagen im Ausland gefördert. Im Jahr 2013 wurden in diesem Rahmen 76 Darlehen mit einem Darlehensvolumen von 750 Mio. € gewährt und ein Investitionsvolumen von 992 Mio. € mitfinanziert. Im Jahr 2014 wurden 106 Darlehen für Vorhaben im Ausland bereitgestellt. Das Darlehensvolumen betrug hier 1.001 Mio. €, womit Investition in Höhe von insgesamt 1.886 Mio. € mitfinanziert wurden. Tabelle 42 und Tabelle 43 zeigen für die jeweiligen Förderjahre das geförderte Investitionsvolumen sowie die geförderte elektrische Leistung nach Verwendungszweck und Land.

Tabelle 42: Im Jahr 2013 durch das KfW-Programm Erneuerbare Energien „Standard“ im Ausland gefördertes Investitionsvolumen und elektrische Leistung nach Verwendungszweck und Land.

Förderjahr 2013 (exkl. MwSt)	Photovoltaik		Wasserkraft		Windenergie an Land		Summe	
	Mio. €	MW _{el}	Mio. €	MW _{el}	Mio. €	MW _{el}	Mio. €	MW _{el}
Frankreich	235,7	145,1	-	-	399,9	285,5	635,6	430,6
Großbritannien	79,1	49,3	-	-	-	-	79,1	49,3
Italien	65,6	44,4	-	-	-	-	65,6	44,4
Österreich	2,2	1,7	51,3	28,7	53,5	33,1	107,0	63,5
Rumänien	25,4	14,9	-	-	-	-	25,4	14,9
Schweden	-	-	-	-	79,6	84,6	79,6	84,6
Summe	408,1	255,4	51,3	28,7	532,9	403,2	992,3	687,3

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 43: Im Jahr 2014 durch das KfW-Programm Erneuerbare Energien „Standard“ im Ausland gefördertes Investitionsvolumen und elektrische Leistung nach Verwendungszweck und Land.

Förderjahr 2014 (exkl. MwSt)	Photovoltaik		Wasserkraft		Windenergie an Land		Summe	
	Mio. €	MW _{el}	Mio. €	MW _{el}	Mio. €	MW _{el}	Mio. €	MW _{el}
Finnland	-	-	-	-	64,6	39,6	64,6	39,6
Frankreich	411,7	336,5	-	-	499,9	341,1	911,6	677,6
Großbritannien	-	-	-	-	114,7	56,3	114,7	56,3
Italien	-	-	-	-	54,9	46,3	54,9	46,3
Kanada	-	-	-	-	80,0	38,2	80,0	38,2
Niederlande	-	-	-	-	398,0	195,0	398,0	195,0
Österreich	0,1	0,1	20,7	5,4	-	-	20,7	5,5
Schweden	-	-	-	-	240,0	144,0	240,0	144,0
Tschechische Republik	-	-	1,3	0,2	-	-	1,3	0,2
Summe	411,7	336,6	21,9	5,6	1.452,2	860,5	1.885,8	1.202,7

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

4.1.2 Vergleich der Förderjahrgänge 2013 und 2014

Abbildung 8 illustriert, dass im Jahresvergleich insbesondere die KfW-geförderten Auslandsinvestitionen in Windkraftanlagen stark gewachsen sind, während sich die Investitionen im Photovoltaikbereich als weitgehend konstant erwiesen.

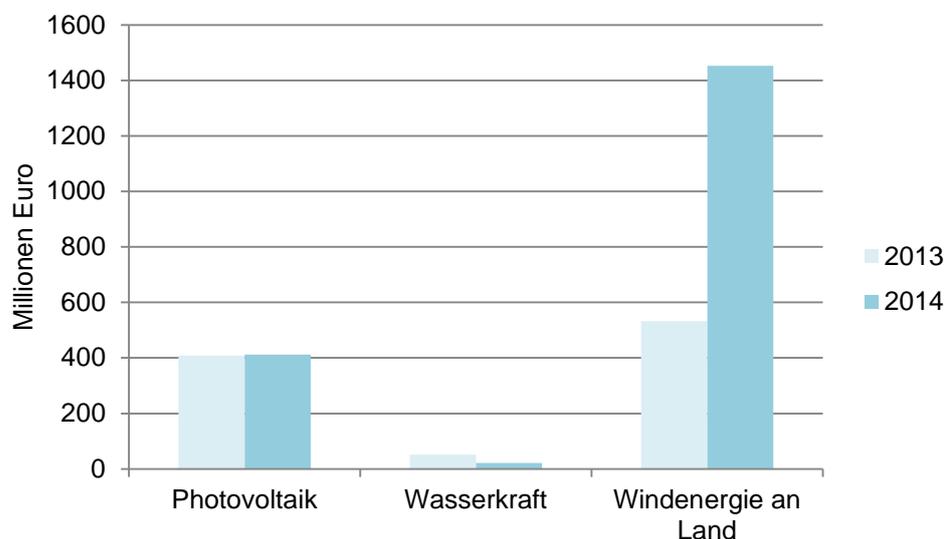


Abbildung 8: In den Jahren 2013 und 2014 im Ausland durch das KfW-Programm Erneuerbare Energien „Standard“ gefördertes Investitionsvolumen.

4.2 Vermiedene Treibhausgasemissionen

In Kapitel 3.3 wurde für die von der KfW in Deutschland geförderten EE-Anlagen die Vermeidung von Emissionen und Luftschadstoffen ermittelt. Die zugrundeliegenden Parameter sind das Ergebnis umfangreicher und bereits langjährig etablierter Vorstudien (UBA 2015, Klobasa 2013). Im Hinblick auf die primär im europäischen Ausland von der KfW geförderten EE-Vorhaben muss festgehalten werden, dass eine vergleichbare und konsistente Methodik für die Länder der EU nicht vorliegt. Im Rahmen des vorliegenden Vorhabens wurde deshalb eine Herangehensweise gewählt, mit der die Einspareffekte näherungsweise abgebildet werden können. Für weitere Details zur Methodik wird auf den Anhang A.3 verwiesen.

Die im Jahr 2013 geförderten Anlagen mit Standort im Ausland vermeiden pro Jahr rund 0,2 Mio. t CO₂-Äquivalente (vgl. Tabelle 44). Davon entfällt mit 0,1 Mio. t rund die Hälfte auf die Photovoltaik. Insgesamt tragen die in Frankreich geförderten Anlagen mehr als ein Drittel der Minderungswirkung des Förderjahrgangs 2013 bei.

Tabelle 44: Vermiedene Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalente) für geförderte Anlagen mit Standort im Ausland nach Ländern und Verwendungszweck für das Förderjahr 2013.

[1.000 t/a]	Photovoltaik	Wasserkraft	Windenergie an Land	Summe
Frankreich	21,4	-	56,9	78,3
Großbritannien	24,5	-	-	24,5
Italien	41,0	-	-	41,0
Österreich	0,5	25,3	14,2	40,0
Rumänien	17,5	-	-	17,5
Schweden	-	-	7,8	7,8
Summe	104,8	25,3	78,9	209,0

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Für die im Jahr 2014 geförderten Anlagen mit Standort im Ausland ist pro Jahr mit einer Einsparung von 0,6 Mio. t CO₂-Äquivalenten zu rechnen. Davon entfallen rund 90 % auf die geförderten Windenergieanlagen (vgl. Tabelle 45).

Ein großer Teil der Steigerung gegenüber dem Förderjahr 2013 geht auf die geförderten Windenergieanlagen in den Niederlanden zurück, die mit 0,3 Mio. t rund die Hälfte der Gesamteinsparung des Förderjahrgangs 2014 ausmachen.

Tabelle 45: Vermiedene Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalente) für geförderte Anlagen mit Standort im Ausland nach Ländern und Verwendungszweck für das Förderjahr 2014.

[1.000 t/a]	Photovoltaik	Wasserkraft	Windenergie an Land	Summe
Finnland	-	-	23,3	23,3
Frankreich	49,7	-	68,0	117,7
Großbritannien	-	-	84,7	84,7
Italien	-	-	54,9	54,9
Kanada	-	-	7,2	7,2
Niederlande	-	-	303,7	303,7
Österreich	0,03	4,8	-	4,8
Schweden	-	-	13,3	13,3
Tschechische Republik	-	0,5	-	0,5
Summe	49,7	5,2	555,1	610,0

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Literaturverzeichnis

- AGEB 2013 AG Energiebilanzen e.V.: Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2011 und 2012. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Berlin, November 2013.
- BDH & BSW 2015 Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH), Bundesverband Solarwirtschaft (BSW): 2 Millionen Solarheizungen in Betrieb. Pressemitteilung Februar 2015.
- BMU 2007 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Kosten und Nutzen des Energie- und Klimaprogramms der Bundesregierung. Berlin, Oktober 2007.
- BMU 2012 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung. Berlin, Stand Juli 2012.
- BMU 2013 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung. Berlin, Oktober 2013.
- BMWi 2014 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2013. Berlin, Stand Oktober 2014.
- BMWi 2015a Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Zahlen und Fakten – Energiedaten. Nationale und internationale Entwicklung. Berlin, Stand 19. Mai 2015.
- BMWi 2015b Bundesministerium für Wirtschaft und Energie(Hrsg.): Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2014. Berlin, Stand August 2015.
- Breitschopf et al. 2012 Breitschopf, B.; Klobasa, M.; Steinbach, J.; Sensfuß, F.; Diekmann, J.; Lehr, U.; Horst, J.: Monitoring der Kosten und Nutzenwirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich im Jahr 2011. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Juni 2012.
- Breitschopf und Memmler 2012 Breitschopf, B., Memmler, M.: Ermittlung vermiedener Umweltschäden - Hintergrundpapier zur Methodik - im Rahmen des Projekts „Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien“. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Juni 2012.
- BSW 2013 Bundesverband Solarwirtschaft: Statistische Zahlen der deutschen Solarwärmebranche (Solarthermie). Berlin, Februar 2013.
- DBFZ 2013 Deutsches BiomasseForschungsZentrum (DBFZ): Stromerzeugung aus Biomasse (Vorhaben Ila Biomasse). Kurzbericht Februar 2013.
- DEWI 2015 DEWI UL International GmbH: Status der Windenergienutzung in Deutschland – Stand 31.12.2014.
- EU 2014 Büro des Konvents der Bürgermeister & der Gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Kommission: Leitlinien zur Berichterstattung über den Aktionsplan für nachhaltige Energie. Mai 2014.
- EWI 2011 Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln: Roadmap 2050 – a closer look. Cost-efficient RES-E penetration and the role of grid extensions. Köln, Oktober 2011.

- IEA 2014 International Energy Agency: CO₂ Emissions from fuel combustion, 2014 edition.
- IFEU, ZSW 2010 Pehnt, M.; Bödeker, J.; Kelm, T.: Biogasleitungen und Biogasaufbereitung im Marktanreizprogramm. Papier im Rahmen des Projektes „Perspektiven des MAP“. IFEU, ZSW, Heidelberg, Stuttgart, 2010.
- IfM 2012 Institut für Mittelstandsforschung: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Betrieben 2010 nach Wirtschaftszweigen gemäß WZ 2008 laut Bundesagentur für Arbeit. Bonn. www.ifm-bonn.org/assets/documents/BA_Besch_WZ_GrKI_2010.pdf [Stand 15.06.2012].
- ISI 2011 Fraunhofer ISI et al: RE-Shaping. Long Term Potentials and Costs of RES, Part I: Potentials, Diffusion and Technological learning. D10 Report. Mai 2011.
- Klobasa et al. 2009 Klobasa, M; Sensfuß, F.; Ragwitz, M.: CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2006 und 2007. Bericht im Auftrag des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW). Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe, Februar 2009.
- Klobasa et al. 2013 Klobasa, M; Sensfuß, F.: CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Jahr 2010 und 2011. Bericht im Auftrag des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW). Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe, Mai 2013.
- Lehr et al. 2015 Lehr, U.; Ulrich, P.; Lutz, C., Thobe, I. (GWS); Edler, D. (DIW); O’Sullivan, M.; Simon, S.; Naegler, T., Pfenning, U. (DLR); Peter, F., Sakowski, F. (Prognos); Bickel, P. (ZSW): Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb, heute und morgen. Endbericht, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Juni 2015.
- NEEDS 2009 New Energy Externalities Developments for Sustainability. Deliverable no 6.1 – RS1a: External Costs from emerging electricity generation technologies. März 2009.
- Nitsch et al. 2012 Nitsch J., Pregger T., Naegler T., Heide D., de Tena D.; Trieb F., Scholz Y., Nienhaus K., Gerhardt N., Sterner M., Trost T., von Oehsen A., Schwinn R., Pape C., Hahn H., Wickert M., Wenzel B.: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Schlussbericht. Stuttgart, März 2012.
- O’Sullivan et al. 2014 O’Sullivan, M., Edler, D., Bickel, P., Lehr, U., Peter, F., Sakowski, F.: Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2013 - eine erste Abschätzung. Stand: Mai 2014.
- O’Sullivan et al. 2015 O’Sullivan, M.(DLR), Lehr, U. (GWS), Edler, D. (DIW): Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland und verringerte fossile Brennstoffimporte durch erneuerbare Energien und Energieeffizienz – Zulieferung für den Monitoringbericht 2015. Stand: September 2015.
- Prognos et al. 2014 Prognos AG, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforshung mbH (GWS): Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose. Projekt Nr. 57/12 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Berlin, Basel/Köln/Osnabrück, Juni 2014.
- RWTH 2015 RWTH Aachen, Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe: Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher. Jahresbericht 2015. Aachen, 2015.

Statistisches Bundesamt 2014

Statistisches Bundesamt: Input-Output-Rechnung 2010, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Fachserie 18, Reihe 2, Artikelnummer: 2180200107004. Wiesbaden 2014.

Statistisches Bundesamt 2015

Statistisches Bundesamt: Input-Output-Rechnung 2010 (Revision 2014), Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Fachserie 18, Reihe 2, Artikelnummer: 2180200107014. Wiesbaden 2015.

UBA 2009

Umweltbundesamt: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Dessau-Roßlau, Oktober 2009.

UBA 2012a

Umweltbundesamt: Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten. Dessau-Roßlau, August 2012.

UBA 2012b

Umweltbundesamt: Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung. Anhang B der „Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten“. Dessau-Roßlau, August 2012.

UBA 2013

Umweltbundesamt: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Aktualisierte Anhänge 2 und 4 der Veröffentlichung UBA (2009). Stand Juli 2013.

UBA 2014

Umweltbundesamt: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger 2013. Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2013. Dessau-Roßlau, November 2014.

UBA 2015

Umweltbundesamt: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Aktualisierte Emissionsfaktoren. Veröffentlichung in Vorbereitung.

Anhang

A.1 Ermittlung der Einsparung fossiler Energieträger durch geförderte Anlagen mit Standort in Deutschland

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

- zeitliche Struktur der Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien (speziell Strommarkt),
- geographische Verteilung von regenerativen Erzeugungssystemen (speziell Wärmemarkt),
- Wirkungsgrade der regenerativen und der fossilen Energiebereitstellung und im Anlagenbetrieb tatsächlich erreichbare Nutzungsgrade,
- 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 CO₂-Abtrennungs- und Speichertechnologien im Kraftwerksbereich) und ökonomischer Sicht (speziell Preise für fossile Energieträger).⁵

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

Die Frage, in welchem Umfang konventionelle Energieträger durch diese Quellen substituiert werden, lässt sich somit nur anhand von Zeitschrittsimulationen (z. B. in stündlicher Auflösung) durchführen, indem der Kraftwerkseinsatz zur Deckung der Stromnachfrage zunächst ohne und anschließend unter Berücksichtigung der Nutzung Erneuerbarer Energien betrachtet wird. Mit anderen Worten: Die Strombereitstellung wird für die 8.760 Stunden eines Jahres einmal ohne und einmal mit Berücksichtigung fluktuierender Er-

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

neuerbarer Energien simuliert. Die Differenz der beiden Brennstoffbilanzen stellt dann das Substitutionspotenzial dar.

Die daraus resultierenden Substitutionseffekte konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien in Deutschland sind ausführlich im Rahmen eines Gutachtens für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien - Statistik (AGEE-Stat) untersucht worden, das vom Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung erstellt wurde (Klobasa et al. 2009) und auf dessen Aktualisierung sich die weiteren Ausführungen beziehen. Zum Zeitpunkt der Berichterstellung liegen aktuelle Substitutionsfaktoren für das Bezugsjahr 2014 vor (vgl. UBA 2015). Damit werden einheitlich die Wirkungen der beiden Förderjahre 2013 und 2014 ermittelt. Die für die einzelnen Technologien zur erneuerbaren Stromerzeugung angesetzten Substitutionsbeziehungen können Tabelle 46 entnommen werden:

Tabelle 46: Substitution konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien - Bezugsjahr 2014 (UBA 2015).

	Substitution				
	Kernenergie	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl
Windenergie an Land	2,0%	4,0%	69,5%	24,5%	0,0%
Windenergie auf See	0,1%	3,5%	80,0%	16,6%	0,0%
Wasserkraft	0,9%	3,7%	74,8%	20,7%	0,0%
Feste Biomasse	0,5%	3,6%	76,9%	19,0%	0,0%
Photovoltaik	1,2%	3,0%	71,7%	24,1%	0,0%
Biogas	1,1%	3,7%	73,4%	21,8%	0,0%
Geothermie	0,5%	3,6%	76,9%	19,0%	0,0%

Um von den substituierten Strommengen auf die eingesparten fossilen Energieträger zu schließen, werden Primärenergiefaktoren verwendet (vgl. Tabelle 47). Die Primärenergiefaktoren geben an, wie viele Einheiten fossile Primärenergie (einschließlich der Vorketten) eingesetzt werden müssen, um eine Einheit Strom bereitzustellen. In die Primärenergiefaktoren gehen zum Großteil die Wirkungsgrade der direkten Energieumwandlung im Kraftwerk ein.

Tabelle 47: Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Strom - Bezugsjahr 2014 (UBA 2015).

Energieträger	Primärenergieverbrauch (fossil) in kWh_{Prim}/kWh_{el}
Braunkohle	2,60
Steinkohle	2,73
Erdgas	1,97
Mineralöl	3,12
Wasserkraft	0,01
Windenergie an Land	0,02
Windenergie auf See	0,01
Photovoltaik	0,22
Geothermie	0,28
Feste Biomasse	0,09
Biogas	0,26

Anmerkung: Für Kernenergie liegen keine Primärenergiefaktoren vor; die eingesparten Brennstoffkosten sind auf Grund der geringen für den Betrieb von Kernkraftwerken erforderlichen Mengen vernachlässigbar.

Neben den direkten Effekten ist methodisch auch die energetische Bilanzierung indirekter Effekte von Bedeutung und mit in die Primärenergiefaktoren einbezogen. Darunter sind vor-, parallel- und nachgelagerte Prozesse zu verstehen, die in Lebenszyklusanalysen einfließen und sämtliche Energiebedarfe für die Erstellung der Anlagen, die Aufbereitung und Bereitstellung von Brennstoffen sowie Abriss, Recycling und Entsorgung von Altanlagen berücksichtigen (siehe z. B. GEMIS). Im Bereich der fossilen Energien handelt es sich im Wesentlichen um den Energieaufwand für die Aufbereitung und Bereitstellung von Brennstoffen, seitens der Erneuerbaren Energien ist es die Herstellung von Anlagen, weil hier – mit Ausnahme von Bioenergien – ein Brennstoffkreislauf entfällt. Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Sekundäreffekten. Zu nennen ist beispielsweise der energetische Aufwand bei der Einbindung fluktuierender Energieträger, wie z. B. Wind, in elektrische Netze, weil hier im konventionellen Erzeugungssystem ein erhöhter Bedarf an sog. Regelenergie bzw. -leistung besteht, der zu einem zusätzlichen energetischen Aufwand durch das An- und Abfahren von Kraftwerken und Teillastbetrieb führt. Gegebenenfalls müssen auch Windenergieanlagen zur Gewährleistung der Netzstabilität abgeregelt werden. Dies wird in den folgenden Berechnungen für die beiden fluktuierenden Energieträger Windkraft und Photovoltaik über einen Abschlag von 7 % für den Regelenergieaufwand berücksichtigt (UBA 2009, UBA 2014).

Mit der vorliegenden Substitutionsmethodik wird auch für die einzelnen erneuerbaren Energieträger im Wärmesektor differenziert ermittelt, welche fossilen Energieträger eingespart werden. Die für die einzelnen Technologien zur erneuerbaren Wärmebereitstellung angesetzten Substitutionsbeziehungen sind in Tabelle 48 dargestellt:

Tabelle 48: Substitution konventioneller Energieträger durch die Wärmeerzeugung mit Erneuerbaren Energien - Bezugsjahr 2014 (UBA 2015).

	Heizöl	Erdgas	Steinkohle	Braunkohle	Fernwärme	Strom
Solarthermie	44,9%	50,6%	0,0%	0,0%	1,6%	2,9%
Wärmepumpen	43,2%	47,2%	0,5%	1,5%	4,4%	3,2%
Biogas	56,3%	42,4%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%
Feste Biomasse in Heiz(kraft)werken	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Geothermie	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%

Die Substitution von Fernwärme und Heizstrom als Sekundärenergieträger zur Wärmebereitstellung wird zur Ermittlung der eingesparten fossilen Energieträger auf die Energieträger Erdgas, Steinkohle und Braunkohle umgerechnet. Für Strom wird angesetzt, dass sich dieser zu jeweils 50 % aus den Primärenergieträgern Steinkohle und Erdgas zusammensetzt. Für Fernwärme wird anhand von BMWi (2015a) eine Verteilung von 56 % Erdgas, 33 % Steinkohle sowie 11 % Braunkohle angesetzt (ohne Substitution von Müll und Erneuerbaren Energien).

Analog zum Vorgehen im Stromsektor werden zur Berechnung der fossilen Primärenergieeinsparung im Wärmesektor Primärenergiefaktoren verwendet. Die Faktoren geben an, wie viele Einheiten fossile Primärenergie (einschl. Vorketten) zur Bereitstellung einer Einheit Endenergie zur Wärmebereitstellung einzusetzen sind (vgl. Tabelle 49).

Tabelle 49: Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Wärme – Bezugsjahr 2014 (UBA 2015).

Energieträger	Primärenergieverbrauch (fossil) in kWh _{Prim} /kWh _{End}
Erdgas	1,15
Heizöl	1,17
Braunkohle	1,22
Steinkohle	1,38
Fernwärme (einschließlich Netzverluste)	1,22
Strom	1,62
Solarthermie	0,09
Wärmepumpen	0,55
Biogas	0,07
Feste Biomasse	0,04
Geothermie	0,42

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

Die in Tabelle 46 und Tabelle 48 angeführten Substitutionsfaktoren werden für die folgenden Berechnungen über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren als konstant angesetzt. Änderungen in der Struktur der substituierten fossilen Energieträger werden somit nicht betrachtet. Analog dazu erfolgt die Abschätzung der vermiedenen Treibhausgasemissionen über einen statischen Ansatz, d.h. mittels über den Betrachtungszeitraum konstanten Parametern.

A.2 Ermittlung vermiedener Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen für geförderte Anlagen mit Standort in Deutschland

Die Methodik zur Ermittlung der vermiedenen Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen baut auf den Berechnungen zu den eingesparten fossilen Energieträgern auf (vgl. Anhang A.1) und verwendet die von UBA (2015) ermittelten Emissionsfaktoren. Die Berechnungen des UBA konzentrieren sich vor allem aus Gründen der Datenlage und methodischen Unsicherheiten auf eine Auswahl der wichtigsten Treibhausgase und Luftschadstoffe. Diese werden auch für die vorliegende Evaluierung betrachtet. Im Einzelnen sind dies:

- Treibhausgase (CO₂, CH₄, N₂O sowie das daraus ermittelte CO₂-Äquivalent)
- Säurebildner (SO₂, NO_x sowie das daraus ermittelte SO₂-Äquivalent)
- Vorläuferstoffe für bodennahes Ozon (NMVOC) und
- Feinstaub.

Zur Ermittlung der CO₂- bzw. SO₂-Äquivalente wurden folgende Treibhausgas- bzw. Versauerungspotenziale zugrunde gelegt:

Tabelle 50: Relatives Treibhauspotenzial von Treibhausgasen (CO₂, CH₄, N₂O) bzw. Versauerungspotenzial (SO₂, NO_x) von Säurebildnern.

Gas		Relatives Treibhauspotenzial ⁶ bzw. Versauerungspotenzial ⁷
CO ₂	Kohlendioxid	1
CH ₄	Methan	21
N ₂ O	Distickstoffoxid	310
SO ₂	Schwefeldioxid	1
NO _x	Stickoxide	0,7

Die Einsparfaktoren gehen auf die in Anhang A.1 dargestellten Substitutionsfaktoren zurück (vgl. Tabelle 46 und Tabelle 48). Je nachdem zu welchen Anteilen fossile Energieträger substituiert werden, ergeben sich für die erneuerbaren Energieträger unterschiedlich hohe Einsparfaktoren. Die verwendeten Einsparfaktoren aus UBA (2015) sind **Netto-Einsparfaktoren**: Es wird also bilanziert, wie hoch die Einsparung aus der Substitution fossiler Energieträger abzüglich der durch die EE-Nutzung verursachten Emissionen ist.

Grundlage für die Netto-Einsparfaktoren sind die Emissionen, die im Zusammenhang mit der Nutzung fossiler und erneuerbarer Energieträger entstehen. Bilanziert werden neben den direkt aus dem Anlagenbetrieb resultierenden Emissionen (direkte Emissionen) auch diejenigen Emissionen, die in der jeweiligen Vorkette entstehen (indirekte Emissionen).

⁶ Bezogen auf einen Zeithorizont von 100 Jahren mit CO₂ als Referenzsubstanz.

⁷ Bezogen auf SO₂ als Referenzsubstanz.

Für die Technologien zur Stromerzeugung wurden folgende Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen genutzt (vgl. Tabelle 51):

Tabelle 51: Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffemissionen für die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien – Bezugsjahr 2014 (UBA 2015).

[g/kWh _{el}]	Wasser- kraft	Wind- energie an Land	Windenergie auf See	Photo- voltaik	Geo- thermie	Feste Biomasse	Biogas
CO ₂	757,7	675,2	728,8	637,3	561,9	757,3	682,2
CH ₄	2,60	2,29	2,51	2,24	2,37	2,55	-8,47
N ₂ O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	-0,01	-0,36
CO ₂ -Äquivalente	826,3	735,7	794,8	696,2	621,9	817,8	363,6
SO ₂	0,38	0,32	0,37	0,28	0,26	0,26	-0,17
NO _x	0,54	0,49	0,51	0,44	0,33	-0,25	-1,14
SO ₂ -Äquivalente	0,76	0,66	0,72	0,58	0,49	0,09	-0,96
Feinstaub	0,03	0,02	0,02	-0,01	0,01	-0,04	-0,06
NM VOC	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	-0,15	-0,12

Die entsprechenden Faktoren für die Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien zeigt die folgende Tabelle 52:

Tabelle 52: Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffemissionen für die Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien – Bezugsjahr 2014 (UBA 2015).

[g/kWh _{End}]	Biomasse Heiz(kraft)werk	Biogas BHKW	Solarthermie	Geothermie	Wärmepumpe
CO ₂	234,1	257,6	252,8	259,5	85,9
CH ₄	0,37	-2,34	0,56	0,57	0,15
N ₂ O	-0,03	-0,09	0,00	0,01	-0,01
CO ₂ -Äquivalente	233,4	171,6	267,6	276,3	87,6
SO ₂	0,08	0,07	0,13	0,20	0,07
NO _x	-0,61	-0,20	0,18	0,27	0,02
SO ₂ -Äquivalente	-0,34	-0,07	0,25	0,39	0,08
Feinstaub	-0,10	-0,01	-0,01	0,03	0,01
NM VOC	-0,49	0,02	0,04	0,02	0,05

A.3 Ermittlung vermiedener Treibhausgasemissionen für geförderte Anlagen mit Standort im Ausland

Für die betrachteten Länder, in denen außerhalb Deutschlands KfW-geförderte Anlagen errichtet wurden, existiert keine dem für Deutschland genutzten Ansatz vergleichbare Berechnungsbasis zur Ermittlung der Treibhausgaseinsparung. Die Bestimmung von EE-spezifischen Einsparfaktoren unter Berücksichtigung von Einspeise- und Substitutionsprofilen und der indirekten Emissionen (Vorketten) ist methodisch herausfordernd, wie die für Deutschland zugrundeliegenden Studien (UBA 2014 und Klobasa 2013) zeigen. Vor diesem Hintergrund wurde in der vorliegenden Studie für die Ermittlung der Treibhausgasminderung der im Ausland geförderten Anlagen ein vereinfachter, konsistenter Ansatz gewählt.

Grundlage der Abschätzung bilden Angaben zum Emissionsfaktor des Strommix in den jeweiligen Ländern. Dazu liegen Angaben der IEA vor (IEA 2014), die jedoch vergleichsweise niedrig liegen, wie anhand des für Deutschland angegebenen Faktors im Abgleich mit den UBA-Zahlen deutlich wird. Höhere und plausiblere Angaben macht die Europäische Kommission in ihren „Leitlinien zur Berichterstattung über den Aktionsplan für nachhaltige Energie“ (EU 2014). Die Vorketten sind in dieser Quelle jedoch nur in Form von CO₂-Äquivalenten angegeben, so dass folglich für die Anlagen im Ausland lediglich die Einsparungen in Form von CO₂-Äquivalenten ausgewiesen werden können.

Tabelle 53: Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen CO₂-Äquivalente für Anlagen mit Standort im Ausland (Lebenszyklusansatz); für die EU-Länder berechnet auf Basis (EU 2014), für Kanada auf Basis (IEA 2014).

[g/kWh _{el}]	Photovoltaik	Wasserkraft	Windenergie an Land
Finnland	388	405	377
Frankreich	123	140	112
Großbritannien	620	637	609
Italien	659	676	648
Niederlande	719	736	708
Österreich	277	294	266
Rumänien	1.019	1.036	1.008
Schweden	59	76	48
Tschechische Republik	762	779	751
Kanada	156	173	145

Von den genannten Emissionsfaktoren des jeweiligen Strommixes (brutto), die sich auf das Jahr 2010 beziehen, werden im Sinne einer Netto-Bilanzierung (analog zum Vorgehen für die Anlagen in Deutschland) die Emissionen der EE-Anlagen abgezogen. Diese werden in (EU 2014) mit 24 g/kWh für Photovoltaik-, 7 g/kWh für Wasserkraft- sowie 20 bis 50 g/kWh für Windenergieanlagen angegeben (für letztere wird nachfolgend der Mittelwert von 35 g/kWh angesetzt). Insgesamt ergeben sich somit die in Tabelle 53 darge-

stellten Netto-Einsparfaktoren unter Berücksichtigung der Lebenszyklusdaten in CO₂-Äquivalenten.

Zur vorgelagerten Ermittlung der zu erwartenden Jahresstrommengen wurden für die einzelnen EE-Technologien länderspezifische Volllaststunden abgeschätzt. Grundlage dafür bildeten (EWI 2011) und (ISI 2011).

A.4 Bewertung externer Kosten durch Emission von Treibhausgasen und Luftschadstoffen

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

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

Auf wissenschaftlicher Ebene besteht Konsens, dass zur Ermittlung von Schadenskosten der sog. Wirkungspfadansatz angewendet werden sollte, sofern die Daten- und Informationsgrundlage dafür ausreichen (vgl. auch die Empfehlungen der Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten des Umweltbundesamtes – UBA 2012a). Abbildung 9 illustriert das Vorgehen des Wirkungspfadansatzes.

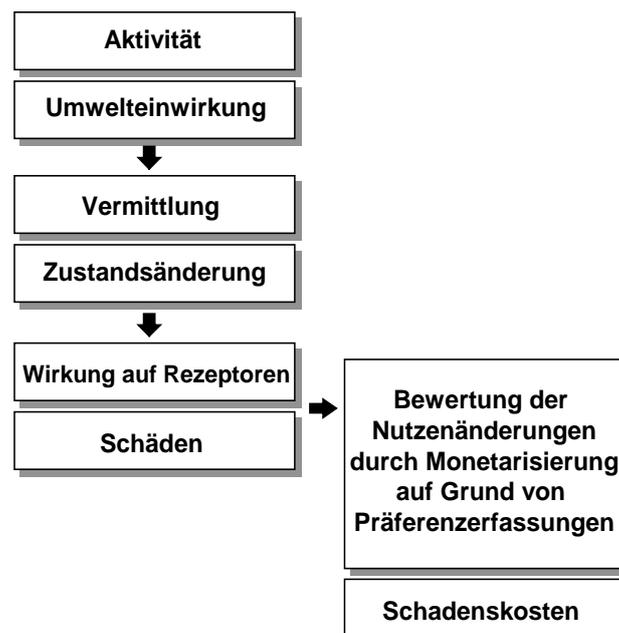


Abbildung 9: Der Wirkungspfadansatz zur Berechnung externer Umweltkosten.

Dabei wird die kausale Wirkungskette von der Umwelteinwirkung über die Vermittlung (z. B. Schadstofftransport und evtl. auftretende chemische Umwandlungsprozesse wie die Bildung von Ozon aus NO_x und NMVOC) bis hin zur Wirkung auf verschiedene Rezeptoren (z.B. Menschen, Pflanzen) mit Hilfe von Modellen abgebildet. Die Vermittlung kann auch den Transport von Stoffen über mehrere Medien hinweg (z.B. Deposition von Luftschadstoffen auf dem Boden, Eintrag in das Grundwasser, Weiterleitung in Oberflächenwasser usw.) umfassen. Der letzte Schritt zur Ermittlung von Kosten besteht darin, die quantifizierten physischen Schäden monetär zu bewerten. Die ermittelten Geldwerte geben die veränderten direkten Nutzen durch Einflüsse auf Wohlbefinden und Gesundheit, Nutzungsmöglichkeiten der Umwelt oder sonstiger betroffener Güter wieder, also den Nutzenverlust für die Betroffenen.

Um den Wirkungspfadansatz nicht für jeden Anwendungsfall neu durchführen zu müssen, werden Bewertungsansätze u.a. für Luftschadstoffemissionen bereitgestellt, die für eine große Bandbreite von Anwendungen verwendbar sind. Die aktuellste und umfassendste Untersuchung hierzu wurde im Rahmen des NEEDS-Projektes (New Energy Externalities Development for Sustainability) im Auftrag der Europäischen Kommission durchgeführt. Als Ergebnis steht ein System konsistenter Wertansätze für Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen zur Verfügung. Auf dieser Grundlage empfiehlt das Umweltbundesamt Best-Practice-Kostensätze zur Berechnung von Umweltkosten (vgl. UBA 2012b), auf die in der vorliegenden Untersuchung zurückgegriffen wird. Diese Bewertung ist konsistent mit der Berichterstattung für das Bundesumweltministerium und das Bundeswirtschaftsministerium (vgl. insbesondere BMU (2013, 2012), BMWi (2014), Breitschopf et al. (2012) sowie Breitschopf und Memmler (2012)). Die verwendeten Wertansätze sind in Tabelle 31 im Textteil aufgeführt.

A.5 Referenzanlagen

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

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

In den Förderjahren 2013 und 2014 wurden 193 bzw. 184 **große Wärmespeicher** gefördert. Das insgesamt geförderte Speichervolumen beläuft sich auf 10.238 bzw. 8.716 m³. Große Wärmespeicher dienen in der Regel dem Ausgleich der tageszeitlich schwankenden Wärmelast. Darüber hinaus können große Wärmespeicher in Verbindung mit solarthermischen Großanlagen zur saisonalen Speicherung größerer Wärmemengen dienen. Zu diesem Anwendungsgebiet gibt es bereits erste Pilotprojekte. Die hier betrachteten geförderten Wärmespeicher können jedoch näherungsweise dem Bereich der Kurzzeitspeicherung auf Wasserbasis zugeordnet werden, da die saisonale Speicherung bzw. der Einsatz von Phasenwechselmaterialien noch keine relevante Marktdurchdringung erreicht haben. Kurzzeitspeicher sparen Brennstoff ein, da durch die Nutzung des Speichers die Taktfrequenz der Wärme erzeugungsanlage verringert wird. Dem gegenüber stehen die Wärmeverluste und der Energieaufwand zur Herstellung des Speichers. Für die vorliegende Evaluierung kann der Einfluss der Speicher jedoch vernachlässigt werden.

Im betrachteten Zeitraum sind 10 Anlagen zur **Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz** gefördert worden (alle im Jahr 2013), mit denen rund 3.150

Nm³/h Bioerdgas bereitgestellt werden⁸. Da die Antragssteller keine Angaben darüber zu machen haben, welcher Verwendung das Erdgas zugeführt wird, werden zur Berechnung der Wirkungen im Rahmen dieser Studie Annahmen getroffen, mit denen eine gemittelte Referenzanlage betrachtet wird. Für das Erdgassubstitut wird angenommen, dass dieses vollständig zur Verstromung in Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt wird. Für den in KWK verstromten Produktgasanteil wird dieselbe Substitutionsmethode angesetzt wie für Strom und Wärme aus einer üblichen Biogasanlage. Die Einsparung fossiler Energieträger und die Treibhausgas-Minderung, die nach der oben dargestellten Methodik ermittelt wird, darf jedoch nicht vollständig der Biogasaufbereitungsanlage zugerechnet werden. Deshalb ist zusätzlich die Definition einer kontrafaktischen Anlage notwendig, d.h. einer Anlage in der dieselbe Energiemenge im Biogas in Kraft-Wärmekopplung – jedoch ohne Gaseinspeisung und mit einer geringeren Wärmenutzung – verstromt wird. Bei dieser fiktiven Vergleichsanlage wird das Biogas nicht aufbereitet und eingespeist, sondern vor Ort direkt genutzt. Der Anteil der Wärmenutzung wird auf 20 % angesetzt. Die für die kontrafaktische Anlage ermittelte Einsparung wird von der Einsparung abgezogen, die für die gesamte Anlage mit Biogasaufbereitung und -einspeisung ermittelt wurde. Es wird weiterhin vereinfachend angenommen, dass durch die Aufbereitung und Einspeisung des Biogas mit anschließender Nutzung in Blockheizkraftwerken keine zusätzlichen Emissionen anfallen, außer für den zur Aufbereitung erforderlichen Strombedarf.

In den Förderjahren 2013 und 2014 sind 9 bzw. 6 **Biogasleitungen** zum Transport von unaufbereitetem Rohgas gefördert worden. Die Nutzung von Rohgasleitungen als sogenanntes Mikrogasnetz dient in der Regel einer höheren Wärmenutzung durch die Aufteilung des Biogas auf mehrere BHKW. Somit werden anstatt eines zentralen Groß-BHKW zwei oder mehrere dezentrale BHKW eingesetzt, deren Dezentralität eine erhöhte Wärmenutzung gegenüber einem zentralen Groß-BHKW erlaubt.

Die Nutzung von Biogasleitungen konzentriert sich im Wesentlichen auf folgende zwei Modellfälle (IFEU, ZSW 2010): Im Falle eines Biogasanlagen-Neubaus wird das Biogas auf zwei oder mehrere BHKW verteilt. Ohne die Nutzung der Biogasleitung würde das Biogas in einem großen BHKW genutzt werden. Dieses hat einen höheren elektrischen Wirkungsgrad, die Wärmenutzung wäre jedoch geringer. Es wird angesetzt, dass bei der Nutzung einer Rohgasleitung ein um 3 % geringerer elektrischer Wirkungsgrad vorliegt und gleichzeitig die Wärmenutzung um weitere 50 % der insgesamt zur Verfügung stehenden Abwärme erhöht wird. Im zweiten Modellfall wird eine bereits vorhandene Biogasanlage um ein zusätzliches BHKW erweitert. Eine Wirkungsgradkorrektur ist hier nicht erforderlich, es wird lediglich eine erhöhte Wärmenutzung von 50 % durch Einsatz einer Rohgasleitung angesetzt. In beiden Fällen wird Strom zur Trocknung, Verdichtung und Kühlung des Rohgases benötigt. Dafür wird eine elektrische Leistung von 4 kW angesetzt. Zur Ermittlung dieses Werts wurde im Rahmen einer groben Simulation von einem

⁸ Nm³ = Normkubikmeter.

Volumenstrom von rund 200 m³/h ausgegangen (entspricht bei einem Wirkungsgrad von 35 % sowie einem Heizwert von 6 kWh/m³ einer elektrischen Leistung des BHKW von 420 kW). Es wird weiterhin vereinfachend angenommen, dass der erhöhte Wärmeabsatz durch die Nutzung von Biogasleitungen keine zusätzlichen Emissionen auf Seiten der Biogasanlage verursacht, außer für den zur Trocknung, Verdichtung und Kühlung erforderlichen Strombedarf. Nach (IFEU, ZSW 2010) wurde angesetzt, dass sich die geförderten Biogasleitungen zu einem Drittel auf Neubauten und zwei Dritteln auf Erweiterungen von Biogasanlagen verteilen.

In den Jahren 2013 und 2014 wurden 1.123 bzw. 1.020 **Nahwärmenetze als eigenständige Maßnahme** gefördert⁹. Abhängig von der Leistung der einspeisenden Biomasse- oder Biogasanlagen wird den Wärmenetzen ein erhöhter Wärmeabsatz zugerechnet. Da in den neuen Antragsformularen auch der erwartete Wärmeabsatz abgefragt wird, konnte nun über eine Stichprobe von jährlich 100 Anlagen die tatsächlich zuzurechnende Wärmenutzung besser abgeschätzt werden. Es wurde angesetzt, dass den Wärmenetzen eine Erhöhung der Nutzung erneuerbarer Energien von durchschnittlich 66 MWh (Holz) bzw. 950 MWh (Biogas) pro Wärmenetz zuzurechnen ist.

Aktualisiert wurde die Verteilung der Wärmenetze auf die beiden wichtigsten Wärmequellen Biogasanlagen sowie Biomasseheizwerke. Anhand der Stichprobe wurde ermittelt, dass der Anteil der mit Abwärme aus Biogasanlagen gespeisten Wärmenetze 42 % (Jahr 2013) bzw. 20 % (Jahr 2014) beträgt. Wie in den Evaluierungen der vorangegangenen Förderjahre wird auch in der vorliegenden Studie die Einspeisung von solarthermischer Wärme nicht berücksichtigt, da dieser Nutzungsbereich derzeit noch vernachlässigt werden kann. Bei der Ermittlung der vermiedenen fossilen Energieträger, Treibhausgase und Luftschadstoffe wird für die mit Wärmleitungen erschlossene Abwärme von Biogasanlagen vereinfachend angesetzt, dass keine zusätzlichen Emissionen für den Betrieb der Biogasanlage anfallen (der Strombedarf zum Betrieb der Pumpen für das Nahwärmenetz wird vernachlässigt).

Die in den Jahren 2013 und 2014 geförderten **großen Wärmepumpen** wurden in die Berechnung der Wirkungen anhand der angegebenen Jahresarbeitszahlen einbezogen. Im Einzelnen wurden im Jahr 2013 8 Wärmepumpen gefördert, im Jahr 2014 4 Anlagen. Die geförderten Wärmepumpen sind allesamt elektrisch betriebene Einheiten.

Seit Mai 2013 werden im Programmteil „Speicher“ des KfW-Programms Erneuerbare Energien **Batteriespeicher** gefördert, die zusammen mit einer neuen oder zusätzlich zu einer bestehenden PV-Anlage errichtet werden. Mit der KfW-Förderung von Photovoltaik-Batteriespeichern wurde angestoßen, dass in größerem Umfang dezentrale, kleine Speichereinheiten in Deutschland installiert werden. Ein Teil der installierten Speicher wird

⁹ Dies umfasst nicht diejenigen Nahwärmenetze, bei denen gleichzeitig eine Anlage zur Wärmebereitstellung gefördert wurde, welche zusammen mit diesen Anlagen ausgewertet wurden.

außerhalb der Förderung installiert, so dass sich die Anzahl der Ende 2014 in Deutschland installierten PV-Speicher auf rund 15.000 Einheiten beläuft.

Im Hinblick auf die Einsparung von fossilen Energieträgern und Emissionen von PV-Speichern sind grundsätzlich drei Wirkungsebenen zu berücksichtigen:

- 1) Veränderung des Einspeise- und Substitutionsprofils: Durch die Speicherung und damit die zeitlich verlagerte Nutzung des PV-Stroms verändert sich das Substitutionsprofil des bereitgestellten PV-Stroms. Zum Zeitpunkt der Berichterstellung liegen allerdings noch keine Studien oder Erkenntnisse vor, die sich mit dieser Systemfrage beschäftigt haben. Es kann deshalb zum jetzigen Zeitpunkt keine Berücksichtigung von ggf. geänderten Substitutionsfaktoren und damit Einsparfaktoren erfolgen.
- 2) Die Herstellung und der Betrieb von PV-Speichern ist mit Material- bzw. Energieaufwand verbunden. Für die von der KfW geförderten EE-Technologien werden diese Effekte mittels der Netto-Einsparfaktoren des UBA (UBA 2015) berücksichtigt. In die verfügbaren Angaben des UBA zur Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger gehen jedoch die PV-Speicher noch nicht ein. Deshalb kann der mit der Herstellung und dem Betrieb der Speicher verbundene Energieaufwand zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht berücksichtigt werden.
- 3) Darüber hinaus ist die Zwischenspeicherung des PV-Stroms mit Wirkungsgradverlusten behaftet. Je nach verwendeter Technologie können ca. 80 % bis 95 % des zwischengespeicherten Stroms wieder genutzt werden. Aus dem Monitoringprogramm der PV-Speicher (RWTH 2015) ist bekannt, auf welche Speichertechnologien sich die geförderten Batteriespeicher verteilen.

Vor dem Hintergrund der geschilderten Datenlage kann zum Zeitpunkt der Berichterstellung lediglich der Wirkungsgradverlust der Speicher berücksichtigt werden. Es wird angestrebt, im Zuge der weiteren Evaluierung die anderen genannten Effekte in der Berechnung der Minderungswirkungen abzubilden. Voraussetzung dafür ist die entsprechende Berücksichtigung der Substitutionseffekte in der den Substitutionsfaktoren zugrundeliegenden Studie (Klobasa et al. 2013) sowie im Rahmen der Emissionsbilanz des UBA (UBA 2014).

Der Wirkungsgradverlust der geförderten Speicher wird wie folgt berücksichtigt: Es wird davon ausgegangen, dass mit den geförderten Batteriespeichern der Eigenverbrauchsanteil von 30 % (ohne Speicher) auf 60 % (mit Speicher) erhöht werden kann. Entsprechend wird 30 % der Jahresstromerzeugung der PV-Anlage mit einem mittleren Speicherwirkungsgrad beaufschlagt. Dieser wurde mit 87,5 % angesetzt (Annahme: 50 % Bleispeicher mit 80 % Wirkungsgrad, 50 % Lithium-Ionen-Speicher mit 95 % Wirkungsgrad).

In den folgenden Tabellen werden für die einzelnen EE-Technologien die eingangs erwähnten Ausgangsdaten zur Berechnung der Energiemengen (Strom und Wärme) und der jährlichen Betriebskosten dargestellt (Referenzanlagen). Sofern die Betriebskosten über Anteile an der Investitionssumme ermittelt werden, wurden die Investitionssummen der geförderten Vorhaben zugrunde gelegt.

Tabelle 54: Parameter zur Berechnung der Photovoltaikanlagen bis 100 kW_p.

Parameter	Wert	Einheit
Spezifischer Stromertrag	900	kWh/kW _p
Personaleinsatz	0,0	a
Wartung und Instandhaltung	1,0	%/a von I ₀
Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5	%/a von I ₀

Tabelle 55: Parameter zur Berechnung der Photovoltaikanlagen von 101 bis 1.000 kW_p.

Parameter	Wert	Einheit
Spezifischer Stromertrag	950	kWh/kW _p
Personaleinsatz	0,0	a
Wartung und Instandhaltung	1,0	%/a von I ₀
Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5	%/a von I ₀

Tabelle 56: Parameter zur Berechnung der Photovoltaikanlagen über 1.000 kW_p.

Parameter	Wert	Einheit
Spezifischer Stromertrag	950	kWh/kW _p
Personaleinsatz	0,25	a
Wartung und Instandhaltung	1,0	%/a von I ₀
Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5	%/a von I ₀

Tabelle 57: Parameter zur Berechnung der Windenergieanlagen (onshore).

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	2.050	h
Betriebskosten	2,4	ct/kWh _{el}

Tabelle 58: Parameter zur Berechnung der Windenergieanlagen (offshore).

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	3.850	h
Betriebskosten	3,0	ct/kWh _{el}

Tabelle 59: Parameter zur Berechnung der Biomasse-Heizkraftwerke.

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	5.000	h
Wärmenutzung	70	%
Personaleinsatz	0,5	a
Wartung und Instandhaltung	2,0	%/a von I_0
Versicherung, Verwaltung, Pacht	1,2	%/a von I_0

Tabelle 60: Parameter zur Berechnung der Biogasanlagen.

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	7.000	h
Wärmenutzung	25	%
Personaleinsatz	1	a
Wartung und Instandhaltung	3,0	%/a von I_0
Versicherung, Verwaltung, Pacht	1,0	%/a von I_0

Tabelle 61: Parameter zur Berechnung der Wasserkraftanlagen.

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	5.000	h
Wartung und Reparatur, Versicherung	1,5	%/a von I_0
Versicherung, Verwaltung, Pacht	0,5	%/a von I_0
Sonstige variable Kosten	2,9	€/MWh

Tabelle 62: Parameter zur Berechnung der solarthermischen Anlagen.

Parameter	Wert	Einheit
Spezifischer Wärmeertrag	370	kWh/(m ² a)
Wartung, Reparatur und Betrieb	1,5	%/a von I_0

Tabelle 63: Parameter zur Berechnung der Biogasleitungen

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	7.000	h
zusätzliche Wärmenutzung	1.607	MWh/a
Stromverbrauch Gastrocknung, -verdichtung	84	MWh/a

Tabelle 64: Parameter zur Berechnung der Wärmenetze mit Wärmeeinspeisung aus einem Holzheizwerk.

Parameter	Wert	Einheit
zusätzliche Wärmebereitstellung	66	MWh/a
Wartung, Reparatur und Betrieb	1,5	%/a von I_0

Tabelle 65: Parameter zur Berechnung der Wärmenetze mit Wärmeeinspeisung aus einer Biogasanlage.

Parameter	Wert	Einheit
zusätzliche Wärmebereitstellung	950	MWh/a
Wartung, Reparatur und Betrieb	1,5	%/a von I_0

Tabelle 66: Parameter zur Berechnung der Biomasse-Heizwerke (ohne Nahwärmenetz).

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	1.800	h
Wartung, Reparatur und Betrieb	6	%/a von I_0

Tabelle 67: Parameter zur Berechnung der Biomasse-Heizwerke (mit Nahwärmenetz).

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	2.500	h
Wartung, Reparatur und Betrieb	6	%/a von I_0

A.6 Energiepreise

Zur Abschätzung der vermiedenen Kosten für den Import von fossilen Energieträgern wird analog zu den Vorgängerstudien auf Literaturangaben zur zukünftigen Entwicklung der Energiepreise zurückgegriffen. Dabei werden die externen Effekte der Nutzung fossiler Energieträger bzw. die Internalisierung dieser Effekte nicht berücksichtigt. Die angegebenen Energiepreise stellen somit nur die reinen Importkosten ohne CO₂-Aufschläge dar. Je nach Betrachtungsjahr (Förderjahr 2013 bzw. 2014) werden für 2013/2014 aktuelle Energiepreise genutzt (BMW 2015a). Für die Betrachtungsdauer von 20 Jahren wird eine Energiepreissteigerung aus der Energiereferenzprognose (Prognos et al. 2014) ermittelt (vgl. Tabelle 68, fehlende Jahre wurden linear interpoliert).

Tabelle 68: Angesetzte Grenzübergangspreise (Importpreise) für fossile Energieträger (Prognos et al. 2014), reale Preis in €₂₀₁₁.

Energieträger	2020	2025	2030	2040
Rohöl (€/t)	697	737	780	834
Erdgas (Cent/kWh)	3,0	3,1	3,1	3,3
Steinkohle (€/t SKE)	107	114	118	129

Die in die Berechnung einfließenden Energiepreise wurden für die betrachteten Förderjahrgänge einheitlich auf die Preisbasis 2014 umgerechnet. Darüber hinaus erfolgte - analog zur Methodik der Vorgängerstudien - eine Umrechnung der Preise in Annuitäten. Dazu werden mit einem kalkulatorischen Zinssatz von real 3 % die jährlichen Werte auf das Basisjahr abgezinst und zu einem Kapitalwert aufsummiert. Der Kapitalwert wird anschließend mit dem kalkulatorischen Zinssatz in eine Annuität umgerechnet. Tabelle 69 zeigt die so ermittelten annuitätischen Energiepreise für die Förderjahrgänge 2013 und 2014.

Tabelle 69: Übersicht über die angesetzten Energiepreise (Annuitäten, Preisbasis 2014) in €₂₀₁₄/GWh

Energieträger	2013	2014
Rohöl (Importpreis)	62.049	62.988
Erdgas (Importpreis)	30.828	31.093
Steinkohle (Importpreis)	12.345	12.634

Durch die geänderten Ausgangsjahre und die Nutzung der Energiereferenzprognose resultieren abweichende Annuitäten im Vergleich zu den Vorgängerstudien. Aufgrund der Volatilität der Energiepreise sowie von Prognoseunsicherheiten lässt sich dies allerdings nicht vermeiden.

A.7 Ermittlung von Bruttobeschäftigungseffekten in Deutschland

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

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

Die Schätzung der durch die Fördermaßnahmen der KfW im Bereich der Erneuerbaren Energien ausgelösten Bruttobeschäftigung basiert auf einem nachfrageorientierten Ansatz, der als Ausgangspunkt die durch die unterschiedlichen Förderprogramme ausgelöste Nachfrage nach Gütern hat. Als wesentliche Komponenten der in die Untersuchung einbezogenen Nachfrage werden die Investitionen in neu installierte Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien sowie die damit über den gesamten unterstellten Lebenszyklus der Anlagen verbundenen laufenden Aufwendungen zum Betrieb und zur Wartung berücksichtigt.¹⁰

Die modellgestützte Berechnung der Bruttobeschäftigung basiert auf der Input-Output-Analyse bzw. methodisch präzise ausgedrückt auf der Anwendung des offenen statischen Input-Output-Mengenmodells¹¹. Mit diesem Schätzansatz werden nicht nur die (direkten) Beschäftigten ermittelt, die in den Unternehmen arbeiten, die selbst die nachgefragten Güter wie Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren, sondern es werden auch die Beschäftigten erfasst, die in jenen Unternehmen arbeiten, die Vorprodukte zur Herstellung der gefertigten Anlagen bereitstellen. Es werden mit dieser Methode also auch jene Beschäftigungsanteile abgeschätzt, die indirekt in den Vorleistungen zur Erstellung von nachgefragten Anlagen enthalten sind. Falls beispielsweise ein Mitarbeiter in einem Stahlwerk Stahl produziert, der später beim Bau einer Windkraftanlage Verwendung findet, wird genau der entsprechende Anteil des Arbeitsvolumens des Mitarbeiters modellmäßig der hier betrachteten Beschäftigung zugerechnet, obwohl dem

¹⁰ 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.

¹¹ Unter methodischer Perspektive erfolgt eine Zurechnung der Produktionswirkungen und daraus abgeleiteter Beschäftigungswirkungen zu empirisch ermittelten Endnachfragekomponenten.

Mitarbeiter selbst der Zusammenhang seiner Tätigkeit mit Erneuerbaren Energien unbekannt ist.

Das methodische Vorgehen setzt als wichtige Bausteine folgende Elemente voraus:

- Eine quantitative Abschätzung der im Inland wirksamen Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen auf Basis der betrachteten Förderprogramme in den Berichtsjahren 2013 und 2014. Voraussetzung hierfür sind empirische Informationen über den Import von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien. Die Abschätzung der Importe ist wichtig, weil nur für die im Inland produzierten Anlagen Beschäftigung in Deutschland anfällt, importierte Anlagen dagegen zu Produktions- und Beschäftigungswirkungen im Ausland (im jeweiligen Produktionsland) führen.¹² Informationen über Anlagenimporte sind schwierig zu ermitteln, hier wird auf Ergebnisse einer umfassenden Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit bzw. Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Lehr et al. 2015) sowie auf aktuelle Erkenntnisse für das Berichtsjahr 2014 zurückgegriffen. Die im Inland wirksame Nachfrage ergibt sich, indem von der Schätzung der geförderten Investitionen nach Sparten die in der jeweiligen Sparte aus dem Ausland bezogenen Anlagen abgezogen werden.
- Eine Beschreibung der erneuerbaren Energietechnologien im Analyserahmen der Input-Output-Analyse, insbesondere eine Beschreibung der neu definierten Produktionsbereiche
 - Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in den betrachteten sieben Sparten (Wind, Photovoltaik, Solarthermie, Wasserkraft, Biomasse, Biogas und Geothermie)
 - Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in den betrachteten sieben Sparten (Wind, Photovoltaik, Solarthermie, Wasserkraft, Biomasse, Biogas und Geothermie)
 - Die Daten zur Beschreibung der Branchen zur Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien sowie der Bereiche zum Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien entsprechen den Ergebnissen aus Lehr et al. (2015). Die Fortschreibung der Arbeitsproduktivitäten für das aktuelle Berichtsjahr sind mit der aktuellen Schätzung für das Berichtsjahr 2014 abgestimmt (noch unveröffentlicht).
- Als Input-Output-Tabelle für Deutschland wird die Tabelle für das Berichtsjahr 2010 (vgl. Statistisches Bundesamt 2014) verwendet. Die Tabelle ist auf dem Stand vor der Revision der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung 2014. Um die Vergleichbarkeit der Schätzungen mit der Studie Lehr et al. 2015 zu gewährleisten, wurde auf die Berücksichtigung der zwischenzeitlich veröffentlichten Tabelle 2010 nach Revision der VGR (Statistisches Bundesamt 2015) verzichtet. Die Ar-

¹² Dabei wird in Übereinstimmung mit Lehr et al. (2015) angenommen, dass der Beschäftigungseffekt durch Installation von importierten Anlagen vernachlässigt werden kann.

beitskoeffizienten (Anzahl der Beschäftigten je Einheit Bruttoproduktionswert), die sich aus der amtlichen Tabelle für das Jahr 2010 ergeben, werden in der sektoralen Gliederung der verwendeten Input-Output-Tabelle bis zum Jahr 2014 fortgeschrieben. Für die Abschätzung der Beschäftigung aus dem Betrieb der Anlagen über die unterstellte Lebensdauer von 20 Jahren werden darüber hinaus Fortschreibungen der sektoralen Arbeitsproduktivitäten über einen längeren Zeitraum durchgeführt, die mit größeren Unsicherheiten als die übrigen Fortschreibungen verbunden sind.

Für die Wirkung der Investitionen auf die Beschäftigungseffekte wurde – mit Ausnahme der Windenergie auf See – angenommen, dass die gesamten Investitionen zu Beschäftigung jeweils in den Jahren 2013 bzw. 2014 führen. Es wurden also alle Investitionen des Förderjahrgangs 2013 als im Jahr 2013, die des Förderjahrgangs 2014 als im Jahr 2014 beschäftigungswirksam angenommen. Bei den im Jahr 2013 geförderten Offshore-Windkraftanlagen erfolgt der größte Teil der Investitionen nicht im Jahr 2013, sondern erst in den Folgejahren, so dass auch erst in diesen Jahren nennenswerte Beschäftigungswirkungen ausgelöst werden. Um dennoch eine Abschätzung der Beschäftigungseffekte dieser Investitionen durchführen zu können, wurden vereinfachend die Parameter (Arbeitsproduktivitäten, Importanteile etc.) des Jahres 2013 verwendet und die so ermittelten Beschäftigungseffekte nur nachrichtlich ausgewiesen. Die Beschäftigung durch den Betrieb der Anlagen wurde für die auf die Errichtung folgenden 20 Jahre (2013 bis 2032 bzw. 2014 bis 2033) abgeschätzt.