



Evaluierung der inländischen KfW-Programme zur Förderung Erneuerbarer Energien in den Jahren 2017 und 2018

Gutachten im Auftrag der KfW Bankengruppe

Dezember 2019



Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg (ZSW)
Meitnerstraße 1, D-70563 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 2. Dezember 2019

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis	IX
Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger.....	XI
Abstract for Political Decision Makers.....	XIII
1 Einführung.....	1
2 Überblick über die geförderten Vorhaben	3
2.1 Förderprogramme	3
2.2 Datengrundlage Förderjahrgänge 2017 und 2018	6
3 Wirkungen durch geförderte Anlagen in Deutschland	8
3.1 Investitionsvolumen und geförderte Leistung	8
3.1.1 Ausgelöstes Investitionsvolumen	8
3.1.2 Geförderte Leistung	13
3.1.3 Vergleich der Förderjahrgänge 2017 und 2018	19
3.2 Einsparung fossiler Energieträger	20
3.2.1 Einsparung fossiler Energieträger und vermiedene Energieimporte	20
3.2.2 Vergleich der Förderjahrgänge 2017 und 2018	25
3.3 Vermiedene Emissionen und vermiedene externe Kosten	26
3.3.1 Vermiedene Treibhausgasemissionen	26
3.3.2 Vermiedene Luftschadstoffemissionen.....	29
3.3.3 Vermiedene externe Kosten	31
3.3.4 Vergleich der Förderjahrgänge 2017 und 2018	36
3.4 Bruttobeschäftigungseffekte in Deutschland.....	37
3.4.1 Eingangsdaten	38
3.4.2 Ergebnisse.....	39
3.4.3 Vergleich der Förderjahrgänge 2017 und 2018	43
4 Wirkungen durch geförderte Anlagen im Ausland.....	45
4.1 Ausgelöstes Investitionsvolumen und geförderte Leistung	45
4.2 Vermiedene Treibhausgasemissionen	47
5 Literaturverzeichnis	49
Anhang.....	51

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Von der KfW in Deutschland geförderte elektrische Leistung nach Technologien.	19
Abbildung 2: Struktur des Primärenergieverbrauchs, der Bruttostromerzeugung sowie des Endenergieverbrauchs zur Wärmebereitstellung in Deutschland.....	20
Abbildung 3: Jährliche Einsparung fossiler Brennstoffe (Primärenergie) der von der KfW geförderten Vorhaben 2017 und 2018 nach Technologien (ohne geförderte Anlagen im Ausland).....	25
Abbildung 4: Vergleich der CO ₂ - und Treibhausgaseinsparung der Förderjahrgänge 2017 und 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	36
Abbildung 5: Vergleich der jährlich vermiedenen externen Kosten der Förderjahrgänge 2017 und 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	36
Abbildung 6: Durch die 2017 und 2018 getätigten Investitionen in KfW-geförderte Anlagen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.....	44
Abbildung 7: Durch den Betrieb von im Jahr 2017 und 2018 KfW-geförderten Anlagen in Deutschland ausgelöste Beschäftigung über einen Zeitraum von 20 Jahren.....	44
Abbildung 8: In den Jahren 2017 und 2018 im Ausland durch das KfW-Programm Erneuerbare Energien „Standard“ gefördertes Investitionsvolumen und elektrische Leistung.	46
Abbildung 9: Der Wirkungspfadansatz zur Berechnung externer Umweltkosten.....	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über die KfW-Förderprogramme im Bereich Erneuerbarer Energien im Betrachtungszeitraum 2017 und 2018.....	3
Tabelle 2:	Darlehenszusagen, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm für das Förderjahr 2017.	4
Tabelle 3:	Darlehenszusagen, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm für das Förderjahr 2018.	5
Tabelle 4:	Mittelwerte der spezifischen Investitionskosten für die plausiblen Datensätze (eigene Berechnungen).	7
Tabelle 5:	Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2017 in Deutschland unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck.	8
Tabelle 6:	Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2018 in Deutschland unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck.	9
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 2017.....	11
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 2018.....	12
Tabelle 9:	In Deutschland geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Förderjahrgang 2017 im Vergleich zu den 2017 in Deutschland zugebauten Leistungen.	14
Tabelle 10:	In Deutschland geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Förderjahrgang 2018 im Vergleich zu den 2018 in Deutschland zugebauten Leistungen.	15
Tabelle 11:	2017 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte elektrische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.	16
Tabelle 12:	2018 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte elektrische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.	16
Tabelle 13:	2017 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte thermische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.	16
Tabelle 14:	2018 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte thermische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.	17

Tabelle 15:	Abschätzung der jährlichen Stromerzeugung der 2017 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderten Anlagen im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.	17
Tabelle 16:	Abschätzung der jährlichen Stromerzeugung der 2018 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderten Anlagen im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.	18
Tabelle 17:	Abschätzung der jährlich bereitgestellten Endenergie Wärme der 2017 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderten Anlagen im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.	18
Tabelle 18:	Abschätzung der jährlich bereitgestellten Endenergie Wärme der 2018 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderten Anlagen im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.	19
Tabelle 19:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	21
Tabelle 20:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	21
Tabelle 21:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologien für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	22
Tabelle 22:	Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologien für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	22
Tabelle 23:	Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Brennstoffe für den Förderjahrgang 2017.	23
Tabelle 24:	Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Brennstoffe für den Förderjahrgang 2018.	24
Tabelle 25:	Vermiedene jährliche Kosten für importierte fossile Brennstoffe nach Förderprogramm für den Förderjahrgang 2017.	24
Tabelle 26:	Vermiedene jährliche Kosten für importierte fossile Brennstoffe nach Förderprogramm für den Förderjahrgang 2018.	25
Tabelle 27:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	27
Tabelle 28:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	27

Tabelle 29:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	27
Tabelle 30:	Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	28
Tabelle 31:	Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	29
Tabelle 32:	Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	30
Tabelle 33:	Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	30
Tabelle 34:	Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	31
Tabelle 35:	Verwendete Wertansätze zur Ermittlung der vermiedenen Schadenskosten.	32
Tabelle 36:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Substanzen für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	33
Tabelle 37:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Substanzen für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	34
Tabelle 38:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	34
Tabelle 39:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Förderprogrammen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	35
Tabelle 40:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	35
Tabelle 41:	Jährlich vermiedene externe Kosten nach Förderprogrammen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).	35
Tabelle 42:	Aus KfW-geförderten Anlagen resultierende im Inland wirksame Nachfrage durch Investitionen.	39
Tabelle 43:	Durch im Jahr 2017 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.	40
Tabelle 44:	Durch im Jahr 2018 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.	41

Tabelle 45:	Durch KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland nach Förderprogrammen.....	42
Tabelle 46:	Im Jahr 2017 durch das KfW-Programm Erneuerbare Energien „Standard“ im Ausland gefördertes Investitionsvolumen und elektrische Leistung nach Verwendungszweck und Land.	45
Tabelle 47:	Im Jahr 2018 durch das KfW-Programm Erneuerbare Energien „Standard“ im Ausland gefördertes Investitionsvolumen und elektrische Leistung nach Verwendungszweck und Land.	46
Tabelle 48:	Vermiedene CO ₂ -Emissionen für geförderte Anlagen mit Standort im Ausland nach Ländern und Verwendungszweck für das Förderjahr 2017.	47
Tabelle 49:	Vermiedene CO ₂ -Emissionen für geförderte Anlagen mit Standort im Ausland nach Ländern und Verwendungszweck für das Förderjahr 2018.	48
Tabelle 50:	Substitution konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien – Bezugsjahr 2018.....	53
Tabelle 51:	Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Strom – Bezugsjahr 2018.....	54
Tabelle 52:	Substitution konventioneller Energieträger durch die Wärmeerzeugung mit Erneuerbaren Energien – Bezugsjahr 2018.....	54
Tabelle 53:	Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Wärme – Bezugsjahr 2018.....	55
Tabelle 54:	Relatives Treibhauspotenzial von Treibhausgasen (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) bzw. Versauerungspotenzial (SO ₂ , NO _x) von Säurebildnern.....	56
Tabelle 55:	Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen für die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien – Bezugsjahr 2018.....	57
Tabelle 56:	Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen für die Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien – Bezugsjahr 2018.....	58
Tabelle 57:	CO ₂ -Emissionsfaktor des Strommixes für die betrachteten Länder, Bezugsjahr 2018.....	60
Tabelle 58:	Parameter zur Berechnung der Photovoltaikanlagen bis 750 kW _p	65
Tabelle 59:	Parameter zur Berechnung der Photovoltaikanlagen über 750 kW _p	65
Tabelle 60:	Parameter zur Berechnung der Windenergieanlagen (an Land).....	66
Tabelle 61:	Parameter zur Berechnung der Windenergieanlagen (auf See).	66
Tabelle 62:	Parameter zur Berechnung der Biomasse-Heizkraftwerke.	66
Tabelle 63:	Parameter zur Berechnung der Biogasanlagen.....	66
Tabelle 64:	Parameter zur Berechnung der Wasserkraftanlagen.....	66
Tabelle 65:	Parameter zur Berechnung der solarthermischen Anlagen.	66
Tabelle 66:	Parameter zur Berechnung der großen Wärmepumpen.....	67

Tabelle 67:	Parameter zur Berechnung der Biogasleitungen.....	67
Tabelle 68:	Parameter zur Berechnung der Wärmenetze mit Wärmeeinspeisung aus einem Holzheizwerk.....	67
Tabelle 69:	Parameter zur Berechnung der Wärmenetze mit Wärmeeinspeisung aus einer Biogasanlage.	67
Tabelle 70:	Parameter zur Berechnung der Biomasseheizwerke (ohne Nahwärmenetz).	67
Tabelle 71:	Parameter zur Berechnung der Biomasseheizwerke (mit Nahwärmenetz).	67
Tabelle 72:	Angesetzte Grenzübergangpreise (Importpreise) für fossile Energieträger.....	68
Tabelle 73:	Übersicht über die angesetzten Energiepreise (Annuitäten) für die betrachteten Förderjahre 2017 und 2018.....	68

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AGEE-Stat	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien - Statistik
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BDO	Online-Plattform zur Erfassung von Anträgen „Bankdurchleitung Online“
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
EJ	Exajoule (10 ¹⁸ Joule)
FJ	Förderjahr
GJ	Gigajoule (10 ⁹ Joule)
GW	Gigawatt (10 ⁹ Watt)
GWh	Gigawattstunde
h	Stunde
HW	Heizwerk
HKW	Heizkraftwerk
I ₀	Investitionsvolumen
IEKP	Integriertes Energie- und Klimaprogramm
KfW	KfW Bankengruppe
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
kW	Kilowatt (10 ³ Watt)
kWh	Kilowattstunde
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)

MWh	Megawattstunde
N ₂ O	Distickstoffoxid (Lachgas)
NMVOG	Non-methane volatile organic compounds (flüchtige organische Verbindungen außer Methan)
NO _x	Stickoxide
Offshore	KfW-Programm Offshore-Windenergie
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)
TWh	Terrawattstunde
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 gerundet dargestellt werden.

Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

In den Jahren 2017 und 2018 setzte sich der Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE) in Deutschland weiter fort: Im Jahr 2017 stieg der EE-Anteil am deutschen Bruttostromverbrauch im Vergleich zu 2016 um 4,4 Prozentpunkte von 31,6 % auf 36,0 %. Im Jahr 2018 wuchs der EE-Anteil um weitere 1,8 Prozentpunkte auf 37,8 %. Inzwischen stammt mehr als jede dritte verbrauchte Kilowattstunde Strom aus erneuerbaren Quellen.

Die Zielarchitektur der Bundesregierung 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. Gemäß Klimaschutzprogramm 2030 ist bis zum Jahr 2030 ein EE-Stromanteil von 65 % zu erreichen. In Verbindung mit anspruchsvollen Energieeffizienzzielen soll es dadurch möglich sein, die Treibhausgasemissionen bis 2030 im Vergleich zum Jahr 1990 um mindestens 55 % zu mindern.

Ein wichtiges Element, um die anspruchsvollen EE-Ausbauziele zu erreichen, sind die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe, die zinsgünstige Darlehen – teilweise auch in Verbindung mit Tilgungszuschüssen aus Bundesmitteln – für Investitionen in die Nutzung erneuerbarer Energiequellen zur Verfügung stellt. Um deren Bedeutung und Effektivität in den Förderjahrgängen 2017 und 2018 zu überprüfen, wurden in der vorliegenden Studie die von diesen Förderprogrammen ausgehenden Effekte in den Bereichen Treibhausgasminderung, Einsparung fossiler Energieträger und damit vermiedener Importe an fossilen Energieträgern, Beschäftigungseffekte sowie vermiedene externe Umweltkosten durch die Reduktion von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen ermittelt. Auch wurden die im Ausland geförderten Anlagen in die Evaluierung einbezogen, für die das ausgelöste Investitionsvolumen, die geförderte Leistung sowie die vermiedenen CO₂-Emissionen ermittelt wurden.

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sind:

- Mittels KfW-Förderkrediten wurden in den Jahren 2017 und 2018 Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Höhe von 6,2 bzw. 2,6 Mrd. € angestoßen (davon 1,6 bzw. 1,4 Mrd. € durch Anlagen im Ausland). Rechnerisch wurden 29,1 % bzw. 12,5 % aller in Deutschland in den Jahren 2017 und 2018 getätigten Investitionen in den Ausbau Erneuerbarer Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung durch KfW-Programme mitfinanziert (ohne Berücksichtigung von Windenergie auf See).

- Im Bereich des Zubaus Erneuerbarer Energien im Stromsektor erreichten die im Rahmen der KfW-Programme mitfinanzierten EE-Anlagen in den Jahren 2017 und 2018 Anteile von 31 % bzw. knapp 13 % der insgesamt in diesen beiden Jahren in Deutschland neu installierten elektrischen Leistung (ohne Berücksichtigung von Windenergie auf See). Mit 35 % bzw. 24 % lag der Anteil bei Windenergieanlagen an Land mit am höchsten.
- Die KfW-Förderung führt nach Inbetriebnahme aller im Jahr 2017 und 2018 geförderten Anlagen zu vermiedenen Energieimporten in Deutschland im Gegenwert von insgesamt jährlich rund 340 Mio. €. Dies entspricht rund 6,8 Mrd. € über die gesamte Laufzeit der Anlagen von 20 Jahren.
- Als Folge der Substitution fossiler Energieträger ist mit der Nutzung der im Jahr 2017 und 2018 geförderten EE-Anlagen mit Standort in Deutschland eine jährliche Emissionsvermeidung von insgesamt rund 4,9 Mio. t CO₂-Äquivalenten (davon 4,5 Mio. t CO₂) verbunden. Durch die im selben Zeitraum geförderten Anlagen mit Standort im Ausland werden jährlich weitere 0,4 Mio. t CO₂ vermieden.
- Durch eingesparte Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen können über die Nutzungsdauer aller im Jahr 2017 und 2018 in Deutschland geförderten EE-Anlagen externe Kosten in Höhe von zusammen jährlich rund 960 Mio. € vermieden werden. Rund 93 % der vermiedenen externen Kosten entfallen auf die vermiedenen Schäden des Klimawandels.
- Durch Produktion und Bau der im Jahr 2017 und 2018 geförderten und errichteten EE-Anlagen konnten insgesamt rund 43.000 Arbeitsplätze in Deutschland für ein Jahr gesichert bzw. neu geschaffen werden, durch Betrieb und Wartung dieser Anlagen finden 20 Jahre lang weitere 1.130 Personen jährlich Beschäftigung. Zusätzlich werden durch die Erstellung der geförderten Windenergieanlagen auf See in den Folgejahren rund 9.000 Arbeitsplätze für ein Jahr gesichert bzw. neu geschaffen, sowie nach deren Inbetriebnahme jährlich weitere 150 Arbeitsplätze.
- 53 % der durch Bau und Betrieb der in den Jahren 2017 und 2018 erstellten Anlagen gewonnenen Arbeitsplätze sind in kleinen und mittleren Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten entstanden.

Abstract for Political Decision Makers

In the years 2017 and 2018 renewable energy sources (RES) continued to increase their share in Germany's energy provision (cf. BMWi 2019a): In 2017 the share of RES in electricity consumption saw a sharp rise from 31.6 % (2016) to 36.0 %. In 2018 this share further increased to 37.8 %. Thus, more than every third kilowatt hour of electric energy consumed in Germany originates from renewable sources.

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. The Climate Action Programme 2030 adopted by the Federal Cabinet on October 9th 2019 aims at reaching a renewable energy share of 65 % in electricity consumption by 2030. In combination with challenging energy efficiency targets, this should make it possible to reduce greenhouse gas emissions by at least 55 % by 2030 compared to the base year 1990.

The national renewable energy promotional activities of KfW Bankengruppe represent an important element for reaching the targets for renewable energy use described above. These activities comprise low-interest loans, partly in combination with repayment bonuses financed by the federal government. In order to review their effectiveness and significance within the years 2017 and 2018, 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 CO₂ emissions avoided.

The most important results at a glance:

- In the years 2017 and 2018 the KfW promotional programmes supported a total investment in the construction of plants for using renewable energies of € 6.2 billion and € 2.6 billion respectively (of which € 1.6 billion and € 1.4 billion in plants abroad). This represents shares of 29.1 % and 12.5 % respectively of the total investment in plants for power and heat production from renewable energy sources in Germany in 2017 and 2018 (not including offshore wind energy plants).
- In the field of electricity production, the renewable energy installations co-financed through KfW programmes reached shares of 31 % and almost 13 % of total electrical power installed in Germany in the years 2017 and 2018 (excluding offshore wind energy plants). With 35 % and 24 % respectively the highest shares could be found for onshore wind turbines.

- Promotional activities conducted in the years 2017 and 2018 together reduce German energy imports by approximately € 340 million per annum. This cumulates to € 6.8 billion over the plants' lifetime of 20 years.
- The plants built in Germany and financed by KfW in the years 2017 and 2018 lead to a reduction of approximately 4.9 million tonnes of CO₂ equivalent (of which 4.5 million tonnes CO₂) per annum. The plants built abroad with KfW-support reduce another 0.4 million tonnes of CO₂ annually.
- Avoiding greenhouse gas and air pollutant emissions in Germany reduces external costs by approximately € 960 million a year (for both years considered), 93 % of which refer to climate change effects.
- Manufacturing and construction of the plants built in 2017 and 2018 correspond to approximately 43,000 jobs created or preserved in Germany for one year. A further 1,130 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, contribute a further 9,000 jobs during the construction phase and 150 jobs per annum for plant operation.
- Small and medium-sized enterprises with less than 500 employees account for 53 % of the jobs generated by the construction and operation of plants built in the years 2017 and 2018.

1 Einführung

Der Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE) in Deutschland war in den Jahren 2017 und 2018 von starken Schwankungen im Bereich der Windenergieanlagen an Land geprägt (vgl. BMWi 2019a): Der Ausbau von Windenergieanlagen übertraf im Jahr 2017 noch einmal die bereits sehr starken Vorjahre und erreichte den höchsten jemals ermittelten Wert. Auch der Ausbau der installierten Leistung von Photovoltaikanlagen setzte seinen Aufwärtstrend fort, allerdings weit weniger dynamisch als die Windkraftanlagen. Im Jahr 2018 dagegen sank der Zubau an neu installierter elektrischer EE-Leistung im Vergleich zum Vorjahr insgesamt um ein Fünftel. Während die installierte Leistung von Photovoltaikanlagen im Vergleich zu 2017 um 77 % zulegen konnte, sank die Leistung neu zugebauter Windenergieanlagen an Land im Vergleich zum Rekordjahr 2017 um rund 55 %. Damit kehrt bei der Windkraft der Leistungszubau wieder auf das Niveau des Jahres 2013 zurück. Der starke Rückgang im Vergleich zum Jahr 2017 ist vor allem auf Vorzieheffekte in Folge von Änderungen der EEG-Förderung zurückzuführen, da nach dem EEG 2017 für neue Windenergieanlagen über 750 kW Leistung die Förderhöhe grundsätzlich durch Ausschreibungen am Markt ermittelt wird und nicht mehr wie bisher als staatlich festgelegte Einspeisevergütung erfolgt.

Vor allem witterungsbedingt stieg im Jahr 2017 der EE-Anteil am deutschen Bruttostromverbrauch im Vergleich zu 2016 um 4,4 Prozentpunkte von 31,6 % auf 36,0 %. Das sprunghafte Wachstum ging zurück auf deutlich bessere Windverhältnisse als im Jahr 2016, hinzu kam der starke Ausbau von Windenergieanlagen. Im Jahr 2018 ließ die außergewöhnlich sonnige Witterung zusammen mit erneut guten Windverhältnissen den EE-Anteil um weitere 1,8 Prozentpunkte auf 37,8 % anwachsen. Damit konnten die erneuerbaren Energien ihre Bedeutung im Strommix weiter ausbauen.

Der Anteil der Erneuerbaren Energien am Wärmeverbrauch stieg von 13,5 % im Jahr 2016 auf 13,8 % im Jahr 2017 und 14,2 % im Jahr 2018. Ursache hierfür war 2017 ein zunehmender Einsatz von Biomasse im Wärmebereich, wohingegen 2018 bei weitgehend unverändertem EE-Wärmeverbrauch ein witterungsbedingter Rückgang des Wärmeverbrauchs insgesamt zu beobachten war.

Die Zielarchitektur der Bundesregierung 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. Gemäß Klimaschutzprogramm 2030 ist bis zum Jahr 2030 ein Anteil von 65 % zu erreichen. In Verbindung mit anspruchsvollen Energieeffizienzzielen soll es dadurch möglich sein, die Treibhausgasemissionen bis 2030 im Vergleich zum Jahr 1990 um mindestens 55 % zu mindern.

Ein wichtiges Element, um die anspruchsvollen EE-Ausbauziele zu erreichen, sind die Förderaktivitäten der KfW Bankengruppe, die zinsgünstige Darlehen – teilweise auch in Ver-

bindung mit Tilgungszuschüssen aus Bundesmitteln – 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 2017 und 2018. 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 (Energienmengen und Kosten),
- Minderung von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen: jährliche Vermeidung von Treibhausgasen (CO₂, CH₄, N₂O sowie das daraus ermittelte CO₂-Äquivalent), Säurebildnern (SO₂, NO_x sowie das daraus ermittelte SO₂-Äquivalent), Vorläuferstoffen für bodennahes Ozon (NMVOC) sowie Feinstaub,
- monetäre Bewertung der durch die Minderung von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen vermiedenen externen Umweltkosten: Verteilung nach Technologien und Schadenskategorien,
- Arbeitsplatzeffekte: Bruttobeschäftigungseffekte in Deutschland in den Sektoren Anlagenbau und Betrieb von Anlagen (pro Jahr und über die gesamte Lebensdauer der Anlage). 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.

In Kapitel 4 werden die im Ausland geförderten Anlagen betrachtet. Dabei werden das durch den Bau dieser Anlagen ausgelöste Investitionsvolumen, die geförderte Leistung sowie die vermiedenen CO₂-Emissionen betrachtet.

2 Überblick über die geförderten Vorhaben

2.1 Förderprogramme

In den betrachteten Jahren 2017 und 2018 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 2017 und 2018.

Programmnummer	KfW-Programm Erneuerbare Energien			KfW-Programm Offshore-Windenergie
	Standard 270	Premium 271, 272, 281, 282	Speicher 275	273
Hier berücksichtigte Fördermaßnahmen	Errichtung, Erweiterung oder Erwerb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung, zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen sowie Maßnahmen zur Integration Erneuerbarer Energien in das Energiesystem	Nach den BMWi-Richtlinien förderfähige Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Wärmemarkt: große Solarkollektoranlagen, Biomasseanlagen zur Verbrennung fester Biomasse für die thermische Nutzung, KWK-Biomasseanlagen, Wärmenetze, große Wärmespeicher, Biogasleitungen für unaufbereitetes Biogas, 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 deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone oder der 12-Seemeilen-Zone der Nord- und Ostsee
Art der Förderung	Zinsgünstiges Darlehen	Zinsgünstiges Darlehen mit Tilgungszuschuss des Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)		Konsortialdarlehen zu Marktkonditionen
Kredithöchstbetrag	maximal 50 Mio. € pro Vorhaben	maximal 25 Mio. € pro Vorhaben	bis zu 100 % der förderfähigen Nettoinvestitionskosten	maximal 800 Mio. € pro Projekt
Programmlaufzeit	Programmstart: 01.01.2009	Programmstart: 01.01.2009	01.05.2013 bis 31.12.2018	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.

Im Förderjahr 2018 wurden im Programmteil „Standard“ neben dem bisher üblichen Antragsweg erstmals auch Anträge über die neue Online-Plattform „Bankdurchleitung Online (BDO)“ erfasst. Während der BDO-Anteil in Bezug auf die Darlehensfälle 6% betrug, entfielen auf den neuen Antragsweg 13% der Darlehenssumme und 12% der Investitionssumme. Im Mittel wiesen die online beantragten Projekte eine im Vergleich zum alten Antragsweg mehr als doppelt so hohe Investitionssumme je Darlehen auf.

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 2017 und 2018. 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.

Tabelle 2: Darlehenszusagen, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm für das Förderjahr 2017.

	EE Standard	EE Premium	EE Speicher	Offshore	Alle Programme
Darlehenszusagen	2.736	1.523	6.907	3	11.169
Darlehensvolumen (Mio. €)	3.575,5 ²⁾	107,5	122,0	312,8	4.117,8²⁾
Investitionsvolumen (Mio. €¹⁾)	4.997,5 ³⁾	176,5	149,7	889,0	6.212,8³⁾
Mittleres Investitionsvolumen je Darlehen (€¹⁾)	1.826.580	115.920	21.670	296 Mio.	556.250

Datenstand April 2018 (inkl. Storni und Verzichte bis zu diesem Zeitpunkt).

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ exkl. Mehrwertsteuer.

²⁾ Davon Anlagen im Ausland 1.051,7 Mio. € - vgl. auch Kapitel 4.1

³⁾ Davon Anlagen im Ausland 1.648,6 Mio. € - vgl. auch Kapitel 4.1.

Insgesamt wurden im Förderjahr 2018 5.348 Darlehen mit einem Darlehensvolumen von 1,8 Mrd. € gewährt. Damit sank die Anzahl der Zusagen im Vergleich zum Jahr 2017 (11.169 Zusagen) um mehr als die Hälfte. Während die Zahl der Zusagen im Programmteil EE Premium nur leicht zurückging (2018: 1.451, 2017: 1.523), waren in den Programmteilen EE Speicher (2018: 2.128, 2017: 6.907) und EE Standard (2018: 1.769, 2017: 2.736)

starke Rückgänge zu verzeichnen. Im Programm Offshore-Windenergie gab es im Förderjahr 2018 keine Zusage (2017: 3).

Der Rückgang des insgesamt von der KfW zugesagten Darlehensvolumens von 4,1 Mrd. € im Jahr 2017 auf 1,8 Mrd. € im Jahr 2018 ist auf das um mehr als die Hälfte gesunkene Darlehensvolumen im Programm EE-Standard, das Fehlen von Zusagen im Programm Offshore sowie den Rückgang des Darlehensvolumens im Programm EE Speicher um zwei Drittel zurückzuführen. Das Darlehensvolumen im Programmteil EE Premium blieb trotz der gesunkenen Anzahl an Zusagen konstant. Das insgesamt geförderte Investitionsvolumen sank im Jahresvergleich von 6,2 auf 2,6 Mrd. €

Verglichen mit dem Vorjahr blieb das mittlere geförderte Investitionsvolumen je Darlehen im Programmteil EE Speicher praktisch unverändert, wuchs im Programmteil EE Premium um 11 % und sank im Programmteil EE Standard um 27 %.

Tabelle 3: Darlehenszusagen, Darlehensvolumen und ausgelöstes Investitionsvolumen für Erneuerbare Energien nach Kreditprogramm für das Förderjahr 2018.

	EE Standard	EE Premium	EE Speicher	Offshore	Alle Programme
Darlehenszusagen	1.769	1.451	2.128	-	5.348
Darlehensvolumen (Mio. €)	1.632,3 ²⁾	107,8	41,0	-	1.781,1²⁾
Investitionsvolumen (Mio. €¹⁾)	2.345,6 ³⁾	186,1	46,4	-	2.578,0³⁾
Mittleres Investitionsvolumen je Darlehen (€¹⁾)	1.325.920	128.240	21.820	-	482.060

Datenstand Februar 2019 (inkl. Storni und Verzichte bis zu diesem Zeitpunkt).

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ exkl. Mehrwertsteuer.

²⁾ Davon Anlagen im Ausland 897,8 Mio. € - vgl. auch Kapitel 4.1.

³⁾ Davon Anlagen im Ausland 1.371,5 Mio. € - vgl. auch Kapitel 4.1.

Die insgesamt im Jahr 2017 (2018) geförderten Investitionen in Höhe von 6,2 Mrd. € (2,6 Mrd. €) wurden zu 80,4 % (91,0 %) über den Programmteil Standard des KfW-Programms Erneuerbare Energien mitfinanziert, in dem rund 5,0 Mrd. € (2,3 Mrd. €) Investitionen zu verzeichnen waren. Davon entfielen mit 1,6 Mrd. € (1,4 Mrd. €) rund 33 % (58 %) auf geförderte Anlagen im Ausland. Mit den Programmen EE Premium und EE Speicher wurden rund 177 Mio. € (186 Mio. €) bzw. 150 Mio. € (46 Mio. €) Investitionen angestoßen, was 2,8 % (7,2 %) bzw. 2,4 % (1,8 %) des insgesamt geförderten Investitionsvolumens entspricht. Auf die im Programm Offshore geförderten Anlagen entfielen im Jahr 2017 14,3 % der ausgelösten Investitionen, im Förderjahr 2018 gab es keine Zusage.

2.2 Datengrundlage Förderjahrgänge 2017 und 2018

Für die Förderjahrgänge 2017 und 2018 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 bzw. Land (bei Auslandsvorhaben), in dem das Investitionsvorhaben angemeldet wurde.

Für die Technologien Photovoltaik, Windkraft, Wasserkraft, Solarthermie, feste Biomasse, Biogas, Tiefe Geothermie und Große Wärmepumpe liegen zusätzlich Angaben zur installierten Leistung, für Wärmenetze die Trassenlänge und für Wärmespeicher das Volumen 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, waren bis zum Förderjahr 2016 für die PV-Anlagen fiktive spezifische Investitionskosten in Höhe von 1.600 €/kW_p angesetzt worden (dies entspricht auch dem fiktiven Wert, der zur Ermittlung der dem Batteriespeicher zuzurechnenden Kosten und der darauf basierenden Höhe des Tilgungszuschusses gemäß den Förderrichtlinien anzusetzen war). Da die mittleren spezifischen Investitionskosten von PV-Anlagen in den vergangenen Jahren gesunken sind, werden ab 2017 für die Aufteilung statt des fiktiven Werts die realitätsnäheren mittleren spezifischen Investitionskosten für Anlagen bis 30 kW_p aus dem Programm EE Standard angesetzt – diese betragen im Förderjahr 2017 (2018) 1.410 €/kW_p (1.390 €/kW_p). Die auf den Speicher entfallende Investitionssumme wurde dann als Differenz aus gesamter Investitionssumme abzüglich des Produkts aus installierter elektrischer Leistung und mittleren 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 2017	FJ 2018
Strom	Biogas (Stromerzeugung)	1.380	2.100
	Biomasse (fest) Heizkraftwerk	-	4.990
	Photovoltaik	1.040	1.020
	Windenergie an Land	1.600	1.500
Wärme	Solarthermie	880	920
	Feste Biomasse	530	450
	Wärmenetze¹⁾	250 €/Trassenmeter	240 €/Trassenmeter

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

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 tiefe Geothermie, große Wärmepumpe, Wasserkraft und Windkraft auf See werden aus Datenschutzgründen keine Werte ausgewiesen.

Unterschiede zwischen den Förderjahren ergeben sich vor allem durch die mit den Jahren schwankenden mittleren Anlagengrößen sowie Anlagenpreisen. Letztere ergeben sich etwa durch unterschiedliche Anlagencharakteristika (insbesondere bei Wärmenetzen) oder eingesetzte Komponenten (z.B. Kollektortyp bei Solarthermieanlagen). Verstärkt werden Schwankungen zwischen den Jahren durch geringe Anlagenzahlen. So sind die großen Differenzen bei Biogasanlagen auf unterschiedliche Größen der zugebauten Anlagen bei geringer Anlagenzahl zurückzuführen.

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 2017 und 2018 unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien in Deutschland nach Technologiebereichen. Auf Anlagen zur Stromerzeugung aus Windenergie an Land entfielen 65 % bzw. 69 % des im jeweiligen Jahr geförderten Investitionsvolumens. Der Anteil von Windkraftanlagen auf See betrug 2017 20 %, während es im Förderjahr 2018 in diesem Bereich keine Zusagen gab. Mit deutlichem Abstand folgten mit 9,3 % bzw. 13,2 % Photovoltaikanlagen.

Tabelle 5: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2017 in Deutschland unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck.

	EE Standard		EE Premium		EE Speicher		Offshore		Summe	
	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%
Biogas	11,4	0,3	-	-	-	-	-	-	11,4	0,25
Feste Bio- masse	4,1	0,1	41,4	23,4	-	-	-	-	45,5	1,0
Geothermie (tief)	-	-	16,3	9,2	-	-	-	-	16,3	0,4
Große Wär- mepumpe	0,03 ¹⁾	0,001 ¹⁾	0,4	0,2	-	-	-	-	0,4	0,01
Photovoltaik	353,2	10,5	-	-	72,5	48,4	-	-	425,7	9,3
Solarthermie	0,1	0,004	5,7	3,2	-	-	-	-	5,9	0,1
Wärmenetz	0,5	0,01	107,2	60,7	-	-	-	-	107,7	2,4
Wärmespei- cher	-	-	5,6	3,2	-	-	-	-	5,6	0,1
Wasserkraft	6,1	0,2	-	-	-	-	-	-	6,1	0,1
Windenergie an Land	2.973,2	88,8	-	-	-	-	-	-	2.973,2	65,1
Windenergie auf See	-	-	-	-	-	-	889,0	100,0	889,0	19,5
Stromspei- cher	0,2	0,01	-	-	77,2	51,6	-	-	77,4	1,7
Summe	3.348,9	100,0	176,5	100,0	149,7	100,0	889,0	100,0	4.564,2	100,0

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Berücksichtigung einer Anlage mit Verwendungszweck „Geothermische Anlage“, die auf Basis der verfügbaren Informationen als Wärmepumpe identifiziert wurde.

Die geförderten Investitionen in Windkraftanlagen an Land gingen 2017 im Vergleich zu 2016 um 27,2 % zurück, 2018 sanken sie nochmals um 72,0 %. Bei Photovoltaikanlagen waren Rückgänge um 12,9 % und 62,7 % zu verzeichnen. Dies spiegelt zum einen die

Auswirkungen eines anhaltenden Niedrigzinsumfeldes und den sehr guten Zugang der Unternehmen zu kostengünstigem Fremdkapital wider, ist zum anderen aber auch unmittelbare Folge des Einbruchs des Windenergiemarktes im Jahr 2018. Dieser Einbruch gegenüber 2017 ist vor allem auf Vorzieheffekte in Folge der Umstellung des EEG auf das Ausschreibungssystem zurückzuführen. Hinzu kommt, dass in den ersten Ausschreibungsrunden beginnend ab 2017, überwiegend noch nicht genehmigte Windkraftprojekte mit verlängerten Realisierungsfristen bezuschlagt wurden.

Bei der Photovoltaik war die KfW in den Vorjahren stark in der Finanzierung von Freiflächenanlagen engagiert. Eine Ursache für den Rückgang der Nachfrage nach KfW-Krediten bei Photovoltaikanlagen könnte neben dem Trend zu kleineren, verbrauchsnahe Anlagen auch in den fallenden Anlagenkosten und dem bereits erwähnten allgemein geringen Zinsniveau liegen. Dies könnte dazu geführt haben, dass kleinere Anlagen vollständig aus Eigenkapital ohne die Inanspruchnahme eines Darlehens finanziert wurden.

Tabelle 6: Volumen der durch KfW-Kreditprogramme 2018 in Deutschland unterstützten Investitionen in Erneuerbare Energien nach Verwendungszweck.

	EE Standard		EE Premium		EE Speicher		Offshore		Summe	
	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%	Mio. €	%
Biogas¹⁾	3,6	0,4	4,7	2,5	-	-	-	-	8,3	0,7
Feste Biomasse	2,2	0,2	46,7	25,1	-	-	-	-	48,9	4,1
Geothermie (tief)	-	-	36,1	19,4	-	-	-	-	36,1	3,0
Große Wärmepumpe	0,03 ²⁾	0,003 ²⁾	2,7	1,4	-	-	-	-	2,7	0,2
Photovoltaik	135,0	13,9	-	-	23,9	51,6	-	-	159,0	13,2
Solarthermie	-	-	5,3	2,9	-	-	-	-	5,3	0,4
Wärmenetz	-	-	82,6	44,4	-	-	-	-	82,6	6,8
Wärmespeicher	-	-	8,0	4,3	-	-	-	-	8,0	0,7
Wasserkraft	0,4	0,04	-	-	-	-	-	-	0,4	0,03
Windenergie an Land	832,7	85,5	-	-	-	-	-	-	832,7	69,0
Stromspeicher	0,13	0,01	-	-	22,5	48,4	-	-	22,6	1,9
Summe	974,1	100,0	186,1	100,0	46,4	100,0	-	-	1.206,6	100,0

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Stromerzeugung mit Biogas und Biogasleitungen.

²⁾ Berücksichtigung einer Anlage mit Verwendungszweck „Geothermische Anlage“, die auf Basis der verfügbaren Informationen als Wärmepumpe identifiziert wurde.

Verglichen mit dem Vorjahr sanken die Investitionen in Stromspeicher 2017 um insgesamt 31,3 %, was auf eine im Jahr 2016 im Programm EE Standard geförderte große Anlage zurückzuführen ist. Die im Programmteil EE Speicher geförderten Investitionen in Stromspeicher legten dagegen 2017 im Vorjahresvergleich um 15,7 % zu, während sie 2018 um

70,8% sanken. Auf Grund von geringen Anlagenzahlen schwankten die Investitionen in Windkraftanlagen auf See, tiefe Geothermie, große Wärmepumpen, Biogasanlagen sowie Wasserkraftanlagen in den vergangenen Jahren stark, so dass ein Vorjahresvergleich meist geringe Aussagekraft besitzt.

Die geförderten Investitionen in Solarthermie verdoppelten sich von 2016 auf 2017 und sanken 2018 um 9,3 %. Anlagen zur Nutzung fester Biomasse legten 2017 um 13,4 % und 2018 um weitere 7,6 % zu. Geförderte Investitionen in Wärmespeicher stiegen um 3,7 % und 43,7 %. Die geförderten Investitionen in Wärmenetze sanken im Vergleich zu den jeweiligen Vorjahren um 9,0 % und um 23,3 %.

Im Jahr 2017 (2018) wurden in Deutschland 15,8 Mrd. € (13,5 Mrd. €) in den Ausbau der Erneuerbaren Energien zur Strom- und Wärmebereitstellung investiert (vgl. BMWi 2019a), was im Vergleich zum jeweiligen Vorjahr einer Steigerung um 2,6 % bzw. einem Rückgang um ca. 14,3 % entspricht. Zusätzlich wurden rund 290 Mio. € (350 Mio. €) in Stromspeicher für Photovoltaikanlagen investiert. Mit den Förderkrediten der KfW wurden 2017 (2018) in Deutschland Investitionen in die Errichtung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Höhe von insgesamt knapp 4,6 Mrd. € (1,2 Mrd. €) angestoßen. Verglichen mit den in Tabelle 7 und Tabelle 8 aufgeführten Gesamtinvestitionen in Deutschland in den jeweiligen Betrachtungsjahren von rund 16,1 Mrd. € (13,9 Mrd. €) hat die KfW damit rechnerisch 28,4 % (8,7 %) aller in Deutschland getätigten Investitionen in den Ausbau der regenerativen Energien (inkl. PV-Speicher) 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 beläuft sich der KfW-geförderte Anteil an den EE-Investitionen in Deutschland im Jahr 2017 auf 29,1 % und im Jahr 2018 auf 12,5 %.

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 2017.

	KfW-geförderte Investitionen in Mio. €	Gesamtinvestitionen Deutschland ¹⁾ in Mio. €	Anteil KfW-Förderung in %
Biomasse (Strom)	11,4	290	3,9
Biomasse (Wärme)	45,5	1.200	3,8
Geothermie (tief)	16,3	1.310 ²⁾	1,2
Große Wärmepumpe	0,4	In Wert für Geothermie enthalten	k.A.
Photovoltaik	425,7	1.700	25,0
Solarthermie	5,9	540	1,1
Wasserkraft	6,1	30	20,4
Windenergie an Land	2.973,2	7.280	40,8
Wärmenetz	107,7	k.A.	k.A.
Wärmespeicher	5,6	k.A.	k.A.
Stromspeicher	77,4	290 ³⁾	26,7
Summe (ohne Windenergie auf See)⁴⁾	3.675,2	12.640	29,1⁵⁾
Nachrichtlich: Windenergie auf See	889,0	3.420	k.A. ⁴⁾

¹⁾ vgl. BMWi (2019a).

²⁾ Einschließlich Wärmepumpen.

³⁾ Abschätzung für Solarstromspeicher auf Basis der Angaben in Figgener et al. (2018).

⁴⁾ Von der KfW geförderte Windenergieanlagen auf See werden erst in den Folgejahren investitionswirksam und sind damit nicht in der Bundesstatistik der im Jahr 2017 getätigten Investitionen berücksichtigt. Aufgrund der großen zeitlichen Differenz zwischen Förderzusage und Inbetriebnahme der geförderten Anlagen wird hier von einer Berücksichtigung des KfW-Anteils abgesehen.

⁵⁾ Bei Berücksichtigung von Windenergie auf See 28,4 %.

Im Vergleich zum Vorjahr sank 2017 der Anteil KfW-geförderter Investitionen – ohne Berücksichtigung der Windenergie auf See – um 11,0 Prozentpunkte von 40,1 % auf 29,1 %. Für den Förderjahrgang 2018 fiel der Rückgang mit 16,6 Prozentpunkten von 29,1 % auf 12,5 % noch höher aus.

Der in den Förderjahren 2017 und 2018 stark gesunkene Anteil der KfW-Förderung an den Gesamtinvestitionen geht insbesondere auf den stark zurückgegangenen Anteil bei den Windkraftanlagen an Land zurück: von 59,9 % (2016) auf 40,8 % (2017) und 25,4 % (2018). Da in den vergangenen fünf Jahren immer mehr als 60 % der von der KfW geförderten EE-Investitionen in Deutschland auf Windenergieanlagen an Land entfielen, bestimmten Veränderungen in diesem Bereich das Gesamtbild. Auf Bundesebene gab es 2017 bei den Investitionen in Windenergie an Land im Vorjahresvergleich kaum Veränderungen, während sie 2018 um 55 % sanken. Demgegenüber sank das Volumen der KfW-geförderten Investitionen im selben Zeitraum mit 27 % bzw. 72 % deutlich stärker. Damit

setzt sich der in den vergangenen Jahren zu beobachtende Trend sinkender Anteile der KfW-geförderten Investitionen in Windkraftanlagen an Land fort.

Auch im Bereich der Photovoltaikanlagen sank der KfW-Anteil an den deutschlandweiten EE-Investitionen von 29,8 % (2016) auf 25,0 % (2017) und 6,0 % (2018). Bei den Stromspeichern¹ verlief die Anteilsentwicklung von 33,4 % (2016) auf 26,7 % (2017) und 6,5 % (2018). Bei Wasserkraftanlagen sank der Anteil von 27,2 % (2016) über 20,4 % (2017) auf 1,9 % (2018). Allerdings sind in diesem Bereich auf Grund der geringen Anzahl an Zusagen Schwankungen zwischen verschiedenen Jahren nicht ungewöhnlich. Bei den übrigen Verwendungszwecken bewegten sich die KfW-Förderanteile an den jeweiligen Investitionen 2017 und 2018, soweit sie hier erfasst werden können, zwischen 1,1 % und 3,9 %.

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 2018.

	KfW-geförderte Investitionen in Mio. €	Gesamtinvestitionen Deutschland ¹⁾ in Mio. €	Anteil KfW-Förderung in %
Biomasse (Strom)	11,8	370	3,2
Biomasse (Wärme)	45,4	1.160	3,9
Geothermie (tief)	36,1	1.370 ²⁾	2,6
Große Wärmepumpe	2,7	In Wert für Geothermie enthalten	k.A.
Photovoltaik	159,0	2.640	6,0
Solarthermie	5,3	470	1,1
Wasserkraft	0,4	20	1,9
Windenergie an Land	832,7	3.280	25,4
Wärmenetz	82,6	k.A.	k.A.
Wärmespeicher	8,0	k.A.	k.A.
Stromspeicher	22,6	350 ³⁾	6,5
Summe (ohne Windenergie auf See)	1.206,6	9.660	12,5⁴⁾
Nachrichtlich: Windenergie auf See	-	4.210	k.A.

¹⁾ vgl. BMWi (2019a).

²⁾ Einschließlich Wärmepumpen.

³⁾ Abschätzung für Solarstromspeicher auf Basis der Angaben in Figgener et al. (2019).

⁴⁾ Bei Berücksichtigung von Windenergie auf See 8,7 %.

Der wie in den Vorjahren geringe Anteil der KfW-Förderung im Wärmebereich (Biomasse und Solarthermie) ist darauf zurückzuführen, dass die Förderung im Wesentlichen über den BAFA-Teil des Marktanzreizprogramms des Bundes (kleine Solaranlagen, Biomasse-

¹ Nur Solarstromspeicher berücksichtigt.

heizungen und Wärmepumpen) erfolgt. 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 (2019a) 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 und Tabelle 8) finden sich in etwa auch beim Blick auf die geförderten Anlagenleistungen im Vergleich zur neu installierten EE-Leistung in Deutschland (vgl. Tabelle 9 und Tabelle 10). Ausnahmen stellen 2017 die Wasserkraftanlagen und 2018 Biomasseanlagen und Anlagen zur Nutzung von Tiefengeothermie dar, deren Errichtung sich wie bei den Windkraftanlagen über mehrere Jahre erstrecken kann, so dass die in einem Jahr erfassten Investitionen und die zugebauten Anlagenleistungen voneinander abweichen können.

Im Jahr 2017 wurden rechnerisch 31,0 % und im Jahr 2018 12,6 % der insgesamt in Deutschland zugebauten elektrischen Leistung im Bereich Erneuerbare Energien (ohne Windenergie auf See) über die KfW gefördert, was im Jahresvergleich einem Rückgang von 18,4 Prozentpunkten gleichkommt. Bei der Windenergie an Land betrug der KfW-Förderanteil 2017 (2018) 35,1 % (24,4 %). Bei der Interpretation des ermittelten Anteils 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 2018 betrug der KfW-Förderanteil bei Windenergie an Land 57 %). Bei Photovoltaikanlagen wurde 2017 (2018) ein Anteil von 23,5 % (5,1 %) an der insgesamt in Deutschland neu installierten elektrischen Leistung erreicht. Bei Wasserkraftanlagen belief sich der KfW-Förderanteil auf 6,9 % (2017) bzw. 1,0 % (2018). Im Jahr 2018 betrug der KfW-Förderanteil bei Tiefengeothermieanlagen zur Stromerzeugung 84,2 % und bei Anlagen zur Stromerzeugung aus fester Biomasse 15,8 %. Bei diesen Anlagen trifft die oben für Windkraftanlagen getroffene Aussage bezüglich der zeitlichen Zuordnung ebenfalls zu. Bei Biogasanlagen war der Förderanteil in beiden Jahren vernachlässigbar.

Tabelle 9: In Deutschland geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Förderjahrgang 2017 im Vergleich zu den 2017 in Deutschland zugebauten Leistungen.

	Verwendungszweck	KfW-geförderte Leistung in MW _{el} bzw. MW _{th}	In Deutschland zugebaute Leistung ¹⁾ in MW _{el} bzw. MW _{th}	Anteil der KfW-geförderten Anlagen am Zubau in Deutschland in %
Strom	Windenergie an Land	1.859,9	5.298	35,1 %
	Photovoltaik	390,6	1.660	23,5 %
	Wasserkraft	0,5	6,7	6,9 %
	Biogas ²⁾	8,3	320	2,6 %
	Feste Biomasse	-	1,8	0 %
	Summe (ohne Windenergie auf See)	2.259,2	7.286	31,0 %³⁾
	Nachr.: Windenergie auf See	200,0	1.275	k.A. ⁴⁾
Wärme⁵⁾	Solarthermie ⁶⁾	6,7	440	1,5 %
	Feste Biomasse	86,1	k.A.	k.A.
	Geothermie (tief)	8,3	k.A.	k.A.
	Große Wärmepumpe	0,1	k.A.	k.A.
	Summe	101,2	k.A.	k.A.
Wärmenetze (Trassenlänge)		424,6 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⁾ vgl. BMWi (2019a) und BSW-Solar (2018).

²⁾ Stromerzeugung.

³⁾ **Bei Berücksichtigung von Windenergie auf See 28,7 %.**

⁴⁾ Von der KfW geförderte Windenergieanlagen auf See werden erst in den Folgejahren errichtet und sind damit nicht in der bundesweiten Zubaustatistik für 2017 erfasst. Aufgrund der großen zeitlichen Differenz zwischen Förderzusage und Inbetriebnahme der geförderten Anlagen wird hier von einer Berücksichtigung des KfW-Anteils abgesehen.

⁵⁾ Ohne den thermischen Leistungsanteil der KWK-Anlagen aus dem Strombereich.

⁶⁾ Der geringe Anteil der von der KfW geförderten solarthermischen Anlagen am Zubau in Deutschland ist vor allem mit der Förderstruktur des Marktanzreizprogramms des Bundes (MAP) zu erklären, wonach kleinere Anlagen, welche die überwiegende Mehrzahl der Solarthermieanlagen darstellen, über den BAFA-Teil des MAP mit Investitionskostenzuschüssen gefördert werden, während größere Anlagen über die KfW gefördert werden.

Im Wärmesektor bzw. bei der Förderung von Wärmenetzen 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 10: In Deutschland geförderte elektrische und thermische Leistung der KfW-Programme im Förderjahrgang 2018 im Vergleich zu den 2018 in Deutschland zugebauten Leistungen.

	Verwendungszweck	KfW-geförderte Leistung in MW _{el} bzw. MW _{th}	In Deutschland zugebaute Leistung ¹⁾ in MW _{el} bzw. MW _{th}	Anteil der KfW-geförderten Anlagen am Zubau in Deutschland in %
Strom	Windenergie an Land	554,2	2.273	24,4
	Photovoltaik	149,9	2.938	5,1
	Wasserkraft	0,1	7	1,0
	Biogas ²⁾	1,7	418	0,4
	Feste Biomasse	0,7	4,5	15,8
	Geothermie (tief)	3,4	4	84,2
	Summe (ohne Windenergie auf See)	710,0	5.645	12,6³⁾
	Nachr.: Windenergie auf See	-	990	k.A.
Wärme⁴⁾	Solarthermie ⁵⁾	5,8	400	1,4
	Feste Biomasse	101,2	k.A.	k.A.
	Große Wärmepumpe	0,8	k.A.	k.A.
	Summe	107,8	k.A.	k.A.
Wärmenetze (Trassenlänge)		348,8 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⁾ vgl. BMWi (2019a), BSW-Solar (2019) und eigene Auswertung von BNetzA (2019).

²⁾ Stromerzeugung.

³⁾ **Bei Berücksichtigung von Windenergie auf See 10,7 %.**

⁴⁾ Ohne den thermischen Leistungsanteil der KWK-Anlagen aus dem Strombereich.

⁵⁾ Der geringe Anteil der von der KfW geförderten solarthermischen Anlagen am Zubau in Deutschland ist vor allem mit der Förderstruktur des Marktanzreizprogramms des Bundes (MAP) zu erklären, wonach kleinere Anlagen, welche die überwiegende Mehrzahl der Solarthermieanlagen darstellen, über den BAFA-Teil des MAP mit Investitionskostenzuschüssen gefördert werden, während größere Anlagen über die KfW gefördert werden.

Tabelle 11 bis Tabelle 14 zeigen für die Förderjahrgänge 2017 und 2018 die Aufteilung der geförderten elektrischen bzw. thermischen Leistung auf die einzelnen Förderprogramme der KfW.

Tabelle 11: 2017 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte elektrische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.

	EE Standard	EE Premium	EE Speicher	Offshore	Summe
	MW _{el}				
Windenergie an Land	1.859,9	-	-	-	1.859,9
Windenergie auf See	-	-	-	200,0	200,0
Photovoltaik	338,9	-	51,7	-	390,6
Wasserkraft	0,5	-	-	-	0,5
Biogas¹⁾	8,3	-	-	-	8,3
Summe	2.207,5	-	51,7	200,0	2.459,2

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Stromerzeugung.

Tabelle 12: 2018 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte elektrische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.

	EE Standard	EE Premium	EE Speicher	Summe
	MW _{el}			
Windenergie an Land	554,2	-	-	554,2
Photovoltaik	132,6	-	17,3	149,9
Wasserkraft	0,1	-	-	0,1
Biogas¹⁾	1,7	-	-	1,7
Feste Biomasse	-	0,7	-	0,7
Geothermie (tief)	-	3,4	-	3,4
Summe	688,5	4,1	17,3	710,0

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Stromerzeugung.

Tabelle 13: 2017 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte thermische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.

	EE Standard	EE Premium	Summe
	MW _{th}		
Solarthermie	0,1	6,6	6,7
Feste Biomasse	3,9	82,1	86,1
Geothermie (tief)	-	8,3	8,3
Große Wärmepumpe	0,02 ¹⁾	0,1	0,1
Summe	4,1	97,1	101,2

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Berücksichtigung einer Anlage mit Verwendungszweck „Geothermische Anlage“, die auf Basis der verfügbaren Informationen als Wärmepumpe identifiziert wurde.

Tabelle 14: 2018 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderte thermische Leistung im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.

	EE Standard	EE Premium	Summe
	MW _{th}		
Solarthermie	-	5,8	5,8
Feste Biomasse	2,9	98,3	101,2
Große Wärmepumpe	0,03 ¹⁾	0,7	0,8
Summe	2,9	104,9	107,8

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Berücksichtigung einer Anlage mit Verwendungszweck „Geothermische Anlage“, die auf Basis der verfügbaren Informationen als Wärmepumpe identifiziert wurde.

Anhand der installierten Leistungen wurde mittels energieträgerspezifischer Volllaststunden bzw. Energieerträge² für Referenzanlagen (vgl. Anhang A 5) die Strommenge bzw. im Wärmebereich der Beitrag zur Endenergiebereitstellung abgeschätzt. Insgesamt produzieren die von der KfW im Jahr 2017 (2018) geförderten EE-Anlagen im Stromsektor eine jährliche Strommenge von ca. 5,5 (1,4) TWh (vgl. Tabelle 15 und Tabelle 16). Rund 85 % (97 %) des produzierten Stroms der von der KfW geförderten EE-Anlagen entfallen auf Windenergieanlagen an Land sowie auf Photovoltaikanlagen. Die im Jahr 2017 (2018) von der KfW geförderten EE-Anlagen im Wärmesektor stellen jährlich Endenergie in Höhe von rund 0,5 (0,4) TWh zur Verfügung. Davon entfallen 95 % (98 %) auf Anlagen, die durch den Programmteil EE Premium gefördert wurden (vgl. Tabelle 17 und Tabelle 18).

Tabelle 15: Abschätzung der jährlichen Stromerzeugung der 2017 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderten Anlagen im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.

	EE Standard	EE Premium	EE Speicher	Offshore	Summe
	GWh _{el}				
Windenergie an Land	4.280	-	-	-	4.280
Windenergie auf See	-	-	-	780	780
Photovoltaik	320	-	50	-	360
Wasserkraft	2	-	-	-	2
Biogas¹⁾	50	-	-	-	50
Summe	4.650	-	50	780	5.470

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Stromerzeugung.

²⁾ Die angesetzten Volllaststunden bzw. Energieerträge wurden auf Basis aktueller Studien und Quellen ermittelt.

Tabelle 16: Abschätzung der jährlichen Stromerzeugung der 2018 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderten Anlagen im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.

	EE Standard	EE Premium	EE Speicher	Summe
	GWh _{el}			
Windenergie an Land	1.270	-	-	1.270
Windenergie auf See	-	-	-	-
Photovoltaik	120	-	20	140
Wasserkraft	0,3	-	-	0,3
Feste Biomasse¹⁾	-	4	-	4
Biogas¹⁾	10	-	-	10
Geothermie (tief)	-	20	-	20
Summe	1.410	30	20	1.450

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Stromerzeugung.

Tabelle 17: Abschätzung der jährlich bereitgestellten Endenergie Wärme der 2017 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderten Anlagen im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.

	EE Standard	EE Premium	Summe
	GWh _{th}		
Solarthermie	0,03	2	2
Feste Biomasse	7	210	218
Geothermie (tief)	-	55	55
Große Wärmepumpe	0,04 ¹⁾	0,2	0,2
Biogas²⁾	14	-	14
Wärmenetze³⁾	0,2	166	166
Summe	21	432	454

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Berücksichtigung einer Anlage mit Verwendungszweck „Geothermische Anlage“, die auf Basis der verfügbaren Informationen als Wärmepumpe identifiziert wurde.

²⁾ Wärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung.

³⁾ Berücksichtigung der den Wärmenetzen zurechenbare Wärmemenge.

Tabelle 18: Abschätzung der jährlich bereitgestellten Endenergie Wärme der 2018 durch KfW-Kreditprogramme in Deutschland geförderten Anlagen im Bereich der Erneuerbaren Energien, nach Verwendungszweck und Förderprogramm.

	EE Standard	EE Premium	Summe
	GWh _{th}		
Solarthermie	-	2	2
Feste Biomasse	5	243 ¹⁾	249
Biogas²⁾	3	-	3
Geothermie (tief)²⁾	-	51	51
Große Wärmepumpe	0,05 ³⁾	1,3	1,4
Wärmenetze⁴⁾	-	129	129
Summe	8	426	434

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

1) Wärmeerzeugung teilweise in Kraft-Wärme-Kopplung.

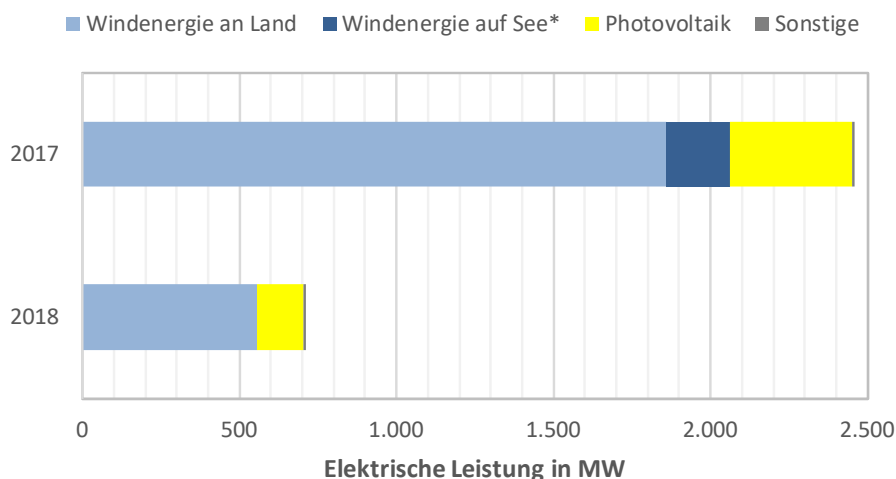
2) Wärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung.

3) Berücksichtigung einer Anlage mit Verwendungszweck „Geothermische Anlage“, die auf Basis der verfügbaren Informationen als Wärmepumpe identifiziert wurde.

4) Berücksichtigung der den Wärmenetzen zurechenbare Wärmemenge.

3.1.3 Vergleich der Förderjahrgänge 2017 und 2018

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der von der KfW in Deutschland geförderten elektrischen Leistung für die Jahre 2017 und 2018. Der Rückgang von insgesamt 2,5 GW 2017 auf 0,7 GW 2018 spiegelt direkt das in diesem Zeitraum stark rückläufige geförderte Investitionsvolumen in Anlagen zur Stromerzeugung wider. Dies betrifft sowohl Windkraftanlagen an Land als auch Photovoltaikanlagen. Die sonstigen geförderten EE-Anlagen zur Stromerzeugung (Biogas, Wasserkraft, feste Biomasse, Tiefengeothermie) 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 2018 weiterhin nahezu unverändert bei rund 80 %, weiterhin wird 6 % des Primärenergieverbrauchs durch Kernenergie gedeckt (vgl. BMWi 2019b). Der Anteil der Erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch beträgt knapp 14 % (vgl. Abbildung 2).

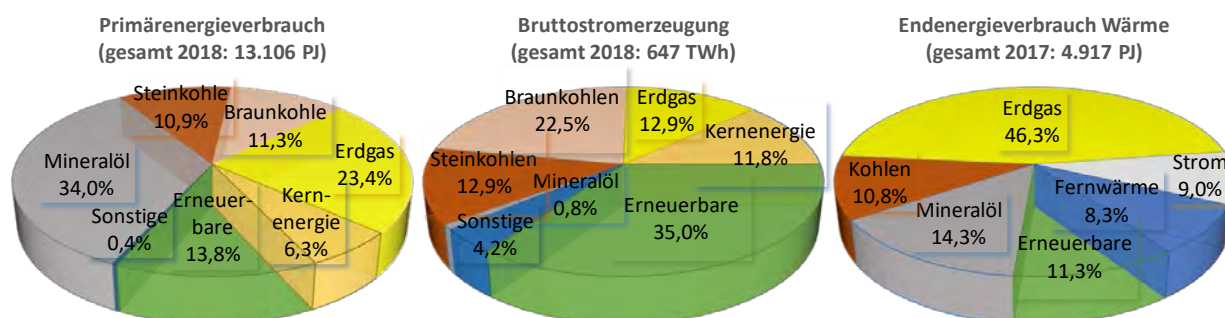


Abbildung 2: Struktur des Primärenergieverbrauchs, der Bruttostromerzeugung sowie des Endenergieverbrauchs zur Wärmebereitstellung in Deutschland.

Mit Blick auf die Stromerzeugung war in den vergangenen Jahren ein deutliches Wachstum der erneuerbaren Energien zu verzeichnen, die nach BMWi (2019b) mittlerweile 35 % zur Bruttostromerzeugung beitragen. Der Kernenergieanteil liegt bei 11,8 %, der Anteil der fossilen Energien beträgt rund 49 %. Im Bereich der Wärmebereitstellung beträgt der direkte Anteil der fossilen Energien gut 71 % des Endenergieverbrauchs, wobei zu berücksichtigen ist, dass Fernwärme und Strom zu einem großen Teil auch aus fossilen Energieträgern stammen. Erneuerbare Energien standen im Jahr 2017 für gut 11 % 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 70 % und ist in den vergangenen Jahren nur mäßig rückläufig (in den Jahren 2000 - 2006 pendelte die Nettoimportquote zwischen 72 und 74 %). Die Importquoten 2018 betragen bei Mineralöl 97 %, bei Erdgas 96 % und bei Steinkohle 88 % (vgl. BMWi 2019b). Die durch die KfW-Förderprogramme induzierte Einsparung fossiler 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 des BMWi-Entwurfs des Integrierten nationalen Energie- und Klimaplanes (vgl. BMWi 2019c) herangezogen.

Die jährliche Einsparung fossiler Energieträger nach Programmen ist für die beiden Förderjahrgänge in Tabelle 19 und Tabelle 20 dargestellt.

Tabelle 19: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

GWh/a	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Anteil
EE Standard	6.711	2.905	244	11	9.870	79,8%
EE Speicher	56	29	2	0	86	0,7%
EE Premium	195	386	68	103	751	6,1%
Offshore	1.149	483	35	0	1.667	13,5%
Summe	8.111	3.802	349	114	12.375	100,0%
Anteil	65,5%	30,7%	2,8%	0,9%	100,0%	

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 20: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach KfW-Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

GWh/a	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Anteil
EE Standard	2.028	883	74	2	2.987	77,7%
EE Speicher	19	10	1	0	29	0,8%
EE Premium	244	419	76	92	830	21,6%
Offshore	-	-	-	-	-	-
Summe	2.290	1.312	150	94	3.846	100,0%
Anteil	59,5%	34,1%	3,9%	2,4%	100,0%	

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 21 und Tabelle 22 zeigen die jährliche Einsparung fossiler Energieträger nach geförderten Technologien für die Förderjahrgänge 2017 und 2018. Diese liegt für das Förderjahr 2017 in Summe bei 12,4 TWh (44,6 PJ) pro Jahr, für das Förderjahr 2018 beläuft sie sich auf 3,8 TWh (13,8 PJ) jährlich. Mit 87 % entfiel 2017 der weit überwiegende Anteil der fossilen Primärenergieeinsparung auf Anlagen zur Nutzung der Windenergie an Land und auf See, im Förderjahr 2018 – ohne Zusagen für Offshore-Anlagen – betrug der Anteil der Windenergie an Land 71 %.

Tabelle 21: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologien für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

GWh/a	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Anteil
Windenergie an Land	6.251	2.662	230	0	9.143	73,9%
Windenergie auf See	1.149	483	35	0	1.667	13,5%
Biogas (Strom) ¹⁾	68	32	2	10	111	0,9%
Photovoltaik	384	202	10	0	596	4,8%
Stromspeicher (einschl. PV ²⁾)	56	29	2	0	86	0,7%
Biomasse HW, HKW	136	228	48	8	420	3,4%
Wasserkraft	4	1	0	0	5	0,0%
Wärmenetze	29	108	9	92	240	1,9%
Solarthermie	0	1	0	1	2	0,0%
Geothermie (tief)	34	56	12	2	104	0,8%
Große Wärmepumpen	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,0%
Summe	8.111	3.802	349	114	12.375	100,0%
Anteil	65,5%	30,7%	2,8%	0,9%	100,0%	

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

1) Einschließlich Einsparung fossiler Energieträger durch Wärmenutzung.

2) Geförderte PV-Neuanlagen im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien „Speicher“.

Tabelle 22: Jährliche Einsparung fossiler Energieträger (Primärenergie) durch die Nutzung Erneuerbarer Energien nach Technologien für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

GWh/a	Steinkohle	Erdgas	Braunkohle	Mineralöl	Summe	Anteil
Windenergie an Land	1.863	793	69	0	2.725	70,8%
Biogas (Strom) ¹⁾	14	7	0	2	23	0,6%
Photovoltaik	148	77	4	0	229	6,0%
Stromspeicher (einschl. PV ²⁾)	19	10	1	0	29	0,8%
Biomasse HW, HKW	161	262	55	9	487	12,7%
Biogasleitungen	0	10	0	15	26	0,7%
Wasserkraft	1	0	0	0	1	0,0%
Wärmenetze	29	89	10	65	193	5,0%
Solarthermie	0	1	0	1	2	0,0%
Geothermie (tief)	57	61	12	2	132	3,4%
Große Wärmepumpen	0,1	0,5	0,0	0,4	1,0	0,0%
Summe	2.290	1.312	150	94	3.846	100,0%
Anteil	59,5%	34,1%	3,9%	2,4%	100,0%	

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

1) Einschließlich Einsparung fossiler Energieträger durch Wärmenutzung.

2) Geförderte PV-Neuanlagen im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien „Speicher“.

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 2018 steht eine Primärenergiegewinnung im Inland von 3,9 EJ gegenüber (vgl. BMWi 2019b). Davon entfallen 39 % auf die heimische Braunkohle. Die Erneuerbaren Energien als heimische Energiequellen leisten bereits einen größeren Beitrag zum Primärenergieverbrauch als die Braunkohle. Insgesamt mussten wie in den Vorjahren rund 70 % der in Deutschland im Jahr 2018 verbrauchten Primärenergieträger importiert werden. Die Nutzung erneuerbarer Energieträger mindert nicht nur den Verbrauch an fossilen Primärenergieträgern, sondern trägt auch zur Steigerung der Unabhängigkeit von Energieimporten bei.

Bei der folgenden Berechnung wird unterstellt, dass – abgesehen von der Braunkohle – die Einsparung fossiler Energieträger vollständig zu einer Minderung der Energieimporte führt. Heimische Energieträger (Braunkohle) werden damit im Rahmen dieser Methodik nicht durch die Nutzung der geförderten Anlagen verdrängt. Demnach wird nach vollständiger Inbetriebnahme der durch die mit den Programmen der KfW in den Jahren 2017 (2018) geförderten Erneuerbaren Energien die Einfuhr von jährlich rund 1,1 (0,3) Mio. t Steinkohle, 365 (126) Mio. m³ Erdgas und rund 11 (9) Mio. Liter Mineralöl bzw. entsprechende Rohölimporte vermieden (vgl. Tabelle 23 und Tabelle 24).

Tabelle 23: Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Brennstoffe für den Förderjahrgang 2017.

	Eingesparte Energiemengen p.a.		Importquote ¹⁾	Vermiedene Energieimporte p.a.		Einfuhrpreise ²⁾		Vermiedene Kosten für importierte Energieträger in Mio. € _{2018/a}
Braunkohle	140	1.000 t/a	0%	0	1.000 t/a	k.A.	-	-
Steinkohle	1.069	1.000 t/a	100%	1.069	1.000 t/a	16.062	€/GWh	130
Erdgas	365	Mio. m ³ /a	100%	365	Mio. m ³ /a	31.170	€/GWh	119
Mineralöl	11	Mio. l/a	100%	11	Mio. l/a	55.416	€/GWh	6
Summe								255

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

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 2018 betragen (nachrichtlich): Braunkohle -2 % (d.h. Export); Steinkohle 88 %, Erdgas 96 %, Mineralöl 97 % (vgl. BMWi 2019b).

²⁾ Vgl. auch Anhang A 6. Es wurden Energiepreise aus dem BMWi-Entwurf des Integrierten nationalen Energie- und Klimaplanes (BMWi 2019c) ohne CO₂-Aufschläge angesetzt, für 2017/2018 wurden aktuelle Werte verwendet (vgl. BMWi 2019b, Kohlenwirtschaft 2019). 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 24: Vermiedene jährliche Energieimporte und Kosten für fossile Brennstoffe für den Förderjahrgang 2018.

	Eingesparte Energiemengen p.a.		Importquote ¹⁾	Vermiedene Energieimporte p.a.		Einfuhrpreise ²⁾		Vermiedene Kosten für importierte Energieträger in Mio. € _{2018/a}
Braunkohle	60	1.000 t/a	0%	0	1.000 t/a	k.A.	-	-
Steinkohle	302	1.000 t/a	100%	302	1.000 t/a	16.605	€/GWh	38
Erdgas	126	Mio. m ³ /a	100%	126	Mio. m ³ /a	32.228	€/GWh	42
Mineralöl	9	Mio. l/a	100%	9	Mio. l/a	57.453	€/GWh	5
Summe								86

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

^{1) 2)} siehe Tabelle 23

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 2017 und 2018 von der KfW-geförderte Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien Energieimporte in einer Größenordnung von rund 255 bzw. 86 Mio. €/a vermieden werden. Über die angenommene Lebensdauer der Maßnahmen von 20 Jahren summieren sich die Einsparungen auf rund 5,1 Mrd. € (Förderjahrgang 2017) und 1,7 Mrd. € (Förderjahrgang 2018). Tabelle 25 und Tabelle 26 zeigen die Aufteilung der vermiedenen jährlichen Kosten für importierte fossile Brennstoffe auf die einzelnen Förderprogramme.

Tabelle 25: Vermiedene jährliche Kosten für importierte fossile Brennstoffe nach Förderprogramm für den Förderjahrgang 2017.

Mio. € _{2018/a}	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl	Summe	Anteil
EE Standard	107,8	90,5	0,6	198,9	78,0%
EE Speicher	0,9	0,9	0,0	1,8	0,7%
EE Premium	3,1	12,0	5,7	20,9	8,2%
Offshore	18,5	15,0	0,0	33,5	13,1%
Summe	130,3	118,5	6,3	255,1	100,0%
Anteil	51,1%	46,5%	2,5%	100,0%	

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 26: Vermiedene jährliche Kosten für importierte fossile Brennstoffe nach Förderprogramm für den Förderjahrgang 2018.

Mio. € _{2018/a}	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl	Summe	Anteil
EE Standard	33,7	28,5	0,1	62,3	72,6%
EE Speicher	0,3	0,3	0,0	0,6	0,7%
EE Premium	4,0	13,5	5,3	22,8	26,6%
Offshore	-	-	-	-	-
Summe	38,0	42,3	5,4	85,7	100,0%
Anteil	44,4%	49,3%	6,3%	100,0%	

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

3.2.2 Vergleich der Förderjahrgänge 2017 und 2018

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.

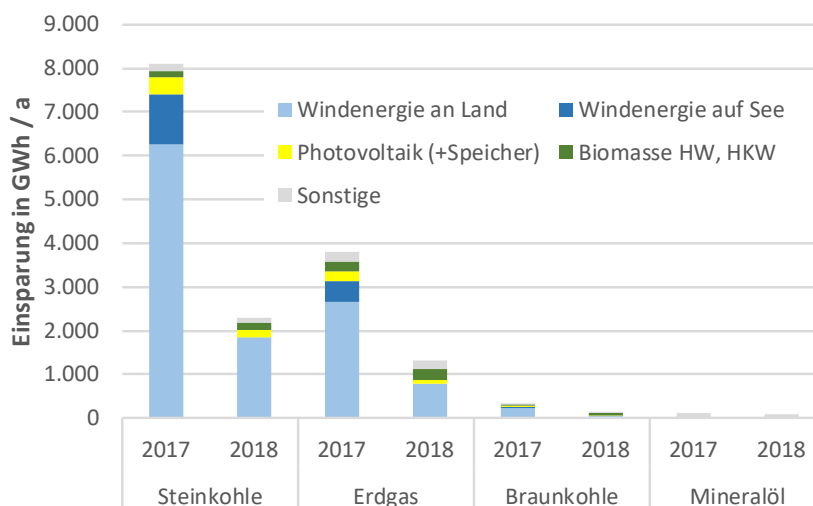


Abbildung 3: Jährliche Einsparung fossiler Brennstoffe (Primärenergie) der von der KfW geförderten Vorhaben 2017 und 2018 nach Technologien (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

In beiden Förderjahrgängen dominiert die Einsparung durch die geförderten Windenergieanlagen, die hauptsächlich Steinkohle und in geringerem Umfang Erdgas 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 (SO₂, 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 CO₂-Faktoren und Schadstoffemissionen der substituierten Energieträger deutlich voneinander unterscheiden. So entsteht beispielsweise bei der Verbrennung von Kohle etwa doppelt so viel CO₂ wie bei der Verbrennung von Erdgas, weil bei Erdgas entsprechend der chemischen Zusammensetzung der enthaltene Wasserstoff einen hohen Anteil am Heizwert hat. CO₂-Emissionen sind auch mit der Nutzung von Bioenergien verbunden, allerdings kann davon ausgegangen werden, dass diese Prozesse insgesamt weitgehend CO₂-neutral sind, weil das freigesetzte CO₂ zuvor während des Pflanzenwachstums aus der Atmosphäre aufgenommen wurde.

Nachfolgend werden die Treibhausgase CO₂ (Kohlendioxid), CH₄ (Methan) und N₂O (Lachgas) sowie die Luftschadstoffe SO₂ (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 2017 und 2018 geförderten Erneuerbaren Energien von einer jährlichen CO₂-Vermeidung in Höhe von 3,5 bzw. 1,0 Mio. t auszugehen. Werden die treibhausrelevanten Gase Methan und

Lachgas einbezogen, erhöht sich die Einsparung auf 3,9 bzw. 1,1 Mio. t CO₂-Äquivalente pro Jahr (vgl. Tabelle 27 und Tabelle 28).

Tabelle 27: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

Mio. t/a	EE Standard	EE Premium	EE Speicher	Offshore	Summe
CO₂	2,92	0,10	0,03	0,50	3,54
Anteil	82,4%	2,8%	0,7%	14,1%	100,0%
CO₂-Äquivalente	3,19	0,09	0,03	0,55	3,85
Anteil	82,7%	2,3%	0,7%	14,2%	100,0%

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 28: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Kreditprogrammen für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

Mio. t/a	EE Standard	EE Premium	EE Speicher	Offshore	Summe
CO₂	0,88	0,11	0,01	-	1,00
Anteil	87,8%	11,4%	0,9%	-	100,0%
CO₂-Äquivalente	0,96	0,11	0,01	-	1,08
Anteil	89,0%	10,1%	0,9%	-	100,0%

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 29: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

1.000 t/a	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -Äquivalente	Anteil CO ₂ -Äquiv.
Windenergie an Land	2.701	10,0	0,043	2.963	76,9%
Windenergie auf See	498	1,9	0,008	547	14,2%
Biogas (Strom)	34	-0,3	-0,013	22	0,6%
Photovoltaik	180	0,7	0,003	198	5,1%
Stromspeicher (einschl. PV¹⁾)	26	0,1	0,000	29	0,7%
Biomasse HW, HKW	42	0,2	-0,001	46	1,2%
Wasserkraft	1,5	0,006	0,000	1,7	0,04%
Wärmenetze	44	-0,4	-0,014	30	0,8%
Solarthermie	0,4	0,001	0,000	0,4	0,01%
Geothermie (tief)	14	0,1	0,000	15	0,4%
Große Wärmepumpen	0,03	0,00004	0,00000	0,03	0,001%
Summe	3.541	12	0,03	3.852	100,0%

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Geförderte PV-Neuanlagen im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien „Speicher“.

Wie auch in den Vorjahren entfällt ein großer Teil der Treibhausgasminderungen auf die geförderten Windenergieanlagen. Diese stehen im Förderjahr 2017 für 91 % und im Förderjahr 2018 (ohne Zusagen im Offshore-Programm) für 82 % der vermiedenen Treibhausgaseinsparungen. Der Beitrag der geförderten Photovoltaikanlagen zur Treibhausgasvermeidung liegt bei 5 % (2017) bzw. 7 % (2018) (vgl. Tabelle 29 und Tabelle 30).

Tabelle 30: Vermiedene Treibhausgasemissionen pro Jahr nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

1.000 t/a	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -Äquivalente	Anteil CO ₂ -Äquiv.
Windenergie an Land	805	3,0	0,013	883	81,5%
Biogas (Strom)	6,9	-0,1	-0,003	4,5	0,4%
Photovoltaik	69	0,3	0,001	76	7,0%
Stromspeicher (einschl. PV¹⁾)	8,7	0,0	0,000	9,6	0,9%
Biomasse HW, HKW	50	0,2	-0,002	54	5,0%
Biogasleitungen	5,8	-0,1	-0,002	3,5	0,3%
Wasserkraft	0,2	0,001	0,000	0,3	0,02%
Wärmenetze	33	-0,3	-0,010	24	2,2%
Solarthermie	0,4	0,001	0,000	0,4	0,03%
Geothermie (tief)	25	0,1	0,000	28	2,6%
Große Wärmepumpen	0,2	0,0002	0,000	0,2	0,01%
Summe	1.005	3,2	-0,002	1.084	100,0%

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Geförderte PV-Neuanlagen im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien „Speicher“.

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 Anlagen 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 2017 und 2018 geförderten Anlagen in Höhe von rund 4,9 Mio. t/a kumuliert sich über eine angenommene Nutzungsdauer dieser Anlagen von 20 Jahre auf rund 99 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 31 bis Tabelle 34).

Tabelle 31: Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

t/a	SO ₂	NO _x	SO ₂ -Äquivalente ¹⁾	NMVOC	Feinstaub
Windenergie an Land	916	1.873	2.220	102	27
Windenergie auf See	173	352	418	19	9
Biogas (Strom)	-22	-75	-74	-4	-2
Photovoltaik	47	119	130	6	-5
Stromspeicher (einschl. PV²⁾)	7	17	19	1	-1
Biomasse HW, HKW	16	-69	-32	-14	-2
Wasserkraft	0,6	1,1	1,3	0,1	0,03
Wärmenetze	-20	-68	-68	-3	-1
Solarthermie	0,05	0,3	0,3	0,1	-0,01
Geothermie (tief)	8	16	19	3	3
Große Wärmepumpen	0,002	0,01	0,01	0,01	0,0001
Summe	1.126	2.166	2.633	110	28

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.

²⁾ Geförderte PV-Neuanlagen im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien „Speicher“.

Tabelle 32: Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

t/a	SO ₂	NO _x	SO ₂ -Äquivalente ¹⁾	NM VOC	Feinstaub
EE Standard	943	1.915	2.276	104	20
EE Speicher	7	17	19	1	-0,7
EE Premium	3	-118	-80	-13	-0,03
Offshore	173	352	418	19	9
Summe	1.126	2.166	2.633	110	28

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ vgl. Tabelle 31.

Tabelle 33: Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Technologiebereichen für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

t/a	SO ₂	NO _x	SO ₂ -Äquivalente ¹⁾	NM VOC	Feinstaub
Windenergie an Land	273	558	662	30	8
Biogas (Strom)	-5	-15	-15	-1	-0,4
Photovoltaik	18	46	50	2	-2
Stromspeicher (einschl. PV²⁾)	2	6	6	0,3	-0,2
Biomasse HW, HKW	18	-81	-39	-16	-2
Biogasleitungen	-4	-9	-10	0,02	-0,2
Wasserkraft	0,1	0,2	0,2	0,01	0,005
Wärmenetze	-13	-52	-49	-3	-1
Solarthermie	0,04	0,3	0,2	0,05	-0,01
Geothermie (tief)	11	21	26	3	3
Große Wärmepumpen	0,01	0,05	0,04	0,05	0,001
Summe	301	474	631	16	5

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

^{1) 2)} vgl. Tabelle 31.

Über alle geförderten Technologien ist festzustellen, dass die in den Jahren 2017 und 2018 geförderten Anlagen insgesamt zu einer Minderung an SO₂, NO_x, NMVOC sowie Feinstaub beitragen. Im Bereich der Biogasanlagen sowie der mit Wärme aus Biomasseanlagen gespeisten Wärmenetze sind jedoch Mehrmissionen bei SO₂, NO_x, NMVOC sowie Feinstaub zu verzeichnen. Für Biomasseheizwerke und -heizkraftwerke trifft dies für NO_x, NMVOC sowie Feinstaub zu. 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 mo-

netären Bewertung der vermiedenen externen Kosten wird allerdings zeigen, dass die Vorteile deutlich überwiegen.

Tabelle 34: Jährliche Vermeidung von Luftschadstoffen nach Förderprogrammen für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

t/a	SO ₂	NO _x	SO ₂ -Äquivalente ¹⁾	NMVOC	Feinstaub
EE Standard	287	587	696	32	6
EE Speicher	2	6	6	0,3	-0,2
EE Premium	11	-118	-71	-16	0
Offshore	-	-	-	-	-
Summe	301	474	631	16	5

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ vgl. Tabelle 31.

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 35 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 (vgl. NEEDS 2009) dienen dem Umweltbundesamt als Grundlage seiner Empfehlungen zu Best-Practice-Kostensätzen zur Bewertung von Umweltschäden. Die vom Umweltbundesamt empfohlenen Wertansätze für Luftschadstoffemissionen und Treibhausgasemissionen wurden in der Vergangenheit im Rahmen von Arbeiten zur Bewertung der Nutzung Erneuerbarer Energien im Auftrag des Bundesumweltministeriums bzw. des Bundeswirtschaftsministeriums genutzt³. Anfang des Jahres wurden vom Umweltbundesamt auf Basis einer Aktualisierung und teilweise Neubewertung der bisherigen Ansätze aktualisierte Wertansätze veröffentlicht (vgl. UBA 2019b). Im Bereich der Luftschadstoffemissionen ergaben sich nur geringfügige Änderungen. Bei der Bewertung von CO₂-Emissionen wurde vor dem Hintergrund einer mittlerweile ausreichenden Belastbarkeit von Schadenskostenabschätzungen ein Wertansatz auf Schadenskostenbasis empfohlen. Mit 180 €/t CO₂-Äquivalent (Preisbasis 2016) liegt dieser Ansatz deutlich höher als der frühere vermeidungskostenbasierte Wert von 80 €/t CO₂-Äquivalent

³ Zu nennen sind insbesondere: BMU (2013), BMWi (2014) sowie Breitschopf et al. (2012).

(Preisbasis 2010). Es wird davon ausgegangen, dass im Rahmen der Berichterstattung von Bundesministerien weiterhin die vom Umweltbundesamt empfohlenen Wertansätze verwendet werden und somit Konsistenz mit den hier ermittelten Werten gewährleistet bleibt. Auf Grund des höheren Wertansatzes für Treibhausgasemissionen sind die aktuellen Ergebnisse nur eingeschränkt mit denen aus früheren Jahren vergleichbar.

Die Wertansätze in Tabelle 35 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 den Abschnitten 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 180 €, die Emission einer Tonne N₂O (in Folge einer höheren Klimawirksamkeit) von 53.640 €. 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.

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

Tabelle 35: Verwendete Wertansätze zur Ermittlung der vermiedenen Schadenskosten.

€ ₂₀₁₆ /t	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	NO _x	NMVOC	PM ₁₀ ¹⁾
Klimawandel	180	4.500	53.640	-	-	-	-
Gesundheitsschäden	-	-	-	13.600	14.400	1.100	41.200
Ernteverluste	-	-	-	-160	800	950	-
Materialschäden	-	-	-	600	130	-	-
Biodiversität	-	-	-	1.000	2.600	-	-
Summe	180	4.500	53.640	15.040	17.930	2.050	41.200

Werte aus UBA (2019b) übernommen; auf eine Umrechnung der Werte auf Preisbasis 2018 wird angesichts der vorliegenden Unsicherheiten verzichtet.

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

Für die einzelnen von der KfW im Jahr 2017 und 2018 geförderten EE-Technologien ergeben sich die in Tabelle 36 und Tabelle 37 dargestellten vermiedenen externen Kosten nach den einzelnen Treibhausgasen und Luftschadstoffen. Insgesamt werden durch die von der KfW im Jahr 2017 geförderten EE-Anlagen und die dadurch induzierte Treibhausgas- und

Luftschadstoffminderung 751 Mio. € sowie durch die im Jahr 2018 unterstützten Investitionen rund 208 Mio. € Schadenskosten pro Jahr vermieden. Mit 85 % bzw. 87 % entfällt der Großteil davon auf die vermiedenen CO₂-Emissionen. Wie bereits in Abschnitt 3.3.2 beschrieben, ergibt sich für manche Verwendungszwecke bei einzelnen Schadstoffen ein Mehrausstoß im Vergleich zu den ersetzten konventionellen Anlagen. Dies führt zu einer Erhöhung der externen Kosten bzw. negativen Werten in Tabelle 36 bis Tabelle 41. Allerdings werden in allen Fällen die zusätzlichen Schadenskosten durch vermiedene CO₂-Kosten übertroffen.

In den beiden Förderjahren 2017 und 2018 entfallen 92 % bzw. 83 % der vermiedenen externen Kosten auf die geförderten Windenergieanlagen, auf Photovoltaikanlagen entfallen rund 5 % bzw. 7 %. Daran hat die Vermeidung von CO₂ den größten Anteil.

Tabelle 36: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Substanzen für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

Mio. €/a	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	NO _x	NM VOC	PM ₁₀	Summe
Windenergie an Land	486,2	44,9	2,3	13,8	33,6	0,2	1,1	582,1
Windenergie auf See	89,7	8,3	0,4	2,6	6,3	0,04	0,4	107,7
Biogas (Strom)	6,0	-1,4	-0,7	-0,3	-1,3	-0,01	-0,1	2,2
Photovoltaik	32,4	3,1	0,1	0,7	2,1	0,01	-0,2	38,2
Stromspeicher (einschl. PV¹⁾)	4,7	0,4	0,02	0,1	0,3	0,002	-0,03	5,5
Biomasse HW, HKW	7,6	0,7	-0,1	0,2	-1,2	-0,03	-0,1	7,1
Wasserkraft	0,3	0,03	0,001	0,01	0,02	0,0001	0,001	0,3
Wärmenetze	7,9	-1,7	-0,8	-0,3	-1,2	0,0	-0,1	3,9
Solarthermie	0,1	0,003	0,0002	0,001	0,005	0,0001	-0,0003	0,1
Geothermie (tief)	2,5	0,3	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1	3,3
Große Wärmepumpen	0,005	0,0002	0,0000	0,0000	0,0001	0,00002	0,000004	0,005
Summe	637,3	54,7	1,4	16,9	38,8	0,2	1,1	750,6

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Geförderte PV-Neuanlagen im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien „Speicher“.

Bereits aus Tabelle 36 und Tabelle 37 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 38 bis Tabelle 41 bestätigen, dass in den beiden Förderjahren rund 92 % bzw. 94 % der quantifizierten vermiedenen Schäden auf Klimawandel entfallen. Die im Jahr 2017 (2018) geförderten Anlagen vermeiden darüber hinaus pro Jahr externe Kosten durch Gesundheitsschäden in Höhe von 48 (11) Mio. €.

Tabelle 37: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Substanzen für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

Mio. € ₂₀₁₆ /a	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	NO _x	NM VOC	PM ₁₀	Summe
Windenergie an Land	144,9	13,4	0,7	4,1	10,0	0,1	0,3	173,5
Biogas (Strom)	1,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,3	-0,002	-0,02	0,4
Photovoltaik	12,4	1,2	0,1	0,3	0,8	0,01	-0,1	14,7
Stromspeicher (einschl. PV¹⁾)	1,6	0,2	0,01	0,03	0,1	0,001	-0,01	1,9
Biomasse HW, HKW	9,0	0,8	-0,1	0,3	-1,5	-0,03	-0,1	8,5
Biogasleitungen	1,0	-0,3	-0,1	-0,1	-0,2	0,00005	-0,01	0,4
Wasserkraft	0,04	0,004	0,0002	0,001	0,003	0,00002	0,0002	0,05
Wärmenetze	6,0	-1,1	-0,5	-0,2	-0,9	-0,01	-0,04	3,1
Solarthermie	0,1	0,003	0,0002	0,001	0,005	0,0001	-0,0003	0,1
Geothermie (tief)	4,5	0,5	0,02	0,2	0,4	0,01	0,1	5,7
Große Wärmepumpen	0,03	0,001	-0,0003	0,0001	0,001	0,0001	0,00002	0,03
Summe	180,9	14,3	-0,1	4,5	8,5	0,03	0,2	208,3

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Geförderte PV-Neuanlagen im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien „Speicher“.

Tabelle 38: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

Mio. € ₂₀₁₆ /a	Klimawandel	Gesundheitsschäden	Ernteverluste	Materialschäden	Biodiversität	Summe
Windenergie an Land	533,4	40,7	1,4	0,8	5,8	582,1
Windenergie auf See	98,4	7,8	0,3	0,1	1,1	107,7
Biogas (Strom)	4,0	-1,5	-0,1	-0,02	-0,2	2,2
Photovoltaik	35,6	2,1	0,1	0,04	0,4	38,2
Stromspeicher (einschl. PV¹⁾)	5,2	0,3	0,01	0,01	0,1	5,5
Biomasse HW, HKW	8,2	-0,9	-0,1	0,0004	-0,2	7,1
Biogasleitungen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Wasserkraft	0,3	0,02	0,001	0,0005	0,003	0,3
Wärmenetze	5,5	-1,3	-0,1	-0,02	-0,2	3,9
Solarthermie	0,1	0,005	0,0003	0,0001	0,001	0,1
Geothermie (tief)	2,8	0,5	0,0	0,01	0,0	3,3
Große Wärmepumpen	0,005	0,0002	0,00001	0,000002	0,00002	0,005
Summe	693,4	47,8	1,7	1,0	6,8	750,6

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Geförderte PV-Neuanlagen im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien „Speicher“.

Tabelle 39: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Förderprogrammen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2017 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

Mio. € _{2016/a}	Klimawandel	Gesundheitsschäden	Ernteverluste	Materialschäden	Biodiversität	Summe	Anteil
EE Standard	573,6	41,3	1,5	0,8	5,9	623,1	83,0%
EE Speicher	5,2	0,3	0,0	0,0	0,1	5,5	0,7%
EE Premium	16,3	-1,7	-0,1	0,0	-0,3	14,2	1,9%
Offshore	98,4	7,8	0,3	0,1	1,1	107,7	14,4%
Summe	693,4	47,8	1,7	1,0	6,8	750,6	100,0%

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Tabelle 40: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Technologiebereichen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

Mio. € _{2016/a}	Klimawandel	Gesundheitsschäden	Ernteverluste	Materialschäden	Biodiversität	Summe
Windenergie an Land	158,9	12,1	0,4	0,2	1,7	173,5
Biogas (Strom)	0,8	-0,3	-0,01	-0,005	-0,04	0,4
Photovoltaik	13,7	0,8	0,04	0,02	0,1	14,7
Stromspeicher (einschl. PV ¹⁾)	1,7	0,1	0,005	0,002	0,02	1,9
Biomasse HW, HKW	9,8	-1,0	-0,08	0,0002	-0,2	8,5
Biogasleitungen	0,6	-0,2	-0,01	-0,003	-0,03	0,4
Wasserkraft	0,05	0,004	0,0001	0,0001	0,0005	0,05
Wärmenetze	4,3	-1,0	-0,04	-0,01	-0,1	3,1
Solarthermie	0,1	0,004	0,0002	0,0001	0,001	0,1
Geothermie (tief)	5,0	0,6	0,02	0,01	0,1	5,7
Große Wärmepumpen	0,03	0,001	0,0001	0,00001	0,0001	0,03
Summe	195,1	11,1	0,3	0,2	1,5	208,3

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

¹⁾ Geförderte PV-Neuanlagen im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien „Speicher“.

Tabelle 41: Jährlich vermiedene externe Kosten nach Förderprogrammen und Schadenskategorien für den Förderjahrgang 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

Mio. € _{2016/a}	Klimawandel	Gesundheitsschäden	Ernteverluste	Materialschäden	Biodiversität	Summe	Anteil
EE Standard	173,7	12,6	0,5	0,2	1,8	188,8	90,6%
EE Speicher	1,7	0,1	0,005	0,002	0,02	1,9	0,9%
EE Premium	19,7	-1,6	-0,1	-0,01	-0,3	17,7	8,5%
Offshore	-	-	-	-	-	-	-
Summe	195,1	11,1	0,3	0,2	1,5	208,3	100,0%

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

3.3.4 Vergleich der Förderjahrgänge 2017 und 2018

Abbildung 4 stellt die jährlichen CO₂- und Treibhausgaseinsparungen, Abbildung 5 die jährlichen vermiedenen externen Kosten der Förderjahrgänge 2017 und 2018 gegenüber. Der jeweilige Rückgang von 2017 zu 2018 spiegelt die im selben Zeitraum rückläufigen geförderten Investitionen in Windkraft- und Photovoltaikanlagen wider.

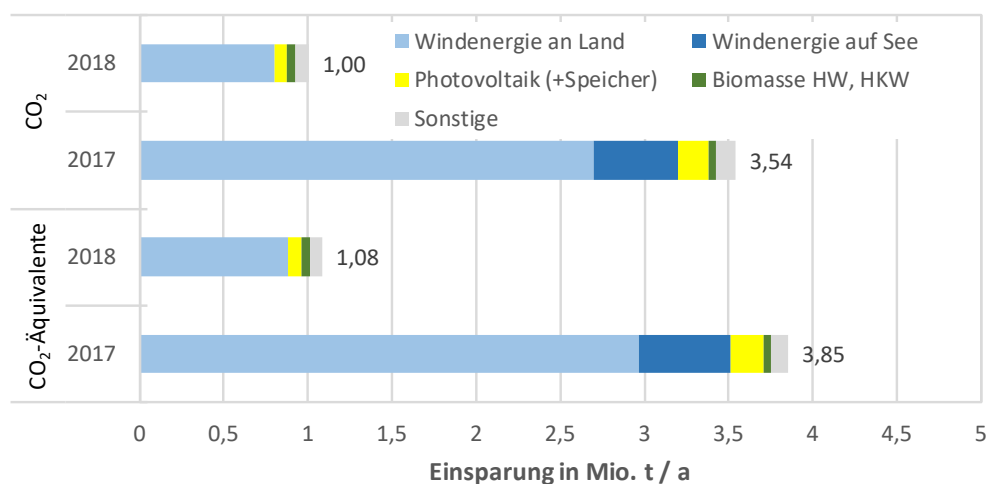


Abbildung 4: Vergleich der CO₂- und Treibhausgaseinsparung der Förderjahrgänge 2017 und 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

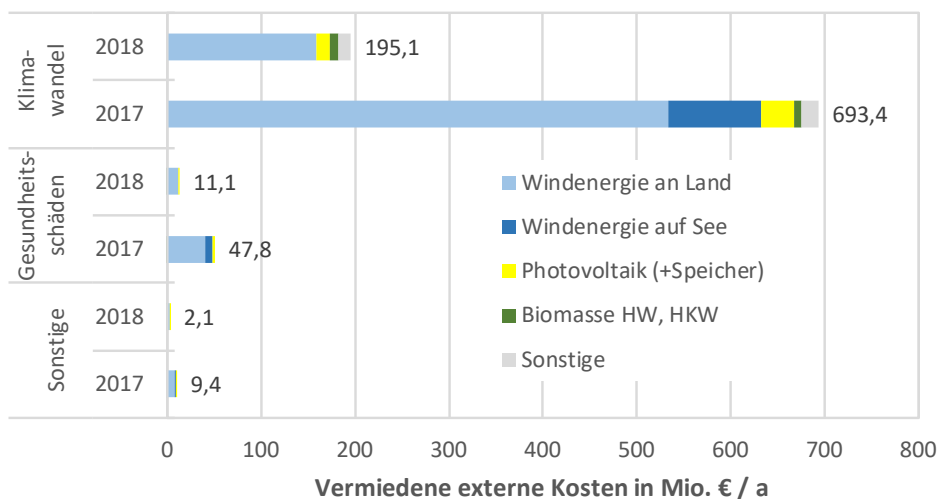


Abbildung 5: Vergleich der jährlich vermiedenen externen Kosten der Förderjahrgänge 2017 und 2018 (ohne geförderte Anlagen im Ausland).

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 zugrundeliegenden 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 die gesamte unterstellte Lebensdauer 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 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (vgl. z.B. O'Sullivan et al. 2019 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 2017 geförderten Offshore-Windkraftanlagen nicht im Jahr der Förderzusage, 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 2017 verwendet und die so ermittelten Beschäftigungseffekte nur nachrichtlich ausgewiesen. Die übrigen in den Jahren 2017 und 2018 geförderten Investitionen können als im jeweiligen Berichtsjahr beschäftigungswirksam angenommen werden. Die Beschäftigung durch den Betrieb der geförderten Anlagen wurde in allen Technologiebereichen für die auf die Errichtung folgenden 20 Jahre abgeschätzt.

Ausgehend von in den Jahren 2017 und 2018 wirksamen geförderten Investitionsvolumina aus den KfW-Förderprogrammen von 3,5 Mrd. € bzw. 1,1 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 3,3 Mrd. € im Jahr 2017 und 1,0 Mrd. € im Jahr 2018 (vgl. Tabelle 42).

Der durchschnittliche jährliche fiktive Aufwand für den Betrieb der in Deutschland in den Jahren 2017 und 2018 geförderten Anlagen wird auf Basis der Referenzanlagen (vgl. Anhang A 5) bei einer unterstellten Lebensdauer von 20 Jahren auf insgesamt 113 Mio. € bzw. 32 Mio. € jährlich geschätzt. Hierfür wurden die jährlichen Betriebskosten der einzelnen Technologien (unter Berücksichtigung der über den Zeitraum 2017 bis 2036 bzw. 2018 bis 2037 angenommenen Preissteigerungen) mithilfe der installierten elektrischen bzw. thermischen Leistung auf die in den Jahren 2017 und 2018 von der KfW unterstützten, neu gebauten Anlagen hochgerechnet.

Aufgrund methodischer Weiterentwicklungen konnten für die Förderjahre 2017 und 2018, zusätzlich zu den für 2015/2016 erstmals berücksichtigten Beschäftigungseffekte aus Investitionen in Wärmenetze, Wärmespeicher und kleine Batteriespeicher, Effekte aus Inves-

⁴ Zur Vorgehensweise der Ermittlung der Importquoten vgl. Lehr et al. (2015), insbesondere Kapitel 2. Auf Grund fehlender aktueller Informationen wurden die Importrelationen in den Jahren 2017 und 2018 nicht verändert, weshalb die in der Tabelle genannten Quoten für beide Jahre übereinstimmen.

tionen in Biogasleitungen abgeschätzt werden.⁵ Diese Schätzungen sind allerdings weniger belastbar als die bereits seit Jahren etablierten Berechnungen für die anderen Verwendungszwecke und werden deshalb ebenfalls nur nachrichtlich ausgewiesen. Für eine Abschätzung der Beschäftigungseffekte aus dem Betrieb der genannten Anlagen fehlen noch die Grundlagen.

Tabelle 42: 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 2017	FJ 2018	FJ 2017		FJ 2018	
Windenergie an Land	2.973,2	832,7	2.936,8	(98,8 %)	822,5	(98,8 %)
Photovoltaik	425,7	159,0	289,5	(68,0 %)	108,1	(68,0 %)
Solarthermie	5,9	5,3	4,8	(81,9 %)	4,3	(81,9 %)
Wasserkraft	6,1	0,4	6,1	(100,0 %)	0,4	(100,0 %)
Feste Biomasse	45,5	48,9	29,3	(64,5 %)	31,5	(64,5 %)
Biogas¹⁾	11,4	3,6	10,6	(92,5 %)	3,3	(92,5 %)
Geothermie (tief)	16,3	36,1	16,3	(100,0 %)	36,1	(100,0 %)
Große Wärmepumpen	0,4	2,7	0,3	(79,9 %)	2,2	(79,9 %)
Summe	3.484,5	1.088,7	3.293,7	(94,5 %)	1.008,4	(92,6 %)
Nachrichtlich:						
Windenergie auf See²⁾	889,0	-	889,0	(100,0 %)	-	
Wärmenetze	107,7	82,6	104,7	(97,2 %)	80,3	(97,2 %)
Wärmespeicher	5,6	8,0	5,6	(100,0 %)	8,0	(100,0 %)
Kleine Batteriespeicher	77,4	22,6	46,1	(59,6 %)	13,5	(59,6 %)
Biogasleitungen	-	4,7	-		4,6	(97,4 %)

¹⁾ Stromerzeugung mit Biogas.

²⁾ Der überwiegende Teil der Investitionen wird erst in den Folgejahren beschäftigungswirksam.

3.4.2 Ergebnisse

Durch die in den Jahren 2017 und 2018 geförderten und beschäftigungswirksamen Investitionen konnten rund 32.900 bzw. 10.000 Arbeitsplätze (Personenjahre) in Deutschland für ein Jahr gesichert bzw. neu geschaffen werden (vgl. Tabelle 43 und Tabelle 44). Davon fielen 2017 und 2018 12.770 (38,8 %) bzw. 3.830 (38,3 %) direkt in den Branchen an, die Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien produzieren (sog. direkte Effekte), und 20.140 (61,2 %) bzw. 6.170 (61,7 %) in den zuliefernden vorgelagerten Branchen der Volkswirt-

⁵ Vergleiche zu den Methoden und Berechnungsgrundlagen O'Sullivan et al. (2019) und die dort zitierte Vorgängeruntersuchung.

schaft (sog. indirekte Effekte). Abschätzungen der investitionsbedingten Beschäftigungseffekte der Erneuerbaren Energien in Deutschland belaufen sich für das Jahr 2017 auf insgesamt 163.000 (vgl. O'Sullivan et al. 2019)⁶. Allerdings beinhalten diese Werte auch den Export von Anlagen, Komponenten und Dienstleistungen, weshalb die Zahlen nicht direkt miteinander vergleichbar sind.

Tabelle 43: Durch im Jahr 2017 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.

Personenjahre (gerundet)	Investitionen		Betrieb (20 Jahre)		Summe ²⁾	
	Direkt	Indirekt	Direkt	Indirekt		
Windenergie an Land	11.710	17.130	6.190	8.190	43.220	86,7%
Photovoltaik	700	2.630	310	790	4.440	8,9%
Solarthermie	20	30	10	10	70	0,1%
Wasserkraft	20	30	10	10	70	0,1%
Feste Biomasse	170	140	170	290	790	1,6%
Biogas¹⁾	50	60	220	320	650	1,3%
Geothermie (tief)	90	110	150	290	640	1,3%
Große Wärmepumpe	2	3	0	1	6	0,0%
Summe²⁾	12.770	20.140	7.050	9.910	49.880	100,0%
	25,6%	40,4%	14,1%	19,9%	100,0%	
Nachrichtlich:						
Windenergie auf See³⁾	3.150	5.680	1.410	1.640	11.870	
Wärmenetze	770	640	-	-	1.410	
Wärmespeicher	40	40	-	-	80	
Kleine Batteriespeicher	340	240	-	-	580	

¹⁾ Stromerzeugung mit Biogas.

²⁾ Abweichungen durch Rundung möglich.

³⁾ Der überwiegende Teil der Investitionen wird erst in den Folgejahren beschäftigungswirksam.

Im Jahr 2017 wurden rund 28.800 Personen durch den Bau KfW-geförderter Windkraftanlagen an Land beschäftigt (entspricht 88 % der gesamten durch die Investitionen ausgelöste Beschäftigung), ca. 3.300 durch Photovoltaikanlagen. Die übrigen Technologien spielten hinsichtlich der Beschäftigungswirkung nur eine untergeordnete Rolle. Produktion und Bau der geförderten Offshore-Windkraftanlagen weisen einen zusätzlichen Beschäftigungseffekt (für die Dauer eines Jahres) in Höhe von rund 8.800 Personen auf, der sich allerdings

⁶⁾ Für das Jahr 2018 waren zum Zeitpunkt der Berichtserstellung noch keine Daten veröffentlicht.

rechnerisch überwiegend auf die Folgejahre, in denen die Anlagen errichtet werden, verteilt.

Im Jahr 2018 sank die Beschäftigung durch Onshore-Windenergieanlagen auf 7.900 Personen, was einem Anteil von 79 % der gesamten durch den Bau KfW-geförderter Projekte geschaffenen Beschäftigung entspricht. Die Beschäftigung durch geförderte Investitionen in Photovoltaikanlagen ging auf gut 1.200 Personen zurück.

Tabelle 44: Durch im Jahr 2018 KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.

Personenjahre (gerundet)	Investitionen		Betrieb (20 Jahre)		Summe ²⁾	
	Direkt	Indirekt	Direkt	Indirekt		
Windenergie an Land	3.150	4.750	1.820	2.410	12.140	77,4%
Photovoltaik	250	970	120	320	1.670	10,6%
Solarthermie	20	30	10	10	60	0,4%
Wasserkraft	1	2	1	2	6	0,0%
Feste Biomasse	180	150	180	310	830	5,3%
Biogas¹⁾	10	20	40	70	140	0,9%
Geothermie (tief)	200	230	130	250	810	5,2%
Große Wärmepumpe	10	20	0	10	30	0,1%
Summe²⁾	3.830	6.170	2.310	3.380	15.690	100,0%
	24,4%	39,3%	14,7%	21,5%	100,0%	
Nachrichtlich:						
Wärmenetze	590	480	-	-	1.070	
Wärmespeicher	60	50	-	-	110	
Kleine Batteriespeicher	100	70	-	-	170	
Biogasleitungen	30	30	-	-	60	

¹⁾ Stromerzeugung mit Biogas.

²⁾ Abweichungen durch Rundung möglich.

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 16.960 Personenjahren für die im Jahr 2017 geförderten Anlagen und 5.690 Personenjahren für die im

Jahr 2018 unterstützten Anlagen. Dies entspricht rund 850 bzw. 280 Personen jährlich. Wie Tabelle 43 und Tabelle 44 zeigen, entfällt der größte Teil der betriebsbedingten Beschäftigung 2017 und 2018 mit 720 bzw. 210 Personen pro Jahr (oder 14.380 bzw. 4.230 Personenjahren über eine Nutzungsdauer von 20 Jahren) auf Onshore-Windkraftanlagen. Photovoltaik folgt mit deutlichem Abstand: 2017 mit ca. 55 Personen pro Jahr (1.100 Personenjahren über 20 Jahre) und 2018 mit 22 Personen pro Jahr (440 Personenjahre über 20 Jahre). Nach Inbetriebnahme der im Jahr 2017 geförderten Offshore-Windkraftanlagen wird deren Betrieb über 20 Jahre jeweils 152 Personen beschäftigen, was in Summe 3.040 Personenjahren entspricht.

Tabelle 45: Durch KfW-geförderte Investitionen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland nach Förderprogrammen.

Personenjahre (gerundet)	FJ 2017			FJ 2018		
	Investition	Betrieb	Summe	Investition	Betrieb	Summe
EE Standard	31.800	15.890	47.690	8.970	4.690	13.660
EE Speicher	570 ¹⁾	190	760	180 ¹⁾	70	250
EE Premium	540 ²⁾	880	1.430	840 ²⁾	930	1.770
Summe³⁾	32.910	16.960	49.880	9.990	5.690	15.690
Nachrichtlich: Offshore	8.830	3.040	11.870	-	-	-

¹⁾ zzgl. kleine Batteriespeicher: 580 (2017), 170 (2018).

²⁾ zzgl. Wärmenetze und Wärmespeicher: 1.490 (2017), 1.180 (2018) sowie Biogasleitungen 60 (2018).

³⁾ Abweichungen durch Rundung möglich. Zuzüglich Batteriespeicher, Biogasleitungen, Wärmenetze und Wärmespeicher.

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 45 zeigt die Aufteilung der in Deutschland ausgelösten Beschäftigung auf die verschiedenen Förderprogramme. Fasst man das durch die Förderung in den Jahren 2017 und 2018 wirksame induzierte Nachfragevolumen (Investitionen und Betrieb) zusammen, ergibt sich über einen Zeitraum von 20 Jahren ein Beschäftigungsvolumen von rund 49.900 bzw. 15.700 Personenjahren (ohne Windenergie auf See, Wärmenetze, Wärmespeicher, Batteriespeicher, Biogasleitungen). Hiervon fallen 2017 rund 66 %, 2018 rund 64 % als Investitionseffekt im selben Jahr an, der Rest als Betriebseffekt verteilt über 20 Jahre mit jährlichen Volumina von rund 850 bzw. 280 Personenjahren.

Nach Definition des Instituts für Mittelstandsforschung (IfM) ist ein Unternehmen ein kleines oder mittleres Unternehmen (KMU) wenn es weniger als 500 Beschäftigte hat und der jährliche Umsatz unter 50 Millionen € liegt (vgl. IfM 2012). Zur Ermittlung des Anteils der auf

KMU entfallenden Arbeitsplätze wurde anhand aktueller Daten des IfM (2019) für jeden Wirtschaftssektor der KMU-Anteil an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten ermittelt. 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 in den Jahren 2017 und 2018 insgesamt 49.880 bzw. 15.690 für die Dauer eines Jahres gesicherten bzw. neu geschaffenen Arbeitsplätzen entfallen 53,2 % bzw. 53,5 % auf kleine und mittlere Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten.

3.4.3 Vergleich der Förderjahrgänge 2017 und 2018

Die Entwicklung der ermittelten Beschäftigungswirkungen spiegelt die Tendenzen im Fördergeschehen wider: Sowohl 2017 als auch 2018 dominieren Onshore-Windkraftanlagen die Beschäftigungseffekte, sowohl bei den Investitions- als auch bei den Betriebseffekten.

Abbildung 6 und Abbildung 7 verdeutlichen, dass neben den Windkraftanlagen die Photovoltaikanlagen bei den Beschäftigungseffekten eine hervorgehobene Rolle spielen und ebenso wie diese im Vergleich der beiden Jahre stark zurückgehen. Bei den durch Investitionen ausgelösten Effekten bewegen sich die übrigen Verwendungszwecke alle auf vergleichbar niedrigem Niveau. Bei den ausgelösten Betriebseffekten heben sich feste Biomasse und Geothermie auf Grund der höheren Betriebsaufwendungen leicht von den übrigen Anlagen ab. Für Biogas ist dies auf Grund der 2018 sinkenden Investitionsaktivität nur für 2017 der Fall.

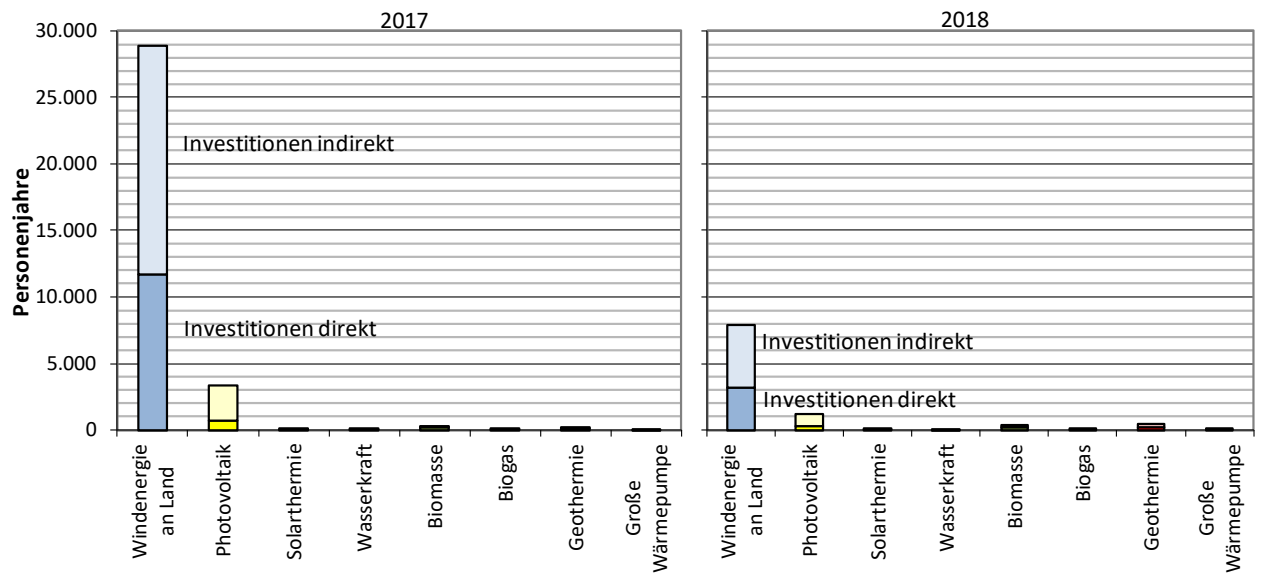


Abbildung 6: Durch die 2017 und 2018 getätigten Investitionen in KfW-geförderte Anlagen ausgelöste Beschäftigung in Deutschland.

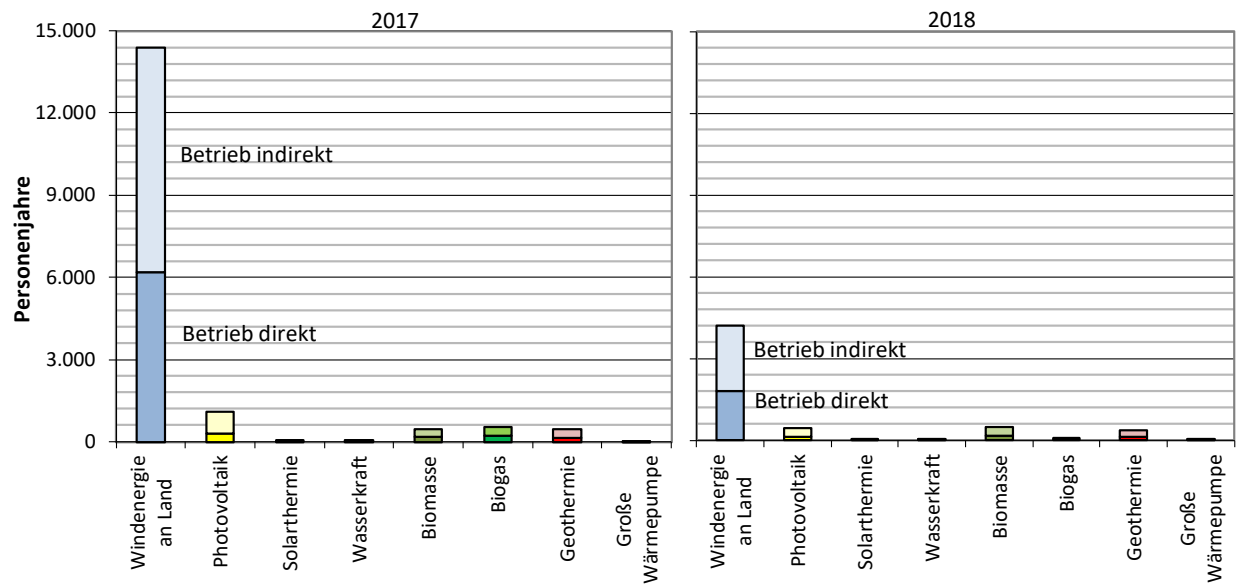


Abbildung 7: Durch den Betrieb von im Jahr 2017 und 2018 KfW-geförderten Anlagen in Deutschland ausgelöste Beschäftigung über einen Zeitraum von 20 Jahren.

4 Wirkungen durch geförderte Anlagen im Ausland

4.1 Ausgelöstes Investitionsvolumen und geförderte Leistung

Im Rahmen des Programms „EE Standard“ werden auch Anlagen im Ausland gefördert. Im Jahr 2017 wurden in diesem Rahmen 111 Darlehen mit einem Darlehensvolumen von rund 1.052 Mio. € gewährt und ein Investitionsvolumen von knapp 1.650 Mio. € mitfinanziert. Im Jahr 2018 wurden 90 Darlehen für Vorhaben im Ausland bereitgestellt. Das Darlehensvolumen betrug hier 898 Mio. €, womit Investition in Höhe von insgesamt 1.370 Mio. € mitfinanziert wurden. Tabelle 46 und Tabelle 47 zeigen für die jeweiligen Förderjahre das geförderte Investitionsvolumen sowie die geförderte elektrische Leistung nach Verwendungszweck und Land.

Tabelle 46: Im Jahr 2017 durch das KfW-Programm Erneuerbare Energien „Standard“ im Ausland gefördertes Investitionsvolumen und elektrische Leistung nach Verwendungszweck und Land.

	Photovoltaik		Windenergie an Land		Summe	
	Mio. €	MW _{el}	Mio. €	MW _{el}	Mio. €	MW _{el}
Dänemark	7,2	8,4	44,1	24,2	51,2	32,5
Finnland	-	-	150,8	69,5	150,8	69,5
Frankreich	58,5	51,8	614,4	377,6	672,9	429,4
Großbritannien	53,1	43,9	-	-	53,1	43,9
Irland	-	-	122,0	78,4	122,0	78,4
Japan	75,5	26,7	-	-	75,5	26,7
Niederlande	32,2	40,6	-	-	32,2	40,6
Norwegen	-	-	440,0	393,6	440,0	393,6
Schweden	-	-	50,9	46,8	50,9	46,8
Summe	226,5	171,4	1.422,1	990,0	1.648,6	1.161,4

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.
Investitionen exkl. MwSt.

Die geschätzte durch den Betrieb der im Ausland geförderten Anlagen jährlich erzeugte Strommenge beträgt 2017 für Photovoltaikanlagen ca. 0,2 TWh und für Windenergieanlagen rund 2,2 TWh, in Summe 2,4 TWh. Für 2018 beläuft sich die Strommenge auf insgesamt knapp 1,7 TWh, davon entfallen 1,5 TWh auf Windenergieanlagen, 0,2 TWh auf Photovoltaikanlagen und 0,03 TWh auf Wasserkraftanlagen. Analog zur Vorgehensweise für geförderte Anlagen in Deutschland wurden für die Schätzung länder- und energieträgerspezifische Vollaststundenzahlen angesetzt.

Tabelle 47: Im Jahr 2018 durch das KfW-Programm Erneuerbare Energien „Standard“ im Ausland gefördertes Investitionsvolumen und elektrische Leistung nach Verwendungszweck und Land.

	Photovoltaik		Windenergie an Land		Wasserkraft		Summe	
	Mio. €	MW _{el}	Mio. €	MW _{el}	Mio. €	MW _{el}	Mio. €	MW _{el}
Dänemark	39,7	70,0	109,0	60,3	-	-	148,8	130,3
Finnland	-	-	108,4	73,4	-	-	108,4	73,4
Frankreich	4,7	4,3	628,9	400,3	-	-	633,5	404,6
Großbritannien	-	-	24,3	17,0	-	-	24,3	17,0
Irland	-	-	77,4	36,5	-	-	77,4	36,5
Italien	-	-	138,7	96,0	16,5	10,1	155,2	106,1
Japan	102,5	50,8	-	-	-	-	102,5	50,8
Niederlande	64,3	70,1	-	-	-	-	64,3	70,1
Schweden	-	-	57,2	46,8	-	-	57,2	46,8
Summe	211,2	195,3	1.143,8	730,3	16,5	10,1	1.371,5	935,7

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.
Investitionen exkl. MwSt.

Abbildung 8 illustriert die Entwicklung der KfW-geförderten Auslandsinvestitionen im Hinblick auf das Investitionsvolumen (linke Grafik) sowie die elektrische Leistung (rechte Grafik). Im Bereich der Photovoltaikanlagen zeigt sich, dass im Jahr 2018 bei nur unwesentlich geringerem Investitionsvolumen in Summe eine höhere elektrische Leistung installiert wurde. Bei den Windenergieanlagen entspricht die geringere Leistung dem geringeren Investitionsvolumen im Jahr 2018.

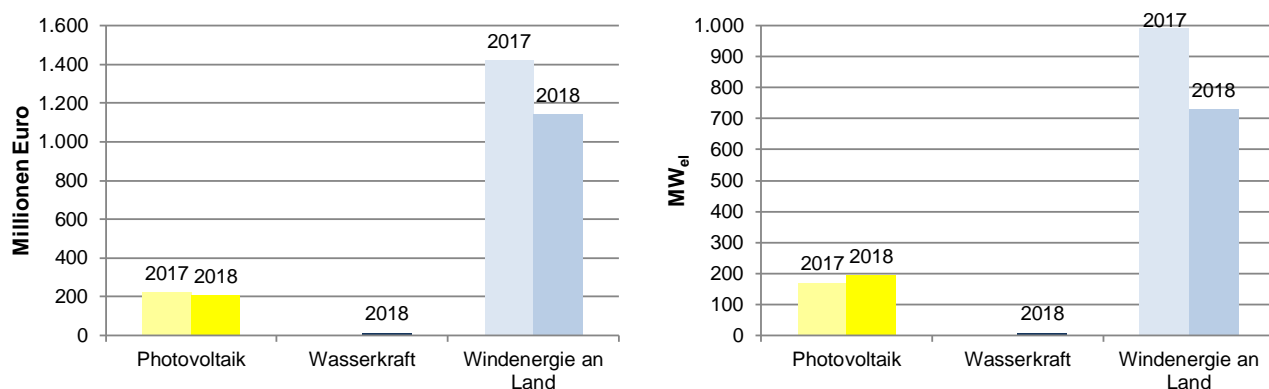


Abbildung 8: In den Jahren 2017 und 2018 im Ausland durch das KfW-Programm Erneuerbare Energien „Standard“ gefördertes Investitionsvolumen und elektrische Leistung.

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 (vgl. Kunze et al. 2019, UBA 2019a). 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 CO₂-Einspareffekte näherungsweise abgebildet werden können. Für weitere Details zur Methodik wird auf den Anhang A 3 verwiesen.

Die im Jahr 2017 geförderten Anlagen mit Standort im Ausland vermeiden pro Jahr knapp 0,2 Mio. t CO₂ (vgl. Tabelle 48). Davon entfallen 78,8 % auf Windenergieanlagen und 21,2 % auf Photovoltaikanlagen.

Tabelle 48: Vermiedene CO₂-Emissionen für geförderte Anlagen mit Standort im Ausland nach Ländern und Verwendungszweck für das Förderjahr 2017.

1.000 t/a	Photovoltaik	Windenergie an Land	Summe
Dänemark	1,0	10,2	11,2
Finnland	-	14,8	14,8
Frankreich	2,3	25,0	27,3
Großbritannien	9,9	-	9,9
Irland	-	71,3	71,3
Japan	13,8	-	13,8
Niederlande	10,9	-	10,9
Norwegen	-	17,6	17,6
Schweden	-	2,3	2,3
Summe	37,9	141,1	179,0

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

Für die im Jahr 2018 geförderten Anlagen mit Standort im Ausland ist pro Jahr mit einer Einsparung von gut 0,2 Mio. t CO₂ zu rechnen. Davon entfallen 73,5 % auf die geförderten Windenergieanlagen, 23,0 % auf Photovoltaikanlagen und 3,4 % auf Wasserkraftanlagen (vgl. Tabelle 49).

Tabelle 49: Vermiedene CO₂-Emissionen für geförderte Anlagen mit Standort im Ausland nach Ländern und Verwendungszweck für das Förderjahr 2018.

1.000 t/a	Photovoltaik	Windenergie an Land	Wasserkraft	Summe
Dänemark	7,9	25,5	-	33,4
Finnland	-	15,6	-	15,6
Frankreich	0,2	26,5	-	26,7
Großbritannien	-	11,9	-	11,9
Irland	-	33,2	-	33,2
Italien	-	55,2	7,9	63,1
Japan	26,2	-	-	26,2
Niederlande	18,9	-	-	18,9
Schweden	-	2,3	-	2,3
Summe	53,3	170,1	7,9	231,3

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich.

5 Literaturverzeichnis

- AGEB 2019 AG Energiebilanzen e.V.: Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2017. Juli 2019. Zugriff am 10.10.2019. Verfügbar unter: <https://ag-energiebilanzen.de/8-0-Anwendungsbilanzen.html>
- Breitschopf et al. 2012 Breitschopf, Barbara, Klobasa, Marian, Steinbach, J., Sensfuss, Frank, Diekmann, Jochen, Lehr, Ulrike und Horst, Juri: 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. Berlin 2012.
- BMU 2013 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) – Hrsg.: Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung. Berlin 2013.
- BMWi 2014 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) – Hrsg.: Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2013. Berlin 2014.
- BMWi 2019a Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) – Hrsg.: Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2018. Berlin 2019.
- BMWi 2019b Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) – Hrsg.: Zahlen und Fakten Energiedaten - Nationale und Internationale Entwicklung. Stand 09.09.2019. Verfügbar unter www.bmwi.de/Navigation/DE/Themen/energiedaten.html
- BMWi 2019c Entwurf des integrierten nationalen Energie- und Klimaplanes. Stand 04.01.2019. Verfügbar unter www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwurf-des-integrierten-nationalen-energie-und-klimaplanes.pdf?__blob=publicationFile&v=12
- BNetzA 2019 Bundesnetzagentur (BNetzA): Anlagenregister, Bonn, Datenstand 28.02.2019.
- BSW-Solar 2018 Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW-Solar): Statistische Zahlen der deutschen Solarwärmebranche (Solarthermie), Februar 2018.
- BSW-Solar 2019 Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW-Solar): Statistische Zahlen der deutschen Solarwärmebranche (Solarthermie), März 2019.
- FEPC 2019 The Federation of Electric Power Companies Of Japan. Electricity Review Japan 2018. Zugriff am 17.07.2019. Verfügbar unter: www.fepec.or.jp/english/library/electricity_eview_japan/_icsFiles/afieldfile/2019/01/28/2018ERJ_full.pdf
- Figgenger et al. 2018 Figgenger, J., Haberschusz, D., Kairies, K.-P., Wessels, O., Tepe, B., Sauer, D. U.: Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher 2.0. Jahresbericht 2018. Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe RWTH Aachen, 2018.
- Figgenger et al. 2019 Figgenger, J., Kairies, K.-P., Haberschusz, D., Wessels, O., Sauer, D. U.: Markt- und Technologieentwicklung von PV-Heimspeichern in Deutschland. BVES Pressekonferenz Energy Storage Europe. Düsseldorf 12.03.2019.
- Fürsch et al. 2011 Fürsch, Michaela, Hagspiel, Simeon, Glotzbach, Lukas und Tröster, Eckehard. Roadmap 2050 – a closer look. Cost-efficient RES-E penetration and the role of grid extensions. Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, 2011. Verfügbar unter: http://www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Studien/Politik_und_Gesellschaft/2011/Roadmap_2050_komplett_Endbericht_Web.pdf

- IfM 2012 Institut für Mittelstandsforschung (IfM): Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Betrieben 2010 nach Wirtschaftszweigen gemäß WZ 2008 laut Bundesagentur für Arbeit. Bonn 2012.
- IfM 2019 Institut Für Mittelstandsforschung (IfM): Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen laut Unternehmensregister 2013-2017. Bonn 2019.
- Kohlewirtschaft 2019 Statistik der Kohlewirtschaft e.V.: Entwicklung ausgewählter Energiepreise. Zugriff am 17.07.2019. Verfügbar unter: kohlenstatistik.de/files/enpr.xlsx
- Kunze et al. 2019 Kunze, Robert et. al.: Substitutionseffekte erneuerbarer Energien im Stromsektor – Modellierung der Substitutionseffekte erneuerbarer Energien im deutschen und europäischen Stromsektor und ihrer Auswirkungen auf die Emissionsbilanzierung erneuerbarer Energieträger. Dessau-Roßlau, 2019.
- Lehr et al. 2015 Lehr, Ulrike, Ulrich, Philip, Lutz, Christian, Thobe, Ines, Edler, Dietmar, O’Sullivan, Marlene, Simon, Sonja, Naegler, Tobias, Pfenning, Uwe, Peter, Frank, Sakowski, Fabian und Bickel, Peter: Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb, heute und morgen. Endbericht, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. DIW Berlin Reihe Politikberatung kompakt 101, 2015.
- NEEDS 2009 New Energy Externalities Developments for Sustainability (NEEDS): Deliverable no 6.1 – RS1a: External Costs from emerging electricity generation technologies. 2009.
- NVE 2019 The Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE): Electricity disclosure 2017. Zugriff am 17.07.2019. Verfügbar unter: www.nve.no/energy-market-and-regulation/retail-market/electricity-disclosure-2017/
- O’Sullivan et al. 2019 O’Sullivan, Marlene, Edler, Dietmar und Lehr, Ulrike: Ökonomische Indikatoren der Energiebereitstellung: Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für den Zeitraum 2000-2017. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. DIW Berlin Reihe Politikberatung kompakt 135, Januar 2019.
- PRIMES 2017 E3M LAB und National Technical University of Athens: Primes Energy Model – EU 28 Reference scenario (REF 2016), Summary report 2016. Zugriff am 25.07.2017. Verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/AppendixRefSce.xls>
- RE-Shaping 2011 Hoefnagels, Ric, Junginger, Martin und Panzer, Christian: Long term potentials and costs of RES. Part I: Potentials, diffusion and technological learning. Brussels: European Commission, 2011. The RE-Shaping project.
- StaBA 2019 Statistisches Bundesamt. Input-Output-Rechnung 2015 (Revision 2014, Stand August 2018), Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Fachserie 18, Reihe 2, Artikelnummer: 2180200157004. Wiesbaden, 2019.
- UBA 2018 Umweltbundesamt (UBA). Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Methodische Grundlagen. Dessau-Roßlau, 2018.
- UBA 2019a Umweltbundesamt (UBA): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2018. Dessau-Roßlau, 2019.
- UBA 2019b Umweltbundesamt (UBA). Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Kostensätze. Stand 02/2019. Dessau-Roßlau, 2019.

Anhang

A 1 Ermittlung der Einsparung fossiler Energieträger durch geförderte Anlagen mit Standort in Deutschland.....	52
A 2 Ermittlung vermiedener Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen für geförderte Anlagen mit Standort in Deutschland	56
A 3 Ermittlung vermiedener Treibhausgasemissionen für geförderte Anlagen mit Standort im Ausland	59
A 4 Bewertung externer Kosten durch Emission von Treibhausgasen und Luftschadstoffen	61
A 5 Referenzanlagen.....	63
A 6 Energiepreise	68
A 7 Ermittlung von Bruttobeschäftigungseffekten in Deutschland.....	69

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).⁷

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

⁷ Für die Berechnungen wurde der ersetzte Brennstoffmix über den Betrachtungszeitraum konstant gehalten. Die angenommene Energiepreisentwicklung ist in Anhang A 6 dargestellt.

Die daraus resultierenden Substitutionseffekte konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien in Deutschland sind ausführlich im Rahmen mehrerer Gutachten für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) untersucht worden (vgl. Kunze et al. 2019). Zum Zeitpunkt der Berichterstellung liegen aktuelle Substitutionsfaktoren für das Bezugsjahr 2018 vor (vgl. UBA 2019a). Damit werden einheitlich die Wirkungen der beiden Förderjahre 2017 und 2018 ermittelt. Die für die einzelnen Technologien zur erneuerbaren Stromerzeugung angesetzten Substitutionsbeziehungen können Tabelle 50 entnommen werden:

Tabelle 50: Substitution konventioneller Energieträger durch die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien – Bezugsjahr 2018.

	Substitution				
	Kernenergie	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl
Windenergie an Land	0,0%	2,1%	64,6%	33,1%	0,0%
Windenergie auf See	0,0%	1,8%	65,2%	32,9%	0,0%
Wasserkraft	0,0%	1,5%	67,9%	30,3%	0,0%
Feste Biomasse	0,0%	1,5%	67,6%	30,7%	0,0%
Photovoltaik	0,0%	1,4%	60,0%	38,8%	0,0%
Biogas	0,0%	1,5%	67,6%	30,7%	0,0%
Geothermie	0,0%	1,5%	67,5%	30,6%	0,0%

Quelle: UBA (2019a)

Um von den substituierten Strommengen auf die eingesparten fossilen Energieträger zu schließen, werden Primärenergiefaktoren verwendet (vgl. Tabelle 51). 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.

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, die ebenfalls in den Primärenergiefaktoren berücksichtigt sind. 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.

Tabelle 51: Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Strom – Bezugsjahr 2018.

Energieträger	Primärenergieverbrauch (fossil) in kWh _{Prim} /kWh _{el}
Braunkohle	2,56
Steinkohle	2,29
Erdgas	1,91
Mineralöl	2,82
Wasserkraft	0,04
Windenergie an Land	0,03
Windenergie auf See	0,03
Photovoltaik	0,26
Geothermie	0,74
Feste Biomasse	0,22
Biogas	0,29

Quelle: UBA (2019a)

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 52 dargestellt:

Tabelle 52: Substitution konventioneller Energieträger durch die Wärmeerzeugung mit Erneuerbaren Energien – Bezugsjahr 2018.

	Heizöl	Erdgas	Steinkohle	Braunkohle	Fernwärme	Strom
Solarthermie	44,9%	50,6%	0,0%	0,0%	1,6%	2,9%
Wärmepumpen	42,9%	47,7%	0,5%	1,4%	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%

Quelle: UBA (2019a)

Die Substitution von Fernwärme und Heizstrom als Sekundärenergieträger zur Wärmebereitstellung wird zur Ermittlung der eingesparten fossilen Energieträger auf die Energieträger Heizöl, 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 (2019b) eine Verteilung von 54,2 % Erdgas, 32,4 % Steinkohle, 11,5 % Braunkohle sowie 1,9 % Heizöl 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 53).

Tabelle 53: Primärenergiefaktoren zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs für die Bereitstellung von Wärme – Bezugsjahr 2018.

Energieträger	Primärenergieverbrauch (fossil) in kWh _{Prim} /kWh _{End}
Erdgas	1,29
Heizöl	1,38
Braunkohle	1,53
Steinkohle	1,76
Fernwärme (einschließlich Netzverluste)	2,15
Strom	2,57
Solarthermie	0,14
Wärmepumpen	0,70
Biogas	0,07
Feste Biomasse	0,22
Geothermie	0,25

Quelle: UBA (2019a)

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.

Teilweise werden in der vorliegenden Studie die Ergebnisse der auf 2018 bezogenen Einspareffekte auf die erwartete Betriebsdauer von 20 Jahren bezogen. Dabei wird impliziert, dass die in Tabelle 50 und Tabelle 52 angeführten Substitutions- und Einsparfaktoren über 20 Jahren konstant bleiben. Änderungen in der Struktur der substituierten fossilen Energieträger im Zeitablauf werden in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt. Mit zukünftig weiter zunehmenden Anteilen Erneuerbarer Energien an der Strom- und Wärmeherzeugung wird mit diesem statischen Berechnungsansatz die Einsparung über einen Zeitraum von 20 Jahren zunehmend überschätzt.

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 (2019a) 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 54: Relatives Treibhauspotenzial von Treibhausgasen (CO₂, CH₄, N₂O) bzw. Versauerungspotenzial (SO₂, NO_x) von Säurebildnern.

Gas		Relatives Treibhauspotenzial ⁸ bzw. Versauerungspotenzial ⁹
CO ₂	Kohlendioxid	1
CH ₄	Methan	25
N ₂ O	Distickstoffoxid	298
SO ₂	Schwefeldioxid	1
NO _x	Stickoxide	0,7

Die Einsparfaktoren gehen auf die in Anhang A 1 dargestellten Substitutionsfaktoren zurück (vgl. Tabelle 50 und Tabelle 52). Je nachdem zu welchen Anteilen fossile Energieträger substituiert werden, ergeben sich für die erneuerbaren Energieträger unterschiedlich hohe Einsparfaktoren. Die verwendeten Einsparfaktoren aus UBA (2019a) 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.

⁸ Bezogen auf einen Zeithorizont von 100 Jahren mit CO₂ als Referenzsubstanz.

⁹ Bezogen auf SO₂ als Referenzsubstanz.

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).

Für die Technologien zur Stromerzeugung wurden folgende Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen genutzt (vgl. Tabelle 55):

Tabelle 55: Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen für die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien – Bezugsjahr 2018.

g/kWh _{el}	Wasser- kraft	Wind- energie an Land	Windenergie auf See	Photo- voltaik	Geo- thermie	Feste Biomasse	Biogas
CO₂	670,4	631,4	622,4	556,2	505,5	635,0	610,9
CH₄	2,50	2,33	2,37	2,18	2,19	2,31	-5,26
N₂O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	-0,02	-0,23
CO₂-Äquivalente	736,1	692,8	701,1	627,4	556,1	665,5	393,7
SO₂	0,24	0,21	0,22	0,15	0,14	-0,01	-0,39
NO_x	0,47	0,44	0,45	0,38	0,26	-0,68	-1,38
SO₂-Äquivalente	0,57	0,52	0,54	0,41	0,33	-0,48	-1,35
Feinstaub	0,01	0,01	0,01	-0,02	0,002	-0,04	-0,04
NMVO	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	-0,14	-0,08

Quelle: UBA (2019a)

Die entsprechenden Faktoren für die Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien zeigt die folgende Tabelle 56:

Tabelle 56: Einsparfaktoren zur Berechnung der vermiedenen Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen für die Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien – Bezugsjahr 2018.

g/kWh_{End}	Biomasse Heiz(kraft)werk	Biogas BHKW	Solarthermie	Geothermie	Wärmepumpe
CO₂	193,0	291,0	237,7	255,9	109,4
CH₄	0,73	-3,29	0,37	1,02	0,16
N₂O	-0,01	-0,11	0,003	0,01	-0,004
CO₂-Äquivalente	209,2	175,1	247,7	283,1	112,4
SO₂	0,07	-0,19	0,03	0,15	0,01
NO_x	-0,32	-0,45	0,17	0,29	0,03
SO₂-Äquivalente	-0,15	-0,50	0,15	0,35	0,03
Feinstaub	-0,01	-0,01	-0,004	0,06	0,0004
NMVOG	-0,06	0,001	0,03	0,05	0,04

Quelle: UBA (2019a)

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 Kunze et al. (2019) und UBA (2019a) zeigen. Vor diesem Hintergrund wurde in der vorliegenden Studie für die Ermittlung der vermiedenen CO₂-Emissionen der im Ausland geförderten Anlagen ein vereinfachter, konsistenter Ansatz gewählt.

Grundlage der Abschätzung bilden Angaben zum Emissionsfaktor des Strommix in den jeweiligen Ländern. Die vermiedenen CO₂-Emissionen der im Ausland geförderten Anlagen werden mit dem mittleren Emissionsfaktor des Strommixes des jeweiligen Landes ermittelt (vgl. Tabelle 57). Diese Emissionsfaktoren ergeben sich aus den im EU-Reference Scenario (vgl. PRIMES 2017) angesetzten CO₂-Emissionen und Stromerzeugungsmengen. Die Daten für das Jahr 2018 wurden aus den Werten des EU-Reference Scenario für die Jahre 2015 und 2020 interpoliert. Aus Konsistenzgründen wurden diese Werte auch für das Förderjahr 2017 angesetzt. Für Nicht-EU-Länder wurden weitere Quellen zum jeweiligen Strommix herangezogen. Da keine konsistenten Angaben zu den Emissionen von Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) verfügbar waren, konnten keine Treibhausgaseinsparungen in CO₂-Äquivalenten berechnet werden. Darüber hinaus stellen die ermittelten Einsparungen im Gegensatz zur Betrachtung der in Deutschland geförderten Anlagen Brutto-Einsparungen dar, da eine konsistente vergleichbare Netto-Bilanzierungsmethode für die betrachteten Länder im Ausland nicht vorliegt.

Tabelle 57: CO₂-Emissionsfaktor des Strommixes für die betrachteten Länder, Bezugsjahr 2018.

	g/kWh _{el}
Dänemark	133
Finnland	136
Frankreich	37
Großbritannien	283
Irland	359
Italien	314
Japan	516 *
Niederlande	317
Norwegen	16 *
Schweden	25

Datenbasis: PRIMES (2017)

* Japan: Wert für 2016 aus FEPC (2019), Norwegen: Wert für 2017 aus NVE (2019).

Zur vorgelagerten Ermittlung der zu erwartenden Jahresstrommengen wurden für die einzelnen EE-Technologien länderspezifische Volllaststunden abgeschätzt. Grundlage dafür bildeten Fürsch et al (2011) und RE-Shaping (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 Wohlfahrts- theorie angemessene Bewertungskonzept, da nur dieses eine widerspruchsfreie Korrektur der Marktpreise („Internalisierung“) erlaubt. Vermeidungs- oder Zielerreichungskosten ermitteln die zum Erreichen eines bestimmten Umweltziels (beispielsweise einer Luftschad- stoffkonzentration) erforderlichen Kosten als Bewertungsmaßstab. Sie stellen eine Nähe- rungslösung dar, falls auf Grund mangelnden Wissens über einen Sachverhalt keine Scha- denskosten quantifiziert werden können.

Auf wissenschaftlicher Ebene besteht Konsens, dass zur Ermittlung von Schadenskosten der sog. Wirkungspfadansatz angewendet werden sollte, sofern die Daten- und Informati- onsgrundlage dafür ausreichen (vgl. auch die Empfehlungen der Methodenkonvention 3.0 zur Schätzung von Umweltkosten des Umweltbundesamtes – UBA 2018). Abbildung 9 il- lustriert das Vorgehen des Wirkungspfadansatzes.

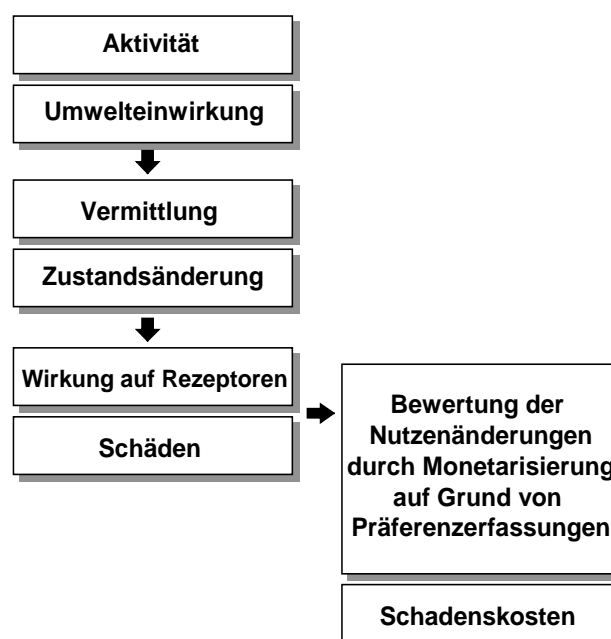


Abbildung 9: Der Wirkungspfadansatz zur Berechnung externer Umweltkosten.

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 Basis einer Aktualisierung und teilweise Neubewertung dieser Wertansätze hat das Umweltbundesamt Anfang des Jahres 2019 aktualisierte Best-Practice-Kostensätze zur Berechnung von Umweltkosten (vgl. UBA 2019b) veröffentlicht, auf die in der vorliegenden Untersuchung zurückgegriffen wird. In der Vergangenheit wurden die vom Umweltbundesamt empfohlenen Wertansätze auch im Rahmen der Berichterstattung für das Bundesumweltministerium und das Bundeswirtschaftsministerium (vgl. insbesondere BMU 2013, BMWi 2014 sowie Breitschopf et al. 2012) verwendet. Es wird davon ausgegangen, dass dies auch zukünftig der Fall sein wird, so dass die hier ermittelten Werte konsistent zur Berichterstattung von Bundesministerien sind. Die verwendeten Wertansätze sind in Tabelle 35 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 Beschäftigungseffekte 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, 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 2017 und 2018 wurden 88 bzw. 107 **große Wärmespeicher** gefördert. Das insgesamt geförderte Speichervolumen beläuft sich auf 7.890 bzw. 11.840 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 Wärmeerzeugungsanlage verringert wird. Dem gegenüber stehen die Wärmeverluste und der Energieaufwand zur Herstellung des Speichers. Für die vorliegende Evaluierung kann der Einfluss der Speicher jedoch vernachlässigt werden.

Im Förderjahr 2018 wurden 20 **Biogasleitungen** zum Transport von unaufbereitetem Rohgas gefördert. Die Nutzung von Rohgasleitungen als sogenanntes Mikrogasnetz dient in der Regel einer höheren Wärmenutzung durch die Aufteilung des Biogases 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.

In den Jahren 2017 und 2018 wurden 853 bzw. 789 **Nahwärmenetze als eigenständige Maßnahme** gefördert¹⁰. Abhängig von der Leistung der einspeisenden Biomasse- oder Biogasanlagen wird den Wärmenetzen ein erhöhter Wärmeabsatz zugerechnet. Die Verteilung der geförderten Anlagen auf die Nutzung von Abwärme aus Biogasanlagen bzw. die Nutzung von Wärme aus einem Holzheizwerk wurde anhand einer Stichprobe für 100 Datensätze ermittelt. Anhand der Stichprobe wurde ermittelt, dass der Anteil der mit Abwärme aus Biogasanlagen gespeisten Wärmenetze für 2017 27 % und für 2018 20 % 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 2017 und 2018 geförderten **großen Wärmepumpen** wurden in die Berechnung der Wirkungen anhand der angegebenen Jahresarbeitszahlen einbezogen. Im Einzelnen wurde im Jahr 2017 eine Wärmepumpe gefördert, im Jahr 2018 5 Anlagen.

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. Die Förderung von Batteriespeichern wurde zum 31.12.2018 eingestellt.

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 beschäftigen. 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 (2019a) 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

¹⁰ Dies umfasst nicht diejenigen Nahwärmenetze, bei denen gleichzeitig eine Anlage zur Wärmebereitstellung gefördert wurde, welche zusammen mit diesen Anlagen ausgewertet wurden.

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 (vgl. Figgner et al. 2018 und 2019) 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 sowie im Rahmen der Emissionsbilanz des UBA.

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 im Mittel mit 94 % angesetzt.

Für große Batteriespeicher liegen aktuell keine Daten vor, die eine belastbare Ermittlung von Wirkungen erlauben würden.

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. Unter Betriebs- und Wartungskosten werden sämtliche laufenden Kosten wie bspw. Pacht, Instandhaltung, Personalkosten (ohne Brennstoffkosten) des Anlagenbetriebs subsumiert.

Tabelle 58: Parameter zur Berechnung der Photovoltaikanlagen bis 750 kW_p.

Parameter	Wert	Einheit
Spezifischer Stromertrag	900	kWh/kW _p
Betriebs- und Wartungskosten	17	€/(kW*a)

Tabelle 59: Parameter zur Berechnung der Photovoltaikanlagen über 750 kW_p.

Parameter	Wert	Einheit
Spezifischer Stromertrag	950	kWh/kW _p
Betriebs- und Wartungskosten	15	€/(kW*a)

Tabelle 60: Parameter zur Berechnung der Windenergieanlagen (an Land).

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	2.300	h
Fixe Betriebskosten	25	€/kW*a
Variable Betriebskosten	0,8	ct/kWh _{el}

Tabelle 61: Parameter zur Berechnung der Windenergieanlagen (auf See).

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	3.900	h
Betriebs- und Wartungskosten	90	€/kW*a

Tabelle 62: Parameter zur Berechnung der Biomasse-Heizkraftwerke.

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	5.000	h
Wärmenutzung	70	%
Stromkennzahl	0,38	-
Betriebs- und Wartungskosten	5	ct/kWh _{el}

Tabelle 63: Parameter zur Berechnung der Biogasanlagen.

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	6.000	h
Wärmenutzung	25	%
Stromkennzahl	0,9	-
Betriebs- und Wartungskosten	6	ct/kWh _{el}

Tabelle 64: Parameter zur Berechnung der Wasserkraftanlagen.

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	5.000	h
Betriebs- und Wartungskosten	200	€/kW*a

Tabelle 65: Parameter zur Berechnung der solarthermischen Anlagen.

Parameter	Wert	Einheit
Spezifischer Wärmeertrag	370	kWh/(m ² a)
Betriebs- und Wartungskosten	1,5	%/a von I ₀

Tabelle 66: Parameter zur Berechnung der großen Wärmepumpen.

Parameter	Wert	Einheit
Jahresarbeitszahl Strom (Gas)	4,0 (1,4)	-
Betriebs- und Wartungskosten	1	ct/kWh _{th}

Tabelle 67: Parameter zur Berechnung der Biogasleitungen.

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	5.000	h
zusätzliche Wärmenutzung	1.000	MWh/a
Betriebs- und Wartungskosten	4	%/a von I ₀

Tabelle 68: Parameter zur Berechnung der Wärmenetze mit Wärmeeinspeisung aus einem Holzheizwerk.

Parameter	Wert	Einheit
zusätzliche Wärmebereitstellung	70	MWh/a
Betriebs- und Wartungskosten	1,5	%/a von I ₀

Tabelle 69: Parameter zur Berechnung der Wärmenetze mit Wärmeeinspeisung aus einer Biogasanlage.

Parameter	Wert	Einheit
zusätzliche Wärmebereitstellung	550	MWh/a
Betriebs- und Wartungskosten	1,5	%/a von I ₀

Tabelle 70: Parameter zur Berechnung der Biomasseheizwerke (ohne Nahwärmenetz).

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	1.500	h
Betriebs- und Wartungskosten	6	%/a von I ₀

Tabelle 71: Parameter zur Berechnung der Biomasseheizwerke (mit Nahwärmenetz).

Parameter	Wert	Einheit
Volllaststunden	2.500	h
Betriebs- und Wartungskosten	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 2017 bzw. 2018) werden auf dem jeweils aktuellem Rand Preisszenarien für eine angenommene Betrachtungsdauer von 20 Jahren angesetzt. Die aktuellen Energiepreise sind den BMWi-Energiedaten (BMWi 2019b) und der Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. (Kohlenwirtschaft 2019) entnommen. Die Preisszenarien stammen aus dem BMWi-Entwurf des Integrierten nationalen Energie- und Klimaplanes (BMWi 2019c – vgl. Tabelle 72, fehlende Jahre wurden linear interpoliert).

Tabelle 72: Angesetzte Grenzübergangspreise (Importpreise) für fossile Energieträger.

€/GJ	2020	2025	2030	2035	2040
Rohöl	13	15	17	17	18
Steinkohle	3	4	5	6	6
Erdgas	8	8	9	10	10

Quelle: BMWi (2019c)

Die Energiepreise wurden auf die Preisbasis 2018 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 73 zeigt die so ermittelten annuitätischen Energiepreise für die Förderjahrgänge 2017 und 2018.

Tabelle 73: Übersicht über die angesetzten Energiepreise (Annuitäten) für die betrachteten Förderjahre 2017 und 2018.

€/GWh	2017	2018
Rohöl (Importpreis)	55.416	57.453
Steinkohle (Importpreis)	16.062	16.605
Erdgas (Importpreis)	31.170	32.228

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 zugrundeliegenden 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.¹¹

Die modellgestützte Berechnung der Bruttobeschäftigung basiert auf der Input-Output-Analyse bzw. methodisch präzise ausgedrückt auf der Anwendung des offenen statischen Input-Output-Mengenmodells¹². 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

¹¹ 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.

¹² Mit diesem Modell wird berechnet, wieviel Bruttoproduktion notwendig ist, um die im Inland wirksame Nachfrage (aus Investitionen sowie Betrieb und Wartung) zu befriedigen. Aus der notwendigen Bruttoproduktion wird mit Hilfe von sektoralen Arbeitskoeffizienten abgeleitet, wieviel Beschäftigung notwendig ist, um die Bruttoproduktion herzustellen.

hier betrachteten Beschäftigung zugerechnet, obwohl dem Mitarbeiter selbst der Zusammenhang seiner Tätigkeit mit Erneuerbaren Energien unbekannt ist.

Das methodische Vorgehen setzt als wichtige Bausteine folgende Elemente voraus:

- Eine quantitative Abschätzung der im Inland wirksamen Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen auf Basis der betrachteten Förderprogramme in den Berichtsjahren 2017 und 2018. 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.¹³ 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 (vgl. Lehr et al. 2015) zurückgegriffen. Die im Inland wirksame Nachfrage ergibt sich, indem von den 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 Sparten Wind, Photovoltaik, Solarthermie, Wasserkraft, Biomasse, Biogas, Geothermie und Große Wärmepumpe; erste Ansätze für Wärmenetze, Wärmespeicher, Batteriespeicher und Biogasleitungen.
 - Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in den Sparten Wind, Photovoltaik, Solarthermie, Wasserkraft, Biomasse, Biogas, Geothermie und große Wärmepumpe.
 - 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 für den Förderjahrgang 2017 den Ergebnissen aus O'Sullivan et al. (2019). Ergebnisse zu den Beschäftigungswirkungen durch erneuerbare Energien für das Berichtsjahr 2018 liegen zum Zeitpunkt der Berichtserstellung noch nicht vor, es ist geplant, diese auf der Grundlage der hier verwendeten Daten und Methoden zu ermitteln.
- Als Input-Output-Tabelle für Deutschland wird für alle hier ausgewiesenen Sparten der erneuerbaren Energien sowie für die Bereiche Wärmenetze, Wärmespeicher, kleine Batteriespeicher und Biogasleitungen die Tabelle für das Berichtsjahr 2015 (vgl. StaBA 2019) für die Förderjahrgänge 2017 und 2018 verwendet. Dies ist die

¹³ Dabei wird in Übereinstimmung mit Lehr et al. (2015) angenommen, dass der Beschäftigungseffekt durch Installation von importierten Anlagen vernachlässigt werden kann.

aktuell verfügbare Tabelle für Deutschland. Die Arbeitskoeffizienten (Anzahl der Beschäftigten je Einheit Bruttoproduktionswert) aus der amtlichen Tabelle für das Jahr 2015, werden in der sektoralen Gliederung der verwendeten Input-Output-Tabelle für die Berichtsjahre 2017 und 2018 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 2017 bzw. 2018 führen. Es wurden also alle Investitionen des Förderjahrgangs 2017 als im Jahr 2017, die des Förderjahrgangs 2018 als im Jahr 2018 beschäftigungswirksam angenommen. Bei den im Jahr 2017 (im Förderjahr 2018 gab es keine Zusage) geförderten Offshore-Windkraftanlagen erfolgt der größte Teil der Investitionen nicht im Jahr der Förderzusage, 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 2017 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 (2017 bis 2036 bzw. 2018 bis 2037) abgeschätzt.