



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

80 MILLIONEN GEMEINSAM FÜR  
**ENERGIEWECHSEL**

# Erneuerbare Energien in Zahlen

*Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2021*



[bmwk.de](https://www.bmwk.de)

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)  
Öffentlichkeitsarbeit  
11019 Berlin  
www.bmwk.de

### **Stand**

Oktober 2022

Diese Publikation wird ausschließlich als Download angeboten.

### **Gestaltung**

PRpetuum GmbH, 80801 München

### **Bildnachweis**

Adobe Stock / elxeneize / Titel

### **Zentraler Bestellservice für Publikationen der Bundesregierung:**

E-Mail: [publikationen@bundesregierung.de](mailto:publikationen@bundesregierung.de)  
Telefon: 030 182722721  
Bestellfax: 030 18102722721

Diese Publikation wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

# Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	6
Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat).....	8
<b>Teil I: Erneuerbare Energien in Deutschland</b> .....	<b>9</b>
Ausbau der erneuerbaren Energien.....	14
Strom.....	14
Wärme.....	21
Verkehr.....	29
Emissionsvermeidung durch die Nutzung erneuerbarer Energien.....	32
Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).....	36
EEG-Umlage und deren Abschaffung.....	38
Strommengen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz.....	39
Mieterstrom-Vermarktungsmodelle.....	40
Wirtschaftliche Impulse durch Bau und Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen.....	42
Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland.....	45
Gesetzgebung und Förderung erneuerbarer Energien im Gebäudebereich.....	47
Förderung erneuerbarer Energien im Verkehr.....	54
Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich erneuerbarer Energien.....	58
Datenplattformen der Bundesnetzagentur.....	61
<b>Teil II: Erneuerbare Energien in der Europäischen Union</b> .....	<b>63</b>
Abschätzung der Anteile erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2021 nach EU-Richtlinie.....	68
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU.....	68
Windenergienutzung.....	71
Solarenergienutzung – Stromerzeugung.....	76
Solarenergienutzung – Wärmebereitstellung.....	78
Erneuerbare Energien im Verkehrssektor.....	80
<b>Teil III: Globale Nutzung erneuerbarer Energien</b> .....	<b>82</b>
Globaler Endenergieverbrauch.....	83
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien.....	84
Erneuerbare Energien in den anderen Sektoren.....	86
Investitionen und Beschäftigung.....	87
<b>Anhang</b> .....	<b>90</b>
Internationale Netzwerke für erneuerbare Energien.....	90
Methodische Hinweise.....	96
<b>Umrechnungsfaktoren</b> .....	<b>99</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>100</b>
<b>Quellenverzeichnis</b> .....	<b>103</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Anteile erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch und Primärenergieverbrauch.....	13
Abbildung 2:	Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2021.....	15
Abbildung 3:	Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien.....	16
Abbildung 4:	Anteil des aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch.....	17
Abbildung 5:	Installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2021 nach Energieträgern in Gigawatt (GW).....	18
Abbildung 6:	Installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien.....	19
Abbildung 7:	Bruttostromerzeugung und installierte Leistung je Energieträger.....	20
Abbildung 8:	Anteile an installierter EE-Gesamtleistung und EE-Bruttostromerzeugung in den Jahren 2019, 2020 und 2021.....	21
Abbildung 9:	Endenergieverbrauch erneuerbarer Energien für Wärme und Kälte im Jahr 2021.....	23
Abbildung 10:	Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch Wärme und Kälte.....	24
Abbildung 11:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien.....	25
Abbildung 12:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien in der Fernwärmeerzeugung.....	25
Abbildung 13:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien unterteilt nach Endenergiesektoren.....	26
Abbildung 14:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien im Sektor Haushalt.....	26
Abbildung 15:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien im GHD-Sektor.....	27
Abbildung 16:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien im Industrie-Sektor.....	27
Abbildung 17:	Entwicklung des Wärmepumpenbestands.....	28
Abbildung 18:	Zubau und Bestand von Solarkollektoren.....	28
Abbildung 19:	Verbrauch erneuerbarer Energien im Verkehrssektor im Jahr 2021.....	30
Abbildung 20:	Verbrauch erneuerbarer Energien im Verkehrssektor.....	31
Abbildung 21:	Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch Verkehr.....	31
Abbildung 22:	Nettobilanz der vermiedenen Treibhausgasemissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2021.....	32
Abbildung 23:	Steuern, Abgaben und Umlagen für Haushalte in ct/kWh.....	38
Abbildung 24:	Steuern, Abgaben und Umlagen für Industrie in ct/kWh (ohne Stromsteuer).....	39
Abbildung 25:	Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien mit und ohne Vergütungsanspruch nach Stromeinspeisungs- und Erneuerbare-Energien-Gesetz.....	40
Abbildung 26:	Investitionen in die Errichtung von Erneuerbare-Energien-Anlagen im Jahr 2021.....	43

Abbildung 27:	Wirtschaftliche Impulse aus dem Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen im Jahr 2021.....	45
Abbildung 28:	Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland.....	46
Abbildung 29:	Entwicklung der Beschäftigung in Betrieb und Wartung von EE-Anlagen in Deutschland.....	47
Abbildung 30:	Neuzulassung von Pkws nach Treibstoff- und Antriebsarten in Deutschland, 2021.....	56
Abbildung 31:	Entwicklung der Ladepunkte in Deutschland.....	57
Abbildung 32:	Anteile der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch in der EU und Zielvorgaben der Richtlinie über Energie aus erneuerbaren Quellen (RED) und der nationalen Aktionspläne für erneuerbare Energie (NREAP).....	65
Abbildung 33:	Bruttostromerzeugung in der EU-27 im Jahr 2021.....	69
Abbildung 34:	Gesamte installierte Leistung zur erneuerbaren Stromerzeugung in der EU-27 im Jahr 2021.....	71
Abbildung 35:	Gesamte installierte Windenergieleistung in der EU-27 Ende des Jahres 2021.....	72
Abbildung 36:	Windenergie an Land: Entwicklung der kumulierten Leistung (in MW) in den EU-Mitgliedstaaten (EU-27).....	73
Abbildung 37:	Windenergie an Land: Anteil einzelner Länder an der kumulierten Leistung (in MW) im Jahr 2021.....	73
Abbildung 38:	Windenergie an Land: Anteil einzelner Länder am Zubau (Leistung in MW) im Jahr 2021.....	74
Abbildung 39:	Windenergie auf See: Entwicklung der kumulierten Leistung (in MW) in den EU-Mitgliedstaaten (EU-27).....	74
Abbildung 40:	Windenergie auf See: Anteil einzelner Länder an der kumulierten Leistung (in MW) im Jahr 2021.....	75
Abbildung 41:	Windenergie auf See: Anteil einzelner Länder am Zubau (Leistung in MW) im Jahr 2021.....	75
Abbildung 42:	Gesamte installierte Photovoltaikleistung in der EU-27 im Jahr 2021.....	77
Abbildung 43:	Gesamte installierte solarthermische Leistung in der EU im Jahr 2021.....	79
Abbildung 44:	Pkw-Neuzulassungen nach Treibstoff- und Antriebsarten in der EU-27 im Jahr 2021.....	80
Abbildung 45:	Aufteilung des globalen Endenergieverbrauchs im Jahr 2020.....	84
Abbildung 46:	Aufteilung der globalen Stromerzeugung im Jahr 2021.....	84
Abbildung 47:	Gesamte installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in 2021.....	85
Abbildung 48:	Weltweiter Zubau von Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2021.....	86
Abbildung 49:	Weltweiter Bestand an Elektrofahrzeugen.....	87
Abbildung 50:	Investitionen in erneuerbare Energien nach Regionen.....	88
Abbildung 51:	Beschäftigte in den Erneuerbare-Energien-Sektoren im Jahr 2020.....	89
Abbildung 52:	Energieflussbild 2021 für die Bundesrepublik Deutschland.....	96

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erneuerbare Energien in Deutschland: Status quo.....	13
Tabelle 2: Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien in den Jahren 2020 und 2021.....	14
Tabelle 3: Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien.....	15
Tabelle 4: Installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien.....	18
Tabelle 5: Endenergieverbrauch erneuerbarer Energien für Wärme und Kälte in den Jahren 2020 und 2021.....	22
Tabelle 6: Endenergieverbrauch erneuerbarer Energien für Wärme und Kälte.....	24
Tabelle 7: Solarwärme: Fläche und Leistung der Solarkollektoren in Deutschland.....	29
Tabelle 8: Verbrauch erneuerbarer Energien im Sektor Verkehr in den Jahren 2020 und 2021.....	29
Tabelle 9: Endenergieverbrauch Verkehr aus erneuerbaren Energien.....	30
Tabelle 10: Verbrauch von Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien im Verkehrssektor.....	32
Tabelle 11: Netto-Emissionsbilanz erneuerbarer Energien im Strom-, Wärme- und Verkehrsbereich im Jahr 2021.....	34
Tabelle 12: Primärenergieeinsparung durch die Nutzung erneuerbarer Energieträger im Jahr 2021.....	35
Tabelle 13: Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien.....	35
Tabelle 14: Status quo und Ausbaupfade von Wind an Land und Solarenergie nach EEG 2023.....	36
Tabelle 15: Investitionen in die Errichtung von Erneuerbare-Energien-Anlagen.....	43
Tabelle 16: Wirtschaftliche Impulse aus dem Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen.....	44
Tabelle 17: Übersicht der Förderzusagen seit dem Start der BEG (01.01.21 – 31.12.21).....	49
Tabelle 18: Übersicht der Anzahl der Zusagen durch die KfW für den Bereich Wohnungsbau seit dem Start der BEG.....	50
Tabelle 19: Übersicht der Anzahl der Zusagen durch die KfW für den Bereich Nichtwohngebäude seit dem Start der BEG.....	50
Tabelle 20: Zuschussförderung von Einzelmaßnahmen im Rahmen der BEG EM sowie im Förderprogramm Heizen mit Erneuerbaren Energien (ehemals BAFA-Teil des MAP) im Jahr 2021.....	51
Tabelle 21: Zuschussförderung von Einzelmaßnahmen im Rahmen der BEG EM sowie im Förderprogramm Heizen mit Erneuerbaren Energien (ehemals BAFA-Teil des MAP) – hier Förderungen Wärmepumpen (WP) 2021.....	52
Tabelle 22: Zuschussförderung von Einzelmaßnahmen im Rahmen der BEG EM sowie im Förderprogramm Heizen mit Erneuerbaren Energien (ehemals BAFA-Teil des MAP) – hier Förderungen Biomasse 2021.....	52
Tabelle 23: Zuschussförderung von Einzelmaßnahmen im Rahmen der BEG EM sowie im Förderprogramm Heizen mit Erneuerbaren Energien (ehemals BAFA-Teil des MAP) – hier Förderungen Solarthermie 2021.....	52
Tabelle 24: Zuschussförderung von Einzelmaßnahmen im Rahmen der BEG EM sowie im Förderprogramm Heizen mit Erneuerbaren Energien (ehemals BAFA-Teil des MAP) – hier Förderungen andere Verwendungszwecke 2021.....	53

---

Tabelle 25: KfW Programm – Erneuerbare Energien „Premium“ 2021.....	54
Tabelle 26: Entwicklung des Fahrzeugbestands.....	56
Tabelle 27: Neu bewilligte Forschungsprojekte für Erneuerbare-Energien-Technologien.....	60
Tabelle 28: Anteile der erneuerbaren Energien am gesamten Bruttoendenergieverbrauch und am Bruttoendenergieverbrauch Strom in den EU-Mitgliedstaaten.....	66
Tabelle 29: Anteile der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch für Wärme und Kälte sowie am Endenergieverbrauch des Verkehrs in den EU-Mitgliedstaaten.....	67
Tabelle 30: Anteile der erneuerbaren Energien am gesamten Bruttoendenergieverbrauch sowie in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr in Deutschland.....	68
Tabelle 31: Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU-27.....	69
Tabelle 32: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU-27 im Jahr 2021.....	70
Tabelle 33: Biokraftstoffverbrauch in den EU-Mitgliedstaaten (EU-27) in den Jahren 2020 und 2021.....	81
Tabelle 34: Weltweite Investitionen nach Erneuerbare-Energien-Sektoren in den Jahren 2020 und 2021.....	88

# Einleitung

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

mit der neuen Ausgabe 2022 der Publikation „Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung“ stellt Ihnen das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aktuelle Daten zur Nutzung der erneuerbaren Energien in Deutschland, in der EU und weltweit bis zum Jahr 2021 vor.

Die in den folgenden Kapiteln dargestellten Daten zeigen, wo wir bei der Nutzung der erneuerbaren Energien in Deutschland stehen und welchen Weg wir noch vor uns haben. Sie bilden damit eine wichtige Grundlage für Entscheidungen über Rahmenbedingungen und Maßnahmen für den weiteren Weg hin zu einem klimaneutralen Deutschland.

Zusammengefasst zeigt sich bei der Entwicklung der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2021 für die Bereiche Strom, Wärme und Verkehr folgendes Bild:

## Strom

Witterungsbedingt ist die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2021 deutlich um 7 Prozent auf 234 Terawattstunden gesunken. Ihr Anteil am gesamten Stromverbrauch fiel daher von 45,3 auf 41,0 Prozent.

## Wärme

Die Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien stieg hingegen witterungsbedingt um fast 11 Prozent auf knapp 200 Terawattstunden an. Der Anteil am ebenfalls leicht gestiegenen gesamten Wärmeverbrauch erhöhte sich von 15,2 auf 16,2 Prozent.

## Verkehr

Der Absatz von Biodiesel sank deutlich um 17 Prozent, während bei Bioethanol ein Anstieg um 5 Prozent zu verzeichnen war. Der Anteil erneuerbarer Energien am leicht rückläufigen gesamten Endenergieverbrauch des Verkehrs ging von 7,6 auf 6,8 Prozent zurück.

Die positiven ökologischen und ökonomischen Effekte, die mit der Nutzung erneuerbarer Energien verbunden sind, lassen sich für das Jahr 2021 wie folgt zusammenfassen:

## Vermeidung von Treibhausgasemissionen

Die Nutzung erneuerbarer Energien vermeidet die Entstehung von Treibhausgasen bei der Verbrennung fossiler Energieträger. Im Jahr 2021 wurden so insgesamt knapp 217 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente Treibhausgasemissionen vermieden, 12 Mio. Tonnen weniger als im Vorjahr.

## Investitionen und wirtschaftliche Impulse

Erneuerbare Energien sind ein wichtiger Wirtschaftsfaktor für Deutschland. Im Jahr 2021 wurden 14,2 Mrd. Euro in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien investiert, 3,1 Mrd. Euro mehr als im Vorjahr. Die wirtschaftlichen Impulse aus dem Betrieb von Anlagen betrugen 20,1 Mrd. Euro.



Wichtigste Datengrundlage für diese Publikation sind die Ergebnisse der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), die im Auftrag des BMWK die Bilanz der erneuerbaren Energien für Deutschland erarbeitet. Darüber hinaus fließen Daten des Umweltbundesamts, des Statistischen Bundesamts, der Bundesnetzagentur, der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. und vieler weiterer Quellen ein.

Über die Daten zur Entwicklung der erneuerbaren Energien hinaus beleuchtet die Publikation auch die politischen Rahmenbedingungen, wichtige Gesetze wie das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und die Förderung der erneuerbaren Energien in den Bereichen Wärme und Verkehr sowie Forschung und Entwicklung.

Neben der Entwicklung in Deutschland finden sich im zweiten Teil der Broschüre auch umfangreiche Informationen zur Nutzung erneuerbarer Energien in der Europäischen Union sowie zu den Rahmenbedingungen und Zielen, die sich die EU gesetzt hat und die so den Gesamtrahmen für den Ausbau der erneuerbaren Energien vorgeben. Im dritten Teil schließlich wird auch ein Blick auf den Stand der weltweiten Nutzung erneuerbarer Energien geworfen.

Diese Broschüre wurde mit fachlicher Unterstützung durch das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart, erstellt. Alle aufgeführten Daten haben den Stand zum Redaktionsschluss Oktober 2022 und damit an einigen Stellen noch vorläufigen Charakter. Das BMWK veröffentlicht parallel zu dieser Broschüre auf seinen Internetseiten regelmäßig aktualisierte Zeitreihen sowie vielfältige Schaubilder zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland ab dem Jahr 1990. Dort finden sich die kompletten Datensätze seit dem Jahr 1990, während sie in dieser Broschüre der Übersichtlichkeit halber zumeist gekürzt dargestellt sind (siehe: [www.erneuerbare-energien.de/EE/ee-in-zahlen-zeitreihen](http://www.erneuerbare-energien.de/EE/ee-in-zahlen-zeitreihen) und [www.erneuerbare-energien.de/EE/ee-in-zahlen-entwicklung-deutschland](http://www.erneuerbare-energien.de/EE/ee-in-zahlen-entwicklung-deutschland)).

Vielfältige weiterführende Informationen zu den erneuerbaren Energien und zur Energiewende in Deutschland finden Sie im Online-Angebot des BMWK unter [www.bmwk.de](http://www.bmwk.de) und [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de).

Ihr Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Berlin, im Oktober 2022

# Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)



Die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) stellt seit Februar 2004 umfassende aktuelle Statistiken und Daten zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland bereit. Die AGEE-Stat arbeitet im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Die Ergebnisse der Arbeiten der AGEE-Stat sind Teil der vorliegenden Veröffentlichung.

Die AGEE-Stat ist ein unabhängiges Fachgremium mit Expertinnen und Experten aus verschiedenen Ministerien, nachgeordneten Bundesbehörden und wissenschaftlichen Forschungsinstitutionen.

Mitglieder der AGEE-Stat sind aktuell folgende Institutionen:

- das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
- das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)
- das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)
- das Umweltbundesamt (UBA)
- das Statistische Bundesamt (StBA)
- die Bundesnetzagentur (BNetzA)
- die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
- das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) als Vertretung der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. (AGEB)

Die AGEE-Stat wird im Rahmen eines Forschungsauftrags von einem Konsortium wissenschaftlicher Einrichtungen unterstützt. Projektpartner sind das Leipziger Institut für Energie (IE Leipzig) in koordinierender Funktion, das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Fh-ISE), das Deutsche Biomasseforschungszentrum (DBFZ), die Deutsche Energieagentur (dena), das Ingenieurbüro Floecksmühle, das Hamburg Institut (HIC) und die UL International GmbH.

Das Umweltbundesamt in Dessau ist mit der Leitung und Koordinierung der Arbeitsgruppe beauftragt. Die Geschäftsstelle ist im Fachbereich V „Klimaschutz, Energie, Deutsche Emissionshandelsstelle“ angesiedelt und wird von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Fachgebiets V 1.5 „Energiedaten, Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)“ betreut.

Schwerpunkt der Tätigkeiten der AGEE-Stat ist die kontinuierliche Weiterentwicklung und Qualitätssicherung der Statistiken zur Nutzung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Weiter hat das Fachgremium die Aufgaben,

- eine Grundlage für die verschiedenen nationalen, EU-weiten und internationalen Berichtspflichten der Bundesregierung im Bereich der erneuerbaren Energien zu legen,
- Informationen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien für die Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen.

Zur Verbesserung der Datenbasis und der wissenschaftlichen Berechnungsmethoden werden im Rahmen der AGEE-Stat verschiedene Forschungsarbeiten durchgeführt und veröffentlicht. Auch Workshops und Fachgespräche mit Expertinnen und Experten zu bestimmten Themen unterstützen die Arbeit der Arbeitsgruppe.

Weitere Informationen zur AGEE-Stat und zur aktuellen Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland in Form von Schaubildern, Zeitreihen sowie Monats- und Quartalsberichten sind auf den Internetseiten des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz unter [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de) sowie auf den Seiten der Geschäftsstelle der AGEE-Stat am Umweltbundesamt unter [www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen/arbeitsgruppe-erneuerbare-energien-statistik](http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen/arbeitsgruppe-erneuerbare-energien-statistik) zu finden.

# Teil I: Erneuerbare Energien in Deutschland

*Die Energiewende hat eine zentrale Bedeutung für Deutschlands Weg in eine sichere, umweltverträgliche und wirtschaftlich erfolgreiche Zukunft. Die Energieversorgung wird dabei grundlegend von nuklearen und fossilen Energieträgern auf erneuerbare Energien umgestellt. Ein zweiter Fokus auf der Erhöhung der Energieeffizienz unterstützt diesen Prozess. Im Jahr 2021 stammten 41 Prozent unseres Bruttostromverbrauchs sowie 18,8 Prozent unseres gesamten Bruttoendenergieverbrauchs aus Wind, Sonne, Biomasse und Wasserkraft. Im Strombereich sind die erneuerbaren Energien damit inzwischen zu Deutschlands wichtigster Energiequelle aufgestiegen. Doch in den Bereichen Wärme und Verkehr dominieren nach wie vor fossile Energieträger. Auch blieb die Ausbaudynamik bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in den letzten Jahren deutlich hinter den Zielsetzungen der Energiewende zurück.*



In den vergangenen zwei Jahrzehnten ist der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch beständig gewachsen: von nur rund sechs Prozent im Jahr 2000 auf über 45 Prozent im Jahr 2020. Doch die Ausbaudynamik hat in den letzten Jahren deutlich nachgelassen, insbesondere der Ausbau der Windenergie an Land blieb weit hinter den gesetzlichen Zielsetzungen zurück. In der Folge konnte der Leistungszubau witterungsbedingte Erzeugungsrückgänge im Jahr 2021 erstmals nicht mehr ausgleichen. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch ist gegenüber dem Vorjahr auf nur noch 41 Prozent gesunken. Die neue Bundesregierung hat zur Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien mit einem Energiesofortmaßnahmenpaket, dem sogenannten „Osterpaket“, Anfang April ein umfangreiches Gesetzespaket vorgelegt, das im Juli von Bundestag und Bundesrat verabschiedet wurde. Es setzt viele energiepolitische Inhalte des Koalitionsvertrags um. Für die Maßnahmen zur Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien besteht dabei eine doppelte Dringlichkeit: Zum einen spitzt sich die Klimakrise zu. Zum anderen zeigen die Auswirkungen des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine, wie wichtig es ist, dass sich Deutschland aus der Abhängigkeit von fossilen Energieimporten löst und den Ausbau der erneuerbaren Energien beschleunigt.

### Größte energiepolitische Novelle seit Jahrzehnten

Mit dem Osterpaket, der größten energiepolitischen Gesetzesnovelle seit Jahrzehnten, wurden mehrere wichtige Gesetze im Energiebereich angepasst, unter anderem das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG) und das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG). Im EEG wurde das Ausbauziel auf mindestens 80 Prozent erneuerbare Energien am Bruttostromverbrauch bis 2030 angehoben. Da parallel der Stromverbrauch durch Elektrifizierung in den Bereichen Industrie, Wärme und Verkehr steigen wird, müssen zur Zielerreichung im Jahr 2030 bereits rund 600 Terawattstunden Strom aus Sonne, Wind und Co. bereitgestellt werden. So sollen bis dahin allein 115 Gigawatt Windenergie an Land, 30 Gigawatt Windenergie auf See und 215 Gigawatt Photovoltaik installiert sein. Bis 2035 soll der Strom nahezu vollständig aus erneuerbaren

Energien stammen und Deutschland so weitestgehend unabhängig von fossilen Energieimporten sein. Um die Beschleunigung des Ausbaus in allen Rechtsbereichen abzusichern, wurde im EEG und im WindSeeG verankert, dass die Nutzung der erneuerbaren Energien im überragenden öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient.

Die Rahmenbedingungen für die Photovoltaik wurden mit einem Maßnahmenbündel an die neuen Ausbauziele angepasst. So werden die angestrebten jährlichen Ausbaumengen hälftig auf Dach- und Freiflächenanlagen verteilt. Für kleine Dachanlagen außerhalb der Ausschreibungen wird die Einspeisevergütung so angehoben, dass Anlagen, die den Strom vollständig ins Netz einspeisen, eine auskömmliche Förderung erhalten. Anlagen, deren Strom auch teilweise selbst genutzt wird, erhalten geringere Einspeisevergütungen. Im Bereich der Freiflächenanlagen wird die Flächenkulisse unter Berücksichtigung landwirtschaftlicher und naturschutzverträglicher Aspekte maßvoll erweitert.

### Beschleunigung des Windenergieausbaus

Auch für die Flankierung der Beschleunigung des Ausbaus der Windenergie an Land wurden im Osterpaket bereits Maßnahmen getroffen. So wird mit dem EEG 2023 die Degression der Höchstvergütungssätze für zwei Jahre ausgesetzt und das Referenzertragsmodell für windschwache Standorte verbessert. Auch werden die erneuerbaren Energien als im überragenden öffentlichen Interesse und der öffentlichen Sicherheit dienend definiert. Wesentliche Maßnahmen zur Beschleunigung des Windenergieausbaus sind ebenfalls im Juli 2022 in Form des Wind-an-Land-Gesetzes sowie der Novelle des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) in Kraft getreten.

Um die Ausbauziele des EEG erreichen zu können, müssen zwei Prozent der Landfläche Deutschlands für die Windenergie ausgewiesen werden. Dies soll mit dem Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG) bis Ende 2032 umgesetzt werden. Bis 2027 sollen bereits 1,4 Prozent der Fläche für die Windenergie bereitstehen, wobei Repowering-Maßnahmen an bestehenden Standorten Vorrang erhalten sollen. Den Bundesländern werden mit

dem neuen Windenergieflächenbedarfsgesetz verbindliche Flächenziele vorgegeben. Dabei bleibt es den Ländern überlassen, wie sie ihre Flächenziele erreichen. Sie können die Flächen in Raumordnungsplänen ausweisen oder dies im Rahmen der Bauleitplanung an die Kommunen delegieren. Sie können zudem auch weiterhin über Mindestabstände entscheiden, müssen aber sicherstellen, dass sie ihre Flächenziele erreichen.

Mit den Änderungen des Bundesnaturschutzgesetzes werden bundeseinheitliche Standards für die artenschutzrechtliche Prüfung geschaffen, um schnellere und rechtssichere Verfahren für den Ausbau der Windenergie an Land zu schaffen. Die Änderungen enthalten zudem Erleichterungen bei Repoweringverfahren und ermöglichen zukünftig den Windenergieausbau auch in Landschaftsschutzgebieten. Gleichzeitig werden windkraftsensibile Vogelarten zukünftig im Rahmen von Artenschutzprogrammen besonders geschützt.

Parallel wurde das Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG) angepasst, um den Windenergieausbau auch offshore zu beschleunigen. Hier strebt die Bundesregierung nun einen Ausbau auf mindestens 30 Gigawatt bis 2030, mindestens 40 Gigawatt bis 2035 und mindestens 70 Gigawatt bis 2045 an. Offshore-Windparks und deren Netzanbindungen haben mehrjährige Planungs- und Realisierungszeiten. Mit der WindSeeG-Novelle wurden daher verschiedene Schritte zur Straffung der Planungs- und Genehmigungsverfahren beschlossen. So können z. B. Netzanbindungen nun bereits mit der Ausweisung im Flächenentwicklungsplan durch die Übertragungsnetzbetreiber beauftragt werden; Windparks auf zentral voruntersuchten Flächen werden nun per Plangenehmigung, nicht mehr per Planfeststellungsverfahren bestätigt.

### Bund-Länder-Kooperationsausschuss

Hemmnisse des Ausbaus der erneuerbaren Energien wie fehlende Flächenverfügbarkeit, Dauer von Genehmigungsverfahren oder Fragen des Natur- und Artenschutzes können nur gemeinsam von Bund und Ländern gelöst werden. Bereits mit dem EEG 2021 wurde deshalb der Bund-Länder-Kooperationsausschuss geschaffen. Der Kooperationsausschuss legt jährlich einen Bericht zum Status quo der erneuerbaren Energien in den Ländern

sowie zu Flächenausweisungen, Planungen und Genehmigungen bei Wind an Land vor. Grundlage dieses Berichts sind wiederum die jährlich dem Ausschuss durch die einzelnen Bundesländer vorzulegenden Länderberichte. Der erste Bericht des Kooperationsausschusses wurde im Oktober 2021 vorgelegt. Dieser wie auch die aktuellen Berichte finden sich auf der Internetseite des BMWK ([www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html](http://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html)).

### Netze, Speicher, Wasserstoff

Wichtige Elemente auf dem Weg zu einer vollständig auf erneuerbaren Energien beruhenden Stromversorgung sind neben den Erzeugungsanlagen auch der Transport und die Speicherung des Stroms sowie seine Umwandlung in speicherfähige Energieträger. Der notwendige Ausbau der Stromnetze wurde bereits 2018 mit dem Aktionsplan Stromnetz adressiert. Zudem zeigt der von der Bundesnetzagentur Anfang 2022 bestätigte Netzentwicklungsplan den zur Erreichung der Klimaziele erforderlichen Netzausbau und -optimierungsbedarf auf. Mit der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) vom Juni 2020 wurde auch der Rahmen für private Investitionen in die nachhaltige und wirtschaftliche Erzeugung, den Transport und die Nutzung von grünem Wasserstoff als Energieträger und immer wichtiger werdendes Speichermedium für erneuerbaren Strom geschaffen. Mit ihr wurde ein richtungsweisender Impuls und Startpunkt für die Etablierung einer deutschen Wasserstoffwirtschaft gesetzt. Im Juni 2022 hat die Bundesregierung den ersten Fortschrittsbericht zur Umsetzung der NWS veröffentlicht, der auf der Internetseite des BMWK abgerufen werden kann.

### Schub für die Wärmewende

Während die erneuerbaren Energien im Strombereich in den vergangenen Jahren bereits zur wichtigsten Energiequelle aufgestiegen sind, sind sie im Wärmebereich bislang noch weit davon entfernt. Ziel der Bundesregierung ist es deshalb, dass zukünftig jede neu gebaute Heizung zu mindestens 65 Prozent mit erneuerbaren Energien betrieben werden soll. Das bedeutet, dass insbesondere Wärmepumpen und dekarbonisierte Wärmenetze in Zukunft bei der Gebäudeheizung die wesentlichen Rollen spielen müssen. Vor dem Hintergrund

des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine und der damit verbundenen Energiekrise, die vor allem Erdgas und damit den wichtigsten Energieträger im Wärmebereich betrifft, hat die Bundesregierung entschieden, dass diese Vorgabe bereits ab 1. Januar 2024 für alle neuen Heizungen in neuen und bestehenden Gebäuden gelten soll. Denn im Gebäudewärmebereich dominiert bis heute Erdgas: Fast die Hälfte der deutschen Haushalte heizt aktuell damit. Im Jahr 2021 verbrauchten Gebäudeheizungen etwa 385 Terawattstunden Erdgas. Dies entsprach 38 Prozent des deutschen Erdgasverbrauchs (Quelle: AGEB). Der Transformationsprozess ist jedoch aufgrund der Vielfalt an Gebäuden und unterschiedlicher Situationen von Eigentümern und Mietern eine große Herausforderung. Deshalb hat das BMWK gemeinsam mit dem Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) ein Konzept erarbeitet und dazu eine umfangreiche Konsultation der Akteure eingeleitet.

### Elektromobilität – Schlüsseltechnologie für die Verkehrswende

Auch der Verkehrsbereich, in dem die Nutzung erneuerbarer Energien bislang ebenfalls deutlich hinter den Zielsetzungen zurückgeblieben ist, ist zentral für die Erreichung unserer Klimaschutzziele und für die Verringerung unserer Abhängigkeit von fossilen Energieimporten. Kernelement der Strategie der Bundesregierung für mehr Klimaschutz im Verkehr ist die Elektromobilität. Die Bundesregierung fördert daher die Entwicklung und den Hochlauf der Elektromobilität mit einem umfangreichen Maßnahmenpaket, das kontinuierlich erweitert und angepasst wird. Dazu gehören insbesondere eine Kaufprämie für Elektroautos, der Ausbau der Ladeinfrastruktur und Beschaffungsziele für die öffentliche Hand. Stark steigende Zulassungszahlen bei batterieelektrischen Fahrzeugen zeigen, dass Deutschland auf dem richtigen Weg ist. Den parallel notwendigen Ausbau der Ladeinfrastruktur verfolgt die Bundesregierung mit dem „Masterplan Ladeinfrastruktur II“. Der

Elektromobilität kommt nicht nur Bedeutung im Verkehr, sondern für die Energiewende insgesamt zu. Denn im Zuge der Kopplung der Ladeinfrastruktur mit den Stromnetzen könnten zukünftig fluktuierende Erzeugungen von Wind- und Solarstrom abgepuffert werden. Neben der Elektromobilität verfolgt die Bundesregierung aber auch das Ziel, den Verkehrssektor mit Hilfe von fortschrittlichen Biokraftstoffen aus Reststoffen sowie grünem Wasserstoff klimaschonend zu gestalten. Auch der Aufbau der gesamten elektromobilen Wertschöpfung einschließlich der Batterien geht in großen Schritten voran.

### Monitoring der Energiewende

Der Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ der Bundesregierung begleitet die Entwicklung der Energiewende fortlaufend. Er verfolgt, wo wir bei der Energiewende stehen und welche Wirkungen die ergriffenen Maßnahmen entfalten. Aufgabe des Monitoring-Prozesses ist es, die Vielzahl der verfügbaren energiestatistischen Informationen zu verdichten und verständlich aufzubereiten. Bereits realisierten Maßnahmen wird dabei genauso nachgegangen wie der Frage, in welchen Bereichen zukünftig weitere Anstrengungen erforderlich sind.

Die Federführung für das Monitoring liegt beim BMWK. Das Monitoring ist ein wichtiger Schlüssel für den Erfolg der Energiewende. Für ein effektives Monitoring sind umfassende und belastbare Daten unabdingbar. Für den Fortschritt beim Ausbau der erneuerbaren Energien sind in dieser Broschüre alle relevanten Daten zusammengetragen. Sie sind daher auch eine wesentliche Datengrundlage für den Monitoringprozess sowie für die Erfüllung zahlreicher weiterer Berichtspflichten Deutschlands auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene. Der regelmäßig erscheinende Monitoringbericht ist das Kernstück des Prozesses. Die Berichte sind auf der Internetseite des BMWK abrufbar ([www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/monitoring-prozess.html](http://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/monitoring-prozess.html)).

Tabelle 1: Erneuerbare Energien in Deutschland: Status quo

Kategorien	2020	2021
<b>Anteil erneuerbarer Energien in Prozent</b>		
am Bruttoendenergieverbrauch <sup>1</sup>	19,4	18,8
am Bruttostromverbrauch	45,3	41,0
am Endenergieverbrauch Wärme und Kälte <sup>2</sup>	15,2	16,2
am Endenergieverbrauch Verkehr	7,6	6,8
am Primärenergieverbrauch	16,6	15,7
<b>Vermeidung von Treibhausgasemissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien</b>		
Gesamte Treibhausgas-Vermeidung	228,6 Mio. t CO <sub>2</sub> -Äq.	216,7 Mio. t CO <sub>2</sub> -Äq.
davon durch Strom mit EEG-Vergütungsanspruch	157,4 Mio. t CO <sub>2</sub> -Äq.	142,2 Mio. t CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Wirtschaftliche Impulse durch die Nutzung erneuerbarer Energien</b>		
Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen	11,1 Mrd. Euro	14,2 Mrd. Euro
Wirtschaftliche Impulse aus dem Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen	18,3 Mrd. Euro	20,1 Mrd. Euro

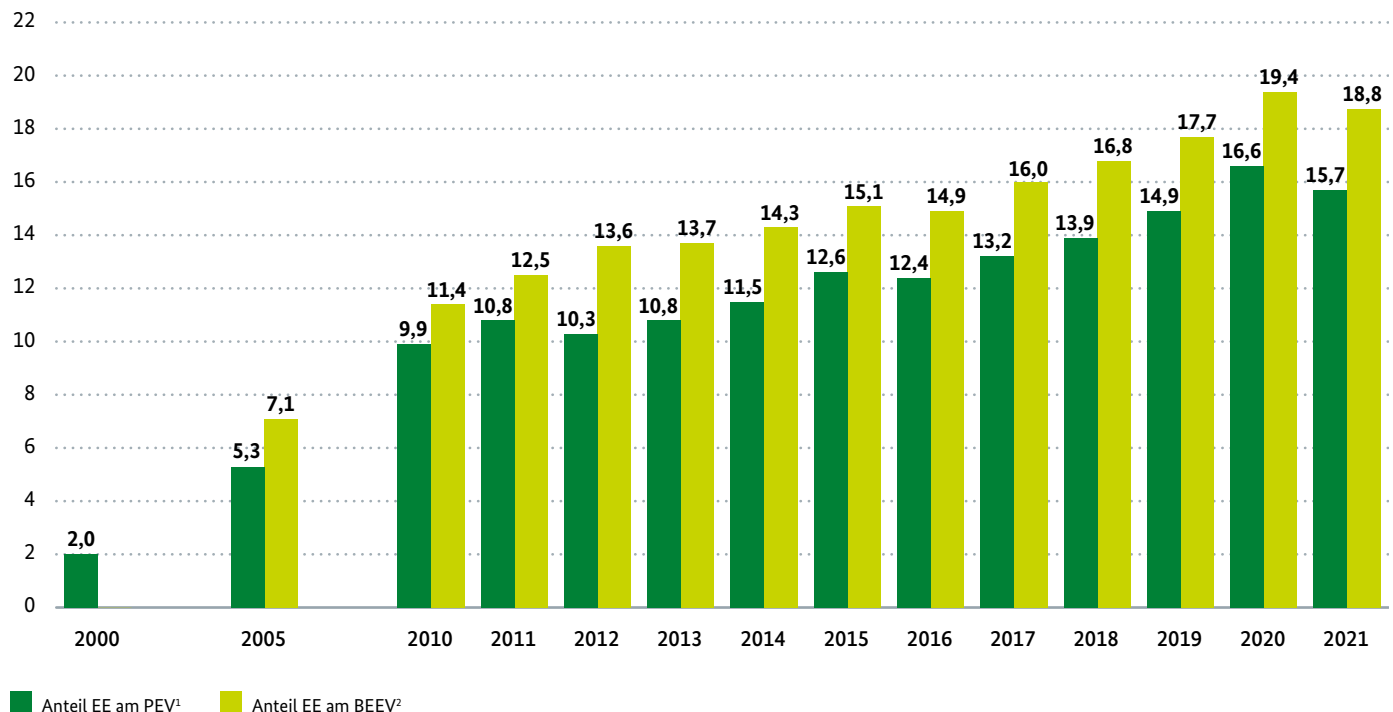
1 nach Energiekonzept der Bundesregierung

2 inkl. Fernwärmeverbrauch

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Abbildung 1 und Tabelle 3, vorläufige Angaben

Abbildung 1: Anteile erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch und Primärenergieverbrauch

in Prozent



1 Absenkung des Anteils am PEV durch Änderung der Methodik ab dem Jahr 2012, Vorjahre noch nicht revidiert.

2 Berechnung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch nach dem „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ der Bundesregierung ([www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiekonzept-2010.pdf](http://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiekonzept-2010.pdf)) ohne Berücksichtigung spezieller Rechenvorgaben der EU-Richtlinie 2009/28/EG. Nähere Informationen zur Berechnungsmethodik der Anteile am Bruttoendenergieverbrauch siehe im Abschnitt „Methodische Hinweise“.

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat; Gesamt-Bruttoendenergieverbrauch auf Basis AGEV [1] und weiterer Quellen; siehe Tabelle 3, teilweise vorläufige Angaben

## Ausbau der erneuerbaren Energien

### Strom

#### Anteil erneuerbarer Energien sinkt auf 41 Prozent

Nachdem der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch seit Beginn der Energiewende nur eine Richtung kannte, ging er im Jahr 2021 erstmals gegenüber dem Vorjahr deutlich auf 41,0 Prozent zurück (2020: 45,3 Prozent). Ursächlich hierfür waren bei fortgeführtem Windenergieausbau vor allem deutlich schlechtere Windverhältnisse als in den Vorjahren. So wurden 14 Prozent weniger Strom aus Windenergie an Land als noch 2020 erzeugt. Witterungsbedingt trug auch die Solarenergie bei deutlichem Zubau von 5,7 Gigawatt in 2021 sogar leicht weniger als im Vorjahr zur Stromerzeugung bei. Insgesamt reduzierte sich die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren

Quellen gegenüber dem Vorjahr um 7 Prozent auf 233,9 Terawattstunden (2020: 251,5 Terawattstunden). Gleichzeitig stieg der gesamte Bruttostromverbrauch nach dem pandemiebedingten Rückgang des Vorjahres wieder spürbar auf 570,3 Terawattstunden an (2020: 555,7 Terawattstunden).

#### Windenergieausbau verharrt auf sehr niedrigem Niveau

Zwar nahm der Nettozubau an Windenergieleistung an Land nach dem Rekordtief des Jahres 2019 im zweiten Jahr in Folge wieder leicht zu, lag jedoch im Jahr 2021 mit 1.632 Megawatt (2020: 1.227 Megawatt) weiterhin weit unter dem Ausbauziel. Ende des Jahres 2021 waren damit deutschlandweit 56.046 Megawatt Windenergieleistung an Land installiert. Auf See (offshore) verharrte die installierte Leistung bei 7.787 Megawatt. Im Jahr 2021 gingen keine neuen Anlagen in Betrieb.

Tabelle 2: Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien in den Jahren 2020 und 2021

	Erneuerbare Energien 2020		Erneuerbare Energien 2021	
	Bruttostromerzeugung (GWh) <sup>4</sup>	Anteil am Bruttostromverbrauch <sup>5</sup> (%)	Bruttostromerzeugung (GWh) <sup>4</sup>	Anteil am Bruttostromverbrauch <sup>5</sup> (%)
Wasserkraft <sup>1</sup>	18.721	3,4	19.658	3,4
Windenergie an Land	104.796	18,9	90.272	15,8
Windenergie auf See	27.306	4,9	24.375	4,3
Photovoltaik	49.496	8,9	49.340	8,7
biogene Festbrennstoffe <sup>2</sup>	11.306	2,0	10.909	1,9
biogene flüssige Brennstoffe	307	0,1	202	0,04
Biogas	28.757	5,2	28.189	4,9
Biomethan	2.914	0,5	3.133	0,5
Klärgas	1.579	0,3	1.577	0,3
Deponiegas	247	0,04	229	0,04
biogener Anteil des Abfalls <sup>3</sup>	5.820	1,0	5.805	1,0
Geothermie	231	0,04	244	0,04
<b>Summe erneuerbare Energien</b>	<b>251.480</b>	<b>45,3</b>	<b>233.933</b>	<b>41,0</b>

1 bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss

2 inkl. Klärschlamm

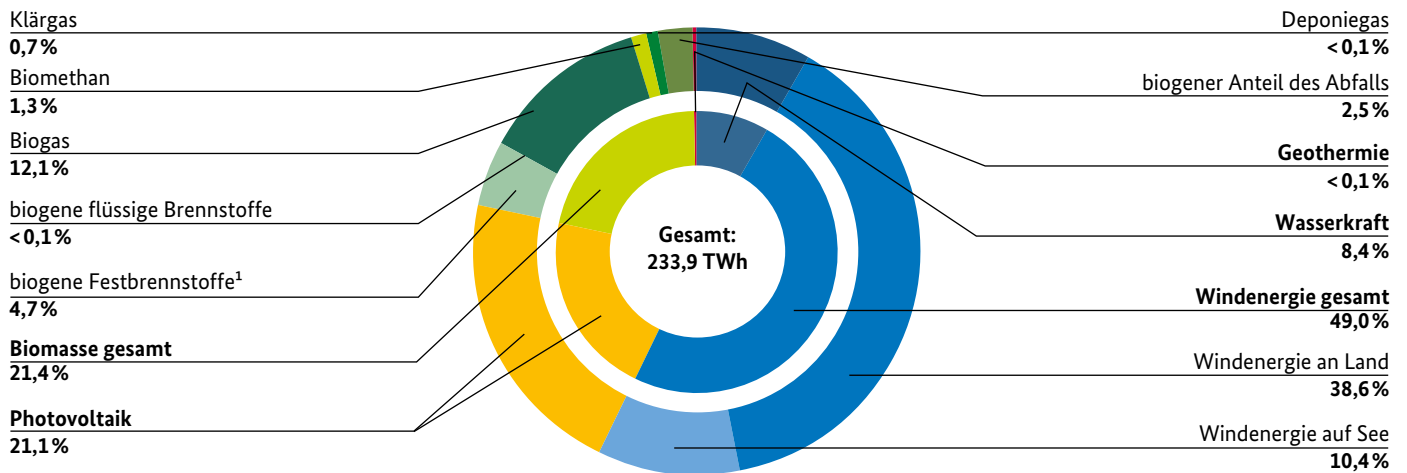
3 in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 Prozent angesetzt

4 1.000 GWh = 1 TWh

5 bezogen auf den Bruttostromverbrauch, 2020: 555,7 Terawattstunden, 2021: 570,3 Terawattstunden; davon Bruttostromerzeugung aus fossilen Energieträgern nach AGEB [1]



Abbildung 2: Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2021



1 inkl. Klärschlamm

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Tabelle 3, teilweise vorläufige Angaben

Tabelle 3: Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien

	Wasserkraft <sup>1</sup>	Windenergie an Land	Windenergie auf See	Biomasse <sup>2</sup>	Photovoltaik	Geothermie	Summe Bruttostromerzeugung	Anteil EE am Bruttostromverbrauch
	(GWh) <sup>3</sup>						(GWh) <sup>3</sup>	(%)
<b>1990</b>	17.426	72	0	1.435	1	0	<b>18.934</b>	<b>3,4</b>
<b>2000</b>	21.732	9.703	0	4.731	61	0	<b>36.227</b>	<b>6,3</b>
<b>2005</b>	19.638	27.774	0	14.706	1.308	0	<b>63.426</b>	<b>10,3</b>
<b>2010</b>	20.953	38.371	176	33.924	11.963	28	<b>105.415</b>	<b>17,1</b>
<b>2011</b>	17.671	49.280	577	36.891	19.991	19	<b>124.429</b>	<b>20,4</b>
<b>2012</b>	21.755	50.948	732	43.203	26.744	25	<b>143.407</b>	<b>23,6</b>
<b>2013</b>	22.998	51.819	918	45.513	30.621	80	<b>151.949</b>	<b>25,1</b>
<b>2014</b>	19.587	57.026	1.471	48.287	35.448	98	<b>161.917</b>	<b>27,3</b>
<b>2015</b>	18.977	72.340	8.284	50.326	38.076	133	<b>188.136</b>	<b>31,4</b>
<b>2016</b>	20.546	67.650	12.274	50.928	37.556	175	<b>189.129</b>	<b>31,6</b>
<b>2017</b>	20.150	88.018	17.675	50.917	38.761	163	<b>215.684</b>	<b>36,0</b>
<b>2018</b>	18.098	90.484	19.467	50.794	44.320	178	<b>223.341</b>	<b>37,7</b>
<b>2019</b>	20.135	101.150	24.744	50.126	45.221	197	<b>241.573</b>	<b>42,0</b>
<b>2020</b>	18.721	104.796	27.306	50.930	49.496	231	<b>251.480</b>	<b>45,3</b>
<b>2021</b>	19.658	90.272	24.375	50.044	49.340	244	<b>233.933</b>	<b>41,0</b>

1 bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss

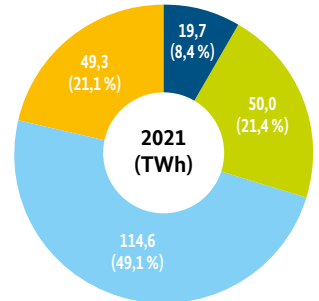
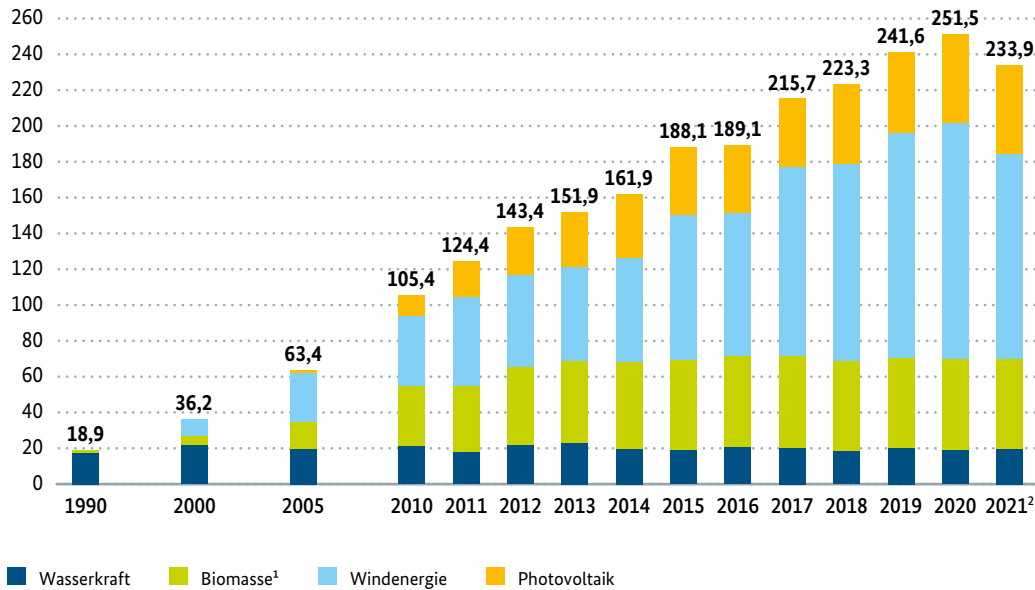
2 feste und flüssige Biomasse, Biogas, Biomethan, Deponie- und Klärgas, Klärschlamm und biogener Anteil des Abfalls (in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 Prozent angesetzt)

3 1.000 GWh = 1 TWh

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat; AGEB [1]; StBA [2], [3]; BNetzA [4]; ÜNB [5]; ZSW [6]; DENA [7]; BDEW [8]; VDEW [9]; DBFZ [10], IE [11]; teilweise vorläufige Angaben

Abbildung 3: Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Bruttostromerzeugung in TWh



Geothermische Stromerzeugung aufgrund geringer Strommengen nicht dargestellt

1 feste und flüssige Biomasse, Biogas, Biomethan, Deponie- und Klärgas, Klärschlamm und biogener Anteil des Abfalls

2 Stromerzeugung der jeweiligen Technologien in den Vorjahren siehe dazu Tabelle 3

Quelle: BMWK auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Tabelle 3, teilweise vorläufige Angaben

### Windstromerzeugung bricht deutlich ein

Nach vergleichsweise ertragreichen Vorjahren stellten sich im Jahr 2021 insgesamt deutlich schlechtere Windverhältnisse ein. In der Folge ging die Windstromerzeugung an Land erstmals seit dem Jahr 2016 wieder gegenüber dem Vorjahr zurück und zwar sehr deutlich: Mit 90,3 Terawattstunden wurden im Jahr 2021 fast 14 Prozent weniger Windstrom erzeugt als im bisherigen Rekordjahr 2020 (104,8 Terawattstunden) und das trotz des Zuwachses der Erzeugungsleistung um mehr als 1,6 Gigawatt bis Ende des Jahres. Auf See betrug der Rückgang knapp 11 Prozent auf 24,4 Terawattstunden (2020: 27,3 Terawattstunden). Zusammen konnten aus den an Land und auf See installierten Windenergieanlagen somit 114,6 Terawattstunden Strom erzeugt werden, gut 13 Prozent weniger als im Vorjahr (2020: 132,1 Terawattstunden). Die Windenergie deckte damit aber immerhin noch 20,1 Prozent des gesamten deutschen Bruttostromverbrauchs und rangierte trotz des Rückgangs als wichtigste Energiequelle im Strombereich vor der Braunkohle.

### Photovoltaikausbau legt nochmals leicht zu

Bereits im siebten Jahr in Folge konnten im Jahr 2021 bei der Photovoltaik steigende Ausbauzahlen registriert werden. Mit 5.702 Megawatt wurden nochmals fast 19 Prozent mehr Leistung neu installiert als im Vorjahr (2020: 4.807 Megawatt). Ende des Jahres 2021 waren damit in Deutschland Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 59.373 Megawatt am Netz, fast 11 Prozent mehr als noch ein Jahr zuvor (2020: 53.671 Megawatt). Damit übersteigt nun erstmals die Leistung der installierten Photovoltaikanlagen jene der Windenergieanlagen an Land.

Bei der Stromerzeugung machte sich der Ausbau jedoch nicht bemerkbar, sie ging sogar geringfügig auf 49,3 Terawattstunden zurück (2020: 49,5 Terawattstunden). Ebenso wie bei der Windenergie sind hier die Wetterverhältnisse prägend: In den drei Vorjahren profitierte die Solarstromerzeugung von ausgeprägten Schönwetterperioden mit überdurchschnittlichen Sonnenstundenzahlen,

während sich im Jahr 2021 eher durchschnittliche Verhältnisse einstellten. Die Photovoltaik behauptete sich dennoch als zweitwichtigste Stromquelle unter den erneuerbaren Energien, ihr Anteil am gesamten Bruttostromverbrauch sank leicht auf 8,7 Prozent (2020: 8,9 Prozent).

### Weniger Ausbau bei Biogas und Biomethan

Mit 140 Megawatt im Jahr 2021 machte der Ausbau der Stromerzeugungsleistung aus Biogas und Biomethan nur noch etwa ein Drittel des Vorjahres aus (2020: 410 Megawatt). Zudem diente der Zubau – wie schon in den letzten Jahren – vornehmlich dem Zweck, eine flexiblere, am Bedarf orientierte Stromerzeugung zu ermöglichen. Diese sogenannte Überbauung von Bestandsanlagen (Leistungserhöhung bei gleichbleibender oder geringerer Brennstoffzufuhr) führt damit nicht zu höherer Stromerzeugung. 2021 sank die Stromerzeugung aus Biogas und Biomethan leicht auf 31,3 Terawattstunden (2020: 31,7 Terawattstunden).

Auch im Bereich fester und flüssiger Biomasse war im Jahr 2021 wie in den Vorjahren keine Ausweitung der Stromerzeugung mehr zu verzeichnen. Die Stromerzeugung aus allen Biomassearten zusammen – einschließlich der Nutzung von Deponie- und Klärgas sowie des biogenen Anteils

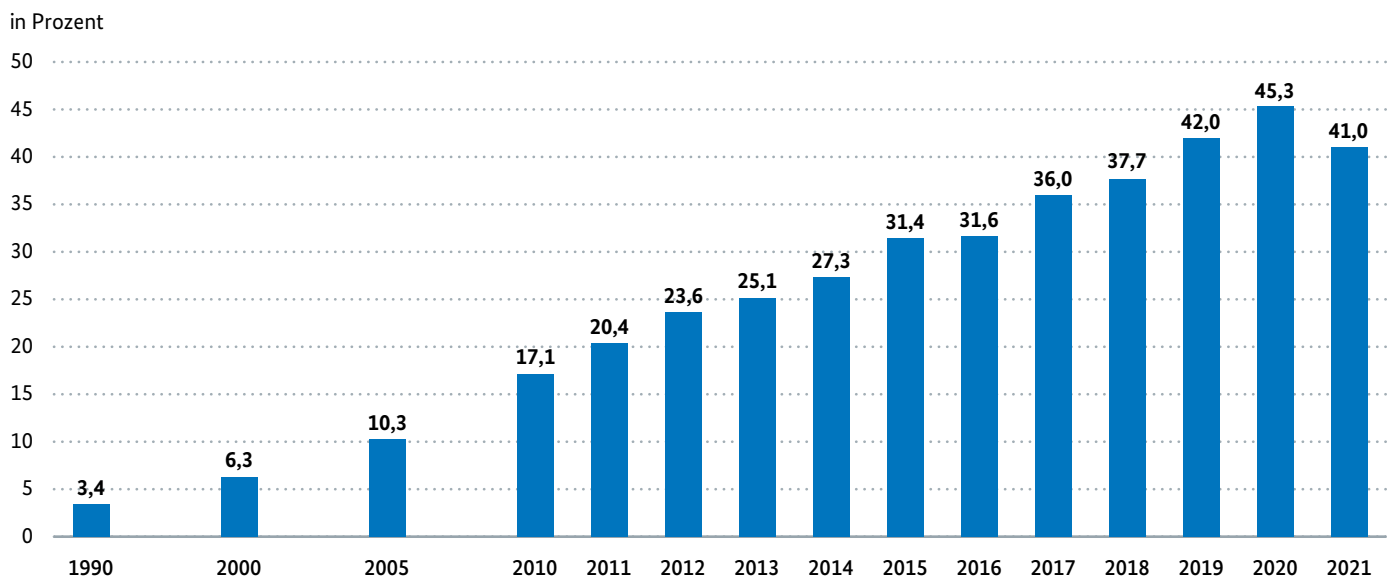
des Siedlungsmülls – lag in der Folge mit 50,4 Terawattstunden ebenfalls leicht unter dem Vorjahreswert (2020: 50,9 Terawattstunden). Gesunken ist damit auch ihr Anteil am gesamten Bruttostromverbrauch – von 9,2 Prozent im Jahr 2020 auf nunmehr 8,8 Prozent.

### Stromerzeugung aus Wasserkraft steigt wieder an

Auch bei der Wasserkraft zeigt sich der Einfluss der Witterung. Hier machten sich indes nach drei trockenen Jahren im Jahr 2021 wieder gestiegene durchschnittliche Niederschlagsmengen bemerkbar. In der Folge konnte auch die Stromerzeugung aus Wasserkraft einen Anstieg um fünf Prozent gegenüber dem Vorjahr auf 19,7 Terawattstunden verzeichnen (2020: 18,7 Terawattstunden). Der Anteil am gesamten Bruttostromverbrauch blieb konstant bei 3,4 Prozent.

Im Jahr 2021 wurde ein neues Geothermiekraftwerk mit einer Leistung von 5 Megawatt in Betrieb genommen, womit sich die installierte Leistung dieser Technologie auf insgesamt 54 Megawatt erhöhte. Die Stromerzeugung aus Geothermie stieg zwar um 8 Prozent an, ihre Bedeutung für den deutschen Strommix blieb aber mit 0,24 Terawattstunden weiterhin gering.

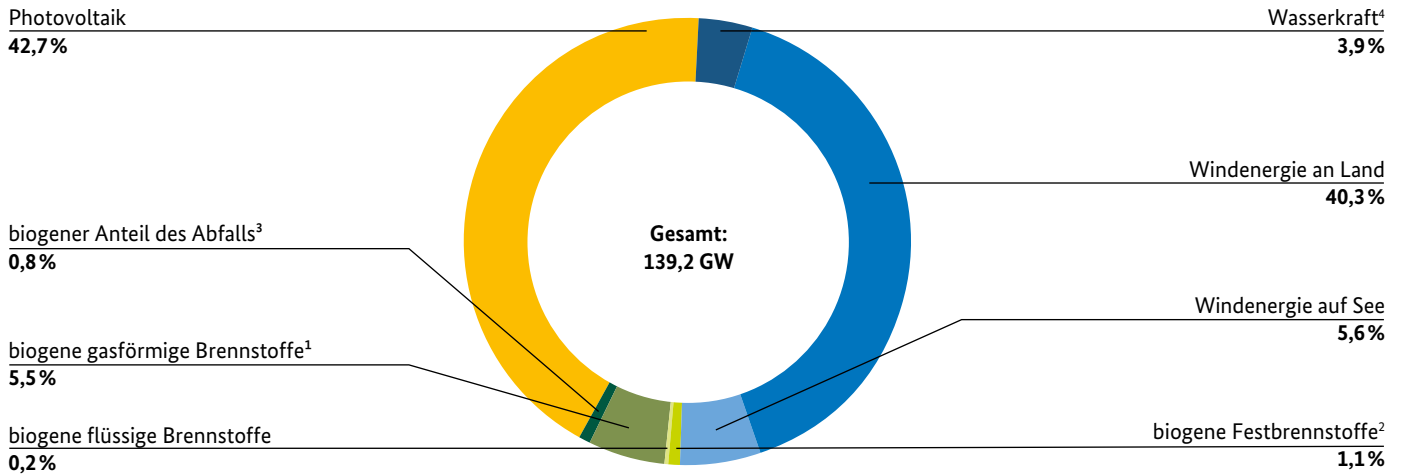
Abbildung 4: Anteil des aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch



Nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2023 ist bis zum Jahr 2030 ein Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch von mindestens 80 Prozent vorgegeben.

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat, und weiterer Quellen, siehe Tabelle 3, teilweise vorläufige Angaben

Abbildung 5: Installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2021 nach Energieträgern in Gigawatt (GW)



Wegen des geringen Anteils geothermischer Stromerzeugungsanlagen werden diese nicht dargestellt.

- 1 Biogas, Biomethan, Deponie- und Klärgas
- 2 inkl. Klärschlamm
- 3 inkl. biogener Anteil des Abfalls (in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 Prozent angesetzt)
- 4 Lauf- und Speicherwasserkraftwerke sowie Pumpspeicherkraftwerke mit natürlichem Zufluss

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Tabelle 4, vorläufige Angaben

Tabelle 4: Installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

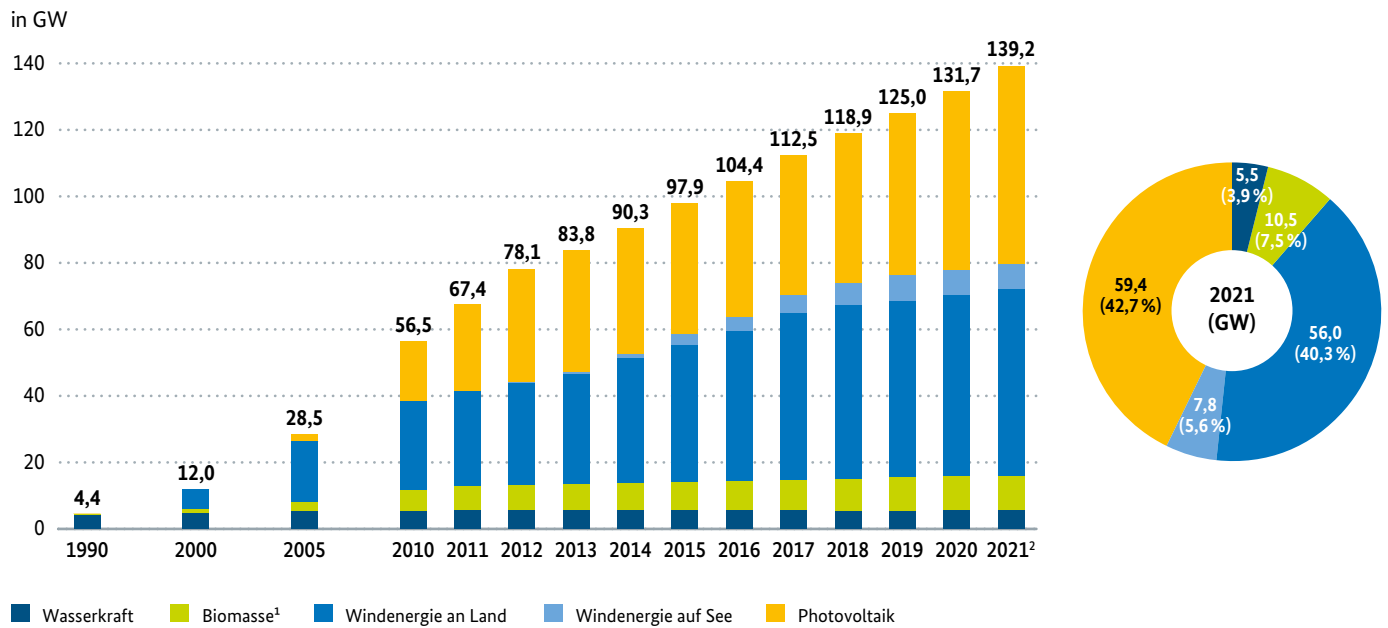
	Wasserkraft <sup>1</sup>	Windenergie an Land	Windenergie auf See	Biomasse <sup>2</sup>	Photovoltaik	Geothermie	Gesamte Leistung
	(MW) <sup>3</sup>						
<b>1990</b>	3.982	55	0	404	2	0	<b>4.443</b>
<b>2000</b>	4.831	6.097	0	996	114	0	<b>12.038</b>
<b>2005</b>	5.210	18.248	0	2.939	2.056	0	<b>28.453</b>
<b>2010</b>	5.407	26.823	80	6.222	18.006	8	<b>56.546</b>
<b>2011</b>	5.625	28.524	188	7.162	25.916	8	<b>67.423</b>
<b>2012</b>	5.607	30.711	268	7.467	34.077	19	<b>78.149</b>
<b>2013</b>	5.590	32.969	508	7.966	36.710	30	<b>83.773</b>
<b>2014</b>	5.580	37.620	994	8.204	37.900	33	<b>90.331</b>
<b>2015</b>	5.589	41.297	3.283	8.429	39.224	34	<b>97.856</b>
<b>2016</b>	5.629	45.283	4.152	8.659	40.679	38	<b>104.440</b>
<b>2017</b>	5.627	50.174	5.406	8.982	42.293	38	<b>112.520</b>
<b>2018</b>	5.347	52.328	6.393	9.662	45.158	42	<b>118.930</b>
<b>2019</b>	5.396	53.187	7.555	9.995	48.864	47	<b>125.044</b>
<b>2020</b>	5.454	54.414	7.787	10.320	53.671	47	<b>131.693</b>
<b>2021</b>	5.489	56.046	7.787	10.478	59.373	54	<b>139.227</b>

Die Angaben zur installierten Leistung beziehen sich jeweils auf den Stand zum Jahresende.

- 1 Lauf- und Speicherwasserkraftwerke sowie Pumpspeicherkraftwerke mit natürlichem Zufluss
- 2 feste und flüssige Biomasse, Biogas, Biomethan, Deponie- und Klärgas sowie Klärschlamm und inklusive der Kapazität aller Abfallverbrennungsanlagen für erneuerbare und nicht-erneuerbare Abfälle. Dabei werden für die Zeitreihe durchgängig 50 Prozent der gesamten Abfallverbrennungskapazität als erneuerbare Leistung ausgewiesen.
- 3 1.000 MW = 1 GW

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat; BDEW; BNetzA [12]; StBA [3]; ZSW [6]; DENA [7]; VDEW [9]; DBFZ [10]; IE [11]; Thünen-Institut [13], teilweise vorläufige Angaben

Abbildung 6: Installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien



1 feste und flüssige Biomasse, Biogas, Biomethan, Deponie- und Klärgas sowie Klärschlamm, inklusive des biogenen Anteils des Abfalls (in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 Prozent angesetzt)  
 2 installierte Leistung der jeweiligen Technologien in den Vorjahren, siehe dazu Tabelle 4  
 Werte von Geothermie nicht dargestellt, siehe Tabelle 4

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Tabelle 4 teilweise vorläufige Angaben

### Leistung und Stromerzeugung

In Abbildung 7 ist die Entwicklung der installierten Leistung sowie der Stromerzeugung der einzelnen erneuerbaren Energieträger für die vergangenen fünf Jahre dargestellt. Es werden hier nicht nur die Witterungseinflüsse bei der Stromerzeugung sichtbar, sondern es zeigen sich deutlich die unterschiedlichen Zusammenhänge zwischen der Leistung und der Stromerzeugung bei den einzelnen Energieträgern. Lag im Jahr 2021 die installierte Leistung der Photovoltaik mit 59,4 Gigawatt leicht höher als jene der Windenergie an Land (56,1 Gigawatt), so wurde mit 49,3 Terawattstunden jedoch 45 Prozent weniger Strom aus Photovoltaikanlagen erzeugt als aus Windenergieanlagen an Land (90,3 Terawattstunden).

Die weitere Darstellung in Abbildung 8 verdeutlicht dies. Hier sind für die Jahre 2019, 2020 und 2021 die installierten Leistungen und die erzeug-

ten Strommengen der verschiedenen erneuerbaren Energieträger als Anteile in Säulengrafiken direkt gegenübergestellt. Während die beiden Anteile bei der Windenergie an Land in etwa gleich sind, ist der Anteil der Photovoltaik an der installierten Leistung viel höher als an der Stromerzeugung. Bei Biomasse, Windenergie auf See und Wasserkraft ist es hingegen umgekehrt, d. h. der Anteil an der Stromerzeugung liegt deutlich über dem Anteil an der installierten Leistung.

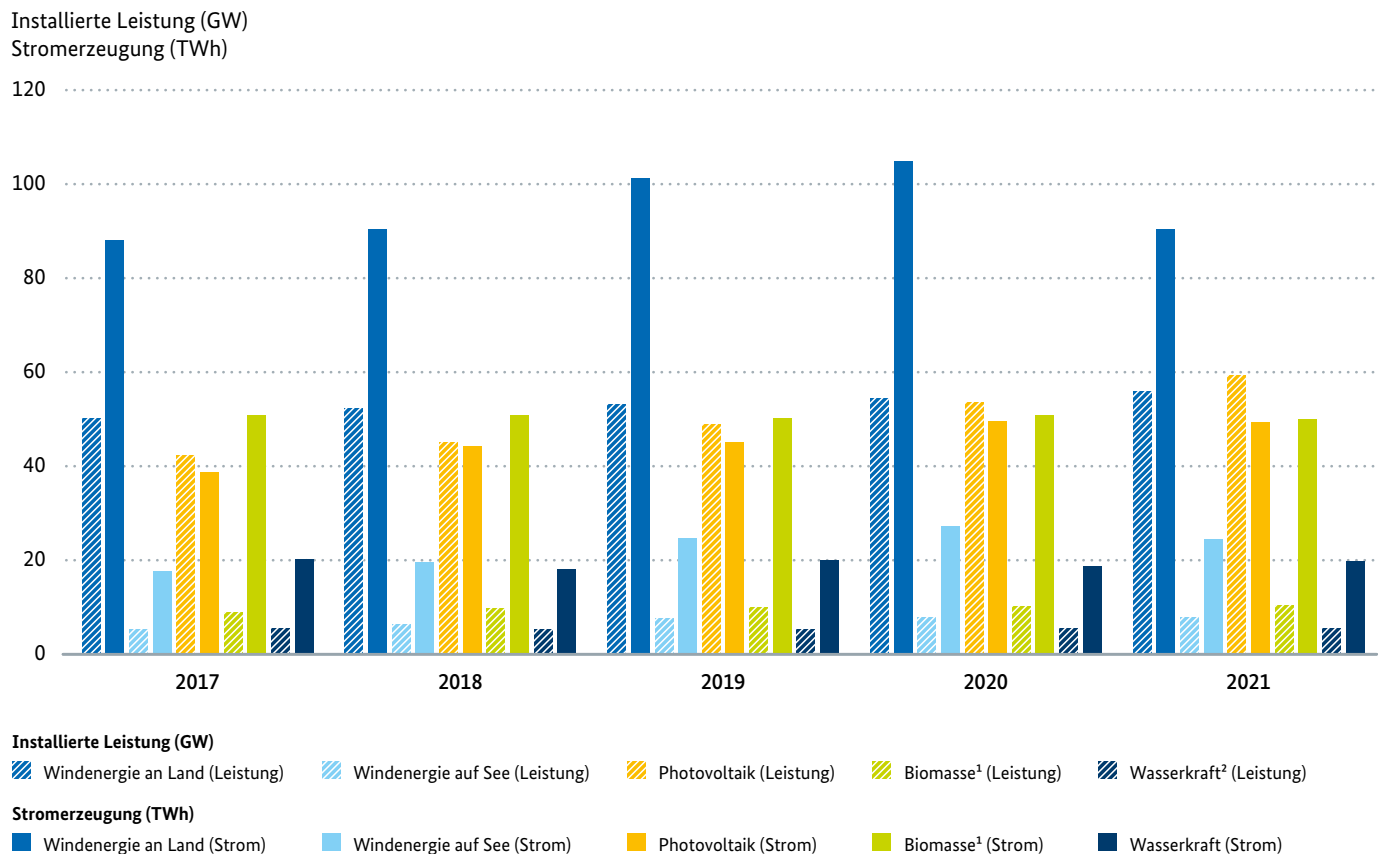
Die Ursache dafür liegt bei PV- und Windenergieanlagen in der Verfügbarkeit der natürlichen Ressourcen (Sonneneinstrahlung, Windaufkommen) und den entsprechenden Fähigkeiten, diese Ressourcen in Strom umzuwandeln. Ausdrücken lässt sich dies anhand einer technologiespezifischen Kenngröße, die beide Effekte abbildet, den sogenannten Volllaststunden<sup>1</sup>. Sie sind ein Gradmesser für die Ausnutzung der Kapazität von Stromerzeugungsanlagen. In Deutschland unterscheiden sich

1 **Volllaststunden** sind ein Maß, das die Ausnutzung einer Stromerzeugungsanlage beschreibt. Der Wert der Volllaststunden wird berechnet, indem man die Stromerzeugungsmenge eines Jahres durch die Nennleistung der Anlage teilt. Die Volllaststunden beschreiben die Anzahl der Stunden eines Jahres, in denen eine Anlage auf Nennleistung (d. h. Volllast) laufen müsste, um die tatsächlich erzeugte Jahresstrommenge bereitzustellen.

die Volllaststundenzahlen bei der Nutzung erneuerbarer Energien erheblich: Während Photovoltaik etwa zwischen 900 und 1.000 Volllaststunden pro Jahr aufweist, liegen diese bei der Windenergie an Land über alle Standorte gemittelt zwischen 1.600 und 2.000 und bei der Offshore-Windenergie etwa zwischen 3.100 und 3.800. Pro installierter Leistung liefert also die Windenergie an Land etwa doppelt so viel, die Offshore-Windenergie drei- bis viermal so viel Strom wie die Photovoltaik. Die witterungsbedingten jährlichen Schwankungen hingegen sind bei der Windenergie rund doppelt so groß wie bei der Photovoltaik. Grundsätzlich ergänzen sich die beiden Energieträger aber, da Photovoltaikanlagen ihren Erzeugungsschwerpunkt im Sommerhalbjahr haben, Windenergieanlagen hingegen im Winterhalbjahr. Zudem weht oft bei sonnigem Wetter weniger Wind und bei bewölktem Wetter mehr.

Bei der Wasserkraft liegen die Volllaststunden je nach Niederschlagsverhältnissen etwa zwischen 3.300 und 3.600 pro Jahr. Bei Biomasseanlagen sind derzeit etwa 5.000 Volllaststunden zu verzeichnen. Hier hängt die Ausnutzung der Anlagenkapazität im Wesentlichen vom Betrieb und nur in geringem Maße von der Verfügbarkeit der Ressourcen ab. Da die Anlagen im Zuge der sogenannten Überbauung der Leistung (z. B. Leistungserhöhung bei gleichbleibender Biomassezufuhr) zunehmend bedarfsgerecht und nicht mehr in dauerhafter Volllast betrieben werden, weisen die Volllaststunden aktuell eine fallende Tendenz auf. Dies ermöglicht eine flexible Stromerzeugung und eine Anpassung an die vom natürlichen Angebot abhängige, fluktuierende Stromeinspeisung aus Wind- und Sonnenenergie.

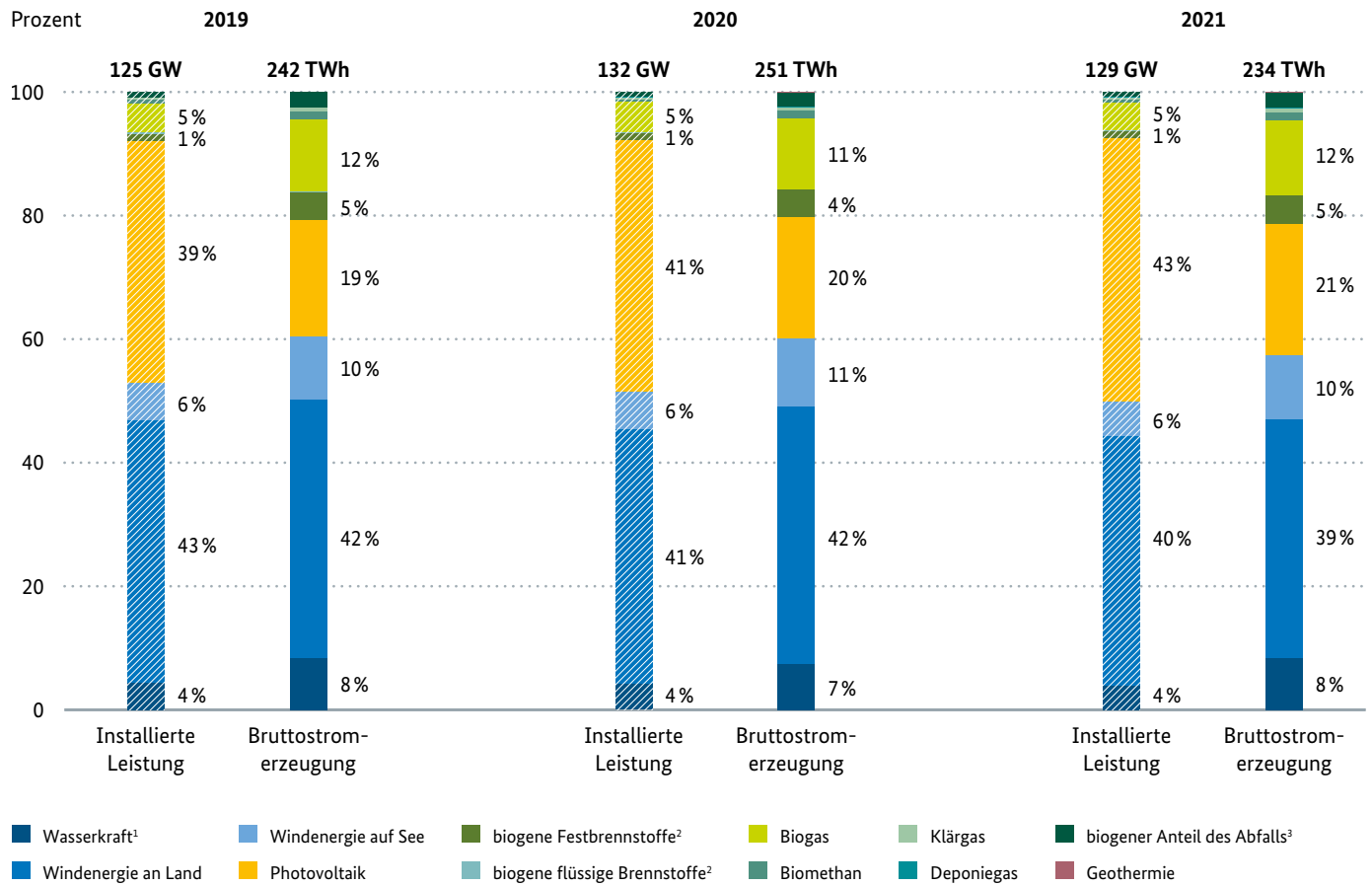
Abbildung 7: Bruttostromerzeugung und installierte Leistung je Energieträger



1 Leistung und Bruttostromerzeugung von fester und flüssiger Biomasse, Biogas, Biomethan, Deponie- und Klärgas sowie Klärschlamm. Leistung aller Abfallverbrennungsanlagen für erneuerbare und nicht-erneuerbare Abfälle berücksichtigt. Dabei werden 50 Prozent der gesamten Abfallverbrennungskapazität als erneuerbare Leistung ausgewiesen. Bruttostromerzeugung aus Abfallverbrennungsanlagen mit 50 Prozent angesetzt.

2 Leistung von Lauf- und Speicherwasserkraftwerken sowie Pumpspeicherkraftwerken mit natürlichem Zufluss. Bei der Bruttostromerzeugung aus Pumpspeicherkraftwerken ist nur die Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss berücksichtigt.

Abbildung 8: Anteile an installierter EE-Gesamtleistung und EE-Bruttostromerzeugung in den Jahren 2019, 2020 und 2021



1 Leistung von Lauf- und Speicherwasserkraftwerken sowie Pumpspeicherkraftwerken mit natürlichem Zufluss. Bei der Bruttostromerzeugung aus Pumpspeicherkraftwerken ist nur die Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss berücksichtigt.  
 2 inkl. Klärschlamm  
 3 Leistung aller Abfallverbrennungsanlagen für erneuerbare und nicht-erneuerbare Abfälle berücksichtigt. Dabei werden 50 Prozent der gesamten Abfallverbrennungskapazität als erneuerbare Leistung ausgewiesen. Bruttostromerzeugung aus Abfallverbrennungsanlagen mit 50 Prozent angesetzt.

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Tabellen 3 und 4, vorläufige Angaben

## Wärme

### Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch steigt deutlich

Der Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien ist im Jahr 2021 deutlich um knapp 11 Prozent auf 199,5 Terawattstunden gestiegen (2020: 180,3 Terawattstunden). Hintergrund war die im Vergleich zu den Vorjahren deutlich kühlere Witterung, die einen steigenden Verbrauch an biogenen Energieträgern nach sich zog. Zwar stieg witterungsbedingt auch der Einsatz konventioneller Energieträger für die Wärmeerzeugung, insbesondere der Heizölabsatz stieg jedoch weniger stark aufgrund von Lagerbeständen aus dem Vorjahr sowie steigenden Preisen.

Mit 1.232 Terawattstunden lag somit der gesamte Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte im Jahr 2021 um nur 4 Prozent über dem Vorjahreswert (2020: 1.183 Terawattstunden). Unter dem Strich ergab sich dadurch ein deutlicher Anstieg des Anteils erneuerbarer Energien am gesamten Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte von 15,2 auf 16,2 Prozent.

Bei Betrachtung der verschiedenen erneuerbaren Energieträger im Wärmebereich zeigte sich witterungsbedingt ein gegenüber dem Vorjahr differenziertes Bild. So stieg die Wärmeerzeugung aus den meisten biogenen Energieträgern sowie aus Geothermie und Umweltwärme an, während die Solarwärmeerzeugung rückläufig war.

## Kräftiger Anstieg bei der Wärmeerzeugung aus Biomasse

Die mit Abstand wichtigste Wärmequelle unter den erneuerbaren Energien war auch im Jahr 2021 die Biomasse, auf die in ihren verschiedenen Formen rund 86 Prozent des Verbrauchs erneuerbarer Energien zur Wärmebereitstellung entfielen. Aufgrund der vergleichsweise kühlen Witterung stieg der Verbrauch an Biomasse deutlich an. Den größten Anteil hieran hatte der Holzverbrauch in Privathaushalten, der gegenüber dem Vorjahr um

über 17 Prozent auf 78,5 Terawattstunden anstieg (2020: 66,9 Terawattstunden). Neben Scheitholz und Holzhackschnitzeln sind hier auch Holzpellets enthalten. Deren Verbrauch stieg im Jahr 2021 kräftig auf 2,90 Mio. Tonnen (2020: 2,24 Mio. Tonnen). Dies hängt vor allem mit der weiterhin stark steigenden Anzahl von Holzpelletfeuerungen zusammen. Allein im Jahr 2021 wurden 86.500 neue Systeme installiert und damit nochmals 40 Prozent mehr als im Vorjahr (2020: 61.850). 72 Prozent davon waren Zentralheizungen, 28 Prozent Öfen. Der Gesamtbestand wuchs damit auf 570.000 Systeme an [14].

Tabelle 5: Endenergieverbrauch erneuerbarer Energien für Wärme und Kälte in den Jahren 2020 und 2021

	Erneuerbare Energien 2020		Erneuerbare Energien 2021	
	Endenergieverbrauch Wärme und Kälte (GWh) <sup>8</sup>	Anteil am EEV Wärme und Kälte <sup>9</sup> (%)	Endenergieverbrauch Wärme und Kälte (GWh) <sup>8</sup>	Anteil am EEV Wärme und Kälte <sup>9</sup> (%)
biogene Festbrennstoffe (Haushalte) <sup>1</sup>	66.874	5,7	78.539	6,4
biogene Festbrennstoffe (GHD) <sup>2</sup>	19.101	1,6	21.602	1,8
biogene Festbrennstoffe (Industrie) <sup>3</sup>	23.279	2,0	25.972	2,1
biogene Festbrennstoffe (HW/HKW) <sup>4</sup>	6.296	0,5	6.865	0,6
biogene flüssige Brennstoffe <sup>5</sup>	3.217	0,3	2.674	0,2
Biogas	13.603	1,1	13.374	1,1
Biomethan	4.023	0,3	4.527	0,4
Klärgas	2.378	0,2	2.378	0,2
Deponiegas	95	0,01	87	0,01
biogener Anteil des Abfalls <sup>6</sup>	15.060	1,3	15.593	1,3
Solarthermie	8.905	0,8	8.449	0,7
tiefe Geothermie	1.427	0,1	1.578	0,1
oberflächennahe Geothermie, Umweltwärme <sup>7</sup>	16.049	1,4	17.905	1,5
<b>Summe</b>	<b>180.307</b>	<b>15,2</b>	<b>199.543</b>	<b>16,2</b>

1 überwiegend Holz, einschl. Holzpellets und Holzkohle

2 inkl. Holzkohle, GHD = Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

3 inkl. Klärschlamm

4 inkl. Klärschlamm; HW = Heizwerke, HKW = Heizkraftwerke

5 inkl. Biodieselvebrauch für Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe und Militär

6 in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 Prozent angesetzt

7 durch Wärmepumpen nutzbar gemachte erneuerbare Wärme (Luft/Wasser-, Wasser/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen sowie Brauchwasser- und Gaswärmepumpen)

8 1.000 GWh = 1 TWh

9 bezogen auf den EEV für Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme, Klimakälte und Prozesskälte, 2021: 1.231,7 Terawattstunden; 2020: 1.183,0 Terawattstunden berechnet auf Basis AGEV [1] und AGEE-Stat, ohne Stromverbrauch für Wärme und Kälte

Der Begriff „Endenergieverbrauch Wärme“ umfasst auch den Energieverbrauch für Kälteanwendungen.

Nähere Informationen zur Berechnungsmethodik des Anteils und zur Korrespondenz zum EE-Ziel für den Wärmesektor siehe im Abschnitt „Methodische Hinweise“ im Anhang.

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Tabelle 6, vorläufige Angaben



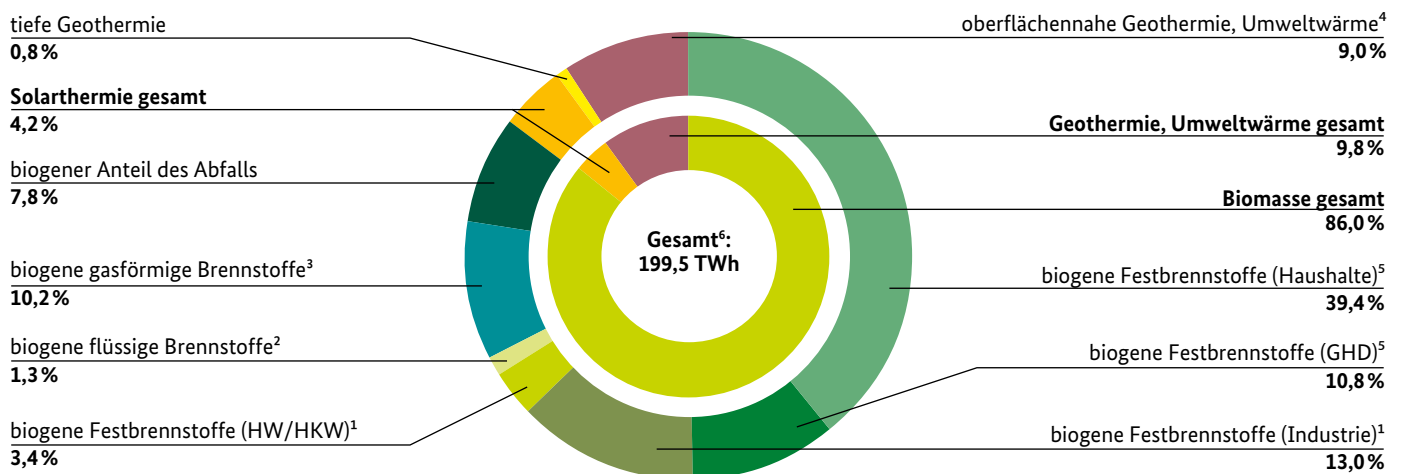
### Weiterer Aufwärtstrend bei Geothermie und Umweltwärme – Solarwärme rückläufig

Der Aufwärtstrend bei der Wärmegewinnung aus oberflächennaher Geothermie und Umweltwärme mittels Wärmepumpen setzte sich auch im Jahr 2021 fort: Mit 154.000 Systemen wurden nochmals 28 Prozent mehr Heizungswärmepumpen verkauft als im Vorjahr (2020: 120.000). Dabei konnten Luftwärmepumpen ihre Marktposition weiter ausbauen. Auf sie entfielen allein 127.000 oder gut 82 Prozent aller neuen Systeme, während mit 27.000 Systemen nur 18 Prozent der neuen Wärmepumpen auf erdgekoppelte Systeme entfielen. Die Zahl der neuen Wärmepumpen zur Brauchwassererwärmung stieg ebenfalls um 15 Prozent auf 23.500 (2020: 20.500). Ende des Jahres 2021 waren damit in Deutschland insgesamt 1,46 Mio. Wärmepumpen mit einer thermischen Leistung von 13,8 GW installiert. Zusammen mit den tiefeingeothermischen und balneologischen Anlagen (geothermische Wärmegewinnung für Bäderbetriebe) wurden aus Geothermie und Umweltwärme im Jahr 2021 insgesamt 19,5 Terawattstunden Wärme bereitgestellt,

rund 12 Prozent mehr als im Vorjahr (2020: 17,5 Terawattstunden). Ihr Anteil an der gesamten, aus erneuerbaren Energien bereitgestellten Wärme und Kälte blieb stabil bei knapp 10 Prozent.

Die Trendwende bei den über lange Zeit rückläufigen Ausbautzahlen der Solarthermie im Jahr 2020 konnte zumindest insoweit bestätigt werden, als im Jahr 2021 mit 640.000 Quadratmetern etwa genauso viel Kollektorfläche neu installiert wurde wie im Vorjahr. Insgesamt waren unter Berücksichtigung des Abbaus alter Anlagen Ende des Jahres rund 21,8 Mio. Quadratmeter Solarkollektorfläche installiert, rund 400.000 Quadratmeter mehr als im Vorjahr. Bei der Bereitstellung von Solarwärme machten sich jedoch wie bei der Photovoltaik die geringeren Sonnenstundenzahlen gegenüber dem Vorjahr bemerkbar: Sie fiel um 5 Prozent auf 8,4 Terawattstunden (2020: 8,9 Terawattstunden). Somit stammten nur noch 4,2 Prozent des gesamten Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien für Wärme und Kälte aus Solarthermie, im Vorjahr waren es noch 4,9 Prozent.

Abbildung 9: Endenergieverbrauch erneuerbarer Energien für Wärme und Kälte im Jahr 2021



1 inkl. Klärschlamm  
 2 inkl. Biodieselvebrauch für Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe und Militär  
 3 Biogas, Biomethan, Klär- und Deponiegas  
 4 durch Wärmepumpen nutzbar gemachte erneuerbare Wärme (Luft/Wasser-, Wasser/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen sowie Brauchwasser- und Gaswärmepumpen)  
 5 inkl. Holzkohle  
 6 inkl. Fernwärmeverbrauch

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Tabelle 6, vorläufige Angaben

Tabelle 6: Endenergieverbrauch erneuerbarer Energien für Wärme und Kälte

	Feste Biomasse <sup>1</sup>	Flüssige Biomasse <sup>2</sup>	Gasförmige Biomasse <sup>3</sup>	Solarthermie	Oberflächennahe Geothermie, Umweltwärme <sup>4</sup>	Summe Endenergieverbrauch Wärme und Kälte <sup>6</sup>	EE-Anteil am Endenergieverbrauch Wärme und Kälte <sup>6</sup>
	(GWh) <sup>5</sup>					(GWh) <sup>5</sup>	(%)
1990	30.573	0	0	131	1.812	32.516	2,1
2000	53.604	8	1.355	1.226	2.170	58.363	4,4
2005	92.425	1.219	3.126	2.857	2.815	102.442	7,9
2010	139.945	3.366	10.078	5.284	6.627	165.300	12,3
2011	129.610	2.562	11.871	6.054	7.540	157.637	12,7
2012	143.054	2.104	11.819	6.314	8.571	171.862	13,7
2013	147.414	2.196	13.214	6.403	9.596	178.823	13,8
2014	127.804	2.372	15.139	6.925	10.695	162.935	13,9
2015	129.486	2.189	16.914	7.459	11.479	167.527	13,9
2016	127.979	2.188	17.822	7.504	12.554	168.047	13,7
2017	131.031	2.194	18.325	7.734	13.576	172.860	14,0
2018	132.773	2.298	19.123	8.843	14.812	177.849	14,9
2019	135.586	2.383	19.569	8.560	16.024	182.122	15,1
2020	130.610	3.217	20.099	8.905	17.476	180.307	15,2
2021	148.571	2.674	20.366	8.449	19.483	199.543	16,2

1 inkl. des biogenen Anteils des Abfalls (in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 Prozent angesetzt), Klärschlamm und Holzkohle

2 inkl. Biodieselvebrauch für Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe und Militär

3 Biogas, Biomethan, Klär- und Deponiegas

4 inkl. Wärme aus Tiefengeothermie und durch Wärmepumpen nutzbar gemachte erneuerbare Wärme (Luft/Wasser-, Wasser/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen sowie Brauchwasser- und Gaswärmepumpen)

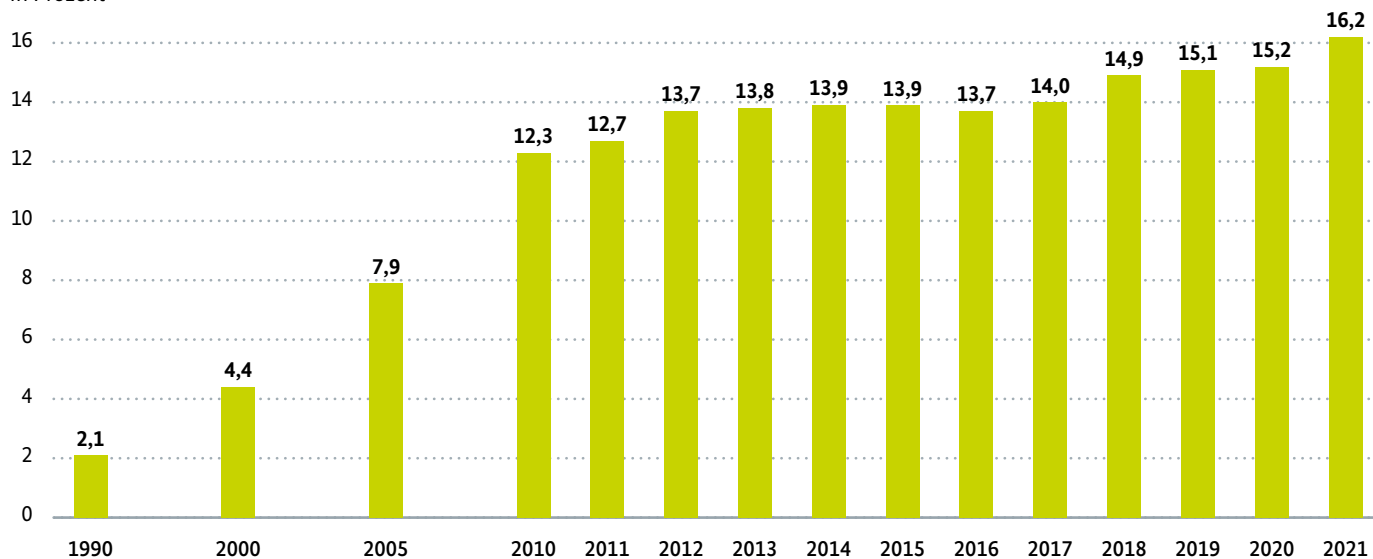
5 1.000 GWh = 1 TWh

6 inkl. Fernwärmeverbrauch

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat; AGEBA [1], [15]; StBA [2], [16]; ZSW [6]; DENA [7]; Thünen-Institut [13], [17]; GZB [18]; IEA/ESTIF [19]; FNR [20]; UNI HH [21]; DBFZ; BDH; BSW, DEPV; BWP; teilweise vorläufige Angaben

Abbildung 10: Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch Wärme und Kälte

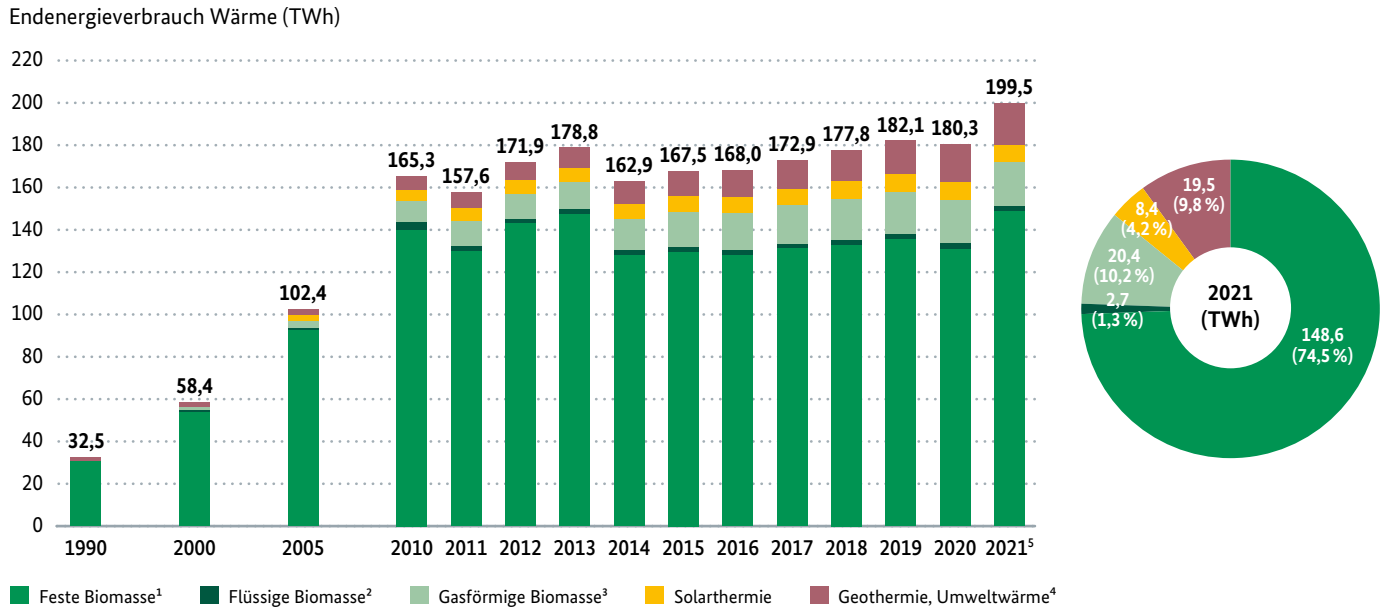
in Prozent



Nach dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) war für das Jahr 2020 ein Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte von 14 Prozent vorgegeben.

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Tabelle 6; teilweise vorläufige Angaben

Abbildung 11: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien<sup>6</sup>

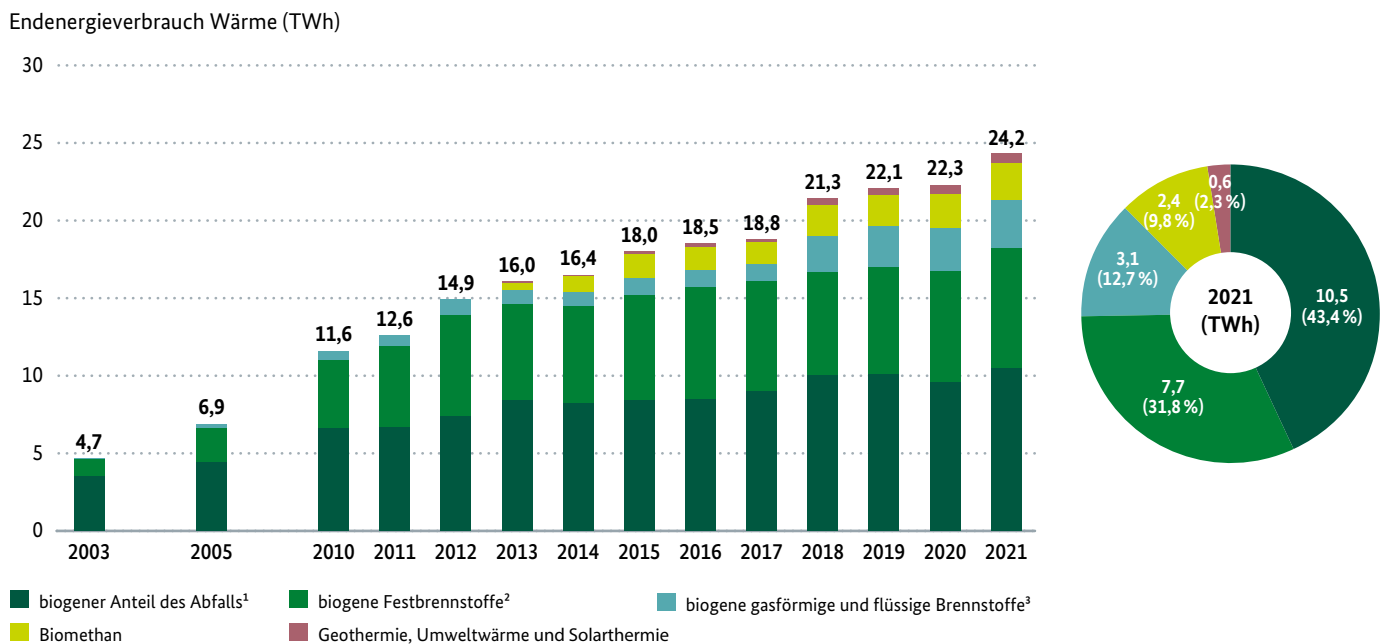


2021 vorläufige Angaben; Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien für die Vorjahre siehe dazu Quelle [22].

- inkl. des biogenen Anteils des Abfalls (in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 Prozent angesetzt), Klärschlamm und Holzkohle; Angaben für GHD erst ab 2003 verfügbar
- inkl. Biodieselvebrauch für Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe und Militär
- Biogas, Biomethan, Klär- und Deponiegas
- durch Wärmepumpen nutzbar gemachte erneuerbare Wärme (Luft/Wasser-, Wasser/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen sowie Brauchwasser- und Gaswärmepumpen)
- Endenergieverbrauch Wärme der jeweiligen Technologien in den Vorjahren siehe dazu Tabelle 6
- inkl. Fernwärmeverbrauch

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Tabelle 6, teilweise vorläufige Angaben

Abbildung 12: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien in der Fernwärmeerzeugung



Daten erst ab dem Jahr 2003 verfügbar; 2021 vorläufige Angaben, Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien im Sektor Haushalt für die Vorjahre siehe dazu Quelle [22].

- biogener Anteil des Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 % angesetzt, ab 2008 nur Siedlungsabfälle
- inklusive Klärschlamm
- Summe gasförmiger Brennstoffe aus Biogas, Biomethan, Klärgas, Deponiegas und biogenem flüssigen Brennstoff; bis 2012 inkl. Geothermie, Umweltwärme, Solarthermie und Biomethan; ab 2013 separat ausgewiesen

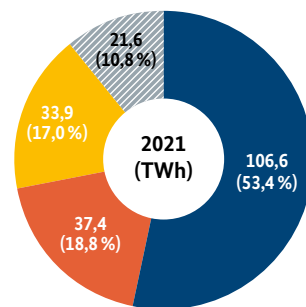
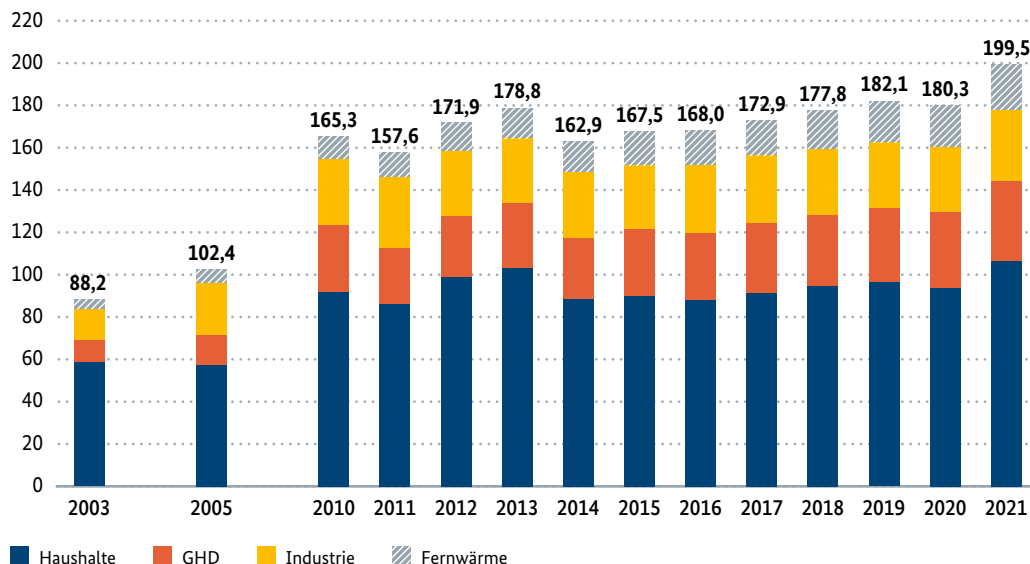
Quelle: BMWK [22], teilweise vorläufige Angaben

In den folgenden Abbildungen sind die Endenergieverbräuche erneuerbarer Energien für Wärme und

Kälte in den Sektoren Haushalte, GHD (Gewerbe, Dienstleistung und Handel) und Industrie dargestellt.

Abbildung 13: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien unterteilt nach Endenergiesektoren

Endenergieverbrauch Wärme (TWh)

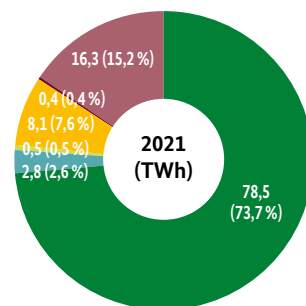
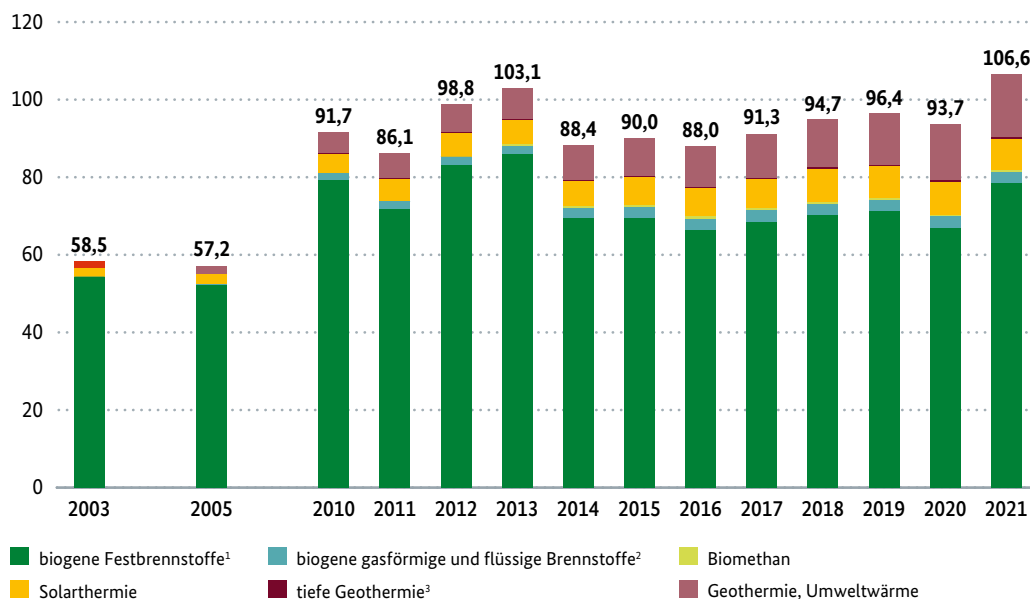


Daten erst ab dem Jahr 2003 verfügbar; 2021 vorläufige Angaben, Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien im Sektor Haushalt für die Vorjahre siehe dazu Quelle [22]. Bei Fernwärme ist keine direkte Zuordnung nach Anwendungssektoren möglich.

Quelle: BMWK [22], teilweise vorläufige Angaben

Abbildung 14: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien im Sektor Haushalt

Endenergieverbrauch Wärme (TWh)



Daten erst ab dem Jahr 2003 verfügbar; 2021 vorläufige Angaben, Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien im Sektor Haushalt in den Vorjahren siehe dazu Quelle [22].

1 inklusive Klärschlamm

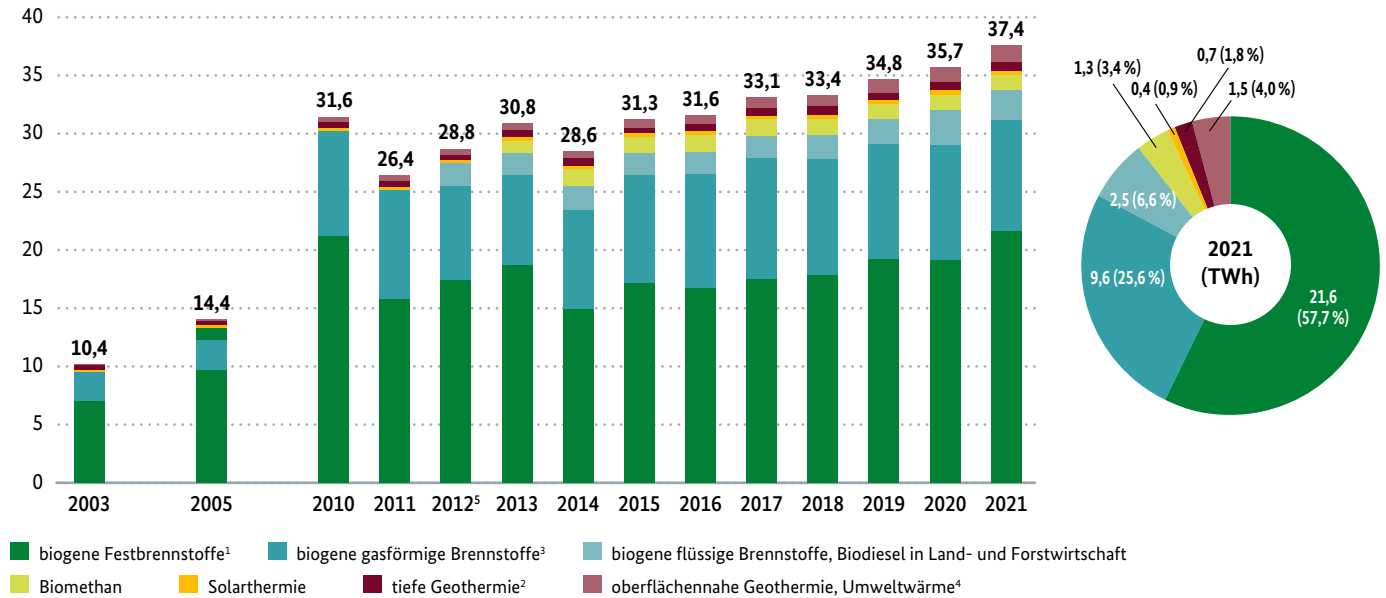
2 Summe gasförmiger Brennstoffe aus Biogas, Klärgas, Deponiegas und biogenem flüssigen Brennstoff; Biomethan separat ausgewiesen

3 vor 2003 sind balneologische Anlagen nicht berücksichtigt

Quelle: BMWK [22], teilweise vorläufige Angaben

Abbildung 15: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien im GHD-Sektor

Endenergieverbrauch Wärme (TWh)



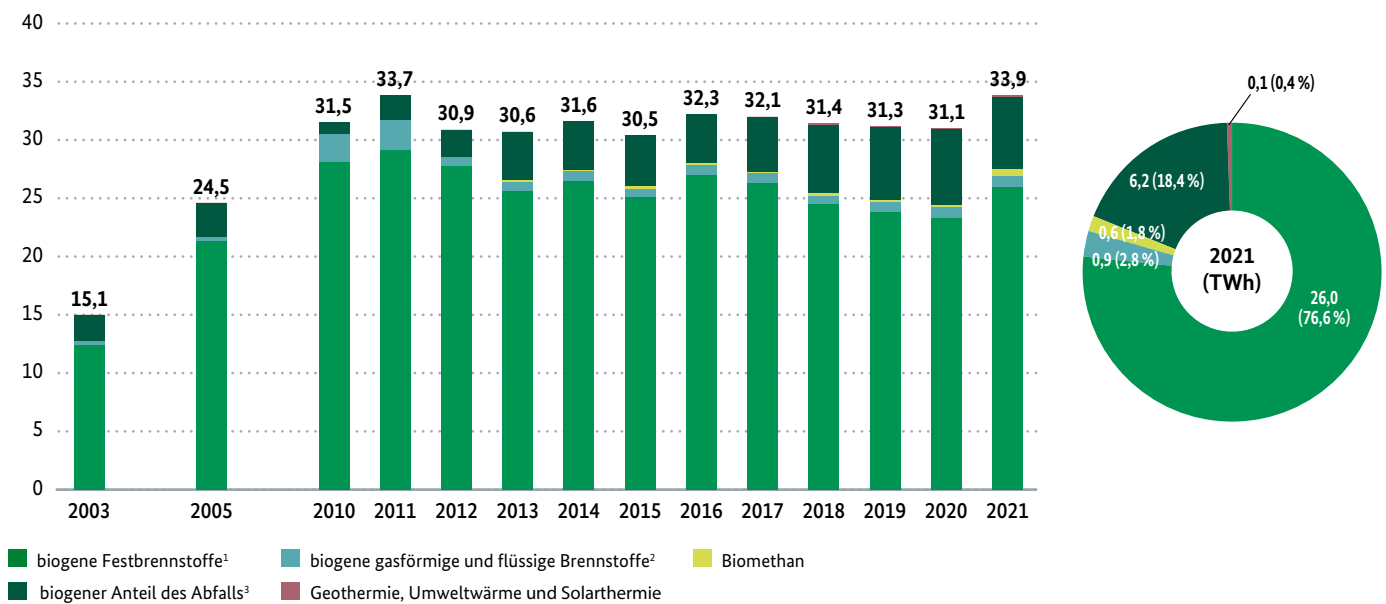
Daten erst ab dem Jahr 2003 verfügbar; 2021 vorläufige Angaben, Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien im GHD-Sektor in den Vorjahren siehe dazu Quelle [22]

- 1 inklusive Klärschlamm
- 2 vor 2003 sind balneologische Anlagen nicht berücksichtigt
- 3 Summe gasförmiger Brennstoffe aus Biogas, Klärgas und Deponiegas; Biomethan separat ausgewiesen
- 4 basierend auf GZB, durch Wärmepumpen nutzbar gemachte erneuerbare Wärme (Luft/Wasser-, Wasser/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen sowie Brauchwasser- und Gas-Wärmepumpen)
- 5 enthält vor 2012 geringe Energiemengen aus biogenen Abfällen im GHD-Sektor

Quelle: BMWK [22], teilweise vorläufige Angaben

Abbildung 16: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien im Industrie-Sektor

Endenergieverbrauch Wärme (TWh)

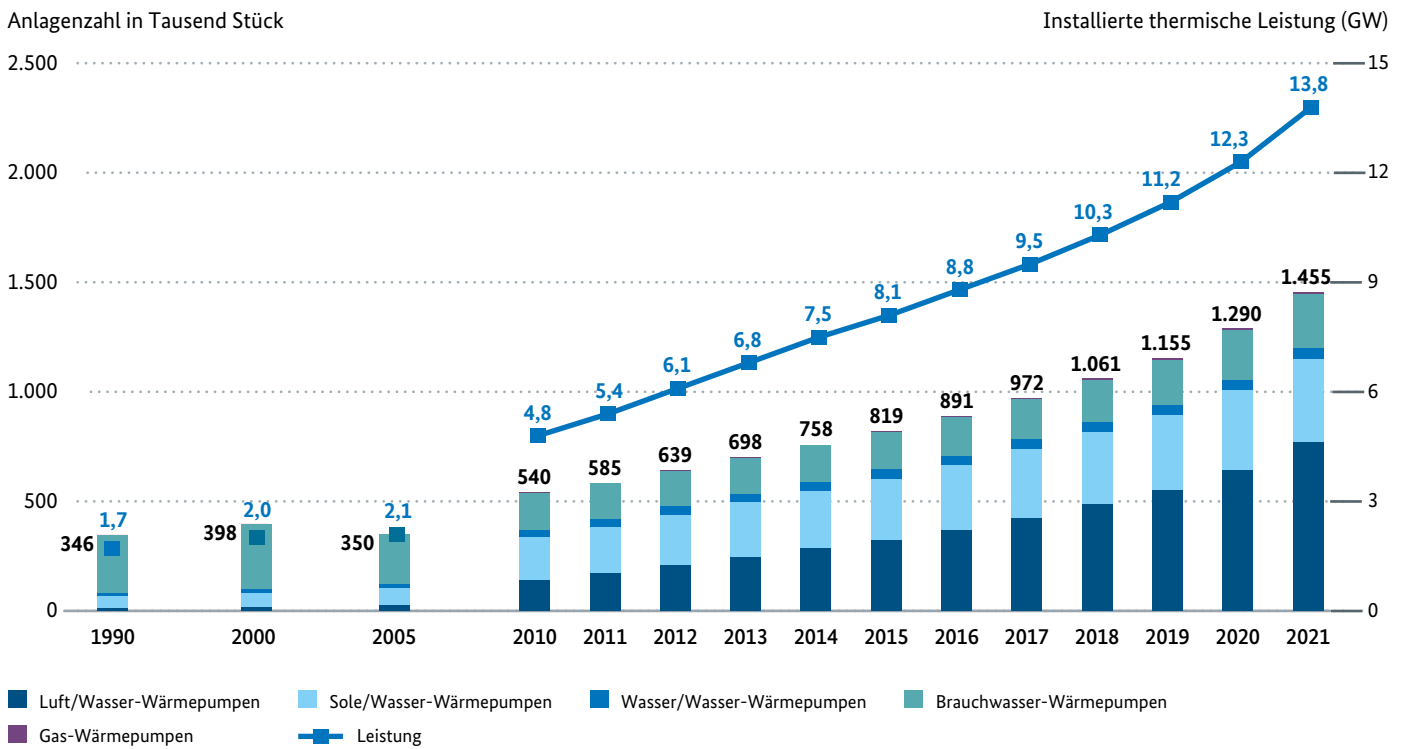


Daten erst ab dem Jahr 2003 verfügbar; 2021 vorläufige Angaben, Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien im Industrie-Sektor in den Vorjahren siehe dazu Quelle [22]

- 1 inklusive Klärschlamm
- 2 Summe gasförmiger Brennstoffe aus Biogas, Klärgas, Deponiegas und biogenem flüssigen Brennstoff; Biomethan separat ausgewiesen
- 3 biogener Anteil des Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 % angesetzt, ab 2008 nur Siedlungsabfälle

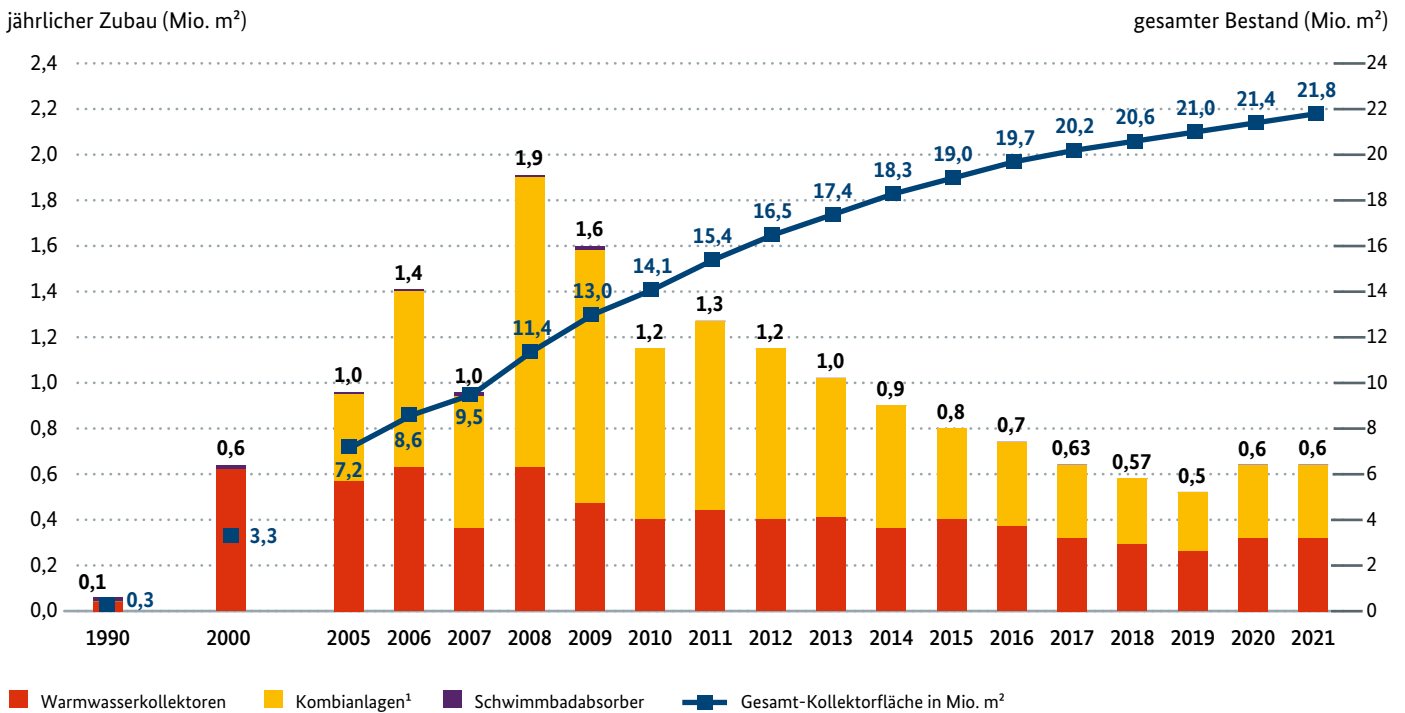
Quelle: BMWK [22], teilweise vorläufige Angaben

Abbildung 17: Entwicklung des Wärmepumpenbestands



Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat; ZSW; BWP

Abbildung 18: Zubau und Bestand von Solarkollektoren



In der Grafik dargestellter Gesamtbestand berücksichtigt den Abbau von Altanlagen.

1 Kombisolarthermie-Anlagen: Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat; ZSW; BDH; BSW

Tabelle 7: Solarwärme: Fläche und Leistung der Solarkollektoren in Deutschland

	1990	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
kumulierte Fläche (1.000 m <sup>2</sup> )	348	3.293	7.157	14.106	19.034	19.694	20.214	20.647	20.985	21.416	21.785
kumulierte Leistung (MW)	244	2.305	5.010	9.874	13.324	13.786	14.150	14.453	14.690	14.991	15.249

Der Abbau von Altanlagen wurde berücksichtigt.

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat; ZSW; BDH; BSW; IEA/ESTIF [19]

## Verkehr

### Biodieselabsatz geht deutlich zurück

Der Absatz von Biokraftstoffen lag im Jahr 2021 mit insgesamt knapp 3,6 Mio. Tonnen um gut 9 Prozent unter dem Vorjahreswert. Der Grund dafür lag in einem deutlichen Rückgang beim Absatz von Biodiesel und sogenannten HVO („Hydrotreated Vegetable Oils“): Mit nur noch 2,4 Mio. Tonnen lag dieser um 15 Prozent niedriger als im Vorjahr (2020: 2,8 Mio. Tonnen). Der Absatz von Bioethanol lag hingegen mit 1,14 Mio. Tonnen um fast 5 Prozent über dem Vorjahreswert (2020: 1,09 Mio. Tonnen). Weiter angestiegen ist auch der Einsatz von Biomethan im Verkehr auf nunmehr 965 Gigawattstunden (2020: 884 Gigawattstunden). Reine Pflanzenöle spielten nach wie vor keine Rolle.

Steigende Bedeutung für die Nutzung erneuerbarer Energien im Verkehr erlangt Strom aus erneuerbaren Energien, denn die Zulassungszahlen für

elektrische Fahrzeuge weisen rasante Anstiege auf. Im Jahr 2021 wurden 682.000 Pkw mit Elektroantrieb (batterieelektrisch, Plug-in-Hybrid) neu zugelassen – fast 75 Prozent mehr als im Vorjahr (2020: 395.000). Mittlerweile ist der Straßenverkehr für rund 11 Prozent des Stromverbrauchs im Verkehrssektor verantwortlich, der Schienenverkehr dominiert weiterhin mit 89 Prozent. In der Summe nahm der gesamte Verbrauch von Strom aus erneuerbaren Energien im Verkehr trotz des deutlich gesunkenen Anteils im Strommix gegenüber dem Vorjahr mit 5,1 Terawattstunden leicht zu (2020: 5,0 Terawattstunden).

Der gesamte Endenergieverbrauch des Verkehrs stieg gegenüber dem Vorjahr leicht auf 584,6 Terawattstunden (2020: 583,6 Terawattstunden). Der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch des Verkehrs sank aufgrund des Rückgangs bei Biodiesel nichtsdestotrotz von 7,6 Prozent im Jahr 2020 auf nur noch 6,8 Prozent im Jahr 2021.

Tabelle 8: Verbrauch erneuerbarer Energien im Sektor Verkehr in den Jahren 2020 und 2021

	Erneuerbare Energien 2020		Erneuerbare Energien 2021	
	Endenergieverbrauch Verkehr (GWh) <sup>3</sup>	Anteil am Endenergieverbrauch Verkehr <sup>4</sup> (%)	Endenergieverbrauch Verkehr (GWh) <sup>3</sup>	Anteil am Endenergieverbrauch Verkehr <sup>4</sup> (%)
Biodiesel <sup>1</sup>	30.170	5,2	25.072	4,3
Pflanzenöl	21	0,004	21	0,004
Bioethanol	8.014	1,4	8.412	1,4
Biomethan	884	0,2	965	0,2
EE-Stromverbrauch im Verkehr <sup>2</sup>	5.045	0,9	5.070	0,9
<b>Summe</b>	<b>44.134</b>	<b>7,6</b>	<b>39.540</b>	<b>6,8</b>

1 Verbrauch von Biodiesel (inkl. HVO) im Verkehrssektor, ohne Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe und Militär

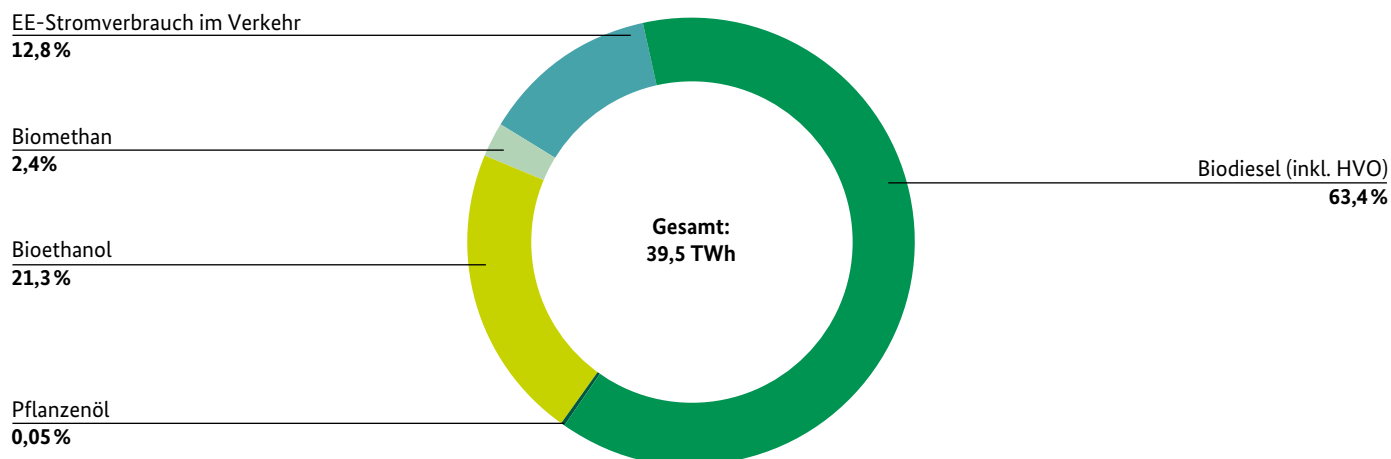
2 berechnet aus dem Gesamtstromverbrauch im Verkehr nach AGEB [1] und dem Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch nach AGEE-Stat (vgl. siehe Tabelle 3)

3 1.000 GWh = 1 TWh

4 bezogen auf den Endenergieverbrauch Verkehr 2020: 583,6 Terawattstunden; 2021: 584,6 Terawattstunden, berechnet auf Basis AGEB [1] und AGEE-Stat, ohne Energieverbrauch für internationalen Luftverkehr

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Tabelle 9; teilweise vorläufige Angaben

Abbildung 19: Verbrauch erneuerbarer Energien im Verkehrssektor im Jahr 2021



Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Tabelle 9; vorläufige Angaben

Tabelle 9: Endenergieverbrauch Verkehr aus erneuerbaren Energien

	Biodiesel <sup>1</sup>	Pflanzenöl	Bioethanol	Biomethan	EE-Strom- verbrauch <sup>2</sup>	Summe EE Verkehr	EE-Anteil am Endenergiever- brauch Verkehr
	(GWh) <sup>3</sup>					(GWh) <sup>3</sup>	(%)
<b>1990</b>	0	0	0	0	465	<b>465</b>	<b>0,1</b>
<b>2000</b>	2.583	167	0	0	1.002	<b>3.752</b>	<b>0,5</b>
<b>2005</b>	17.666	1.828	1.780	0	1.353	<b>22.627</b>	<b>3,6</b>
<b>2010</b>	24.359	574	8.537	75	2.066	<b>35.611</b>	<b>5,8</b>
<b>2011</b>	23.556	188	9.031	92	2.470	<b>35.337</b>	<b>5,7</b>
<b>2012</b>	24.628	251	9.149	333	2.838	<b>37.199</b>	<b>6,0</b>
<b>2013</b>	21.945	0	8.832	483	2.993	<b>34.253</b>	<b>5,4</b>
<b>2014</b>	22.676	52	9.002	449	3.146	<b>35.325</b>	<b>5,6</b>
<b>2015</b>	20.829	10	8.589	345	3.500	<b>33.273</b>	<b>5,2</b>
<b>2016</b>	20.896	31	8.604	379	3.709	<b>33.619</b>	<b>5,2</b>
<b>2017</b>	21.354	31	8.464	445	4.305	<b>34.599</b>	<b>5,3</b>
<b>2018</b>	22.329	10	8.685	389	4.557	<b>35.970</b>	<b>5,6</b>
<b>2019</b>	22.109	21	8.353	660	4.874	<b>36.017</b>	<b>5,6</b>
<b>2020</b>	30.170	21	8.014	884	5.045	<b>44.134</b>	<b>7,6</b>
<b>2021</b>	25.072	21	8.412	965	5.070	<b>39.540</b>	<b>6,8</b>

1 Verbrauch von Biodiesel (inkl. HVO) im Verkehrssektor, ohne Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe und Militär

2 berechnet aus dem Gesamtstromverbrauch im Verkehr nach AGEV [1] und dem Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch des jeweiligen Jahres nach AGEE-Stat (vgl. Tabelle 3)

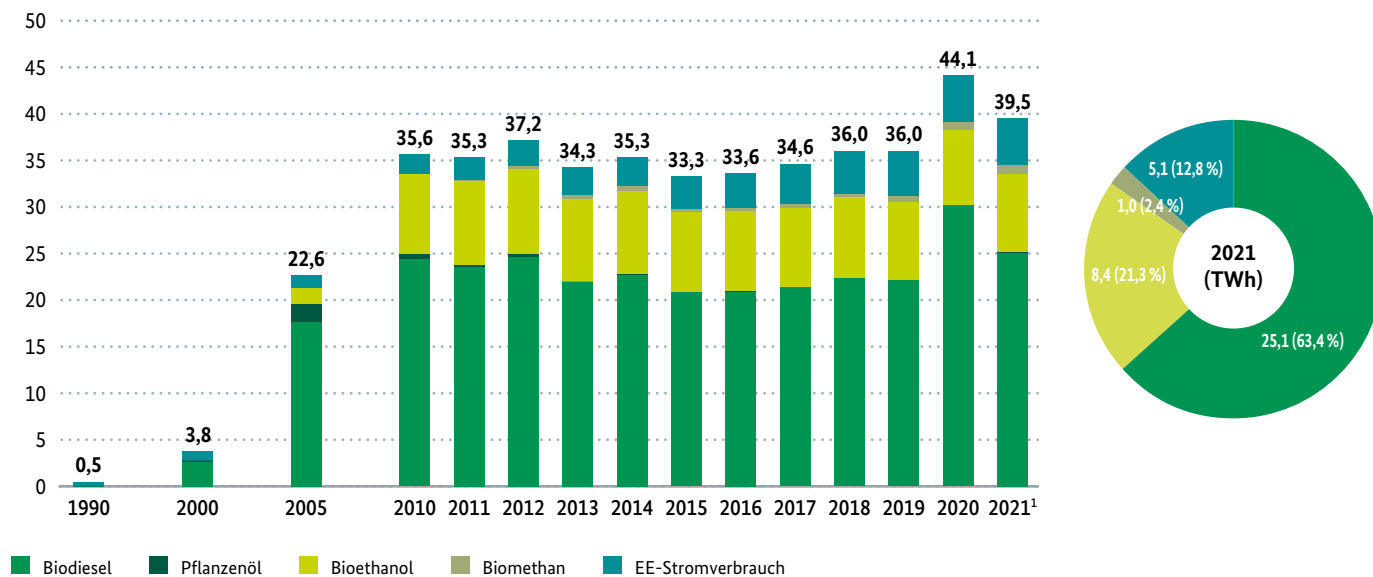
3 1.000 GWh = 1 TWh

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat; BAFA [23]; BLE [24], [25]; FNR; ZSW; BMF [26]; BReg [27], [28], [29], [30]; StBA [31]; DBFZ; AGQM; UFOP; teilweise vorläufige Daten



Abbildung 20: Verbrauch erneuerbarer Energien im Verkehrssektor

Endenergieverbrauch Verkehr in TWh

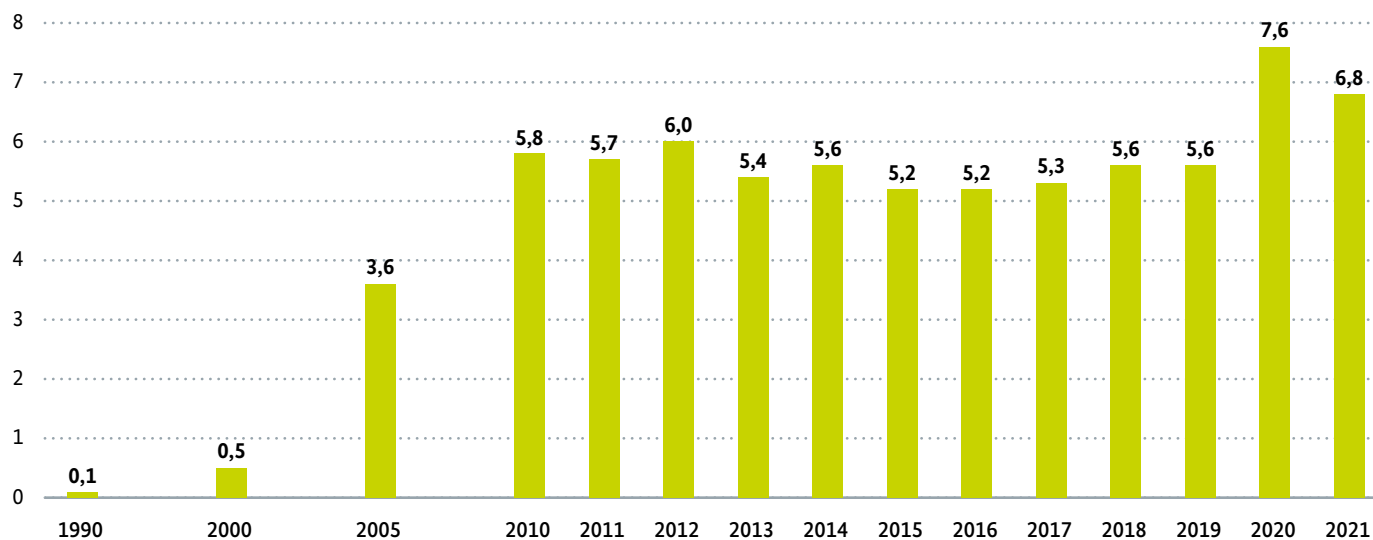


1 Endenergieverbrauch Verkehr der jeweiligen Technologien in den Vorjahren siehe dazu Tabelle 9

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Tabelle 9; vorläufige Angaben

Abbildung 21: Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch Verkehr

in Prozent



Nach EU-Richtlinie 2009/28/EG ist für das Jahr 2020 ein Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch im Verkehrssektor von 10 Prozent vorgegeben. Die in Tabelle 9 angegebenen Werte weichen allerdings von der Berechnungsmethodik der EU-Richtlinie ab und beinhalten keine Doppelanrechnungen sowie eine abweichende Bezugsgröße beim Gesamt-Endenergieverbrauch. Weitere Informationen zur Berechnung sind im Methodik-Kapitel dieser Publikation verfügbar.

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Tabelle 9; teilweise vorläufige Angaben

Tabelle 10: Verbrauch von Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien im Verkehrssektor

	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	(1.000 Tonnen)									
Biodiesel <sup>1</sup>	250	1.720	2.361	1.998	2.005	2.073	2.169	2.145	2.805	2.378
Pflanzenöl	16	175	55	1	3	3	1	2	2	2
Bioethanol	0	238	1.158	1.165	1.167	1.148	1.178	1.133	1.087	1.141
Biomethan <sup>2</sup>	0	0	6	25	28	33	29	49	65	71
<b>Gesamt</b>	<b>266</b>	<b>2.133</b>	<b>3.580</b>	<b>3.189</b>	<b>3.203</b>	<b>3.257</b>	<b>3.377</b>	<b>3.329</b>	<b>3.959</b>	<b>3.592</b>

1 Verbrauch von Biodiesel (inkl. HVO) im Verkehrssektor, ohne Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe und Militär

2 berechnet gemäß BDEW-Konvention mit einem Heizwert von 48,865 MJ/kg

Quellen: BMWK auf Basis AGEE-Stat und weiterer Quellen, siehe Tabelle 9; teilweise vorläufige Angaben

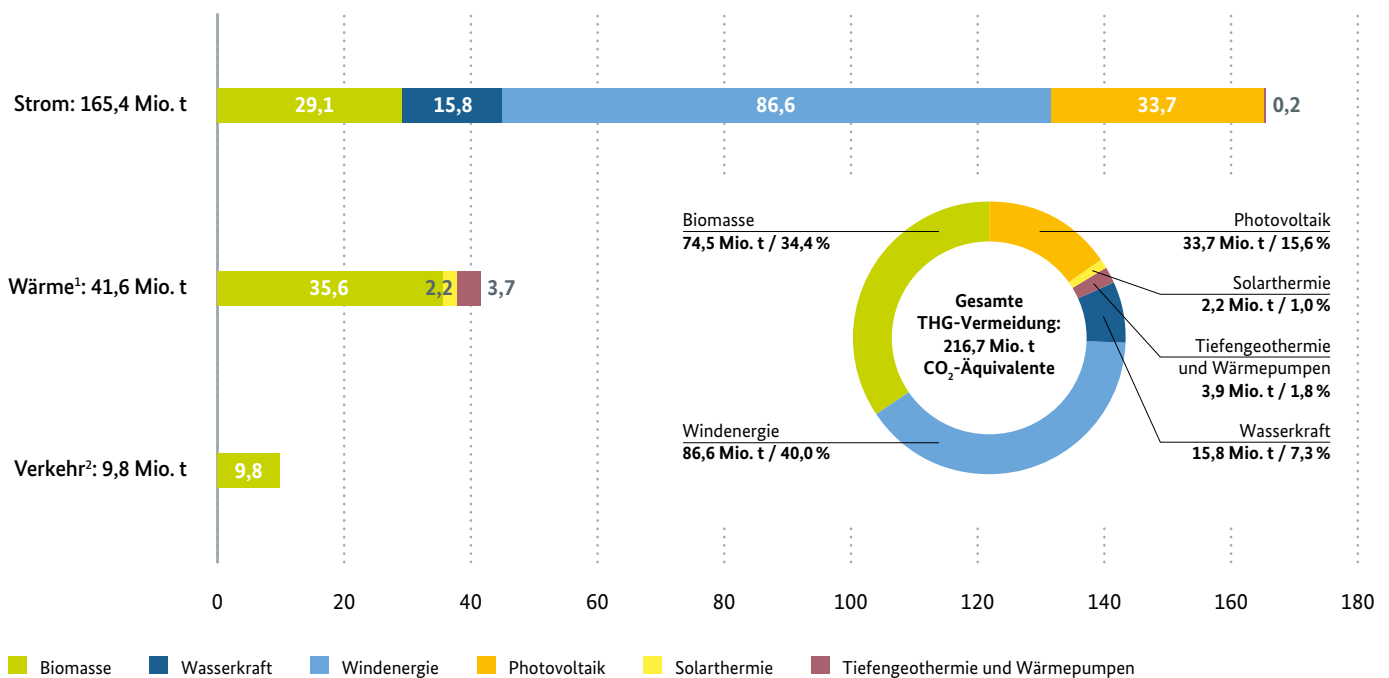
## Emissionsvermeidung durch die Nutzung erneuerbarer Energien

Der Ausbau erneuerbarer Energien trägt wesentlich dazu bei, die Klimaschutzziele zu erreichen. Im Jahr 2021 wurden Treibhausgasemissionen von insgesamt rund 217 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten vermieden. Dabei wurden wiederum die meis-

ten Treibhausgasemissionen durch die Stromerzeugung aus Windenergieanlagen vermieden (87 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente). Auf den gesamten Stromsektor entfielen über 165 Millionen Tonnen. Im Wärmebereich wurden etwa 42 Millionen Tonnen und durch den Einsatz von Biokraftstoffen im Verkehrssektor etwa zehn Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente weniger emittiert (siehe Abbildung 22).

Abbildung 22: Nettobilanz der vermiedenen Treibhausgasemissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2021

Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente (Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq.)



1 ohne Berücksichtigung des Holzkohleverbrauchs

2 ausschließlich biogene Kraftstoffe im Verkehrssektor (ohne Land und Forstwirtschaft, Baugewerbe sowie Militär und ohne Stromverbrauch des Verkehrssektors), basierend auf vorläufigen Daten der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) für das Jahr 2020 sowie den fossilen Basiswerten gemäß § 3 und § 10 der 38. BImSchV

Quelle: Umweltbundesamt (UBA) [32] auf Basis dort zitierter Quellen, vorläufige Angaben

Die Berechnungen zur Emissionsvermeidung durch die Nutzung erneuerbarer Energien basieren auf einer Netto-Betrachtung<sup>2</sup>. Dabei werden die durch die Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien verursachten Emissionen mit denen verrechnet, die durch die Substitution fossiler Energieträger brutto vermieden werden. Vorgelagerte Prozessketten zur Gewinnung und Bereitstellung der Energieträger sowie für die Herstellung und den Betrieb der Anlagen werden dabei weitestgehend mit einbezogen.

Im Strom- und Wärmesektor wurden hierbei technologiespezifische Substitutionsfaktoren verwendet. Das zugrundeliegende Modell für den Stromsektor berücksichtigt dabei insbesondere die zunehmende Vernetzung des europäischen Strommarkts. Die Substitutionsfaktoren werden durch eine vergleichende Gegenüberstellung der realen Entwicklung des europäischen Stromerzeugungssektors mit einem plausiblen Entwicklungspfad unter Vernachlässigung des deutschen Ausbaus der erneuerbaren Energien ermittelt. Da sich der Einsatz von erneuerbaren Energien im Wärmesektor substanziell zwischen den Bereichen private Haushalte, GHD und Industrie sowie der allgemeinen Versorgung unterscheidet und zudem der Einsatz mit verschiedenen Emissionswirkungen einhergeht, wurden insbesondere die Substitutionswirkung separat nach Energieträger und Einsatzgebiet analysiert. Darüber hinaus wurde bei der Bilanzierung die unterschiedliche Effizienz von erneuerbaren und konventionellen Heizungsanlagen berücksichtigt.

Bei der energetischen Nutzung von Biomasse sind die Art und Herkunft der verwendeten Rohstoffe ausschlaggebend für die Emissionsbilanz. Für die Bilanz wurde zudem der Lebensweg ökobilanziell modelliert [32]. Sofern es sich dabei nicht um biogene Reststoffe oder Abfälle handelt, sind Landnutzungsänderungen durch den landwirtschaftlichen Anbau der Energiepflanzen zu beachten. Eine Quantifizierung indirekt auftretender Landnutzungsänderungen ist jedoch schwierig, sodass sie bei der Emissionsbilanzierung bisher nicht berücksichtigt werden konnten. Verschiedene modellba-

sierte Berechnungen kommen zu dem Ergebnis, dass indirekte Landnutzungsänderungen zu erheblichen Treibhausgasemissionen führen können, welche die Einsparungen von Treibhausgasemissionen einzelner Biokraftstoffe teilweise oder ganz aufheben.

Der Emissionsberechnung der Biokraftstoffe<sup>3</sup> liegen die im Zuge der Treibhausgasminderungsquote (THG-Quote) bilanzierten bzw. angesetzten Treibhausgasemissionen (inklusive der Rohstoffbasis), wie sie die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) in ihrem jährlichen Evaluations- und Erfahrungsbericht zur Biokraftstoff-/Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung veröffentlicht [23], sowie die fossilen Basiswerte der 38. BImSchV gemäß § 3 und § 10 zugrunde.

Die Emissionen der einzelnen Treibhausgase und Luftschadstoffe infolge der Verwendung von Biokraftstoffen wurden vom UBA überschlägig auf Basis der Gesamt-THG-Emissionen abgeleitet.

Die Tabelle 11 beinhaltet die Ergebnisse für die bilanzierten Treibhausgase und Luftschadstoffe. Bei der Stromerzeugung ist die Treibhausgasvermeidung besonders hoch. Dies kann u. a. mit den niedrigen anfallenden Emissionen aus der Herstellung und dem Betrieb der eingesetzten erneuerbaren Technologien im Vergleich zur emissionssteigernden fossilen Stromerzeugung erklärt werden. Negative Bilanzwerte treten wiederum bei den Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon auf. Dies ist hauptsächlich auf die Nutzung von Biogas zurückzuführen. Im Wärmebereich ergeben sich bei einigen Luftschadstoffen Emissionserhöhungen durch die Verbrennung von Holz insbesondere in älteren Kachel- und Kaminöfen. Diese müssen jedoch aufgrund gesetzlicher Regelungen sukzessive stillgelegt bzw. erneuert werden. Besondere Bedeutung haben dabei die negativen Bilanzen für Kohlenmonoxid und flüchtige organische Verbindungen sowie die Staubemissionen aller Partikelgrößen. Bei den Biokraftstoffen treten erhöhte Lachgas- und Methan-Emissionen durch den Anbau von Energiepflanzen auf.

2 Eine ausführliche Dokumentation der methodischen Grundlagen der Emissionsbilanzierung erneuerbarer Energieträger ist der UBA-Publikation „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger – Bestimmung der vermiedenen Emissionen 2021“ [32] zu entnehmen.

3 Insgesamt ist einzuschätzen, dass die Emissionsminderungen des Biokraftstoffeinsatzes etwas zu hoch ausgewiesen werden. Gründe dafür sind die Verwendung der offiziellen, regionalen NUTS2-Werte für den Biomasseanbau nach RED sowie die verwendeten offiziellen Vorgaben zur Substitution von fossilem CO<sub>2</sub> durch bei der Bioethanol-Produktion entstehendes biogenes CO<sub>2</sub>.

Tabelle 11: Netto-Emissionsbilanz erneuerbarer Energien im Strom-, Wärme- und Verkehrsbereich im Jahr 2021

Treibhausgas/Luftschadstoff		EE-Stromerzeugung gesamt: 233.933 GWh		EE-Wärmeverbrauch gesamt: 199.543 GWh <sup>5</sup>		EE-Verbrauch im Verkehr gesamt: 39.540 GWh <sup>6,7</sup>		Gesamter EE-Verbrauch
		Vermeidungs- faktor	vermiedene Emissionen	Vermeidungs- faktor	vermiedene Emissionen	Vermeidungs- faktor	vermiedene Emissionen	vermiedene Emissionen (gesamt)
		(g/kWh)	(1.000 t)	(g/kWh)	(1.000 t)	(g/kWh)	(1.000 t)	(1.000 t)
Treibhaus- effekt <sup>1</sup>	CO <sub>2</sub>	694	162.343	214	42.452	307	10.586	215.380
	CH <sub>4</sub>	0,64	150,6	-0,04	-8,9	-0,2	-7,04	135
	N <sub>2</sub> O	-0,02	-4,5	-0,01	-2,5	-0,06	-1,98	-9
	CO <sub>2</sub> -Äquivalent	707	165.363	210	41.551	285	9.813	216.728
Versauerung <sup>2</sup>	SO <sub>2</sub>	0,21	49,1	0,01	2,8	-0,14	-4,92	47
	NO <sub>x</sub>	0,42	97,4	-0,2	-40,4	0,42	14,35	71
	SO <sub>2</sub> -Äquivalent	0,5	115,9	-0,13	-25,4	0,15	5,03	96
Ozon <sup>3</sup> Staub <sup>4</sup>	CO	-0,33	-76,2	-2,1	-416,8	1,01	34,69	-458
	NMVOG	0,02	5,7	-0,18	-35	0,19	6,48	-23
	Staub	0,004	1	-0,1	-19,5	-0,02	-0,59	-19

1 weitere Treibhausgase (SF<sub>6</sub>, FKW, H-FKW) sind nicht berücksichtigt

2 weitere Luftschadstoffe mit Versauerungspotenzial (NH<sub>3</sub>, HCl, HF) sind nicht berücksichtigt

3 NMVOG und CO sind wichtige Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon, das wesentlich zum „Sommersmog“ beiträgt

4 Staub umfasst hier die Gesamtemissionen an Schwebstaub aller Partikelgrößen.

5 ohne Berücksichtigung des Holzkohleverbrauchs

6 ohne Berücksichtigung des Verbrauchs von Biodiesel (inkl. HVO) in Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe sowie Militär und des Stromverbrauchs im Verkehrssektor

7 auf Basis der Daten Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung BLE

Quelle: Umweltbundesamt (UBA) [32] auf Basis dort zitierter Quellen, vorläufige Angaben

## Einsparung von fossilen Energieträgern durch die Nutzung erneuerbarer Energien

Die Tabelle 12 und Tabelle 13 zeigen die Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr im Jahr 2021 sowie im Zeitraum 2010

bis 2021. Die Gesamteinsparung ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Da in Deutschland die meisten fossilen Energieträger, d. h. Mineralöl, Erdgas und Steinkohle, zu einem hohen Anteil eingeführt werden, führen diese Einsparungen auch zu einer Senkung der deutschen Energieimporte.

Tabelle 12: Primärenergieeinsparung durch die Nutzung erneuerbarer Energieträger im Jahr 2021

	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	Mineralöl aufgeteilt nach:			Gesamt
				Heizöl	Dieselmkraftstoff	Ottokraftstoff	
Primärenergie (TWh)							
Strom	73,0	356,8	101,9				531,7
Wärme	14,7	17,3	89,6	64,5	1,8		188,0
Verkehr			1		21,3	9,5	31,8
<b>Gesamt</b>	<b>87,7</b>	<b>374,1</b>	<b>192,5</b>	<b>64,5</b>	<b>23,2</b>	<b>9,5</b>	<b>751,5</b>
Primärenergie (PJ)							
<b>Gesamt</b>	<b>315,8</b>	<b>1.346,7</b>	<b>693,1</b>	<b>232,1</b>	<b>83,3</b>	<b>34,2</b>	<b>2.705,2</b>
das entspricht <sup>1</sup>	34,5	48,5	19.700	6.530	2.346	1.051	
	Mio. t <sup>2</sup>	Mio. t <sup>3</sup>	Mio. m <sup>3</sup>	Mio. Liter	Mio. Liter	Mio. Liter	

Die Berechnung der Einsparung fossiler Energieträger erfolgt analog der Emissionsbilanzierung, siehe UBA [32].

- 1 Zur Umrechnung der eingesparten Primärenergie wurden die von der AGEb [15] ermittelten Heizwerte angesetzt.
- 2 darunter circa 34,4 Millionen t Braunkohle, darunter 0,1 Millionen t Braunkohlebriketts und circa 0,1 Millionen t Staubkohlen
- 3 darunter circa 48,5 Millionen t Steinkohle und circa 0,1 Millionen t Steinkohlekoks

Quelle: UBA [32] auf Basis dort zitierter Quellen, vorläufige Angaben

Tabelle 13: Einsparung fossiler Energieträger durch die Nutzung erneuerbarer Energien

	Strom	Wärme	Verkehr	Gesamt
Primärenergie (TWh)				
<b>2010</b>	230,2	119,0	17,8	<b>367,0</b>
<b>2011</b>	272,4	115,9	18,6	<b>406,9</b>
<b>2012</b>	302,0	124,5	22,0	<b>448,4</b>
<b>2013</b>	320,0	129,1	20,9	<b>470,1</b>
<b>2014</b>	353,3	121,5	21,4	<b>496,2</b>
<b>2015</b>	427,7	151,5	20,0	<b>599,2</b>
<b>2016</b>	425,5	153,3	24,5	<b>603,4</b>
<b>2017</b>	475,3	160,5	27,0	<b>662,8</b>
<b>2018</b>	491,9	164,5	27,8	<b>684,3</b>
<b>2019</b>	551,0	168,0	26,4	<b>745,3</b>
<b>2020</b>	569,7	168,4	35,6	<b>773,7</b>
<b>2021</b>	531,7	188,0	31,8	<b>751,5</b>

Quelle: UBA [32] auf Basis dort zitierter Quellen, teilweise vorläufige Angaben

## Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Die Klima-, Energie- und Wirtschaftspolitik der Bundesregierung orientiert sich an dem 1,5-Grad-Klimaschutz-Pfad, zu dem sich die EU im Rahmen des Übereinkommens von Paris verpflichtet hat. Einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leistet Strom aus erneuerbaren Energien. Zugleich soll mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien eine Verringerung der Abhängigkeit von Energieimporten erreicht werden, denn Energiesouveränität ist zu einer Frage der nationalen und europäischen Sicherheit geworden. Der in Deutschland verbrauchte Strom soll daher bereits bis zum Jahr 2030 zu mindestens 80 Prozent aus erneuerbaren Energien stammen. Und mit der Vollendung des Kohleausstiegs soll die Stromversorgung nahezu vollständig auf erneuerbaren Energien beruhen.

In Deutschland ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) seit mehr als 20 Jahren die zentrale Grundlage für den Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor. Seit seiner Einführung im Jahr 2000 wurde das Gesetz stetig weiterentwickelt. Zuletzt hat die Bundesregierung am 6. April 2022 mit dem sogenannten „Osterpaket“ eine umfassende EEG-Novelle beschlossen. Mit dem Ziel, den Ausbau von erneuerbaren Energien umfassend zu beschleunigen, wurden neben der EEG-Novelle noch weitere Gesetze novelliert:

- das Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG),
- das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG),
- das Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG),
- das Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz (NABEG),

- das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) und
- weitere Gesetze und Verordnungen im Energierecht.

Zur Beschleunigung des Ausbaus von erneuerbaren Energien greift seit 29. Juli 2022 der Grundsatz, dass erneuerbare Energien im überragenden öffentlichen Interesse liegen und der öffentlichen Sicherheit dienen. Damit haben erneuerbare Energien bei Abwägungsentscheidungen Vorfahrt. Ein Teil der Änderungen des EEG trat zum 29. Juli 2022 in Kraft, aber der Großteil der neuen Regelungen tritt zum 1. Januar 2023 als EEG 2023 in Kraft.

Im EEG 2023 wurde die Transformation zu einer nachhaltigen und treibhausgasneutralen Stromversorgung, die im Wesentlichen auf erneuerbaren Energien beruht, als Ziel fest verankert. Zur Erreichung dieses Ziels soll der Anteil von Strom aus erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch bis zum Jahr 2030 auf mindestens 80 Prozent gesteigert werden.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurden Ausbaupfade und Ausschreibungsmengen für die einzelnen Technologien im EEG 2023 festgelegt bzw. deutlich gegenüber dem EEG 2021 erhöht. Der künftige Ausbau basiert v. a. auf der Nutzung der Solar- und der Windenergie. So soll bei Windenergie an Land eine Ausbaurate von jährlich 10 GW ab dem Jahr 2025 gewährleisten, dass im Jahr 2030 insgesamt rund 115 GW Windenergieleistung in Deutschland installiert sind. Im Bereich der Solarenergie ist das Ziel für das Jahr 2030 eine installierte Leistung von Photovoltaikanlagen mit insgesamt 215 GW.

Um wesentliche Hemmnisse bei der Windenergie an Land abzubauen, wurden gesonderte Gesetze wie z. B. das Windenergieflächenbedarfsgesetz erlassen. Zentrales Ziel des Gesetzes ist, einen Anteil

Tabelle 14: Status quo und Ausbaupfade von Wind an Land und Solarenergie nach EEG 2023

	2021 Status quo	2024	2026	2028	2030	2035	2040
	Installierte Leistung in GW						
Ausbaupfad Windenergie an Land	56	69	84	99	115	157	160
Ausbaupfad Photovoltaik	59	88	128	172	215	309	400

von 2 Prozent der Bundesfläche bzw. der Flächen der einzelnen Bundesländer auf Länderebene für die Windenergie auszuweisen [33]. Zudem enthält das EEG 2023 weitere wichtige Verbesserungen. Zum Beispiel wurde die Zahl der Auktionstermine erhöht, der Ausbau auch an windschwächeren Standorten gestärkt und die Degression des Vergütungshöchstwerts für zwei Jahre ausgesetzt.

Die Rahmenbedingungen für Dach- und Freiflächenanlagen wurden durch mehrere Einzelmaßnahmen deutlich verbessert. So wurden bei Freiflächenanlagen die Flächenkategorien erweitert. Neben bisherigen Kategorien wie Konversionsflächen, Seitenrandstreifen und den erweiterten benachteiligten Gebieten kamen Agri-PV, Floating-PV und Moor-PV<sup>4</sup> hinzu. Zur Beschleunigung des Ausbaus von PV-Dachanlagen außerhalb der Ausschreibungen (installierte Leistung < 750 kW<sub>p</sub>) stieg zudem ab 30.07.2022 die Vergütung für alle Neuanlagen. Darüber hinaus wird die Degression der gesetzlich festgelegten Vergütungssätze bis Anfang 2024 ausgesetzt und dann auf eine halbjährliche Degression umgestellt. Gleichzeitig wurde im EEG 2023 die mengenmäßige Begrenzung der jährlich geförderten Mieterstromprojekte aufgehoben. Der Ausbau von Solarenergie soll zukünftig hälftig auf Dach- und auf Freiflächenanlagen erfolgen.

Weitere Änderungen bei Wind- und Solarprojekten sind unter anderem, dass Bürgerenergiegesellschaften von den Ausschreibungen ausgenommen werden. Deren Projekte können dadurch schneller, d. h. ohne Bewerbungs- und Auswahlverfahren, realisiert werden. Auch Regelungen zur finanziellen Beteiligung der Kommunen an Wind- und Solarprojekten sind weiterentwickelt worden. Insbesondere können zukünftig Anlagen in der sonstigen Direktvermarktung sowie Bestandsanlagen dieses Instrument nutzen.

Bei der Förderung von Biomasse erfolgte die Fokussierung auf hochflexible Spitzenlastkraftwerke mit dem Ziel, dass die Biomasse ihre Stärke

als speicherbarer Energieträger ausspielen und damit einen größeren Beitrag zu einer sicheren Stromversorgung leisten kann. Das Ziel ist, dass bis zum Jahr 2030 Biomasseanlagen mit einer Leistung von 8,4 Gigawatt installiert sind. Alle neuen KWK-Anlagen sollen zudem fit sein für den Hochlauf einer grünen Wasserstoffwirtschaft („H<sub>2</sub>-ready“).

Für eine weitere Integration der erneuerbaren Energien werden die Innovationsausschreibungen weitergeführt. Da sich die fixe Marktprämie nicht bewährt hatte, wurden diese Ausschreibungen unmittelbar auf die gleitende Marktprämie umgestellt. Des Weiteren werden weiterhin innovative Konzepte gefördert. Zum Beispiel werden auf Basis neuer Ausschreibungsverordnungen (zu § 39o oder § 39p Abs. 1 EEG 2023) Anlagen zur Erzeugung von Strom aus grünem Wasserstoff oder Anlagenkombinationen aus erneuerbaren Energien mit lokaler wasserstoffbasierter Stromspeicherung gefördert, um die Speicherung in Wasserstoff und die Rückverstromung zu erproben.

Die Ausbaupfade und Ausschreibungsmengen für die Windenergie auf See sind nicht im EEG, sondern im Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG) [34] geregelt. Das Gesetz wurde grundlegend überarbeitet, um den geplanten stark beschleunigten Ausbau umzusetzen. Um die Mindestausbauziele von 30 GW bis 2030, 40 GW bis 2035 und 70 GW bis 2045 zu erreichen, wurden Schritte zur Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsverfahren beschlossen. Das Ausschreibungsdesign wurde grundlegend verändert. Zukünftig werden auch nicht zentral voruntersuchte Flächen ausgeschrieben. Ferner werden durch die Novelle die Nachnutzung und das Repowering von bestehenden Offshore-Windparks geregelt und Vorgaben zur Planung und Genehmigung von Wasserstoffpipelines erlassen.

Weitere Informationen zum Windenergie-auf-See-Gesetz sind unter [www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/windenergie-auf-see-gesetz-2022968](http://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/windenergie-auf-see-gesetz-2022968) zu finden.

4 Agri-PV (Landwirtschafts-Photovoltaik-Kombinationen): kombinierte Flächennutzung von PV-Systemen und der gleichzeitigen Nutzung der Fläche zur landwirtschaftlichen Produktion (z. B. bei Obstbaumplantagen).

Floating-PV (schwimmende Photovoltaikanlagen): schwimmende PV-Anlagen zum Beispiel auf Tagebaugewässern wie Kiesgruben.

Moor-PV: PV-Systeme auf landwirtschaftlich genutzten Moorböden. Voraussetzung für die Förderung ist die Wiedervernässung dieser entwässerten Moorböden. Einerseits soll so die Wiedervernässung als Beitrag zum Klimaschutz vorgebracht werden und gleichzeitig können die Flächen für PV-Stromerzeugung genutzt werden.

Um die Transformation der Stromerzeugung zu gewährleisten, wurden neben der EEG-Novelle auch Änderungen in anderen Gesetzen, insbesondere im Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG 2023), vorgenommen. Zum Beispiel sollen neue Biomethan- und KWK-Anlagen auf Wasserstoff ausgerichtet („H2-ready“) werden. Hierzu wurde § 6 KWKG um eine weitere Fördervoraussetzung erweitert.

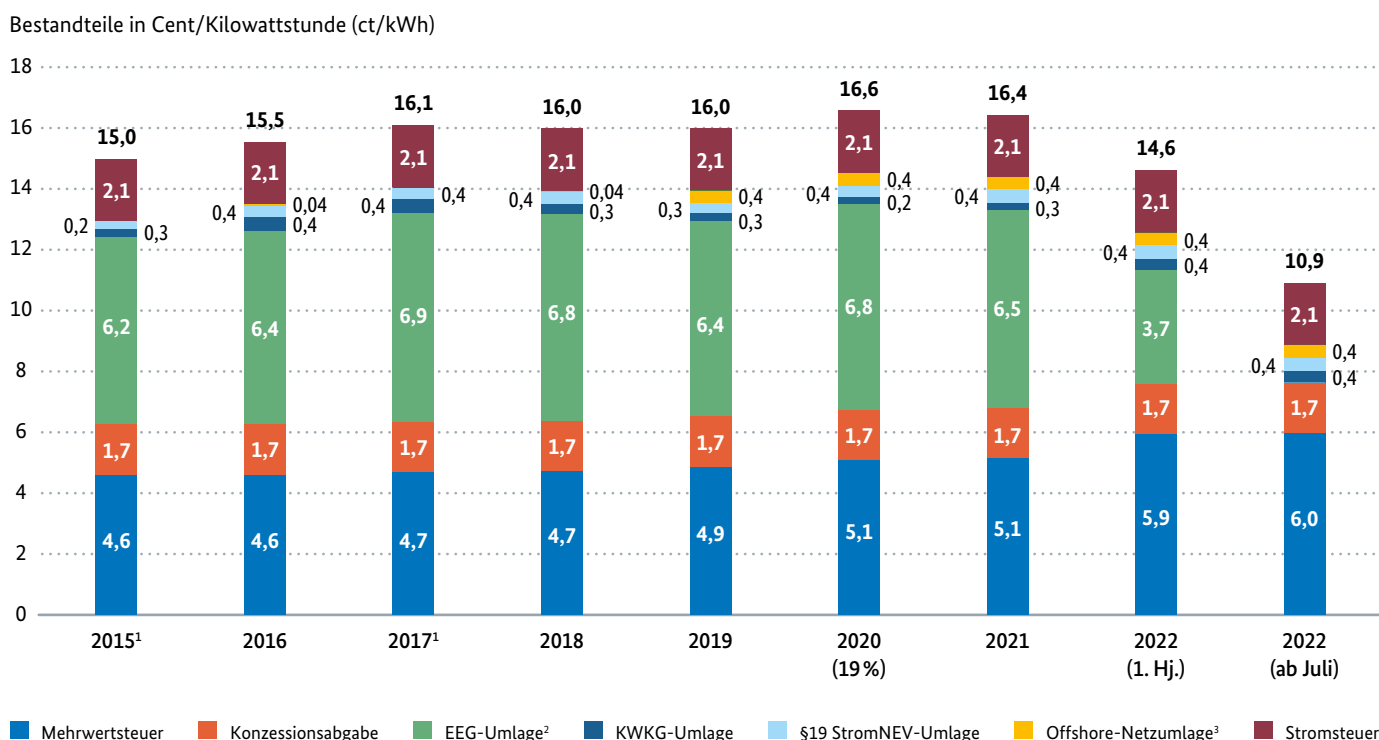
Des Weiteren wurde die Wälzung der verbleibenden Umlagen im Stromsektor vereinheitlicht und im neuen Energiefinanzierungsgesetz („EnFG“) geregelt. Die KWKG-Umlage und die Offshore-Netzumlage werden nur für die Entnahme von Strom aus dem öffentlichen Netz erhoben. Infolgedessen fallen künftig keine Umlagen mehr auf Eigenverbräuche und Direktbelieferungen hinter dem Netzverknüpfungspunkt an. Mit diesen Maßnahmen sollen Bürokratie abgebaut und zugleich diverse Geschäftsmodelle wirtschaftlich attraktiver gemacht werden. Hiervon profitieren z. B. Mieterstrom- oder Speicherprojekte.

Die grenzüberschreitende Kooperation mit den Nachbarstaaten bei der Förderung der erneuerbaren Energien wurde zudem gesetzlich weiterentwickelt.

## EEG-Umlage und deren Abschaffung

Um die steigenden Energiepreise abzufedern, hat die Bundesregierung mit der vorgezogenen Abschaffung der EEG-Umlage zum 1. Juli 2022 eine wichtige Entlastung für die Haushalte auf den Weg gebracht. Im ersten Halbjahr 2022 betrug die EEG-Umlage 3,723 ct/kWh, womit sie auf dem niedrigsten Stand seit zehn Jahren lag (zur Entwicklung der EEG-Umlage siehe Abbildung 23). Die Entwicklung der EEG-Umlage hatte einen erheblichen Einfluss auf die Höhe der Haushaltsstrompreise. Der Koalitionsvertrag 2021 sah deshalb vor, den sich aus der EEG-Förderung ergebenden Finanzierungsbedarf ab 1. Januar 2023 mit Haushaltsmitteln des Bundes zu decken [35]. Dieser finanzierungsseitige Systemwechsel kommt über die Entlastung der Strompreise allen Stromletzverbrauchern zugute.

Abbildung 23: Steuern, Abgaben und Umlagen für Haushalte in ct/kWh



1 Offshore-Netzumlage 2015/17 wegen Nachverrechnung negativ (2015: -0,051 ct/kWh, 2017: -0,028 ct/kWh)

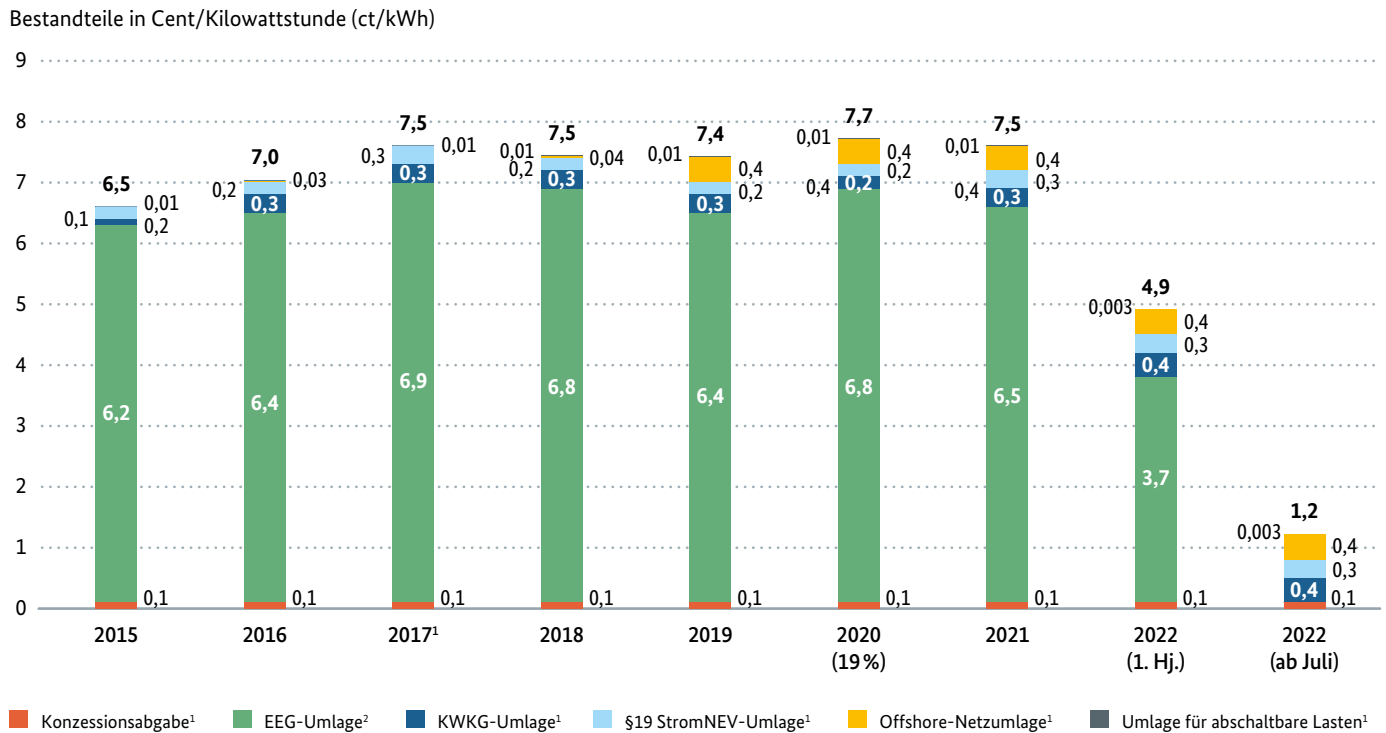
2 Einzelwerte siehe [www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/](http://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/)

3 EEG-Umlage entfällt ab 01.07.2022

Aufgrund der sehr geringen Summen (< 0,01) ist die Umlage für abschaltbare Lasten nicht dargestellt.



Abbildung 24: Steuern, Abgaben und Umlagen für Industrie in ct/kWh (ohne Stromsteuer)



1 Einzelwerte siehe [www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/](http://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/)

2 EEG-Umlage entfällt ab 01.07.2022

Durchschnittlicher Strompreis für Neuabschlüsse in der Industrie in ct/kWh (ohne Stromsteuer) Jahresverbrauch 160.000 bis 20 Mio. kWh (ausführliche methodische Erläuterung zur Durchschnittsbildung siehe [www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/](http://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/)).

Quelle: BDEW [8]

Nicht nur bei privaten Haushalten, sondern auch bei der Industrie führt die Abschaffung der EEG-Umlage zu einer Entlastung. Stromkostenintensive Betriebe, die im internationalen Wettbewerb stehen, und bestimmte Wirtschaftszweige (u. a. Schienenbahnen, Landstromanlagen) waren bereits durch die „Besondere Ausgleichsregel“ teilweise von der Zahlung der EEG-Umlage befreit.

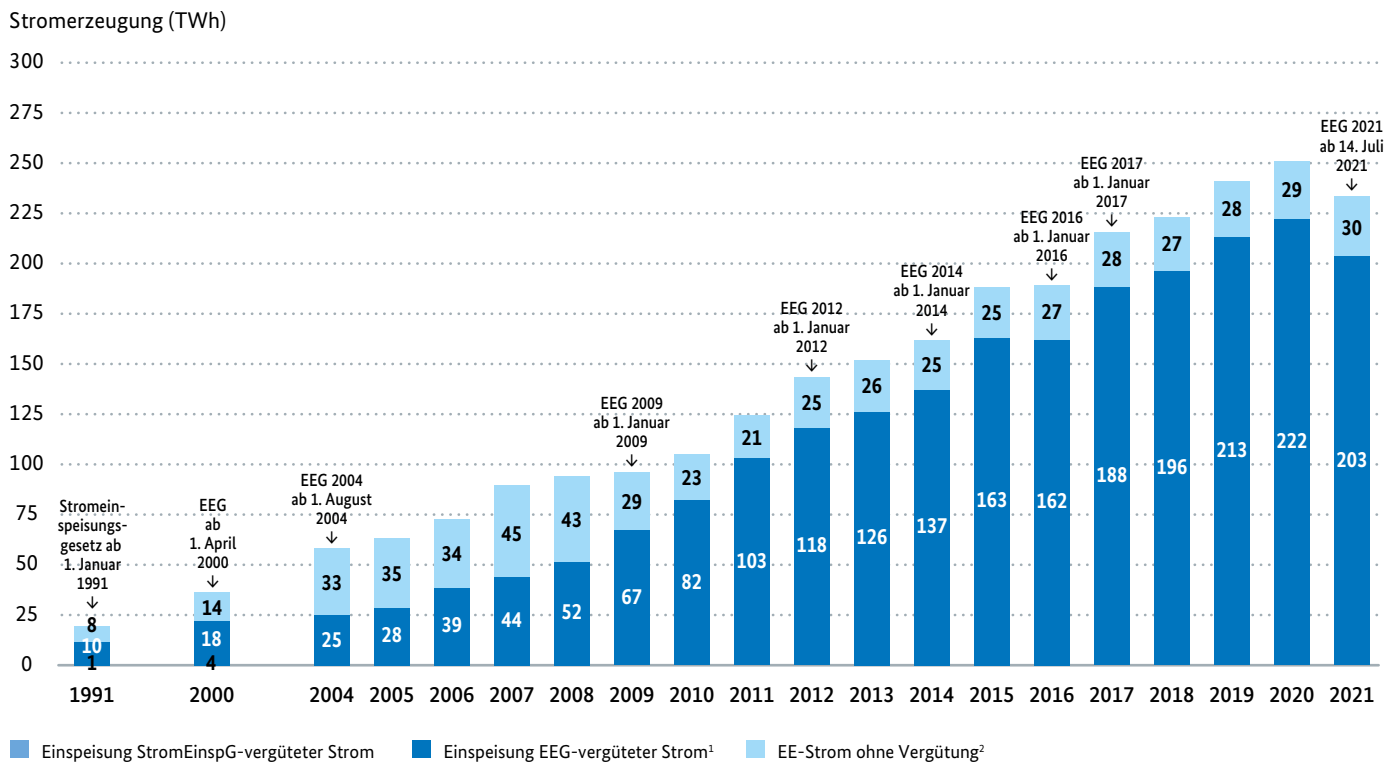
## Strommengen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz

Seit Einführung des EEG im Jahr 2000 wuchs die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien von 36 Terawattstunden auf 251 Terawattstunden im Jahr 2020. Im Jahr 2021 ist die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien aufgrund von schlechten Witterungsverhältnissen und einem geringen Zubau erstmals um rund 7 Prozent im Vergleich zum Vorjahr auf 234 Terawattstunden gesunken. Die beiden Energieträger Wind und PV trugen weiterhin mit 38 Prozent (Wind an Land) und 21 Pro-

zent (PV) die größten Anteile zur erneuerbaren Stromerzeugung bei. Trotz eines Rückgangs der erzeugten Strommenge aus Windenergie um 15 Prozent ist diese weiterhin der wichtigste Energieträger im deutschen Strommix.

Über das EEG wird jedoch nicht der gesamte Strom aus erneuerbaren Energieträgern gefördert. Beispielsweise sind große Wasserkraftanlagen und konventionelle Kraftwerke, die Biomasse mitverbrennen, nicht vergütungsberechtigt. Auch Anlagen, die sich in der „sonstigen Direktvermarktung“ befinden, erhalten keine finanzielle Förderung nach dem EEG. Die sonstige Direktvermarktung ist eine Vermarktungsform, bei der Anlagenbetreiber ihren Strom an der Börse oder an einen Direktvermarkter verkaufen, ohne dass die EEG-Förderung in Anspruch genommen wird. Dies sind hauptsächlich Solar- und Windkraftanlagen, die entweder älter als 20 Jahre sind und daher keine EEG-Förderung mehr erhalten, oder aber auch aufgrund der hohen Strompreise immer häufiger neu installierte Anlagen. Der Grund für die Wahl der Direkt-

Abbildung 25: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien mit und ohne Vergütungsanspruch nach Stromeinspeisungs- und Erneuerbare-Energien-Gesetz



1 EEG-vergüteter, eingespeister und selbstverbraucher Strom

2 Stromerzeugung aus großer Wasserkraft, aus Biomasse (Mitverbrennung in konventionellen Kraftwerken inkl. des biogenen Anteils des Abfalls) und eingespeistem und selbstverbrauchtem Strom aus solarer Strahlungsenergie ohne EEG- Vergütungsanspruch

Quelle: BMWK, auf Basis der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB [5])

vermarktung ist deshalb meistens die Erlösoptimierung. Zwar gewährt das EEG „Ü-20 Anlagen“ weiterhin einen Weiterbetrieb bis 2027 mit einer Auszahlung eines festgelegten Marktpreises. Allerdings liegt dieser ggf. unter dem in der Direktvermarktung erzielbaren Preis. Bis Ende 2021 wurde eine Leistung von rund 5,7 GW in der sonstigen Direktvermarktung vermarktet. Davon entfallen 36 Prozent auf Photovoltaik und 54 Prozent auf Windenergie an Land [36]. Des Weiteren führen die hohen Strompreise verstärkt dazu, dass sowohl die Anzahl als auch die Größe von PV-Anlagen mit Eigenverbrauch in den letzten Jahren stetig gestiegen sind. Diese Anlagen sind oft größer dimensioniert, wenn eine weitere Technologie wie z.B. eine Wärmepumpe oder ein Ladepunkt für ein Elektroauto mitgeplant wurde. Solche Anlagen mit Eigenverbrauch sind aktuell ein Treiber des PV-Ausbaus.

Die über das EEG vergüteten Strommengen sind deshalb nur ein Teil der gesamten Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, wie Abbildung 25 zeigt. Die EEG-vergütete Stromerzeugung ist seit dem

Jahr 2000 von rund 10 auf 212 Terawattstunden im Jahr 2021 angestiegen.

Weitere Informationen finden sich auf den Internetseiten der Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber unter [www.netztransparenz.de/](http://www.netztransparenz.de/) und auf der „Informationsplattform Erneuerbare Energien“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz [www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Recht-Politik/Das\\_EEG/DatenFakten/daten-und-fakten.html](http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Recht-Politik/Das_EEG/DatenFakten/daten-und-fakten.html).

## Mieterstrom-Vermarktungsmodelle

Bei den Mieterstrom-Modellen muss der Strom in unmittelbarer Nähe zum Verbrauchsort (z. B. im selben Gebäude oder Quartier) mit einer Solaranlage, einem BHKW oder einer ähnlichen Anlage erzeugt und ohne Nutzung des öffentlichen Stromnetzes an die Mieter geliefert und im Gebäude verbraucht werden.

Produziert die Solaranlage auf dem Dach oder das Blockheizkraftwerk im Keller mehr Strom als die Mieter benötigen, wird dieser Strom ins öffentliche Netz eingespeist. Wird zu wenig oder kein Strom erzeugt, weil zum Beispiel die Sonne gerade nicht scheint, werden die Mieter aus dem öffentlichen Netz beliefert. Der Mieterstromlieferant übernimmt grundsätzlich die gesamte Stromlieferung. Dies bedeutet, dass der vor Ort erzeugte Strom und der Netzstrom zusammen in einem Mieterstromtarif gebündelt werden. Es bleibt aber immer den Mieterinnen und Mietern überlassen, ob sie den angebotenen Mieterstromtarif nutzen oder sich für einen anderen Stromanbieter entscheiden.

Da das öffentliche Netz für die Lieferung des Mieterstroms nicht genutzt wird, entfallen Kostenbestandteile wie beispielsweise Netzentgelte. Aber auch Steuern und Umlagen fallen deutlich günstiger aus. Dafür verursachen aber beispielsweise die zusätzlich benötigten Zähler, die Akquise sowie die Abrechnung höhere Kosten für den Mieterstromanbieter. Um die sich ergebenden höheren Kosten auszugleichen, gibt es deshalb eine Förderung für jede Kilowattstunde Mieterstrom, den sogenannten Mieterstromzuschlag. Beim Mieterstromzuschlag handelt es sich um eine spezielle Förderung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) für Strom aus Solaranlagen. Der Mieterstromzuschlag wurde im Juli 2017 eingeführt und soll den Mieterstrom aus Solaranlagen für Vermieter und Mieter wirtschaftlich attraktiver machen. Denn zusätzlich zu dem Erlös aus dem verkauften Mieterstrom und der Einspeisevergütung für überschüssigen ins Netz eingespeisten Strom erhalten die Anlagenbetreiber den Mieterstromzuschlag als direkte Förderung auf den an die Verbraucherinnen und Verbraucher gelieferten Mieterstrom.

Bislang war der Ausbau von Mieterstromanlagen hinter den Erwartungen geblieben, wie der Mieterstrombericht der Bundesregierung [37] verdeutlicht. Daraufhin wurden die Förderbedingungen im EEG 2021 und im EEG 2023 weiter verbessert. Seit dem EEG 2021 sind auch sogenannte Quartierslösungen möglich. Das heißt, dass unter bestimmten Voraussetzungen Gebäude im Umfeld mit Mieterstrom versorgt werden können. Durch die Einführung des sog. „Lieferkettenmodells“ ist die Inanspruchnahme des Mieterstromzuschlags nun auch dann vereinfacht, wenn die Mieterstromlie-

ferung durch Dritte erfolgt. Um Bürokratie abzubauen, sollen zukünftig auf Eigenverbräuche und Direktbelieferung keine Umlagen mehr erhoben werden. Zusätzlich werden im EEG 2023 die mengenmäßige Begrenzung der jährlich geförderten Mieterstromprojekte, die Maximalgröße für Mieterstromanlagen und das Eigenversorgungsverbot in Ausschreibungen aufgehoben. Detaillierte Informationen zu diesen Themen finden sich unter [www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/EEGAufsicht/Mieterstrom/start.html](http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/EEGAufsicht/Mieterstrom/start.html).

Die Höhe des Mieterstromzuschlags richtet sich nach dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Anlage und gilt dann für 20 Jahre. Genau wie bei der Einspeisevergütung unterliegt der Betrag des Mieterstromzuschlags der Degression, d. h. er verringert sich kontinuierlich. Die aktuellen Mieterstromzuschläge werden von der Bundesnetzagentur auf der Internetseite ([www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/EEGAufsicht/Mieterstrom/start.html;jsessionid=03FBE66C89D93281CDD346DD7B579818](http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/EEGAufsicht/Mieterstrom/start.html;jsessionid=03FBE66C89D93281CDD346DD7B579818)) veröffentlicht.

Der von den Mieterinnen und Mietern nicht verbrauchte Strom wird ins Netz der allgemeinen Versorgung eingespeist und entsprechend der zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme geltenden Einspeisevergütung vergütet. Die Änderungen für Mieterstromanlagen im EEG 2023 beziehen sich auf neue Anlagen, die ab dem 1. Januar 2023 in Betrieb gehen, und stehen zunächst unter dem beihilferechtlichen Genehmigungsvorbehalt durch die EU-Kommission.

Das Potenzial für die Solarstromgewinnung auf Mietshäusern ist noch lange nicht ausgeschöpft. Eine vom BMWK beauftragte Studie zum Thema Mieterstrom aus dem Jahr 2017 kommt zu dem Ergebnis, dass bis zu 3,8 Millionen Wohnungen grundsätzlich mit Mieterstrom versorgt werden könnten. Das entspricht etwa 18 Prozent der vermieteten Wohnungen. Nach Auswertungen der Bundesnetzagentur sind seit Einführung der Mieterstromförderung im Juli 2017 bis Ende 2021 Photovoltaik-Mieterstromanlagen mit 28,5 Megawatt Leistung in Deutschland installiert worden. Im Jahr 2022 ist ein deutlicher Anstieg bei Neu-

installationen zu verzeichnen. Alleine in den ersten 6 Monaten im Jahr 2022 wurden bereits 13 Megawatt Mieterstromanlagen neu installiert [37].

Weitere aktuelle Informationen zum Thema Mieterstrom finden sich unter [www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2021/01/Meldung/direkt-erklaert.html](http://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2021/01/Meldung/direkt-erklaert.html) und auf der Internetseite der Bundesnetzagentur [www.bundesnetzagentur.de/DE/Vportal/Energie/Vertragsarten/Mieterstrom/start.html](http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Vportal/Energie/Vertragsarten/Mieterstrom/start.html).

## Wirtschaftliche Impulse durch Bau und Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen

### Investitionen in erneuerbare Energien als Wirtschaftsfaktor

Mit dem Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland hat sich die EE-Branche als ein wichtiger Wirtschaftsfaktor etabliert. Wirtschaftliche Impulse werden durch Investitionen in den EE-Ausbau generiert, aber auch durch Betrieb und Wartung der installierten Anlagen.

Die Entwicklung der Investitionen wird vom Umfang des Zubaus von neuen Kapazitäten und von der Kostenentwicklung der einzelnen Technologien bestimmt. Der bisherige Höchstwert für Investitionen in Erneuerbare-Energien-Anlagen war im Jahr 2010 mit knapp 28 Milliarden Euro erreicht worden. Danach sanken die Investitionen bis auf knapp 14 Milliarden Euro im Jahr 2015, stiegen zwischenzeitlich bis zum Jahr 2017 wieder auf 15,9 Milliarden Euro, um bis 2019 auf 10,6 Milliarden Euro zu sinken. Seither ist wieder ein Aufwärtstrend zu verzeichnen, der die Investitionen im Jahr 2021 wieder auf 14,2 Milliarden Euro anwachsen ließ. Dies entspricht einem Zuwachs von 27 Prozent gegenüber 2020. Von diesen Investitionen profitiert der Wirtschaftsstandort Deutschland nach wie vor stark, da ein großer Teil der Wertschöpfung bei Herstellung und Installation dieser Anlagen hierzulande erbracht wird [38].

Der deutliche Rückgang der Gesamtinvestitionen nach dem Jahr 2010 beruhte vor allem auf der Entwicklung im Bereich der Photovoltaik (PV). Zunächst bedingt durch sinkende Anlagenpreise, später durch einen starken Rückgang des Anlagenzubaues sanken die Investitionen in PV-Anlagen von 2010 bis 2015 von 19,6 auf 1,5 Milliarden Euro. Seither erholten sie sich wieder und erreichten im Jahr 2021 5,2 Milliarden Euro.

Die Investitionen in Windkraftanlagen an Land verzeichneten nach einem starken Rückgang in den Jahren 2018 und 2019 in den beiden Folgejahren wieder leichte Zuwächse und beliefen sich 2021 auf 2,8 Milliarden Euro. Demgegenüber gingen die Investitionen in Windenergieanlagen auf See nach 2018 deutlich zurück. Nach Fertigstellung der letzten Anlagen, die vor der Einführung von Ausschreibungen konzipiert und errichtet worden waren, ergibt sich eine Lücke bis zur Umsetzung der Projekte, die in den Ausschreibungen 2017 und 2018 einen Zuschlag erhalten hatten. Deren Inbetriebnahme ist in den Jahren 2022 bis 2025 vorgesehen. Entsprechend waren im Jahr 2021, wie schon 2020, lediglich Investitionen im Rahmen vorbereitender Arbeiten für Windparks zu verzeichnen, die in den kommenden Jahren errichtet werden.

Die Investitionen in Anlagen zur Stromerzeugung aus Biomasse und Wasserkraft gingen 2021 wie schon 2020 im Vergleich zum Vorjahr zurück. Demgegenüber setzten im Wärmebereich der Zubau von Wärmepumpen und Holzheizungen und damit die Investitionen die positive Entwicklung des Vorjahres fort. Investitionen in Solarthermieanlagen bewegten sich auf dem Niveau des Vorjahres. Zusammen betragen die Investitionen in Anlagen zur Wärmeerzeugung sowie zur Stromerzeugung aus Biomasse und Wasserkraft im Jahr 2021 5,9 Milliarden Euro bzw. 42 Prozent der Gesamtinvestitionen.

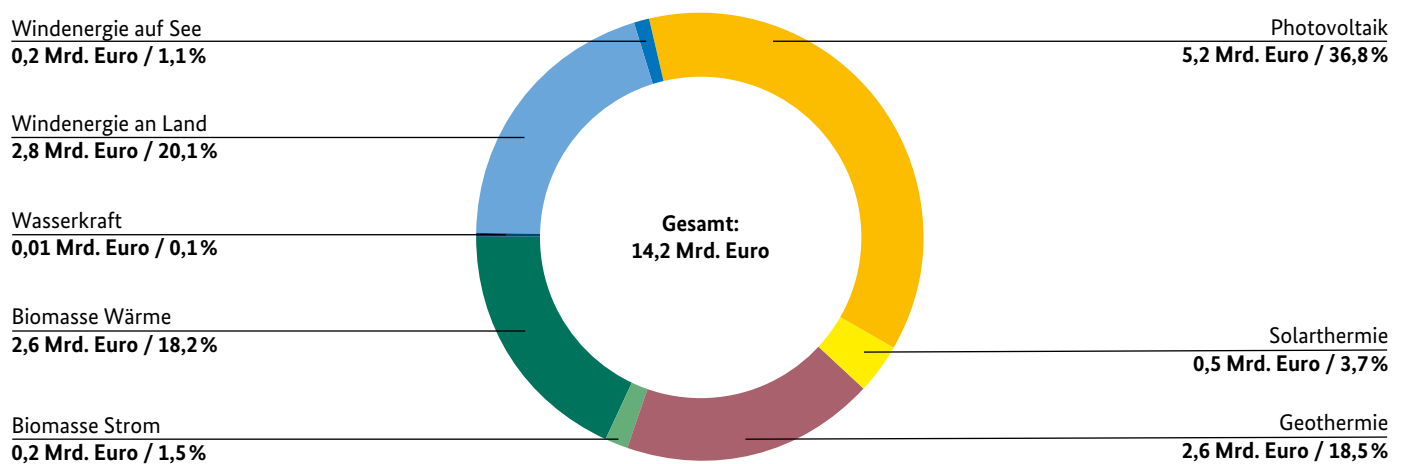
Mit knapp 60 Prozent entfällt nach wie vor der größere Anteil der dargestellten Investitionen auf Anlagen zur Stromerzeugung, die nach dem EEG gefördert werden. Verglichen mit dem Vorjahr änderte sich dieser Anteil kaum.

Tabelle 15: Investitionen in die Errichtung von Erneuerbare-Energien-Anlagen

	Wasserkraft	Windenergie an Land	Windenergie auf See	Photovoltaik	Solarthermie	Geothermie, Umweltwärme	Biomasse Strom	Biomasse Wärme	Gesamt
	(Milliarden Euro)								
2000	0,5	1,9	0	0,3	0,4	0,1	0,5	0,9	4,7
2005	0,2	2,5	0	4,8	0,6	0,4	1,9	1,5	12,0
2006	0,2	3,2	0	4,0	1,0	0,9	2,3	2,3	14,0
2007	0,3	2,5	0	5,3	0,8	0,9	2,3	1,5	13,6
2008	0,4	2,5	0,2	8,0	1,7	1,2	2,0	1,8	17,7
2009	0,5	2,8	0,5	13,6	1,5	1,1	2,0	1,6	23,6
2010	0,4	2,1	0,5	19,6	1,0	1,0	2,2	1,2	27,9
2011	0,3	2,9	0,6	15,9	1,1	1,0	3,1	1,3	26,1
2012	0,2	3,6	2,4	12,0	1,0	1,1	0,8	1,5	22,5
2013	0,1	4,5	4,3	3,4	0,9	1,1	0,7	1,6	16,5
2014	0,1	7,1	3,9	1,5	0,8	1,1	0,7	1,3	16,4
2015	0,1	5,4	3,7	1,5	0,8	1,0	0,2	1,3	13,9
2016	0,1	6,9	3,4	1,6	0,7	1,2	0,3	1,2	15,3
2017	0,1	7,5	3,4	1,7	0,5	1,3	0,3	1,2	15,9
2018	0,1	3,4	4,1	2,6	0,5	1,5	0,4	1,2	13,8
2019	0,1	1,6	2,1	3,4	0,4	1,4	0,4	1,3	10,6
2020	0,04	2,1	0,1	4,2	0,5	1,9	0,3	1,9	11,1
2021	0,01	2,8	0,2	5,2	0,5	2,6	0,2	2,6	14,2

Quelle: Eigene Berechnungen des ZSW; Werte gerundet

Abbildung 26: Investitionen in die Errichtung von Erneuerbare-Energien-Anlagen im Jahr 2021



Hierbei handelt es sich hauptsächlich um Investitionen in den Neubau, zu einem geringeren Teil auch um die Erweiterung oder Ertüchtigung von Anlagen wie z. B. die Reaktivierung alter Wasserkraftwerke oder die Erhöhung der Erzeugungsleistung von Biogasanlagen zur Flexibilisierung. Neben den Investitionen der Energieversorgungsunternehmen sind auch die Investitionen aus Industrie, Gewerbe, Handel und privaten Haushalten enthalten.

Quelle: Eigene Berechnungen des ZSW; Werte gerundet

## Dauerhafte Impulse durch den Anlagenbetrieb

Neben den Investitionen hat auch der Betrieb der Anlagen erhebliche wirtschaftliche Bedeutung. Der Anlagenbetrieb (einschließlich Wartung) löst durch die Nachfrage nach Personal, Strom (Hilfsenergie), Ersatzteilen oder Brennstoffen wirtschaftliche Impulse auch in anderen Branchen aus. Die beim Anlagenbetreiber anfallenden Betriebskosten führen zu Umsätzen in entsprechender Höhe unter anderem bei Zulieferern. Die ausgelösten wirtschaftlichen Impulse aus dem Anlagenbetrieb zeigen seit Jahren einen Aufwärtstrend entsprechend der zunehmenden Anzahl installierter Anlagen. Sie stiegen von knapp 2 Milliarden Euro im Jahr 2000 auf mehr als 20 Milliarden Euro im Jahr 2021. Damit übersteigen die wirtschaftlichen Impulse aus dem Anlagenbetrieb seit dem Jahr 2015 die Investitionen in die Errichtung von Anlagen – in den letzten Jahren sogar deutlich.

Im Gegensatz zu den übrigen Erneuerbare-Energien-Anlagen benötigen Biomasseanlagen für die Erzeugung von Strom und Wärme Brennstoffe.

Die Brennstoffkosten bewirken, dass der größte Anteil der gesamten wirtschaftlichen Impulse aus dem Anlagenbetrieb auf Biomasseanlagen entfällt. Es folgen Umsätze durch den Verkauf von Biokraftstoffen, die im Jahr 2021 infolge stark gestiegener Kraftstoffpreise trotz teilweise rückläufiger Mengen im Vergleich zum Vorjahr deutlich anstiegen. Weitere Impulse resultieren aus dem Betrieb von Windenergieanlagen, von Anlagen zur Geothermie- und Umweltwärmenutzung sowie von PV-, Solarthermie- und Wasserkraftanlagen. Die genannten wirtschaftlichen Impulse stärken die Wirtschaft nachhaltig, da sie über die gesamte Anlagenlaufzeit anfallen und mit jeder zusätzlich installierten Anlage weiter wachsen.

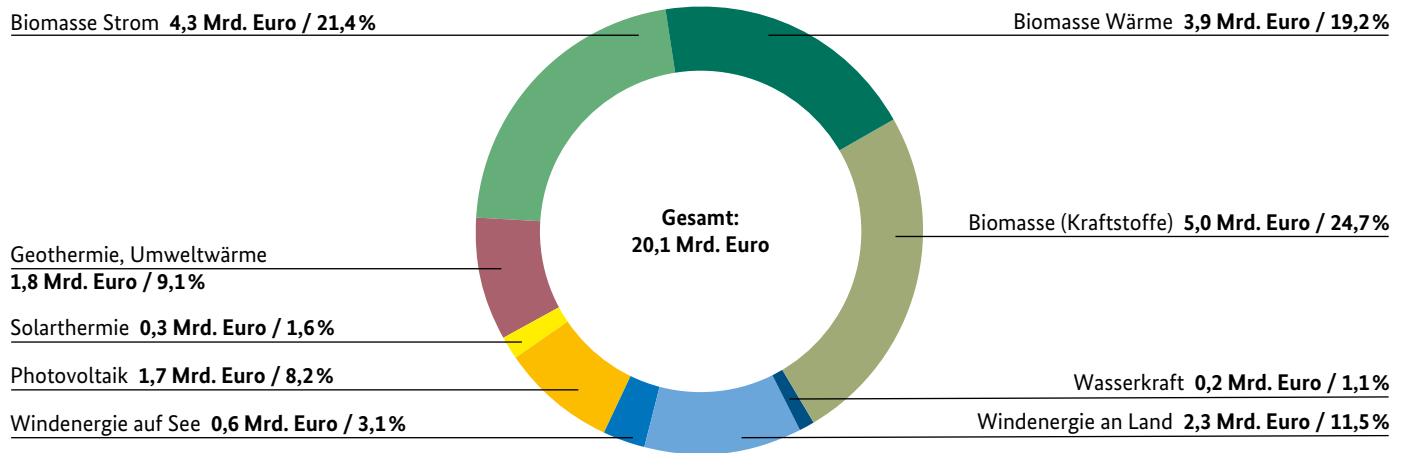
Im Jahr 2021 entfielen rund 45 Prozent der wirtschaftlichen Impulse auf den Betrieb von Anlagen zur Stromerzeugung, knapp 30 Prozent auf den Betrieb von Anlagen zur Wärmeerzeugung und knapp 25 Prozent auf Umsätze durch den Verkauf von Biokraftstoffen. Die Entwicklung der Anteile spiegelt vor allem den steigenden Bestand an Anlagen zur Stromerzeugung wider. Im Jahr

**Tabelle 16: Wirtschaftliche Impulse aus dem Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen**

	Wasserkraft	Windenergie an Land	Windenergie auf See	Photovoltaik	Solarthermie	Geothermie, Umweltwärme	Biomasse Strom	Biomasse Wärme	Biomasse Kraftstoffe	Gesamt
	(Milliarden Euro)									
<b>2000</b>	0,1	0,2	0	0,01	0,00	0,2	0,2	1,1	0,2	<b>1,9</b>
<b>2005</b>	0,1	0,6	0	0,1	0,1	0,2	0,7	1,5	1,8	<b>5,1</b>
<b>2006</b>	0,1	0,6	0	0,2	0,1	0,3	1,1	1,7	3,2	<b>7,3</b>
<b>2007</b>	0,1	0,7	0	0,3	0,1	0,4	1,6	2,0	3,8	<b>8,9</b>
<b>2008</b>	0,2	0,8	0	0,4	0,1	0,4	1,9	2,2	3,5	<b>9,5</b>
<b>2009</b>	0,2	0,9	0,01	0,5	0,1	0,5	2,3	2,5	2,4	<b>9,4</b>
<b>2010</b>	0,2	1,0	0,02	0,8	0,2	0,6	2,8	2,9	2,9	<b>11,3</b>
<b>2011</b>	0,2	1,1	0,03	1,0	0,2	0,7	3,2	2,9	3,7	<b>13,0</b>
<b>2012</b>	0,2	1,2	0,06	1,3	0,2	0,8	3,9	3,1	3,7	<b>14,4</b>
<b>2013</b>	0,2	1,4	0,1	1,4	0,2	0,9	4,0	3,3	3,1	<b>14,6</b>
<b>2014</b>	0,2	1,6	0,2	1,4	0,2	1,0	4,3	3,0	2,6	<b>14,6</b>
<b>2015</b>	0,2	1,7	0,3	1,4	0,3	1,1	4,4	3,2	2,4	<b>15,1</b>
<b>2016</b>	0,2	1,9	0,4	1,4	0,3	1,2	4,4	3,4	2,6	<b>15,7</b>
<b>2017</b>	0,2	2,1	0,4	1,5	0,3	1,3	4,5	3,4	2,7	<b>16,3</b>
<b>2018</b>	0,2	2,2	0,5	1,5	0,3	1,4	4,5	3,4	2,7	<b>16,7</b>
<b>2019</b>	0,2	2,3	0,6	1,5	0,3	1,5	4,6	3,5	2,8	<b>17,3</b>
<b>2020</b>	0,2	2,3	0,6	1,6	0,3	1,7	4,6	3,5	3,5	<b>18,3</b>
<b>2021</b>	0,2	2,3	0,6	1,7	0,3	1,8	4,3	3,9	5,0	<b>20,1</b>

Quelle: Eigene Berechnungen des ZSW; Werte gerundet

## Abbildung 27: Wirtschaftliche Impulse aus dem Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen im Jahr 2021



Quelle: Eigene Berechnungen des ZSW; Werte gerundet

2000 machte der Anteil der Wärmeanlagen noch zwei Drittel aus, auf Strom und Kraftstoffe entfielen 22 bzw. 11 Prozent. Seitdem wuchs der Anteil der Stromerzeugungsanlagen auf rund 50 Prozent, während jener der Wärmeanlagen auf rund 30 Prozent sank. Der Anteil der Kraftstoffe stieg absatzbedingt zwischenzeitlich kurz auf bis zu 43 Prozent im Jahr 2006 an und pendelte sich anschließend auf 16 bis 19 Prozent ein. Der im Jahr 2021 zu beobachtende Sprung auf knapp 25 Prozent ist im Wesentlichen auf stark gestiegene Kraftstoffpreise zurückzuführen.

Informationen zur verwendeten Methodik siehe im Abschnitt „Methodische Hinweise“.

### Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland

Nach vorläufigen Hochrechnungen stiegen die Beschäftigungszahlen im Erneuerbare-Energien-Sektor leicht um 2 Prozent auf rund 344.100 Personen im Jahr 2021 an. Dies waren rund 6.000 Personen mehr als im Vorjahr (338.200 Personen).

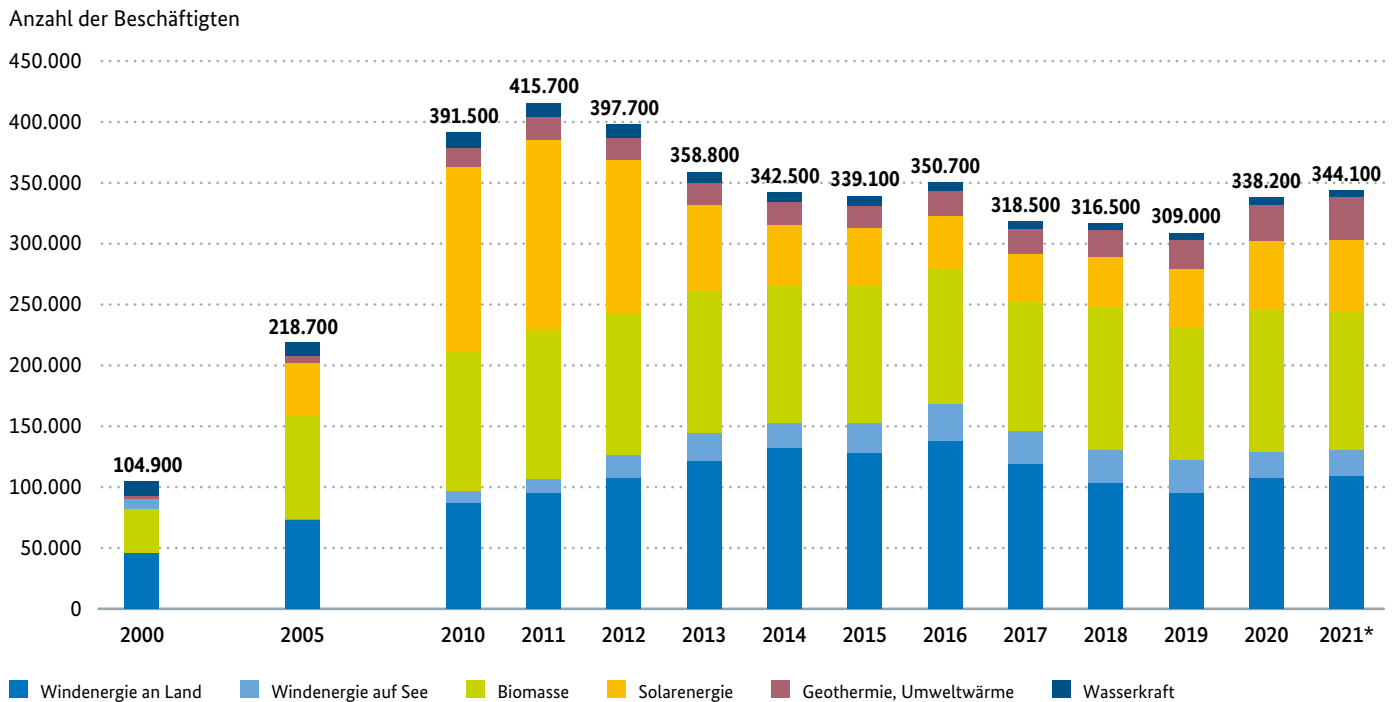
Betrachtet man die Entwicklung der Beschäftigung getrennt nach Technologiesparten, so werden unterschiedliche Verläufe zwischen den letzten Jahren deutlich. Sie hängen vor allem mit dem Ausbauperlauf in den Sparten zusammen. So stieg die Beschäftigung im Bereich der Windenergie an

Land bis zum Jahr 2016 auf rund 138.000 Personen an und ging dann, trotz eines steigenden Exportanteils, infolge der geringeren Installationszahlen in Deutschland innerhalb von drei Jahren um rund 38 Prozent auf etwa 95.000 Beschäftigte zurück. Aufgrund der wieder leicht gestiegenen Installationszahlen von Windkraftanlagen in den letzten zwei Jahren stieg die Anzahl der Beschäftigten wieder auf rund 109.000 an. Bei Windenergie auf See zeigt sich bis zum Jahr 2016 der gleiche Trend. So stieg die Zahl der Beschäftigten bis dahin auf 29.800 Personen an, ging dann in den letzten Jahren aufgrund des sehr geringen Zubaus um rund 27 Prozent auf etwa 21.700 Beschäftigte im Jahr 2021 zurück.

Die Biomassenutzung ist durch eine Vielzahl von Technologien geprägt, deren Entwicklung sich im Betrachtungszeitraum teilweise sehr unterschiedlich vollzog. Nach einem anfänglichen Anstieg verweilte die Beschäftigung in diesen Bereichen auf einem relativ konstanten Niveau und trug 2021 mit etwa 37 Prozent (rund 114.000 Personen) zur Beschäftigung im Bereich der erneuerbaren Energien bei.

Die Beschäftigung im Bereich Solarenergie hat in dem Betrachtungszeitraum 2000 bis 2021 die größten Schwankungen erfahren. Nach einem sehr starken Anstieg der Beschäftigung bis zum Jahr 2011, als die Solarenergie schließlich mit 38 Prozent (156.700 Personen) den größten Anteil der Beschäf-

Abbildung 28: Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland



\* vorläufige Angaben

Quellen: DIW, DLR, GWS [39]

tigung im Bereich der erneuerbaren Energien ausmachte, ging diese bis zum Jahr 2017 um über 70 Prozent zurück. Erst im Jahr 2018 ist diese Entwicklung zu einem Ende gekommen und aufgrund gestiegener Installationszahlen im Bereich Photovoltaik konnte ein erneuter Anstieg der Beschäftigtenzahlen verzeichnet werden. Im Bereich Solarenergie waren im Jahr 2021 rund 58.500 Personen beschäftigt.

Die Geothermie trug mit 10 Prozent zur Beschäftigung im Jahr 2021 bei. Dabei war aufgrund der starken Nachfrage nach Wärmepumpen ein Anstieg um 20 Prozent auf rund 36.000 Beschäftigte zu verzeichnen.

Die Beschäftigungsentwicklung im Bereich Wasserkraft ist hingegen dadurch geprägt, dass diese Technologie und mit ihr die dazugehörige Industrie im Jahr 2000 bereits einen sehr hohen Reifegrad hatte. In der Tendenz ist die Beschäftigung eher rückläufig. Im Jahr 2021 trug die Wasserkraft mit 5.700 Personen nur etwa 2 Prozent zur gesamten Beschäftigung im Bereich der erneuerbaren Energien bei.

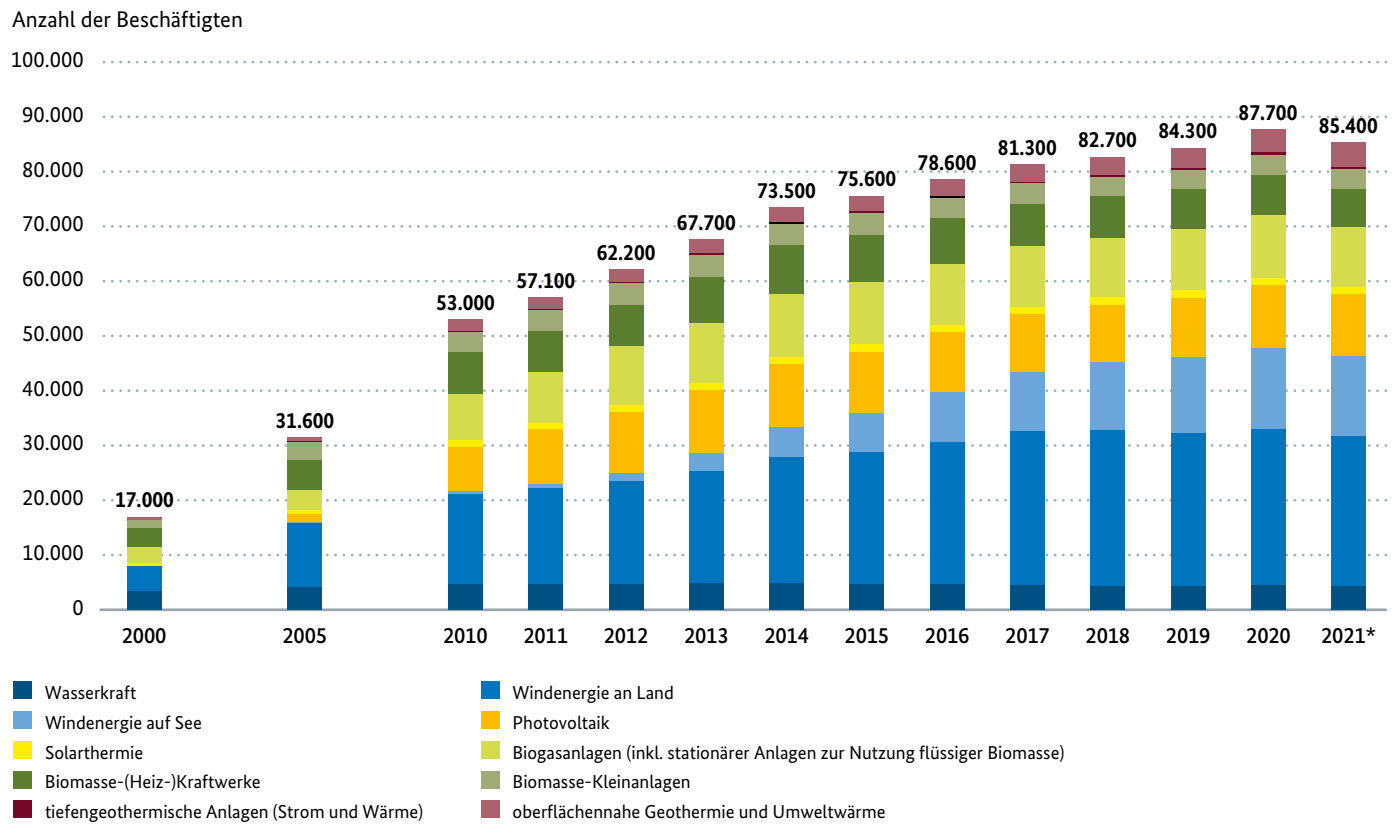
Im Bereich Betrieb und Wartung von Erneuerbare-Energien-Anlagen ist zum ersten Mal im Vergleich

zu den letzten Jahren ein leichter Rückgang der Beschäftigungszahlen zu verzeichnen. Die Ursache sind hauptsächlich Sondereffekte, die durch die Corona-Pandemie (z. B. Kurzarbeit) entstanden.

Im Jahr 2000 waren etwa 17.000 Personen in Betrieb und Wartung von Erneuerbare-Energien-Anlagen beschäftigt. Die Beschäftigungszahlen stiegen dann bis zum Jahr 2020 um das 5-Fache auf 87.700 an. Im Jahr 2021 sanken die Beschäftigungszahlen in diesen Bereichen erstmals um rund 3 Prozent auf insgesamt 85.400 Personen. Mit rund 32 Prozent waren im Bereich Windenergie an Land die meisten Personen für Wartung und Betrieb der Anlagen beschäftigt, gefolgt von Windenergie auf See mit 17 Prozent, Photovoltaik und Biogasanlagen mit 13 Prozent. Biomasse-(Heiz)Kraftwerke trugen noch mit 12 Prozent zur Beschäftigung bei. Biomasse-Kleinanlagen, Wasserkraft und ebenso die oberflächennahe Geothermie und Umweltwärme hatten jeweils noch einen Anteil von knapp 5 Prozent, die Solarthermie etwa 2 Prozent. Tiefengeothermische Anlagen sind bislang noch immer auf einem geringen Ausbauniveau, so dass die daraus resultierende Beschäftigung mit weniger als einem Prozent zum Gesamtergebnis beiträgt [39].



Abbildung 29: Entwicklung der Beschäftigung in Betrieb und Wartung von EE-Anlagen in Deutschland



\* vorläufige Angaben

Quellen: DIW, DLR, GWS [39]

## Gesetzgebung und Förderung erneuerbarer Energien im Gebäudebereich

In den privaten Haushalten werden über 90 % der Endenergie für Wärmeanwendungen verbraucht. Hierbei entfallen allein rund zwei Drittel auf den raumwärmebedingten Endenergieverbrauch. Auch im GHD-Sektor dominieren Wärmeanwendungen mit über 60 Prozent den Endenergieverbrauch [40]. Alleine für die Bereitstellung von Wärme und Kälte im Gebäudebereich wurden dabei rund 120 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>-Äq.) emittiert. Das im Jahr 2021 novellierte Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) sieht eine verbindliche Treibhausgas-minderung im Gebäudesektor auf 67 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äq. bis 2030 vor. Bis zum Jahr 2045 will die Bundesregierung einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand realisieren. Der Koalitionsvertrag der Ampel-Koalition enthält zudem

die Zielsetzung, dass 50 Prozent der Wärme bis zum Jahr 2030 klimaneutral erzeugt werden soll. Um diese Ziele zu erreichen, müssen Häuser und Gebäude deutlich energieeffizienter und der Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch massiv erhöht werden [41].

### Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Mit dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) hat die Bundesregierung eine Gesamtstrategie für den Gebäudesektor geschaffen. Das Gesetz ist am 1. November 2020 in Kraft getreten und ersetzt die Regelungen des Energieeinsparungsgesetzes (EnEG), der Energieeinsparverordnung (EnEV) und des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG). Des Weiteren setzt im Rahmen des GEG der Bund die EU-Gebäuderichtlinie (Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010) um, die für Neubauten ab 2021 das Niedrigstenergiegebäude als Standard festlegt.

Die wichtigsten Regelungen im GEG sind:

- Vorgaben zur Heizungs- und Klimatechnik sowie zum Wärmedämmstandard und Hitzeschutz von Gebäuden.
- Nachrüst- und Austauschpflichten für Eigentümer von Bestandsgebäuden.
- Beim Neubau sind bestimmte Anteile an regenerativen Energien definiert, die in dem Gebäude zum Heizen oder auch Kühlen verwendet werden müssen.

Des Weiteren ermöglicht das neue GEG die Anerkennung von Strom aus erneuerbaren Energien als Option zur Erfüllung der Anforderungen. Strom aus erneuerbaren Energien kann somit ebenso einen Beitrag zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs von Gebäuden leisten wie zum Beispiel die Solarthermie. Zudem bietet das GEG die Möglichkeit, Ersatzmaßnahmen anstelle des Einsatzes erneuerbarer Energien zu ergreifen sowie verschiedene Maßnahmen zu kombinieren.

Allgemeine Informationen und Praxisbeispiele sind auf der Homepage der Deutschen Energieagentur (dena) unter dem Themenportal „Zukunft Haus“ [www.zukunft-haus.info/start/](http://www.zukunft-haus.info/start/) zu finden.

Weiterführende Informationen zum Thema Energieeinsparung im Bauwesen erhalten Sie beim Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung [www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/themen/bauen/energieeinsparungen-bauwesen/node.html](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/themen/bauen/energieeinsparungen-bauwesen/node.html) und auf dem BBSR-Themenportal [www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/Home/home\\_node.html](http://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/Home/home_node.html).

### Bundeförderung für effiziente Gebäude (BEG)

Mit dem Klimaschutzprogramm 2030 hat die Bundesregierung unter anderem auch beschlossen, die Gebädeförderung attraktiver zu gestalten. Mit der „Bundeförderung für effiziente Gebäude“ (BEG), die im Jahr 2021 sukzessive in Kraft getreten ist, wurde die energetische Gebädeförderung in Umsetzung des Klimaschutzprogramms 2030 neu aufgestellt und weiterentwickelt. Im Rahmen der BEG werden sowohl Maßnahmen für mehr Energieeffizienz als auch der Einsatz von erneuerbaren

Energien gefördert. Diese Investitionsanreize sollen entscheidend dazu beitragen, die Energie- und Klimaziele 2030 im Gebäudesektor zu erreichen.

Die BEG fasst die bisherigen Gebädeförderprogramme in einem einzigen Förderprogramm zusammen. Es besteht aus drei Teilprogrammen:

1. BEG Wohngebäude (WG) (Neubau und Komplettsanierung von Wohngebäuden zum Effizienzhaus),
2. BEG Nichtwohngebäude (NWG) (Neubau und Komplettsanierung von Nichtwohngebäuden zum Effizienzgebäude) und
3. BEG Einzelmaßnahmen (EM) (Sanierung mit Einzelmaßnahmen an Wohn- und Nichtwohngebäuden), die im Jahr 2021 jeweils in einer Zuschuss- und einer Kreditvariante angeboten wurden.

Zuständig für die Durchführung der BEG sind die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Die Förderung erfolgte entweder durch einen nicht rückzahlbaren Investitionszuschuss oder in Form eines zinsgünstigen Kredits in Verbindung mit einem Tilgungszuschuss aus Bundesmitteln. Die systemischen Maßnahmen, mit denen bei der Sanierung oder beim Neubau von Gebäuden eine Effizienzgebäude-Stufe erreicht wird, wurden in der BEG WG und BEG NWG bei der KfW seit dem 1. Juli 2021 gefördert. Förderungen von Einzelmaßnahmen zur energetischen Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden wurden seit dem 1. Januar 2021 im Teilprogramm BEG EM entweder als Zuschuss bei dem BAFA bzw. ab 1. Juli 2021 als Kredit bei der KfW gefördert (Kreditförderung bei KfW endete zum Juli 2022). Zusätzlich werden die Fachplanung und Baubegleitung gefördert. Die Energieberatung wird außerhalb der BEG gesondert über die Energieberatung für Wohngebäude (EBW – Vor-Ort-Beratung, individueller Sanierungsfahrplan) finanziell unterstützt.

Im Jahr 2021 wurden im Rahmen der BEG insgesamt mehr als 362.000 Anträge bei der KfW und dem BAFA bewilligt. Damit konnten rund 756.000 Wohneinheiten gefördert werden. Das Fördervolumen für die Gebädeförderung bei KfW und BAFA betrug im Jahr 2021 rund 18 Mrd. Euro.

Tabelle 17: Übersicht der Förderzusagen seit dem Start der BEG (01.01.21 – 31.12.21)

		Anzahl Zusagen seit Start	Anzahl Zusagen in Wohneinheiten seit Start
BEG WG seit 1. Juli 2021	Neubau	85.700	210.400
	Sanierung	11.410	36.900
	<b>Summe BEG WG</b>	<b>97.110</b>	<b>247.300</b>
BEG NWG seit 1. Juli 2021	Neubau	4.000	
	Sanierung	580	
	<b>Summe BEG NWG</b>	<b>4.580</b>	
BEG EM seit 1. Jan. 2021	WG	250.300	509.000
	NWG	10.200	
	<b>Summe BEG EM</b>	<b>260.500</b>	<b>509.000</b>
<b>Summe</b>		<b>362.200</b>	<b>756.300</b>

Quelle: BMWK<sup>5</sup>

### KfW Förderung im Rahmen BEG Wohngebäude (WG) und BEG Nichtwohngebäude (NWG)

Am 1. Juli 2021 startete die Förderung der sogenannten systemischen Maßnahmen (BEG WG und NWG) bei der KfW ebenso wie die Kreditförderung der BEG EM bei der KfW (bis Juli 2022). Mit den systemischen Maßnahmen werden bei der Sanierung oder im Neubau von Gebäuden sogenannte Effizienzgebäude-Stufen erreicht. Ein Effizienzgebäude zeichnet sich durch eine energetisch optimierte Bauweise und Anlagentechnik aus und erreicht die in den technischen Mindestanforderungen definierten Vorgaben an die Gesamtenergieeffizienz (Bezugsgröße: Primärenergiebedarf) und an die Energieeffizienz der Gebäudehülle

(Bezugsgröße: Transmissionswärmeverlust) für eine Effizienzgebäude-Stufe. Dabei gilt: je kleiner die Zahl, desto energieeffizienter ist ein Gebäude.

Die BEG gilt dabei für alle Wohngebäude (WG), wie zum Beispiel für Eigentumswohnungen, Ein- und Mehrfamilienhäuser oder Wohnheime, sowie für alle Nichtwohngebäude (NWG), wie zum Beispiel für Gewerbegebäude, kommunale Gebäude oder Krankenhäuser.

Mit Stand 31. Dezember 2021 wurden im Rahmen der BEG WG 97.100 Zusagen durch die KfW erteilt, davon 11.400 für Sanierungen und 86.000 im Neubau. Die große Mehrheit entfiel im Neubau auf das EH55 (69.000).

<sup>5</sup> Dabei ist zu beachten, dass die Zuschussförderung für Einzelmaßnahmen (EM) beim BAFA bereits zum 1. Januar 2021 gestartet ist. Mit dem Programmstart bei der KfW wurden ab dem 1. Juli 2021 die BEG Wohngebäude (WG) und BEG Nichtwohngebäude (NWG) sowie eine Kreditvariante für Einzelmaßnahmen zur Verfügung gestellt.

Tabelle 18: Übersicht der Anzahl der Zusagen durch die KfW für den Bereich Wohnungsbau seit dem Start der BEG

BEG WG	Anzahl Zusagen Juli bis Dezember 2021
<b>Neubau WG</b>	<b>85.700</b>
Neubau Effizienzhaus 55	13.200
Neubau Effizienzhaus 55 EE	55.600
Neubau Effizienzhaus 55 NH	200
Neubau Effizienzhaus 40	500
Neubau Effizienzhaus 40 EE	6.200
Neubau Effizienzhaus 40 NH	0
Neubau Effizienzhaus 40 Plus	9.900
<b>Sanierung WG</b>	<b>11.410</b>
Sanierung Effizienzhaus Denkmal	1.000
Sanierung Effizienzhaus Denkmal EE	700
Sanierung Effizienzhaus 100	600
Sanierung Effizienzhaus 100 EE	1.000
Sanierung Effizienzhaus 85	600
Sanierung Effizienzhaus 85 EE	1.800
Sanierung Effizienzhaus 70	500
Sanierung Effizienzhaus 70 EE	2.400
Sanierung Effizienzhaus 55	200
Sanierung Effizienzhaus 55 EE	2.100
Sanierung Effizienzhaus 40	10
Sanierung Effizienzhaus 40 EE	400

Quelle: BMWK

Für den Bereich der Nichtwohngebäude hat die KfW insgesamt ca. 4.600 Zusagen erteilt, davon ca. 4.000 im Neubau und 600 für Sanierungen. Auch

hier war im Neubau das EG55 das am stärksten nachgefragte Effizienzgebäude-Niveau (2.200).

Tabelle 19: Übersicht der Anzahl der Zusagen durch die KfW für den Bereich Nichtwohngebäude seit dem Start der BEG

BEG NWG	Anzahl Zusagen (01.07.21 – 31.12.21)
<b>Neubau NWG</b>	<b>4.000</b>
Neubau Effizienzgebäude 55	600
Neubau Effizienzgebäude 55 EE	1.600
Neubau Effizienzgebäude 40	200
Neubau Effizienzgebäude 40 EE	1.600
<b>Sanierung NWG</b>	<b>580</b>
Sanierung Effizienzgebäude Denkmal	40
Sanierung Effizienzgebäude Denkmal EE	40
Sanierung Effizienzgebäude 100	60
Sanierung Effizienzgebäude 100 EE	60
Sanierung Effizienzgebäude 70	40
Sanierung Effizienzgebäude 70 EE	110
Sanierung Effizienzgebäude 55	30
Sanierung Effizienzgebäude 55 EE	120
Sanierung Effizienzgebäude 40	10
Sanierung Effizienzgebäude 40 EE	90

Quelle: BMWK

## BAFA-Förderung im Rahmen der BEG Einzelmaßnahmen (EM)

Das BAFA fördert im Rahmen der BEG EM Einzelmaßnahmen in Bestandsgebäuden, die die Energieeffizienz verbessern, so beispielsweise den Heizungstausch oder auch Maßnahmen an der Gebäudehülle oder zur Heizungsoptimierung unter Einsatz erneuerbarer Energien, Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung sowie Energieberatung für Wohngebäude ([www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente\\_Gebaeude/Sanierung\\_Wohngebaeude/sanierung\\_wohngebaeude\\_node.html](http://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Wohngebaeude/sanierung_wohngebaeude_node.html)).

Bei der Förderung von Heizsystemen auf Basis erneuerbarer Energien haben sich die Antragsbewilligungen beim BAFA im Rahmen der BEG sowie des Marktanreizprogramms für erneuerbare Energien (MAP)<sup>6</sup> innerhalb der letzten 3 Jahren vervierfacht. 2019 wurden 76.000 Anträge bewilligt, 2020 bereits 205.000 und im Jahr 2021 waren es mehr als 330.000 Anträge.

Mit rund 180.000 bewilligten Anträgen entfielen knapp 55 Prozent auf reine EE-Anlagen. Davon wurde wiederum bei 55 Prozent eine Öl-Austauschprämie bewilligt. Diese zusätzliche Austauschprämie für Ölheizungen in Höhe von 10 Prozentpunkten wird gewährt, wenn im Gebäudebestand eine mit Öl betriebene Heizungsanlage außer Betrieb genommen und gleichzeitig eine förderfähige Biomasseanlage, förderfähige Wärmepumpenanlage oder förderfähige Gas-Hybridheizung installiert wird.

Heizungen, die vollständig mit erneuerbaren Energien betrieben werden, wie z. B. Wärmepumpen und Biomasseanlagen, wurden mit einem Investitionszuschuss von bis zu 35 Prozent gefördert.

Im Jahr 2021 wurden im Rahmen der Zuschussförderung der BEG-Einzelmaßnahmen sowie im Marktanreizprogramm (MAP) für erneuerbare Energien<sup>6</sup> mehr als 52.000 Wärmepumpen mit einer installierten Leistung von knapp 370.000 kW durch BAFA gefördert.<sup>7</sup>

**Tabelle 20: Zuschussförderung von Einzelmaßnahmen im Rahmen der BEG EM sowie im Förderprogramm Heizen mit Erneuerbaren Energien (ehemals BAFA-Teil des MAP) im Jahr 2021**

		Anzahl	Bewilligte Mittel in 1.000 EUR
EE-Anlage	<b>reine EE-Anlage</b>	180.200	3.605.709
	davon mit Öl-Austausch	78.300	1.878.268
Gas-Brennwertheizung	<b>Gas-Hybrid</b>	34.900	708.050
	davon mit Öl-Austausch	21.300	471.142
	<b>Renewable-Ready</b>	<b>900</b>	6.849
Weitere Verwendungszwecke ohne Wärmereizeuger	Gebäudehülle, Anlagentechnik, Baubegleitung und Heizungsoptimierung	115.400	986.207
<b>Summe</b>	<b>Bewilligungen</b>	<b>331.400</b>	<b>5.306.815</b>

Quelle: BMWK

<sup>6</sup> Das Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien im Wärmemarkt (MAP) war ein Vorgängerprogramm der BEG zur Förderung der Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien (Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt). Im Rahmen des MAP gab es das KfW-Programm, EE Premium sowie den BAFA-Teil, der auch BAFA-Programm „Heizen mit Erneuerbaren Energien“ genannt wurde.

<sup>7</sup> Folgende Förderprogrammen sind für das Jahr 2021 berücksichtigt: MAP alt (Antragstellung bis 31.12.2019 möglich); MAP neu (Antragstellung 01.01. bis 31.12.2020); BEG EM, hier BAFA-Teil (Antragstellung seit 01.01.2021).

Tabelle 21: Zuschussförderung von Einzelmaßnahmen im Rahmen der BEG EM sowie im Förderprogramm Heizen mit Erneuerbaren Energien (ehemals BAFA-Teil des MAP) – hier Förderungen Wärmepumpen (WP) 2021<sup>8</sup>

	Anzahl Bewilligungen	Installierte Leistung (kW)
Luft-Wasser	37.500	238.300
Wasser-Wasser	1.000	14.100
Sole-Wasser	12.100	105.000
luftgeführt	900	4.500
Sonstige	700	6.200
<b>Summe</b>	<b>52.200</b>	<b>368.100</b>

Quelle: BMWK

Danach folgen mit knapp 42.000 Bewilligungen und einer installierten Leistung von mehr als 1 Million kW Biomasseheizsysteme. Über 80 Pro-

zent der bewilligten Biomasseanlagen entfielen auf Pelletkessel.

Tabelle 22: Zuschussförderung von Einzelmaßnahmen im Rahmen der BEG EM sowie im Förderprogramm Heizen mit Erneuerbaren Energien (ehemals BAFA-Teil des MAP) – hier Förderungen Biomasse 2021

	Anzahl Bewilligungen	Installierte Leistung (kW)
Scheitholzvergaser	5.700	161.300
Pelletöfen	1.000	15.000
Pelletkessel	31.500	673.300
Holz hackschnitzelkessel	3.800	224.000
<b>Summe</b>	<b>42.000</b>	<b>1.073.600</b>

Quelle: BMWK

Zur Warmwasseraufbereitung bzw. Heizungsunterstützung wurden im Jahr 2021 rund 26.000 ther-

mische Solarkollektoranlagen mit einer Kollektorfläche von rund 275.000 m<sup>2</sup> bewilligt.

Tabelle 23: Zuschussförderung von Einzelmaßnahmen im Rahmen der BEG EM sowie im Förderprogramm Heizen mit Erneuerbaren Energien (ehemals BAFA-Teil des MAP) – hier Förderungen Solarthermie 2021

	Anzahl Bewilligungen	Kollektorfläche (m <sup>2</sup> )
Flachkollektor	19.700	214.000
Röhrenkollektor	6.400	61.100
Luftkollektor	100	300
Hybridkollektor	1	15
<b>Summe</b>	<b>26.200</b>	<b>275.415</b>

Geförderte Solarkollektoranlagen ab Antragsstellung 2020

Quelle: BMWK

<sup>8</sup> Folgende Förderprogrammen sind für das Jahr 2021 berücksichtigt: MAP alt (Antragstellung bis 31.12.2019 möglich); MAP neu (Antragstellung 01.01. bis 31.12.2020); BEG EM, hier BAFA-Teil (Antragstellung seit 01.01.2021).

Für Gas-Hybridheizungen mit einem Erneuerbaren-Anteil von mindestens 25 Prozent – z. B. über die Einbindung von Solarthermie – gibt es einen Investitionszuschuss von bis zu 30 Prozent. Im Jahr 2021 wurden mehr als 25.000 Anlagen bewilligt.

Unter Renewable-Ready werden Gas-Brennwertheizungen verstanden, die auf die spätere Einbindung erneuerbarer Energien vorbereitet sind. Diese werden mit einem Investitionszuschuss von bis zu 20 Prozent gefördert.

**Tabelle 24: Zuschussförderung von Einzelmaßnahmen im Rahmen der BEG EM sowie im Förderprogramm Heizen mit Erneuerbaren Energien (ehemals BAFA-Teil des MAP) – hier Förderungen andere Verwendungszwecke 2021**

	Anzahl Bewilligungen
Gas-Hybridheizungen	25.120
Renewable-Ready bei Gasbrennwertheizungen	60
Wärmenetze	10
Gebäudehülle	12.300
Anlagentechnik	150
Baubegleitung	5.950
Heizungsoptimierung	1.640

Quelle: BMWK

Weitere Informationen zum Förderprogramm sind auf der BMWK-Internetseite „Energiewechsel“ (sowie auf den Internetseiten von BAFA ([www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente\\_Gebaeude/effiziente\\_gebaeude\\_node.html](http://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/effiziente_gebaeude_node.html)) und KfW ([www.kfw.de/kfw.de.html](http://www.kfw.de/kfw.de.html))) zu finden.

### Förderung in der leitungsgebundenen Wärmeversorgung

Das Förderprogramm Wärmenetzsysteme 4.0 setzt einen Auftrag aus der Energieeffizienzstrategie Gebäude (ESG) der Bundesregierung um, der dort als Maßnahme „Schaufenster Erneuerbare Energien in Niedertemperaturwärmenetzen“ aufgenommen wurde. Rechtsgrundlage ist die „Förderrichtlinie Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0 („Wärmenetze 4.0 – Bundesförderung effiziente Wärmenetze“)“ vom 11.12.2019.

Das Programm wird vom BAFA administriert und fördert die Vorbereitung, Planung, Entwicklung, Realisierung und Optimierung von Bestands- und Neubauvorhaben in unterschiedlichen Anwendungsbereichen und Siedlungsstrukturen, die dazu beitragen, die Energieeffizienz und den Einsatz von erneuerbaren Energien und Abwärme aus unterschiedlichen Quellen in Wärmenetzen zu unterstützen.

„Wärmenetzsysteme 4.0“ unterstützt zum einen mittels Zuschussförderung vorbereitende Machbarkeitsstudien zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zum Neubau oder zur Transformation von Wärmenetzen mit dem Ziel der überwiegenden oder teilweisen Dekarbonisierung des Netzes. Die Transformation kann dabei ein vollständiges, bereits bestehendes Netz betreffen oder auch nur einen räumlich abgrenzbaren Teilbereich davon („Teilnetz“). Daneben wird die Realisierung eines neuen Wärmenetzsystems 4.0 mittels Investitionszuschüssen gefördert. Im Jahr 2021 wurden 104 Anträge mit einem Fördervolumen von 29,4 Mio. Euro bewilligt.

Nachfolgeprogramm der Bundesregierung für die Dekarbonisierung der leitungsgebundenen Wärme ist die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW, Inkrafttreten September 2022).

Außerdem werden noch bis Ende 2022 aus dem bisherigen Marktanzreizprogramm (MAP) Maßnahmen zur Nutzung von erneuerbaren Energien im Wärmemarkt von der KfW im KfW-Programm Erneuerbare Energien „Premium“ gefördert ([www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/F%C3%B6rderprodukte/Erneuerbare-Energien-Premium-\(271-281\)/](http://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/F%C3%B6rderprodukte/Erneuerbare-Energien-Premium-(271-281)/)).

Dieses Programm unterstützt besonders förderungswürdige größere Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt mit zinsgünsti-

gen Darlehen der KfW und mit Tilgungszuschüssen, die vom BMWK finanziert werden.

Tabelle 25: KfW Programm – Erneuerbare Energien „Premium“ 2021

Maßnahmen	Anzahl	Teilbetrag Darlehenszusage (1.000 Euro)	zugewagtes TGZ-Volumen (1.000 Euro)
Solarkollektoranlage	9	4.918	2.688
Anlage zur Verfeuerung fester Biomasse	53	7.437	1.165
Biomasseanlage zur Wärmeerzeugung	1	35	35
Wärmenetz	1.256	75.369	50.986
Biogasleitung für unaufbereitetes Biogas	4	364	143
Große Wärmespeicher	51	5.570	2.126
EE-Wärmespeicher	2	283	56
Sonstiges	1	3.332	1.874
<b>Gesamt</b>	<b>1.377</b>	<b>97.308</b>	<b>59.073</b>

Quelle: BMWK

## Förderung erneuerbarer Energien im Verkehr

In Deutschland ist der Verkehrssektor nach der Energiewirtschaft und der Industrie mit einem Anteil von knapp 20 Prozent am gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoß (148 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente) im Jahr 2021 der drittgrößte Verursacher von Treibhausgasemissionen. Davon sind rund 98 Prozent dem Straßenverkehr zuzuordnen. Damit liegen die Treibhausgasemissionen dieses Sektors 1,2 Prozent über dem Wert von 2020 und rund 3 Mio. Tonnen über der nach dem Bundesklimaschutzgesetz für 2021 zulässigen Jahresemissionsmenge von 145 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten [36].

Ein Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen und verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien und damit zur Erreichung der Klimaziele im Verkehr wird über die Treibhausgasminderungsquote (THG-Quote) definiert. Seit dem 1. Januar 2015 erfolgt die Förderung von erneuerbaren Energien im Verkehr durch die THG-Quote, nachdem seit dem Jahr 2007 zunächst eine verpflichtende Biokraftstoffquote galt. Die Biokraftstoffquote verpflichtete die Inverkehrbringer von fossilen Kraftstoffen (Mineralölwirtschaft), einen Mindestanteil an Biokraftstoffen – bezogen auf die jährliche Gesamtabsatzmenge eines Unternehmens

an Otto-, Diesel- und Biokraftstoff – in den Verkehr zu bringen. Mit der Einführung der THG-Quote im Jahr 2015 wurden Unternehmen verpflichtet, die Treibhausgasemissionen ihres gesamten in Verkehr gebrachten Kraftstoffes um einen bestimmten Prozentsatz zu senken, indem sie u. a. erneuerbare Energieerzeugnisse einsetzen. Damit wurden die Vorgaben der EU-Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen umgesetzt. Die THG-Quote ist ein Mechanismus, der u. a. besonders CO<sub>2</sub>-arme alternative Kraftstoffe und Energieträger (einschließlich Strom) und deren Infrastruktur fördert und für diese eine Nachfrage und damit einen Markt erzeugt. In den vergangenen Jahren hat sich die THG-Quote als effektives und zugleich marktwirtschaftlich effizientes Instrument erwiesen. Sie wurde deshalb zur Erreichung der neuen EU-Ziele, die in der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (EU) 2018/2001 (RED II) [42] festgelegt sind, fortgeschrieben. Mit der Neufassung der Richtlinie im Jahr 2021 wurde neben neuen THG-Quoten auch ein höherer verpflichtender Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch des Verkehrs (Straße und Schiene) je Mitgliedstaat von mindestens 14 Prozent für das Jahr 2030 festgelegt. Mit dem Gesetz zur Weiterentwicklung der Treibhausgas-Minderungsquote [43], das am 1. Oktober 2022 in Kraft getreten ist, setzt die Bundesregierung die



EU-Richtlinie für erneuerbare Energien in deutsches Recht um. Mit der darin enthaltenen neuen Treibhausgas-Mindestquote soll der Anteil erneuerbarer Energien im Verkehr bis 2030 auf 32 Prozent steigen. Das geht deutlich über die EU-Vorgabe von mindestens 14 Prozent erneuerbare Energien im Straßen- und Schienenverkehr hinaus. Dies soll nicht nur durch die Elektrifizierung des Straßenverkehrs, sondern auch durch stärkere Anreize für grünen Wasserstoff und fortschrittliche Biokraftstoffe, die aus Reststoffen statt aus Nahrungsmitteln gewonnen werden, erreicht werden.

### Biokraftstoffe und alternative Kraftstoffe

Biokraftstoffe wie Bioethanol und Biodiesel leisten bereits seit Jahren einen Beitrag zum Klimaschutz und zur Energieversorgung. Für die weitere notwendige Reduktion der Treibhausgasemissionen des Verkehrs auf Grundlage der Zielsetzungen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (EU) 2018/2001 (RED II) geht der Trend verstärkt weg von emissionsreichen fossilen Energieträgern und konventionellen Biokraftstoffen hin zur Direktelektrifizierung des Verkehrs, fortschrittlichen Biokraftstoffen sowie synthetischen und alternativen Kraftstoffen. Fortschrittliche Biokraftstoffe werden aus Abfällen, Reststoffen oder Waldholz hergestellt. Mit alternativen Kraftstoffen sind insbesondere CNG, LNG und LPG aus erneuerbaren Quellen statt fossilem Erdgas gemeint. Synthetische Kraftstoffe werden mittels Synthesegas hergestellt. Ist Letzteres strombasiert, werden Power-to-X (PtX)-Kraftstoffe produziert, handelt es sich um biogenes Synthesegas, spricht man von Biomass-to-X (BtX)-Kraftstoffen.

Die wesentlichen Zielsetzungen für den Bereich Biokraftstoffe sind EU-weit vorgegeben. In der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II) werden neben dem verpflichtenden Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch des Verkehrssektors (Straße und Schiene) zusätzlich ein spezifisches Teilziel für fortschrittliche Biokraftstoffe von 3,5 Prozent bis zum Jahr 2030, eine Obergrenze für konventionelle Biokraftstoffe und die schrittweise Herabsetzung der Verwendung von Biokraftstoffen, die ein hohes Risiko haben, keine Emissionen einzusparen, definiert.

Nach dem Gesetz zur Weiterentwicklung der Treibhausgas-Minderungsquote soll der energetische

Anteil fortschrittlicher Biokraftstoffe am Endenergieverbrauch des Verkehrssektors bis 2030 von derzeit null auf mindestens 2,6 Prozent steigen. Dagegen wird der Anteil von Biokraftstoffen aus Nahrungs- und Futtermitteln auf den derzeit maximal zulässigen Wert von 4,4 Prozent begrenzt. Ab 2023 soll dieser Anteil sukzessive verringert werden. Zudem ist der energetische Anteil von Biokraftstoffen aus Altspeiseölen und tierischen Fetten auf 1,9 Prozent limitiert. Gleichzeitig plant die Bundesregierung einen schrittweisen Ausstieg aus Biokraftstoffen aus Palmöl. Die Förderung von Palmöl für die Kraftstoffgewinnung soll bereits ab 2023 beendet werden.

Beim Einsatz von synthetischen Kraftstoffen im Luftverkehr nimmt Deutschland eine Vorreiterrolle ein. So soll nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) der Mindestanteil an erneuerbaren Kraftstoffen nicht biogener Herkunft von 0,5 Prozent in 2026 auf 2 Prozent in 2030 steigen. In der im Juli 2022 vorgestellten „ReFuelEU Aviation“ schlägt die EU-Kommission eine Beimischungsquote von 5 Prozent nachhaltiger Flugkraftstoffe einschließlich lediglich 0,7 Prozent erneuerbarer Flugkraftstoffe nicht biogenen Ursprungs vor.

Für den Bereich Biokraftstoffe findet sich eine Übersicht über Förderprogramme des Bundes, der Länder und der EU in der Förderdatenbank ([www.foerderdatenbank.de/FDB/DE/Home/home.html](http://www.foerderdatenbank.de/FDB/DE/Home/home.html)).

Des Weiteren fördert das BMWK grünen Wasserstoff („grün“, da hergestellt aus erneuerbaren Energien), PtX-Kraftstoffe und fortschrittliche Biokraftstoffe. Aus Sicht der Energieforschung zählen zu den größten Herausforderungen die Weiterentwicklung innovativer Mobilitätskonzepte sowie alternative und schadstoffarme Antriebstechnologien. Besonders für spezifische Anwendungsfälle wie zum Beispiel beim Schiffs- und Flugverkehr sollen z. B. auch Hybridsysteme aus Batterien und Verbrennungsmotoren oder Brennstoffzellen weiterentwickelt werden.

Informationen zur Forschungsförderung im Bereich Kraftstoffe sind unter anderem auch auf der BMWK-Internetseite Energieforschung ([www.energieforschung.de/energieforschungspolitik/energieforschungsprogramm/foerderschwerpunkte](http://www.energieforschung.de/energieforschungspolitik/energieforschungsprogramm/foerderschwerpunkte)) zu finden.

## Elektromobilität

Elektromobilität ist eine Schlüsseltechnologie für die Gestaltung eines sauberen und effizienten Verkehrssystems. Mit dem von den europäischen Energie- und Umweltministerinnen und -ministern im Juni 2022 beschlossenen Klimaschutzpaket „Fit-for-55“ will die EU ihre Klima-Emissionen bis 2030 um 55 Prozent gegenüber 1990 senken. Im Rahmen dieses Paketes sollen die Fahrzeughersteller ab dem Jahr 2030 anspruchsvollere CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte erfüllen, als dies bislang der Fall war. Im Jahr 2035 beträgt die Minderung für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge 100 Prozent.

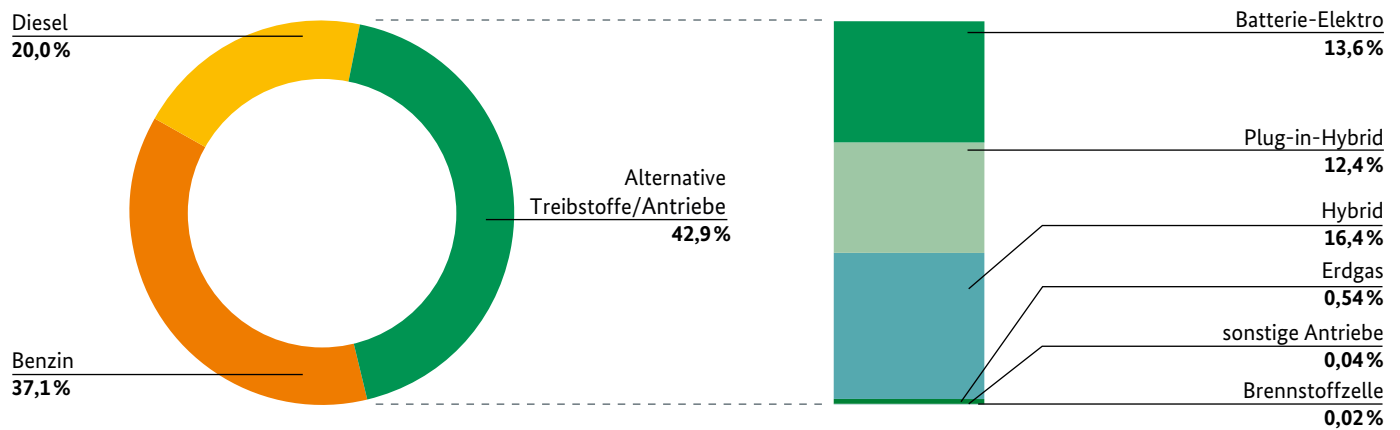
Auch auf nationaler Ebene ist die Elektromobilität ein wichtiges Element einer klimagerechten Energie- und Verkehrspolitik. Bis zum Jahr 2030 sollen laut Koalitionsvertrag mindestens 15 Millionen vollelektrische Pkw (BEV) in Deutschland zugelassen sein. Zudem sollen im gleichen Zeitraum eine

Million öffentliche Ladepunkte zur Verfügung stehen. Bei der Förderung der Elektromobilität stehen drei finanzwirksame Maßnahmen im Vordergrund: zeitlich befristete Kaufanreize (Umweltbonus), der Ausbau der Ladeinfrastruktur sowie die Förderung des Aufbaus der neuen Wertschöpfung, wie bspw. die Batteriezellfertigung oder die Unterstützung der Automobilindustrie bei der Transformation.

Im Jahr 2021 wurden 1,1 Millionen Fahrzeuge mit alternativen Antrieben zugelassen. Die Anzahl der Neuzulassungen von Elektro-Pkw (BEV) verdoppelte sich fast auf 355.961 (2020: 194.163 Fahrzeuge). Ihr Anteil bei den Neuzulassungen stieg auf 13,6 Prozent an (2020: 6,7%). Bereits heute sind über 80 elektrische Modelle deutscher Hersteller auf dem Markt. In den letzten Monaten war sogar rund jedes vierte Neufahrzeug in Deutschland mit einem alternativen Antrieb ausgestattet (seit März 2021 monatlich rund 50.000 E-Pkw).

Abbildung 30: Neuzulassung von Pkw nach Treibstoff- und Antriebsarten in Deutschland, 2021

Anzahl der Pkw-Neuzulassungen in Deutschland 2021: rund 2,6 Mio. Pkw



Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) [44]

Insgesamt waren in Deutschland bis Ende 2021 rund 618.000 reine Elektrofahrzeuge (BEV) und

rd. 566.000 Plug-in-Hybride zugelassen.

Tabelle 26: Entwicklung des Fahrzeugbestands

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Plug-in-Hybrid	-	-	-	-	-	20.975	44.419	66.997	102.175	279.861	565.956
Batterie-Elektro	4.541	7.114	12.156	18.948	25.502	34.022	53.861	83.175	136.617	309.083	618.460

Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt (KBA)[45]

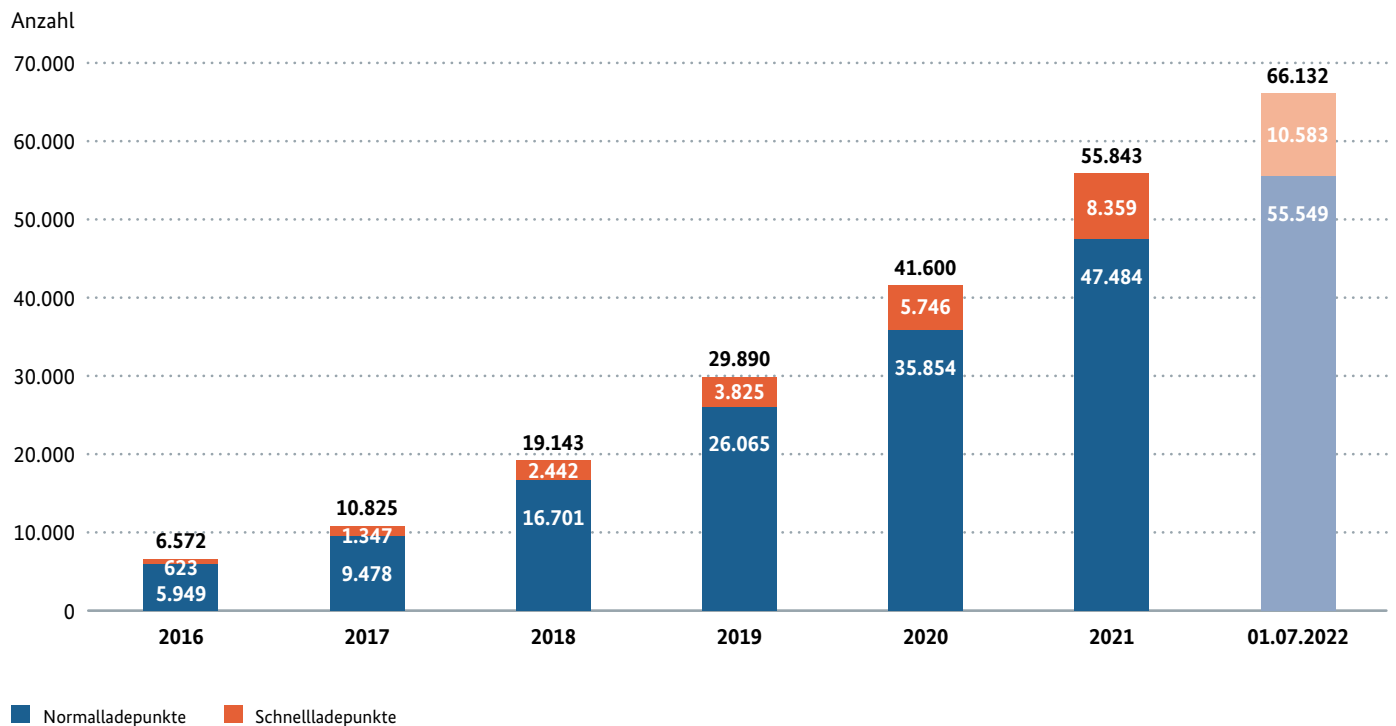
Ein weiterer zentraler Baustein zur Stärkung der Nachfrage bei der Elektromobilität ist der Ausbau der Ladeinfrastruktur. Ziel der Bundesregierung ist es, dass bis zum Jahr 2030 eine Million öffentliche Ladepunkte bereitstehen. Die im Rahmen der Ladesäulenverordnung (LSV) gemeldeten öffentlich zugänglichen Ladesäulen in Deutschland werden von der Bundesnetzagentur unter [www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/E-Mobilitaet/Ladesaeulenkarte/start.html](http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/E-Mobilitaet/Ladesaeulenkarte/start.html) veröffentlicht. Bis Juli 2022 sind 55.549 Normalladepunkte und 10.583 Schnellladepunkte bei der Bundesnetzagentur registriert worden. Der größte Anteil von rund 45.000 Ladepunkten besitzt eine Leistung von 15 bis 22 kW. Mit mehr als 13.100 sind die meisten Ladepunkte in Bayern installiert, dicht gefolgt von Nordrhein-Westfalen mit über 11.700 und Baden-Württemberg mit mehr als 11.500 Ladepunkten.

Zum 1. Januar 2022 ist die novellierte Ladesäulenverordnung (LSV) in Kraft getreten. Dies ist ein

wichtiger Schritt, um den bedarfsgerechten und nutzerfreundlichen Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur in Deutschland voranzubringen. Dabei spielt ein einheitliches, einfaches Bezahlungssystem eine wichtige Rolle. Die Novelle sieht vor, dass beim Ad-hoc-Laden künftig mindestens das kontaktlose Bezahlen mit gängiger Kredit- und Debitkarte möglich sein muss. Diese Vorgabe gilt für alle öffentlich zugänglichen Ladesäulen, die ab dem 1. Juli 2023 erstmalig in Betrieb genommen werden.

Weiter setzt die Novellierung der Ladesäulenverordnung eine Vorgabe im Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung vom November 2019 um. Sie sieht vor, dass beim Aufbau von öffentlichen Ladepunkten aus Gründen der Interoperabilität sicherzustellen ist, dass eine Schnittstelle vorhanden ist, die genutzt werden kann, um Standortinformationen und dynamische Daten wie den Belegungsstatus und die Betriebsbereitschaft zu übermitteln.

Abbildung 31: Entwicklung der Ladepunkte in Deutschland



Quelle: Bundesnetzagentur [46]

Seit Anfang 2020 gelten weitere steuerliche Anreize für Elektrofahrzeuge, etwa durch Sonderabschreibungen für E-Nutzfahrzeuge und Lastenräder sowie durch eine verminderte Bemessungsgrundlage für die Versteuerung elektrischer Dienstwagen. Sollten Arbeitnehmer beim Arbeitgeber das Elektrofahrzeug aufladen, stellt dies zudem keinen geldwerten Vorteil mehr dar.

Neben der Förderung von Elektrofahrzeugen unterstützt das BMWK gemeinsam mit anderen EU-Staaten den Aufbau einer Batteriezellproduktion und damit verbundener Wertschöpfungsketten in Deutschland und Europa. Expertinnen und Experten gehen davon aus, dass die weltweite Nachfrage nach Lithium-Ionen-Batterien bis 2030 von heute jährlich 200 GWh auf mehr als 2.000 GWh steigen wird. Um Investitionen anzustoßen und in diesem zentralen Zukunftsfeld künftig unabhängiger von Importen zu werden, hat das BMWK die industrielle Fertigung von Batteriezellen für mobile und stationäre Energiespeicher als Schwerpunkt im Energie- und Klimafonds (EKF) der Bundesregierung festgelegt. Es stellt für die Förderung innovativer Vorhaben entlang der Batteriewertschöpfungskette knapp eineinhalb Milliarden Euro bereit.

Der Aufbau der Batterie-Produktionskapazitäten verläuft in Deutschland und in Europa seit 2019/20 sehr dynamisch. Deutschland wird dabei zum Schwerpunkt der Batteriewertschöpfung in der EU. Bis 2030 sind in Deutschland mehr als 20 Milliarden Euro private Investitionen sowie der Aufbau von mindestens 300 GWh Produktionskapazität geplant. An den europäischen Batterieprojekten sind mehrere hundert Unternehmen und Institutionen als Batteriezellfertiger, Zulieferer, Forschungseinrichtung oder anderweitiger Partner beteiligt. Es ist damit zu rechnen, dass in den 2020er Jahren infolge der Initiative zur Batteriezellfertigung 20.000 und mehr direkte neue Arbeitsplätze in Deutschland entstehen, Schätzungen der European Battery Alliance reichen bis zu mehreren 100.000 neuen Arbeitsplätzen inklusive der indirekten Effekte wie z. B. durch Services, Zweitnutzung, Rückführlogistik und Recycling.

Zwei weitere forschungsorientierte Fördermaßnahmen hat das BMWK ausgeschrieben. Eine adressiert die Themenbereiche „Nachhaltigkeit/Recycling“, „Digitalisierung von Wertschöpfungskreisläufen,

Zertifizierungsverfahren“. Der zweite Aufruf dient der gezielten Unterstützung der Fachkräftesicherung der wachsenden Batterieindustrie, Qualifikationsbedarfe, Lehr- und Lernmedien konzipieren, realisieren und evaluieren.

Die Batterie-IPCEIs (Important Projects of Common European Interest) zeigen: Industriepolitische Initiativen lohnen sich, weil die Wertschöpfung von vornherein gesamteuropäisch aufgestellt wird. Betrachtet man Synergien mit anderen technologischen Themen, für die IPCEI-Verfahren laufen (Mikroelektronik, Wasserstoff, Cloud), kann Europa eine weltweit führende Rolle bei weiteren Entwicklungsschritten übernehmen. Der europaweite Batteriebedarf wird bis 2030 mit rd. 2.000 GWh Kapazität p.a. geschätzt, es können daher in Deutschland und in der EU noch mehr Kapazitäten hinzukommen.

Weiterführende Informationen zur Förderung der Elektromobilität durch die Bundesregierung finden sich unter [www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/elektromobilitaet.html](http://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/elektromobilitaet.html).

## Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich erneuerbarer Energien

Durch viele große und kleine Innovationen hat sich der Anteil von fossilen und nuklearen Energieträgern in der deutschen Energieversorgung über Jahrzehnte hinweg reduziert. Wegweisend dafür sind technologische Grundlagen, die unter anderem durch kontinuierliche Energieforschung geschaffen wurden. Die Energieforschung ist ein strategisches Element der Energiepolitik und orientiert sich an den politischen Zielen der Bundesregierung zur Energiewende und dem Klimaschutz. Denn die Energiewende und der klimaneutrale Umbau der Energieversorgung in Deutschland sind nur mit Innovationen und technologischem Fortschritt zu erreichen.

Bereits seit 1977 fördert die Bundesregierung mit ihren fortlaufenden Energieforschungsprogrammen die Entwicklung neuer Technologien und Anwendungen für eine moderne Energieversorgung. Diese Förderung hat früh auch erneuerbare Energietechniken mitberücksichtigt und damit

die Basis für deren Erfolg gelegt. Seit 2018 läuft das aktuelle 7. Energieforschungsprogramm unter Federführung des BMWK und mit der Beteiligung der Ministerien BMBF, BMEL sowie BMUV.

Die Bundesregierung hat für das 7. Energieforschungsprogramm „Innovationen für die Energiewende“ bis 2022 ein Budget von rund sechs Milliarden Euro vorgesehen. In diesem Rahmen hat das BMWK im Jahr 2021 trotz der Covid-19-Pandemie rund 575,8 Millionen Euro Fördermittel in 5.104 laufende Forschungsprojekte zur nicht-nuklearen Energieforschung investiert und 1.321 Projekte im Umfang von 778,5 Millionen Euro neu bewilligt.

Ein zentraler Punkt des aktuellen 7. Energieforschungsprogramms ist die Stärkung des Technologie- und Innovationstransfers. Um neue Energietechnologien und Geschäftsmodelle zu entwickeln und zur Marktreife zu bringen, wie zum Beispiel in den Bereichen grüner Wasserstoff, energieoptimierte Quartiere oder großskalige Stromspeicher, müssen diese in der Praxis erprobt werden. Dies soll in „Reallaboren der Energiewende“ erfolgen. Derartige Vorhaben sind systemisch ausgelegte Querschnittsprojekte, in denen unterschiedliche Energietechnologien sowie deren Zusammenwirken im industriellen Maßstab und in realer Umgebung erprobt werden. Das größte Augenmerk liegt dabei auf dem beschleunigten Transfer von Innovationen aus den Laboren, Testräumen und Köpfen der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in die energiewirtschaftliche Praxis und das gesellschaftliche Leben.

Um das Förderinstrument der Reallabore zukunftsfähig zu gestalten, hat das BMWK im Juli 2021 ein neues Förderkonzept für die Reallabore der Energiewende veröffentlicht. Es ist ein themenoffenes Konzept, das die Umsetzung von Reallaboren in allen Forschungsbereichen der BMWK-Energieforschung ermöglicht.

Mit dem Ziel, auf Basis der Wasserstofftechnologie den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den Bereichen Industrie, Verkehr und Energieversorgung zu senken, hat die Bundesregierung im Juni 2020 die Nationale Wasserstoffstrategie verabschiedet. Die angewandte Energieforschung spielt hier eine wichtige Rolle. Der Förderaufruf „Technologieoffensive Wasserstoff“ ist auf große Resonanz gestoßen. Reallabore

der Energiewende ergänzen das Förderportfolio für reifere Technologien. Diese werden wissenschaftlich begleitet, um Erkenntnisse zu bündeln, Ergebnisse auszuwerten und sie im Sinne eines raschen Praxistransfers aufzubereiten.

Nicht nur wegen des Strukturwandels in einigen Regionen Deutschlands, sondern auch wegen der energiewirtschaftlichen Folgen des russischen Angriffskrieges auf die Ukraine sind neue Konzepte zur Energieversorgung v. a. im Wärmesektor gefragt.

Ein Beispiel dafür ist das Reallabor „TransUrban.NRW“. TransUrban.NRW steht für die Transformation der netzgebundenen, städtischen Wärme- und Kälteversorgung mit intersektoralen Power-2-Heat-Lösungen als Beitrag zum Strukturwandel in den Kohlerevieren in NRW. Das Förderprojekt ist ein Sieger des Ideenwettbewerbs „Reallabore der Energiewende“ des BMWK und startete im Mai 2020 als Modellvorhaben in vier Quartieren in Nordrhein-Westfalen. Dies soll zeigen, wie klassische Fernwärmeversorgungsgebiete in den Kohlerevieren in CO<sub>2</sub>-arme Versorgungssysteme umgewandelt werden können. Die Fernwärmenetze werden bisher auf hohen Systemtemperaturen betrieben, um Wärme aus der Kohleverstromung und hochtemperierter Abwärme zu nutzen. Die Hochtemperatur- und Dampfnetze sind dadurch nicht in der Lage, erneuerbare Energien (etwa Geothermie oder Abwasserwärme) und Niedertemperatur-Abwärmequellen effizient einzubinden. TransUrban.NRW soll zeigen, wie die Hochtemperatur-Energieinfrastruktur in ein Niedertemperatur-Energiesystem umgewandelt werden kann [47].

Weitere Informationen sind unter [www.reallabor-transurban-nrw.de/](http://www.reallabor-transurban-nrw.de/) veröffentlicht.

Ein weiteres Beispiel für ein innovatives Konzept ist das Reallabor im Energiepark Bad Lauchstädt. Der Energiepark liegt im mitteldeutschen Chemiedreieck, das durch die Städte Halle (Saale), Merseburg und Bitterfeld aufgespannt wird. Dort werden seit 2021 die Herstellung, der Transport, die Speicherung und der wirtschaftliche Einsatz von grünem Wasserstoff in industriellem Maßstab untersucht mit dem Ziel, die Chemieindustrie nachhaltiger zu machen und Wertschöpfung in der Region auch nach dem Strukturwandel zu erhalten. In

dem Vorhaben wollen die Projektpartner ein Versorgungssystem mit einer Kapazität von rund 27 Millionen Kubikmetern Wasserstoff pro Jahr errichten und erproben. Ein 30-Megawatt-Elektrolyseur soll für die Wasserstoffproduktion zum Einsatz kommen. Nicht weit davon entsteht gleichzeitig ein Windpark, der den für die Elektrolyse benötigten Strom liefern soll. Über eine ehemalige Erdgaspipeline wird der erzeugte grüne Wasserstoff zum Chemiepark Leuna transportiert und ersetzt dort teilweise den fossilen Energieträger Erdgas. Perspektivisch sollen über den Anschluss des Systems an die mitteldeutsche Erdgaspipeline weitere Chemie- und Industriestandorte in der Region eingebunden werden. Im Rahmen einer möglichen späteren Ausbauphase soll der produzierte Wasser-

stoff zudem in einer bestehenden Salzkaverne vor Ort zwischengespeichert werden. Fachleute erproben damit im Energiepark die gesamte Wertschöpfungskette für Wasserstoff [48].

Weitere Informationen sind unter [www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/09/20210909-energiepark-bad-lauchstaedt-macht-mitteldeutsche-chemieindustrie-nachhaltiger.html](http://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/09/20210909-energiepark-bad-lauchstaedt-macht-mitteldeutsche-chemieindustrie-nachhaltiger.html) zu finden.

Die folgende Abbildung zeigt die Anzahl der vom BMWK neu bewilligten Forschungsprojekte und die dafür verausgabten Mittel im Zeitraum 2018 bis 2021.

Tabelle 27: Neu bewilligte Forschungsprojekte für Erneuerbare-Energien-Technologien

	2018		2019		2020		2021	
	Anzahl	Zuwendung in Euro	Anzahl	Zuwendung in Euro	Anzahl	Zuwendung in Euro	Anzahl	Zuwendung in Euro
Brennstoffzellen	25	15.960.475	29	26.727.725	29	11.945.229	82	38.039.863
Digitalisierung in der Energiewende*	-	-	22	9.616.707	22	8.218.899	-	-
Energetische Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe*	47	9.097.242	69	16.958.848	38	7.725.907	47	11.054.758
Energiewende im Verkehr	123	71.756.490	35	17.858.369	59	24.474.053	51	22.756.916
Energiewende und Gesellschaft	-	-	8	1.256.421	45	9.740.883	41	8.926.961
Gebäude und Quartiere*	242	118.123.010	207	117.228.497	212	113.713.915	212	91.276.289
Geothermie*	21	10.471.096	25	24.096.905	41	40.950.841	25	19.473.012
Industrie und Gewerbe*	119	58.623.416	180	70.127.606	125	64.160.299	182	92.583.867
Photovoltaik	96	83.207.346	135	100.174.691	116	65.701.724	104	59.741.902
Sektorkopplung und Wasserstofftechnologien*	4	3.295.205	4	2.266.862	52	65.050.008	50	22.373.373
Stromnetze	135	67.247.054	136	59.182.115	123	51.676.984	98	45.874.539
Stromspeicher	24	10.969.460	57	28.170.138	50	25.550.803	48	19.090.086
Technologien für die CO <sub>2</sub> -Kreislaufwirtschaft	5	2.532.819	22	9.827.673	8	3.047.184	43	15.073.980
Technologieorientierte Systemanalyse	64	16.645.876	60	24.750.961	34	15.131.863	49	21.476.698
Thermische Kraftwerke*	90	34.026.544	74	31.294.856	83	38.301.151	74	39.123.836
davon Solarthermische Kraftwerke (LPS EB%)					28	10.527.471		
Wasserkraft und Meeresenergie	-	-	7	3.540.994	-	-	-	-
Windenergie	121	89.776.072	112	78.993.941	99	65.323.153	84	43.901.836
Sonstige*	-	-	-	-	0	-	-	-
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>1.116</b>	<b>591.732.105</b>	<b>1.182</b>	<b>622.073.309</b>	<b>1.137</b>	<b>621.240.366</b>	<b>1.190</b>	<b>550.767.915</b>

\* zzgl. komplementärer Förderung des Themas im Rahmen der Reallabore der Energiewende

Quelle: BMWK

Mehr Informationen zum Thema Energieforschung finden sich auf der Internetseite des BMWK [www.energieforschung.de](http://www.energieforschung.de) und dem Internetportal der Forschungsnetzwerke Energie [www.forschungsnetzwerke-energie.de/](http://www.forschungsnetzwerke-energie.de/).

Laufende und abgeschlossene Forschungsvorhaben rund um das Thema „Energieforschung“ werden vom BMWK tagesaktuell auf dem Internetportal EnArgus ([www.enargus.de](http://www.enargus.de)) veröffentlicht.

Des Weiteren finden sich Informationen zu den Förderthemen und zur Antragstellung für Forschungsförderprogramme im Bereich der erneuerbaren Energien auf den Internetseiten des vom BMWK beauftragten Projektträgers Jülich ([www.ptj.de](http://www.ptj.de)).

## Datenplattformen der Bundesnetzagentur

### Marktstammdatenregister – Daten für die Energiewende

Die Transformation des deutschen Energiesystems kann nur zielgerichtet erfolgen, wenn den verschiedenen Akteuren eine umfassende, einheitliche und zuverlässige Datenbasis als Grundlage für Entscheidungen zur Verfügung steht. Eine effiziente Vermarktung von Strom und Gas, die Beschränkung des Leitungsbaus auf das erforderliche Maß sowie die Weiterentwicklung der Energiewende sind Herausforderungen, die nur auf Basis von verlässlichen Daten gut angegangen werden können.



Das zentrale Ziel des Marktstammdatenregisters (MaStR) ist, die energiewirtschaftlichen Prozesse zu vereinfachen, bei gleichzeitig deutlicher Steigerung der Datenqualität. Damit wird die Bürokratiebelastung für Unternehmen und Bürgerinnen und Bürger reduziert. Die Ausgestaltung des neuen Gesamtregisters wird seit 2017 durch die Marktstammdatenregisterverordnung (MaStRV) geregelt.

Bisher wurden die Daten der Anlagen und Marktakteure in verschiedenen, untereinander nicht abgestimmten Registern erfasst, so dass sich viele Akteure mehrfach registrieren und ihre Daten an

verschiedenen Stellen aktuell halten mussten. Im MaStR werden alle wesentlichen Stammdaten des Strom- und Gasmarktes in einem zentralen Register erfasst und zusammengeführt. Der Großteil der Daten ist öffentlich, personenbezogene Daten werden aber explizit geschützt. Behörden können auf die Daten des MaStR zugreifen. Damit können sie eigene Erhebungen entweder deutlich vereinfachen oder ganz entfallen lassen. Anlagenbetreiber und andere Marktakteure können unter Nennung ihrer MaStR-Nummern auf die Daten verweisen, die sie ins MaStR eingegeben haben.

Anlagenbetreiber müssen sich selbst und ihre Anlagen im Register registrieren und sind für die Eingabe und Pflege ihrer Daten selbst verantwortlich. Dies gilt auch für alle anderen Marktakteure. So sind auch die Strom- und Gasnetzbetreiber im MaStR präsent. Weiter sind zum Beispiel Strom- und Gaslieferanten, Direktvermarkter und energiewirtschaftliche Behörden, Verbände und Institutionen zur Registrierung verpflichtet. Eine ausführliche Darstellung, wer zur Registrierung verpflichtet ist, findet sich im Hilfebereich der Onlineplattform des Marktstammdatenregisters.

Das MaStR enthält ausschließlich Stammdaten: Namen, Adressen, Standorte, Zuordnungen, Technologien, Leistungswerte etc. Nicht enthalten sind die sogenannten „Bewegungsdaten“, die mit der energiewirtschaftlichen Aktivität eines Marktakteurs oder den Vorgängen innerhalb von Anlagen verbunden sind (z. B. Produktionsmengen, Lastflussdaten oder Speicherfüllstände). Eine ausführliche Darstellung, welche Daten im MaStR erfasst werden, ist ebenfalls im Hilfebereich des Registers zu finden.

Das Marktstammdatenregister ist seit über 3 Jahren online. Mehr als 95 Prozent der Anlagen sind bereits registriert. Neben der Wissenschaft, Netzbetreibern und Politik beginnt auch immer mehr die breite Öffentlichkeit die Daten zu nutzen. Die Stammdaten des MaStR bedeuten für viele Nutzerinnen und Nutzer eine deutliche Steigerung der Datenqualität.

Das Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur ist mit allen Hintergrundinformationen unter [www.marktstammdatenregister.de/MaStR](http://www.marktstammdatenregister.de/MaStR) zu finden.

## SMARD – Strommarktdaten

Mit SMARD hat die Bundesnetzagentur im Jahr 2017 eine Internetplattform geschaffen, um



den deutschen Strommarkt abzubilden und mehr Transparenz zu schaffen. Hierzu werden zentrale Strommarktdaten, die von der Bundesnetzagentur direkt vom Verband der Europäischen Übertragungsnetzbetreiber (ENTSO-E) bezogen werden, auf der Plattform nahezu in Echtzeit veröffentlicht. Um die Datenqualität kontinuierlich zu verbessern, steht die Bundesnetzagentur dabei in stetigem Austausch mit den Datenlieferanten.

Das Informationsangebot der Plattform ist in fünf Hauptbereiche gegliedert. Unter „Marktdaten visualisieren“ können Nutzerinnen und Nutzer die Daten aus den Themenbereichen Stromerzeugung und -verbrauch, Markt sowie Systemstabilität individuell als Grafiken zusammenstellen. Dieser Datenpool wird ergänzt durch Erläuterungen im Bereich „Strommarkt erklärt“. Im Bereich „Strommarkt aktuell“ erscheint, neben Sonderartikeln zu aktuellen Ereignissen, eine monatliche Auswertung des Marktgeschehens rund um die Stromerzeugung und den Stromhandel. Dabei werden die Kennzahlen auch im Kontext zu besonderen Geschehnissen oder Wetterbedingungen betrachtet.

Alle auf SMARD verfügbaren Marktdaten können unter der Lizenz CC BY 4.0 kostenfrei heruntergeladen, gespeichert und weiterverwendet werden (Bereich „Daten herunterladen“). Der fünfte Bereich „Deutschland im Überblick“ ist in eine Kraftwerks- und eine Marktgebietsansicht unterteilt. In der Kraftwerksansicht können Detailinformationen einschließlich der Erzeugung einzelner Kraftwerke ab einer installierten Erzeugungsleistung von 100 Megawatt kraftwerksblockschärf eingesehen und ebenfalls im Bereich „Daten herunterladen“ bezogen werden.

Die Marktgebietsansicht stellt anhand einer Karte einen Überblick über die geografische Stromerzeugungslandschaft Deutschlands bereit. Darüber hinaus werden andere wichtige Kennzahlen wie z. B. Stromverbrauch und internationale Großhandelspreise abgebildet.

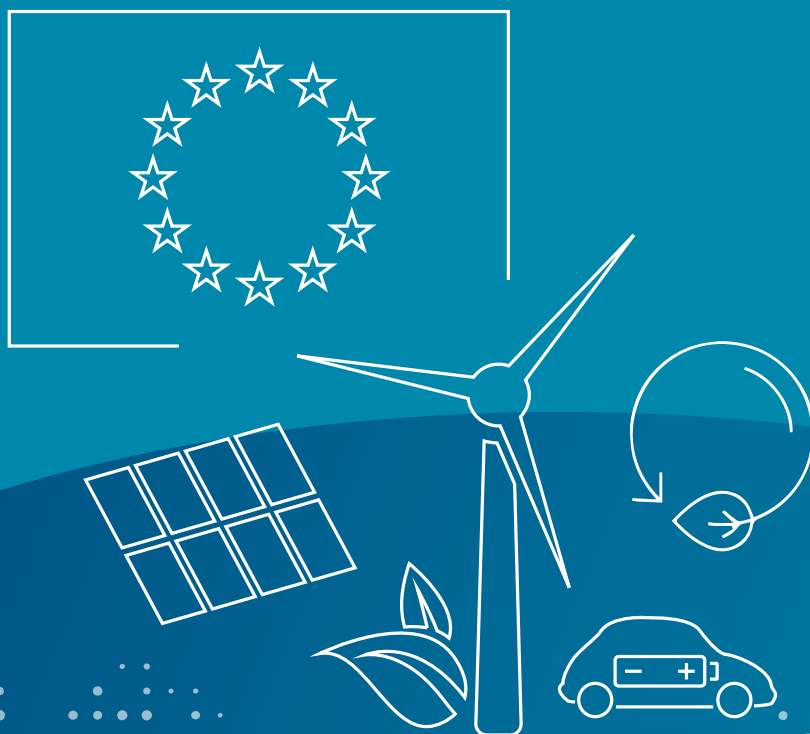
Mit SMARD ist es gelungen, ein komplexes Thema einer breiten Öffentlichkeit durch ein digitales Medium zugänglich zu machen, indem die veröffentlichten Daten und Hintergrundinformationen immer einen aktuellen und umfassenden Überblick über das Geschehen am Strommarkt bieten.

Der Link zur Informationsplattform SMARD:  
[www.smard.de/home](http://www.smard.de/home).



# Teil II: Erneuerbare Energien in der Europäischen Union

*Auch in der Europäischen Union (EU) hat die sich zuspitzende Klimakrise in der jüngeren Vergangenheit zu weitreichenden Entscheidungen im Bereich der Klima- und Energiepolitik geführt. Im Zentrum steht dabei der im Dezember 2019 von der EU-Kommission vorgestellte „European Green Deal“, mit dem sie den Übergang zu einer modernen, ressourceneffizienten und wettbewerbsfähigen europäischen Wirtschaft schaffen will, die ihr Wachstum vom Ressourcenverbrauch abkoppelt und bis zum Jahr 2050 keine Netto-Treibhausgase mehr ausstößt. Ein wesentliches Mittel zur Erreichung dieses Ziels ist dabei auch auf EU-Ebene die Nutzung der erneuerbaren Energien, deren Anteil am gesamten Bruttoendenergieverbrauch von heute rund 20 auf 45 Prozent bis zum Jahr 2030 mehr als verdoppelt werden soll.*



Bereits mit der Richtlinie 2009/28/EG (Renewable Energy Directive, RED) trat erstmals ein verbindlicher Rahmen für den EU-weiten Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Kraft. Danach sollten bis zum Jahr 2020 die erneuerbaren Energien 20 Prozent des Bruttoendenergieverbrauchs der EU decken. Mit Ausscheiden des Vereinigten Königreichs (UK) aus der EU galt unter Herausrechnen des UK-Beitrags ein Zielwert von 20,6 Prozent. Die EU-27 konnte diesen mit einem Anteil von 22,1 Prozent erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch im Jahr 2020 sogar übertreffen. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass im Jahr 2020 pandemiebedingt ein starker Rückgang des gesamten Bruttoendenergieverbrauchs der EU erfolgte, was sich entsprechend auf den Anteilswert auswirkte.

Ende des Jahres 2018 wurde die neue Richtlinie (EU) 2018/2001 (RED II) beschlossen. Danach müssen die Mitgliedstaaten sicherstellen, dass der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch EU-weit bis zum Jahr 2030 auf mindestens 32 Prozent ansteigt. Einen Rahmen für diese Richtlinie bildet die sogenannte Governance-Verordnung. Mit dieser wurde ein neues Planungs- und Monitoringinstrument für die Umsetzung der Ziele der Energieunion, insbesondere der EU-2030-Ziele für Energie und Klima, eingeführt. Nach dieser hatte jeder EU-Mitgliedstaat bis 2020 einen integrierten Nationalen Energie- und Klimaplan (National Energy and Climate Plan „NECP“) für das nächste Jahrzehnt (2021 – 2030) vorzulegen. In diesen NECPs beschreiben die Mitgliedstaaten ihre nationalen energie- und klimapolitischen Ziele, Strategien und Maßnahmen und formulieren ihre nationalen Zielbeiträge zu den EU-2030-Zielen. Die Bundesregierung hat der EU-Kommission den deutschen NECP im Sommer 2020 übermittelt. Er enthält die seinerzeit gültigen Ziele und Maßnahmen des Energiekonzepts 2010, des Klimaschutzprogramms 2030 und der Energieeffizienzstrategie 2050. Wichtige Zielgrößen waren die Senkung des Primärenergieverbrauchs um 30 Prozent bis 2030 gegenüber 2008 und die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch auf 30 Prozent bis 2030. Bis Mitte 2023 (Mitte 2024) sollen die Mitgliedstaaten eine Aktualisierung ihrer NECPs (dann mit Blick auf die erhöhten EU-2030-Ziele) vorlegen.

Nach einer Auswertung der NECP der Mitgliedstaaten kam die EU-Kommission schon im Jahr 2020 zu dem Schluss, dass auch die Zielmarke der neuen Richtlinie mit einem Anteil erneuerbarer Energien von 33,1 bis 33,7 Prozent im Jahr 2030 übertroffen werden könnte. Doch die Verschärfung der Klimakrise bringt mit sich, dass auch die Zielsetzungen der EU immer wieder überprüft und angepasst werden müssen. Aus diesem Grund hat die EU-Kommission bereits Ende 2019 ihre Mitteilung über den „Green Deal“ vorgelegt. Der Green Deal ist die neue Wachstumsstrategie für die EU und zielt darauf ab, die EU auf einen Weg hin zu einer klimaneutralen, fairen und wohlhabenden Gesellschaft mit einer modernen, ressourceneffizienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaft zu bringen. Die Staats- und Regierungschefs der EU-Mitgliedstaaten unterstützten zeitgleich das EU-Ziel der Klimaneutralität bis 2050 und bekräftigten die Entschlossenheit der EU, eine führende Rolle im weltweiten Kampf gegen den Klimawandel einzunehmen.

Im Dezember 2020 hat daher der Europäische Rat ein neues verbindliches EU-Ziel, die Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 Prozent gegenüber dem Stand von 1990, beschlossen. Damit wurde das ursprüngliche, im Jahr 2014 vereinbarte Ziel, die Emissionen bis 2030 um mindestens 40 Prozent zu senken, deutlich erhöht. In der Folge hat die EU-Kommission mit dem Europäischen Klimagesetz einen Vorschlag vorgelegt, mit dem das 55-Prozent-Ziel sowie das weitergehende Ziel der Klimaneutralität bis 2050 rechtlich verankert und ein Rahmen geschaffen wird, der das Erreichen dieses Ziels sicherstellt. Im April 2021 haben sich der Rat und das Europäische Parlament auf das Klimagesetz geeinigt. Es wurde im Juni 2021 vom Parlament und vom Rat verabschiedet und ist am 29. Juli 2021 in Kraft getreten.

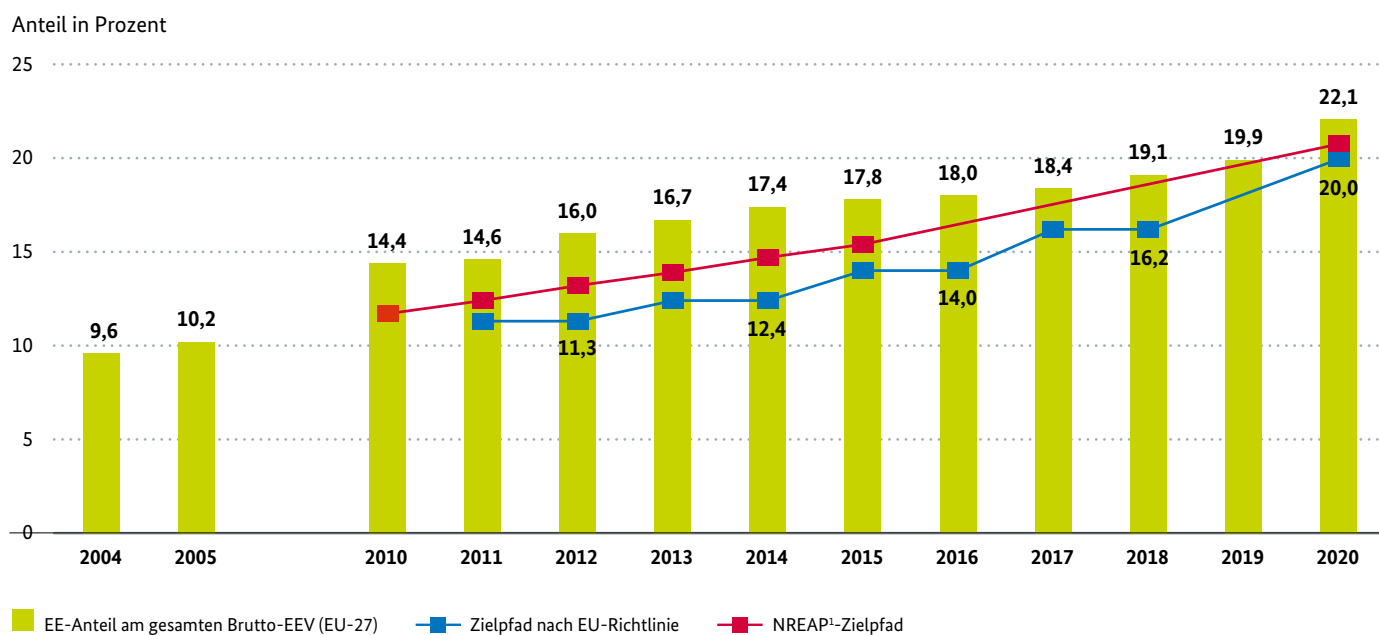
Mit dem „Fit-for-55“-Paket hat die EU-Kommission zudem im Juli 2021 ein Bündel von Vorschlägen vorgelegt, mit denen die klima- und energiebezogenen Rechtsvorschriften überarbeitet und aktualisiert werden sollen, um die Erreichung des 55-Prozent-Ziels sicherzustellen. Vor diesem Hintergrund wurde auch die erneute Überarbeitung der aktuellen Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II) notwendig. Denn insbesondere die Ausbauziele für

erneuerbare Energien müssen den neuen übergeordneten Klimaschutzziele angepasst werden. Ein Teil des Pakets war der Vorschlag für die Überarbeitung der EE-Richtlinie (EU) 2018/2001, der unter anderem ein höheres EU-2030-Ziel von 40 Prozent am Bruttoendenergieverbrauch sowie verbindliche Sektorenziele für Wärme, Industrie und Verkehr beinhaltet. Im Rahmen des REPowerEU-Plans hat die Kommission im Mai 2022 eine weitere Erhöhung des EU-2030-Ziels auf 45 Prozent am Bruttoendenergieverbrauch vorgeschlagen sowie ein umfassendes Konzept zur Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsverfahren (insb. Vorschlag zur Einführung sog. „Go-to-Areas“) vorgelegt.

Die Energie- und Umwelträte der EU haben im Juni 2022 Beschlüsse zu den allgemeinen Ausrichtungen der Richtlinien für Energieeffizienz (Energy Efficiency Directive, EED) und erneuerbare Energien (RED III) gefasst, darunter die Erhöhung des Ausbauziels für erneuerbare Energien auf einen Anteil von zunächst 40 Prozent am Bruttoendenergieverbrauch bis 2030. Als Teil der Beschlüsse wird erst-

mals festgelegt, dass auch auf EU-Ebene der Ausbau erneuerbarer Energien und der dazugehörige Netzausbau im überragenden öffentlichen Interesse sind und der öffentlichen Sicherheit dienen. Dabei handelt es sich um einen wichtigen Baustein, um Genehmigungsverfahren zu beschleunigen. Das 40-Prozent-Ziel ist zudem mit Sektorenzielen unterfüttert. So soll der Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch jährlich um 0,8 bis 1,1 Prozentpunkte gesteigert werden. Für den Verkehrsbereich wird ein Ziel von 29 Prozent erneuerbare Energien oder einer Reduktion der Treibhausgas-Intensität um 13 Prozent jeweils bis 2030 formuliert. Hinzu treten Unterziele für fortschrittliche Biokraftstoffe und erneuerbare Kraftstoffe. Für den Gebäudebereich wird erstmals auch ein Sektorenziel bis 2030 gesetzt. Dieses dürfen sich die MS selbst setzen, es muss dabei aber konsistent mit 49 Prozent EE-Anteil auf EU-Ebene sein. Die Dossiers werden aktuell unter tschechischer Ratspräsidentschaft verhandelt und sind im Herbst 2022 im sogenannten Trilogverfahren vom Rat mit dem Europäischen Parlament und der EU-Kommission.

Abbildung 32: Anteile der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch in der EU und Zielvorgaben der Richtlinie über Energie aus erneuerbaren Quellen (RED) und der nationalen Aktionspläne für erneuerbare Energie (NREAP)



1 Das Energy Research Centre of the Netherlands (ECN) wurde von der European Environment Agency mit der Aufarbeitung und Auswertung der nationalen Aktionspläne für erneuerbare Energie (NREAP) der EU-Mitgliedstaaten beauftragt, mit dem Ziel, Schätzungen für die EU 27 zu generieren.

Quellen: EUROSTAT (SHARES) [49]; Energy Research Centre of the Netherlands (ECN), Ökoinstitut

**Anmerkungen:**

Die in europäischen und internationalen Statistiken angegebenen Daten zur Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland weichen zum Teil von den Angaben deutscher Quellen ab. Neben der unterschiedlichen Datenherkunft spielen hierbei auch abweichende Bilanzierungsmethoden eine Rolle.

Im Teil „Europa“ werden aus Konsistenzgründen für Deutschland die Daten aus den internationalen Statistiken übernommen. Die detaillierteren Angaben der nationalen Quellen auf den vorangehenden Seiten sind jedoch i. d. R. belastbarer.

Mit dem Austritt des Vereinigten Königreichs aus der EU zum 1. Januar 2021 sind auch Änderungen der Statistiken zur Nutzung erneuerbarer Energien in der EU verbunden. Die vorliegende Ausgabe von „Erneuerbare Energien in Zahlen“ ist daher bereits die zweite, in der die Darstellung für die EU-27 ohne das Vereinigte Königreich erfolgt. Eine Vergleichbarkeit mit den Daten der vorangegangenen Broschüren ist für den EU-Teil daher nur eingeschränkt möglich.

**Tabelle 28: Anteile der erneuerbaren Energien am gesamten Bruttoendenergieverbrauch und am Bruttoendenergieverbrauch Strom in den EU-Mitgliedstaaten**

	EE-Anteile am Bruttoendenergieverbrauch (%)						EE-Anteile am Bruttoendenergieverbrauch Strom <sup>1</sup> (%)				
	2005	2010	2015	2019	2020	Ziel (2020)	2005	2010	2015	2019	2020
Belgien	2,3	6,0	8,1	9,9	13,0	13	2,4	7,3	15,6	20,8	25,1
Bulgarien	9,2	13,9	18,3	21,5	23,3	16	8,7	12,4	19,0	23,5	23,6
Dänemark	16,0	21,9	30,5	37,0	31,7	30	24,6	32,7	51,3	65,3	65,3
Deutschland	7,2	11,7	14,9	17,3	19,1	18	10,6	18,2	30,9	40,6	44,7
Estland	17,5	24,6	29,0	31,7	30,1	25	1,1	10,3	16,2	22,0	28,3
Finnland	28,8	32,2	39,2	42,7	43,8	38	26,9	27,2	32,2	38,0	39,6
Frankreich	9,3	12,7	14,8	17,2	19,1	23	13,7	14,8	18,8	22,4	24,8
Griechenland	7,3	10,1	15,7	19,6	21,7	18	8,2	12,3	22,1	31,3	35,9
Irland	2,8	5,8	9,1	12,0	16,2	16	7,2	15,6	25,7	36,5	39,1
Italien	7,5	13,0	17,5	18,2	20,4	17	16,3	20,1	33,5	35,0	38,1
Kroatien	23,7	25,1	29,0	28,5	31,0	20	35,2	37,5	45,4	49,8	53,8
Lettland	32,3	30,4	37,5	40,9	42,1	40	43,0	42,1	52,2	53,4	53,4
Litauen	16,8	19,6	25,7	25,5	26,8	23	3,8	7,4	15,5	18,8	20,2
Luxemburg	1,4	2,9	5,0	7,0	11,7	11	3,2	3,8	6,2	10,9	13,9
Malta	0,1	1,0	5,1	8,2	10,7	10	0,0	0,0	4,3	7,5	9,5
Niederlande	2,5	3,9	5,7	8,9	14,0	14	6,3	9,6	11,0	18,2	26,4
Österreich	24,4	31,2	33,5	33,8	36,5	34	62,9	66,4	71,5	75,1	78,2
Polen	6,9	9,3	11,9	15,4	16,1	15	2,5	6,5	13,4	14,4	16,2
Portugal	19,5	24,1	30,5	30,6	34,0	31	27,7	40,6	52,6	53,8	58,0
Rumänien	17,6	22,8	24,8	24,3	24,5	24	28,8	30,4	43,2	42,6	43,4
Schweden	40,0	46,1	52,2	55,8	60,1	49	50,9	55,8	65,7	71,2	74,5
Slowakische Republik	6,4	9,1	12,9	16,9	17,3	14	15,7	17,8	22,7	22,1	23,1
Slowenien	19,8	21,1	22,9	22,0	25,0	25	28,7	32,2	32,7	32,6	35,1
Spanien	8,4	13,8	16,2	17,9	21,2	20	19,2	29,7	37,0	37,1	42,9
Tschechische Republik	7,1	10,5	15,1	16,2	17,3	13	3,8	7,5	14,1	14,0	14,8
Ungarn	6,9	12,7	14,5	12,6	13,9	13	4,4	7,1	7,3	10,0	11,9
Zypern	3,1	6,2	9,9	13,8	16,9	13	0,0	1,4	8,4	9,8	12,0
<b>Region EU-27</b>	<b>10,2</b>	<b>14,4</b>	<b>17,8</b>	<b>19,9</b>	<b>22,1</b>	<b>20</b>	<b>16,4</b>	<b>21,3</b>	<b>29,7</b>	<b>34,1</b>	<b>37,5</b>

Zur Berechnung der Anteile siehe auch im Abschnitt „Methodische Hinweise“.

1 Für die Berechnung der Anteile der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch wurde die Stromerzeugung aus Windenergie und Wasserkraft mittels der in der EU-Richtlinie definierten Normalisierungsregel berechnet.

Quelle: Eurostat (SHARES) [49]

Tabelle 29: Anteile der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch für Wärme und Kälte sowie am Endenergieverbrauch des Verkehrs in den EU-Mitgliedstaaten

	EE-Anteile am Bruttoendenergieverbrauch Wärme und Kälte (%)					EE-Anteile am Bruttoendenergieverbrauch Verkehr (%)					
	2005	2010	2015	2019	2020	2005	2010	2015	2019	2020	Ziel
Belgien	3,4	6,7	7,9	8,3	8,4	0,7	4,8	3,9	6,8	11,0	alle Länder: 10%
Bulgarien	14,3	24,3	28,9	35,4	37,2	0,9	1,5	6,5	7,9	9,1	
Dänemark	22,6	30,4	39,5	47,3	51,1	0,4	1,1	6,4	7,1	9,7	
Deutschland	7,7	12,1	13,4	14,5	14,8	4,0	6,4	6,6	7,6	9,9	
Estland	32,4	43,2	50,0	52,2	58,8	0,2	0,4	0,4	6,2	12,2	
Finnland	39,1	44,0	52,6	56,9	57,6	0,9	4,4	24,6	14,3	13,4	
Frankreich	12,4	16,2	18,9	22,4	23,4	0,8	6,6	8,4	9,2	9,2	
Griechenland	13,4	18,7	26,6	30,0	31,9	0,1	1,9	1,1	4,0	5,3	
Irland	3,4	4,3	6,2	6,3	6,3	0,1	2,5	5,9	8,9	10,2	
Italien	8,2	15,6	19,3	19,7	19,9	1,0	4,9	6,5	9,0	10,7	
Kroatien	30,0	32,9	38,6	36,8	36,9	1,0	1,1	2,4	5,9	6,6	
Lettland	42,7	40,7	51,7	57,7	57,1	2,4	4,0	3,6	4,6	6,7	
Litauen	29,3	32,5	46,1	47,4	50,4	0,7	3,8	4,6	4,0	5,5	
Luxemburg	3,6	4,7	6,9	8,7	12,6	0,2	2,1	6,7	7,7	12,6	
Malta	1,0	7,3	14,6	23,6	23,0	0,0	0,0	4,7	8,9	10,6	
Niederlande	2,4	3,1	5,3	7,2	8,1	0,5	3,4	5,6	12,3	12,6	
Österreich	22,8	31,0	33,2	33,9	35,0	5,1	10,7	11,4	10,1	10,3	
Polen	10,2	11,8	14,8	22,0	22,1	1,7	6,6	5,7	6,2	6,6	
Portugal	32,1	33,8	40,1	41,7	41,5	0,5	5,5	7,4	9,1	9,7	
Rumänien	17,9	27,2	25,9	25,7	25,3	1,9	1,4	5,5	7,8	8,5	
Schweden	49,0	57,1	63,2	64,4	66,4	6,6	9,6	21,5	30,3	31,9	
Slowakische Republik	5,0	7,9	10,8	19,7	19,4	1,7	5,3	8,6	8,3	9,3	
Slowenien	26,4	29,5	36,2	32,1	32,1	0,8	3,1	2,2	8,0	10,9	
Spanien	9,4	12,5	16,9	17,2	18,0	1,3	5,0	1,1	7,6	9,5	
Tschechische Republik	10,8	14,1	19,8	22,6	23,5	1,1	5,2	6,5	7,8	9,4	
Ungarn	9,9	18,1	21,3	18,2	17,7	1,0	6,2	7,2	8,1	11,6	
Zypern	10,0	18,8	24,1	35,1	37,1	0,0	2,0	2,5	3,3	7,4	
<b>Region EU-27</b>	<b>12,4</b>	<b>17,0</b>	<b>20,3</b>	<b>22,4</b>	<b>23,1</b>	<b>1,8</b>	<b>5,5</b>	<b>6,8</b>	<b>8,8</b>	<b>10,2</b>	<b>10</b>

Weitere Informationen zur Berechnung der Anteile siehe auch im Abschnitt „Methodische Hinweise“.

Quelle: Eurostat (SHARES) [49]

## Abschätzung der Anteile erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2021 nach EU-Richtlinie

Nach ersten vorläufigen Berechnungen und Schätzungen auf Basis der neuen Berechnungsmethodik der EU (EU-RL 2018/2001, RED II)

erreichten die erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2021 einen Anteil von 19,2 Prozent am Bruttoendenergieverbrauch (BEEV). Der Wert ist damit gegenüber dem Vorjahr leicht angestiegen.

**Tabelle 30: Anteile der erneuerbaren Energien am gesamten Bruttoendenergieverbrauch sowie in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr in Deutschland**

Berechnet nach EU-Richtlinie

	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021 <sup>1</sup>
	(%)												
EE-Anteil am BEEV Strom	10,6	18,2	20,9	23,6	25,3	28,2	30,9	32,3	34,6	37,6	40,6	44,7	
EE-Anteil am BEEV Wärme/Kälte	7,7	12,1	12,6	13,4	13,4	13,4	13,4	13,0	13,4	14,2	14,5	14,8	
EE-Anteil am BEEV Verkehr	4,0	6,4	6,5	7,3	7,3	6,9	6,6	7,0	7,0	7,9	7,6	10,0	
<b>EE-Anteil am gesamten Bruttoendenergieverbrauch</b>	<b>7,2</b>	<b>11,7</b>	<b>12,5</b>	<b>13,5</b>	<b>13,8</b>	<b>14,4</b>	<b>14,9</b>	<b>14,9</b>	<b>15,5</b>	<b>16,7</b>	<b>17,3</b>	<b>19,1</b>	<b>19,2</b>

<sup>1</sup> Die vorliegende Übersicht gibt den derzeitigen Stand verfügbarer Statistiken wieder. Für das Jahr 2021 lagen bei Redaktionsschluss nur vorläufige Werte vor. Werte bis 2020 berechnet gemäß EU-RL 2009/28/EG, ab 2021 gemäß EU-RL (EU) 2018/2001.

Quelle: Eurostat (SHARES) [49]

## Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU

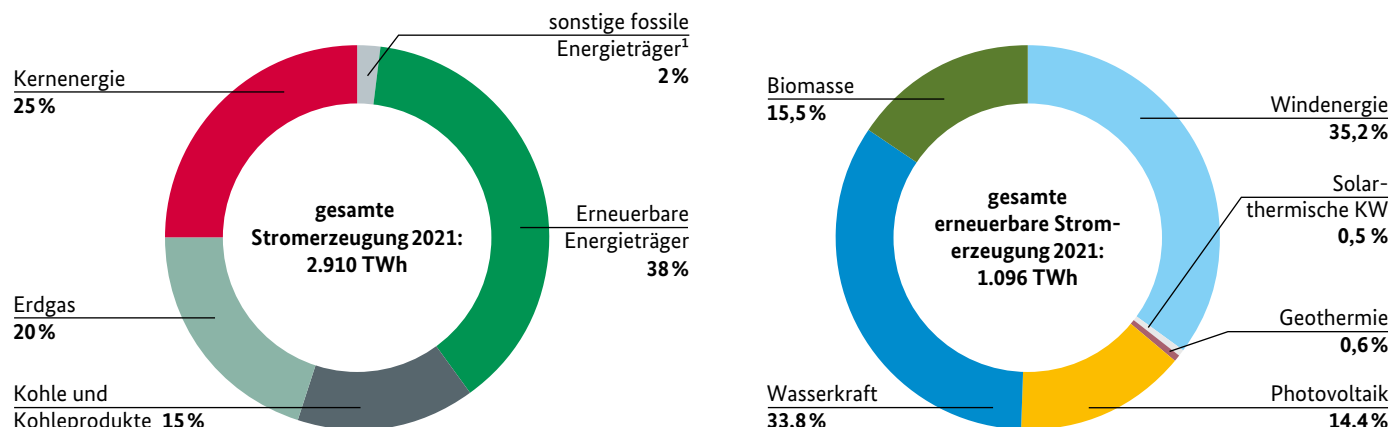
Noch im Jahr 2005 lag der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Bruttostromverbrauch der EU-27 erst bei 16,3 Prozent [49]. Die Nationalen Aktionspläne, die die Mitgliedstaaten im Rahmen der RL 2009/28/EG vorlegen mussten, fokussierten allerdings bereits sehr stark auf den Ausbau der erneuerbaren Energien im Strombereich und enthielten zusammengenommen das Ziel einer Verdoppelung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch der EU bis zum Jahr 2020 gegenüber dem Jahr 2005. Diese Zielmarke konnte im Jahr 2020 mit 38,5 Prozent bereits deutlich überschritten werden, weil der Ausbau der erneuerbaren Energien EU-weit wie in Deutschland im Strombereich deutlich schneller voranging als im Wärme- und Verkehrsbereich.

Im Jahr 2021 nahm die Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien trotz des Ausbaus der Erzeugungskapazitäten gegenüber dem Vorjahr nur leicht auf 1.096 Terawattstunden zu (2020: 1.086 Terawattstunden). Der wesentliche Grund waren schlechtere Windverhältnisse als im Vorjahr, in deren Folge die Windstromerzeugung um 3 Prozent auf knapp 386 Terawattstunden sank (2020: 397 Terawattstunden).

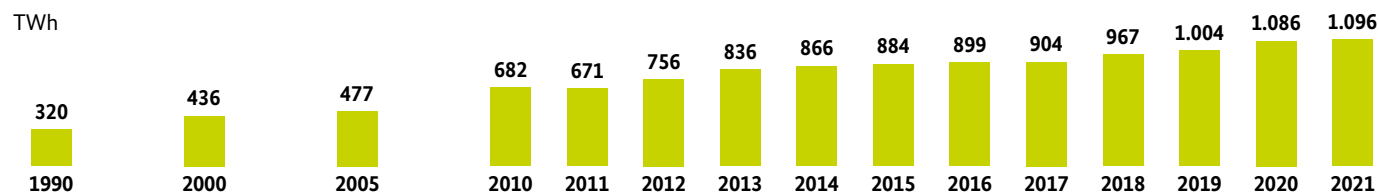
Dominierte im Jahr 2005 noch die Wasserkraft die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien mit einem Anteil von über 70 Prozent, so lag im Jahr 2021 die Windenergie mit 35,2 Prozent wie schon im Vorjahr vor der Wasserkraft (33,8 Prozent). Es folgten Biomasse mit 15,5 und Photovoltaik mit 14,4 Prozent.

Abbildung 33: Bruttostromerzeugung in der EU-27 im Jahr 2021

Anteile in Prozent



Entwicklung der Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU:



1 sonstige fossile Energieträger = Industriemüll, nicht erneuerbarer kommunaler Abfall, Pumpspeicher etc. Meeresenergie ist aufgrund der geringen Menge nicht dargestellt

Quellen: Eurostat (Erzeugung von Elektrizität und abgeleiteter Wärme nach Brennstoff) [50]; Eurostat (Early Estimate) [51]

Tabelle 31: Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU-27

	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	(TWh)							
Biomasse <sup>1</sup>	111,6	149,4	151,1	153,6	155,5	159,7	162,7	170,3
Wasserkraft <sup>2</sup>	401,3	363,2	372,7	322,5	370,2	345,6	374,5	370,0
Windenergie	139,8	263,2	266,8	312,3	320,6	367,2	397,4	385,7
Geothermie	5,6	6,6	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,6
Photovoltaik	22,5	95,3	95,5	102,0	108,2	118,1	139,2	157,8
Solarthermie	0,8	5,6	5,6	5,9	4,9	5,7	5,0	5,2
Meeresenergie	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
EE gesamt	682,0	883,8	898,9	903,6	966,5	1.003,5	1.086,1	1.096,0
<b>EE-Anteil am Bruttostromverbrauch<sup>3</sup></b>	<b>22,8 %</b>	<b>30,5 %</b>	<b>30,7 %</b>	<b>30,6 %</b>	<b>32,7 %</b>	<b>34,5 %</b>	<b>38,8 %</b>	<b>37,6 %</b>
Bruttostromerzeugung – Gesamt – EU	2.984,0	2.906,6	2.928,1	2.960,9	2.943,0	2.907,2	2.786,0	2.909,7
Import	291,5	387,6	362,5	366,6	372,3	369,4	380,9	401,4
Export	286,6	394,3	361,9	371,1	363,5	366,5	367,0	394,2

1 einschließlich Bio- Klär- und Deponiegas, flüssiger und fester biogener Brennstoffe sowie des erneuerbaren Anteils des kommunalen Abfalls

2 für Pumpspeicherkraftwerke nur Erzeugung aus natürlichem Zufluss

3 Bruttostromverbrauch = Bruttostromerzeugung plus Import minus Export; nicht nach Vorgaben der EU-Richtlinie berechnet

Die vorliegende Übersicht gibt den derzeitigen Stand verfügbarer Statistiken wieder (bis 2020 EUROSTAT (Erzeugung von Elektrizität und abgeleiteter Wärme nach Brennstoff), 2021 EUROSTAT (Early Estimates, vorläufige Daten).

Quellen: Eurostat (Erzeugung von Elektrizität und abgeleiteter Wärme nach Brennstoff) [50]; Eurostat (Early Estimate) [51]

Tabelle 32: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU-27 im Jahr 2021

	Wasser- kraft <sup>1</sup>	Wind- energie	Feste Biomasse <sup>2</sup>	Biogase <sup>3</sup>	Flüssige Biobrenn- stoffe	Photo- voltaik	Solar- thermie KW	Geother- mie	Meeres- energie	Gesamt
	(TWh)									
Belgien	1,3	11,9	4,0	1,0	< 0,1	5,6	-	-	-	23,8
Bulgarien	5,1	1,4	2,4	0,2	-	1,5	-	-	-	10,5
Dänemark	< 0,1	16,1	8,1	0,6	-	1,3	-	-	-	26,1
Deutschland	24,6	113,8	17,0	33,2	0,3	50,0	-	0,2	-	239,2
Estland	< 0,1	0,7	1,8	< 0,1	-	0,3	-	-	-	2,8
Finnland	15,8	8,1	13,4	0,3	-	0,3	-	-	-	38,0
Frankreich	63,2	37,0	6,3	2,9	< 0,1	15,1	-	0,1	0,5	125,1
Griechenland	6,0	10,5	< 0,1	0,3	-	5,1	-	-	-	21,9
Irland	1,0	9,7	0,8	0,2	-	< 0,1	-	-	-	11,7
Italien	46,8	20,8	6,6	7,6	4,0	25,0	-	5,9	-	116,8
Kroatien	7,2	2,1	0,7	0,4	-	0,1	-	0,1	-	10,7
Lettland	2,7	0,1	0,6	0,3	-	< 0,1	-	-	-	3,7
Litauen	1,1	1,4	0,5	0,2	-	0,2	-	-	-	3,3
Luxemburg	1,1	0,3	0,3	0,1	-	0,2	-	-	-	2,0
Malta	-	< 0,1	-	< 0,1	-	0,3	-	-	-	0,3
Niederlande	< 0,1	18,0	9,9	0,9	-	11,3	-	-	-	40,1
Österreich	42,5	6,7	3,9	0,6	< 0,1	2,8	-	< 0,1	-	56,6
Polen	3,1	16,2	6,6	1,3	< 0,1	3,9	-	-	-	31,2
Portugal	13,4	13,3	3,6	0,3	-	2,2	-	0,2	-	32,9
Rumänien	17,7	6,6	0,6	-	-	1,7	-	-	-	26,5
Schweden	71,1	27,1	11,8	< 0,1	0,3	1,5	-	-	-	111,9
Slowakische Rep.	4,5	< 0,1	1,1	0,5	-	0,7	-	-	-	6,7
Slowenien	5,0	< 0,1	0,2	0,1	< 0,1	0,5	-	-	-	5,7
Spanien	32,8	62,2	5,9	0,9	< 0,1	21,6	5,2	-	< 0,1	128,7
Tschechische Rep.	3,6	0,6	2,8	2,6	-	2,2	-	-	-	11,8
Ungarn	0,2	0,7	1,9	0,3	-	3,8	-	< 0,1	-	6,9
Zypern	-	0,2	-	0,1	-	0,5	-	-	-	0,8
<b>EU-27</b>	<b>370,0</b>	<b>385,7</b>	<b>110,9</b>	<b>54,8</b>	<b>4,7</b>	<b>157,8</b>	<b>5,2</b>	<b>6,6</b>	<b>0,5</b>	<b>1.095,7</b>

Die vorliegende Übersicht gibt den derzeitigen Stand verfügbarer Statistiken wieder (siehe Quelle). Diese Daten können von nationalen Statistiken abweichen, unter anderem aufgrund von unterschiedlichen Methodiken. Alle Angaben vorläufig; Abweichungen in den Summen durch Rundungen.

1 Wasserkraft (gesamt) inklusive Pumpspeicher

2 inkl. des biogenen Anteils des Abfalls

3 inkl. Klär- und Deponiegas

Quelle: Eurostat (Erzeugung von Elektrizität und abgeleiteter Wärme nach Brennstoff) [50]

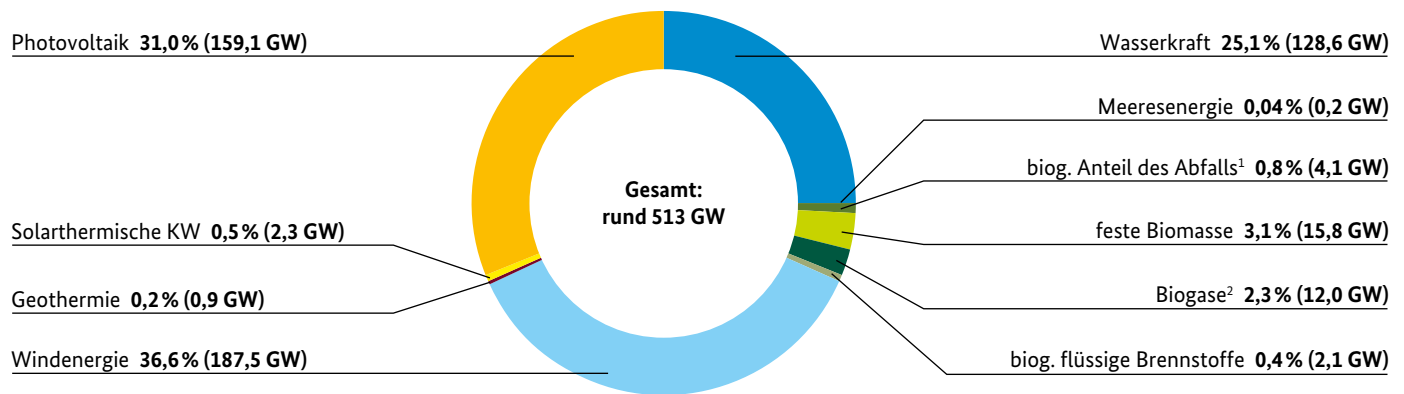
Den größten Beitrag zur gesamten Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der EU-27 leistete im Jahr 2021 Deutschland mit 239,2 Terawattstunden bzw. 21,8 Prozent. Es folgten Spanien, im Vorjahr noch auf Rang 4, mit 128,7 sowie Frankreich mit 125,1 Terawattstunden. Die Plätze 4 und 5 belegten Italien mit 116,8 und Schweden mit 111,9 Terawattstunden.

Im Zuge des aktuellen Ausbaus erneuerbarer Energien steigt die installierte Leistung stärker an als die Stromerzeugung. Dies liegt daran, dass die Technologien zur Nutzung von Wind und Sonne niedri-

gere Volllaststunden aufweisen als Wasserkraftanlagen, die bis vor einigen Jahren noch den Bestand an Stromerzeugungskapazitäten aus erneuerbaren Energien dominierten. So stieg die installierte Leistung der erneuerbaren Energien in der EU-27 von 172 Gigawatt im Jahr 2005 auf 513 Gigawatt Ende des Jahres 2021. Während im Jahr 2005 noch die Wasserkraft mit zwei Dritteln der damals installierten Leistung dominierte, lag Ende 2021 die Windenergie mit knapp 37 Prozent der installierten Leistung bereits deutlich an der Spitze, gefolgt von der Photovoltaik mit 31 Prozent. Die Wasserkraft lag mit gut 25 Prozent hingegen nur noch an dritter Stelle.

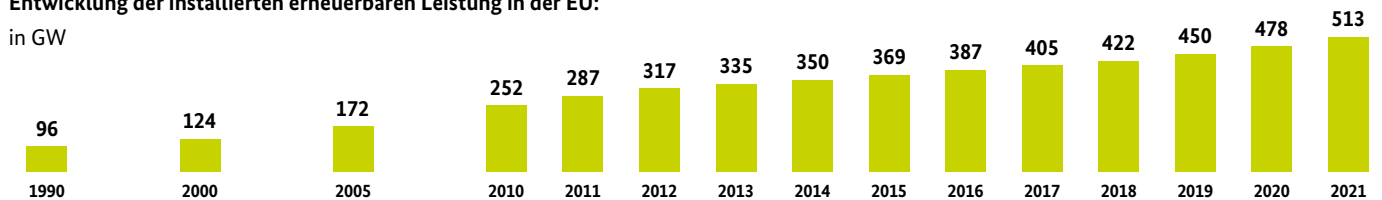


Abbildung 34: Gesamte installierte Leistung zur erneuerbaren Stromerzeugung in der EU-27 im Jahr 2021



Entwicklung der installierten erneuerbaren Leistung in der EU:

in GW



1 biogener Anteil des Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 Prozent angesetzt

2 inkl. Deponie- und Klärgas

Quelle: Eurostat (Stromerzeugungskapazität von erneuerbaren Energien und Abfällen) [52]

## Windenergienutzung

Der Ausbau der Windenergie an Land nahm in der EU-27 im Jahr 2021 wieder Fahrt auf. Mit gut 9,8 Gigawatt wurde ein Drittel mehr Windenergieleistung neu installiert als noch im Vorjahr (2019: 7,4 Gigawatt). Mit 2,1 Gigawatt lag Schweden beim Zubau deutlich vor Deutschland mit 1,6 sowie Frankreich und den Niederlanden mit jeweils knapp 1,2 Gigawatt. Auf See hingegen brach der Zubau in der EU-27 ein. Er lag mit 638 Megawatt nur noch bei rund einem Viertel des Vorjahreswerts (2020: 2.453 Megawatt). Mit 605 Megawatt waren 95 Prozent des Offshore-Windenergie-Zubaus in Dänemark zu verzeichnen. An Land und auf See zusammen lag die neu installierte Windenergieleistung mit knapp 10,5 Gigawatt aber immer noch um gut 6 Prozent höher als im Vorjahr (2020: 9,8 Gigawatt).

Insgesamt war damit in der EU-27 Ende des Jahres 2021 eine Windenergieleistung von 187,4 Gigawatt installiert, davon 172,3 Gigawatt an Land

und 15,1 Gigawatt auf See. Mit 63,8 Gigawatt entsprechend 34 Prozent der gesamten Windenergieleistung belegte Deutschland hier weiterhin den Spitzenplatz. Es folgten Spanien mit 27,5 Gigawatt und Frankreich mit 18,7 Gigawatt. Auf Platz 4 und 5 folgten Schweden mit 12,1 und Italien mit 11,3 Gigawatt.

Bezieht man die installierte Windenergieleistung auf die Einwohnerzahl der einzelnen Mitgliedstaaten der EU-27, ergibt sich ein anderes Bild: EU-weit war Ende des Jahres 2021 eine Leistung von 419 Watt pro Einwohner installiert. Hier lag wie schon in den Vorjahren Dänemark mit 1.205 Watt pro Einwohner auf Platz 1, inzwischen dicht gefolgt von Schweden mit 1.170 Watt. Auf den Plätzen 3 und 4 lagen mit 873 Watt Irland und Deutschland mit 767 Watt pro Einwohner.

Im Jahr 2021 produzierten alle in der EU-27 installierten Windenergieanlagen zusammen 385,7 Terawattstunden Strom und damit knapp 3 Prozent weniger als im Vorjahr. Die Windenergie deckte

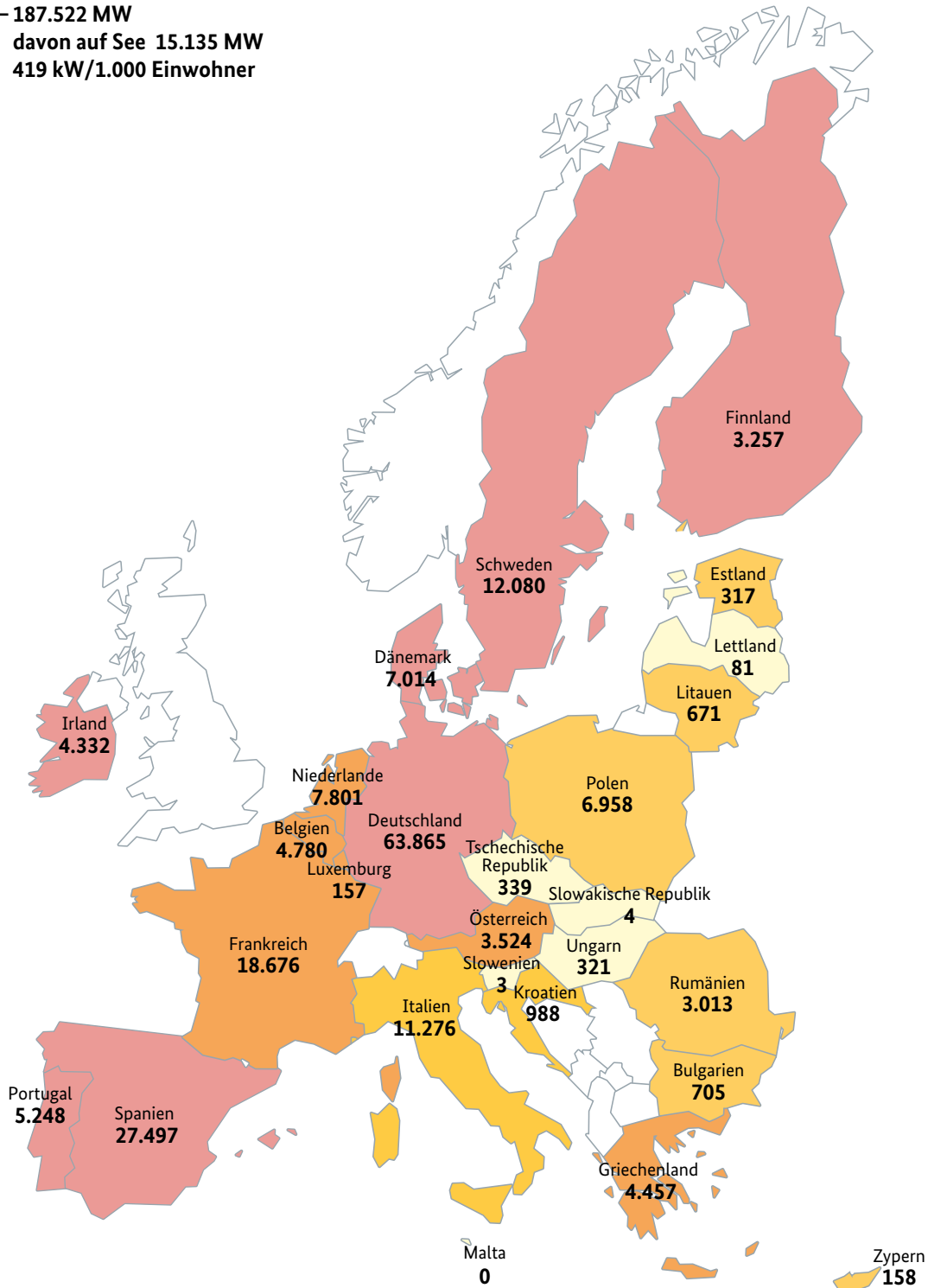
damit 13,2 Prozent des gesamten Stromverbrauchs der EU-27 [53]. Den meisten Windstrom erzeugte Deutschland mit 113,8 Terawattstunden, gefolgt

von Spanien mit 62,2 und Frankreich mit 37,0 Terawattstunden [50].

Abbildung 35: Gesamte installierte Windenergieleistung in der EU-27 Ende des Jahres 2021

**EU-27 – 187.522 MW**

**davon auf See 15.135 MW**  
**419 kW/1.000 Einwohner**

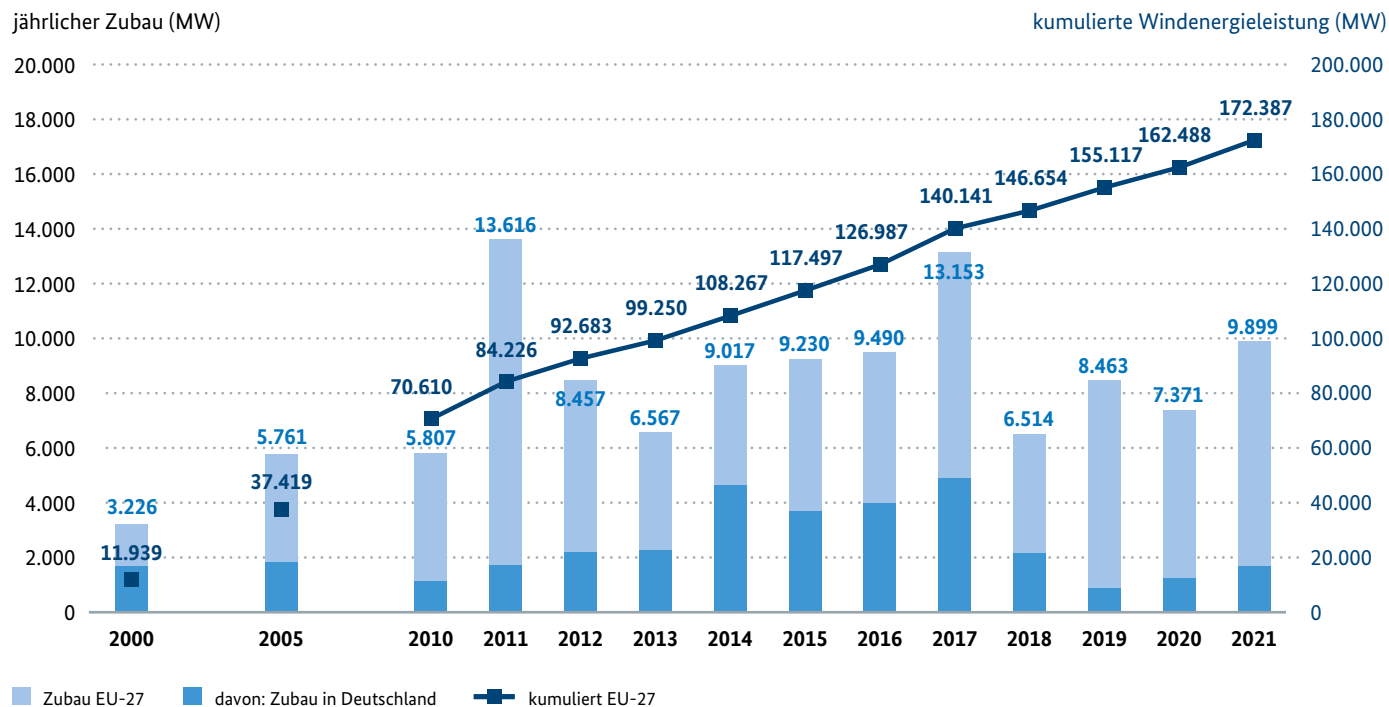


Relativer Ausbaugrad

≤ 50 kW/1.000 Einwohner  
  ≤ 100 kW/1.000 Einwohner  
  ≤ 250 kW/1.000 Einwohner  
  ≤ 500 kW/1.000 Einwohner  
  > 500 kW/1.000 Einwohner

Quelle: IRENA („Renewable Capacity Statistics 2022“) [55]

Abbildung 36: Windenergie an Land: Entwicklung der kumulierten Leistung (in MW) in den EU-Mitgliedstaaten (EU-27)

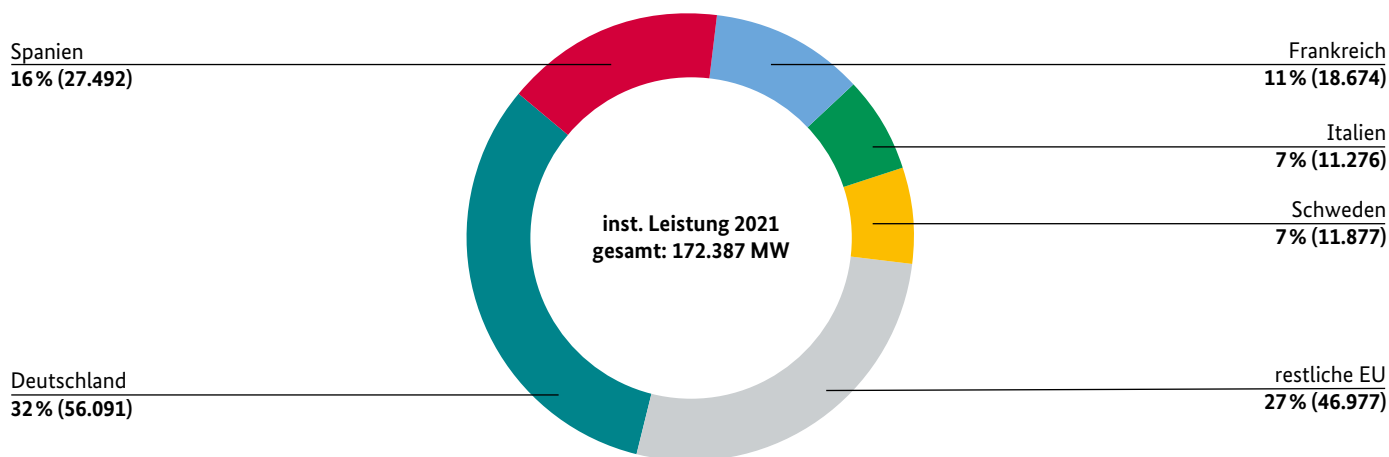


Die Windleistung 2021 entspricht der Schätzung der IRENA („Renewable Capacity Statistics 2022“).

Quellen: Eurostat (Stromerzeugungskapazität von erneuerbaren Energien und Abfällen [nrg\_inf\_epcrw])[52]; IRENA („Renewable Capacity Statistics 2022“) [55]

Abbildung 37: Windenergie an Land: Anteil einzelner Länder an der kumulierten Leistung (in MW) im Jahr 2021

in MW

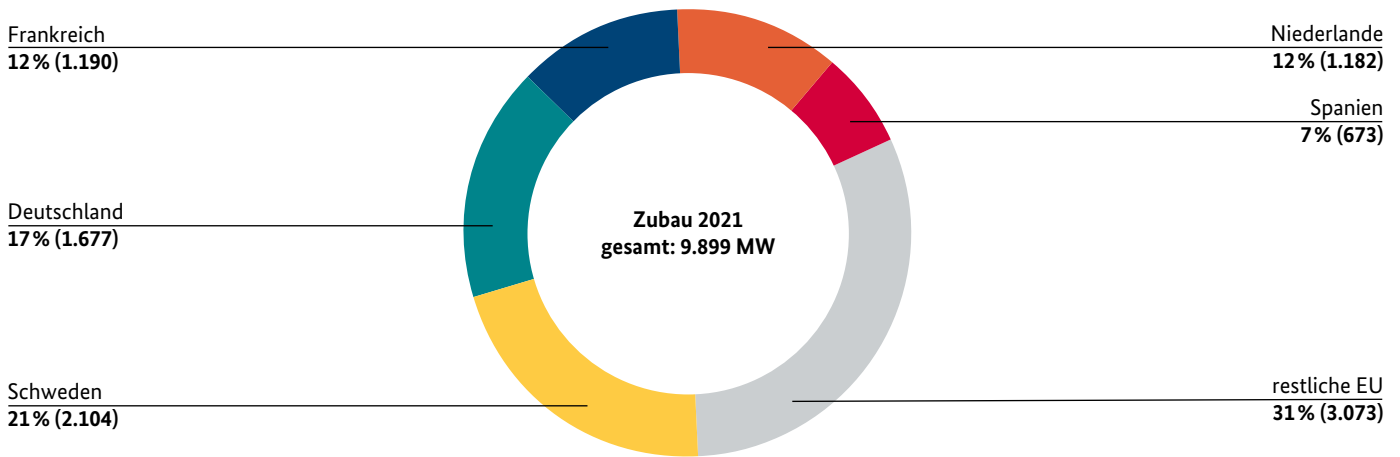


Die Windleistung 2021 entspricht der Schätzung der IRENA („Renewable Capacity Statistics 2022“).

Quellen: Eurostat (Stromerzeugungskapazität von erneuerbaren Energien und Abfällen [nrg\_inf\_epcrw])[52]; IRENA („Renewable Capacity Statistics 2022“) [55]

Abbildung 38: Windenergie an Land: Anteil einzelner Länder am Zubau (Leistung in MW) im Jahr 2021

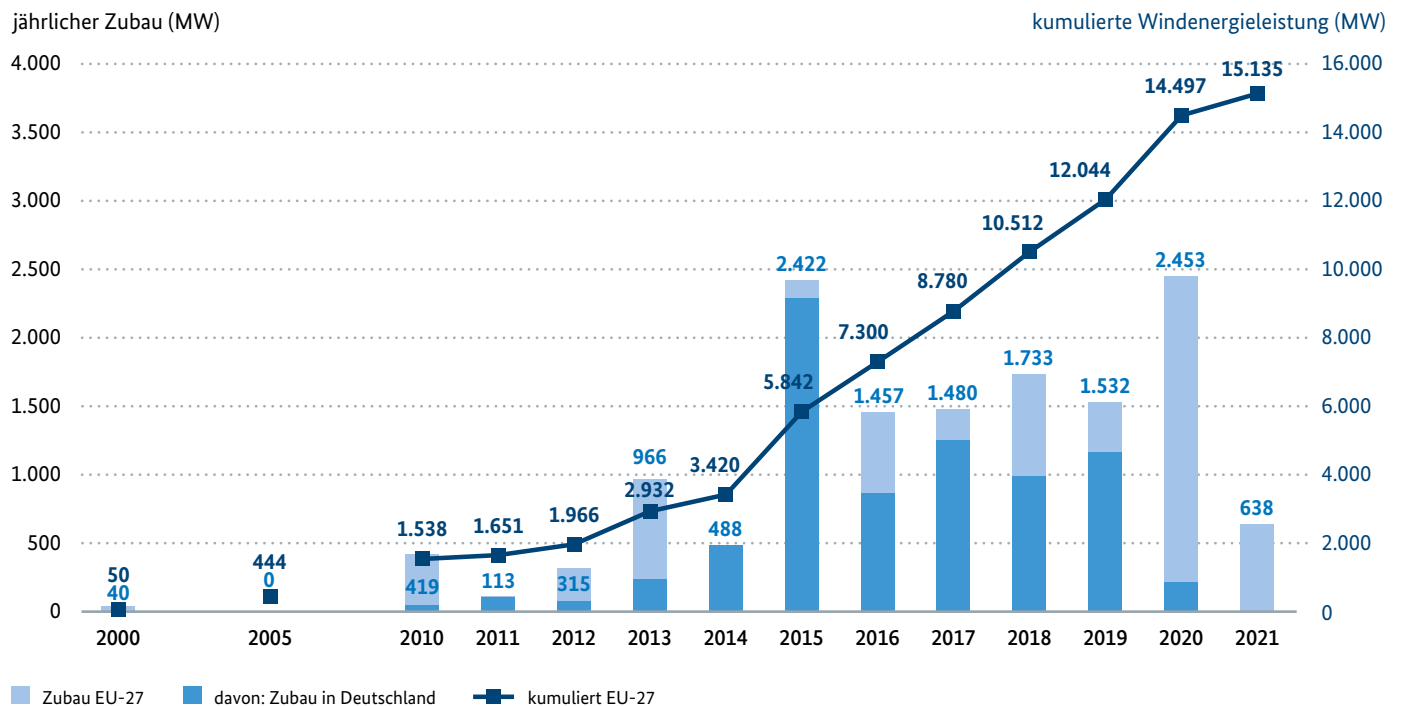
in MW



Die Windleistung 2021 entspricht der Schätzung der IRENA („Renewable Capacity Statistics 2022“).

Quellen: Eurostat (Stromerzeugungskapazität von erneuerbaren Energien und Abfällen [nrg\_inf\_epcrw])[52]; IRENA („Renewable Capacity Statistics 2022“) [55]

Abbildung 39: Windenergie auf See: Entwicklung der kumulierten Leistung (in MW) in den EU-Mitgliedstaaten (EU-27)

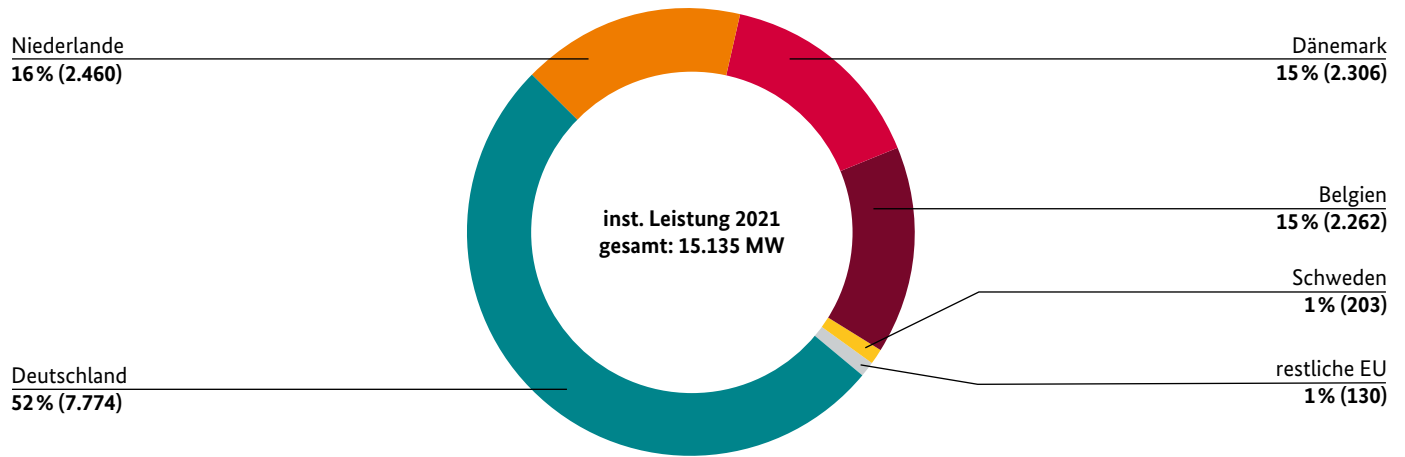


Die Windleistung 2021 entspricht der Schätzung der IRENA („Renewable Capacity Statistics 2022“).

Quellen: Eurostat (Stromerzeugungskapazität von erneuerbaren Energien und Abfällen [nrg\_inf\_epcrw])[52]; IRENA („Renewable Capacity Statistics 2022“) [55]

Abbildung 40: Windenergie auf See: Anteil einzelner Länder an der kumulierten Leistung (in MW) im Jahr 2021

in MW

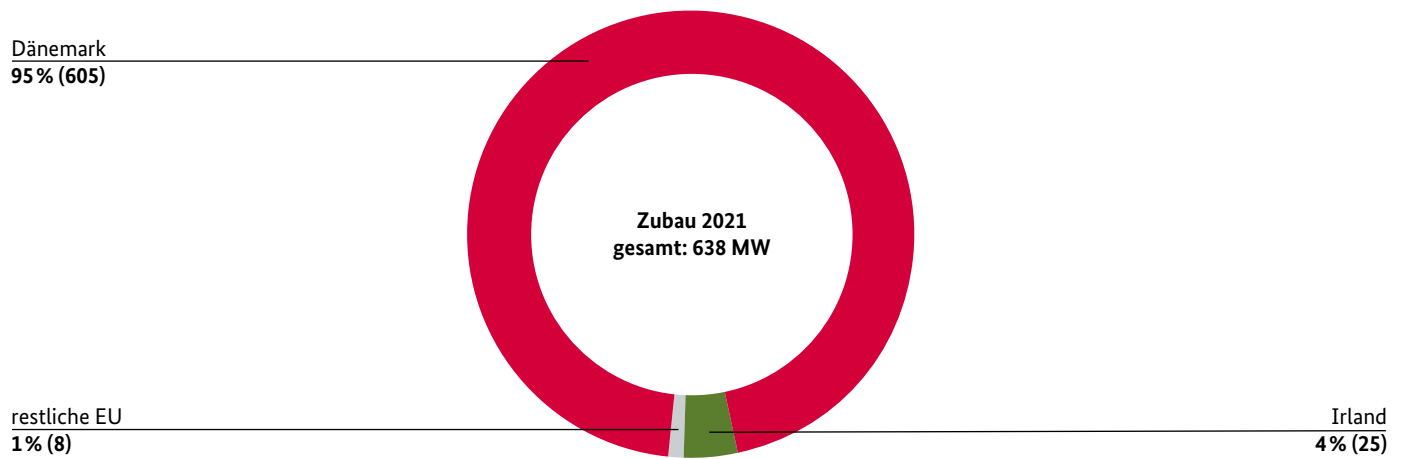


Die Windleistung 2021 entspricht der Schätzung der IRENA („Renewable Capacity Statistics 2022“).

Quellen: Eurostat (Stromerzeugungskapazität von erneuerbaren Energien und Abfällen [nrg\_inf\_epcrw]) [52]; IRENA („Renewable Capacity Statistics 2022“) [55]

Abbildung 41: Windenergie auf See: Anteil einzelner Länder am Zubau (Leistung in MW) im Jahr 2021

in MW



Die Windleistung 2021 entspricht der Schätzung der IRENA („Renewable Capacity Statistics 2022“).

Quellen: Eurostat (Stromerzeugungskapazität von erneuerbaren Energien und Abfällen [nrg\_inf\_epcrw]) [52]; IRENA („Renewable Capacity Statistics 2022“) [55]

## Solarenergienutzung – Stromerzeugung

Der Photovoltaikzubau setzte in der EU seinen Aufwärtstrend auch im Jahr 2021 fort. Mit gut 22,9 Gigawatt wurden nochmals rund 26 Prozent mehr Photovoltaikleistung neu installiert als im Vorjahr (2020: 18,2 Gigawatt) [53]. Bemerkenswert ist dabei, dass neben Deutschland, das beim Zubau mit 5,0 Gigawatt nach wie vor den ersten Platz belegte, nunmehr in fünf weiteren Mitgliedstaaten der EU-27 ein Photovoltaikzubau im Gigawattbereich zu verzeichnen war. Dies waren Polen mit 3,7 Gigawatt, Spanien mit 3,4 Gigawatt, die Niederlande mit 3,3 Gigawatt sowie Frankreich mit 2,7 und Italien mit 1,0 Gigawatt.

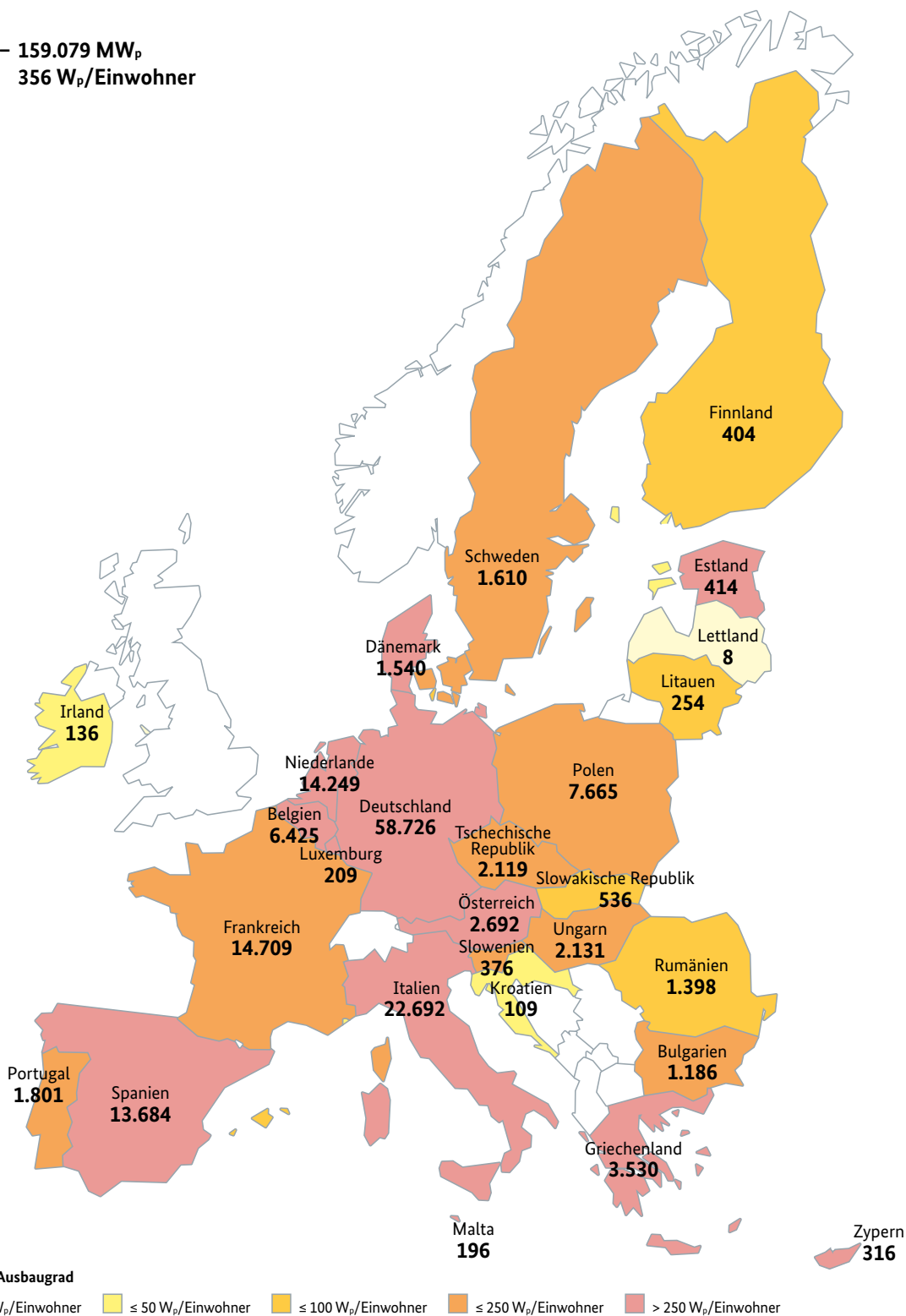
Ende des Jahres 2021 waren in der EU-27 insgesamt 159,1 Gigawatt Photovoltaikleistung installiert, woran Deutschland mit 58,7 Gigawatt bzw. 37 Prozent noch immer den mit Abstand höchsten Anteil hatte. Es folgten Italien mit 22,7 Gigawatt sowie dicht beieinander Frankreich mit 14,7 Gigawatt, die Niederlande mit 14,2 und Spanien mit 13,6 Gigawatt. Die installierte Photovoltaikleistung pro Einwohner lag Ende des Jahres 2021 EU-weit bereits bei 356 Watt (2020: 305 Watt). Hier rangiert nun die Niederlande mit 819 Watt vor Deutschland (706 Watt). Auf den weiteren Plätzen folgten Belgien mit 558, Malta mit 381 und Italien mit 380 Watt pro Einwohner.

Im Zuge der stark zunehmenden installierten Leistung nahm auch die Stromerzeugung aus Photovoltaikanlagen in der EU-27 im Jahr 2021 gegenüber dem Vorjahr deutlich zu – um gut 13 Prozent auf 157,8 Terawattstunden (2020: 139,2 Terawattstunden). Die Photovoltaik deckte damit 5,4 Prozent des gesamten Stromverbrauchs in der EU-27.

Neben Photovoltaikanlagen werden in der EU auch solarthermische Kraftwerke zur Stromerzeugung aus Sonnenenergie genutzt. Ihre sinnvolle Nutzung ist jedoch auf die südeuropäischen Regionen mit hohen Sonnenstundenzahlen begrenzt. Die Förderbedingungen in Spanien waren für solche Kraftwerke zeitweise besonders attraktiv. Dadurch hatte sich das Land sowohl in der EU als auch global zum Vorreiter bei der solarthermischen Stromerzeugung entwickelt. Entsprechend befindet sich praktisch die gesamte in der EU installierte Leistung solarthermischer Kraftwerke von gut 2.300 Megawatt in Spanien. Mit rund 5 Terawattstunden Strom decken diese Anlagen jedes Jahr rund 2 Prozent des spanischen Stromverbrauchs [53]. Seit 2013 erfolgte mangels Förderung kein Zubau mehr und Spaniens Anteil an den globalen Stromerzeugungskapazitäten aus Solarthermie sank von knapp 80 auf unter 40 Prozent. Die spanische Regierung hat jedoch in diesem Jahr eine Wiederbelebung im Rahmen von Ausschreibungen gestartet und will die Kapazitäten bis zum Jahr 2027 mehr als verdoppeln.

Abbildung 42: Gesamte installierte Photovoltaikleistung in der EU-27 im Jahr 2021

EU-27 – 159.079 MW<sub>p</sub>  
356 W<sub>p</sub>/Einwohner



Quelle: IRENA („Renewable Capacity Statistics 2022“) [55]

## Solarenergienutzung – Wärmebereitstellung

Im Jahr 2021 knüpfte der Absatz von Solarthermieanlagen gemäß dem Solarthermie-Barometer von EurObserv'ER [56] nach einem pandemiebedingten Einbruch im Vorjahr wieder an die zuvor positive Entwicklung an. In der EU-27 wurden insgesamt 2,15 Millionen Quadratmeter Solarkollektorfläche entsprechend einer thermischen Leistung von 1,5 Gigawatt neu installiert. Das entspricht einer Steigerung um 8 Prozent gegenüber dem Vorjahr (2020: 1,99 Millionen Quadratmeter bzw. 1,39 Gigawatt). Ende des Jahres 2021 war damit in der EU-27 eine Kollektorfläche von knapp 57,2 Millionen Quadratmetern entsprechend einer thermischen Leistung von 40 Gigawatt installiert.

Der deutsche Solarthermiemarkt, der mit 640.000 Quadratmetern neu installierter Kollektorfläche gegenüber dem Vorjahr stabil blieb, nahm weiterhin EU-weit die Spitzenposition ein mit einem Anteil von knapp 30 Prozent am gesamten Zubau. Andere bedeutende Märkte innerhalb der EU verzeichneten aber deutliche Wachstumsraten und rückten näher an Deutschland heran. Hier ist z. B. Griechenland zu nennen, das weiterhin den zweiten Rang mit 18 Prozent Wachstum auf 359.000

Quadratmeter Kollektorfläche belegte. Auf Rang 3 lag nun Italien mit 225.000 Quadratmetern aufgrund eines deutlichen Wachstums von 84 Prozent. Es folgten auf den Plätzen 4 bis 6 Polen mit 189.100, Frankreich mit 164.300 und Spanien mit 152.300 Quadratmetern neu installierter Kollektorfläche.

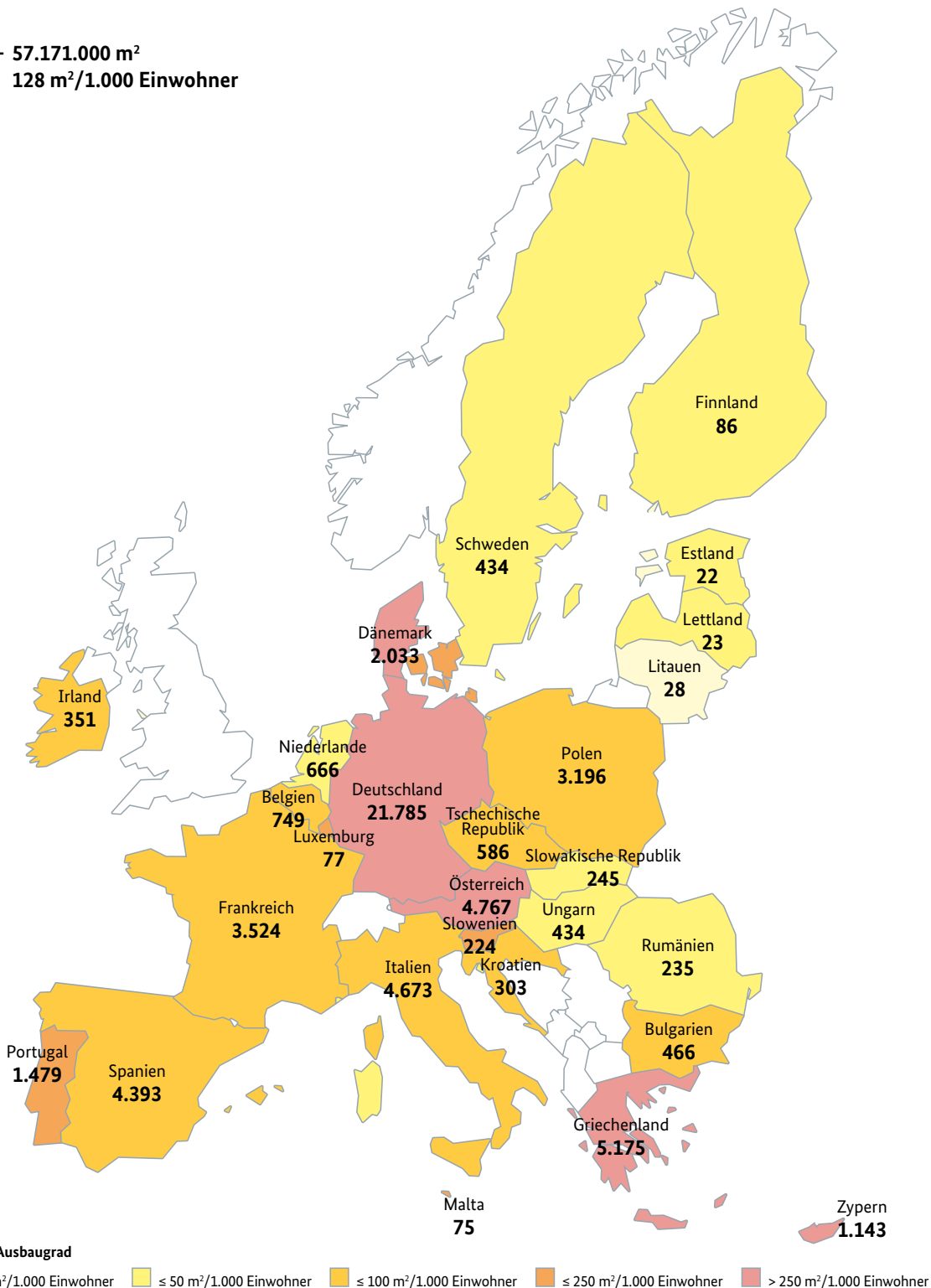
Auch bei der in der EU insgesamt Ende des Jahres 2021 installierten Kollektorfläche lag Deutschland mit rund 21,8 Millionen Quadratmetern mit weitem Abstand auf dem ersten Rang. Es folgten dicht hintereinander Griechenland mit 5,2 Millionen, Österreich mit 4,8 Millionen, Italien mit 4,7 Millionen und Spanien mit knapp 4,4 Millionen Quadratmetern. Bezieht man die installierte solarthermische Leistung auf die Zahl der Einwohner (siehe auch Abbildung 43), ergibt sich folgendes Bild: Hier führte wie schon in den Vorjahren mit weitem Abstand Zypern mit 901 Watt pro Einwohner vor Österreich mit 375, Griechenland mit 338 und Dänemark mit 244 Watt pro Einwohner. Deutschland folgt auf Platz 5 mit 183 Watt pro Einwohner.

Weiterführende Informationen zum Thema Solarthermie in Europa finden sich auch auf der Internetseite des EurObserv'ER [56] unter [www.eurobserv-er.org/solar-thermal-and-concentrated-solar-power-barometer-2022](http://www.eurobserv-er.org/solar-thermal-and-concentrated-solar-power-barometer-2022).



Abbildung 43: Gesamte installierte solarthermische Leistung in der EU im Jahr 2021

EU-27 – 57.171.000 m<sup>2</sup>  
128 m<sup>2</sup>/1.000 Einwohner



Quelle: EurObserver „Solar Thermal and concentrated Solar Power Barometer“, Juli 2022 [56]

## Erneuerbare Energien im Verkehrssektor

Im Rahmen des „Fit for 55“-Pakets passt die EU auch die verkehrsbezogenen Rechtsvorschriften an. Damit sollen die derzeitigen Regelungen an die Klimaziele für 2030 und 2050 angepasst werden. Denn bis 2050 sollen alle Sektoren einschließlich des Verkehrs Klimaneutralität erreichen.

Mit dem Änderungsvorschlag zur Erneuerbare-Energien-Richtlinie (2018/2001/EU, RED III) sollen für die EU verbindliche THG-Einsparungsziele für den Verkehrssektor festgelegt werden. Die EU-Mitgliedsländer sollen dabei die Wahl haben zwischen (Stand der allgemeinen Ausrichtung des Rates von Juni 2022):

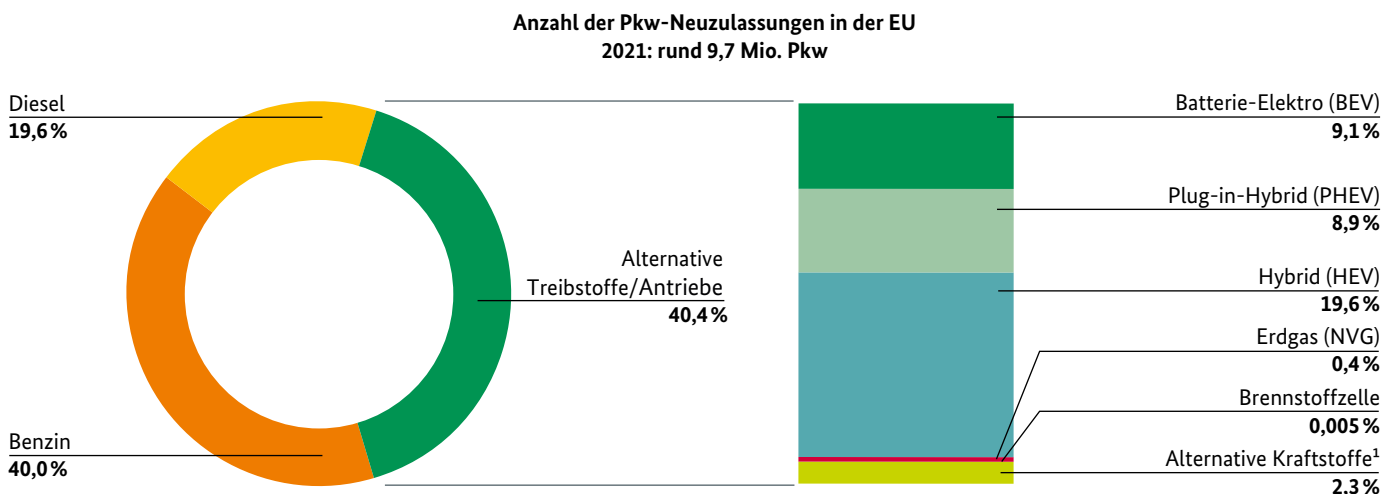
- einem verbindlichen Ziel von mindestens 29 Prozent des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor aus erneuerbaren Energien bis 2030 oder
- einem verbindlichen Ziel, die Treibhausgasintensität im Verkehrssektor bis 2030 um 13 Prozent gegenüber einem zu berechnenden fossilen Vergleichswert zu verringern. Hierbei können die Mitgliedstaaten eigenständige und auf nationale Besonderheiten ausgerichtete Maßnahmen ergreifen, sofern das genannte Einsparziel erreicht wird. Zudem können die Mitgliedstaaten den Seeverkehr von den genannten Vorgaben ausklammern, soweit die Zielvorgabe erreicht wird. [57]

Für den Anteil erneuerbarer Energien im Verkehrssektor wurden zudem kraftstoffspezifische Unterquoten festgelegt. So soll der Anteil fortschrittlicher Biokraftstoffe von 0,2 Prozent im Jahr 2022 auf 1 Prozent im Jahr 2025 und auf 4,4 Prozent im Jahr 2030 steigen. Die allgemeine Ausrichtung des EU-Rats vom Juni 2022 sieht die Einbeziehung einer Doppelzählung für fortschrittliche Biokraftstoffe vor. Bei den erneuerbaren Kraftstoffen nicht biogenen Ursprungs im Verkehrssektor (meist erneuerbarer Wasserstoff und wasserstoffbasierte synthetische Kraftstoffe) hat sich der Rat auf einen Mindestanteil von 2,6 Prozent bzw. 5,2 Prozent unter Berücksichtigung der Doppelanrechnung geeinigt [57].

Nach einem zwischenzeitlichen Abwärtstrend bei der Nutzung von Biokraftstoffen, der insbesondere mit Diskussionen über deren Nachhaltigkeit zusammenhing, ist ihr Absatz seit dem Jahr 2017 EU-weit wieder angestiegen. Im Jahr 2021 konnte das Niveau des Vorjahres (20,9 Millionen Tonnen) mit 21,3 Millionen Tonnen nochmals leicht übertroffen werden. Zur Entwicklung der Biokraftstoffe siehe auch Tabelle 33.

Um den Übergang zu einer umweltverträglicheren Mobilität zu erreichen, müssen auch in den entlegenen Gebieten saubere, zugängliche und bezahlbare Verkehrsmittel vorhanden sein. Deshalb fördert die EU zukünftig mittelbar auch emissionsfreie und emissionsarme Fahrzeuge. Insbesondere soll durch verbindliche Vorgaben für den Aufbau

Abbildung 44: Pkw-Neuzulassungen nach Treibstoff- und Antriebsarten in der EU-27 im Jahr 2021



1 Biokraftstoffe und Wasserstoff

von öffentlichen E-Ladestationen und Wasserstoff-tankstellen die erforderliche Ladeinfrastruktur für solche Fahrzeuge auf Kurz- und Langstrecken verfügbar sein [58].

Der Absatz von Elektrofahrzeugen (inkl. Plug-in-Hybriden) hat in den EU-Mitgliedstaaten im Jahr 2021 deutlich zugenommen. Er stieg von rund 1,05 Millionen Fahrzeugen im Jahr 2020 auf mehr als 3,6 Millionen Fahrzeuge. Bezogen auf die Gesamtzulassungen von Pkw von rund 9,7 Millionen Fahrzeugen im Jahr 2021 entspricht dies einem Anteil von 18 Prozent (2020: 10,5 Prozent). Hinzu kommen

knapp 20 Prozent Hybridfahrzeuge ohne Plug-in-Funktion (12 Prozent in 2020) [59]. Die weitaus größte Anzahl an Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen (inkl. Plug-in-Hybriden und Hybriden) verzeichnete Deutschland mit mehr als 1,1 Millionen Fahrzeugen, gefolgt von Frankreich mit rund 593.000 und Italien mit knapp 560.000. An vierter Stelle lag Spanien mit rund 290.000 Fahrzeugen.

Tabelle 33 zeigt den Verbrauch von Biokraftstoffen in der EU in den Jahren 2020 und 2021 (vorläufige Werte nach Eurostat).

Tabelle 33: Biokraftstoffverbrauch in den EU-Mitgliedstaaten (EU-27) in den Jahren 2020 und 2021

	2020				2021 <sup>1</sup>			
	Bioethanol	Biodiesel	andere Bio-kraftstoffe	Gesamt	Bioethanol	Biodiesel	andere Bio-kraftstoffe	Gesamt
	Kilotonnen (kt)				Kilotonnen (kt)			
Belgien	177	606	7	790	220	647	3	870
Bulgarien	41	166	-	207	36	160	-	196
Dänemark	127	178	2	307	150	243	2	395
Deutschland	1.118	3.000	215	4.333	1.166	2.579	202	3.947
Estland	-	-	-	-	-	-	-	-
Finnland	144	297	44	484	170	539	36	745
Frankreich	839	2.612	28	3.480	1.053	2.662	28	3.743
Griechenland	123	177	-	300	119	192	-	310
Irland	26	116	-	141	23	96	-	119
Italien	23	1.412	1.035	2.469	32	1.572	897	2.501
Kroatien	0	42	-	42	0	58	-	59
Lettland	20	40	-	60	18	40	-	59
Litauen	35	105	-	139	31	116	-	148
Luxemburg	-	-	0,02	0,02	-	-	-	-
Malta	-	14	-	14	-	10	-	10
Niederlande	478	730	32	1.240	399	822	33	1.255
Österreich	90	205	0	295	104	279	0	382
Polen	262	923	2	1.188	272	902	2	1.176
Portugal	5	263	-	268	19	346	-	364
Rumänien	143	446	-	589	143	446	-	589
Schweden	269	1.513	110	1.892	325	1.290	174	1.789
Slowakische Republik	65	155	-	220	60	131	-	191
Slowenien	-	98	-	98	-	96	-	96
Spanien	135	1.449	3	1.587	186	1.470	4	1.660
Tschechische Republik	126	354	-	479	129	354	-	483
Ungarn	92	132	-	224	90	131	-	221
Zypern	1	13	-	15	-	13	-	13
<b>Region EU-27</b>	<b>4.339</b>	<b>15.044</b>	<b>1.478</b>	<b>20.861</b>	<b>4.746</b>	<b>15.193</b>	<b>1.382</b>	<b>21.320</b>

1 vorläufige Daten

Quelle: Eurostat Energy Balances „Early estimates“ [61]

Weiterführende Informationen zum Thema Biokraftstoffe in Europa finden sich auch auf der

Internetseite des EurObserv'ER [62] unter [www.eurobserv-er.org/category/all-biofuels-barometers/](http://www.eurobserv-er.org/category/all-biofuels-barometers/).

# Teil III: Globale Nutzung erneuerbarer Energien

*Nach dem Übereinkommen von Paris muss die globale Erderwärmung auf deutlich unter 2 Grad, möglichst auf 1,5 Grad begrenzt werden. Um die Folgen und Risiken der Erderwärmung zu begrenzen, ist die Einhaltung dieses Ziels unerlässlich. Ein Schlüsselinstrument hierfür ist die rasche Umstellung der weltweiten Energieversorgung auf erneuerbare Energien. Mit ihr kann zudem die Energiesicherheit, deren Bedeutung die Folgen des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine einmal mehr vor Augen führen, entscheidend gestärkt werden. Zwar wächst der globale Umfang der Nutzung erneuerbarer Energien seit Jahren beständig, doch sind noch große Anstrengungen für eine erhebliche Beschleunigung des Ausbaus erneuerbarer Energien erforderlich, um die Klimaziele erreichen zu können.*



An globalen Willensbekundungen mangelt es nicht. So haben die 193 Mitgliedstaaten der Vereinten Nationen (UN) im Jahr 2013 einstimmig die Jahre 2014 bis 2024 zur „Dekade der nachhaltigen Energie für alle“ erklärt mit dem Ziel, allen Menschen Zugang zu nachhaltiger Energieversorgung zu ermöglichen. Hintergrund ist, dass nach wie vor 1,4 Milliarden Menschen oder rund 20 Prozent der Weltbevölkerung keinen Zugang zu elektrischem Strom haben und Entwicklung ohne Energie nicht möglich ist. Um gleichzeitig dem Klimawandel zu begegnen, soll die Energiegewinnung nachhaltig und umweltfreundlich erfolgen. Im Detail verfolgt die Initiative das Ziel, allen Menschen weltweit den Zugang zu Strom und modernen Energieformen zu ermöglichen und die Energieeffizienz ebenso wie den Anteil der erneuerbaren Energien an der globalen Energieversorgung zu verdoppeln.

Die Internationale Agentur für Erneuerbare Energien (*International Renewable Energy Agency*, IRENA) stellt in ihrem jüngsten *World Energy Transitions Outlook* [63] vom März 2022 fest, dass es global zwar Fortschritte bei der Nutzung erneuerbarer Energien gibt, die notwendige Transformation der Energieversorgung jedoch noch weit von den eigentlichen Erfordernissen entfernt ist. Zu beachten ist auch, dass es sich bei einem bedeutenden Teil dessen, was in den Statistiken als Nutzung erneuerbarer Energien enthalten ist, um traditionelle Biomassenutzung handelt, also vor allem um Kochen über offenem Feuer. Diese Form der Biomassenutzung ist jedoch nicht nachhaltig, denn sie ist häufig mit der irreversiblen Abholzung von Wäldern sowie mit gesundheitlichen Risiken verbunden [62]. Rechnet man die traditionelle Biomassenutzung heraus, so hatten „moderne“ erneuerbare Energien im Jahr 2020 erst einen Anteil von 12,6 Prozent am weltweiten Endenergieverbrauch. Für die verschiedenen Sektoren stellt IRENA jedoch auch Unterschiede fest. Während der Einsatz erneuerbarer Energien im Stromsektor voranschreitet, hinkt er in anderen Sektoren stark hinterher. So dominieren in der Industrie und bei der Gebäudeheizung noch immer Erdgas sowie im Verkehr Erdöl.

Doch auch im Strombereich reicht die bisherige Entwicklung bei weitem nicht aus. Im Rahmen der Verfolgung des 1,5-Grad-Ziels gemäß dem Übereinkommen von Paris müssen die Treibhausgasemissionen gemäß der Empfehlung des IPCC bis

2030 halbiert werden. Dafür muss der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung noch viel stärker als bislang anwachsen – bis zum Jahr 2030 laut IRENA auf 65 Prozent. Um dies zu erreichen, müssen in diesem Jahrzehnt noch 8.000 GW Stromerzeugungskapazitäten aus erneuerbaren Energien installiert werden. Gemessen am Ausbauvolumen von 314 Gigawatt im Jahr 2021 entspricht das etwa einer Verdreifachung des aktuellen Ausbautempos für den Rest des Jahrzehnts.

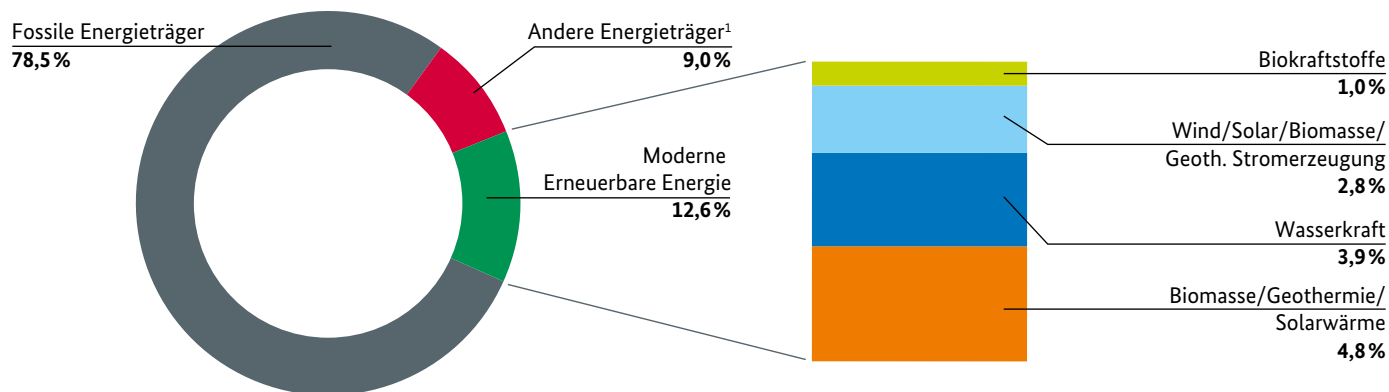
Die wirtschaftlichen Voraussetzungen dafür haben sich deutlich verbessert. So sind zwischen 2010 und 2020 die durchschnittlichen Kosten für Photovoltaikstrom um 85 Prozent gesunken, für Strom aus solarthermischen Kraftwerken um 68 Prozent, aus Wind an Land um 56 Prozent und aus Wind auf See um 48 Prozent [61].

Der nachfolgend dargestellte Stand zur globalen Nutzung erneuerbarer Energien wurde entsprechend der Datenverfügbarkeit zum Zeitpunkt der Erstellung der Broschüre verfasst. Er bezieht sich weitgehend, aber noch nicht vollständig auf das Jahr 2021. Dies ist an den jeweiligen Stellen gekennzeichnet.

## Globaler Endenergieverbrauch

Nach Schätzungen des *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century* (REN21) [64] betrug im Jahr 2020 der Anteil moderner erneuerbarer Energien – d. h. ohne traditionelle Biomassenutzung – am globalen Endenergieverbrauch 12,6 Prozent und damit immerhin fast ein Prozentpunkt mehr als noch im Vorjahr (2019: 11,7 Prozent). Dabei ist allerdings zu beachten, dass der gesamte Endenergieverbrauch im Jahr 2020 pandemiebedingt gesunken ist. Dies wirkt sich tendenziell positiv auf den Anteil erneuerbarer Energien aus, weil diese im Wesentlichen nicht konjunkturabhängig sind. Insbesondere der Anteil fossiler Energieträger ist gegenüber dem Vorjahr auf 78,5 Prozent (2019: 79,6 Prozent) gesunken. Von den 12,6 Prozent modernen erneuerbaren Energien entfielen 4,8 Prozent auf Biomasse-, Erd- und Solarwärme, 3,9 Prozent auf Wasserkraft und ein Prozent auf Biokraftstoffe im Verkehr. Die restlichen 2,8 Prozent entfielen auf die globalen Wachstumssparten der erneuerbaren Energien, die Stromerzeugung aus Wind, Sonne, Biomasse und Geothermie.

Abbildung 45: Aufteilung des globalen Endenergieverbrauchs im Jahr 2020



1 andere Energieträger beinhalten die Kernenergie (ca. 2%) sowie die nicht nachhaltig genutzte traditionelle Biomasse (ca. 7%)

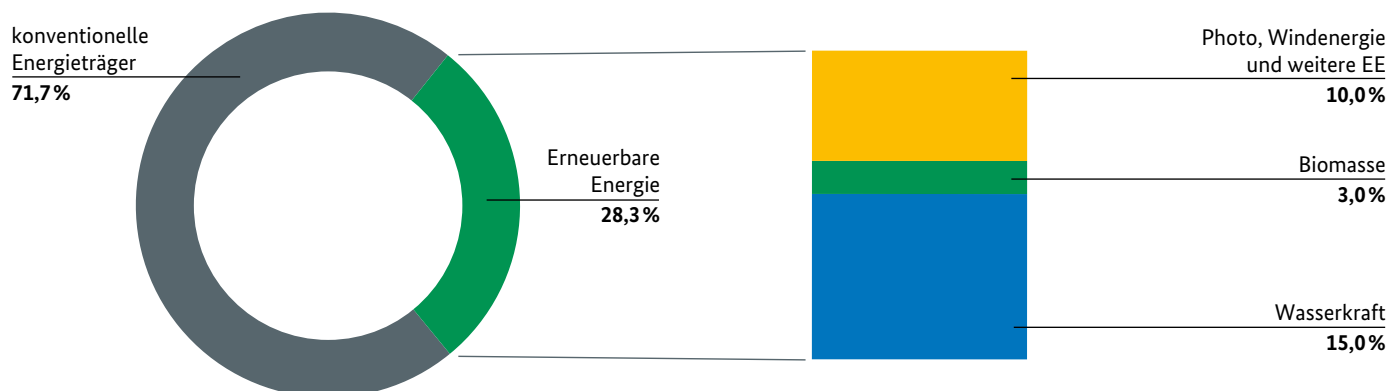
Quelle: REN21: Renewables 2022 Global Status Report [64]

## Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Wie in Deutschland und der EU findet auch global das bedeutendste Wachstum der erneuerbaren Energien im Bereich der Stromerzeugung statt. Nach Angaben von REN21 [64] wurden im Jahr 2021 28,3 Prozent des weltweiten Stromverbrauchs mit erneuerbaren Energien gedeckt. Das war geringfügig weniger als im Vorjahr (2020: 28,5 Prozent). Dies ist darauf zurückzuführen, dass der gesamte Stromverbrauch verglichen mit dem Pandemiejahr 2020 wieder um 6 Prozent angestiegen ist, während die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nur um 5 Prozent zugelegt hat. Fossile Energieträger und Kernenergie deckten 62 bzw. 10 Prozent des Stromverbrauchs.

Auch global geht das Wachstum der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien vor allem auf Windenergie und Photovoltaik zurück. Ihr Anteil an der globalen Stromerzeugung lag im Jahr 2021 zusammen bereits bei 10 Prozent und damit inzwischen gleichauf mit Kernenergie. Wichtigste Stromquelle unter den Erneuerbaren blieb allerdings Wasserkraft mit 15 Prozent. In einigen Ländern erreichten Windenergie und Photovoltaik aber bereits viel höhere Anteile als im globalen Durchschnitt. Hier stehen insbesondere Dänemark mit 53 Prozent, Uruguay mit 35 Prozent, Spanien und Portugal mit jeweils 32 Prozent und Irland mit 31 Prozent heraus.

Abbildung 46: Aufteilung der globalen Stromerzeugung im Jahr 2021



Quelle: REN21: Renewables 2022 Global Status Report [64]

Wie auf nationaler Ebene und in der EU dominieren die erneuerbaren Energien immer mehr die neu installierten Stromerzeugungskapazitäten. Machten sie vor 10 Jahren noch weniger als die Hälfte des Zubaus aus, so waren es im Jahr 2021 bereits 84 Prozent bzw. etwas über 314 Gigawatt. Knapp 56 Prozent davon bzw. 175 Gigawatt entfielen auf Photovoltaik, 102 Gigawatt bzw. 32 Prozent auf Windenergie. Auf Wasserkraft entfielen 32 Gigawatt, der Rest auf Biomasse sowie mit untergeordneter Bedeutung Geothermie und Meeresenergie.

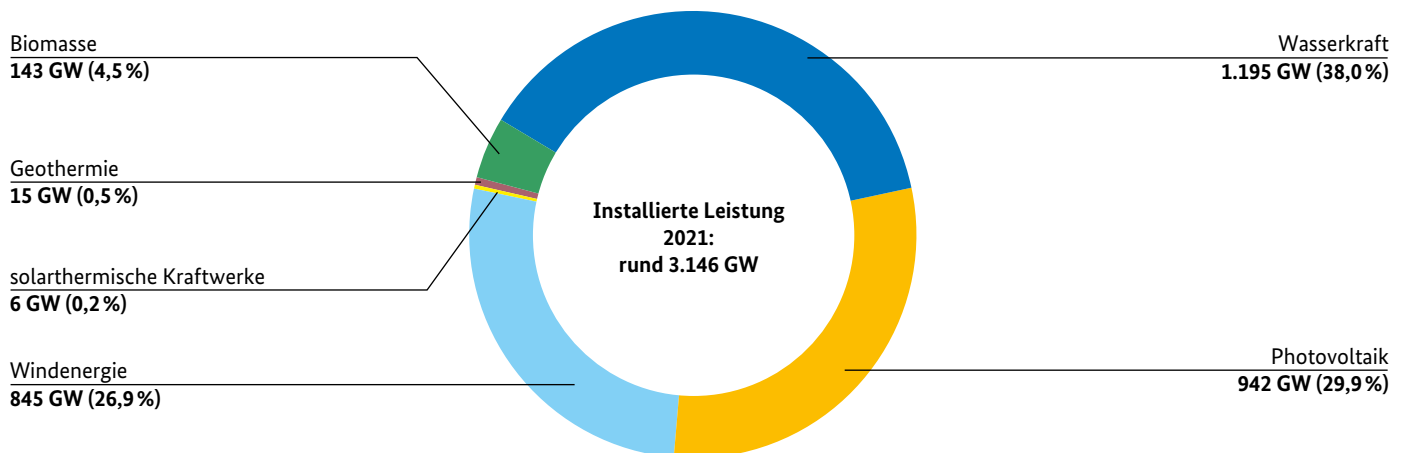
Mit allein 136 Gigawatt installierte China nochmals 20 Gigawatt Stromerzeugungsleistung aus erneuerbaren Energien mehr als im Vorjahr. Der chinesische Markt machte damit allein 43 Prozent des globalen Erneuerbare-Energien-Markts aus. Es folgten die USA mit 42,9 Gigawatt, Indien mit 15,4 Gigawatt und Brasilien mit 10,2 Gigawatt. Deutschland lag auf Platz 5 mit 7,3 Gigawatt, dicht gefolgt von Japan mit 7,2 Gigawatt.

Einschließlich Wasserkraft war Ende des Jahres 2021 eine weltweite Stromerzeugungsleistung aus erneuerbaren Energien von 3.146 Gigawatt installiert, wovon 1.195 Gigawatt bzw. 38 Prozent auf Wasserkraft entfielen. Photovoltaik holte deutlich auf und lag mit 942 Gigawatt auf Platz zwei vor der Windenergie mit 845 Gigawatt. Weitere 143 Gigawatt entfielen auf Biomasse, 15 Gigawatt auf geothermische und 6 Gigawatt auf solarthermische

Stromerzeugungsanlagen. China hat bei der kumulierten Leistung Ende des Jahres 2021 mit 1.032 Gigawatt erstmals die Terawatt-Marke überschritten. Mit deutlichem Abstand folgten die USA mit 398 Gigawatt, Brasilien mit 160 Gigawatt, Indien mit 158 Gigawatt und an fünfter Stelle Deutschland mit 139 Gigawatt [64].

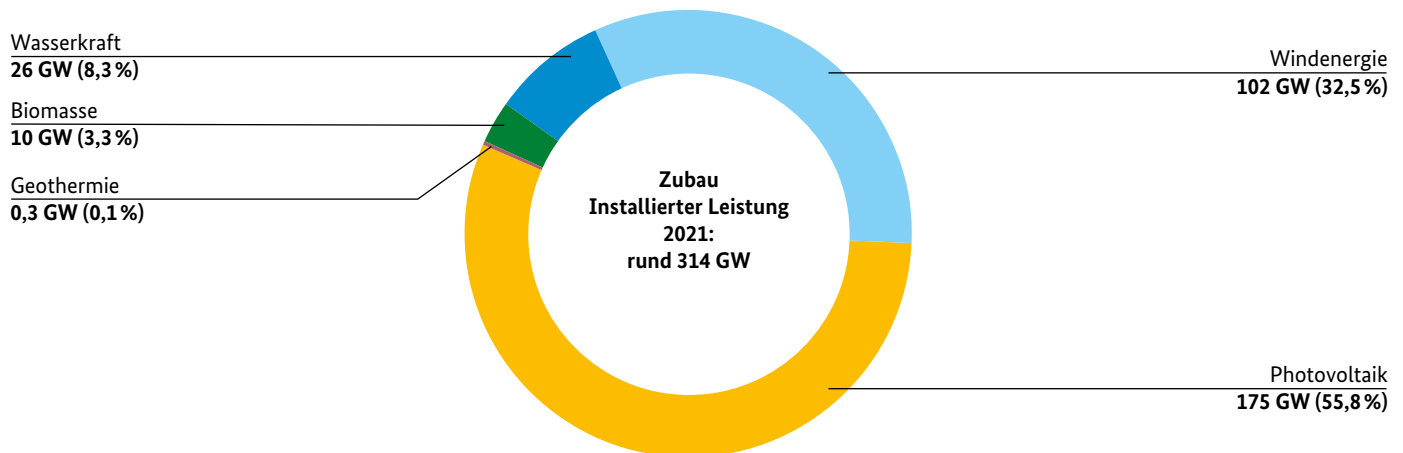
Mit rund 102 Gigawatt – rund 7 Prozent mehr als im Vorjahr – wurde erneut ein Zubaurekord bei der Windenergie erreicht. Zwar war der Ausbau an Land mit 83 Gigawatt etwas geringer als im Vorjahr (knapp 89 Gigawatt), was insbesondere an rückläufigen Ausbautzahlen in China und den USA lag. Dafür war der Ausbau auf See jedoch mit 19 Gigawatt fast dreimal so hoch wie im bisherigen Rekordjahr 2020. Allein in China wurden 16 Gigawatt neu installiert. Mit knapp 56 Gigawatt wurde auch insgesamt wieder mehr als die Hälfte der gesamten neuen Windenergieleistung in China installiert. Es folgten mit weitem Abstand die USA mit 13,4 Gigawatt, Brasilien mit 3,8 Gigawatt, Vietnam mit 3,5 Gigawatt und an fünfter Stelle das Vereinigte Königreich als größter europäischer Markt mit 2,6 Gigawatt. Ende des Jahres 2021 waren damit weltweit 845 Gigawatt Windenergieleistung installiert, davon 791 Gigawatt an Land und 54 Gigawatt auf See. Rund 347 Gigawatt bzw. 41 Prozent der gesamten Windenergieleistung befanden sich in China. Die USA folgten auf Platz 2 mit 135 Gigawatt, danach Deutschland mit knapp 64, Indien mit 40 und das Vereinigte Königreich mit fast 22 Gigawatt.

Abbildung 47: Gesamte installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in 2021



Quelle: REN21: Renewables 2022 Global Status Report [64]

Abbildung 48: Weltweiter Zubau von Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2021



Quelle: REN21: Renewables 2022 Global Status Report [64]

Der weltweite Photovoltaik-Zubau übertraf mit 175 Gigawatt im Jahr 2021 den Wert des bisherigen Rekordjahrs 2020 um 36 Gigawatt. Mit 55 Gigawatt bzw. einem Anteil von 31 Prozent lag China auch hier an der Spitze. Es folgten die USA mit 27 und Indien mit 13 Gigawatt. Ende des Jahres 2021 waren damit weltweit 942 Gigawatt Photovoltaikleistung installiert. Mit rund 306 Gigawatt befand sich knapp ein Drittel der Leistung in China. Auf dem zweiten Platz lagen die USA mit mehr als 121 Gigawatt vor Japan mit 78 Gigawatt. Indien rangierte mit gut 60 Gigawatt nun vor Deutschland auf Platz 4, Deutschland nahm mit 59 Gigawatt den 5. Platz ein. Den höchsten Solarstromanteil erreichte im Jahr 2021 Australien mit 15,5 Prozent, gefolgt von Spanien mit 14,2 Prozent, Griechenland mit 13,6 und Honduras mit 12,9 Prozent.

Auch die neu installierte Leistung zur Stromerzeugung aus Biomasse ist gemäß REN21 [64] im Jahr 2021 gegenüber dem Vorjahr deutlich angestiegen auf 13 Gigawatt (2020: 8 Gigawatt). Insgesamt waren damit weltweit 158 Gigawatt installiert. Die höchste Gesamtleistung war auch hier in China installiert, gefolgt von den USA und Brasilien. Der Zubau an Stromerzeugungsleistung aus Geothermie verdoppelte sich im Jahr 2021 gegenüber dem Vorjahr auf 0,3 Gigawatt, konnte jedoch noch nicht wieder an den Durchschnitt der letzten Jahre von 0,5 Gigawatt anknüpfen. Der höchste Zubau wurde mit 146 Megawatt in Indonesien verzeichnet. Weltweit war damit eine Leistung von insgesamt 14,5 Gigawatt installiert. Hier sind nach wie vor die USA

führend, gefolgt von Indonesien, den Philippinen und der Türkei.

## Erneuerbare Energien in den anderen Sektoren

Auch weltweit wächst der Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch deutlich schneller als in den anderen Bereichen. So lag ihr Anteil am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte im Jahr 2019 erst bei 11,2 Prozent [64]. Dies ist problematisch, wenn man sich vor Augen führt, dass nur 17 Prozent des globalen Endenergieverbrauchs auf Strom fallen, jedoch 51 Prozent auf Wärme und Kälte.

Am gesamten Energieverbrauch von Gebäuden hatten die erneuerbaren Energien im Jahr 2019 einen Anteil von 14,7 Prozent. Davon entfiel mit 9 Prozent wiederum der größte Teil auf Strom, 3,9 Prozent entfielen auf moderne biogene Wärme sowie 1,8 Prozent auf Solar-, Erd- und Umweltwärme. Im Gebäudebereich sind Effizienzmaßnahmen zur Senkung des Wärme- und Klimatisierungsbedarfs entscheidend, um höhere Erneuerbaren-Anteile zu erreichen. Daneben gilt es, insbesondere die Nutzung von Solarthermieanlagen und Wärmepumpen auszuweiten. Der weltweite Absatz von Umweltwärmepumpen ist in den vergangenen 10 Jahren jährlich im Schnitt um 4,6 Prozent gewachsen, inzwischen werden jedes Jahr mehr als 25 Millionen Einheiten neu installiert. Auch hier entfällt auf China knapp die Hälfte des Absatzes, gefolgt von Japan



mit rund 30 Prozent. Im Jahr 2021 wurden weltweit neue Wärmepumpen in einem Umfang von 25,6 Gigawatt thermischer Leistung ausgebaut, ein Plus von 3 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Die höchsten nationalen Steigerungsraten verzeichneten dabei Italien mit 83 Prozent sowie Frankreich mit 70 und Brasilien mit 22 Prozent. Ende des Jahres 2021 waren weltweit Solarthermieanlagen mit einer Leistung von 522 Gigawatt in Betrieb. Allein 73 Prozent davon waren in China installiert, mit Abstand folgten die USA, die Türkei, Deutschland und Brasilien [64].

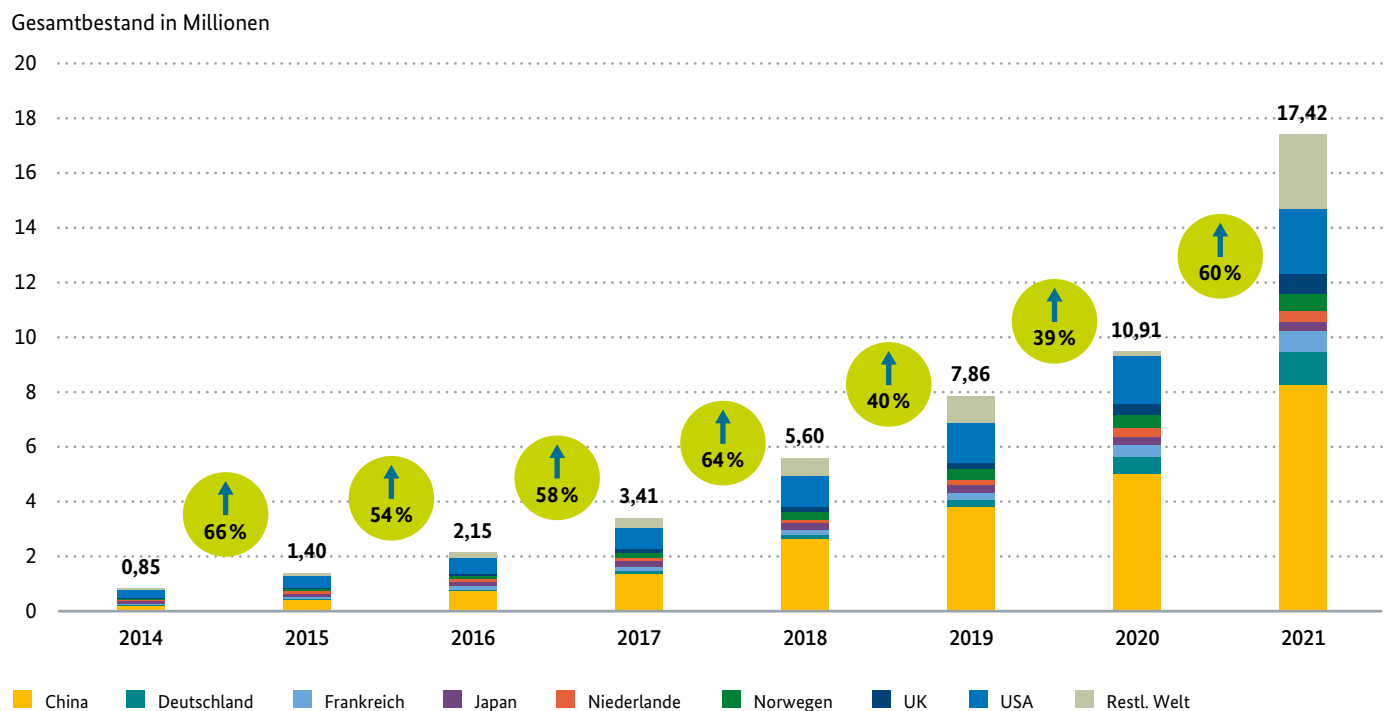
Ein noch größerer Nachholbedarf als im Wärmebereich besteht im Verkehrssektor, auf den weltweit 32 Prozent des Endenergiebedarfs entfallen, der aber bis zum Jahr 2019 nur einen Erneuerbaren-Anteil von 3,7 Prozent erreicht hat. Dabei entfielen 3,3 Prozent auf Biokraftstoffe und 0,4 Prozent auf Strom [64]. Letzterem kommt zukünftig im Rahmen der Elektrifizierung des Verkehrs eine hohe Bedeutung zu. So zeigte sich die Elektromobilität im Jahr 2021 mehr denn je als enormer Wachstumsmarkt. Der weltweite Bestand an Pkw und leichten Nutzfahrzeugen mit batterieelektrischem Antrieb (einschließlich Plug-in-Hybriden) stieg im

Jahr 2021 um 60 Prozent auf 17,4 Millionen. Mit 3,3 Millionen Neufahrzeugen bzw. einem Anteil von rund 50 Prozent war China klarer Treiber, gefolgt von Deutschland mit mehr als 681.000 und den USA mit rund 608.000 Fahrzeugen. Beim Bestand lag China mit mehr als 8 Millionen Fahrzeugen ebenfalls deutlich vor den USA mit 2,4 Millionen [65].

### Investitionen und Beschäftigung

Seit Jahren sind Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien weltweit ein bedeutender Wirtschaftsfaktor. Die Höhe der weltweiten jährlichen Investitionen war in der Vergangenheit Schwankungen unterlegen, wies jedoch in den letzten drei Jahren einen deutlichen Aufwärtstrend auf. So wurde im Jahr 2021 mit weltweiten Investitionen in erneuerbare Energien in Höhe von knapp 366 Milliarden US-Dollar – eine Steigerung um 6,8 Prozent gegenüber dem Vorjahr – ein neues Allzeithoch erreicht. Allein 37 Prozent davon wurden in China getätigt, wo die Investitionen in erneuerbare Energien gegenüber dem Vorjahr um 32 Prozent auf 137 Milliarden US-Dollar anwuchsen. In Europa hingegen sind die Investitionen leicht um 5 Prozent

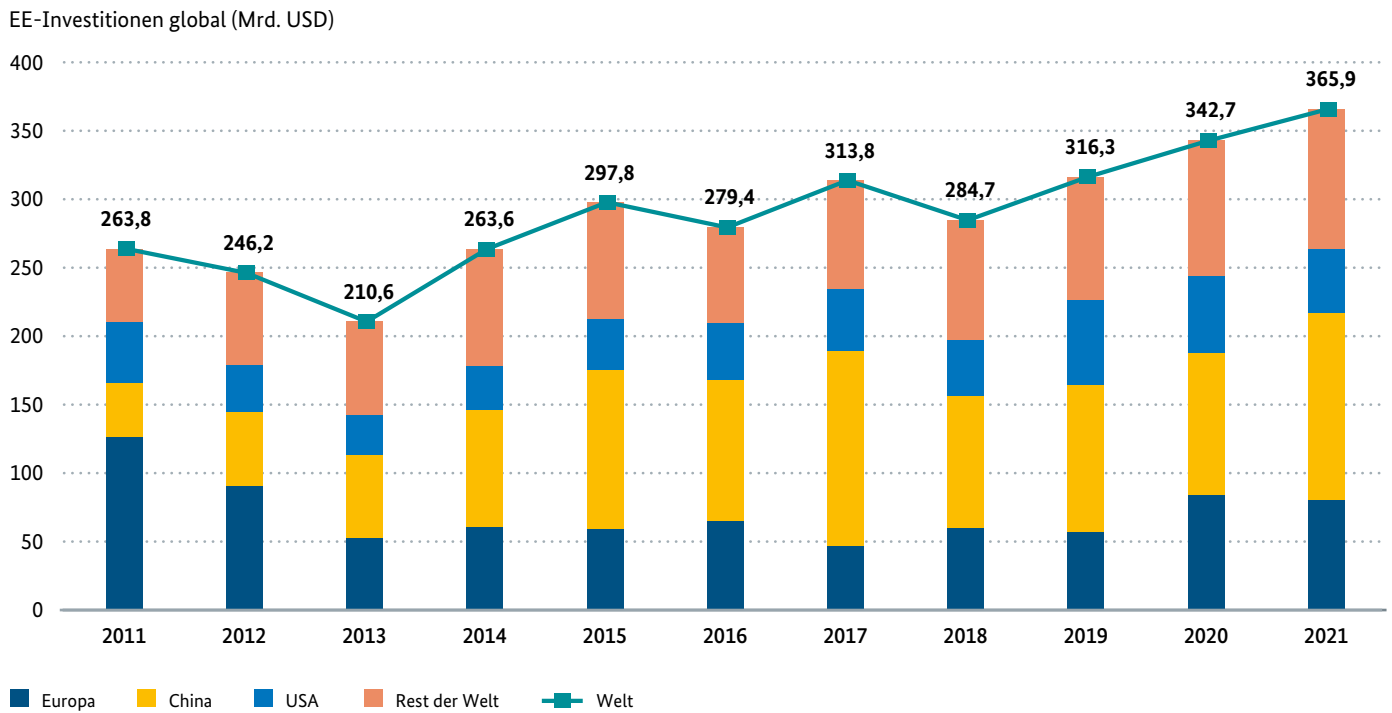
Abbildung 49: Weltweiter Bestand an Elektrofahrzeugen



Berücksichtigt wurden Personenkraftfahrzeuge und leichte Nutzfahrzeuge mit ausschließlich batterieelektrischem Antrieb oder mit Range Extender sowie Plug-in Hybride.

Quelle: ZSW [65]

Abbildung 50: Investitionen in erneuerbare Energien nach Regionen



gefallen auf 79,7 Milliarden US-Dollar, in den USA sogar deutlich um 17 Prozent auf 46,7 Milliarden US-Dollar. Die höchste Steigerung bei den Investitionen in erneuerbare Energien war in Indien mit einem Plus von 71 Prozent auf 11,3 Milliarden US-Dollar zu verzeichnen [64].

Die beiden Treiber der Energiewende – Photovoltaik und Windenergie – dominierten die weltweiten Investitionen im Jahr 2021 mit inzwischen 96 Prozent: Mit 205 Milliarden US-Dollar entfielen

56 Prozent auf die Photovoltaik, mit 147 Milliarden US-Dollar 40 Prozent auf die Windenergie. Zu beachten ist allerdings, dass in diesen Statistiken Investitionen in große Wasserkraft-Projekte sowie in Technologien zur Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien nicht enthalten sind. Betrachtet man die gesamten weltweiten Investitionen in Stromerzeugungskapazitäten, so machten die erneuerbaren Energien im Jahr 2021 bereits 69 Prozent aus – also mehr als doppelt so viel, wie in fossile und nukleare Kraftwerke investiert wurde.

Tabelle 34: Weltweite Investitionen nach Erneuerbare-Energien-Sektoren in den Jahren 2020 und 2021

Sektor	2020	2021	Wachstum 2020/2021
	EE-Investitionen (Milliarden USD)		(%)
Wind an Land und auf See	140	147	5
Solarenergie	166	205	19
Sonstige EE	36	14	-39
<b>Gesamt</b>	<b>343</b>	<b>366</b>	

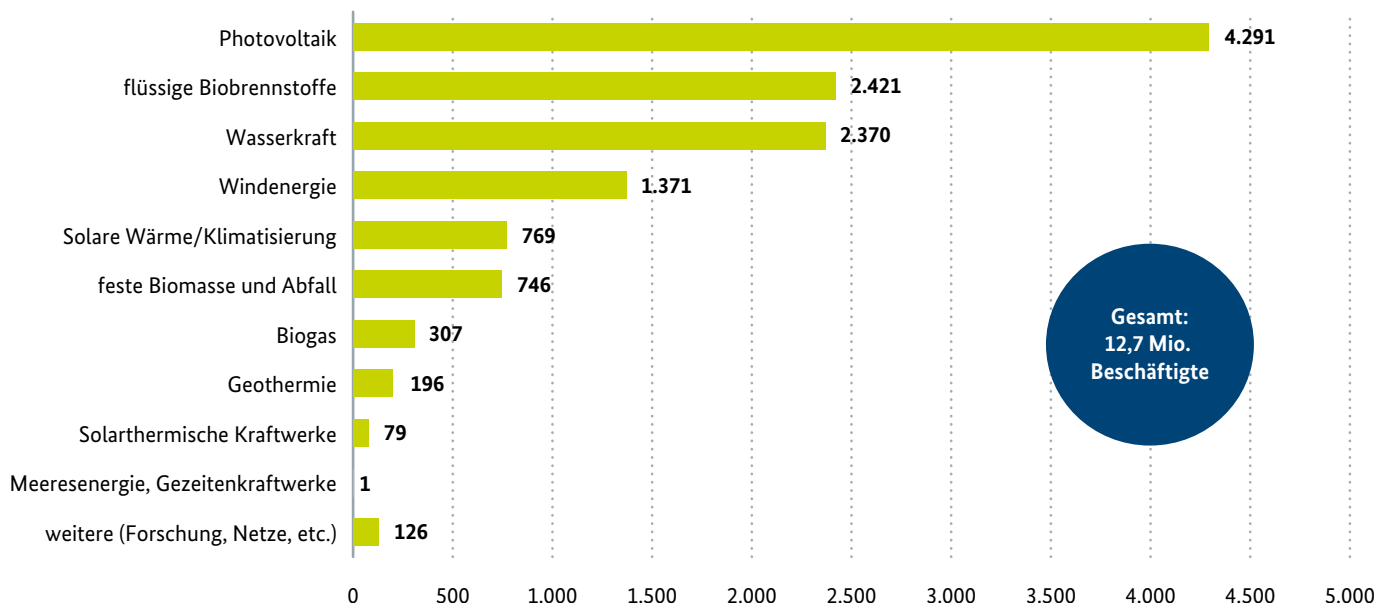
Quelle: REN21: Renewables 2022 Global Status Report [64]

Die Anzahl der Beschäftigten im Erneuerbare-Energien-Sektor hat sich im Jahr 2021 nach Angaben von IRENA [66] weltweit um weitere 700.000 erhöht, so dass inzwischen 12,7 Millionen Menschen in dieser Branche einen Arbeitsplatz hatten. Nahezu zwei Drittel der Arbeitsplätze befanden sich in Asien, allein 42 Prozent in China. Mit 4,3 Millio-

nen stellte die Photovoltaikbranche die meisten Arbeitsplätze, gefolgt von der Bioenergie mit gut 3,4 Millionen, wovon die Biokraftstoffindustrie allein 2,4 Millionen ausmachte. Es folgten die Wasserkraft mit 2,4 Millionen und die Windenergie an Land und auf See mit 1,4 Millionen Arbeitsplätzen.

Abbildung 51: Beschäftigte in den Erneuerbare-Energien-Sektoren im Jahr 2021

in 1.000 Beschäftigten



Quelle: IRENA – Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2021 [66]

# Anhang

## Internationale Netzwerke für erneuerbare Energien

### Internationale Agentur für erneuerbare Energien – IRENA

Die Internationale Agentur für erneuerbare Energien (IRENA) ist eine internationale Regierungsorganisation zur weltweiten Förderung des Ausbaus der erneuerbaren Energien mit Sitz in Masdar City (Vereinigte Arabische Emirate). Sie unterstützt Länder bei ihrem Übergang zu einer nachhaltigen Energiezukunft und dient als Hauptplattform für internationale Zusammenarbeit. Vor mehr als einem Jahrzehnt gründeten rund 70 Länder diese Plattform für internationale Zusammenarbeit zur Förderung der globalen Energiewende. Sie ist seitdem auf 168 Mitglieder (einschließlich der EU) angewachsen und es befinden sich noch weitere 16 Staaten im Beitrittsprozess.

Die IRENA ist in internationalen Debatten die globale Stimme der erneuerbaren Energien. Sie ist außerdem Plattform für den Austausch zwischen Ländern über Erfolgsmodelle des Ausbaus erneuerbarer Energien, förderliche politische Rahmenbedingungen, den Aufbau von Kapazitäten, Finanzmechanismen und Energieeffizienzmaßnahmen, die mit erneuerbaren Energien in Bezug stehen. Als Beratungsinstanz ermöglicht sie den Zugang zu Information über erneuerbare Energien von technologischem Fachwissen über ökonomische Daten bis hin zu Potenzialen und Entwicklungsszenarien erneuerbarer Energien. Ihre Aufgabe ist ferner, Industrie-, Entwicklungs- und Schwellenländer beim Ausbau erneuerbarer Energien zu beraten.

### Kooperation mit anderen Akteuren

Als internationale Organisation hat IRENA das Ziel, die Bemühungen aller beteiligten Akteure für den weltweiten Einsatz von Erneuerbare-Energien-Technologien zu unterstützen. Regierungen, nationale und internationale Institutionen, Nichtregierungsorganisationen und der Privatsektor sind dabei wichtige Partner.

Um die Mitgliedstaaten stärker in ihre Arbeit einzubinden, gestaltete die IRENA thematische Kollaborationsplattformen (Collaborative Frameworks). Die derzeit acht Collaborative Frameworks und ihre Vorsitzländer (Co-Facilitators) sind:

- Enhancing Dialogue on High Shares of Renewables in Energy Systems: Kanada und Uruguay;
- Geopolitics of Energy Transformation: Deutschland und Vereinigte Arabische Emirate;
- Green Hydrogen: EU-Kommission und Marokko;
- Hydropower: Costa Rica und Schweiz;
- Just and Inclusive Energy Transition: USA und Südafrika;
- Ocean Energy/Offshore Renewables: Tonga und Italien;
- Critical Materials for the Energy Transition: Mexiko und Vereinigtes Königreich;
- Project Facilitation to support on-the-ground Energy Transition: Österreich und Ägypten.

Die Mitgliedstaaten wechseln sich in ihrer Rolle als Co-Facilitators der Collaborative Frameworks ab. So wird Deutschland seinen aktuellen Vorsitz abgeben und künftig gemeinsam den Vorsitz des Collaborative Framework on Green Hydrogen gemeinsam mit den Vereinigten Arabischen Emiraten übernehmen.

### Arbeitsprogramm und Budget

IRENA ermutigt Regierungen, förderliche Strategien für Investitionen in erneuerbare Energien zu verabschieden. Sie stellt dazu praktische Instrumente und politische Ratschläge bereit.

Das Arbeitsprogramm für die Jahre 2022/2023 basiert auf den folgenden vier strategischen Zielen:

1. Stärkung der politischen Entscheidungsfindung durch Bereitstellung von Wissen und Analysen zur Energiewende auf globaler, nationaler und sektoraler Ebene
2. Gestaltung des globalen Diskurses zur Energiewende durch Bereitstellung relevanter zeitnaher, qualitativ hochwertiger Informationen und Daten
3. Bereitstellung einer integrativen „Stakeholder“-Plattform zur Förderung von Wissensaustausch und zur Unterstützung der Nutzung erneuerbarer Energie vor Ort
4. Unterstützung der Entscheidungsträger vor Ort zur Beschleunigung der Energiewende in den jeweiligen Ländern und zur Weiterentwicklung von Strategien der Emissionsreduzierung

Die Arbeit der IRENA zur Umsetzung dieser strategischen Ziele gliedert sich in vier thematische Felder („thematic programme areas“):

1. Centre of Excellence for Energy Transformation
2. Global Voice of Renewables
3. Network Hub for Energy Transformation
4. Source of Advice and Support

Im Einklang mit diesen Zielen bietet die IRENA eine breite Palette von Produkten und Dienstleistungen an, darunter:

- Statistiken zur installierten Leistung erneuerbarer Energien
- Kostenstudien für erneuerbare Energien
- Erhebungen der Beschäftigung im Bereich der erneuerbaren Energien
- Renewables Readiness Assessments, die in Partnerschaft mit Regierungen und regionalen Organisationen durchgeführt werden, um die

Entwicklung erneuerbarer Energien voranzutreiben

- Der Global Atlas, der das Ressourcenpotenzial nach Quelle und Standort aufzeichnet
- Studien zum Nutzen erneuerbarer Energien
- REmap, ein Fahrplan zur Verdopplung der Nutzung erneuerbarer Energien weltweit bis 2030
- Publikationen zu erneuerbaren Energietechnologien
- Förderung der regionalen Erneuerbare-Energien-Planung
- Projektentwicklungstools für erneuerbare Energien wie der Project Navigator, der Sustainable Energy Marketplace und die IRENA/ADFD Project Facility

### Hauptorgane und Struktur

Die IRENA hat drei Hauptorgane. Die jährlich tagende Versammlung ist die höchste Entscheidungsinstanz der IRENA. Sie besteht aus allen Staaten, die das Statut ratifiziert haben.

Der aus 21 Mitgliedern bestehende zweimal jährlich tagende Rat prüft Berichte und Dokumente, insbesondere das IRENA-Arbeitsprogramm und -Budget, und legt diese der Vollversammlung zur Entscheidung vor.

Das Sekretariat setzt das IRENA-Arbeitsprogramm um und unterstützt die Versammlung, den Rat und weitere Unterorgane bei der Ausübung ihrer Funktionen. Das Sekretariat wird von dem IRENA-Generaldirektor, dem Italiener Francesco La Camera, geleitet. Es ist in drei Hauptabteilungen untergliedert, von denen zwei in Abu Dhabi und eine in Bonn angesiedelt sind. Der Hauptsitz ist in Abu Dhabi (Vereinigte Arabische Emirate). Das IRENA Innovations- und Technologiezentrum (IITC), eine der drei Fachabteilungen der IRENA, ist in Bonn angesiedelt. Die IRENA hat derzeit rund 170 Mitarbeitende.

Weitere Informationen unter: [www.irena.org](http://www.irena.org)

## Die Internationale Energieagentur – IEA

Die Internationale Energieagentur (International Energy Agency, IEA) mit Sitz in Paris ist eine der zentralen globalen Energieorganisationen. Als eigenständige Einrichtung innerhalb der OECD ist sie die Stimme der Energie verbrauchenden Industrieländer und vereint aktuell 31 OECD-Staaten, 11 Assoziierungsländer und drei Beitrittsländer. Der Beitritt von Chile, Kolumbien und Israel zur IEA befindet sich in Vorbereitung. Angesichts der stark wachsenden Energienachfrage außerhalb der OECD erweitert und vertieft die IEA zudem ihre Kooperation mit Ländern, die nicht Mitglied der OECD sind und damit nach den geltenden Regeln auch nicht der IEA beitreten können (sogenannte „Association countries“). Seit Ende des Jahres 2015 hat die IEA hierzu eine Assoziierung mit Argentinien, Ägypten, Brasilien, China, Indien, Indonesien, Marokko, Singapur, Südafrika und Thailand vereinbart. Den Status als Assoziierungsland hat zuletzt im Juli 2022 die Ukraine erhalten.

Die IEA wurde im Jahr 1974 als Reaktion auf die erste Ölkrise mit dem Ziel der Gewährleistung einer störungsfreien Ölversorgung gegründet. Hierzu verpflichteten sich die Mitgliedstaaten, Notstandsreserven an Erdöl für mindestens 90 Tage vorzuhalten. Die Arbeitsschwerpunkte haben sich in den letzten Jahrzehnten weiterentwickelt und erweitert, hin zu einer nachhaltigen Energiepolitik, der Erarbeitung von Marktreformen, der Entwicklung innovativer Energietechnologien und der zunehmenden, aktiven Einbindung von Schwellenländern in energiepolitische Fragestellungen. Die wichtigsten gemeinsamen Ziele sind:

- sichere und verlässliche Energieversorgung der Mitgliedsländer, unter anderem durch Aufbau und Unterhaltung gemeinsamer IEA-Maßnahmen zur Notfallversorgung bei Ausfall von Erdölimporten (Öl-Bevorratung und -Verteilung)
- Beobachtung und Stabilisierung der globalen Energiemärkte und Preisentwicklungen
- Unterstützung beim Erreichen von Netto-Null-Treibhausgasemissionen bis Mitte des Jahrhunderts weltweit und der Umstellung auf umweltfreundliche und nachhaltige Energieträger

- internationale Zusammenarbeit zur Entwicklung neuer Energietechnologien und eines nachhaltigen globalen Energiesystems

Die IEA hat sich zu einem zentralen Forum für den internationalen Erfahrungsaustausch und die Politikberatung zu nahezu allen Energiepolitikbereichen entwickelt. Fragen der Entwicklung der erneuerbaren Energien und ihrer Integration in die Energiesysteme nehmen dabei eine wichtige Stellung ein. Regelmäßige IEA-Länderprüfungen mit energiepolitischen Empfehlungen sowie der jährlich erscheinende World Energy Outlook (WEO) als das umfassende internationale energiepolitische Referenzdokument mit einem aktuellen Prognosehorizont bis zum Jahr 2050 sind besonders einflussreiche Publikationen der IEA, die weltweit bei der Formulierung nationaler Energiepolitiken hohe Beachtung finden.

Im Bereich der erneuerbaren Energien publiziert die IEA zahlreiche Veröffentlichungen, zuletzt den Renewable Energy Market Report mit einem Prognosehorizont bis zum Jahr 2025. Ferner hat die IEA im Mai 2021 den Bericht „Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector“ veröffentlicht, der zum ersten Mal detailliert einen Transformationspfad für den Energiesektor zur Erreichung weltweiter Treibhausgasneutralität bis 2050 modelliert. Die Ergebnisse fanden Eingang in den WEO 2021 und werden im WEO 2022 aktualisiert.

Nähere Informationen zu den Publikationen der IEA lassen sich auf der Webseite der Organisation abrufen ([www.iea.org](http://www.iea.org)).

### Hauptorgane und Struktur

Sämtliche Entscheidungen werden in der IEA von den Mitgliedstaaten getroffen. Die höchste Entscheidungsebene ist der Verwaltungsrat (Governing Board), in dem die strategische Ausrichtung der IEA-Aktivitäten festgelegt wird. Das IEA-Sekretariat in Paris stellt mit seinen ca. 200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern die organisatorische Struktur zur Abwicklung der zahlreichen Aufgaben der IEA zur Verfügung. Das BMWK ist im IEA-Mitgliedstatengremium zu Erneuerbaren Energien (Renewable Energy Working Party – REWP) vertreten.

Seit dem Jahr 2011 besteht mit dem Renewable Industry Advisory Board (RIAB) zudem ein Beirat aus Unternehmen im Bereich der erneuerbaren Energien, der sich in regelmäßigen Workshops über Markt- und Branchenentwicklungen austauscht und die Arbeiten der REWP wie auch des IEA-Sekretariats mit entsprechenden Informationen unterstützt. Im RIAB sind auch deutsche Unternehmen vertreten.

Ein weiteres IEA-Gremium ist das Committee on Energy Research and Technology (CERT). Dieses ist zuständig für die Koordinierung und Zusammenarbeit in der weltweiten Energieforschung. Das CERT begleitet unter anderem die Beteiligung deutscher Forschungspartner an den zahlreichen internationalen Forschungsprogrammen (Technology Collaboration Programmes, TCP) des Energietechnologienetzwerks der IEA. Deutschland engagiert sich derzeit in 21 von insgesamt 38 laufenden TCPs. Weitere Informationen zu den Forschungsprogrammen sind unter [www.energieforschung.de/internationale-zusammenarbeit/iea](http://www.energieforschung.de/internationale-zusammenarbeit/iea) veröffentlicht.

### Energiekooperation in der G7 und G20

Im Jahr 1975 haben sich in der „Gruppe der Sieben“ (G7) mit den USA, Japan, Deutschland, Großbritannien, Frankreich, Italien und Kanada erstmals wirtschaftlich und politisch führende Nationen der Welt in einem informellen Forum der Staats- und Regierungschefs zusammengeschlossen, um sich ihrer Verantwortung für globale Schlüsselfragen zu stellen und aktiv dazu beizutragen, konstruktive Antworten zu entwickeln. Zu jedem Gipfel wird eine Gipfelerklärung (Kommuniqué) mit den wichtigsten Ergebnissen verabschiedet. Neben den Treffen der Staats- und Regierungschefs finden unter jeder Präsidentschaft auch Fachministertreffen statt, wozu auch Treffen der Klimaschutz- und Energieminister gehören. Der G7-Vorsitz wechselt jährlich zwischen den Mitgliedern. Deutschland hat 2022 die Präsidentschaft von Großbritannien übernommen und wird 2023 von Japan abgelöst. Wichtiges Thema der aktuellen deutschen Präsidentschaft ist klimaneutrales Wirtschaften. Ein wichtiger Schritt wurde mit erstmaligem Bekenntnis zum Kohleausstieg erreicht. In der Abschlusserklärung der G7 Klimaschutz-, Energie- und Umweltminister vom 27.05.2022 verpflichten sich die G7-Staaten

erstmalig zu einer überwiegend dekarbonisierten Stromversorgung bis zum Jahr 2035 und zum weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien.

Zur „Gruppe der Zwanzig“ (G20) gehören die 19 wichtigsten Industrie- und Schwellenländer und die Europäische Union. Sie besteht seit 1999 und ist das bedeutendste Forum für internationale Ordnungspolitik und Regulierung. Die G20-Staaten repräsentieren gegenwärtig über 85 Prozent des weltweiten Bruttoinlandsprodukts, 75 Prozent des Welthandels, rund 66 Prozent der Weltbevölkerung und sind für circa 80 Prozent der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich.

Die G20 sind das zentrale Forum zur internationalen Zusammenarbeit in Finanz- und Wirtschaftsfragen. Energiepolitische Themen haben hier zunehmend an Bedeutung gewonnen. Neben den Treffen der Staats- und Regierungschefs finden unter jeder Präsidentschaft wie bei G7 auch Fachministertreffen statt. Hierzu gehören u. a. Treffen der Klimaschutz-, Umwelt- und Energieminister. Der G20-Vorsitz wechselt jährlich zwischen den Mitgliedern. Indonesien hat 2022 die Präsidentschaft inne und diese von Italien (2021) übernommen. 2023 wird der Vorsitz an Indien übergehen.

### Renewable Energy Policy Network for the 21st Century – REN21

Die von der Bundesregierung initiierte erste weltweite Internationale Konferenz für erneuerbare Energien „renewables2004“ in Bonn brachte das Thema erneuerbare Energien auf die globale Agenda. Von der Konferenz gingen entscheidende Impulse aus: Die mehr als 100 teilnehmenden Länder bekannten sich dazu, dass erneuerbare Energien in einem zukünftigen Energiesystem eine Schlüsselrolle spielen werden, und verpflichteten sich zugleich zu nationalen oder regionalen Zielen und Maßnahmen. Um das Momentum weiterzuführen, wurde nachfolgend das Netzwerk REN21 – Renewable Energy Policy Network for the 21st Century – gegründet, das mittlerweile den politischen Debatten über erneuerbare Energie mit dem jährlich erscheinenden Global Status Report entscheidende Impulse gibt [64].

REN21 hat sich zwischenzeitlich zu einem bedeutenden globalen Multistakeholder-Netzwerk entwickelt. Es nimmt eine zentrale Rolle bei der konzeptionellen und organisatorischen Unterstützung der Gastgeberländer der IRECs (International Renewable Energy Conferences) ein. Im Netzwerk sind Regierungsvertretungen, internationale Organisationen, Zivilgesellschaft, Wissenschaft und der Privatsektor aus dem Energie-, Umwelt- und Entwicklungsbereich repräsentiert. Die Bundesregierung ist im „Bureau“, dem Exekutivorgan des Netzwerks, 2022 – 24 durch das BMWK sowie das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) vertreten.

REN21 veröffentlicht jährlich den „Globalen Statusbericht zu Erneuerbaren Energien“ (GSR), der den weltweiten jährlichen Ausbau der erneuerbaren Energien verfolgt und sich als Flaggschiff-Publikation des Netzwerks etabliert hat. Der Bericht stellt Stand und geografische Verteilung der weltweit installierten Erneuerbare-Energien-Anlagen, der Ausbauziele und Politikinstrumente sowie die weltweiten Investitionen in erneuerbare Energien dar [64].

Ergänzend zu dem Global Status Report veröffentlicht REN21 weitere Berichte mit unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen und regionale Statusberichte, die die Entwicklung der erneuerbaren Energien in einzelnen Regionen der Welt vertieft untersuchen.

Weitere Informationen unter: [www.ren21.net](http://www.ren21.net)

### Internationale Konferenzen für erneuerbare Energien (IRECs)

Der große Erfolg der „renewables2004“ wurde durch die Internationale Konferenzreihe zu erneuerbaren Energien, den International Renewable Energy Conferences (IRECs), fortgeführt. Von den einzelnen Konferenzen sind jeweils starke politische Impulse für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien weltweit ausgegangen. Zugleich hatten die IREC-Konferenzen oftmals eine große Wirkung in das jeweilige Gastgeberland hinein. Nach dem Jahr 2004 gab es u. a. Folgekonferenzen in China, USA, Indien, Vereinigte Arabische Emirate, Mexiko und Südkorea.

Die IREC, die 2019 in Seoul (Südkorea) ausgerichtet wurde, war die erste IREC, deren Organisation von einer nationalen und einer kommunalen Regierung gemeinsam erfolgte. Dies unterstreicht die Bedeutung der Städte für die Nutzung erneuerbarer Energien. Die Stadt Seoul präsentierte auf der Konferenz ihre Ambitionen und Förderungsansätze für erneuerbare Energien sowie ihre Anstrengungen, eine effizientere, nachhaltigere und sichere städtische Umwelt zu schaffen.

Aufgrund der Unwägbarkeiten der Entwicklung der Covid-19-Pandemie haben in den Jahren 2021 und 2022 keine IRECs stattgefunden. Die nächste Internationale Konferenz für erneuerbare Energien findet vom 21. bis 23. Februar 2023 in Madrid statt. Diese setzt den Fokus auf nachhaltige Entwicklung von Energiesystemen unter Einhaltung der Klimaziele. Dabei soll unter anderem diskutiert werden, wie der Übergang von der gesellschaftlichen Akzeptanz zur Bürgerbeteiligung gestaltet werden kann.

### Berlin Energy Transition Dialogue – BETD

Seit dem Jahr 2015 veranstalten das BMWK, das Auswärtige Amt (AA), der Bundesverband Erneuerbare Energie (BEE), der Bundesverband Solarwirtschaft (BSW Solar), die Deutsche Energie-Agentur (dena) sowie eclareon jedes Frühjahr eine internationale Energiewendekonferenz, den „Berlin Energy Transition Dialogue“. Die zweitägige Konferenz dient der Intensivierung des internationalen Austauschs zu Erfahrungen, Herausforderungen und Chancen der globalen Energiewende.

Im Jahr 2022 diskutierten unter dem Motto „Energiewende – From Ambition to Action“ Ministerinnen und Minister sowie hochrangige Delegationen aus über 50 Ländern mit Vertreterinnen und Vertretern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft über Strategien für den intelligenten Umbau von Energiesystemen weltweit und zur Reduzierung der Abhängigkeit von fossilen Energien. Auch die energiepolitische Dimension des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine war ein Thema.

Weitere Informationen unter:

<https://www.energydialogue.berlin/>



## Clean Energy Ministerial – CEM

Das „Clean Energy Ministerial (CEM)“ ist ein im Jahr 2010 gegründetes globales Forum zur Förderung einer nachhaltigen weltweiten Energieversorgung, an dem sich 28 Industrie- und Schwellenländer sowie die Europäische Union beteiligen. Zuletzt sind beim 12. CEM-Ministertreffen Anfang Juni 2021 Polen und Portugal beigetreten.

Kern des CEM ist die zumeist technologiespezifisch organisierte Kooperation der Mitgliedstaaten in verschiedenen Initiativen sowie in kurzfristigen, auch Akteure aus Privatsektor und Zivilgesellschaft umfassenden sogenannten Kampagnen. Diese Kooperation geht zurück auf zehn Technologie-Aktionspläne zu einer Reihe kohlenstoffarmer Technologien, die im Jahr 2009 von einer Reihe von Industriestaaten in Vorbereitung der COP-15-Klimakonferenz von Kopenhagen gemeinsam erarbeitet worden waren.

Deutschland, vertreten durch das BMWK, leitet u. a. gemeinsam mit Dänemark die multilaterale Initiative zu langfristigen Szenarien für die Energiewende sowie die Investment and Finance Initiative. In jährlichen Konferenzen auf Ministerebene werden neue Schwerpunkte für die Arbeit der Initiativen beschlossen.

Im September 2022 fand eine gemeinsame Veranstaltung des 13. CEM-Ministertreffen und des 7. Mission Innovation (MI)-Ministertreffen in Pittsburgh (USA) statt.

Weitere Informationen unter:  
[www.cleanenergyministerial.org](http://www.cleanenergyministerial.org)

## Mission Innovation – MI

Mission Innovation ist eine globale Initiative von 24 Ländern sowie der Europäischen Union, die daran arbeitet, Technologieinnovationen für erneuerbare Energien zu fördern und zur Marktreife zu bringen.

MI wurde auf der Klimakonferenz der Vereinten Nationen in Paris im Jahr 2015 von den dort versammelten Staats- und Regierungschefs gegründet, um die Bekämpfung des Klimawandels zu unterstützen.

Die MI-Jahreskonferenzen finden typischerweise im Anschluss an die CEM-Versammlungen am gleichen Ort statt. Im Jahr 2021 startet Mission Innovation in eine zweite Phase (MI2.0). Deutschland fokussiert sich im Rahmen der MI2.0 auf das globale Thema Wasserstoff und beteiligt sich entsprechend an einer „Mission Hydrogen“.

## SEforALL – Die Initiative „Sustainable Energy for All“

Nachhaltige Energie für alle bis zum Jahr 2030 – das ist der Anspruch der vom damaligen VN-Generalsekretär Ban Ki-moon im Jahr 2011 ins Leben gerufenen Initiative „Sustainable Energy for All“. Neben der Gewährleistung von universellem Zugang zu modernen Energiedienstleistungen soll die jährliche Energieeffizienzsteigerungsrate von 1,2 auf 2,4 Prozent erhöht sowie eine Verdoppelung des Anteils erneuerbarer Energien am weltweiten Energieerzeugungsmix bis zum Jahr 2030 erzielt werden.

Die Verfügbarkeit zuverlässiger, erschwinglicher und nachhaltiger Energiedienstleistungen ist eines der Haupthindernisse für die Entwicklung von Afrika, Asien und Lateinamerika. Alleine in Afrika haben etwa 613 Millionen Menschen keinen Zugang zu Elektrizität und etwa 850 Millionen Menschen sind zum Kochen auf feste Brennstoffe angewiesen [67].

Eine hochrangige Beratergruppe, zusammengesetzt aus 46 Vertreterinnen und Vertretern aus Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft, hat eine Aktionsagenda zur Operationalisierung der Ziele von SEforAll entwickelt. Die Maßnahmen zur Zielerreichung sollen die Anstrengungen von öffentlichem und privatem Sektor sowie der Zivilgesellschaft kombinieren, um damit ihre Wirkungen zu erhöhen. Auf der Konferenz der Vereinten Nationen zu Nachhaltiger Entwicklung in Rio (Rio+20) haben 50 Staaten aus Afrika, Asien, Lateinamerika und aus der Gruppe der kleinen Inselentwicklungsländer sowie eine Vielzahl von Unternehmen, lokalen Regierungen und Gruppen aus der Zivilgesellschaft eigene Verpflichtungen zur Unterstützung der Aktionsagenda vorgestellt. So nutzte die Initiative das politische Momentum des Rio+20-Verhandlungskontextes, um Unterstützung zu mobilisieren.

Weitere Informationen unter: [www.se4all.org](http://www.se4all.org)

## Die International Solar Alliance (ISA)

Ausgehend von einer Initiative Indiens in enger Kooperation mit Frankreich bei der Pariser Klimakonferenz 2015 (COP21) wurde im Jahr 2017 die International Solar Alliance (ISA) mit Sitz in Neu-Delhi gegründet. Die Mitgliedstaaten haben laut Vereinbarung die ISA eingerichtet, um Investitionen in Solarenergie zu mobilisieren und den Ausbau von Solarenergieerzeugungskapazitäten in den Mitgliedsländern zu beschleunigen. Durch Solarenergie soll der Energiebedarf gedeckt sowie gleichzeitig Wohlstand, Energiesicherheit und nachhaltige Entwicklung gefördert werden. Die ISA soll als Ansprechpartnerin für Solarenergie fungieren, die Netzwerke und Beratung zur Unterstützung des Ausbaus von Solarenergie („on the ground“) anbietet.

Im Herbst 2021 konnte nach Wegfall der geografischen Beschränkung auf „Staaten und Territorien zwischen den beiden Wendekreisen“ u. a. Deutschland der ISA beitreten, so dass die Organisation mittlerweile über 80 Mitglieder hat. Geleitet wird die ISA von ihrem auf vier Jahren gewählten Generaldirektor, dem Inder Dr. Ajay Mathur.

Weitere Informationen unter:  
[International Solar Alliance](https://www.isa.org/)

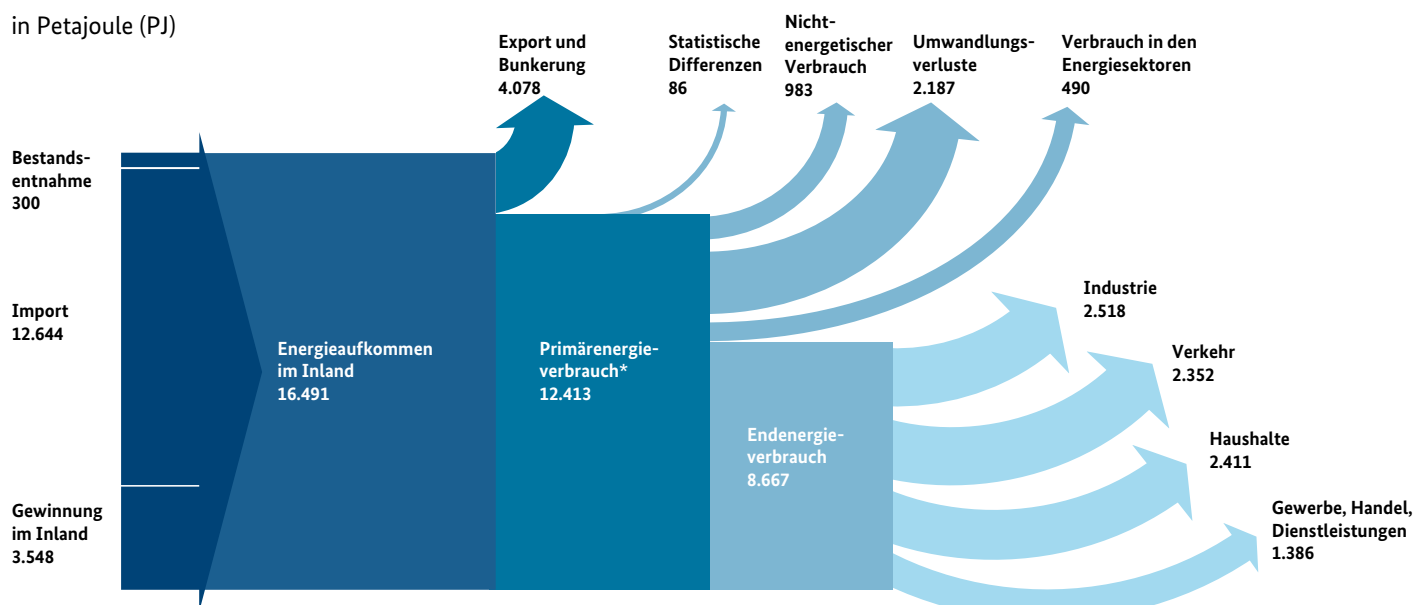
## Methodische Hinweise

Die hier veröffentlichten Angaben geben teilweise vorläufige Ergebnisse wieder. Bis zur Veröffentlichung endgültiger Angaben können sich im Vergleich zu früheren Publikationen Änderungen ergeben. Differenzen zwischen den Werten in den Tabellen und den entsprechenden Spalten- bzw. Zeilensummen ergeben sich durch Rundungen. Die übliche Terminologie der Energiestatistik umfasst u. a. den Begriff (Primär-)Energieverbrauch, der physikalisch jedoch nicht korrekt ist, weil Energie weder gewonnen noch verbraucht, sondern lediglich in verschiedene Energieformen umgewandelt werden kann (z. B. Wärme, Elektrizität, mechanische Energie). Dieser Vorgang ist allerdings nicht vollständig umkehrbar, sodass die technische Arbeitsfähigkeit der Energie teilweise verloren geht.

Weitere Hinweise zu den Begrifflichkeiten der Energiestatistik finden Sie auf der BMWK-Inter-netseite [www.bmwi.de/Navigation/DE/Service/Glossar-Energiewende/glossar.html](http://www.bmwi.de/Navigation/DE/Service/Glossar-Energiewende/glossar.html).

Die in dieser Publikation ausgewiesenen Energiemengen (Bruttostromverbrauch, Endenergieverbrauch aus erneuerbaren Energien für Wärme und

Abbildung 52: Energieflussbild 2021 für die Bundesrepublik Deutschland



\* Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt bei 15,7%. Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Kälte sowie für den Verkehr) können nicht sachgerecht zu einem Gesamtwert addiert werden, da die Summenbildung jeweils bestimmten Konventionen folgt. Auf dieser Basis lässt sich somit kein Anteil am gesamten Endenergieverbrauch berechnen.

## Methodische Änderungen

Die AGEE-Stat arbeitet kontinuierlich an methodischen Verbesserungen der erneuerbaren Energien-Statistik. In Fachgesprächen und durch Expertenaustausch zu einzelnen erneuerbaren Energieträgern werden fortlaufend neue Erkenntnisse zur Verbesserung der Datengrundlagen der Stromerzeugung und Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energieträgern gewonnen. Die daraus abgeleiteten methodischen Änderungen haben das Ziel, die langfristige Fortschreibung der Erneuerbare-Energien-Statistik zu gewährleisten und gleichzeitig eine einheitliche Datenbasis für die Erfüllung nationaler und internationaler Berichtspflichten zu schaffen. Nachfolgend wird ein Überblick über die aktuellen methodischen Änderungen gegeben:

### Aktualisierung der Datenbasis im Bereich der Stromerzeugung aus Wasserkraftanlagen

Die Zeitreihe der Bruttostromerzeugung aus Wasserkraftanlagen wurde ab 2018 aufgrund neuer Erkenntnisse zum reinen und teilweisen Selbstverbrauch kleiner Wasserkraftanlagen nach einem Modell des Ingenieurbüros Floecksmühle im Rahmen des Vorhabens „Wissenschaftliche Analysen zu ausgewählten Aspekten der Statistik erneuerbarer Energien und zur Unterstützung der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)“ aktualisiert.

### Aktualisierung der Datenbasis im Bereich der Wärmeerzeugung aus fester Biomasse

Im Bereich der Wärmeerzeugung aus fester Biomasse wurden die Zeitreihen zur Entwicklung der Nutzung von Energieholz in den Sektoren Private Haushalte und im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungssektor (GHD) aktualisiert. Hintergrund sind neue empirische Erhebungen des Thünen-Instituts für Waldwirtschaft für das Berichtsjahr 2020 im Sektor Private Haushalte und für das Berichtsjahr 2019 für die Biomasseanlagen kleiner

1 MW Feuerungswärmeleistung im Rahmen des Verbundvorhabens „Systemisches Rohstoffmonitoring Holz“ (Prof. Mantau/Thünen-Institut).

### Berechnungen nach Erneuerbare-Energien-Richtlinien (RED I und II):

Die **Erneuerbare-Energien-Richtlinie (2009/28/EG)** war seit 2009 das Fundament für die europäische Erneuerbare-Energien-Politik. Sie diente als Grundlage für die Bewertung und Förderung erneuerbarer Energien in der Europäischen Union. Die ursprüngliche Richtlinie wurde mit Wirkung Dezember 2018 durch die Richtlinie 2018/2001/EG (RED II) umfassend novelliert, welche im Jahr 2021 in Kraft getreten ist.

Für die Berechnung der Zielerreichung enthält die EU-Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen detaillierte Vorgaben in Artikel 7. Neben dem Gesamtanteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch werden auch in den Teilbereichen Strom, Wärme und Verkehr sektorale Anteile bestimmt.

Der Bruttoendenergieverbrauch ist die Grundlage für die verbindlichen nationalen Zielwerte innerhalb der RED und wird in der Richtlinie 2018/2001/EG in Artikel 2 Nr. 4 wie folgt definiert:

*„Energieprodukte, die der Industrie, dem Verkehrssektor, Haushalten, dem Dienstleistungssektor zu energetischen Zwecken geliefert werden einschließlich des Sektors der öffentlichen Dienstleistungen sowie der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft, des Elektrizitäts- und Wärmeverbrauchs der Energiewirtschaft bei der Produktion von Elektrizität, Wärme und Kraftstoffen für den Verkehr, sowie der bei der Verteilung und Übertragung auftretenden Elektrizitäts- und Wärmeverluste“*

Ein Vergleich der nach den Vorgaben der EU-Richtlinie berichteten Daten mit Statistiken aus anderen Quellen, wie z. B. den Daten zum EEG oder der nationalen Energiestatistik, ist nur eingeschränkt möglich, weil in der Berichterstattung zur EU-Richtlinie teilweise spezifische methodische Vorgaben angewandt werden. Unter anderem werden bei der Berechnung der Beiträge von Wind- und Wasserkraft witterungsbedingte Schwankungen des Stromertrags bereinigt. Durch diese „Normali-

sierung“ auf ein durchschnittliches Jahr entspricht der Wert für Wind- und Wasserkraft nicht mehr dem tatsächlichen Ertrag des entsprechenden Jahres, spiegelt dafür aber den angestrebten Ausbau erneuerbarer Stromerzeugungskapazitäten besser wider.

Des Weiteren müssen Bioenergieträger und Biokraftstoffe bestimmte Nachhaltigkeitskriterien erfüllen, damit sie auf die Ziele nach EU-Richtlinie angerechnet werden können.

Im Verkehrssektor wird darüber hinaus der Beitrag von Strom aus erneuerbaren Quellen durch Mehrfachanrechnung beim Einsatz im Straßen- und Schienenverkehr besonders gefördert. Außerdem werden Biokraftstoffe, die aus Roh- und Reststoffen nach Anhang IX der Richtlinie hergestellt wurden, doppelt auf den Anteil erneuerbarer Energien im Verkehrssektor angerechnet.

#### Berechnung des Anteils ohne Anwendung der Berechnungsmethode nach EU-Richtlinie:

Bereits im Energiekonzept der Bundesregierung von 2010 findet sich als Zielgröße ebenfalls der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch. Analog zur EU-RL wurde auch hier ein Anteil von 18 Prozent im Jahr 2020 angestrebt. Um die Entwicklung der erneuerbaren Energien abzubilden, wird hier allerdings abweichend von der nach EU-RL angewandten Berechnungsmethode kalkuliert und der Anteil am Bruttoendenergieverbrauch mit der realen Erzeugung von Wind und Wasserkraft sowie dem tatsächlichen Verbrauch von Biokraftstoffen im Verkehrssektor abgebildet.

#### Wirtschaftliche Impulse durch die Nutzung erneuerbarer Energien

Der in den vergangenen Jahren zu beobachtende Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland hat zu einer weiter wachsenden Bedeutung der Erneuerbare-Energien-Branche für die Gesamtwirtschaft geführt. Hierzu trägt zum einen der Bau von EE-Anlagen zur Nutzung von Strom und Wärme bei. Daneben stellt mit zunehmender Anlagenzahl der Betrieb dieser Anlagen einen wachsenden Wirtschaftsfaktor dar.

Die in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien getätigten Investitionen werden auf Basis der zugebauten Leistung bzw. Anlagenzahl ermittelt. Mit Hilfe spezifischer Investitionskosten (Euro/kW) bzw. mittlerer Kosten je Anlage (Euro/Anlage) werden daraus die gesamten Investitionen je Sparte im Betrachtungsjahr berechnet. Bei Anlagen mit mehrjähriger Bauzeit werden die Investitionen periodengerecht zugeordnet. Dies betrifft insbesondere Windenergieanlagen auf See, Anlagen zur Nutzung tiefer Geothermie sowie große Wasserkraftanlagen, aber auch große Biomasseheizkraftwerke und Biogasanlagen. Auf diese Weise wird vermieden, dass Investitionen nur dem Jahr der Anlagenfertigstellung bzw. -inbetriebnahme zugeordnet werden.

Zu den wirtschaftlichen Impulsen aus dem Anlagenbetrieb trägt neben den Aufwendungen für Betrieb und Wartung der Anlagen, insbesondere in Form von Personalkosten, auch die Bereitstellung von regenerativen Brennstoffen und Biokraftstoffen bei.

Die Kosten für Wartung und Betrieb der Anlagen werden auf Basis technologiespezifischer Wertansätze ermittelt. Dazu wurden Kostenrechnungen aus diversen wissenschaftlichen Untersuchungen herangezogen. Hierzu gehören vor allem die Forschungsvorhaben zum EEG (insbesondere die Forschungsberichte zum EEG-Erfahrungsbericht, z. B. [68], die Evaluierungen des Marktanzreizprogramms (u. a. [69])) sowie die Evaluierungen der KfW-Förderung im Bereich der erneuerbaren Energien [70].

Zur Ermittlung der Kosten durch die Brennstoffbereitstellung für die Strom- und Wärmeerzeugung werden die Kosten fester und flüssiger Brennstoffe sowie der eingesetzten Substrate zur Herstellung von Biogas berücksichtigt. Zu den relevanten festen Biomassebrennstoffen gehören vor allem Altholz, Wald- und Industrierestholz, Holzpellets, Holzhackschnitzel, Holzbriketts sowie der kommerziell gehandelte Teil des Brennholzes. Hauptbestandteil der Substrate zur Biogaserzeugung sind Maissilage, Grassilage sowie Getreide-Ganzpflanzensilage und Mindergetreide. Insgesamt wurden die wirtschaftlichen Impulse durch Bereitstellung biogener Brennstoffe mit 4,6 Milliarden Euro bewertet.

# Umrechnungsfaktoren

Vorsätze für Maßeinheiten							
Megawattstunde:	1 MWh = 1.000 kWh	Kilo	k	10 <sup>3*</sup>	Tera	T	10 <sup>12</sup>
Gigawattstunde:	1 GWh = 1 Mio. kWh	Mega	M	10 <sup>6</sup>	Peta	P	10 <sup>15</sup>
Terawattstunde:	1 TWh = 1 Mrd. kWh	Giga	G	10 <sup>9</sup>	Exa	E	10 <sup>18</sup>

Einheiten für Energie und Leistung	
Joule J	für Energie, Arbeit, Wärmemenge
Watt W	für Leistung, Energiestrom, Wärmestrom
1 Joule (J) = 1 Newtonmeter (Nm) = 1 Wattsekunde (Ws)	

Für Deutschland als gesetzliche Einheiten verbindlich seit 1978. Die Kalorie und davon abgeleitete Einheiten wie Steinkohleeinheit und Rohöleinheit werden noch hilfsweise verwendet.

Umrechnungsfaktoren					
		PJ	TWh Mio. t	SKE Mio. t	RÖE
1 Petajoule	PJ	1	0,2778	0,0341	0,0239
1 Terawattstunde	TWh	3,6	1	0,123	0,0861
1 Mio. t Steinkohleeinheit	Mio. t SKE	29,308	8,14	1	0,7
1 Mio. t Rohöleinheit	Mio. t RÖE	41,869	11,63	1,429	1

Die Zahlen beziehen sich auf den Heizwert.

Treibhausgase	
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CH <sub>4</sub>	Methan
N <sub>2</sub> O	Lachgas
SF <sub>6</sub>	Schwefelhexafluorid
H-FKW	wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe
FKW	perfluorierte Kohlenwasserstoffe

Weitere Luftschadstoffe	
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
NO <sub>x</sub>	Stickoxide
HCl	Chlorwasserstoff (Salzsäure)
HF	Fluorwasserstoff (Flusssäure)
CO	Kohlenmonoxid
NMVOG	flüchtige Kohlenwasserstoffe ohne Methan

\* 10<sup>2</sup> = 100, 10<sup>3</sup> = 1.000, 10<sup>4</sup> = 10.000, 10<sup>5</sup> = 100.000, 10<sup>6</sup> = 1.000.000 usw.

# Abkürzungsverzeichnis

ACEA	European Automobile Manufacturers' Association
AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.
AGEE-Stat	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik
AGQM	Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel e.V.
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BBPIG	Bundesbedarfsplangesetz
BEEV	Bruttoendenergieverbrauch
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BETD	Berlin Energy Transition Dialogue
BEV	reines batterieelektrisches Fahrzeug
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BDH	Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie
BHKW	Blockheizkraftwerk
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Biokraft-NachV	Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung
BioSt-NachV	Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMF	Bundesministerium der Finanzen
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BNetzA	Bundesnetzagentur
BReg	Bundesregierung
BRICS	Brasilien, Russland, Indien, China, Südafrika
BSW	Bundesverband Solarwirtschaft
BtX (Bio-to-X, Bio2X)	bezeichnet alle Technologien zur Umwandlung von Biomasse in Strom, Wärme
BWP	Bundesverband Wärmepumpe e.V.
CEM	Clean Energy Ministerial
CNG	Komprimiertes Erdgas (Compressed Natural Gas)
CO <sub>2</sub> -Äq.	CO <sub>2</sub> -Äquivalent(e)
COP-XX	UN-Biodiversitätskonferenz (z. B. 15. Vertragsstaatenkonferenz (COP15) des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD))
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum
DEPV	Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V.
dena	Deutsche Energieagentur
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
EBW	Energieberatung für Wohngebäude
ECN	Energy research Centre of the Netherlands
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz

EEV	Endenergieverbrauch
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EKF	Energie- und Klimafonds
EM	Einzelmaßnahmen
EnergieStG	Energiesteuergesetz
EnEG	Energieeinsparungsgesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
EnUG	Energie-Umlagen-Gesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
ENTSO-E	Europäische Übertragungsnetzbetreiber
EU	Europäische Union
Eurostat	Statistisches Amt der Europäischen Union
ESTIF	European Solar Thermal Industry Federation
EWEA	The European Wind Energy Association
Fh-ISE	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
FuE	Forschung und Entwicklung
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V
g	Gramm
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GSR	Global Status Report
GWh	Gigawattstunde
GWS	Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung
GZB	Internationales Geothermiezentrum
HEV	Hybridelektro kraftfahrzeug
HIC	Hamburg-Institut
HH	Haushalte
HKW	Heizkraftwerk
HW	Heizwerk
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil
IE Leipzig	Leipziger Institut für Energie
IEA	Internationale Energieagentur
IRENA	International Renewable Energy Agency
ISA	International Solar Alliance
IPCEIs	Important Projects of Common European Interest
IRECs	International Renewable Energy Conferences
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KW	Kraftwerk/e
kWh	Kilowattstunde
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
LNG	Flüssigerdgas (Liquefied Natural Gas)
LPG	Autogas (Liquefied Petroleum Gas)
LSV	Ladesäulenverordnung
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
MaStR	Marktstammdatenregisterverordnung
MAP	Marktanreizprogramm
Mio.	Million
Mrd.	Milliarde

---

MS	Mitgliedstaat
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz
NECP	Nationaler Energie- und Klimaplan (National Energy and Climate Plan)
NREAP	Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energien
NUTS 2	Basisregionen für regionalpolitische Maßnahmen
NWG	Nichtwohngebäude
NWS	Nationale Wasserstoffstrategie
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
PV	Photovoltaik
PEV	Primärenergieverbrauch
PHEV	Plug-in-Hybridfahrzeuge
Pkw	Personenkraftwagen
ptj	Projektträger Jülich
PtX (Power-to-X)	bezeichnet verschiedene Technologien zur Speicherung von EE
RED	Erneuerbare-Energien Richtlinie (Renewable Energy Directive)
REN21	Renewable Energy Policy Network for the 21st Century
RL	Richtlinie
SEforALL	Initiative „Sustainable Energy for All“
SMARD	Strommarktdaten, Informationsplattform der Bundesnetzagentur
StBA	Statistisches Bundesamt
StromEinspG	Stromeinspeisungsgesetz
t	Tonne
THG	Treibhausgas
UBA	Umweltbundesamt
UFOP	Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V.
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
UL	UL International GmbH
USD	United States Dollars
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V.
WHO	Weltgesundheitsorganisation
WindSeeG	Windenergie-auf-See-Gesetz
WG	Wohngebäude
ZSW	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg



# Quellenverzeichnis

- [1] AG Energiebilanzen, „AG Energiebilanzen e.V. | Bilanzen 1990-2020“. <https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/bilanzen-1990-bis-2020/> (zugegriffen 24. August 2022).
- [2] Statistisches Bundesamt (StBA), „Statistischer Bericht – Abfallentsorgung 2020; Fachserie 19 Reihe 1 – Abfallentsorgung“, Statistisches Bundesamt. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/statistischer-bericht-abfallentsorgung-2190100207005.html> (zugegriffen 24. August 2022).
- [3] Statistisches Bundesamt (StBA), „Statistische Erhebungen im Bereich Stromerzeugung und elektrische Leistung: 066K, 067, 070 und 073“.
- [4] Bundesnetzagentur (BNetzA), „Bundesnetzagentur – Statistiken ausgewählter erneuerbarer Energieträger zur Stromerzeugung – Juni 2022“. Zugegriffen: 24. August 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/start.html>
- [5] Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, „Jahresabrechnungen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG-Jahresabrechnungen 2000–2021)“, August 2022. [www.netztransparenz.de](http://www.netztransparenz.de)
- [6] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) et al, „Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2014 gemäß § 65 EEG, im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie – Wissenschaftlicher Bericht Vorhaben I“, Juli 2014.
- [7] Reinholz, T.; Völler, K., „Kurzstudie – Daten für den Biomethanmarkt – Zusammenstellung und Analyse verfügbarer aktueller Daten sowie rückwirkender Zeitreihen“, Deutsche Energieagentur (dena), Berlin, Juli 2018.
- [8] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., „BDEW-Strompreisanalyse Juli 2022“. <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/> (zugegriffen 4. August 2022).
- [9] VDEW – Grawe, J.; Wagner, E., „Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft 1992, 1994, 1996, 1999; in: ew (Elektrizitätswirtschaft)“.
- [10] Deutsches Biomasseforschungszentrum GmbH (DBFZ) in Kooperation mit der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), „Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse – Endbericht zur EEG-Periode 2009 – 2011, Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU“, März 2012.
- [11] IE – Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (IE), Leipzig, Fichtner GmbH & Co. KG, Stuttgart, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, „Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse“, Jena.

- [12] Bundesnetzagentur (BNetzA), „EEG-Statistikberichte zu den Jahresendabrechnungen 2007 – 2011, EEG in Zahlen 2012 – 2019 sowie Auswertungen des Marktstammdatenregisters (MaStR)“, August 2021. [www.bundesnetzagentur.de](http://www.bundesnetzagentur.de)
- [13] Weimar, H., „From empirical studies to bioenergy statistics: bridging the GAP of unrecorded wood-bioenergy in Germany“, Thünen-Institut. 2016, Verfügbar unter: [https://www.openagrar.de/receive/openagrar\\_mods\\_00023097](https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00023097)
- [14] Deutsches Pelletinstitut GmbH, „Pelletfeuerungen in Deutschland; 2013 – 2021, inkl. Prognose 2022“. <https://www.depi.de/p/Pelletfeuerungen-in-Deutschland-aqzgTdFJwz77hk1Vrr3kHy> (zugegriffen 6. Juli 2022).
- [15] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), „Heizwerte der Energieträger und Faktoren für die Umrechnung von spezifischen Mengeneinheiten in Wärmeeinheiten, 2005 – 2020“. 15. Februar 2022. Zugegriffen: 24. August 2022. [Online]. Verfügbar unter: [www.ag-energiebilanzen.de](http://www.ag-energiebilanzen.de)
- [16] Statistisches Bundesamt (StBA), „Statistische Erhebung 2, 064, 066K, 067, 073 und Außenhandelsstatistik“.
- [17] Thünen-Institut für internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie, „Holzeinschlag und Rohholzverwendung“. <https://www.thuenen.de/de/fachinstitute/waldwirtschaft/zahlen-fakten/holzeinschlag-und-rohholzverwendung>
- [18] Born, H. et al., „Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes – Bestandsaufnahme und Trends, 2. Aktualisierung Internationales Geothermiezentrum (GZB) im Auftrag des ZSW“. 1. November 2017.
- [19] International Energy Agency (IEA), European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF), „Solar Heating and Cooling Programme: Common calculation method of the solar thermal energy produced worldwide available“, Bochum, 15. November 2011. [Online]. Verfügbar unter: [www.iea-shc.org](http://www.iea-shc.org)
- [20] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), „Rohstoffmonitoring Holz: Mengenmäßige Erfassung und Bilanzierung der Holzverwendung in Deutschland – Forst – Nachwachsende Rohstoffe – Broschüren“, Juni 2018. Zugegriffen: 30. Juli 2019. [Online]. Verfügbar unter: <https://mediathek.fnr.de/broschuren/nachwachsende-rohstoffe/forst/rohstoffmonitoring-holz-mengenmaessige-erfassung-und-bilanzierung-der-holzverwendung-in-deutschland.html>
- [21] Döring, P.; Glasenapp, S.; Mantau, U., „Rohstoffmonitoring Holz: Energieholzverwendung in privaten Haushalten 2014; Marktvolumen und verwendete Holzsortimente; Abschlussbericht“, Feb. 2016. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn059776.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn059776.pdf)
- [22] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), „Zeitreihen Erneuerbare Energien“. [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare\\_Energien\\_in\\_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html) (zugegriffen 4. Oktober 2022).
- [23] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), „Amtliche Mineralölstatistik“. [https://www.bafa.de/DE/Energie/Rohstoffe/Mineraloelstatistik/mineraloel\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Rohstoffe/Mineraloelstatistik/mineraloel_node.html)
- [24] Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), „BLE – Klima – Evaluations- und Erfahrungsbericht für das Jahr 2020“. Zugegriffen: 27. September 2022. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Klima-Energie/Nachhaltige-Biomasseherstellung/Evaluationsbericht\\_2020.html](https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Klima-Energie/Nachhaltige-Biomasseherstellung/Evaluationsbericht_2020.html)

- [25] Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), „Anmeldungen auf die Treibhausgas-minderungsquote: Daten für das Jahr 2020. Nabisy Datenauszug 2021.“ Verfügbar unter: [https://www.ble.de/DE/Themen/Klima-Energie/Nachhaltige-Biomasseherstellung/Informationen-Nabisy/Nabisy\\_node.html](https://www.ble.de/DE/Themen/Klima-Energie/Nachhaltige-Biomasseherstellung/Informationen-Nabisy/Nabisy_node.html)
- [26] Bundesministerium der Finanzen (BMF) und Biokraftstoffquotenstelle, „Statistische Angaben über die Erfüllung der Biokraftstoffquote“. [https://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verbrauchssteuern/Treibhausgasquote-THG-Quote/Quotenverpflichtung/Erfuellung-Quotenverpflichtung/erfuellungsquotenverpflichtung\\_node.html](https://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verbrauchssteuern/Treibhausgasquote-THG-Quote/Quotenverpflichtung/Erfuellung-Quotenverpflichtung/erfuellungsquotenverpflichtung_node.html) (zugegriffen 6. August 2022).
- [27] Bundesregierung (BReg), „Nationale Berichte zur Umsetzung der Richtlinie 2003/30/EG vom 08.05.2003 zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor“. [Online]. Verfügbar unter: [www.biomasse-nutzung.de/wp-content/uploads/germany\\_2011\\_de.pdf](http://www.biomasse-nutzung.de/wp-content/uploads/germany_2011_de.pdf)
- [28] Bundesregierung (BReg), „Bericht der Bundesregierung über die Entwicklung der Treibhausgas-minderung von Biokraftstoffen, über das Biomassepotenzial sowie über die auf dem Kraftstoffmarkt befindlichen Biomethan-Mengen“. 10. Mai 2012. [Online]. Verfügbar unter: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/17/096/1709621.pdf>
- [29] Bundesregierung (BReg), „Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung – Biokraft-NachV) (BGBl.I S.2174)“. 30. September 2009.
- [30] Bundesregierung (BReg), „Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung (Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung – BioSt-NachV)“. 23. Juli 2009.
- [31] Statistisches Bundesamt (StBA), „Energiesteuerstatistik – Fachserie 14 Reihe 9.3, letzte Ausgabe: 2016“. 1. Juni 2017. [www.statistischebibliothek.de/mir/receive/DEHeft\\_mods\\_00070384](http://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/DEHeft_mods_00070384)
- [32] Umweltbundesamt (UBA), „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger“. Oktober 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/emissionsbilanz-erneuerbarer-energetraeger>
- [33] Bundesregierung (BReg), Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land, Bd. 1353. 2022. [Online]. Verfügbar unter: [http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger\\_BGBl&jumpTo=bgbl122s1353.pdf](http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl122s1353.pdf)
- [34] Bundesregierung (BReg), Zweites Gesetz zur Änderung des Windenergie-auf-See-Gesetzes und anderer Vorschriften (WindSeeG), Bd. 1353. [Online]. Verfügbar unter: [http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger\\_BGBl&jumpTo=bgbl122s1325.pdf](http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl122s1325.pdf)
- [35] Bundesregierung (BReg), „Koalitionsvertrag 2021 – 2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN und den Freien Demokraten (FDP); „Mehr Fortschritt wagen, Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit“. Dezember 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/gesetzesvorhaben/koalitionsvertrag-2021-1990800>

- [36] Öko-Institut e.V.; Energy Brainpool, „Monitoring der Direktvermarktung: Jahresbericht 2021 & Ausblick 2022“, Jan. 2022.
- [37] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), „Mietstrombericht nach § 99 Erneuerbare-Energien-Gesetz 2017“. Zugegriffen: 20. Mai 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/mietstrombericht-eeg-2017.pdf;jsessionid=2C88EB08A49AE05FCF4A405174498E0C?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/mietstrombericht-eeg-2017.pdf;jsessionid=2C88EB08A49AE05FCF4A405174498E0C?__blob=publicationFile)
- [38] GWS, „Ökonomische Indikatoren des Energiesystems: Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für den Zeitraum 2000 – 2016, GWS Research Report 2018/02“, Osnabrück, Feb. 2018.
- [39] DIW, DLR, GWS, „Ergebnisse aus dem laufenden Forschungsvorhaben ‚Ökonomische Indikatoren des Energiesystems‘ im Auftrag des BMWK“, Mai 2022.
- [40] Umweltbundesamt (UBA), „Energieverbrauch für fossile und erneuerbare Wärme“, Umweltbundesamt, 15. April 2016. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-fuer-fossile-erneuerbare-waerme> (zugegriffen 15. September 2022).
- [41] Umweltbundesamt (UBA), „Treibhausgasminderungsziele Deutschlands“, Umweltbundesamt, 3. Juli 2013. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgasminderungsziele-deutschlands> (zugegriffen 15. September 2022).
- [42] Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Text von Bedeutung für den EWR). 2018. Zugegriffen: 11. August 2022. [Online]. Verfügbar unter: <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj/deu>
- [43] Bundesregierung (BReg), Gesetz zur Weiterentwicklung der Treibhausgasminderungs-Quote. 2021, S. 4458. Zugegriffen: 5. Oktober 2022. [Online]. Verfügbar unter: [http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger\\_BGBl&jumpTo=bgbl121s4458.pdf](http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl121s4458.pdf)
- [44] Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), „Kraftfahrt-Bundesamt – Neuzulassungen an Kraftfahrzeugen 2021“. [https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Umwelt/n\\_umwelt\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Umwelt/n_umwelt_node.html) (zugegriffen 19. Mai 2022).
- [45] Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), „Kraftfahrt-Bundesamt – Bestand – Jahresbilanz 2021“. [https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz\\_Bestand/fz\\_b\\_jahresbilanz\\_node.html?yearFilter=2021](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz_Bestand/fz_b_jahresbilanz_node.html?yearFilter=2021) (zugegriffen 19. Mai 2022).
- [46] Bundesnetzagentur (BNetzA), „Bundesnetzagentur – Elektromobilität: Öffentliche Ladeinfrastruktur“. <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/E-Mobilitaet/start.html> (zugegriffen 19. Mai 2022).
- [47] „TransUrban.NRW – Gemeinsam Energiezukunft gestalten“. <https://www.reallabor-transurban-nrw.de/> (zugegriffen 29. Juni 2022).
- [48] „Energiepark Bad Lauchstädt“. <https://energiepark-bad-lauchstaedt.de/> (zugegriffen 29. Juni 2022).

- [49] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, „SHARES 2020 (Erneuerbare Energien) – Energie – Eurostat“. <https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/energy/data/shares> (zugegriffen 19. Juli 2022).
- [50] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, „Online Database, Erzeugung von Elektrizität und abgeleiteter Wärme nach Brennstoff – Produkte Daten – 2022“, 14. April 2022. [https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-datasets/product?code=nrg\\_bal\\_peh](https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-datasets/product?code=nrg_bal_peh) (zugegriffen 19. Juli 2022).
- [51] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, „Energy balances – early estimate – Fossil fuels led in electricity generation in 2021“. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220630-1> (zugegriffen 19. Juli 2022).
- [52] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, „Online Database, Stromerzeugungskapazität von erneuerbaren Energien und Abfällen – Produkte Daten – 2022“, 20. April 2022. [https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-datasets/product?code=nrg\\_inf\\_epcrw](https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-datasets/product?code=nrg_inf_epcrw) (zugegriffen 19. Juli 2022).
- [53] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, „Online Database, Stromerzeugungskapazität von erneuerbaren Energien und Abfällen (nrg\_inf\_epcrw), 2020“. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>
- [54] REN21 – Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, „Renewables 2021, Global Status Report“. Zugegriffen: 17. Juni 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf)
- [55] IRENA, „Renewable Capacity Statistics 2022“, 04 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://irena.org/publications/2022/Apr/Renewable-Capacity-Statistics-2022>
- [56] EurObserv'ER, „Solar thermal and CSP barometers Archives, 2022“, EurObserv'ER. <https://www.eurobserv-er.org/solar-thermal-and-concentrated-solar-power-barometer-2022/>
- [57] Europäischer Rat, „Fit für 55‘: Rat vereinbart höhere Ziele für erneuerbare Energien und Energieeffizienz“. <https://www.consilium.europa.eu/de/press/press-releases/2022/06/27/fit-for-55-council-agrees-on-higher-targets-for-renewables-and-energy-efficiency/> (zugegriffen 6. Juli 2022).
- [58] European Commission, „Verkehr umweltverträglicher machen“. Zugegriffen: 1. Juli 2022. [Online]. Verfügbar unter: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/869688/Transport\\_Factsheet\\_DE.pdf.pdf](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/869688/Transport_Factsheet_DE.pdf.pdf)
- [59] ZSW, „Deutschland sichert sich Spitzenplatz bei der Elektromobilität, 2021“. <https://www.zsw-bw.de/presse/aktuelles/detailansicht/news/detail/News/deutschland-sichert-sich-spitzenplatz-bei-der-elektromobilitaet.html> (zugegriffen 6. Juli 2022).
- [60] ACEA – European Automobile Manufacturers' Association, „Fuel types of new cars: battery electric 9.1 %, hybrid 19.6 % and petrol 40.0 % market share full-year 2021“, <https://www.acea.auto/fuel-pc/fuel-types-of-new-cars-battery-electric-9-1-hybrid-19-6-and-petrol-40-0-market-share-full-year-2021/> (zugegriffen Mai 2022).

- [61] Eurostat, Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, „Versorgung, Umwandlung und Verbrauch von erneuerbaren Energien und Abfällen – Produkte Daten – 2021“, 12. Juli 2022. [https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-datasets/product?code=nrg\\_cb\\_rw](https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-datasets/product?code=nrg_cb_rw) (zugegriffen 19. Juli 2022).
- [62] EurObserv'ER, „Renewable Energy in Transport Barometer 2021“. Zugegriffen: 13. September 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.eurobserv-er.org/res-in-transport-barometer-2021/>
- [63] IRENA, „World Energy Transitions Outlook 2021, 1.5 °C Pathway“, Juli 2021. Zugegriffen: 19. Juli 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/March/IRENA\\_World\\_Energy\\_Transitions\\_Outlook\\_2021.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/March/IRENA_World_Energy_Transitions_Outlook_2021.pdf)
- [64] REN21 – Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, „Renewables 2022, Global Status Report“. Zugegriffen: 11. Juli 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- [65] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden Württemberg (ZSW), „ZSW: Datenservice, 2021“. <https://www.zsw-bw.de/mediathek/datenservice.html> (zugegriffen 24. August 2022).
- [66] IRENA, „Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2022“, /publications/2022/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2022. <https://www.irena.org/publications/2022/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2022> (zugegriffen 5. Oktober 2022).
- [67] „The SEforALL Initiative“, SEforALL Africa Hub. <https://www.se4all-africa.org/the-africa-hub/who-we-are/the-seforall-initiative/> (zugegriffen 27. Juni 2022).
- [68] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) et al., „Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 EEG, im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie – Teilvorhaben II c: Solare Strahlungsenergie, Abschlussbericht, März 2019“, März 2019. Zugegriffen: 15. Juli 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.zsw-bw.de/uploads/media/zsv-boschundpartner-vorbereitung-begleitung-eeg.pdf>
- [69] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), „Evaluation und Perspektiven des Marktanreizprogramms zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt im Förderzeitraum 2019 bis 2020 – Evaluation des Förderjahres 2019, Dezember 2021.
- [70] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), „Evaluierung der inländischen KfW-Programme zur Förderung Erneuerbarer Energien in den Jahren 2019 und 2020, Gutachten im Auftrag der KfW Bankengruppe“. Zugegriffen: 27. Oktober. Verfügbar unter: <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-alle-Evaluationen/Erneuerbare-Energien-Evaluation-2019-und-2020.pdf>



