



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

80 MILLIONEN GEMEINSAM FÜR
ENERGIEWECHSEL

Klimaschutz in Zahlen

*Aktuelle Emissionstrends und Klimaschutzmaßnahmen in
Deutschland – Ausgabe 2022*

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

Impressum**Herausgeber**

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

Stand

Juli 2022

Diese Publikation wird ausschließlich als Download angeboten.

Gestaltung

www.digitale-gestaltung.de, Holger Ebeling, 10119 Berlin

Bildnachweis

Titelseite: Adobe Stock/anatoliy_gleb
Seite 8: Adobe Stock/ValentinValkov · Seite 14: Presse- und
Informationsamt der Bundesregierung/Sandra Steins
Seite 22: Adobe Stock/Uwe · Seite 48: Adobe Stock/
ATKWORK888

Zentraler Bestellservice für Publikationen**der Bundesregierung:**

E-Mail: publikationen@bundesregierung.de

Telefon: 030 182722721

Bestellfax: 030 18102722721

Hinweis

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.

Klimaschutz in Zahlen

*Aktuelle Emissionstrends und Klimaschutzmaßnahmen in
Deutschland – Ausgabe 2022*



Inhalt

Klimaschutz in Zahlen – kompakt.....	6
1. Herausforderung Klimawandel.....	8
1.1 Ursachen und globale Folgen des Klimawandels.....	9
1.2 Folgen und wirtschaftliche Kosten des Klimawandels in Deutschland.....	12
2. Klimapolitik in Deutschland, Europa und der Welt.....	14
2.1 Deutsche Klimapolitik.....	15
2.2 Europäische Klimapolitik.....	17
2.3 Internationale Klimapolitik.....	19
3. Emissionstrends und Klimaschutzmaßnahmen in den Sektoren.....	22
3.1 Emissionen in Deutschland – gestern, heute und morgen.....	23
3.2 Energiewirtschaft.....	25
3.3 Industrie.....	31
3.4 Verkehr.....	34
3.5 Gebäude.....	39
3.6 Landwirtschaft.....	41
3.7 Abfall- und Kreislaufwirtschaft.....	44
3.8 Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF).....	45
4. Der Weg in die Treibhausgasneutralität als wirtschaftliche und gesellschaftliche Chance ...	48
SCHLAGLICHT 2022: Mögliche künftige Entwicklungen auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität – Überblick zu Transformationsszenarien.....	49
4.1 Umbau zu einer Sozial-ökologischen Marktwirtschaft.....	51
4.2 Arbeitsplätze und Strukturwandel.....	53
4.3 Schaffung nachhaltiger Infrastrukturen.....	55
4.4 Kommunaler Klimaschutz.....	57
4.5 Nachhaltige Investitionen.....	57
5. Glossar.....	60
6. Abkürzungsverzeichnis.....	62
7. Endnoten.....	64
8. Literaturverzeichnis.....	66



Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

die Krux am Klimawandel ist, dass er schleichend daherkommt. Steigende Temperaturen bedingen mehr Dürren und Starkregen. Zunehmend können wir diesen physikalischen Zusammenhang auch in Deutschland beobachten. Böden sind großflächig ausgetrocknet, der Ertrag beim Körnermais in vielen Regionen katastrophal niedrig. Flüsse weisen teils historisch niedrige Pegelstände auf, wodurch die Schifffahrt stark eingeschränkt wird. Gleichzeitig nehmen Starkregenereignisse zu; die totbringende Flutkatastrophe im Ahrtal liegt gerade einmal ein Jahr zurück. Was in meiner Kindheit noch Extremwetterereignisse waren, wird zunehmend zum Normalzustand. Zukünftige Extreme werden weit über das hinausgehen, was wir aus den Chroniken unserer Dörfer und Städte kennen.

Der vorliegende Bericht ist eindeutig: Deutschland trägt noch immer überdurchschnittlich zum Klimawandel bei. Pro Einwohner wurden im letzten Jahr rund 8 Tonnen CO₂ in die Atmosphäre freigesetzt, das sind 2 bis 3 Tonnen mehr als der globale Durchschnitt. Hauptursache ist der Einsatz von fossilen Energieträgern wie Kohle, Öl und Gas in der Stromgewinnung, in der Industrie, im Verkehr und beim Heizen.

Ich bin angetreten, dies zu ändern. Der Einsatz fossiler Energien treibt nicht nur den Klimawandel und schädigt durch Luftverschmutzung unsere Gesundheit; er hat auch wirtschaftlich keine Zukunft. Ihre Verwendung ist häufig ineffizient – so beträgt der Wirkungsgrad eines Pkw-Verbrennungsmotors im realen Einsatz nur etwa 30 Prozent – und sie müssen ständig neu beschafft werden, was teure Abhängigkeiten zu Folge hat. Dies wird uns aktuell besonders schmerzlich vor Augen geführt.

Glücklicherweise gibt es Alternativen, insbesondere erneuerbare Energien, Elektrifizierung, Energieeffizienz und geringeren Verbrauch, die wir aktiv vorantreiben. Mit einem Energiesofortmaßnahmenpaket haben wir im Sommer bereits die Voraussetzungen dafür geschaffen, den Ausbau der Erneuerbaren deutlich zu beschleunigen und auszuweiten. Bis zum Jahr 2030 wollen wir einen Anteil von 80 Prozent an der Stromerzeugung erreichen.

Insgesamt müssen nach den Vorgaben des Klimaschutzgesetzes die Treibhausgasemissionen von rund 762 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten im Jahr 2021 auf rund 435 Millionen Tonnen im Jahr 2030 gesenkt werden. Bis zum Jahr 2045 soll Netto-Treibhausgasneutralität erreicht werden. Wir dürfen dann nur noch so viel Treibhausgas in die Atmosphäre entlassen, wie im selben Zeitraum, zum Beispiel durch Wälder, aufgenommen werden kann.

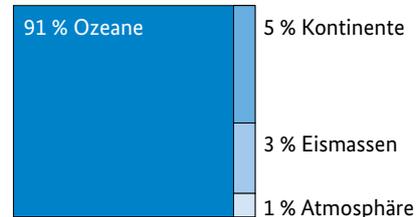
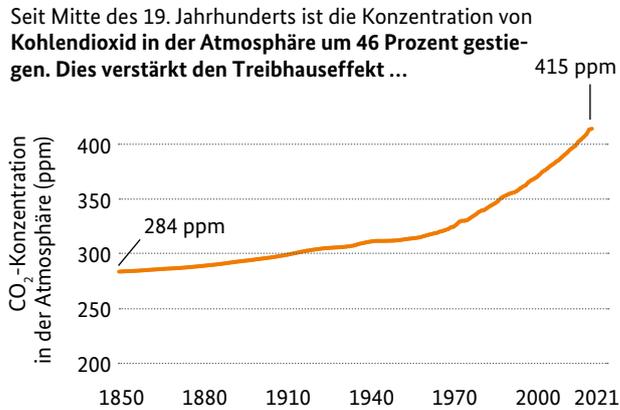
Es kommt nun darauf an, dass wir unser Leben und Wirtschaften auf dieses Ziel ausrichten. Dazu bedarf es vieler Ideen, kluger Innovationen, Offenheit und Änderungswille. Ich bin zuversichtlich, dass wir dies gemeinsam schaffen und den Klimawandel damit deutlich abmildern können.

Ihr

Dr. Robert Habeck
Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz

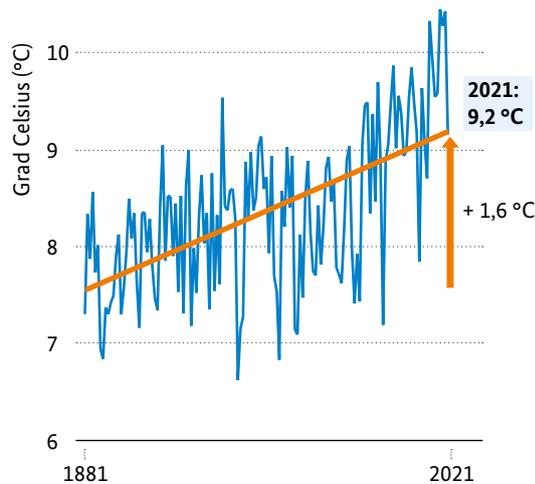
Klimaschutz in Zahlen – kompakt

Ursachen des Klimawandels



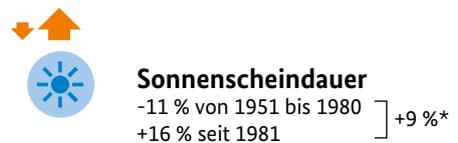
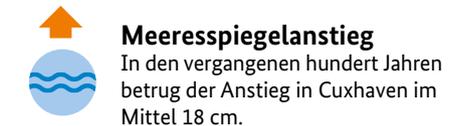
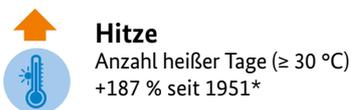
... Dadurch wird weniger Energie in das Weltall zurückgegeben, als an Strahlungsenergie aufgenommen wird. Der Großteil der überschüssigen Energie **erwärmt die Ozeane** (91 Prozent).

Klimawandelfolgen in Deutschland



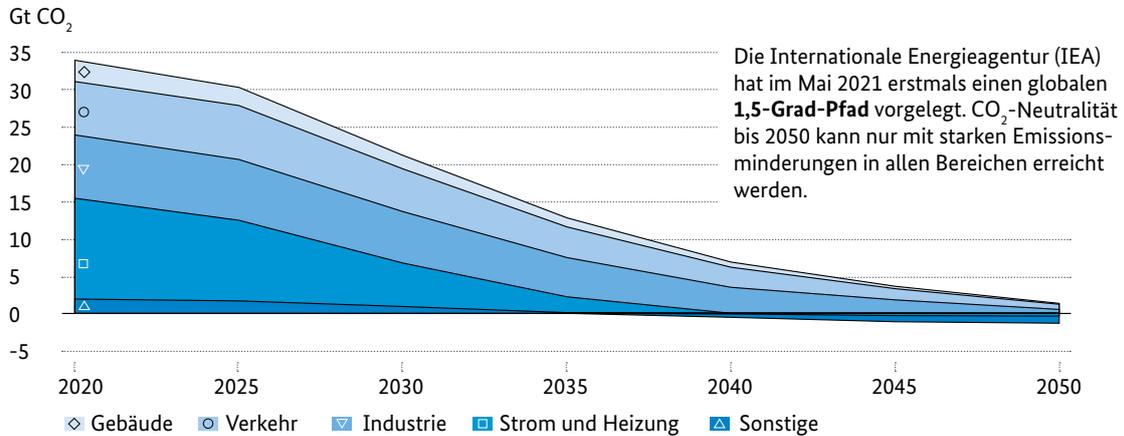
Seit 1881 hat sich der langjährige Temperaturtrend in Deutschland bereits **um 1,6 Grad** erhöht. Der Zehnjahreszeitraum von 2011 bis 2020 war im Durchschnitt bereits rund 2 Grad wärmer als der Referenzzeitraum von 1881 bis 1910.

Klimawandelfolgen sind schon heute in Deutschland zu beobachten und werden in den kommenden Jahrzehnten stark zunehmen. Dazu zählen auch extreme Wetterereignisse wie Starkniederschläge und Hitzewellen.



*Verhältnis des linearen Trends von 1951 (oder 1881, 1981) bis 2021 zum Mittelwert der Referenzperiode 1961 bis 1990

Internationaler Klimaschutz



Emissionstrends und -ziele in Deutschland

Minderung der deutschen Treibhausgasemissionen gegenüber 1990:

1990	1.242	0,0 %
2000	1.037	-16,5 %
2010	936	-24,7 %
2021	762	-38,7 %
2030	435	-65,0 %
2040	149	-88,0 %
2045	Netto-Treibhausgasneutralität	

Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente

Deutsche Treibhausgasemissionen nach Sektoren:



⚡ Energiewirtschaft | 🏭 Industrie | 🚗 Verkehr
 🏠 Gebäude | 🌾 Landwirtschaft | ♻️ Abfallwirtschaft und Sonstige

*Maximal zulässige Jahresemissionsmengen nach Klimaschutzgesetz

Auf dem Weg in eine treibhausgasneutrale Wirtschaft

Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch

1990	3,4 %	19 von 550 TWh
2005	10,3 %	64 von 618 TWh
2021	41,1 %	234 von 569 TWh
2030	80 %	600 von 750 TWh

Der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch lag im Jahr 2021 bei 41,1 Prozent. Mit Vollendung des Kohleausstiegs ist das **Ziel, den Strom in Deutschland nahezu vollständig aus erneuerbaren Energien zu gewinnen.**

Die Quellen zu den Abbildungen sind in den entsprechenden Kapiteln zu finden.



1. Herausforderung Klimawandel



► Zusammenfassung



Ursachen und globale Folgen: Seit der Industrialisierung werden durch menschliche Aktivitäten in zunehmendem Maße Treibhausgase freigesetzt. Diese reichern sich in der Atmosphäre an und verstärken den Treibhauseffekt. Die globale Durchschnittstemperatur steigt. Kohlendioxid (CO₂) macht den bedeutendsten Teil des vom Menschen zusätzlich verursachten Treibhauseffekts aus. Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre lag im Jahr 2021 bei 415 Anteilen pro Millionen Teilchen Luft (Englisch: parts per million, ppm) und hat sich damit seit dem vorindustriellen Zeitalter um 46 Prozent erhöht. Dieser Anstieg ist der Haupttreiber für den Klimawandel. Den Großteil der überschüssigen Wärme nehmen die Ozeane auf. Dies führt neben dem Verlust von Gletschern und Eisschilden zum Anstieg des mittleren globalen Meeresspiegels.



Folgen und wirtschaftliche Kosten in Deutschland: Das Tempo des Temperaturanstiegs hat auch in Deutschland deutlich zugenommen. Neun der zehn wärmsten Jahre seit 1881 sind nach dem Jahr 2000 aufgetreten. Des Weiteren führten verminderte Niederschläge in den Jahren 2018, 2019 und 2020 zu einer beispiellosen Trockenheit verglichen mit den vergangenen 250 Jahren. Gleichzeitig können Starkregenereignisse zunehmen. Hochwasserereignisse wie im Jahr 2021 in den Regionen um die Flüsse Ahr und Erft kosten Menschenleben und verursachen finanzielle Schäden in Rekordhöhe. Diese Schäden machen deutlich, welche Risiken von Extremwetterlagen ausgehen können, insbesondere, wenn diese Ereignisse künftig an Intensität und Häufigkeit zunehmen.

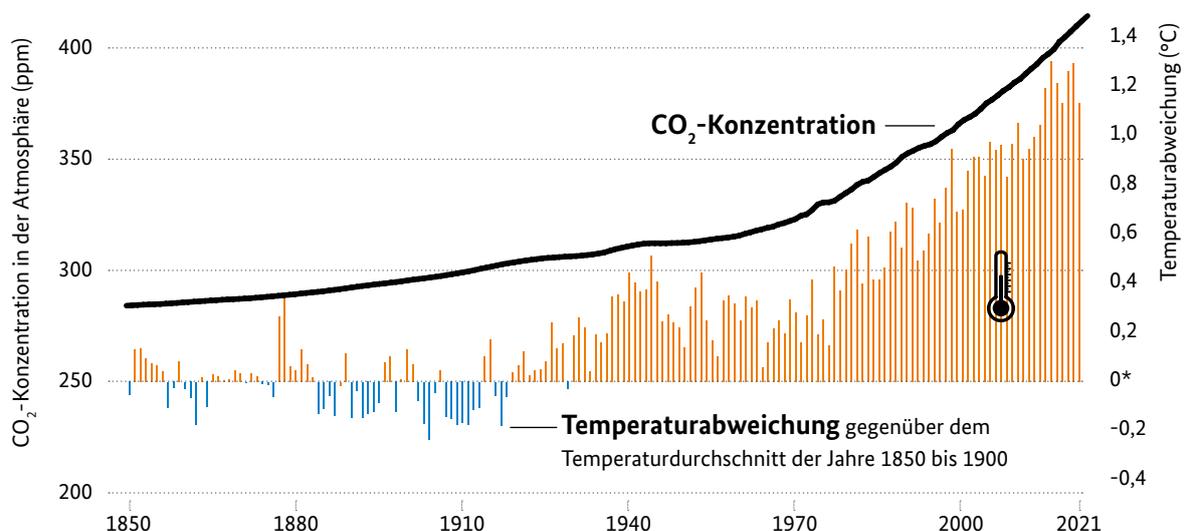
1.1 Ursachen und globale Folgen des Klimawandels

Es ist eindeutig, dass der menschliche Einfluss das Klima erwärmt hat.¹ Die drastischen Klimaänderungen in den letzten Jahrzehnten sind nicht mit natürlichen Klimaschwankungen zu erklären. Der Anstieg der globalen Oberflächentemperatur ist auf den Treibhauseffekt zurückzuführen, der durch die vom Menschen verursachten Emissionen von Treibhausgasen sowie deren Ansammlung in der Atmosphäre verstärkt wird. Emissionen entstehen beispielsweise durch die Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas oder die Abholzung von Wäldern. Besonders seit Mitte des 19. Jahrhunderts nimmt die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre, insbesondere von CO₂, kontinuierlich zu. Die CO₂-Konzentration ist mittlerweile so hoch wie sehr wahrscheinlich seit zwei Millionen Jahren nicht mehr.² Sie lag im Jahr 2021 bei 415 ppm und ist damit seit dem vorindustriellen Zeitalter um 46 Prozent gestiegen.³ Auch die Konzentrationen anderer klimarelevanter Treibhausgase, wie Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O), sind deutlich angestiegen. Abbildung 01 stellt den Zusammenhang zwischen der steigenden Konzentration von Kohlendioxid und dem Anstieg der

globalen Oberflächentemperatur dar. Das bedeutet, dass die Temperatur weiter ansteigen wird, solange weiterhin mehr Kohlendioxid emittiert wird, als durch Senken wie den Wald gebunden wird. Im Jahr 2021 lag die globale Durchschnittstemperatur rund 1,1 Grad über dem vorindustriellen Niveau 1850 bis 1900.⁴

Diese Klimaveränderungen sind in ihrem Ausmaß und ihrer Geschwindigkeit beispiellos. Bedingt durch den Treibhauseffekt befindet sich die Erde in einem Strahlungsungleichgewicht. Das heißt, es wird weniger Energie von der Erde in das Weltall abgegeben als zugeführt. Kleine Anteile dieser überschüssigen Energie erwärmen die Atmosphäre und die Kontinente, verdampfen Wasser und schmelzen Eis. Der Großteil der Energie, etwa 91 Prozent, erwärmt die Ozeane (Abbildung 02). Damit wirken die Ozeane wie ein Puffer, der den größten Teil an überschüssiger Wärme aufnimmt und so die Erwärmung der Atmosphäre verlangsamt.⁵ Der neueste und Sechste Sachstandsbericht des Weltklimarats (Englisch: Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) analysiert den derzeitigen Zustand des globalen Klimas und macht das Ausmaß der jüngsten Veränderungen im gesamten Klimasystem deutlich. Neben einem rasanten Anstieg der Lufttemperatur in den letzten 50 Jahren hat sich die Oberfläche

Abbildung 01: Atmosphärische Kohlendioxidkonzentration und Abweichung der globalen Oberflächentemperatur seit 1850



*Die Temperatur-Nulllinie stellt den Temperaturdurchschnitt der Jahre 1850 bis 1900 dar.

Quellen: Climate College (2016), Met Office (2022), NOAA (2022)

Abbildung 02: Wohin fließt die Energie aus der globalen Erwärmung?



Quelle: IPCC (2021a)

der Ozeane seit 1980 um 0,6 Grad erwärmt. Die wärmer werdenden Ozeane dehnen sich aus und sind so für ungefähr die Hälfte des bisherigen globalen Meeresspiegelanstiegs verantwortlich. Zunehmend trägt auch der Eisverlust von Gletschern und Eisschilden zum Meeresspiegelanstieg bei. So nahm die Verlustrate von Eisschilden zwischen 2010 und 2019 um das Vierfache zu.⁶ Seit 1901 ist der mittlere globale Meeresspiegel bereits um 20 Zentimeter gestiegen, seit 2010 alleine um rund 5 Zentimeter.⁷

Neben der Wärme nimmt der Ozean auch einen Teil des CO₂ der Atmosphäre auf und mindert so den Treibhauseffekt. Eine höhere CO₂-Konzentration im Wasser senkt allerdings den pH-Wert, weshalb die Ozeane saurer werden. Neben der Ozeanversauerung werden durch den Klimawandel im 21. Jahrhundert auch die Schichtung des oberen Ozeans und der Sauerstoffentzug aus dem Ozean auch weiter zunehmen, wobei die Geschwindigkeiten dieser Zunahmen von den künftigen Emissionen abhängen.

Mit jedem weiteren Anstieg der globalen Erwärmung werden Klimaveränderungen drastischer. In den letzten Jahren werden immer neue Wärmerekorde gemeldet. Erst im Frühjahr 2022 erlebte der kälteste Ort des Planeten in der Antarktis eine Folge von so hohen Temperaturen, wie sie noch nie zuvor beobachtet wurde. Die Temperaturen lagen bis zu 40 Grad höher als im langjährigen Mittel.⁸ Indien und Pakistan haben im Frühjahr 2022 eine wochenlange ungewöhnlich extreme Hitzewelle erlebt. Die Erwärmung der Erd-

oberfläche, Atmosphäre und Ozeane wirkt sich bereits auf viele Wetter- und Klimaextreme in allen Regionen der Welt aus. Nach den Klimamodellen des Weltklimarats wird die globale Oberflächentemperatur in allen betrachteten Emissionsszenarien bis zur Mitte des Jahrhunderts weiter ansteigen. Eine globale Erwärmung von 1,5 Grad könnte schon vor 2030 überschritten werden, wenn die Emissionen in den kommenden Jahren nicht drastisch reduziert werden.⁹ Jedes zusätzliche 0,5 Grad globaler Erwärmung führt zu einer deutlichen Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Hitzewellen und Starkniederschlägen. In einigen Regionen kommt es vermehrt zu landwirtschaftlichen und ökologischen Dürren. In unmittelbarem Zusammenhang stehen ebenfalls eine Zunahme des Anteils starker tropischer Wirbelstürme und ein weiterer Rückgang des arktischen Meereises sowie von Schneebedeckungen und Permafrost.¹⁰

Der Klimawandel wirkt sich weltweit auf Natur und Menschen aus. Der Weltklimarat unterstreicht in seinem neuesten Bericht, dass zunehmende Hitzewellen, Dürren und Überschwemmungen bereits jetzt die Toleranzschwelle von Pflanzen und Tieren überschreiten und zu einem Massensterben beispielsweise von Baum- und Korallenarten führen. Klima, Ökosysteme, Biodiversität und menschliche Gesellschaften befinden sich in einer gegenseitigen Abhängigkeit. Besonders problematisch ist, dass Wetterextreme gleichzeitig auftreten und somit zu kaskadenartigen Auswirkungen führen, die immer schwieriger zu bewältigen sind. Dies betrifft insbesondere Afrika, Asien, Mittel- und Südamerika, kleine Inseln und die Arktis. In diesen Regionen sind bereits heute Millionen Menschen einer akuten Nahrungsmittel- und Wasserversorgungsunsicherheit ausgesetzt.¹¹

+1,1 °C

Im Jahr 2021 lag die globale Durchschnittstemperatur rund 1,1 Grad über dem vorindustriellen Niveau (1850 bis 1900).

„Unser Planet verändert sich vor unseren Augen – von den Meerestiefen bis zu den Berggipfeln, von schmelzenden Gletschern bis zu unerbittlich extremen Wetterereignissen. Der Meeresspiegel steigt doppelt so schnell an wie vor 30 Jahren. Die Ozeane sind wärmer als je zuvor und erwärmen sich immer schneller. Teile des Amazonas-Regenwaldes stoßen inzwischen mehr CO₂ aus, als sie aufnehmen.“ António Guterres, Generalsekretär der Vereinten Nationen, COP26 in Glasgow, November 2021

Laut Weltklimarat ist die Begrenzung der globalen Erwärmung auf unter 1,5 Grad von enormer Bedeutung, denn selbst eine kurzfristige Überschreitung könnte schwerwiegende und unumkehrbare Auswirkungen haben.¹² Dies bedeutet allerdings, dass die globalen Treibhausgasemissionen bis spätestens 2025 ihren Höchststand erreichen und bis 2030 um 43 Prozent reduziert werden müssten. Selbst dann ist es fast unvermeidlich, dass diese Temperaturschwelle zeitweise überschritten wird.¹³ Daher sind die nächsten Jahre für die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen entscheidend.

Mit beschleunigten und ehrgeizigen Maßnahmen können die Emissionen bis 2030 halbiert werden.

Der Bericht des Weltklimarats zeigt, dass Optionen zur Reduzierung der Emissionen in allen Sektoren möglich sind und genutzt werden müssen. Im Energiesektor ist ein grundlegender Wandel notwendig. Dazu gehören eine erhebliche Verringerung des Verbrauchs fossiler Brennstoffe, eine breitflächige Elektrifizierung, eine verbesserte Energieeffizienz und der Einsatz alternativer Brennstoffe (wie Wasserstoff). Hierbei bieten Städte ein erhebliches Potenzial für Emissionsminderungen und die Steigerung der Ressourceneffizienz, indem unter anderem die städtische Infrastruktur systemisch über emissionsarme Entwicklungspfade auf Netto-Null-Emissionen umgestellt wird. Werden die Emissionen dabei in der gesamten Warenlieferkette, auch außerhalb des Stadtgebiets, gesenkt, werden positive Kaskadeneffekte in anderen Sektoren ausgelöst. Die Verringerung der Emissionen in der Industrie erfordert neben höherer Energieeffizienz und dem Wechsel auf klimafreundliche Energieträger unter anderem eine effizientere Nutzung von Materialien, die Wiederverwendung und das Recycling von Produkten sowie die

Minimierung von Abfällen. In einigen Industrien müssen hierfür erst neue Produktionsverfahren entwickelt werden.¹⁴

Daneben sind Maßnahmen zur Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels erforderlich. Um den Verlust von Menschenleben, Artenvielfalt und Infrastrukturen zu vermeiden, müssen zusätzlich zum Stopp der anthropogenen – also vom Menschen verursachten – Treibhausgasemissionen weltweit starke Maßnahmen zur Anpassung an die Erwärmung ergriffen werden. Dazu gehören die künstliche Bewässerung von Feldern, die Pflanzung von Wäldern und der Ausbau von Grünanlagen in Städten sowie von öffentlichen Verkehrsmitteln. Von zentraler Bedeutung sind zudem der Schutz und die Stärkung der Ökosysteme. Die Wiederherstellung geschädigter Ökosysteme und die Erhaltung von 30 bis 50 Prozent der Land-, Süßwasser- und Meereslebensräume sind Voraussetzung dafür, die Fähigkeit der Natur zu bewahren, Kohlenstoff zu absorbieren und zu speichern.¹⁵

1.2 Folgen und wirtschaftliche Kosten des Klimawandels in Deutschland

Seit 1881 hat sich der langjährige Temperaturtrend in Deutschland bereits um 1,6 Grad erhöht (Abbildung 03).¹⁶ Der Zehnjahreszeitraum 2011 bis 2020 war im Durchschnitt bereits rund 2 Grad wärmer als der Referenzzeitraum 1881 bis 1910. Auch das Tempo des Temperaturanstiegs hat in Deutschland (ebenso wie weltweit) deutlich zugenommen. Neun der zehn wärmsten Jahre seit 1881 sind nach dem Jahr 2000 aufgetreten.¹⁷ Die Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 des Umweltbundesamts (UBA) projiziert für Deutschland einen möglichen weiteren Temperaturanstieg von 0,9 bis 4,7 Grad bis zum Ende des 21. Jahrhunderts.

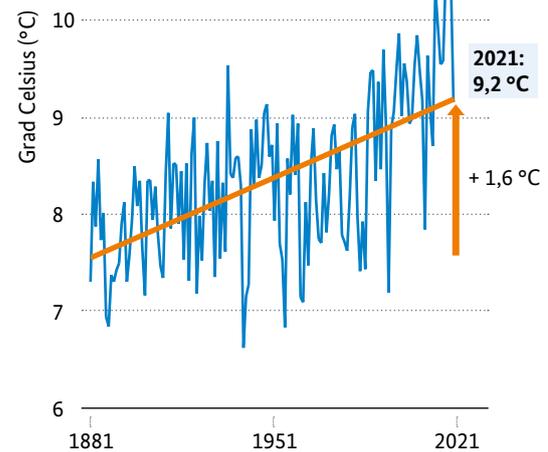
Zu beobachten sind außerdem eine Zunahme von heißen Tagen mit Temperaturen von über 30 Grad und eine Abnahme von Eistagen, das heißt von Tagen, an denen die Temperatur unter 0 Grad bleibt. Abbildung 04 gibt einen Überblick über ausgewählte Klimawandelfolgen und die beobachtbaren Trends der Entwicklungen bis heute.

Auch in Deutschland mehren sich die Extremwetterereignisse – mit drastischen Folgen. Die aktuelle Winterbilanz des Deutschen Wetterdiensts (DWD) zeigt, dass der Winter 2021/2022 zu den sieben wärmsten seit Beginn kontinuierlicher Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881 gehört und zugleich der elfte zu warme Winter in Folge ist.¹⁸ Des Weiteren führten verminderte Niederschläge in den Jahren 2018, 2019 und 2020 zu einer beispiellosen Trockenheit verglichen mit den vergangenen 250 Jahren.¹⁹ Gleichzeitig können Stark-

+1,6 °C

Seit 1881 hat sich der langjährige Temperaturtrend in Deutschland bereits um 1,6 Grad erhöht.

Abbildung 03: Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur in Deutschland seit Beginn der Wetteraufzeichnungen



Quelle: DWD (2022a)

regenereignisse zunehmen. Im Jahr 2021 führten extreme Starkregenfälle zu einer Hochwasserkatastrophe in den Regionen um die Flüsse Ahr und Erft in Deutschland. Durch die Überschwemmungen kamen mindestens 180 Menschen ums Leben und es entstand erheblicher Sachschaden. Dies macht deutlich, welche Risiken von Extremwetterlagen ausgehen können, insbesondere, wenn diese Ereignisse künftig an Intensität und Häufigkeit zunehmen.²⁰

Der Klimawandel wirkt sich als zusätzlicher Stressfaktor auf natürliche Systeme und Ressourcen aus.

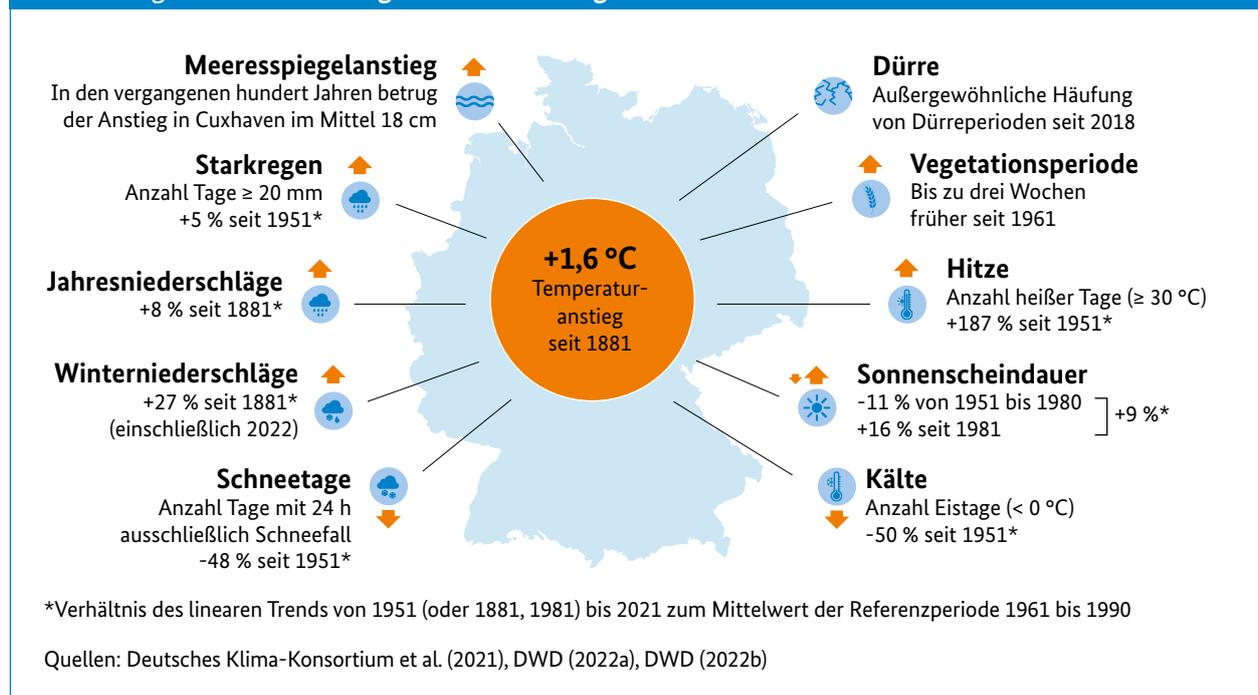
Die natürlichen Systeme wie Grundwasser, Boden oder Ökosysteme sind bereits aufgrund wachsender menschlicher Nutzungsansprüche bedroht. Ein gradueller Temperaturanstieg und Extreme wie Hitze, Trockenheit oder Starkwind bedeuten eine zusätzliche Belastung. Auswirkungen zeigen sich besonders drastisch bei der biologischen Vielfalt. Bereits ein Drittel der in Deutschland vorkommenden Arten sind in ihrem Bestand gefährdet.²¹ Pflanzen und Tiere reagieren besonders sensibel auf Klimaveränderungen. Hitze- und Trockenstress steigern die Anfälligkeit von Bäumen bei Starkwind, Starkregen oder Waldbränden. Zusätzlich profitieren Schädlinge wie der Fichtenborkenkäfer von der Schwächung der Bäume und den steigenden

Temperaturen (siehe auch Kapitel 3.8). Mittlerweile muss eine Fläche ungefähr so groß wie das Saarland, Bremen und Berlin zusammen (380.000 Hektar) wieder aufgeforstet werden.²² Die Kosten für die notwendigen Wiederaufforstungs- und Anpassungsmaßnahmen liegen schätzungsweise im Milliardenbereich.²³ Die Bundesregierung unterstützt private und kommunale Waldbesitzende im Rahmen eines Finanzhilfspakets mit rund 1,5 Milliarden Euro.²⁴

Auch für Gesellschaft und Wirtschaft birgt der Klimawandel eine Vielzahl von Risiken. Der Klimawandel hat unmittelbare Auswirkungen auf die Gesundheit vulnerabler Bevölkerungsgruppen in

Deutschland. Diese sind insbesondere in Städten spürbar. Durch die hohe Verdichtung führen Hitzewellen zu einer anhaltenden Wärmebelastung. Dadurch kann es insbesondere bei älteren und vorerkrankten Menschen zu hitzebedingten Todesfällen kommen. Auch Infrastruktur und Gebäude sind durch Extremwetter betroffen. In den Städten führt der hohe Versiegelungsgrad bei Starkniederschlägen häufig zu Überschwemmungen, wodurch Wasserversorgung und -entsorgung, Energieversorgung und Verkehr beeinträchtigt werden. Daneben ergeben sich wachsende Risiken für die Wirtschaft. Besonders betroffen sind hierbei die naturnutzenden Wirtschaftszweige, wie die Landwirtschaft oder Fischerei.

Abbildung 04: Trends für ausgewählte Klimafolgen in Deutschland





2. Klimapolitik in Deutschland, Europa und der Welt



► Zusammenfassung

Bis zum Jahr 2045 muss Deutschland nach dem Bundes-Klimaschutzgesetz (im Folgenden Klimaschutzgesetz) treibhausgasneutral werden. Noch im Jahr 2022 sollen alle notwendigen Gesetze und Maßnahmen auf den Weg gebracht werden, um alle Sektoren auf den Zielpfad zu bringen.

Mit dem Europäischen Klimagesetz hat sich die Europäische Union (EU) verpflichtet, Klimaneutralität bis 2050 zu erreichen. Die Abschlussentscheidung der Klimakonferenz 2021 in Glasgow bekräftigte das Ziel der internationalen Staatengemeinschaft, die globale Erwärmung auf möglichst 1,5 Grad zu begrenzen.

	Klimaschutzziele	Zentrale Strategien und Instrumente
Deutschland	2030: mindestens -65 % 2040: mindestens -88 % 2045: Treibhausgasneutralität Ab 2050: negative Emissionen	Klimaschutzgesetz, Klimaschutzprogramme wie das Klimaschutz-Sofortprogramm aus dem Jahr 2022
Europa	2030: mindestens -55 % 2050: Klimaneutralität	Europäisches Klimagesetz, Europäischer Grüner Deal, EU-Emissionshandel, EU-Klimaschutzverordnung, „Fit für 55“-Paket
International	Globale Erwärmung auf deutlich unter 2 °C, möglichst auf 1,5 °C begrenzen	Pariser Klimaabkommen, national festgelegte Beiträge (NDCs), Grüner Klimafonds

2.1 Deutsche Klimapolitik

Bis zum Jahr 2045 muss Deutschland nach dem Klimaschutzgesetz treibhausgasneutral werden.

Spätestens dann dürfen jährlich nicht mehr klimaschädliche Emissionen ausgestoßen werden, als durch Kohlenstoffsenken wie Wälder und Moore absorbiert werden können. Bis zum Jahr 2030 soll der Ausstoß von Treibhausgasen um mindestens 65 Prozent gegenüber dem Niveau von 1990 gesenkt werden. Für das Jahr 2040 gilt das nationale Klimaschutzziel von mindestens 88 Prozent Reduktion (Abbildung 05). Diese Ziele erfordern bis 2030 fast eine Verdreifachung der bisherigen Geschwindigkeit der Emissionsminderung. Während im letzten Jahrzehnt die Emissionen im Durchschnitt jährlich um 15 Millionen Tonnen gesunken sind, müssen sie von nun an bis zum Jahr 2030 um 36 bis 41 Millionen Tonnen pro Jahr sinken.²⁵

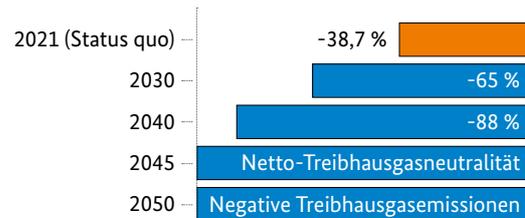
Über die Definition von Jahresemissionsmengen, die die Sektoren nicht überschreiten dürfen, ist im Klimaschutzgesetz festgelegt, welche Emissionsminderungen die einzelnen Wirtschaftsbereiche jährlich bis 2030 beitragen müssen (siehe dazu auch Abbildung 11 in Kapitel 3.1). Für die Jahre 2031 bis 2040 sind sektorübergreifende jährliche Minderungsziele vorgegeben, auf deren Grundlage im Jahr 2024 die jährlich zulässigen Jahresemissionsmengen für die einzelnen Sektoren in diesem Zeitraum festgelegt werden sollen.

Um die deutsche Klimapolitik konsequent nach dem 1,5-Grad-Ziel und damit den Zielen des Klimaschutzgesetzes auszurichten, ist eine Kurskorrektur notwendig. Mit den bisher umgesetzten Maßnahmen wird laut aktuellen wissenschaftlichen Abschätzungen im Projektionsbericht 2021 der Bundesregierung bis 2030 nur eine Emissionsminderung um etwa 50 Prozent erreicht (minus 67 Prozent bis 2040). Zwischen 2021 und 2030 würden die festgeschriebenen Emissionshöchstmengen so um insgesamt mehr als eine Gigatonne (1.000 Millionen Tonnen) CO₂-Äquivalente verfehlt werden – also um mehr als die derzeitigen Emissionen eines ganzen Jahres.²⁶

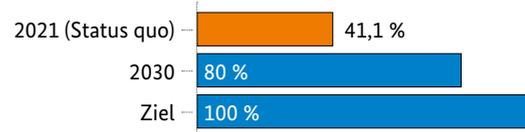
Das Klimaschutz-Sofortprogramm wird alle erforderlichen Maßnahmen bündeln und noch im Jahr 2022 sollen alle notwendigen Gesetze und Maßnahmen auf den Weg gebracht werden. Ziel des Klimaschutz-Sofortprogramms ist, alle Sektoren auf den Zielpfad zu bringen, damit Deutschland seine Klimaziele erreichen kann. Im Juli 2022 beschlossen Bundestag und Bundes-

Abbildung 05: Energie- und Klimaziele der Bundesregierung

Minderung von Treibhausgasemissionen Gesamtemissionen gegenüber 1990



Erneuerbare Energien Anteil am Bruttostromverbrauch



Quellen: Bundesregierung (2022c), Bundesregierung (2021c), UBA (2022a), UBA (2022b)

rat ein Energiesofortmaßnahmenpaket („Osterpaket“), das die Bundesregierung im Frühjahr vorgelegt hatte. Damit werden besonders dringliche Maßnahmen aus dem Klimaschutz-Sofortprogramm vorgezogen. Mit dem Osterpaket werden viele energiepolitische Inhalte des Koalitionsvertrags umgesetzt und die größte energiepolitische Novelle seit Jahrzehnten veranlasst (siehe Infobox in Kapitel 3.2). Die übrigen Maßnahmen des Klimaschutz-Sofortprogramms wird die Bundesregierung zeitnah auf den Weg bringen.

Die Bundesregierung wird das Klimaschutzgesetz konsequent weiterentwickeln und die Einhaltung der Klimaziele auch anhand einer sektorübergreifenden und mehrjährigen Gesamtrechnung überprüfen. Die Grundlage dafür ist das bestehende jährliche Monitoring. Außerdem sollen künftig neue Gesetzesentwürfe in einem „Klimacheck“ auf ihre Klimawirkung und die Vereinbarkeit mit den nationalen Klimasziele hin geprüft werden.

Um auf den 1,5-Grad-Zielpfad zu gelangen, ist unter anderem ein massiver Ausbau erneuerbarer Energien nötig. Erneuerbare Energien werden nach und nach fossile Energieträger in allen Bereichen ersetzen und dabei einen steigenden Strombedarf decken, der auf die

-65 %

Bis zum Jahr 2030 soll der Ausstoß von Treibhausgasen um mindestens 65 Prozent gegenüber dem Niveau von 1990 gesenkt werden.

zunehmende Elektrifizierung zurückzuführen ist. Wie mit dem Energiesofortmaßnahmenpaket beschlossen, soll der Anteil Erneuerbarer im Jahr 2030 bereits 80 Prozent des Bruttostromverbrauchs ausmachen (Abbildung 06). Mit der Vollendung des Kohleausstiegs ist dann das Ziel, den Strom in Deutschland nahezu vollständig aus erneuerbaren Energien zu gewinnen. Weitere Informationen zum bisherigen und geplanten Ausbau der erneuerbaren Energien sind in Kapitel 3.2 zu finden.

Zur Erreichung der Klimaziele muss der Ausbau Erneuerbarer mit einer Senkung des Energieverbrauchs kombiniert werden. Hierbei ist Deutschland in den vergangenen Jahren nicht schnell genug vorangekommen. Zwar war der Energieverbrauch in den Jahren 2020 und 2021 niedriger als in den Vorjahren, dies ist jedoch auf die anhaltenden Auswirkungen der Coronapandemie auf die energie- und gesamtwirtschaftliche Entwicklung in Deutschland zurückzuführen. Zwischen 2008 und 2019 ist der Endenergieverbrauch nur um etwa 2 Prozent zurückgegangen. Zur Erreichung der Klimaziele bis 2030 ist dagegen ein deutlich stärkerer Rückgang um 20 bis 25 Prozent erforderlich. Aus diesem Grund plant die Bundesregierung parallel zu den laufenden Verhandlungen der Novelle der EU-Effizienzrichtlinie, auch auf nationaler Ebene eine geeignete gesetzliche Grundlage für Energieeffizienzpolitik zu schaffen.

Der Ausbau erneuerbarer Energien und die Steigerung der Energieeffizienz stärken Deutschlands Energiesicherheit. Der völkerrechtswidrige russische Angriff auf die territoriale Souveränität der Ukraine verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Sicherheit und Energieversorgung. Die Auswirkungen des Kriegs sind auch in Form steigender Energiepreise in Deutschland und international spürbar. Eine Diversifizierung der Energiequellen und vor allem eine beschleunigte Energiewende können die Abhängigkeit von fossilen Importen aus Russland reduzieren und so die Energiesouveränität steigern. Dabei sollten die Abkehr von fossilen Energiequellen sowie die Steigerung der Energieeffizienz in

allen Bereichen, von Industrieproduktion über Mobilität bis hin zu Landwirtschaft, umgesetzt und beschleunigt werden. Für den Fall einer weiteren Zuspitzung der Lage auf den Energiemärkten wurden zeitgleich mit dem Osterpaket das Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetz (EKBG) und Änderungen am Energiesicherungsgesetz (EnSiG) verabschiedet.

Eine weitere sektorübergreifende Herausforderung stellt die konkurrierende Nachfrage nach nachhaltiger Biomasse dar, die nur begrenzt zur Verfügung steht. Die energetische oder stoffliche Nutzung von Biomasse ist in verschiedenen Bereichen eine attraktive Option. Eine stärkere Biomassenutzung steht allerdings der gesetzlich verankerten Stärkung der natürlichen Senken entgegen. Die Bundesregierung sieht daher die Entwicklung einer nachhaltigen Biomasse-Strategie vor.

Voraussetzung für eine effektive und kosteneffiziente Klimapolitik ist, staatliche Anreize und öffentliche Ausgaben in Einklang mit den Klimazielen zu bringen.

So sollen laut Koalitionsvertrag klimaschädliche Subventionen und Ausgaben abgebaut und damit zusätzliche finanzielle Spielräume geschaffen werden (siehe auch Kapitel 4.5). Zudem plant die Bundesregierung, den Energie- und Klimafonds zu einem Klima- und Transformationsfonds weiterzuentwickeln und im Haushalt 2022 finanziell weiter zu stärken. So sollen zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen und Maßnahmen zur Transformation der deutschen Wirtschaft finanziert werden. Bereits seit dem 1. Juli 2022 wird die Umlage aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG-Umlage) vollständig aus dem Bundeshaushalt finanziert, sodass die Bürgerinnen und Bürger beim Strompreis entlastet werden. Zudem sollen einkommensschwache Haushalte künftig zusätzlich unterstützt werden, ihren Energieverbrauch und damit ihre Energiekosten zu senken.

Der öffentlichen Hand kommt bei der Transformation hin zur Treibhausgasneutralität Deutschlands eine besondere Vorbildfunktion zu. So soll in allen größeren öffentlichen Gebäuden ein modernes Energiemanagement baldmöglichst zur Selbstverständlichkeit werden. Ziel ist zudem, die Bundesverwaltung bis 2030 klimaneutral zu organisieren. Bis 2023 wird dafür ein Maßnahmenprogramm vorgelegt. Bereits im Vorfeld dazu werden konkrete Pilotprojekte in den relevanten Handlungsfeldern wie zum Beispiel Liegenschaften auf den Weg gebracht. Nicht vermeidbare Treibhausgasemissionen sollen kompensiert werden.

2.2 Europäische Klimapolitik

Der Europäische Grüne Deal beschreibt die umfassende Strategie der Europäischen Union für die Transformation hin zur Klimaneutralität. Ziel ist der Übergang zu einer nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Wirtschaft und die Abkopplung von Wachstum und Ressourcennutzung. Die Umgestaltung der Wirtschaft wird dabei eng mit Klima-, Umwelt- und Biodiversitätsschutz verknüpft. Bei der Transformation hin zur Klimaneutralität soll niemand zurück- und keine Region alleingelassen werden. Zu den Handlungsfeldern gehören Maßnahmen für nachhaltigen Verkehr, die dritte industrielle Revolution, die Transformation des Energiesystems, die Sanierung von Gebäuden, Schutz und Wiederherstellung von Natur sowie zur Belebung biologischer Vielfalt.

Die übergreifenden Klimaziele der EU sind im Europäischen Klimagesetz verankert. Damit haben sich die Mitgliedstaaten verpflichtet, bis 2050 die Treibhausgasemissionen verbindlich auf netto null zu reduzieren, um Europa zum ersten klimaneutralen Kontinent zu machen. Verbleibende Restemissionen sind dann durch Prozesse auszugleichen, die Treibhausgase aus der Atmosphäre entfernen. Als Zwischenziel soll der Ausstoß von Treibhausgasen bis 2030 um mindestens 55 Prozent gegenüber dem Niveau von 1990 gesenkt werden (Abbildung 06).

Insgesamt hat die EU ihren Treibhausgasausstoß bis 2019 um 24 Prozent gegenüber 1990 reduzieren können, 2020 waren es pandemiebedingt sogar etwa 34 Prozent. Allerdings geht die Europäische Umweltagentur (Englisch: European Environment Agency, EEA) davon aus, dass mit den bisher EU-weit umgesetzten und geplanten Maßnahmen bis 2030 nur eine Emissionsminderung von 41 Prozent erreicht werden kann. Um die daraus resultierende „Klimalücke“ von etwa 15 Prozentpunkten zu schließen, müssen Deutschland und die anderen Mitgliedstaaten auf nationaler Ebene weitere Maßnahmen umsetzen.²⁷

Mit dem „Fit für 55“-Paket verstärkt die EU ihre klima- und energiepolitischen Instrumente, um die angehobenen Klimaziele und insbesondere das Minus-55-Prozent-Ziel zu erreichen. Das Maßnahmenpaket beinhaltet 17 Legislativvorschläge der Europäischen Kommission, die unter anderem einen neuen EU-weiten Emissionshandel für die Sektoren Verkehr und Gebäude, regulatorische Standards, angepasste

Abbildung 06: Energie- und Klimaziele der EU

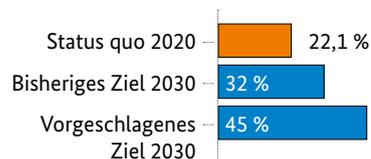
Minderung von Treibhausgasemissionen

Gesamtemissionen gegenüber 1990



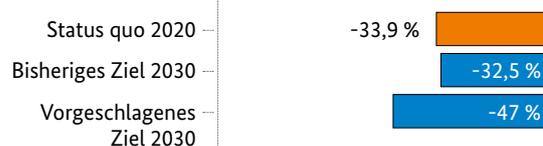
Ausbau erneuerbarer Energien

Anteil am Bruttoendenergieverbrauch



Effizienz und Verbrauch

Endenergieverbrauch gegenüber Projektionen für 2030 (gemäß 2007-Referenzszenario)



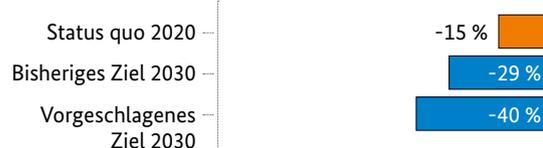
Emissionsminderung unter EU-ETS

Deckt etwa 36 % der Emissionen ab, Reduktion bis 2030 gegenüber 2005 in %



Emissionsminderung unter ESR

Deckt 60 % der Emissionen ab, Reduktion bis 2030 gegenüber 2005 in %



Quellen: EEA (2021a), EEA (2021b), EEA (2022), Europäische Kommission (2021a), Europäische Kommission (2022), Eurostat (2021a), Eurostat (2021b), Eurostat (2022)

Ziele auf Ebene der Mitgliedstaaten sowie Ausgleichsmaßnahmen umfassen. So muss das bestehende EU-Emissionshandelssystem (Englisch: EU Emissions Trading System, EU-ETS) überarbeitet werden, um das gesteigerte Reduktionsziel für 2030 umzusetzen. Das EU-ETS deckelt durch die Zuteilung von Emissionsrechten den Großteil der Treibhausgasemissionen im Energie- und Industriesektor sowie die Emissionen aus dem innereuropäischen Luftverkehr. Damit werden etwa 36 Prozent der Treibhausgasemissionen der EU abgedeckt.²⁸ Bis 2030 sollen die Emissionen in diesem Bereich um 61 Prozent gegenüber dem Niveau von 2005 sinken (Abbildung 06). Als neue Maßnahme hat die Europäische Kommission ein separates, zweites Emissionshandelssystem vorgeschlagen, um speziell die Emissionen des Straßenverkehrs und des Gebäudesektors zu bepreisen.

Ebenfalls überarbeitet wird die EU-Klimaschutzverordnung (Englisch: Effort Sharing Regulation, ESR), die zweite übergeordnete Säule der EU-Klimapolitik neben dem EU-ETS. In dieser sind die verbindlichen Beiträge der Mitgliedstaaten zur Emissionsreduktion in jenen Bereichen festgelegt, die nicht unter das bestehende EU-ETS fallen. Dazu gehören etwa die Sektoren Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft und kleine Industrieanlagen. Diese haben zusammen einen Anteil von knapp 60 Prozent am Treibhausgasausstoß der EU.²⁹ Bis 2030 sollen die Emissionen in diesem Bereich um 40 Prozent gegenüber dem Niveau von 2005 sinken. Mit dem höheren Gesamtziel müssen auch die Ziele der einzelnen EU-Mitgliedstaaten unter der EU-Klimaschutzverordnung überarbeitet werden.

Als Teil des „Fit für 55“-Pakets werden weitere Schlüsselinstrumente für das Erreichen der Klimaziele überarbeitet. Dabei hat der Angriff Russlands auf die Ukraine die Dringlichkeit der klimaneutralen Transformation unterstrichen, auch um die Energieversorgungssicherheit zu gewährleisten. Vor diesem Hintergrund verfolgt der „REPowerEU“-Plan das Ziel, die Nachfrage nach russischem Gas bis Ende des Jahres 2022 um zwei Drittel zu senken und die EU deutlich vor 2030 vollständig unabhängig von fossilen Brennstoffen aus Russland zu machen. Dafür hat die Europäische Kommission eine Verschärfung ihrer Vorschläge des „Fit für 55“-Pakets angeregt und neue Initiativen angestoßen, unter anderem zum Energiesparen, zum beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und zur Diversifizierung der Energieimporte.

Das „Fit für 55“-Paket wird derzeit zwischen Europäischer Kommission, Europäischem Parlament und dem EU-Ministerrat verhandelt und voraussichtlich noch im Jahr 2022 final verabschiedet.

Der EU-Energieministerrat hat sich Ende Juni 2022 darauf geeinigt, das bisherige Erneuerbare-Energien-Ziel von aktuell 32 auf 40 Prozent bis 2030 anzuheben. Mit dem „REPowerEU“-Plan schlägt die Europäische Kommission noch ambitioniertere Ziele vor. So soll der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch der EU bis 2030 auf 45 Prozent ausgebaut werden (Abbildung 06). Dafür wird die Erneuerbare-Energien-Richtlinie überarbeitet, die die Bereiche Stromerzeugung, Wärme und Kälte sowie Verkehr abdeckt. Ihr Anwendungsbereich soll gemäß Kommissionsvorschlag künftig auf den Luft- und Seeverkehr erweitert werden. Zudem sollen eigene Unterziele für den Ausbau von Wasserstoff aus erneuerbarer Erzeugung eingeführt und die Anforderungen an die Nachhaltigkeit von Biokraftstoffen verschärft werden. Allgemein wird vom Ausbau der erneuerbaren Energien, wie vom Kohleausstieg, ein maßgeblicher Beitrag auf dem Weg zu einer klimafreundlichen Wirtschaft erwartet. Nicht zuletzt lassen sich über 75 Prozent der Treibhausgasemissionen der EU auf das Energiesystem zurückführen.³⁰

Im Bereich Energieeffizienz schlägt die Europäische Kommission vor, den Energieverbrauch der EU bis 2030 verbindlich um 13 Prozent im Vergleich zum Referenzszenario von 2020 zu senken. Im Vergleich zum bisherigen Referenzszenario von 2007 entspricht dies einer Einsparung von 47 Prozent (Abbildung 07). Entsprechend soll im Jahr 2030 der Endenergieverbrauch 750 Millionen Tonnen Rohöläquivalente nicht überschreiten (beziehungsweise 980 Tonnen bezogen auf den Primärenergieverbrauch). Im Jahr 2020 lag der Endenergieverbrauch noch bei knapp 907 Millionen Tonnen Rohöläquivalente.³¹ Die Mitgliedstaaten sollen sich unter anderem verpflichten, ihren Endenergieverbrauch ab 2024 um jährlich 1,5 Prozent zu senken (statt wie bislang vorgesehen um 0,8 Prozent).

Weitere konkrete Vorgaben gibt es zum Beispiel auch für den Gebäudesektor. So schlägt die Europäische Kommission eine Verpflichtung zur energetischen Sanierung von jährlich drei Prozent aller öffentlichen Gebäude vor, bezogen auf die Fläche. Außerdem wird mit der Novelle der Gebäudeeffizienz-Richtlinie die

Einführung von Mindeststandards für den Gebäudebestand und der damit verbundenen Sanierungspflichten angestrebt, ebenso eine Solardachpflicht insbesondere für neue Gebäude.

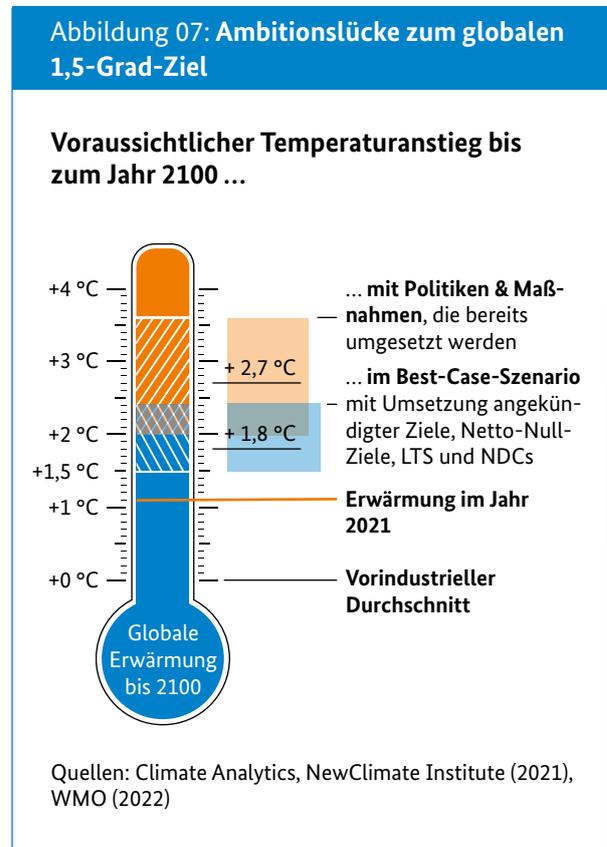
Mit regulatorischen Standards und dem EU-ETS hat sich die EU zu einem Schrittmacher für die Klimapolitik in Deutschland entwickelt. Für die Bundesregierung hat der zügige Abschluss der Verhandlungen zum „Fit für 55“-Paket oberste Priorität, damit die jeweiligen Klimaschutzinstrumente so bald wie möglich in Kraft treten können.

2.3 Internationale Klimapolitik

Die Bundesregierung setzt die internationale Klimapolitik ganz oben auf die diplomatische Agenda.³²

Unter deutscher Präsidentschaft wurde im Rahmen des G7-Gipfels im Juni 2022 die Gründung eines offenen und kooperativen Klimalubs bis Ende des Jahres beschlossen. Dieser soll die wirksame Umsetzung des Pariser Abkommens vorantreiben. Besonderes Augenmerk soll auf dem Industriesektor liegen, um die Risiken der Verlagerung von CO₂-Emissionen bei emissionsintensiven Gütern unter Einhaltung internationaler Vorschriften zu mindern. Des Weiteren sollen multilaterale Partnerschaften für eine gerechte Energiewende (Englisch: Just Energy Transition Partnerships, JETPs) weitere Unterstützung für Entwicklungs- und Schwellenländer bei der Dekarbonisierung ihrer Energiesysteme mobilisieren.

Auch im Dialog mit China sowie in der Zusammenarbeit mit weiteren großen Schwellenländern wie Indien, Indonesien, Südafrika und Brasilien soll die deutsche Unterstützung bei der globalen Dekarbonisierung und bei ambitionierten nationalen Klimaschutzmaßnahmen ein Kernthema sein. Bereits seit 2008 finanziert die Internationale Klimaschutzinitiative (IKI) Klimaschutz-, Klimaanpassungs- und Biodiversitätsprojekte in Entwicklungs- und Schwellenländern. Seit ihrer Gründung hat die IKI insgesamt über 800 Projekte in mehr als 60 Ländern mit einem Fördervolumen von rund fünf Milliarden Euro unterstützt. Um wichtige Erfahrungen zu teilen, tauscht sich Deutschland zudem im Rahmen von Klima- und Energiepartnerschaften und -dialogen mit über 25 Partnerländern zur Energiewende und zum Klimaschutz aus. Die Bundesregierung plant, diese Klima-



und Energiepartnerschaften weiter voranzutreiben und neue zu initiieren. Dabei steht auch die Versorgung Deutschlands mit klimaneutralen Energieträgern wie grünem Wasserstoff immer mehr im Fokus.

Industrieländer wie Deutschland tragen eine besondere Verantwortung im Kampf gegen den Klimawandel.

Historisch betrachtet ist Deutschland für 4,6 Prozent der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Seit Beginn der Industrialisierung haben die heutigen Industrieländer gemeinsam mehr als die Hälfte aller Treibhausgasemissionen verursacht. In Schwellenländern wie China und Indien sind die Emissionen erst in den letzten Jahrzehnten stark angestiegen. Zu den größten Emittenten zählten im Jahr 2019 China, die USA, die EU, Indien und Russland. Die Pro-Kopf-Emissionen sind in wohlhabenden Ländern nach wie vor höher als in den meisten Schwellen- und Entwicklungsländern. Auch 2020 lag die durchschnittliche jährliche CO₂-Bilanz pro Person in Deutschland mit 7,7 Tonnen CO₂-Emissionen deutlich über dem globalen Durchschnitt von 4,6 Tonnen. Bürgerinnen und Bürger der EU-27 emittierten im selben Jahr durchschnittlich 5,9 Tonnen CO₂.³³

-45 %

Um die globale Erwärmung bis Ende des Jahrhunderts auf möglichst 1,5 Grad zu begrenzen, müssen unter anderem die globalen Kohlendioxidemissionen bis 2030 um 45 Prozent gegenüber 2010 sinken.

Mit dem Pariser Abkommen hat sich die internationale Staatengemeinschaft zum Klimaschutz verpflichtet. Auf der 21. Weltklimakonferenz (Englisch: Conference of the Parties, COP) im Dezember 2015 haben die Vertragsparteien beschlossen, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 Grad und möglichst auf 1,5 Grad zu begrenzen. Die Abschlusserklärung der COP 26 in Glasgow bekräftigt das Ziel, die globale Erwärmung auf möglichst 1,5 Grad zu begrenzen, und stellt fest, dass dafür unter anderem die globalen Kohlendioxidemissionen bis 2030 um 45 Prozent gegenüber 2010 sinken müssen.³⁴ Fast 200 Staaten verabschiedeten den Klimapakt von Glasgow, der die 2020er Jahre zu einem Jahrzehnt der Klimaschutzmaßnahmen und -förderung machen soll.

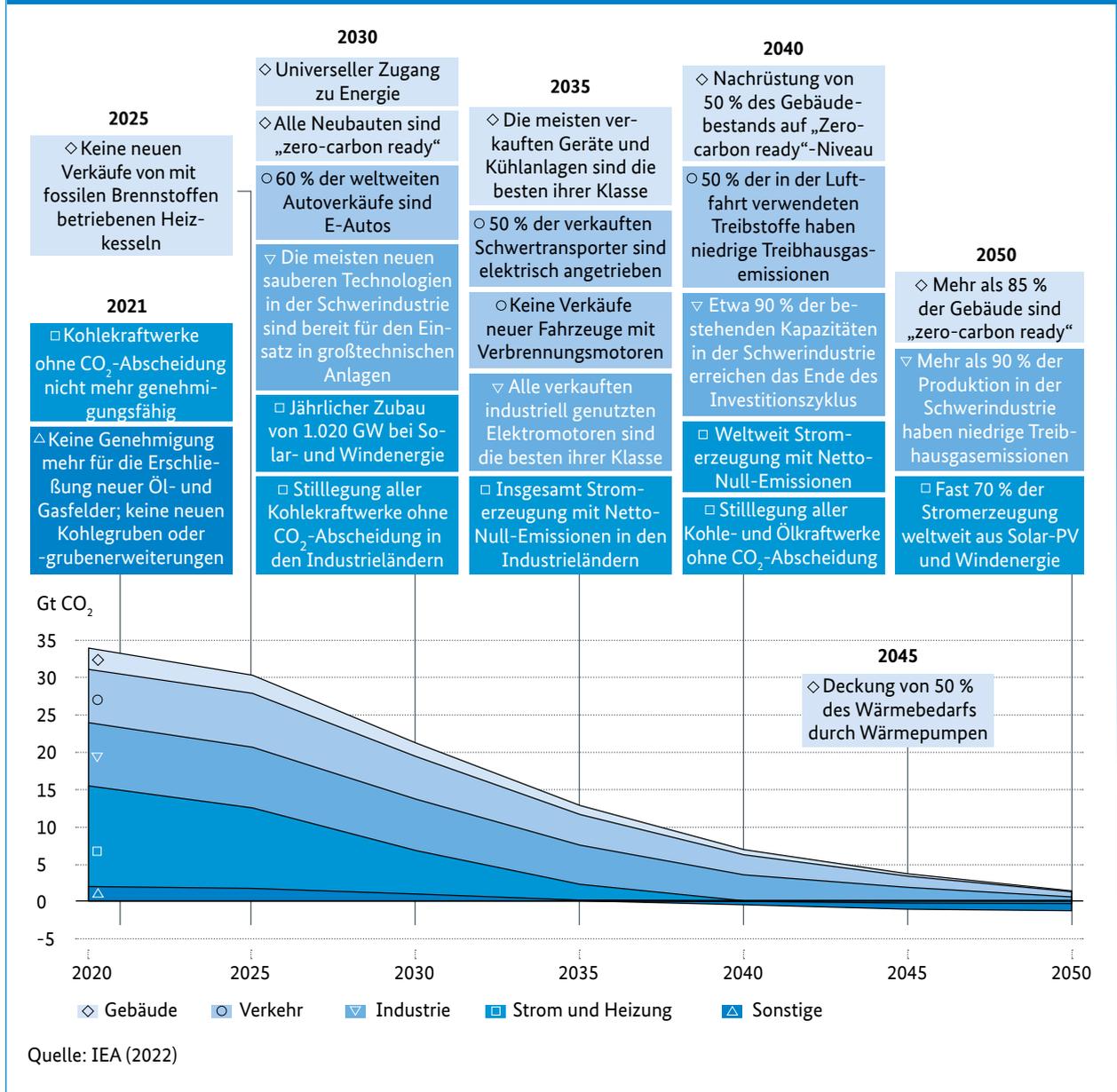
Weitere Vereinbarungen der COP 26 beinhalten die deutliche Verringerung der Kohleverbrennung und die Beendigung ineffizienter Subventionen für fossile Energieträger. Außerdem sollen ein länderübergreifender Kohlenstoffmarkt etabliert und Berichtspflichten für Klimaschutzanstrengungen eingeführt werden. Zudem gingen Staaten Selbstverpflichtungen in unterschiedlichen Bereichen (unter anderem zu Kohleausstieg, Verkehr, Waldschutz und Landnutzung) ein. Zum Beispiel haben sich 137 Länder verpflichtet, den Verlust von Wäldern und die Verschlechterung der Bodenqualität bis 2030 aufzuhalten und rückgängig zu machen. Ein weiteres Bündnis aus 103 Ländern unterzeichnete ein neues internationales Abkommen zur Reduktion der Methanemissionen (Global Methane Pledge). Damit verpflichteten sich unter anderem 15 Großemittenten, die Methanemissionen bis 2030 um 30 Prozent gegenüber dem Stand von 2020 zu senken.

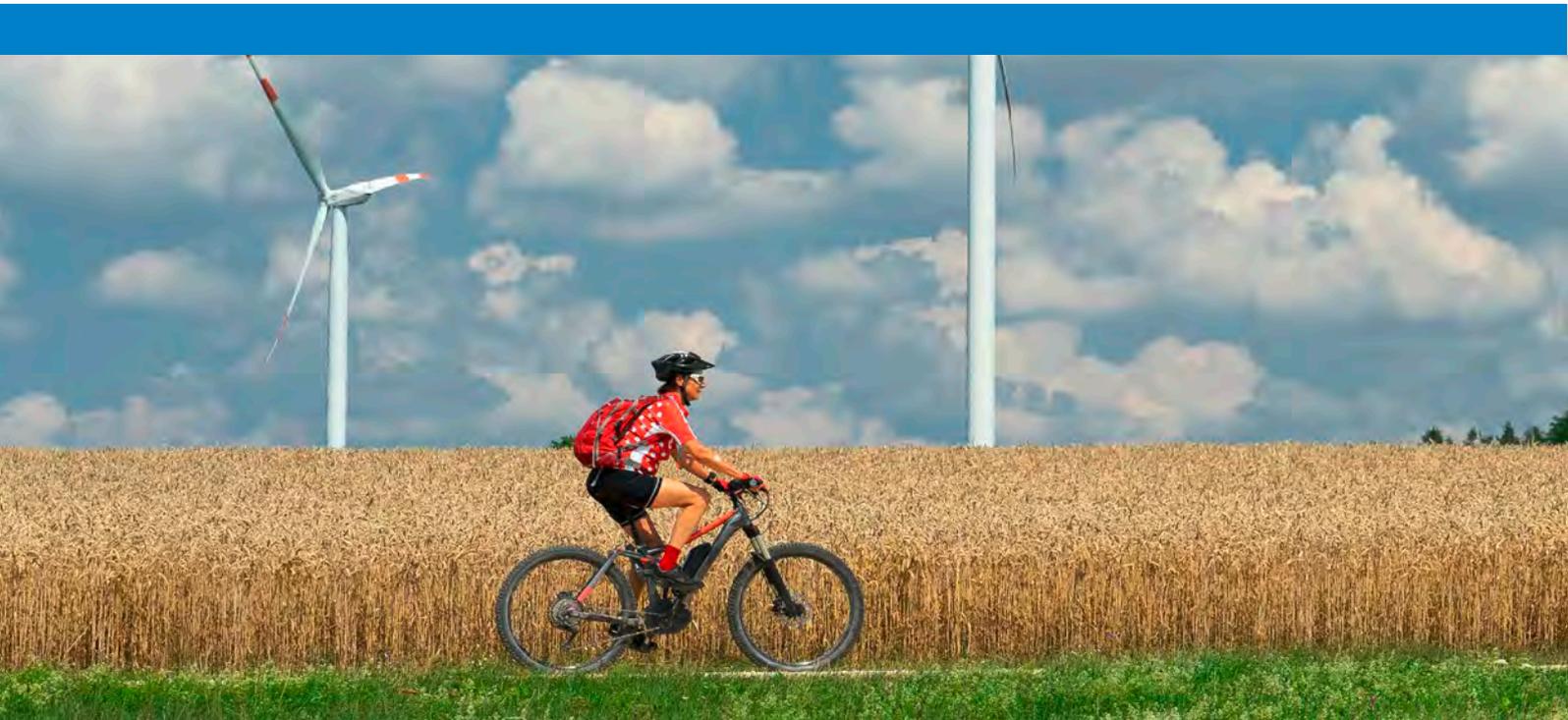
Trotz internationaler Anstrengungen besteht besonders mit Blick auf die Umsetzung noch eine deutliche Lücke zum 1,5-Grad-Ziel. Basierend auf den aktuell tatsächlich umgesetzten politischen Maßnahmen beträgt der projizierte globale Temperaturanstieg bis 2100 2,7 Grad (Abbildung 07). Bei Implementierung aller bereits angekündigten Ziele (inklusive Netto-Null-Ziele), Langzeitstrategien (Englisch: Long-term strategies, LTS) und NDCs wird ein Temperaturanstieg bis 2100 um 1,8 Grad projiziert. Daher sind die Vertragsparteien aufgefordert, bis zur nächsten Klimakonferenz (COP 27) im November 2022 in Ägypten ihre 2030-Ziele entsprechend anzupassen und Langfriststrategien vorzulegen, die bis Mitte des Jahrhunderts zu Netto-Null-Emissionen führen.

Klimafinanzierung wird bei der COP 27 in Ägypten eines der Kernthemen sein. In Glasgow wurde deutlich, dass die Industrieländer ihr Versprechen, bis 2020 jährlich insgesamt 100 Milliarden US-Dollar an Unterstützung für die Entwicklungsländer zur Verfügung zu stellen, bisher nicht einhalten konnten. Daher hat Deutschland im Jahr 2021 bereits zugesagt, den deutschen Beitrag von 4 bis 6 Milliarden Euro bis 2025 zu erhöhen. Ein weiterer Schwerpunkt wird außerdem das neue Klimafinanzierungsziel für den Zeitraum nach 2025 sein.

Die Internationale Energieagentur hat im Mai 2021 erstmals einen globalen 1,5-Grad-Pfad vorgelegt. Der Bericht enthält weltweit alle energiebedingten CO₂-Emissionen aus den Sektoren Energie, Industrie, Gebäude sowie Verkehr. Beschrieben werden die ambitionierten Meilensteine für einen globalen Weg bis hin zu CO₂-Neutralität im Jahr 2050 (Abbildung 08). Der Ausbau von erneuerbaren Energien auf über 1.000 Gigawatt (GW) – was einer Vervierfachung der aktuellen globalen Kapazität entspricht – erhält Priorität. Gleichzeitig müssten große Fortschritte im Bereich der Energieeffizienz erzielt und die Kohlekraftwerke weltweit abgeschaltet werden. Im privaten Bereich sollten laut IEA ab 2025 keine Heizkessel mehr verkauft werden, die auf fossilen Brennstoffen basieren. Ab 2035 sollten keine neuen Autos mit Verbrennungsmotoren mehr in Betrieb genommen werden. Trotz der Unsicherheiten, die solchen längerfristigen Szenarien stets anhaften, zeigt das IEA-Szenario auf, wie das 1,5-Grad-Ziel noch erreicht werden könnte.

Abbildung 08: Wichtige Meilensteine auf dem Weg zu Netto-Null laut IEA-1,5-Grad-Pfad



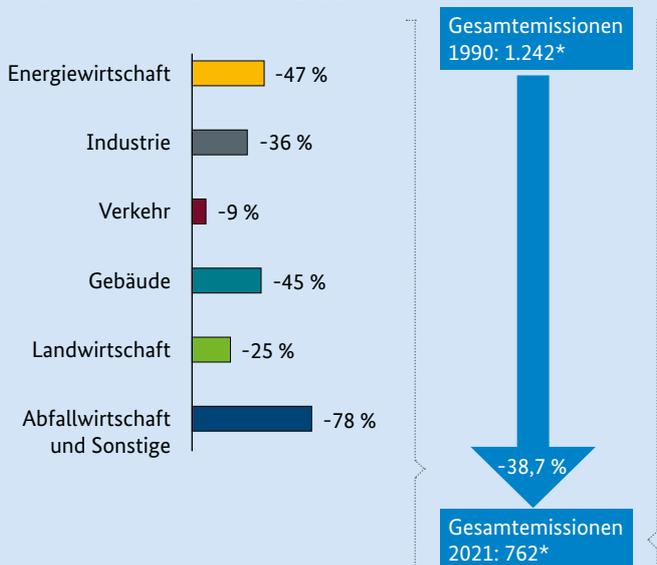


3. Emissionstrends und Klimaschutzmaßnahmen in den Sektoren

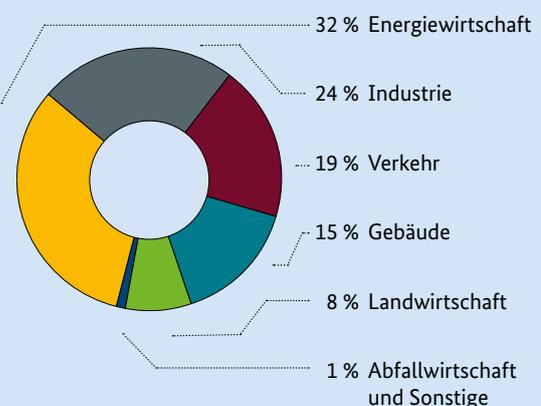


► Zusammenfassung

Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland 1990 bis 2021



Anteile an den Treibhausgasemissionen in Deutschland 2021

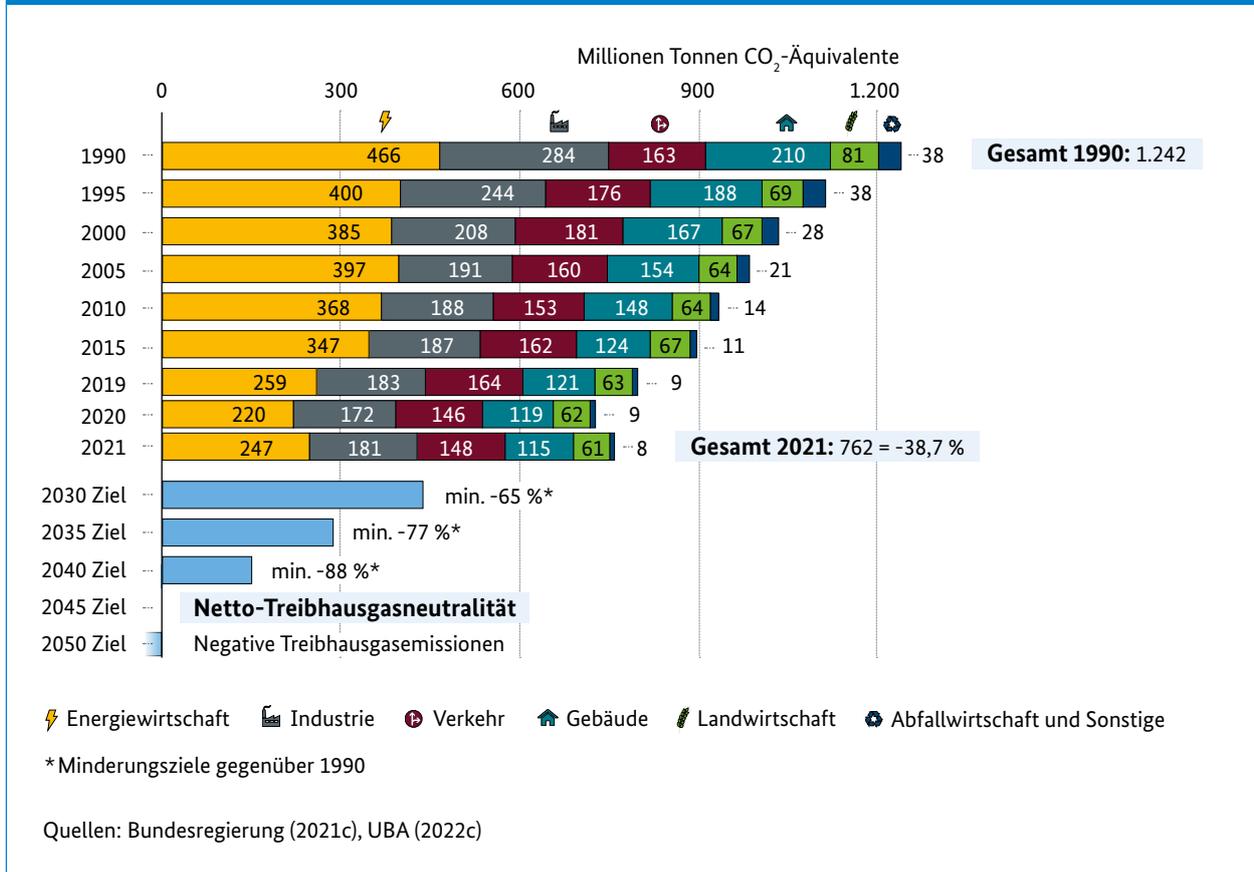


Emissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger machen etwa 85 % der Gesamtemissionen aus.

Quelle: UBA (2022c)

*Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente

Abbildung 10: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren (ohne LULUCF)



3.1 Emissionen in Deutschland – gestern, heute und morgen

Zwischen 1990 und 2021 sind die Treibhausgasemissionen in Deutschland um 38,7 Prozent gesunken (1990 bis 2020: 40,8 Prozent) (Abbildung 10). Die absoluten Emissionen Deutschlands haben sich von 1.242 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 1990 auf rund 762 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 2021 verringert. Bis zum Jahr 2030 soll eine Minderung um 65 Prozent auf insgesamt höchstens 435 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente erreicht werden.

Im Vergleich zum Vorjahr stiegen die deutschen Treibhausgasemissionen 2021 jedoch um 33 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente und damit 4,5 Prozent an. Dieser Anstieg ist überwiegend auf die höhere Kohleverstromung in der Energiewirtschaft zurückzuführen. Diese ist mit einer Zunahme der Stromnachfrage, geringerer Stromerzeugung aus erneuerbaren

Energien und den höheren Gaspreisen im Jahr 2021 zu erklären (siehe auch Kapitel 3.2).³⁵

Der jährliche Treibhausgasausstoß unterliegt witterungsbedingten und konjunkturellen Schwankungen. Witterungsbedingte Schwankungen führen vor allem zu einem von Jahr zu Jahr unterschiedlich hohen Heizbedarf. So war etwa 2020 ein ungewöhnlich mildes Jahr, besonders im Winter, während die Durchschnittstemperatur im Jahr 2021 unter dem langjährigen Mittel lag. Konjunkturell bedingte Rückgänge der Treibhausgasemissionen waren zum Beispiel infolge des wirtschaftlichen Umbruchs in den neuen Bundesländern zu Beginn der 1990er Jahre, während der Finanz- und Wirtschaftskrise 2009 und zuletzt infolge der Auswirkungen der Coronapandemie zu beobachten.

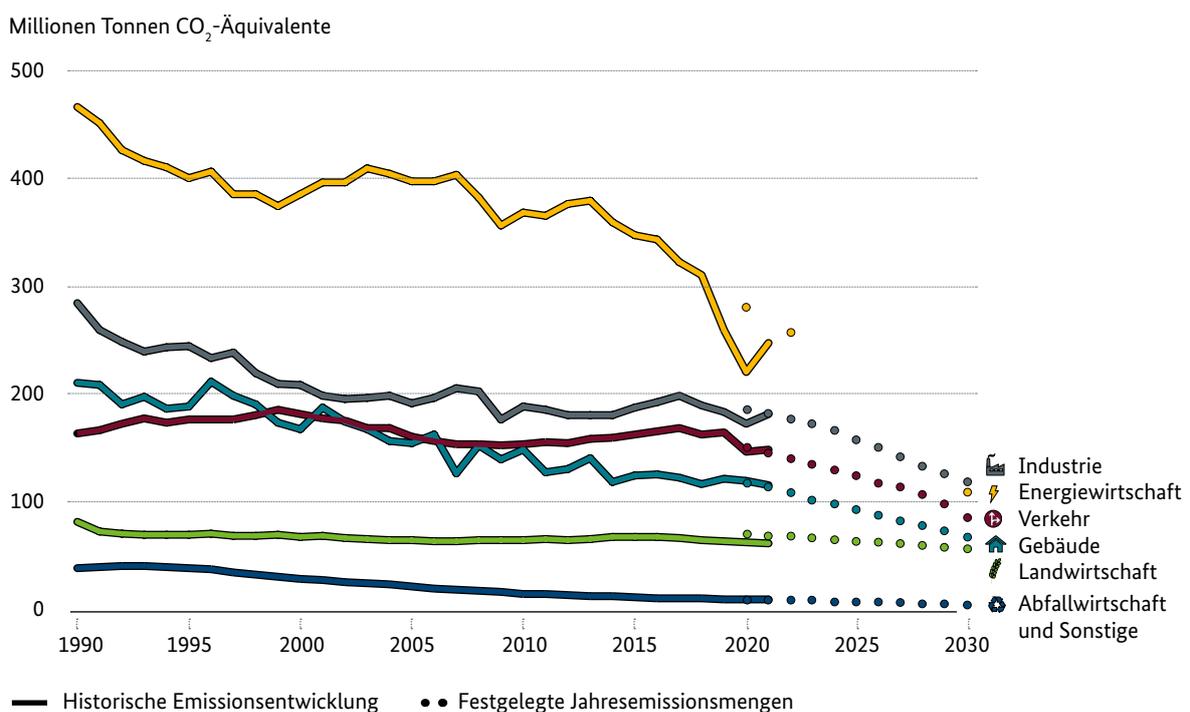
Die Treibhausgasemissionen werden in dieser Broschüre nach dem Quellprinzip dargestellt. Emissionen werden dabei dem Sektor angerechnet, in dem

sie ursprünglich anfallen. Beispielsweise werden der Energiewirtschaft sämtliche Emissionen aus der öffentlichen Strom- und Fernwärmeproduktion zugerechnet, auch wenn der Strom oder die Wärme etwa im Gebäudebereich genutzt wird.

Die Emissionen der Sektoren Verkehr und Gebäude lagen 2021 jeweils knapp über den im Klimaschutzgesetz festgelegten Jahresemissionsmengen. Die jährlichen Minderungsziele geben den Minderungspfad je Sektor für die Jahre 2020 bis 2030 vor (Abbildung 11). Die Sektoren Industrie, Landwirtschaft und Abfall- und Kreislaufwirtschaft emittierten im Jahr 2021 weniger als durch die zulässigen Jahresemissionsmengen vorgegeben. Für die Energiewirtschaft wurde für das Jahr 2021 kein Zielwert definiert, lediglich für die Jahre 2020 und 2022. Ihre Emissionen lagen mit 247 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente zwar 12,4 Prozent über denen des Vorjahres, aber 10 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente unter dem Zielwert für das Jahr 2022 (257 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente).

Zur Erreichung der Klimaziele der Bundesregierung bis 2030 müssen die Emissionen künftig pro Jahr um 6 Prozent reduziert werden. Im Durchschnitt betrug die jährliche Minderung der Emissionen seit 2010 unter 2 Prozent.³⁶ Im Mechanismus des Klimaschutzgesetzes ist die Prüfung der vom Umweltbundesamt jährlich ermittelten Emissionsdaten durch den Expertenrat für Klimafragen vorgesehen. Wie im vergangenen Jahr bestätigte der Rat auch die Konsistenz der vom Umweltbundesamt für 2021 veröffentlichten Daten und die komplexe Methodik zu ihrer Ermittlung. Damit verifizierte er die Zielverfehlungen des Gebäude- und Verkehrssektors. Die zuständigen Bundesministerien haben, wie im Klimaschutzgesetz vorgesehen, nach drei Monaten am 13. Juli 2022 jeweils ein Sofortprogramm vorgelegt, um die beiden Sektoren in den kommenden Jahren auf den vorgegebenen Zielpfad zu bringen. Der Expertenrat wird auch diese Programme darauf prüfen, ob die darin enthaltenen Maßnahmen ausreichen, um die Einhaltung der Ziele des Verkehrs- und Gebäude-sektors in den Folgejahren sicherzustellen. Unabhängig davon arbeitet die Bundesregierung weiter an einem

Abbildung 11: Entwicklung der Treibhausgasemissionen und beschlossene zulässige Jahresemissionsmengen nach Sektoren bis 2030



Quellen: Bundesregierung (2021c), UBA (2022c)

umfassenden und sektorübergreifenden Klimaschutz-Sofortprogramm. Die in den Sofortprogrammen enthaltenen Maßnahmenvorschläge sollen später in das Gesamtprogramm integriert werden.

Im zweiten Teil seines Prüfberichts macht der Expertenrat für Klimafragen Vorschläge zur Weiterentwicklung des deutschen Klimaschutzgesetzes. So sollten jahresspezifische Sondereffekte wie zuletzt sehr hohe Kraftstoffpreise besser berücksichtigt werden. Des Weiteren spricht sich der Rat für das Festhalten an den sektorspezifischen Zielen aus, da diese zu einer gerechteren Lastenverteilung auf die Sektoren führen und die Zuweisung der politischen Verantwortung an die jeweiligen Bundesministerien ermöglichen.

3.2 Energiewirtschaft

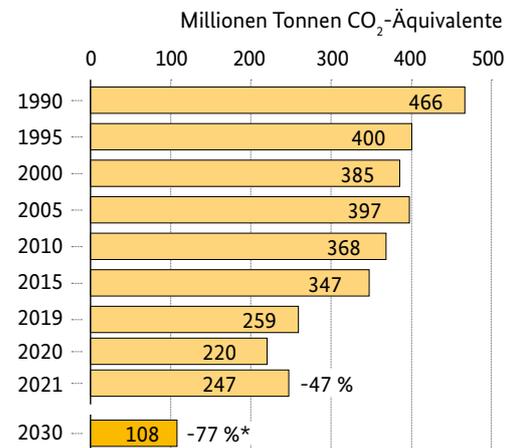
Emissionsentwicklung

Die Energiewirtschaft ist mit 32 Prozent für den größten Anteil der Emissionen in Deutschland verantwortlich. Im Jahr 2021 betrug ihr Treibhausgasausstoß 247 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Gegenüber dem Niveau von 1990 entspricht das einer Reduktion um 47 Prozent (Abbildung 12). Um das gesetzlich festgelegte Sektorziel für das Jahr 2030 zu erreichen, müssen die Emissionen gegenüber dem heutigen Niveau erneut mehr als halbiert werden. Dies soll mit dem Energiesofortmaßnahmenpaket und weiteren im Klimaschutz-Sofortprogramm vorgesehenen Maßnahmen sichergestellt werden.

Die Emissionen aus der Energiewirtschaft entstehen vor allem bei der Verbrennung fossiler Energieträger in Kraftwerken der öffentlichen Versorgung zur Bereitstellung von Strom und Wärme (Abbildung 13). Zudem werden der Energiewirtschaft Emissionen zugerechnet, die in Raffinerien und im Pipelinetransport fossiler Energieträger anfallen, sowie sogenannte diffuse Emissionen. Diese entstehen zum Beispiel durch die Freisetzung von Grubengas aus stillgelegten Bergwerken.

Der Treibhausgasausstoß der Energiewirtschaft stieg im Jahr 2021 erstmals seit 2013 wieder an. Im Vergleich zum Vorjahr stiegen die Emissionen des Sektors um 27 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente; das entspricht einer Steigerung um 12,4 Prozent. Ein Grund hierfür ist der Anstieg der Stromnachfrage um 1,9 Pro-

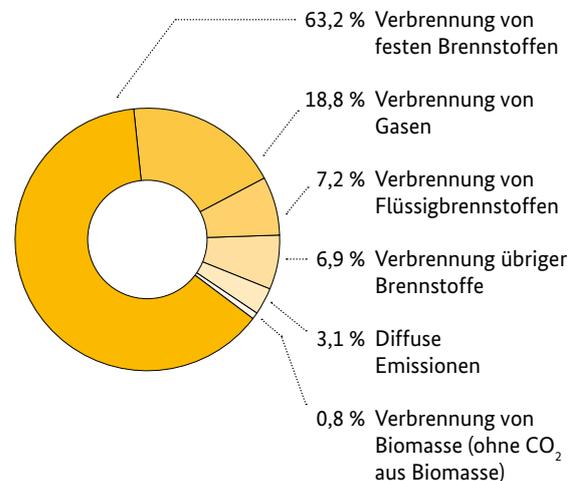
Abbildung 12: Emissionsentwicklung in der Energiewirtschaft



*Minderungsziel gegenüber 1990

Quellen: Bundesregierung (2021c), UBA (2022c)

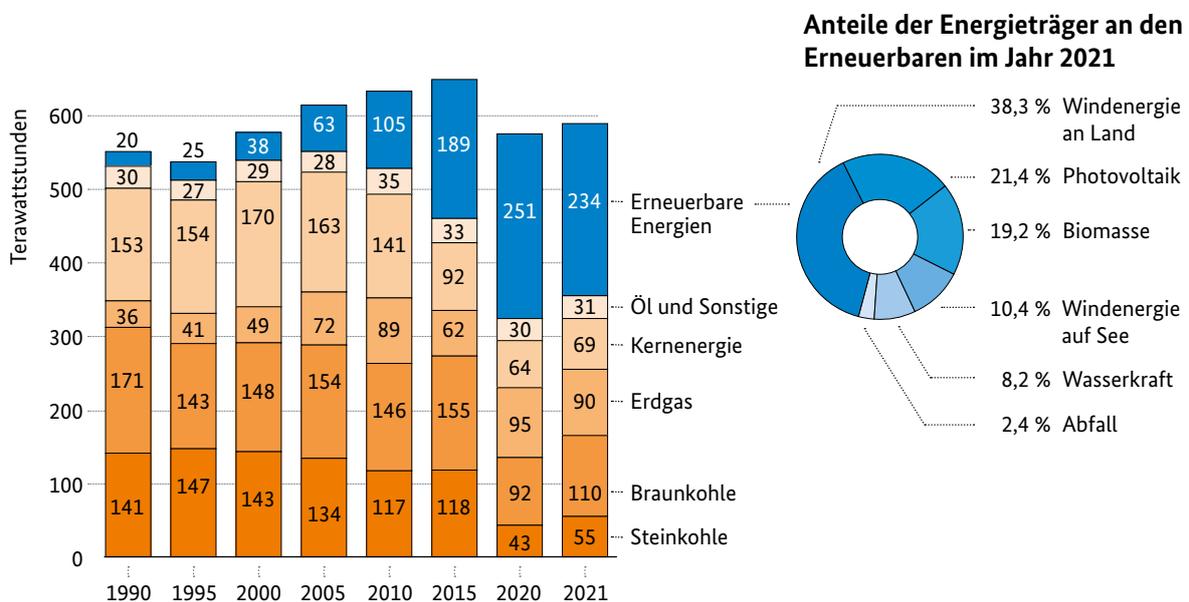
Abbildung 13: Quellen der Emissionen in der Energiewirtschaft (2020)



Quelle: UBA (2022c)

zent auf 565 Terawattstunden (TWh), nachdem die Nachfrage im Jahr zuvor bedingt durch die Coronapandemie deutlich zurückgegangen war. Zudem konnte das witterungsbedingte Rekordhoch der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien des Vorjahres nicht wieder erreicht werden. Stattdessen wurde die erhöhte Nachfrage durch Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern gedeckt. Insbesondere die Stromerzeugung aus den emissionsintensiven Energieträgern Braun- und

Abbildung 14: Entwicklung der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern



Quelle: BMWK (2022a)

Steinkohle stieg im Vergleich zum Vorjahr deutlich an. Dies verdeutlicht, dass die Einsatzreihenfolge von fossilen Kraftwerken vor allem durch zwei Faktoren bestimmt wird: die Preise der Energieträger wie Kohle und Gas und die Preise für Zertifikate im EU-ETS. Durch den sehr starken Anstieg der Gaspreise in der zweiten Jahreshälfte 2021 wurden also Kohlekraftwerke im Vergleich zu den emissionsärmeren Gaskraftwerken häufiger eingesetzt. Und dies, obwohl die Zertifikatspreise auch im Jahr 2021 weiterhin gestiegen sind.³⁷

Der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung stieg seit dem Jahr 1990 stark an (Abbildung 14). Einen besonders starken Zubau der Photovoltaik gab es zwischen den Jahren 2009 und 2012. Die installierten Kapazitäten von Windenergie an Land stiegen zwischen 2013 und 2017 am stärksten. Auch die Windenergie auf See konnte in den letzten Jahren deutliche Zuwächse verzeichnen.

-47 %

Die Emissionen der Energiewirtschaft lagen im Jahr 2021 47 Prozent unter dem Niveau von 1990.

Nach dem Rekordjahr 2020 kam es im Jahr 2021 zum ersten Mal seit dem Jahr 2000 zu einem Absinken des absoluten und relativen Anteils erneuerbarer Energien am Stromverbrauch. Im Jahr 2021 wurden 234 Terawattstunden Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt – 17,5 Terawattstunden weniger Vorjahr; sie trugen damit 41,1 Prozent zur Deckung des Bruttostromverbrauchs bei.³⁸ Der Höchstwert des Vorjahres von 45,2 Prozent konnte somit nicht wieder erreicht werden. Dies ist zurückzuführen auf einen Anstieg der Stromnachfrage und den witterungsbedingten Rückgang der Stromerzeugung aus Windenergie an Land und auf See. Der Effekt des Rückgangs überlagerte auch einen weiteren – wenn auch geringen – Zubau an neuen Erneuerbare-Energien-Kapazitäten.

Unter den erneuerbaren Energien hat Windenergie an Land mit einem Anteil von 15,2 Prozent den höchsten Beitrag zur Bruttostromerzeugung geleistet. Dies entspricht einem Anteil von 38,3 Prozent an den erneuerbaren Energien (Abbildung 14). Biomasse und Photovoltaik trugen 7,6 beziehungsweise 8,5 Prozent zur Bruttostromerzeugung bei. Windenergie auf See und Wasserkraft haben mit 4,1 beziehungsweise 3,2 Prozent deutlich geringere Anteile.

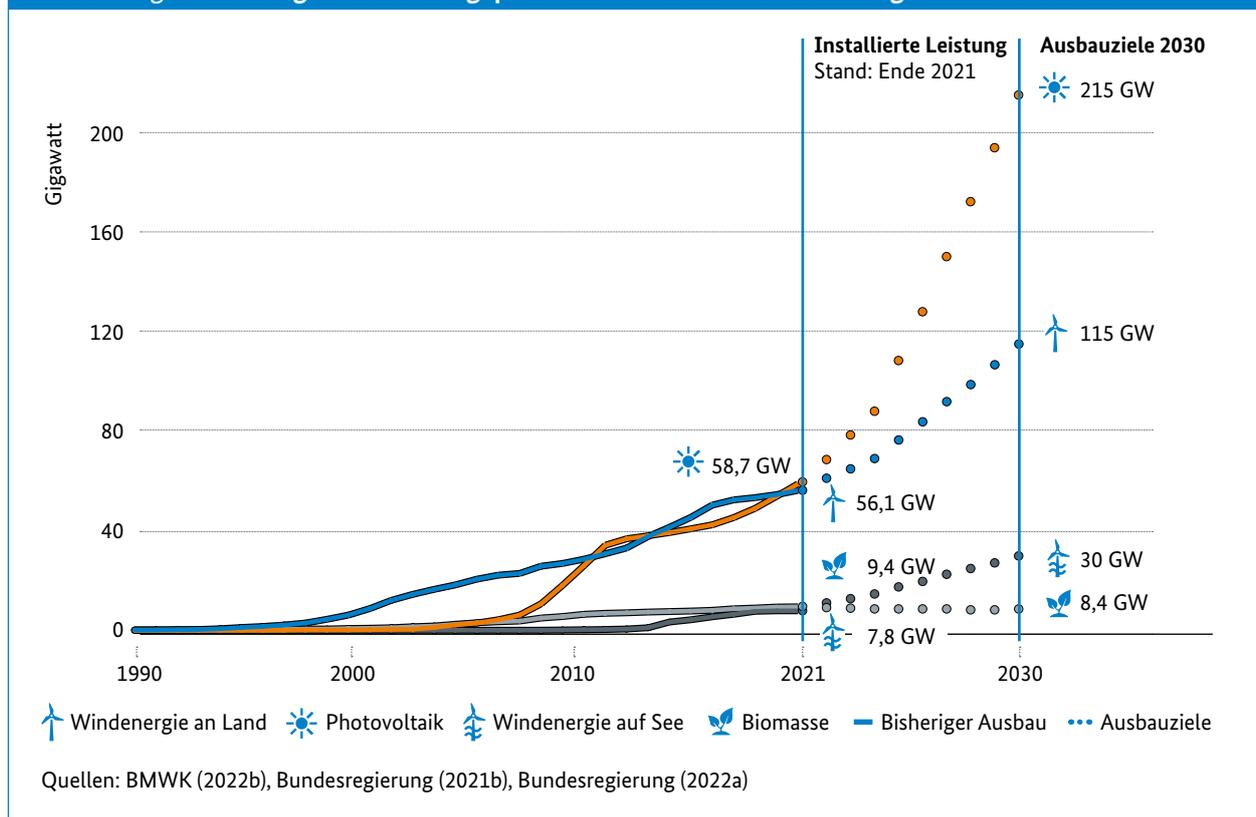
Nach dem starken Rückgang der Stromerzeugung aus Kohle bis zum Jahr 2020 kam es im vergangenen Jahr erstmals zu einem Wiederanstieg. So nahm die Stromerzeugung aus Kohle 2021 um 30,4 Terawattstunden oder 22,6 Prozent im Vergleich zum Vorjahr zu. Damit lieferte im Jahr 2021 erneut Braunkohle den größten Beitrag zur Stromerzeugung und nicht Windenergie wie im Vorjahr. Im Vergleich zu 2015 ist die Stromerzeugung aus Braun- und Steinkohle um rund 40 Prozent zurückgegangen. Während Kohlekraftwerke im Jahr 2015 noch 272 Terawattstunden Strom bereitstellten, waren es 2021 rund 165 Terawattstunden. Dieser Rückgang war bislang insbesondere zurückzuführen auf einen Anstieg der Zertifikatspreise im EU-ETS. Dadurch wurde in den vergangenen Jahren die Verstromung von Kohle teilweise ersetzt durch Stromerzeugung aus Erdgas und erneuerbaren Energien.

Die Stromerzeugung aus Gaskraftwerken ging im Jahr 2021 um fünf Terawattstunden leicht zurück, verbleibt jedoch auf einem hohen Niveau. So hat die Bedeutung von Erdgas in den letzten Jahren insgesamt zugenommen. Seit dem Jahr 2015 ist die Stromerzeugung aus

Erdgas um rund 45 Prozent gestiegen. Erdgas hat derzeit noch eine Brückenfunktion bei der Umstellung des Energiesystems auf erneuerbare Energien. Die Nutzung von Erdgas zur Stromerzeugung verursacht verglichen mit den anderen fossilen Energieträgern Braunkohle, Steinkohle und Erdöl geringere Treibhausgasemissionen. Im Vergleich zu Kohle- und Kernkraftwerken sind Gaskraftwerke zudem deutlich flexibler einsetzbar und daher gut geeignet, um als Übergangstechnologie die wetterbedingten, natürlichen Schwankungen der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien auszugleichen.

Der Anteil der Kernenergie an der Stromerzeugung sinkt seit den 2000er Jahren. Nachdem der Ausstieg aus der Kernenergie im Jahr 2000 eingeleitet und 2011 endgültig beschlossen wurde, werden die deutschen Kernkraftwerke nach und nach vom Netz genommen. Die Stromerzeugung aus Kernkraft lag im Jahr 2021 mit 11,7 Prozent in etwa auf dem Niveau des Vorjahres. Zum Jahreswechsel 2021 auf 2022 wurden drei weitere Blöcke (Grohnde, Gundremmingen C und Brokdorf) abgeschaltet. Die letzten drei deutschen Kernreaktoren werden Ende 2022 vom Netz gehen.

Abbildung 15: Bisheriger und bisher geplanter Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland



Handlungsfelder und Maßnahmen

Für das Ziel der Treibhausgasneutralität gilt es, gerade die Energieversorgung frühzeitig und vollständig zu dekarbonisieren. Schließlich kommt dem Stromsektor aufgrund der in anderen Sektoren wie Wärme und Verkehr Elektrifizierung im Kontext der sogenannten Sektorkopplung eine zentrale Rolle zu. Die Dekarbonisierung der Stromversorgung soll nach Vollendung des Kohleausstiegs abgeschlossen werden und ist für das Erreichen von Treibhausgasneutralität bis 2045 von zentraler Bedeutung, um die wachsende Stromnachfrage in den anderen Sektoren möglichst klimafreundlich zu bedienen.

Als Zwischenziel sollen die Treibhausgasemissionen des gesamten Energiesektors bis 2030 auf 108 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente sinken. Um dieses Ziel zu erreichen und die steigende Stromnachfrage zu decken, muss die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien mehr als verdoppelt werden.

Das zentrale Handlungsfeld der Energiewirtschaft ist ein zielstrebigem Ausbau der erneuerbaren Energien. Die Infobox auf Seite 29 gibt einen Überblick über die zentralen Maßnahmen des Energiesofortmaßnahmenpakets 2022 („Osterpaket“), durch welches der Ausbau Erneuerbarer auf Zielkurs gebracht werden soll. Er bildet die Basis eines treibhausgasneutralen Stromsystems und stellt – im Vergleich zu anderen Sektoren – eine bewährte, kostengünstige und schnelle Maßnahme zur Minderung der Treibhausgasemissionen dar. Bis zum Jahr 2030 soll der Anteil erneuerbarer Energien auf mindestens 80 Prozent des Bruttostromverbrauchs steigen. Für das Jahr 2030 rechnet die Bundesregierung mit einem Anstieg des Stromverbrauchs auf etwa 750 Terawattstunden. Daraus folgt, dass im Jahr 2030 insgesamt rund 600 Terawattstunden in Deutschland aus erneuerbaren Energien bereitgestellt werden sollen. Um dies zu erreichen, werden die Ausbaupfade für die einzelnen Technologien massiv erhöht (Abbildung 15 und Infobox auf Seite 29).

Um die erhöhten Ausbauziele zu erreichen, wird der Ausbau der erneuerbaren Energien deutlich beschleunigt. Dieser ist in den vergangenen Jahren ins Stocken geraten. Besonders die Windenergie an Land steht vor Herausforderungen. Ihr Ausbau ist unter anderem durch eine eingeschränkte Flächenkulisse, Akzeptanzprobleme sowie langwierige Genehmigungsverfahren und Klagen seit dem Rekordjahr 2017,

in dem ein Nettozubau in Höhe von rund 4,9 Gigawatt erreicht werden konnte, stark zurückgegangen. Zuletzt konnte der Nettozubau von etwa 1,2 Gigawatt im Jahr 2020 auf 1,7 Gigawatt im Jahr 2021 gesteigert werden.

Auch der Ausbau der Solarenergie war zwischenzeitlich stark zurückgegangen. Belief sich der Zuwachs bei Solaranlagen im Jahr 2012 auf rund 8,2 Gigawatt, waren es im Jahr 2014 nur noch 1,2 Gigawatt. Seitdem ist der jährliche Zubau von Photovoltaikanlagen aber wieder kontinuierlich angestiegen. Im Jahr 2021 betrug er rund fünf Gigawatt.³⁹

Der Kohleausstieg hat zum Jahreswechsel 2021 begonnen. Mit dem Kohleausstiegsgesetz hat die Bundesregierung den schrittweisen Ausstieg aus der Kohleverstromung festgelegt. So wurden im Laufe des Jahres 2021 Braun- und Steinkohlekraftwerke mit Kapazitäten von rund 0,9 Gigawatt beziehungsweise rund 5,5 Gigawatt abgeschaltet.⁴⁰ Die Stilllegungszeitpunkte der weiteren Braunkohlekraftwerke werden im Kohleverstromungsbeendigungsgesetz festgehalten. Für Steinkohlekraftwerke wird die Reihenfolge der Stilllegung vorrangig über Ausschreibungen ermittelt und erst ab 2027 über ordnungsrechtliche Maßnahmen festgelegt. Die installierte Erzeugungskapazität aus Kohlekraftwerken im Markt (Ende 2019: 43,6 Gigawatt) wird bis Ende 2022 zunächst auf 30 Gigawatt und bis 2030 auf 17 Gigawatt reduziert. Nach Vollendung des Kohleausstiegs soll die Stromversorgung dann treibhausgasneutral werden.

Die Versorgungssicherheit ist auch während des schrittweisen Ausstiegs aus der Kohleverstromung und Nutzung von Atomenergie sichergestellt. Hierfür überprüft die Bundesregierung regelmäßig, ob auch zu Zeitpunkten hoher Stromnachfrage und geringer Einspeisung aus erneuerbaren Energien ausreichend Erzeugungskapazitäten zur Verfügung stehen. So werden beispielsweise systemrelevante Steinkohlekraftwerke nicht stillgelegt, sondern vorübergehend in die Netzreserve überführt und können bei Bedarf wieder aktiviert werden.

**108
Mio. t**

Bis 2030 sollen die Treibhausgasemissionen des gesamten Energiesektors auf 108 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente sinken.

i

Übersicht über zentrale Maßnahmen des Energiesofortmaßnahmenpakets („Osterpaket“)

Mit dem Osterpaket wurden die folgenden Gesetze angepasst:

- das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG),
- das Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG),
- das Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG; wird neu eingeführt) und das Baugesetzbuch (BauGB)
- das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG),
- das Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG),
- das Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz (NABEG),
- das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)
- sowie weitere Gesetze und Verordnungen im Energierecht.

Das Osterpaket beinhaltet die folgenden zentralen Änderungen:

- Es wird der Grundsatz verankert, dass die Nutzung erneuerbarer Energien im überragenden öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient.
- Damit sollen die erneuerbaren Energien bis zum Erreichen der Treibhausgasneutralität als vorrangiger Belang in die Schutzgüterabwägung eingebracht werden.
- Im Jahr 2030 sollen mindestens 80 statt bisher 65 Prozent des deutschen Bruttostromverbrauchs durch erneuerbare Energien abgedeckt werden. Nach Vollendung des Kohleausstiegs soll die Stromversorgung treibhausgasneutral werden.
- Die Ausbauziele und Ausschreibungsmengen für die einzelnen Technologien werden schrittweise angepasst und auf hohem Niveau verstetigt:
 - 22 GW neu installierte Leistung Photovoltaik (PV) pro Jahr, das heißt angestrebt wird eine installierte Leistung von rund 215 GW im Jahr 2030
 - 10 GW pro Jahr neu installierte Leistung für Wind an Land, das heißt rund 115 GW installierte Leistung im Jahr 2030
 - Die installierte Leistung von Windanlagen auf See soll im Jahr 2030 mindestens 30 GW betragen (2035: 40 GW, 2045: 70 GW).

- Der für Wind an Land erforderliche Flächenbedarf von zwei Prozent der Landesfläche wird im WindBG gesetzlich verankert und den Ländern werden verbindliche Ziele zur Flächenausweisung vorgegeben.

Zur Erreichung der ambitionierten Ziele werden konkrete Maßnahmen zum weiteren Ausbau Erneuerbarer ergriffen. So werden beispielsweise:

- die Flächenkulisse für den Ausbau der Freiflächen-Photovoltaik verbessert,
- die Beteiligung der Kommunen bei Wind an Land und Photovoltaik ausgeweitet,
- das Referenzertragsmodell für windschwache Standorte insbesondere in Süddeutschland weiterentwickelt, wodurch windschwache Standorte verstärkt erschlossen werden sollen,
- nicht voruntersuchte Flächen für den Ausbau der Windenergie auf See ausgeschrieben und
- die Rahmenbedingungen für den Ausbau von Photovoltaikdachanlagen verbessert.

Um den Ausbau der Stromnetze zu beschleunigen werden außerdem:

- Erleichterungen für Planung, Genehmigung, Realisierung und Betrieb von Netzen verankert,
- das Zielbild der Treibhausgasneutralität auch im EnWG verankert und als Fokus in die Netzplanung mitaufgenommen und
- neue Projekte in den Bundesbedarfsplan für den Ausbau der Übertragungsnetze aufgenommen.

Zur Entlastung sowie Stärkung der Bürgerinnen und Bürger werden zudem:

- die EEG-Umlage abgeschafft und zugleich die Regelungen für den Eigenverbrauch und die Privilegierung der Industrie enorm vereinfacht und
- die Rechte der Endkundschaft und die Aufsichtsmöglichkeiten der Bundesnetzagentur über Energielieferanten gestärkt.

Weitere Maßnahmen des Klimaschutz-Sofortprogramms werden zügig auf den Weg gebracht, um schnellstmöglich auf den Zielpfad zu gelangen und so die ambitionierten Klimaziele für das Jahr 2030 erreichen zu können.

Die Erzeugung aus erneuerbaren Energien muss durch flexible Kraftwerke ergänzt werden, die übergangweise noch mit Erdgas, perspektivisch aber auf Basis von erneuerbaren Gasen betrieben werden. So wird durch den Ausbau der erneuerbaren Energien zum einen die Abhängigkeit vom Import fossiler Rohstoffe verringert. Zum anderen können mit erneuerbaren Energien Gase wie grüner Wasserstoff hergestellt werden (siehe Infobox auf dieser Seite), die als Energiespeicher auch in Phasen geringer Einspeisung aus erneuerbaren Energien die Versorgungssicherheit gewährleisten. Zeitgleich mit dem Osterpaket wurden das Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetz und Änderungen am Energiesicherungsgesetz verabschiedet. So hat die Bundesregierung zusätzliche, kurzfristige abrufbare Instrumente für den Fall einer weiteren Zuspitzung der Lage auf den Energiemärkten geschaffen.

Mit dem EKBG soll eine bis zum 31. März 2024 geltende Gasersatzreserve eingerichtet werden. Im Notfall sollen Öl- und Kohlekraftwerke Strom produzieren, falls die Menge der Gaslieferungen für genügend Strom aus Gas nicht ausreicht und eine sogenannte Gasmangellage vorliegt. Das Ziel, den Kohleausstieg in Deutschland idealerweise bis 2030 zu vollenden, bleibt bestehen.

Ein weiteres zentrales Handlungsfeld der Energiewirtschaft ist die Modernisierung des Energieversorgungssystems. Das umfasst einerseits den Ausbau der Stromnetze, andererseits den Einsatz digitaler Technologien, um bestehende Netze besser nutzen zu können. Perspektivisch müssen auch Leitungen für den Transport von emissionsarmen, gasförmigen Energieträgern wie Wasserstoff geschaffen werden.

i

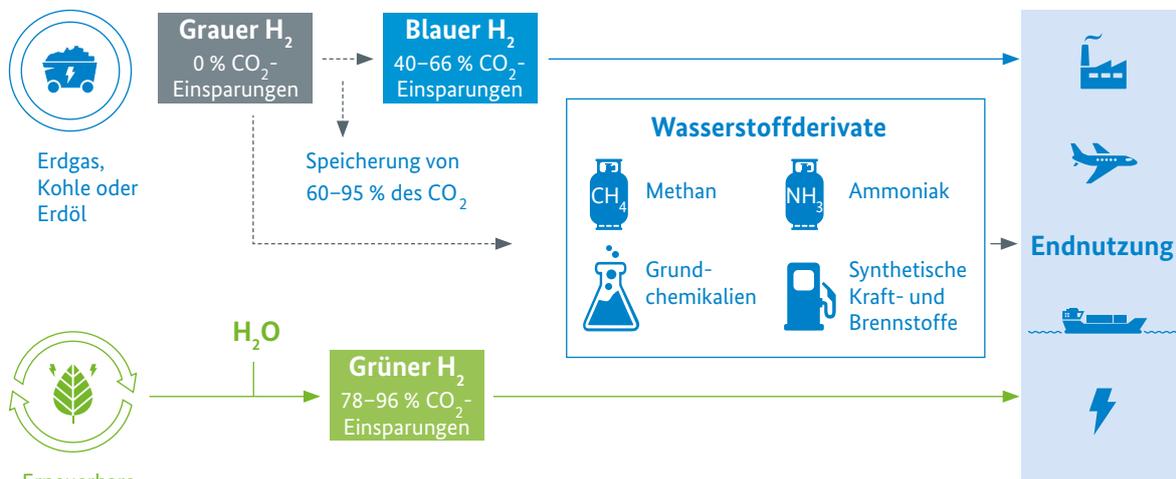
Wasserstoff als Energieträger der Zukunft im dekarbonisierten Energiesystem

Wasserstoff spielt auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität eine wichtige Rolle als Alternative zu fossilen Energieträgern, insbesondere dort, wo andere Alternativen wie die direkte Elektrifizierung nicht zur Verfügung stehen. Es existieren verschiedene Produktionsrouten für Wasserstoff, die unterschiedlich hohe CO₂-Emissionen zur Folge haben. Derzeit wird Wasserstoff vorrangig auf Basis fossilen Erdgases hergestellt, wobei große Mengen CO₂ freigesetzt werden (sogenannter grauer Wasserstoff, Abbildung 16). Diese Emissionen könnten teilweise abgeschieden und gespeichert werden (Carbon Capture and Storage, CCS). Bei der Produktion dieses sogenannten blauen Wasserstoffs können damit im Idealfall bis zu zwei Drittel der Emissionen eingespart werden. Allerdings würde hierfür zusätzliche Energie benötigt und die Emissionsreduktion ist zur Erreichung von Treibhausgasneutralität voraussichtlich nicht ausreichend. Sogenannter grüner Wasserstoff kann durch die Elektrolyse von Wasser unter Einsatz von Strom direkt aus erneuerbaren Energien gewonnen werden. Dabei können Emissionen fast vollständig vermieden werden.

Klimafreundlich hergestellter Wasserstoff kann in Bereichen zum Einsatz kommen, in denen eine Elektrifizierung technisch oder wirtschaftlich nicht möglich ist. Hierzu gehört die Industrie, welche Wasserstoff als chemischen Rohstoff benötigt oder als Brennstoff für Prozesse, die ein sehr hohes Temperaturniveau erfordern. Zudem kann Wasserstoff in Zeiten geringer Einspeisung aus erneuerbaren Energien in Kraftwerken „rückverstromt“ werden. Des Weiteren lassen sich mithilfe von Power-to-X-Verfahren aus Wasserstoff CO₂-Derivate wie synthetische Kraft- und Brennstoffe herstellen. Diese können für den klimaneutralen Schiffs- und Flugverkehr eingesetzt werden.

Um eine ausreichende Versorgung der verschiedenen Sektoren mit emissionsarmem Wasserstoff sicherzustellen, hat die Bundesregierung im Jahr 2020 eine nationale Wasserstoffstrategie verabschiedet. Sie adressiert alle Glieder der Wertschöpfungskette (Erzeugung, Infrastruktur, Anwendung) sowie sämtliche Sektoren. Für den Markthochlauf von grünem Wasserstoff soll das Ausbauziel für die Elektrolyseleistung auf 10 GW im Jahr 2030 angehoben werden. Neben der nationalen Produktion von grünem Wasserstoff wird zukünftig auch der Import von grünem Wasserstoff oder Derivaten eine wichtige Rolle spielen.

Abbildung 16: Unterschiedliche Herstellungsweisen und Nutzungsbereiche von Wasserstoff



Die Angaben zu den eingesparten Treibhausgasemissionen von blauem und grünem Wasserstoff geben relative Einsparungen im Vergleich zu den Emissionen an, die bei der Produktion von grauem Wasserstoff entstehen (etwa 95 g CO₂-Äquivalente/MJ). Die Treibhausgasemissionen der Produktion von grauem Wasserstoff betrachten dabei den gesamten Lebenszyklus, inklusive Methan-Leckage bei Extraktion und Transport von Erdgas.

Quellen: Agora Energiewende & Guidehouse (2021), Guidehouse (2021)

3.3 Industrie

Emissionsentwicklung

Der Industriesektor hatte im Jahr 2021 einen Anteil von 24 Prozent an den Gesamtemissionen in Deutschland. Im Jahr 2021 stiegen die Emissionen des Sektors gegenüber dem Vorjahr um 5,5 Prozent auf 181 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Der Grund für diesen Anstieg ist die Erholung des verarbeitenden Gewerbes von den pandemiebedingten Ausfällen im Jahr 2020.

Die Emissionen der Industrie sind seit 1990 um 36 Prozent zurückgegangen (Abbildung 17). Ein Großteil dieser Reduktion (75 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente) erfolgte in den 1990er Jahren, unter anderem bedingt durch den wirtschaftlichen Umbruch in den neuen Bundesländern. In den letzten 20 Jahren sind die Emissionen des Industriesektors nur noch leicht gesunken (16 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente).

Die Emissionen in der Industrie entstehen primär in den energieintensiven Branchen Eisen und Stahl so-

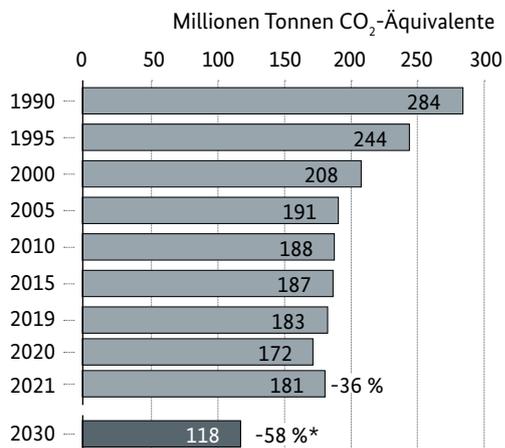
wie Zement und Grundstoffchemie. Rund zwei Drittel der Emissionen sind auf die Energiebereitstellung in der Industrie zurückzuführen (Industriefeuerung im verarbeitenden Gewerbe), ein weiteres Drittel ist prozessbedingt und entsteht bei der Herstellung von Grundstoffen wie Zement oder Roheisen (Abbildung 18).

Zusätzlich zu den direkten Emissionen verursacht die Industrie durch Fremdwärme- und Fremdstrombezug auch indirekte Emissionen. Zusammen mit der selbsterzeugten und verbrauchten Energie des Industriesektors ergibt sich der in Abbildung 19 dargestellte Energieverbrauch. Die indirekten Emissionen werden im Energiesektor bilanziert; eine Verbesserung der Energieeffizienz in der Industrie wirkt sich daher positiv auf die Emissionsbilanz der Energiewirtschaft aus.

Handlungsfelder und Maßnahmen

Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2030 die Treibhausgasemissionen im Industriesektor auf ein Niveau von 118 Millionen Tonnen CO₂-Äqui-

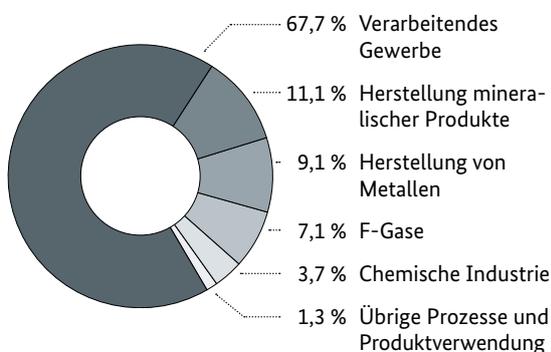
Abbildung 17: Emissionsentwicklung in der Industrie



*Minderungsziel gegenüber 1990

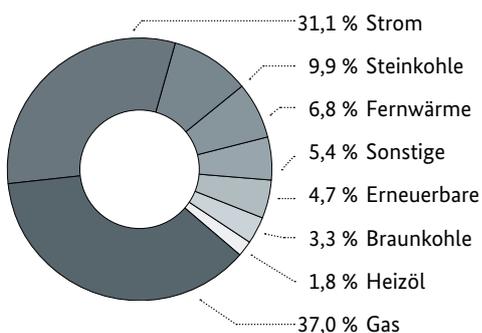
Quellen: Bundesregierung (2021c), UBA (2022c)

Abbildung 18: Quellen der Emissionen in der Industrie (2020)



Quelle: UBA (2022c)

Abbildung 19: Endenergieverbrauch in der Industrie nach Energieträgern (2020)



Quelle: BMWK (2022a)

valente zu senken. Das entspricht einer Reduktion um 35 Prozent gegenüber dem heutigen Niveau. Für eine umfassende Reduzierung der Industrieemissionen ist eine Umstellung der Produktionsverfahren vor allem in der energieintensiven Grundstoffindustrie erforderlich. Folgende Handlungsfelder sind zentral:

- **Kreislaufwirtschaft:** Prozess- sowie energiebedingte Emissionen können durch eine verbesserte Kreislaufführung deutlich reduziert werden. So kann eine hohe Recyclingrate durch einen optimierten Ressourceneinsatz die Nutzung von Primärmaterialien deutlich reduzieren. Zudem erfordert die Wiederverwendung bereits erzeugter Materialien zum Teil deutlich weniger Energie als die Primärproduktion von Grundstoffen.
- **Elektrifizierung und erneuerbare Energien:** Durch die steigende Elektrifizierung von Produktionsprozessen steigt der Strombedarf des Industriesektors. Der Ausbau der erneuerbaren Energien und der Netze ist daher eine zentrale Grundvoraussetzung für die Erreichung der Treibhausgasneutralität in der Industrie. Nach den Plänen der Bundesregierung soll bis 2035 fast der gesamte Strom aus erneuerbaren Energien stammen.
- **Steigerung der Energieeffizienz:** Eine weitere Verbesserung der Energieeffizienz ist essenziell, um dem zunehmenden Strombedarf entgegenzuwirken.
- **Wasserstoff:** In einigen Sektoren können hohe Treibhausgaseinsparungen durch den Einsatz von Wasserstoff erzielt werden. Dies gilt insbesondere für die wasserstoffbasierte Stahlerzeugung, bei der Wasserstoff anstelle von Kohle zur Direktreduktion von Eisenerz verwendet wird. Auch für die Dekarbonisierung der Chemieindustrie spielt Wasserstoff eine wichtige Rolle.
- **CCU/CCS:** Durch die Technologien Carbon Capture and Storage (CCS) beziehungsweise Carbon Capture and Usage (CCU) kann Kohlendioxid abgeschieden und gespeichert oder weiter genutzt werden. Dies ist besonders relevant für industrielle Prozesse, bei denen aktuell keine klimaneutralen Schlüsseltechnologien zur Verfügung stehen, wie zum Beispiel in der Zementindustrie.

Die Bundesregierung hat umfangreiche Programme zur Unterstützung der Industrietransformation aufgelegt. Beispielsweise werden Investitionen in hoch-effiziente, bereits verfügbare Technologien sowie in erneuerbare Energieanlagen mit dem Förderprogramm „Energieeffizienz und Prozesswärme aus erneuerbaren Energien in der Wirtschaft“ unterstützt. Das Programm fördert neben Einzelinvestitionen auch die energie- und ressourcenbezogene Optimierung von ganzen Prozessen und Produktionsanlagen. Um prozessbedingte

-36 %

Die Emissionen der Industrie sind zwischen 1990 und 2021 um 36 Prozent gesunken.

i

Klimaschutzdifferenzverträge (Englisch: Carbon Contracts for Difference, CCfD)

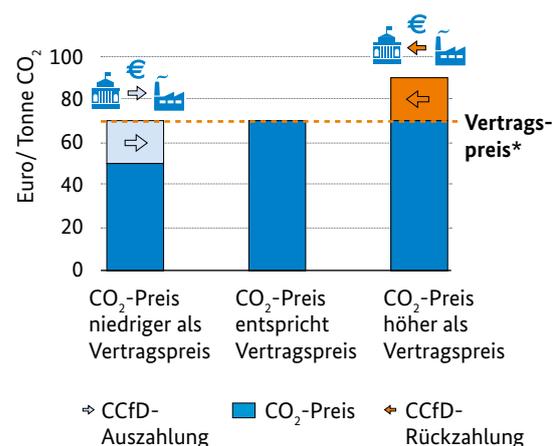
Klimafreundliche Produktionsverfahren haben oftmals höhere Investitions- und Betriebskosten als emissionsintensive konventionelle Produktion. Daher sind klimafreundliche Grundstoffe im Vergleich zu konventionell hergestellten Waren bisher nicht wettbewerbsfähig. Klimaschutzdifferenzverträge können die Mehrkosten der klimafreundlichen Produktion kompensieren und somit die Industrie bei der Transformation unterstützen.

Die Bundesregierung möchte dieses neue und vielversprechende Förderinstrument erproben. Bei klassischen Klimaschutzdifferenzverträgen geht es um die Absicherung eines festgelegten CO₂-Preises (Vertragspreis). Der Vertragspreis wird zwischen den Unternehmen und der öffentlichen Hand projektspezifisch vereinbart. Die Höhe des Vertragspreises richtet sich unter anderem nach den Minderungskosten, die sich aus den vermiedenen Emissionen ergeben, sowie den Mehrkosten, die bei der Umstellung der Produktion von einer Referenztechnologie auf die Klimaschutzanlage anfallen. Klimaschutzdifferenzverträge würden die öffentliche Hand dazu verpflichten, die Differenz zwischen dem CO₂-Preis für Emissionszertifikate im EU-ETS und den Minderungskosten (Vertragspreis) auszus zahlen, sollte der CO₂-Marktpreis unter dem Vertragspreis und somit den Minderungskosten liegen. Umgekehrt könnten die Unternehmen auch dazu verpflichtet werden, ihre Gewinne an

den Staat zurückzuzahlen, wenn der Marktpreis den Vertragspreis übersteigt.

Durch die Abdeckung der Minderungskosten von klimafreundlichen Technologien können Klimaschutzdifferenzverträge die Wettbewerbsfähigkeit von CO₂-armen Technologien ermöglichen. Langfristig können Klimaschutzdifferenzverträge daher den Markteintritt von klimafreundlichen Technologien unterstützen und den Aufbau von grünen Leitmärkten vorbereiten.

Abbildung 20: Mögliche Umsetzung von Klimaschutzdifferenzverträgen



*Festgelegter Ausübungspreis zwischen dem Staat und einem Investor für einen spezifischen Zeitraum

Quellen: Agora Energiewende (2022a), BMUV (2021a), BMWK (2020a)

Treibhausgasemissionen, die nach heutigem Stand der Technik nur schwer vermeidbar sind, weitgehend zu reduzieren, hat das BMWK das Förderprogramm „De-karbonisierung in der Industrie“ aufgelegt. Gefördert werden Projekte, die mithilfe innovativer Klimaschutztechnologien zur Vermeidung von Prozessemissionen in den energieintensiven Industrien beitragen. Zudem plant das BMWK die Einführung von Klimaschutzdifferenzverträgen (siehe Infobox auf Seite 33). Diese sollen die höheren Betriebskosten decken, die durch den Einsatz innovativer Klimaschutztechnologien im Vergleich zu den heutigen emissionsintensiven Technologien entstehen. Im Rahmen des Beihilferechtsinstruments der wichtigen Vorhaben von gemeinsamem europäischen Interesse (Englisch: Important Projects of Common European Interest, IPCEI) fördert das BMWK zudem gemeinsam mit dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) den Hochlauf der gesamten Wasserstoffwertschöpfungskette (siehe auch Kapitel 4.3). Im Bereich der industriellen Anwendung werden zum Beispiel Projekte der Stahl- und Chemieindustrie sowie die Produktion von Elektrolyseuren unterstützt.

Mit dem Europäischen Grünen Deal und den Vorschlägen aus dem „Fit für 55“-Paket plant die EU-Kommission eine Neuausrichtung der europäischen Industriepolitik. Unter anderem soll das EU-ETS reformiert und auf das neue ambitionierte 2030-Ziel der EU angepasst werden. Durch den Reformvorschlag würde unter anderem die Anzahl der verfügbaren Emissionszertifikate sinken und somit der Anreiz zur Umstellung auf emissionsarme Produktionsverfahren erhöht werden. Die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie soll künftig zusätzlich durch ein CO₂-Grenzausgleichssystem (Englisch: Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) sichergestellt werden. Dieses soll in den betroffenen Sektoren schrittweise das bestehende System der freien Zuteilung von Emissionszertifikaten ersetzen.

118 Mio. t

Bis zum Jahr 2030 sollen die Treibhausgasemissionen im Industriesektor auf ein Niveau von 118 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente gesenkt werden.

3.4 Verkehr

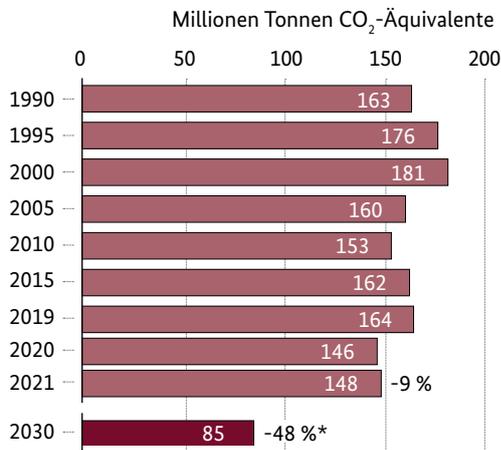
Emissionsentwicklung

Im Jahr 2021 emittierte der Verkehrssektor 148 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente Treibhausgase; dies entspricht 19 Prozent der Gesamtemissionen. Bezogen auf das Basisjahr 1990 bedeutet das eine Emissionsminderung um 9 Prozent (Abbildung 21). Die Sektoremissionen übersteigen im Jahr 2021 damit trotz pandemiebedingt zum Teil noch geringerer Verkehrsleistungen die zulässige Jahresemissionsmenge des Klimaschutzgesetzes um 3 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Um das Sektorziel 2030 zu erreichen, ist eine Minderung auf 85 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente und damit um etwa 43 Prozent gegenüber 2021 erforderlich.

In den vergangenen beiden Jahren lagen die Emissionen des Verkehrssektors deutlich niedriger als in den Jahren zuvor, im Jahr 2020 um 11 Prozent beziehungsweise 18 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Vergleich zum Vorjahr. Ein Großteil des Rückgangs ist auf die eingeschränkte Mobilität im Zuge der Coronapandemie zurückzuführen. Die bundesweite Mobilität, gemessen an Mobilfunkdaten, lag während des Frühlings 2020 bei bis zu minus 54 Prozent gegenüber dem Durchschnittswert der jeweiligen Monate aus dem Jahr 2019. Einen ähnlichen, jedoch weniger drastischen Effekt löste die zweite Infektionswelle aus, die die Mobilität im Winter 2020 und Frühling 2021 deutlich gegenüber dem Durchschnitt aus dem Jahr 2019 reduzierte. Im restlichen Jahresverlauf, von Mai bis Dezember 2021, wurde nur noch eine geringe Reduktion von 0,5 Prozent in der Mobilität gegenüber dem Vergleichszeitraum im Jahr 2019 beobachtet.⁴¹

Der motorisierte Straßenverkehr verursachte mit 97 Prozent auch im Jahr 2020 den eindeutig größten Anteil der Verkehrsemissionen. Auf Personenkraftwagen (Pkw) sowie Lastkraftwagen (Lkw) und andere Nutzfahrzeuge entfielen davon 59 beziehungsweise 38 Prozentpunkte (Abbildung 22). Der internationale Schiffs- und Flugverkehr wird bei der Berechnung der nationalen Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors nicht berücksichtigt. Auch die Emissionen aus dem Stromverbrauch des Verkehrssektors (etwa im Bahnverkehr) werden hier nicht einbezogen, sondern nach dem Quellprinzip der Energiewirtschaft zugerechnet. Die Dominanz fossiler Kraftstoffe wird ebenfalls bei der Betrachtung des Endenergieverbrauchs deutlich. Der Anteil von Mineralölen am Verkehr ist zwar rückläufig,

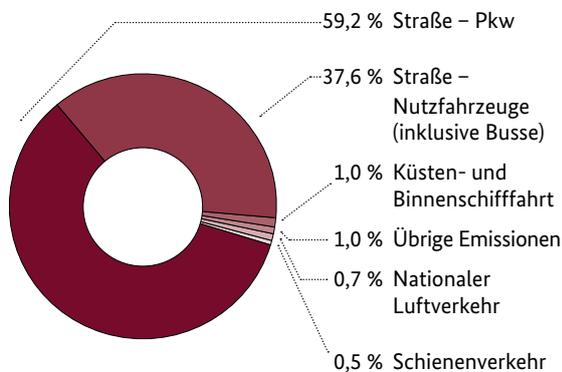
Abbildung 21: Emissionsentwicklung Verkehr



*Minderungsziel gegenüber 1990

Quellen: Bundesregierung (2021c), UBA (2022c)

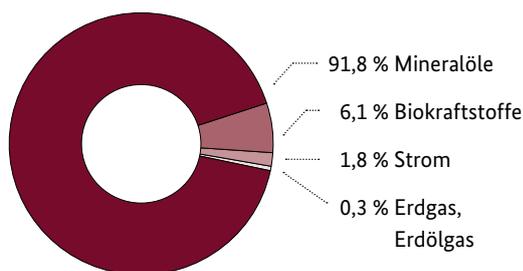
Abbildung 22: Quellen der Emissionen im Verkehr* (2020)



*Ohne CO₂ aus Biokraftstoffen

Quelle: UBA (2022c)

Abbildung 23: Endenergieverbrauch im Verkehr nach Energieträgern (2020)



Quelle: BMWK (2022a)

doch betrug er im Jahr 2020 mit 92 Prozent immer noch den weitaus größten Anteil (Abbildung 23).

Der Anteil des motorisierten Individualverkehrs an den nationalen Personenkilometern ist mit 74 Prozent weiterhin sehr hoch. Nach Jahrzehnten des kontinuierlichen Wachstums verbleibt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs am Personenverkehr trotz bisher ergriffener Maßnahmen auf einem hohen Niveau. Der Anteil der Eisenbahnen und des öffentlichen Straßenpersonensverkehrs betrug im Jahr 2019 zusammen lediglich 14 Prozent, der Anteil des Rad- und Fußverkehrs lag bei jeweils rund 3 Prozent (Abbildung 24).

Im innerdeutschen Straßengüterverkehr, hauptsächlich Lkw, Last- und Sattelzüge, hat sich die Verkehrsleistung in den letzten drei Jahrzehnten verdoppelt. Insgesamt stieg die Güterverkehrsleistung in diesem Zeitraum um 68 Prozent an und beläuft sich auf 673 Tonnenkilometer. Die Einheit Tonnenkilometer beschreibt im Güterverkehr das Produkt aus transportierter Masse in Tonnen und zurückgelegter Strecke in Kilometern. Obwohl die Güterverkehrsleistung der Bahn seit dem Jahr 2000 um 45 Prozent angestiegen ist, stagniert ihr relativer Anteil an der gesamten Güterverkehrsleistung im Betrachtungszeitraum bei unter 20 Prozent. Die Güterverkehrsleistung der Binnenschifffahrt ist rückläufig und seit dem Jahr 2000 um 32 Prozent gesunken. Ein sehr geringer Anteil an der gesamten Güterverkehrsleistung entfällt auf den innerdeutschen Luftverkehr, der im Jahr 2020 zwei Milliarden Tonnenkilometer betrug (Abbildung 25).

Die Auswirkungen der Coronapandemie spiegeln sich sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr wider. In beiden Bereichen ist ein deutlicher Rückgang der Gesamtverkehrsleistung gegenüber dem Jahr 2019 zu beobachten. Im Jahr 2021 war die Mobilität weniger stark eingeschränkt als im Jahr 2020, weshalb die Gesamtverkehrsleistung für das Jahr 2021 voraussichtlich wieder zugenommen hat. Daten dazu liegen noch nicht vor.

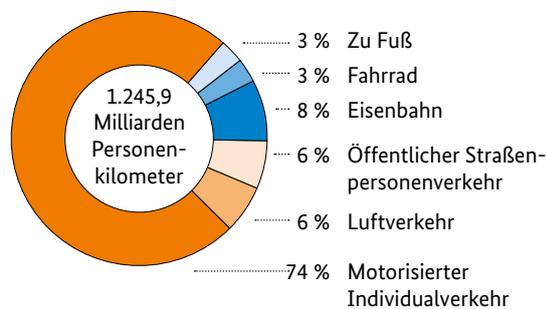
Handlungsfelder und Maßnahmen

Bis 2030 müssen weitere 43 Prozent der Emissionen im Verkehr reduziert werden, um das Sektorziel zu erreichen. Hierfür setzt die Bundesregierung unter anderem auf die CO₂-Bepreisung, die Stärkung der Bahn und des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV), den Ausbau von Radwegen und die Förderung

der Elektromobilität als zentrale Maßnahme im Pkw-Bereich, der den Hauptteil der Verkehrsemissionen ausmacht.

Die CO₂-Bepreisung im Verkehrssektor soll Anreize für die Nutzung klimafreundlicher Alternativen schaffen.

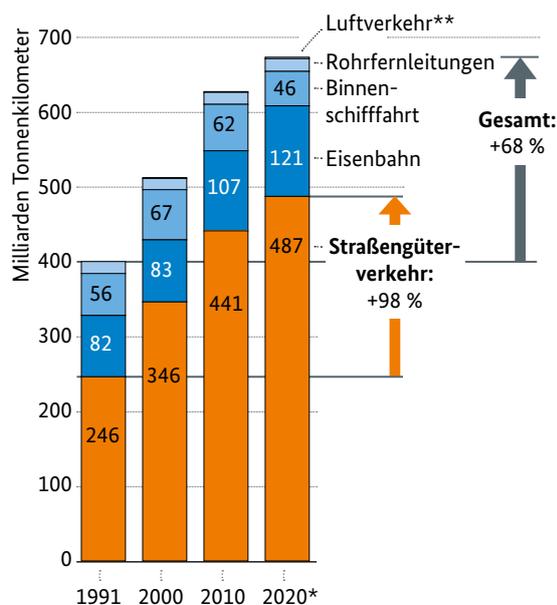
Abbildung 24: Anteile an der Verkehrsleistung im Personenverkehr nach Verkehrsmitteln (2019)



Anteile in Prozent bezogen auf Personenkilometer

Quelle: BMDV (2022)

Abbildung 25: Güterverkehrsleistung nach Verkehrsträgern



*Schätzung

**Im Jahr 2020 betrug die Güterverkehrsleistung im Luftverkehr zwei Milliarden Tonnenkilometer.

Quelle: BMDV (2022)

Die Bepreisung erfolgt über den im Jahr 2021 auf den Verkehrs- und Gebäudesektor ausgeweiteten nationalen Emissionshandel. Der Festpreis des emittierten CO₂ wird sukzessive erhöht. Im Jahr 2021 entsprach die CO₂-Bepreisung sieben Cent pro Liter Benzin und acht Cent pro Liter Diesel.⁴²

Parallel dazu werden klimafreundliche Alternativen zum motorisierten Individualverkehr aktiv ausgebaut. So hat die Bundesregierung im Koalitionsvertrag angekündigt, den Masterplan Schienenverkehr weiterzuentwickeln und zügiger umzusetzen. Der Schienengüterverkehr soll bis 2030 einen Anteil von 25 Prozent an der Güterverkehrsleistung erreichen.

Im Personenverkehr soll die Schienenverkehrsleistung bis 2030 verdoppelt werden. Zudem sollen bis dahin 75 Prozent des Schienennetzes elektrische und innovative Antriebstechnologien nutzen. Der Ausbau und die Modernisierung des Radverkehrs sowie die strukturelle Unterstützung des Fußverkehrs sind ebenfalls im Koalitionsvertrag vorgesehen.

Im Jahr 2021 betrug der Anteil der Elektrofahrzeuge an den Pkw-Neuzulassungen 26,1 Prozent. Ihr Anteil verdoppelte sich damit im Vergleich zum Vorjahr. Seit Mitte 2020 ist ein starker Anstieg zu beobachten, der mit der Förderung von Pkw-Modellen mit Elektroantrieb durch den Umweltbonus und die Innovationsprämie, aber auch grundsätzlich mit EU-weit geltenden schärferen CO₂-Flottengrenzwerten für neue Fahrzeuge zu erklären ist. Mit der Einführung der Innovationsprämie im Juli 2020 verdoppelte die Bundesregierung ihre bisherige Förderung für alternative Antriebe. Pandemie- und Lieferkrisenbedingt ist zudem die Gesamtanzahl der Pkw-Neuzulassungen in den letzten zwei Jahren deutlich zurückgegangen (Abbildung 26). Die Gesamtanzahl an Neuzulassungen für Fahrzeuge mit Benzin- und Dieselantrieben nahm gegenüber 2019 dabei sogar noch deutlicher ab.

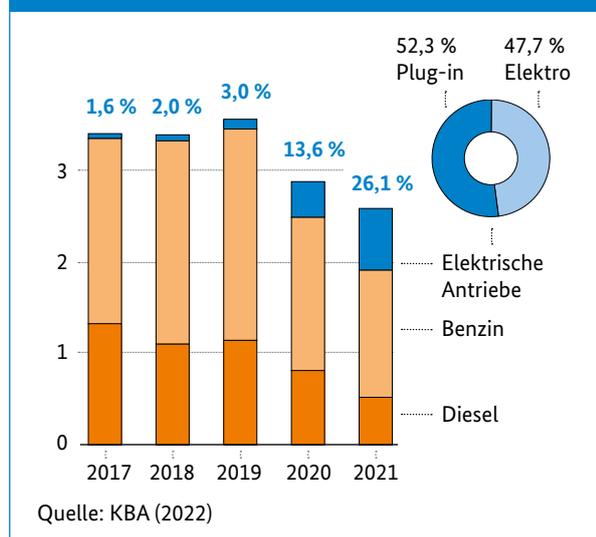
Der Koalitionsvertrag strebt ein Ziel von mindestens 15 Millionen vollelektrischen Pkw im Jahr 2030 an. Damit könnte der elektrische Fahrleistungsanteil im Pkw-Verkehr auf über 40 Prozent gesteigert werden, womit die Klimaschutzlücke für 2030 laut Projektionsbericht etwa zur Hälfte geschlossen würde. Gemäß den von Deutschland unterstützten Vorschlägen der EU-Kommission sollen ab 2035 nur noch Pkw und leichte Nutzfahrzeuge neu zugelassen werden dürfen,

die im Betrieb keine CO₂-Emissionen ausstoßen. Um den Marktzulauf für Elektrofahrzeuge weiter zu unterstützen, soll zudem der Masterplan Ladeinfrastruktur überarbeitet werden. Bis 2030 sollen bundesweit eine Million öffentlich zugängliche Ladepunkte installiert werden. Zu Beginn des Jahres 2022 belief sich die Zahl der Ladepunkte auf insgesamt 55.843. Im Januar 2020 wurden 29.890 Stationen gemeldet. Die Anzahl der Ladepunkte hat sich damit innerhalb der letzten beiden Jahre fast verdoppelt.⁴³

Power-to-Liquid-Quoten im Luft- und Schiffsverkehr sollen den Markthochlauf anreizen. Ab 2026 gilt für den Luftverkehr eine Mindestquote für Power-to-Liquid-Kraftstoffe von 0,5 Prozent. Sie steigt schrittweise bis auf 2 Prozent im Jahr 2030 an. Mindestquoten im Schiffsverkehr wurden noch nicht gesetzlich verankert, werden aber im Koalitionsvertrag erwähnt. Die Eigenschaften von Power-to-Liquid-Kraftstoffen ähneln denen konventioneller Kraftstoffe. Das hat den Vorteil, dass sie sich beimischen lassen, ebenso schnell getankt werden können, große Reichweiten ermöglichen und auf bestehende Infrastrukturen zurückgreifen können.

Power-to-Liquid-Kraftstoffe sind im Vergleich zu elektrischen Antrieben allerdings energetisch deutlich ineffizienter (Abbildung 27). Ökonomisch ist dies aber nicht zwingend der Fall. Letztlich hängt dies von der Nachfragestruktur der anwendenden Personen sowie von den Produktionsregionen für Strom beziehungs-

Abbildung 26: Pkw-Neuzulassungen von 2017 bis 2021 in Millionen



-9 %

Die Emissionen des Verkehrssektors lagen im Jahr 2021 neun Prozent unter dem Niveau von 1990.

weise synthetische Kraftstoffe ab. Bei der Mehrzahl der Anwendungen wird allerdings die batterieelektrische Mobilität ihre energetischen Vorteile ausspielen können.

Durch technologische Umstellungen soll auch der Straßengüterverkehr klimaverträglicher gestaltet werden. Auch hierbei stellen elektrische Antriebe die wesentliche Option dar. Bis 2030 soll deren Anteil etwa ein Drittel der Fahrleistung betragen. Die Bundesregierung unterstützt zudem Pilotversuche zur Prüfung der Praxistauglichkeit von elektrischen Oberleitungs-Lkw und zahlreiche Projekte zum Einsatz von rein batterieelektrischen und brennstoffzellenbetriebenen Lkw, auch im Vergleich untereinander. Ab 2023 ist laut Koalitionsvertrag eine CO₂-Differenzierung der Lkw-Maut geplant.

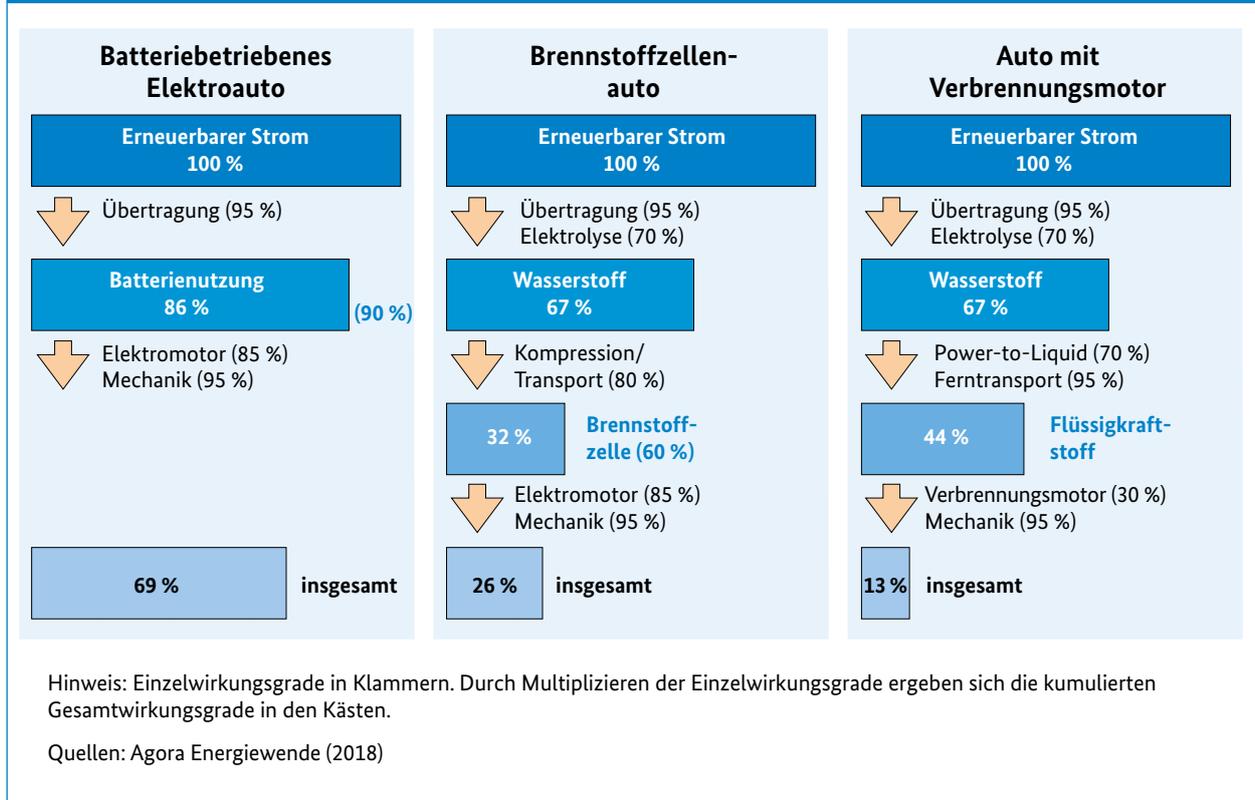
Die Bundesregierung spricht sich zudem für eine Weiterentwicklung der Flottengrenzwerte und die Verabschiedung einer ambitionierten und umsetzbaren Schadstoffnorm EURO 7 aus. Auch auf europäischer Ebene greift ein regulatorischer Rahmen zur sukzessiven Dekarbonisierung des Verkehrssektors. So gelten beispielsweise Flottengrenzwerte für automobilherstellende Unternehmen hinsichtlich der durchschnittlichen CO₂-Emissionen ihrer Neuzulassungen. Seit 2021 müssen die CO₂-Emissionen neuer Pkw auf 95 Gramm CO₂ pro Kilometer reduziert werden. Zwischen 2025 und 2029 ist eine Senkung um weitere 15 Prozent und ab 2030 um 37,5 Prozent gegenüber 2021 auf Basis der geltenden Regulierung vorgeschrieben. Diese wird aktuell jedoch nachgeschärft. Im Schnitt lag der Wert im Jahr 2018 in Deutschland bei 130, in der EU bei 120 Gramm CO₂ pro Kilometer.⁴⁴ Die Flottengrenzwerte können über Effizienzsteigerung und über einen wachsenden Anteil von Elektrofahrzeugen an der Flotte erreicht werden. Werden die Zielwerte nicht eingehalten, kommen Strafzahlungen zum Tragen.

Das BMDV hat fristgerecht gemäß Klimaschutzgesetz am 13. Juli 2022 ein Sofortprogramm mit Maßnahmen-

vorschlägen zum Ausgleich der 2021 überschrittenen zulässigen Jahresemissionsmenge im Verkehrsbereich vorgelegt. Im nächsten Schritt wird die Bundesregierung darüber beraten. Bevor die Maßnahmen beschlossen werden, prüft der Expertenrat für Klimafragen die

den Maßnahmen zugrunde gelegten Annahmen zur Treibhausgasreduktion. Die in dem sektorspezifischen Sofortprogramm enthaltenen Maßnahmen sollen später in das umfassende und sektorübergreifende Klimaschutz-Sofortprogramm integriert werden.

Abbildung 27: Einzel- und Gesamtwirkungsgrade von Pkw mit unterschiedlichen Antrieben



3.5 Gebäude

Emissionsentwicklung

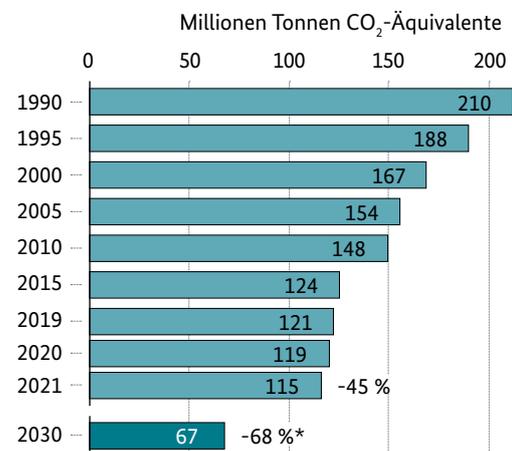
Der Gebäudebereich hatte im Jahr 2021 einen Anteil von 15 Prozent an den Gesamtemissionen. Der Sektor umfasst den Treibhausgasausstoß sowohl von privaten Haushalten als auch von Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Die Emissionen des Sektors sanken von 2020 auf 2021 um etwa drei Prozent auf 115 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Dies lässt sich allerdings im Wesentlichen auf Sondereffekte durch verringerte Heizölkäufe zurückführen, da die Vorräte in Erwartung steigender Preise in den Vorjahren aufgestockt wurden. Gegenüber dem Basisjahr 1990 wurden die Emissionen des Gebäudesektors insgesamt um 45 Prozent gesenkt (Abbildung 28).

Der Gebäudesektor hat die vorgesehenen Emissionsmengen sowohl 2020 als auch 2021 überschritten. Mit den bisherigen Einsparungen konnten damit die im Klimaschutzgesetz vorgesehenen Ziele für den Gebäudesektor bislang nicht erreicht werden. Der Zielwert für 2021 von 113 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente wurde um 2 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente verfehlt.

Ein Großteil der Emissionen im Gebäudebereich entsteht durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern, insbesondere Erdgas. Dabei haben die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser die größten Anteile am Energieverbrauch (Abbildungen 29 und 30). Nach dem Quellprinzip werden Emissionen, die bei der Versorgung des Gebäudesektors mit Strom und Wärme durch Unternehmen der öffentlichen Versorgung entstehen (also insbesondere Fernwärme), der Energiewirtschaft zugeordnet und als indirekte Emissionen bezeichnet.

Das Wetter beeinflusst den Energieverbrauch und damit die Emissionen. Bei niedrigeren Temperaturen wird mehr geheizt – und umgekehrt. Dies macht sich besonders bemerkbar, da die Bereitstellung von Raumwärme zu etwa zwei Dritteln für die Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor verantwortlich ist. Aufgrund unterschiedlicher Witterungsbedingungen können die Emissionen des Gebäudebereichs von Jahr zu Jahr daher stärker als in anderen Sektoren schwanken (siehe hierzu Kapitel 3.1, Abbildung 11). Studien gehen davon aus, dass die Zunahme von wärmeren Wintern sogar eine Hauptursache für die insgesamt rückläufigen Emissionen im Wohngebäudebereich ist.⁴⁵

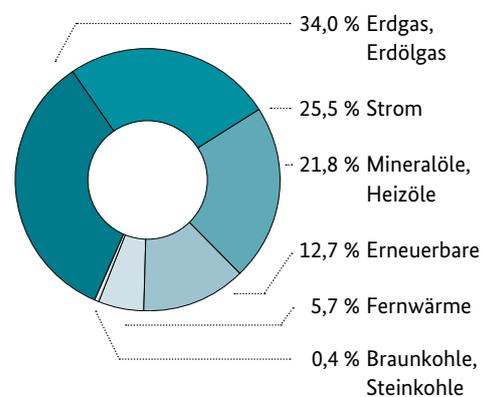
Abbildung 28: Emissionsentwicklung Gebäude



*Minderungsziel gegenüber 1990

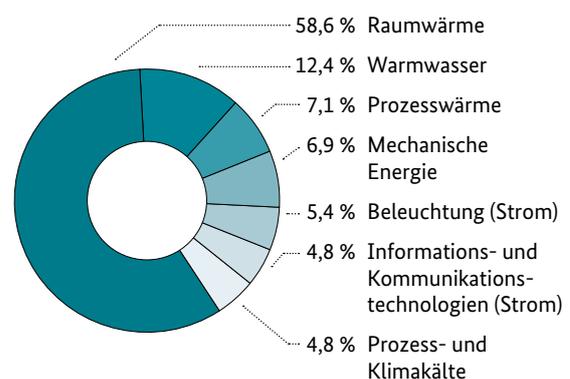
Quellen: Bundesregierung (2021c), UBA (2022c)

Abbildung 29: Endenergieverbrauch Gebäude nach Energieträgern (2020)



Quelle: BMWK (2022a)

Abbildung 30: Endenergieverbrauch Gebäude nach Anwendungsbereichen (2020)



Quelle: BMWK (2022a)

Handlungsfelder und Maßnahmen

Die Emissionen des Gebäudesektors müssen deutlich stärker gesenkt werden, um die Klimaziele zu erreichen. Um den Ausstoß bis 2030, wie im Klimaschutzgesetz vorgesehen, auf maximal 67 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente zu begrenzen, bedarf es einer deutlichen Steigerung der Minderungsrate auf etwa 44 Prozent. Insgesamt wird die kumulierte Lücke zum Klimaziel 2030 von 2022 bis 2030 auf 152 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente geschätzt.⁴⁶ Um diese zu schließen, müssen die Energieeffizienz der Gebäude und der Ausbau der erneuerbaren Energien deutlich gesteigert werden. Zu den wichtigen Ansatzpunkten dafür gehört der Umstieg auf nachhaltige Wärmesysteme wie zum Beispiel Wärmepumpen, deren Anteil im Wohnungsneubau zunimmt (Abbildung 31).

Zudem sind energetische Sanierungen ein zentrales Instrument für Klimaschutz und bezahlbares Wohnen. Eingesparte Heizkosten können eine entsprechende Modernisierungsumlage auf die Miete übertreffen, wenn ambitioniert saniert wird und Fördermittel eingesetzt werden.⁴⁷ Grundsätzlich soll sich die Aufteilung zusätzlicher Kosten aufgrund der CO₂-Bepreisung zwischen mietenden und vermietenden Personen künftig nach dem CO₂-Ausstoß des Gebäudes richten.

Mit ihrer Renovierungswelle strebt die EU eine Verdopplung der jährlichen Sanierungsrate an. Dazu hat die Europäische Kommission als Teil des „Fit für 55“-Pakets eine Novelle der Gebäudeeffizienz-Richt-

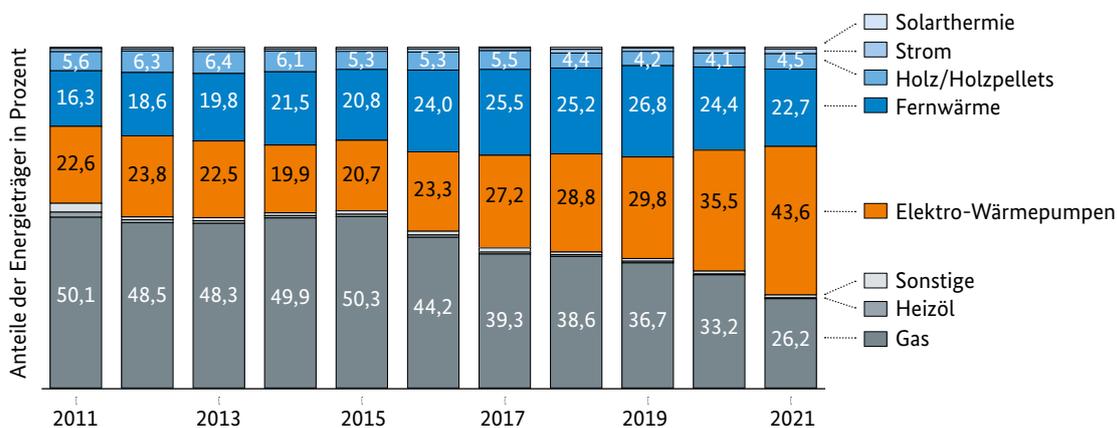
-45 %

Die Emissionen des Gebäudesektors lagen im Jahr 2021 45 Prozent unter dem Niveau von 1990.

linie auf den Weg gebracht, um die Anforderungen für Neubauten zu erhöhen und Mindeststandards für den Bestand einzuführen. Mit diesen wäre innerhalb bestimmter Zeitspannen die Pflicht zur Sanierung jener Gebäude verbunden, die derzeit die niedrigsten Effizienzklassen aufweisen.

Die Bundesregierung treibt zur Erreichung der Klimaziele die Überarbeitung der gesetzlichen Anforderungen und Fördermaßnahmen voran. Mit der Änderung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) soll unter anderem umgesetzt werden, dass ab Anfang 2024 jede neu eingebaute Heizung auf der Basis von mindestens 65 Prozent erneuerbaren Energien betrieben wird. Insgesamt sollen 50 Prozent der Wärme bis 2030 mit erneuerbaren Energien erzeugt werden. Außerdem werden die Effizienzanforderungen an Neubauten angehoben, zunächst mit der Einführung des Effizienzhaus-55-Standards. Eine weitere Verschärfung ist ab 2025 mit dem Effizienzhaus-40-Standard geplant. Die überarbeitete Bundesförderung für effiziente Gebäude flankiert die verschärften Vorgaben des GEG. Der Förderschwerpunkt soll noch stärker an der erzielten

Abbildung 31: Anteil der Wärmepumpen am Neubau 2011 bis 2021



Quelle: BDEW (2022)

Emissionseinsparung ausgerichtet werden. Insbesondere bei der Neubauförderung soll der gesamte Lebenszyklus stärker in Betracht gezogen werden. Zudem hat die Bundesregierung als Reaktion auf das Verfehlen des Sektorziels mit dem Sofortprogramm 2022 zusätzlich über fünf Milliarden Euro für energetische Sanierungen und den Einbau energieeffizienter Heizungen bereitgestellt.⁴⁸

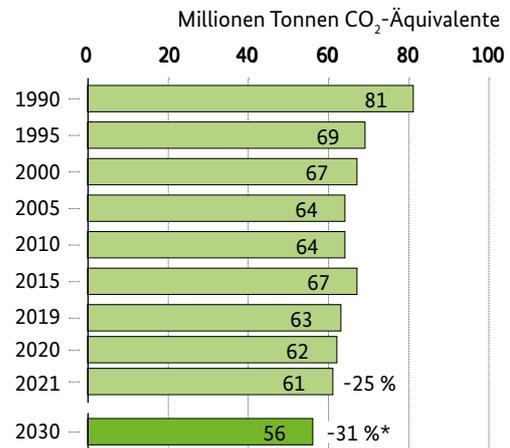
Das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen und das BMWK haben am 13. Juli 2022 gemeinsam ein Sofortprogramm für den Gebäudesektor vorgelegt. Dieses enthält Maßnahmenvorschläge, um den Gebäudesektor klimapolitisch auf Kurs zu bringen, sodass die zulässigen Jahresemissionsmengen künftig eingehalten werden können. Wie im Falle des Sofortprogramms für den Verkehrssektor (siehe Kapitel 3.4), wird auch das Gebäude-Sofortprogramm durch den Expertenrat für Klimafragen geprüft, bevor die Bundesregierung es schnellstmöglich beschließt. Auch die Maßnahmen des Gebäude-Sofortprogramms sollen in das umfassende und sektorübergreifende Klimaschutz-Sofortprogramm integriert werden.

3.6 Landwirtschaft

Emissionsentwicklung

Der Landwirtschaftssektor hatte 2021 mit 61 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente einen Anteil von 8 Prozent an den Gesamtemissionen. Im Vergleich zum Vorjahr gingen die landwirtschaftlichen Emissionen um 2 Prozent zurück. Bezogen auf das Basisjahr 1990 konnten die Emissionen des Sektors um 25 Prozent reduziert werden. Zwischen 2010 und 2021 waren die Treibhausgasemissionen mit einer Minderung um rund 4 Prozent leicht rückläufig (Abbildung 32). Im Jahr 2021 blieben sie damit deutlich unter der im Klimaschutzgesetz festgelegten Jahresemissionsmenge von 68 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Diese deutliche Unterschreitung ist jedoch vor allem auf methodische Verbesserungen bei der Berechnung der Emissionen zurückzuführen, die noch nicht in den Zielvorgaben berücksichtigt werden konnten. Laut Projektionsbericht werden die Emissionen der Landwirtschaft den Zielwert von 56 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 2030 ohne weitere Maßnahmen um 7 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente überschreiten.⁴⁹

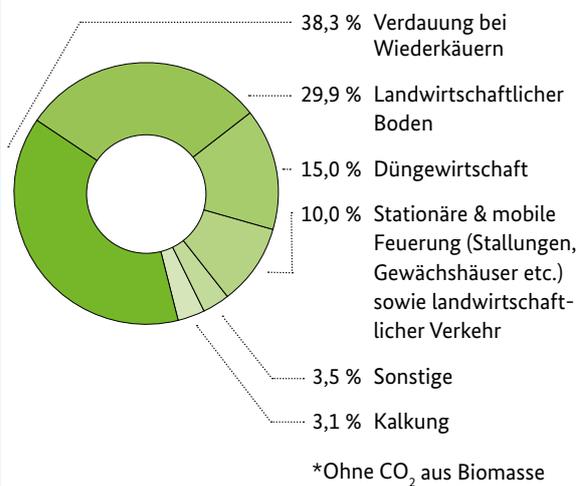
Abbildung 32: Emissionsentwicklung in der Landwirtschaft



*Minderungsziel gegenüber 1990

Quellen: Bundesregierung (2021c), UBA (2022c)

Abbildung 33: Quellen der Emissionen in der Landwirtschaft* (2020)



Quelle: UBA (2022c)

Der bislang deutlichste Rückgang der Emissionen ist im Wesentlichen auf die Abnahme der Tierbestände in den neuen Bundesländern unmittelbar nach der Wiedervereinigung zurückzuführen. Auch Flächenstilllegungen und Verbesserungen des Düngemittelmanagements leisteten ihren Beitrag. Die Tierbestände sind weiter rückläufig. Im Vergleich zu 2020 sanken die Rinder- und Schweinebestände zuletzt um 2,3 bezie-

-25 %

Die Emissionen des Landwirtschaftssektors sanken von 1990 bis 2021 um 25 Prozent.

hungsweise 9,2 Prozent, wodurch weniger Gülle und damit auch weniger Emissionen verursacht wurden. Auf die Verdauung von Wiederkäuern waren trotz abnehmender Tierbestände die meisten Emissionen im Jahr 2020 zurückzuführen (Abbildung 33).

Der Großteil der Emissionen in der Landwirtschaft tritt in Form von Methan und Lachgas auf (Abbildung 34). Methan ist rund 25-, Lachgas etwa 300-mal klimaschädlicher als CO₂. Methan wird hauptsächlich bei Verdauungsvorgängen von Wiederkäuern, vor allem von Rindern und Milchkühen, aber auch bei der Lagerung und Ausbringung von tierischem Wirtschaftsdünger wie etwa Gülle und Festmist freigesetzt.

Die Bewirtschaftung organischer Böden sowie der Einsatz von mineralischen Düngemitteln und organischem Wirtschaftsdünger setzen Lachgas frei. Die Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung von Böden betragen im Jahr 2020 knapp 30 Prozent, die aus der Düngewirtschaft 15 Prozent.

Im Gegensatz zu anderen Sektoren hat CO₂ nur einen geringen Anteil an den Emissionen der Landwirtschaft (Abbildung 34). Der Sektor verursacht rund 65 Prozent der gesamten Methan- und 77 Prozent der Lachgasemissionen in Deutschland.

Knapp über 60 Prozent der Emissionen der Landwirtschaft sind auf die direkte Tierhaltung zurückzuführen.⁵⁰ Ihr Anteil an den deutschen Gesamtemissionen belief sich im Jahr 2020 auf 5,1 Prozent. Die meisten Methan- und Lachgasemissionen aus der Tierhaltung sind auf Milchkühe und übrige Rinder zurückzuführen (2019: 84 Prozent, Abbildung 34). Schweine machen einen Anteil von 10 Prozent aus, während die übrigen Nutztiere wie Geflügel, Schafe, Ziegen und Pferde lediglich 3 Prozent dieser Emissionen verursachen. Die Anteile nach Tierarten halten sich über die Jahre auf einem weitgehend konstanten Niveau.

Handlungsfelder und Maßnahmen

Im Jahr 2030 sollen die jährlichen Treibhausgasemissionen gemäß Klimaschutzgesetz bei maximal 56 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente liegen. Das entspricht einem Reduktionsziel von 31 Prozent gegenüber 1990 und erfordert eine Minderung um 8 Prozent gegenüber 2021. Um dies zu erreichen, ist eine nachhaltige Transformation der Landwirtschaft und der Ernährung notwendig, die der Umwelt, den Tieren und dem Klima gerecht wird. So soll die deutsche Landwirtschaft laut Koalitionsvertrag an den Prinzipien Umwelt- und Ressourcenschutz ausgerichtet werden. Damit erhält die Reduzierung der Tierbestände unter Berücksichtigung des Tierwohls eine zentrale Bedeutung.

Der Anteil des Ökolandbaus an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche soll bis zum Jahr 2030 auf 30 statt bislang auf 20 Prozent gesteigert werden. Dies bedeutet fast eine Verdreifachung von derzeit 10,3 Prozent.⁵¹ Der ökologische Landbau ist auf die Fläche bezogen emissionsärmer, da hier keine Mineraldünger verwendet werden, deren Erzeugung Treibhausgase verursachen. Auch die nährstoffreichen Humusgehalte sind in ökologisch bewirtschafteten Böden häufig höher. Der Ausbau des Ökolandbaus könnte von einer Reduzierung des Konsums tierischer Produkte profitieren. Durch weniger Tierhaltung stünden mehr Flächen für die direkte Lebensmittelproduktion zur Verfügung. Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) wird zudem eine Strategie vorlegen, um auch in den Supermarktregalen den Anteil der Produkte aus dem Ökolandbau auf 30 Prozent anzuheben.⁵²

Die Bundesregierung plant, bis 2023 eine Ernährungsstrategie zu beschließen. Wie im Koalitionsvertrag festgehalten, soll der Anteil regionaler und ökologischer Erzeugnisse entsprechend den Ausbauzielen erhöht werden. Zudem zielt die Strategie darauf ab, Lebensmittelverschwendung verbindlich und branchenspezifisch zu reduzieren. Die Stärkung von pflanzlichen Alternativen soll den Konsum tierischer Produkte verringern. Auf EU-Ebene will sich die Bundesregierung daher dafür einsetzen, dass alternative Proteinquellen und neuartige Fleischersatzprodukte zugelassen werden.

Die Landwirtschaft ist von den Folgen des Klimawandels besonders betroffen. Extreme Trockenheit, Wetterkapriolen sowie die Verschiebung der Jahreszeiten sind Beispiele für Auswirkungen, die besonders Landwirtinnen und Landwirten zu schaffen machen. So machten sich in den Jahren 2018 und 2019 die Folgen extremer Dürre bemerkbar. Neben Ernteeinbußen entstanden auch Engpässe in der Futtermittellieferung. Anpassung an die Folgen des Klimawandels spielt daher für die Landwirtschaft eine zentrale Rolle. Auch aus diesem Grund plant die Bundesregierung, die Rahmenbedingungen für die Züchtung von klimarobusten Pflanzensorten zu verbessern.

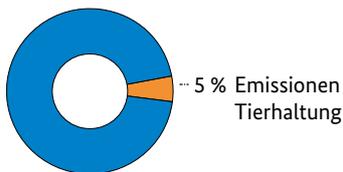
Die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU hat erheblichen Einfluss auf den Klimaschutz in der Landwirtschaft. Der GAP-Strategieplan, den das BMEL der Europäischen Kommission im Februar 2022 zur

„Die Wälder sind unsere natürliche Klimaanlage. Doch die Schäden durch Stürme, Dürre und Borkenkäfer haben sich regelrecht in die Landschaft eingebrannt. An diesen Waldschäden wird uns vor Augen geführt, was die Klimakrise für uns bedeutet.“ Cem Özdemir, Bundesminister für Ernährung und Landwirtschaft, virtuelle Sonderagrarministerkonferenz, Mai 2022

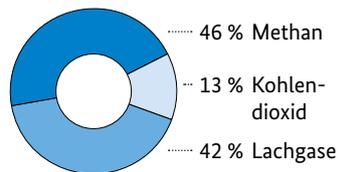
Genehmigung vorgelegt hat, setzt Förderschwerpunkte unter anderem im Interesse des Umwelt- und Klimaschutzes. Er unterstützt eine resiliente landwirtschaftliche Produktion zur Stärkung der Ernährungssicherheit, honoriert Umwelt- und Klimaschutzleistungen und trägt so zur Zukunftsfähigkeit der ländlichen Räume bei.

Abbildung 34: Fokus auf die Emissionen aus der Tierhaltung

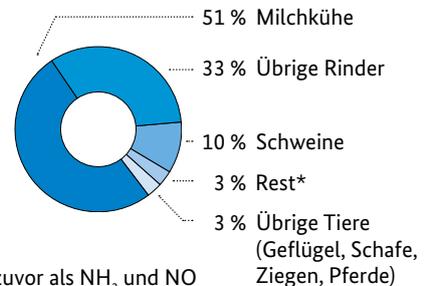
Anteil der Emissionen aus der Tierhaltung an den Gesamtemissionen 2020



Anteile der Treibhausgase an den Gesamtemissionen der Landwirtschaft 2020



Anteile an Methan- und Lachgasemissionen aus der Tierhaltung nach Tierarten 2019



*N₂O-Emissionen, die im Boden aus der Deposition von Stickstoff entstehen, der zuvor als NH₃ und NO aus allen Ställen und Wirtschaftsdüngerlagern emittiert wurde.

Quellen: Thünen-Institut (2021), UBA (2022d)

3.7 Abfall- und Kreislaufwirtschaft

Emissionsentwicklung

Die Abfall- und Kreislaufwirtschaft hat mit einem Prozent den kleinsten Anteil an den Treibhausgasemissionen in Deutschland. Im Jahr 2021 betragen die Emissionen des Sektors acht Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (Abbildung 35). Das entspricht einem Rückgang von vier Prozent gegenüber dem Vorjahr. Die Abfall- und Kreislaufwirtschaft bleibt damit nach 2020 auch im Jahr 2021 unter der im Klimaschutzgesetz festgelegten Jahresemissionsmenge von neun Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente.

Die größte klimarelevante Emissionsquelle der Abfallwirtschaft sind Methanemissionen aus Deponien. Sie sind für 77 Prozent der Treibhausgasemissionen des Sektors verantwortlich. Die restlichen Emissionen entfallen mit 12 und 11 Prozent auf die biologische Behandlung von festen Abfällen sowie auf die Abwasserbehandlung (Abbildung 36).

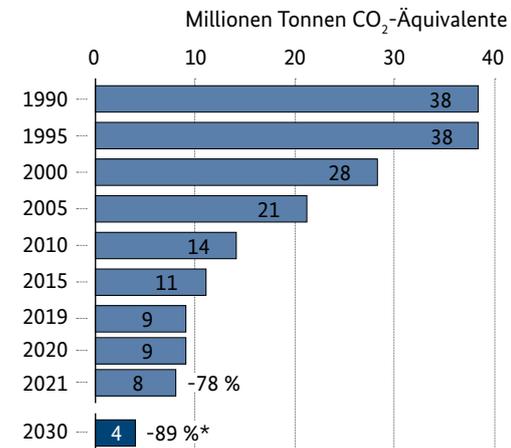
Mit 78 Prozent kann die Abfall- und Kreislaufwirtschaft die mit Abstand höchste Emissionsreduktion unter den Sektoren seit dem Jahr 1990 vorweisen. Die Abfallwirtschaft emittierte 1990 noch 38 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente und verursachte damit 3 Prozent der Gesamtemissionen in Deutschland. Bis 1992 stiegen die Emissionen des Sektors auf rund 40 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Seitdem sinken sie kontinuierlich um durchschnittlich 5 Prozent pro Jahr. Der Ausstieg aus der Deponierung unbehandelter Siedlungsabfälle sowie die verstärkte stoffliche und energetische Nutzung der Abfälle leisten dabei den größten Beitrag zum Klimaschutz in der Abfallwirtschaft.

In Deutschland fällt heute nur noch halb so viel Restmüll an wie noch vor 35 Jahren. Entsorgungspfade der Siedlungsabfälle (Abbildung 37) haben sich seit 1990 entscheidend verändert. Heute werden mehr Wertstoffe getrennt erfasst und verwertet. Weit mehr

-78 %

Die Emissionen der Abfall- und Kreislaufwirtschaft sind zwischen 1990 und 2021 um 78 Prozent zurückgegangen.

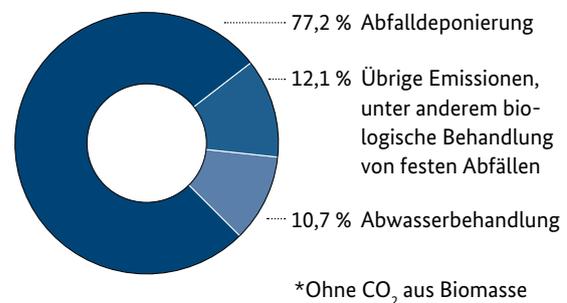
Abbildung 35: Emissionsentwicklung in der Abfall- und Kreislaufwirtschaft



*Minderungsziel gegenüber 1990

Quellen: Bundesregierung (2021c), UBA (2022c)

Abbildung 36: Quellen der Emissionen in der Abfall- und Kreislaufwirtschaft* (2020)



Quelle: UBA (2022c)

als die Hälfte des Hausmülls – vor allem Altpapier, Altglas, Verpackungen und Bioabfall – wird inzwischen stofflich verwertet.⁵³ Dadurch werden natürliche Rohstoffe geschont und das Klima geschützt, denn beim Recycling werden weniger Energie und Ressourcen benötigt als bei der Neugewinnung von Rohstoffen. Die effiziente energetische Nutzung der verbleibenden Restabfallmengen in Kraftwerken trägt ebenfalls zum Klimaschutz bei, weil dadurch fossile Brennstoffe zur Energieerzeugung ersetzt werden. Diese Einsparungen werden jedoch aufgrund des Quellprinzips den Industrie- und Energiesektoren gutgeschrieben und nicht der Abfallwirtschaft.

Die Reduktion von Methanemissionen aus Deponien leistet den größten Beitrag zum Klimaschutz im Abfallsektor. Insbesondere das Verbot der Deponierung von unbehandelten organischen Siedlungsabfällen im Jahr 2005 spielte eine zentrale Rolle. Einen weiteren Beitrag liefern Deponiebetriebe, die einen Teil des Deponiegases, dessen Hauptbestandteil Methan ist, auffangen und energetisch nutzen.

Handlungsfelder und Maßnahmen

Die Treibhausgasemissionen der Abfall- und Kreislaufwirtschaft sollen laut Klimaschutzgesetz von heute 8,4 auf 4 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 2030 sinken. Das entspricht einer Reduktion um 52 Prozent.

Durch eine Ausweitung der Maßnahmen zur Deponiebelüftung, optimierten Gaserfassung und Reduktion von Lebensmittelabfällen können die Emissionen des Sektors bis zum Jahr 2030 nochmal deutlich gesenkt werden. Laut Projektionsbericht verbleibt auf Basis der aktuellen Maßnahmen jedoch eine Lücke von etwa einer Million Tonnen CO₂-Äquivalente, um das Sektorziel im Jahr 2030 zu erreichen.⁵⁴ Es sind also weitere

Maßnahmen erforderlich, die von der Bundesregierung derzeit vorbereitet werden.

In einer Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie sollen bestehende rohstoffpolitische Strategien gebündelt werden. Die Bundesregierung wird hierzu den bestehenden rechtlichen Rahmen anpassen, klare Ziele definieren und abfallrechtliche Vorgaben überprüfen. Produkte sollen künftig langlebig, wiederverwendbar, recycelbar und möglichst reparierbar sein. Auf Grundlage der erarbeiteten Kreislaufwirtschaftsstrategie wird sich die Bundesregierung auch auf EU-Ebene für einheitliche Standards einsetzen. Denn sinnvolle ambitionierte Anforderungen an Produkte müssen im Dialog mit den herstellenden Betrieben erarbeitet und europaweit einheitlich festgelegt werden.

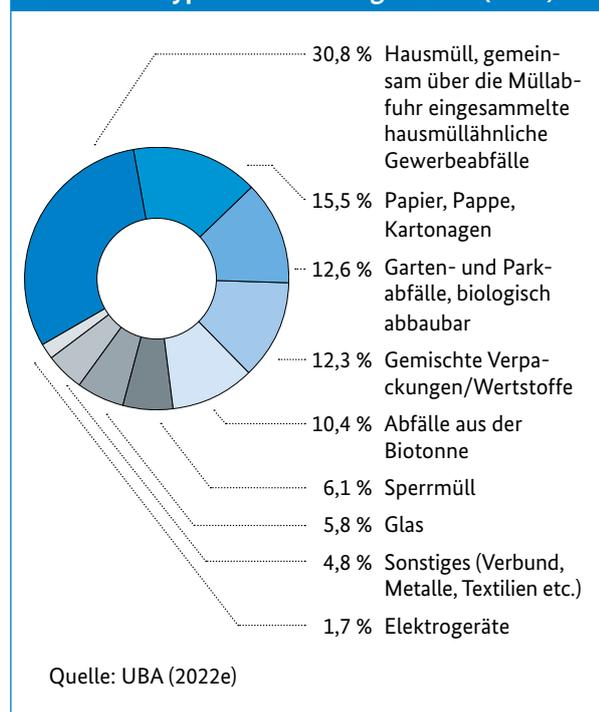
3.8 Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)

Emissionsentwicklung

Der LULUCF-Sektor wirkt insgesamt als Senke für Treibhausgase in Deutschland. Während bestimmte Landnutzungsformen derzeit mehr Treibhausgase ausstoßen als einbinden und als Netto-Quellen wirken, sorgen andere für mehr Einbindung als Ausstoß von Treibhausgasen und wirken dadurch als Netto-Senken. Die Differenz aus freigesetzten und eingebundenen Treibhausgasen ergibt die Emissionsbilanz des Sektors. Im Jahr 2020 lag die Emissionsbilanz des LULUCF-Sektors bei minus 11,3 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (Abbildung 38) (2021: minus 11,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente).

Für das Treibhausgasinventar 2022 haben das Umweltbundesamt und das Thünen-Institut Rückrechnungen angestellt. Diese basieren auf verschiedenen methodischen Verbesserungen und Anpassungen und ziehen teilweise erhebliche Veränderungen in den betroffenen Quellgruppen nach sich. So enthalten die hier dargestellten Werte des LULUCF-Sektors beispielsweise eine Überarbeitung der Emissionsfaktoren für die Waldbiomasse. Dies erklärt unter anderem die Differenzen zwischen den in diesem und letztem Jahr berichteten Emissionsbilanzen (minus 17 Millionen Tonnen 2020 gegenüber minus 11 Millionen Tonnen 2021).

Abbildung 37: Zusammensetzung der haushaltstypischen Siedlungsabfälle (2019)



Die Waldschäden der vergangenen Jahre werden in den Daten bereits teilweise über Holzeinschlagsstatistiken berücksichtigt. Eine abschließende Verifizierung wird erst mit der nächsten Bundeswaldinventur, die voraussichtlich 2025/2026 veröffentlicht wird, möglich sein.

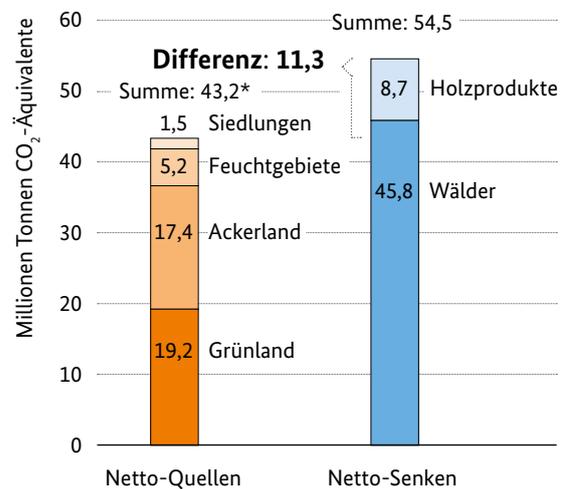
Die meisten Landnutzungsformen setzen derzeit mehr Emissionen frei, als durch sie eingebunden werden. Kohlendioxidemissionen entstehen zum Beispiel durch die landwirtschaftliche Nutzung von Böden, im Wesentlichen an entwässerten Moorstandorten, sowie bei Abholzung. Die größten Senken sind Wälder (Abbildung 38). Im Jahr 2019 speicherte das Waldökosystem deutschlandweit insgesamt 3,1 Milliarden Tonnen Kohlenstoff.⁵⁵ Aufgrund einer einseitig auf Holznutzung ausgerichteten Waldbewirtschaftung und mangelnder Klimaanpassung haben deutsche Wälder bereits Teile ihrer Senkenleistung eingebüßt.

Verstärkend wirken sich dabei möglicherweise die sturm- und durrebedingten Störungen in deutschen Wäldern seit 2018 aus. Kräftige Stürme im Herbst 2017 und Frühjahr 2018 sowie die trockenen und warmen Jahre 2018 bis 2020 waren mit ursächlich für eine Massenvermehrung von Schadinsekten wie dem Borkenkäfer und haben zu massiven Waldschäden geführt. Dies zeigt sich auch am vergleichsweise hohen Holzeinschlag in den Jahren 2020 und 2021. Im Vergleich zum Jahr 2006 stieg dieser 2021 um 33 Prozent an. Dem zugrunde liegt eine Zwangsnutzung, das heißt eine ungeplante Nutzung aufgrund von Schäden durch vermehrten Insektenbefall sowie Wind- und Sturmschäden. Der Schadholzanteil lag im Jahr 2021 bei rund 61 Prozent oder 50,5 Millionen Kubikmetern. Dabei ist besonders auffällig, dass der durch Insekten bedingte Schadholzanteil in den vergangenen drei Jahren stark zugenommen hat (Abbildung 40). Laut Waldzustandserhebung des BMEL liegt der Anteil aller Bäume in Deutschland, die Schadsymptome aufweisen, bei 80 Prozent.⁵⁶ Satellitengestützte Erdbeobachtungsdaten des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) zeigen, dass der Baumverlust in Deutschland zwischen Januar 2018 und April 2021 bei rund 501.000 Hektar Fläche liegt, was fast 5 Prozent der gesamten Waldfläche

**-11,3
Mio. t**

Im Jahr 2020 lag die Emissionsbilanz des LULUCF-Sektors bei minus 11,3 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente.

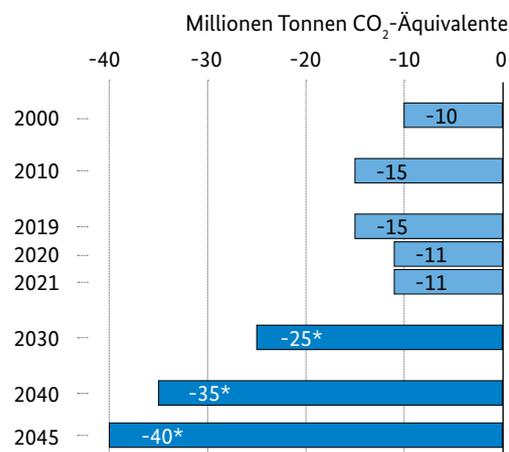
Abbildung 38 : Emissionsquellen und -senken LULUCF (2020)



*Geringfügige Abweichung in der Summe aufgrund von Rundungen

Quelle: UBA (2022c)

Abbildung 39: Emissionsentwicklung LULUCF



*Ziele nach Klimaschutzgesetz für den Mittelwert des jeweiligen Zieljahres und der drei vorhergehenden Kalenderjahre

Die dargestellten Werte sind die Differenz aus Emissionsquellen und -senken im LULUCF-Sektor.

Quellen: Bundesregierung (2021c), UBA (2022c)

entspricht.⁵⁷ Dies verdeutlicht die besondere Bedeutung, die dem ökologischen Waldumbau und dem Schutz des Waldes vor den zunehmenden Folgen des Klimawandels zukommt.

Handlungsfelder und Maßnahmen

Mit der Novelle des Klimaschutzgesetzes wurden erstmals verbindliche Ziele für den LULUCF-Sektor festgelegt. Nur mit dem Beitrag des Sektors ist das Ziel der Treibhausgasneutralität ab 2045 erreichbar. Entsprechend soll die Senkenfunktion bis 2030 auf mindestens 25 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente gesteigert werden. Im Jahr 2040 soll diese bei mindestens 35, im Jahr 2045 dann bei 40 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente liegen (Abbildung 39). So bilden neben dem Artenschutz die Bewahrung der Moore und der Wälder im Sinne des natürlichen Klimaschutzes die Schwerpunkte der strategischen Zusammenarbeit zwischen dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) und dem BMEL.

Das Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK) wird zum Schutz und zur Wiederherstellung von Ökosystemen beitragen. Mit dem ANK des BMUV werden gezielt Synergien zwischen Klima- und Naturschutz genutzt. Dafür werden in den Jahren 2022 bis 2026 vier Milliarden Euro bereitgestellt. Durch Renaturierungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen wird die Resilienz von Ökosystemen gestärkt. In Deutschland sind derzeit 92 Prozent der Moorböden entwässert und verursachen jährlich Emissionen in Höhe von rund 53 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Eine nationale Moorschutzstrategie und ein Bundesprogramm Klimaschutz durch Moorbodenschutz sollen die Wiedervernässung von trockengelegten Mooren fördern und so den Ausstoß von Treibhausgasemissionen reduzieren. Auch der Schutz von Wäldern, Böden, Gewässern, Auen

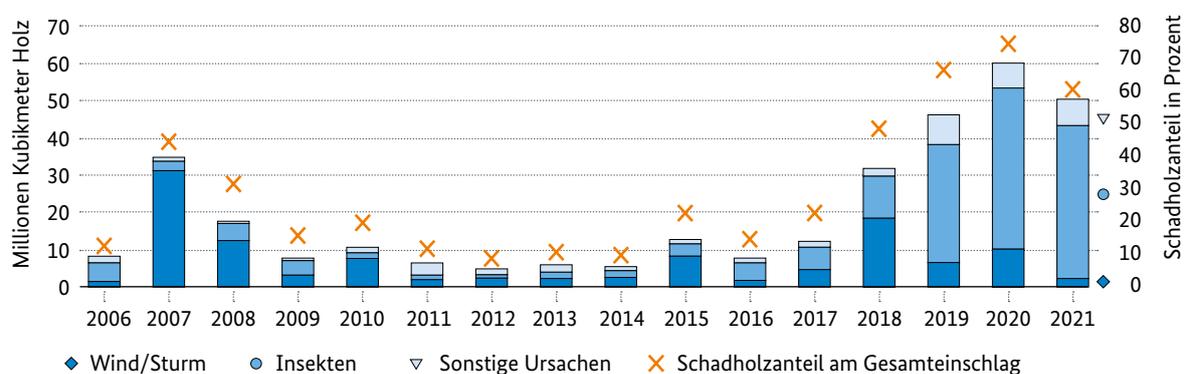
und Grünland sowie von marinen und Küstenökosystemen gegen die Klimakrise ist Gegenstand des ANK.

Ein gezielter Waldumbau soll artenreiche und klimaresiliente Wälder schaffen. Dafür soll das Waldgesetz novelliert und das Forstschäden-Ausgleichsgesetz evaluiert werden. Zudem sollen Intervalle und Form der Bundeswaldinventur überprüft und ein digitales Waldmonitoring eingeführt werden.

Weitere Pläne der Bundesregierung umfassen unter anderem die Einrichtung eines Bodenmonitoringzentrums sowie eines Bundesnaturschutzfonds.

Der LULUCF-Sektor soll einen wichtigen Beitrag zur Erreichung des Ziels der EU leisten, ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 um 55 Prozent zu reduzieren. Daher schlägt die Europäische Kommission als Teil des „Fit für 55“-Pakets vor, die LULUCF-Verordnung der EU anzupassen. Ziel des Vorschlags ist, bis 2030 in der Summe eine EU-weite Netto-Kohlenstoffsinke von mindestens 310 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente zu erreichen. Jeder EU-Mitgliedstaat ist dabei für einen als nationales Ziel verbindlich festgelegten Anteil zuständig. Dieses Ziel soll entsprechend den im Schnitt über die Jahre 2016 bis 2018 berichteten Emissionsdaten sowie der bewirtschafteten Landfläche auf die Mitgliedstaaten aufgeteilt werden. Die Änderung soll noch nicht für den ersten Verpflichtungszeitraum, sondern erst ab 2026 gelten. Ab 2031 sollen der LULUCF- und der Landwirtschaftssektor zusammen betrachtet und bis 2035 in der Bilanz klimaneutral werden.⁵⁸ Der Beschluss des Vorschlags steht noch aus.

Abbildung 40: Durch Schäden bedingter Holzeinschlag



Quellen: Destatis (2022a), Destatis (2022b)



4. Der Weg in die Treibhausgasneutralität als wirtschaftliche und gesellschaftliche Chance



► Zusammenfassung

Schlaglicht: Das ambitionierte Ziel, bis 2045 treibhausgasneutral zu werden, kann erreicht werden. Fünf große aktuelle Studien zeigen, welche Lösungsräume auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität zur Verfügung stehen.



Die Transformation hin zu Treibhausgasneutralität bietet wesentliche **Chancen für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft**. Um der Verankerung von Klimaschutz, aber auch sozialer Teilhabe in der Wirtschaftspolitik mehr Konsequenz zu verleihen, wird die Soziale Marktwirtschaft zu einer Sozial-ökologischen Marktwirtschaft weiterentwickelt.



Auf dem Pfad zur Treibhausgasneutralität wird ein zusätzlicher Bedarf an Arbeitsplätzen entstehen, der zu zahlreichen **neuen Beschäftigungsperspektiven** führen wird. In Regionen, in denen es zu einem Abbau von Arbeitsplätzen kommt, unterstützt die Bundesregierung unter anderem regionale Kooperationsprojekte, um Innovation und die Schaffung von Arbeitsplätzen zu fördern.



Nachhaltige Infrastrukturen sind das Rückgrat für eine treibhausgasneutrale Wirtschaft und Gesellschaft. Um den nötigen Um- und Ausbau der Infrastrukturen zu beschleunigen, werden Planungs- und Genehmigungsverfahren modernisiert. So sollen beispielsweise die Übertragungs- und Verteilnetze sowie die Infrastruktur zur Wärmeversorgung schneller transformiert werden.



Auch **nachhaltige Investitionen** spielen eine zentrale Rolle für das Erreichen der Klimaziele. Nationale und globale Finanzströme müssen mit dem Ziel der Treibhausgasneutralität in Einklang gebracht werden. Deutschland soll zum führenden Standort nachhaltiger Finanzierung werden. Umwelt- und klimaschädliche Subventionen und Ausgaben sollen konsequent abgebaut werden.

IM FOKUS: Mögliche künftige Entwicklungen auf dem Weg zur Treibhausgas- neutralität – Überblick zu Trans- formationsszenarien

Fünf kürzlich veröffentlichte große Studien zeigen auf, dass Deutschland bis zum Jahr 2045 Netto-Treibhausgasneutralität erreichen kann.⁵⁹ Die Studien beschreiben anhand verschiedener Szenarien mögliche CO₂-Reduktionspfade und damit Lösungsräume auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität.

Die Lösungswege gleichen sich in ihren Grundzügen, weisen im Detail aber Unterschiede auf. So gehen alle Szenarien davon aus, dass die Treibhausgasemissionen schnell gesenkt werden – bis zum Jahr 2030 um minus 65 Prozent gegenüber dem Jahr 1990. Auch das 2030-Sektorziel für die Energiewirtschaft wird in allen Szenarien erreicht oder sogar übererfüllt. Der Großteil der verbleibenden Treibhausgasemissionen im Jahr 2045, welche durch negative Emissionen ausgeglichen werden müssen, wird auf den Landwirtschaftssektor zurückzuführen sein. Mit einer Ausnahme gehen die Studien von einem Rückgang des Endenergieverbrauchs um etwa 45 Prozent bis 2045 aus. Hinsichtlich des Anteils von Power-to-X am Endenergieverbrauch im Jahr 2045 gelangen die Studien beispielsweise zu unterschiedlichen Projektionen zwischen 4 und 25 Prozent.

Strom spielt in allen Szenarien eine Schlüsselrolle bei der Transformation hin zu einer treibhausgasneutralen Wirtschaft und Gesellschaft bis 2045. Einerseits verursacht die Energiewirtschaft von allen Sektoren in Deutschland die meisten Treibhausgasemissionen. Andererseits ist Strom der wichtigste Energieträger, der zur Dekarbonisierung anderer Sektoren benötigt wird. In den Studien wird übereinstimmend erwartet, dass der Stromverbrauch von heute 600 auf etwa 1.000 Terawattstunden im Jahr 2045 ansteigen wird. Um den wachsenden Stromverbrauch klimaneutral zu decken, muss sich die Erzeugungskapazität der erneuerbaren Energien bis 2045 nahezu vervierfachen. Das Energiesofortmaßnahmenpaket der Bundesregierung setzt entsprechend auf einen beschleunigten und stark erhöhten Ausbau.

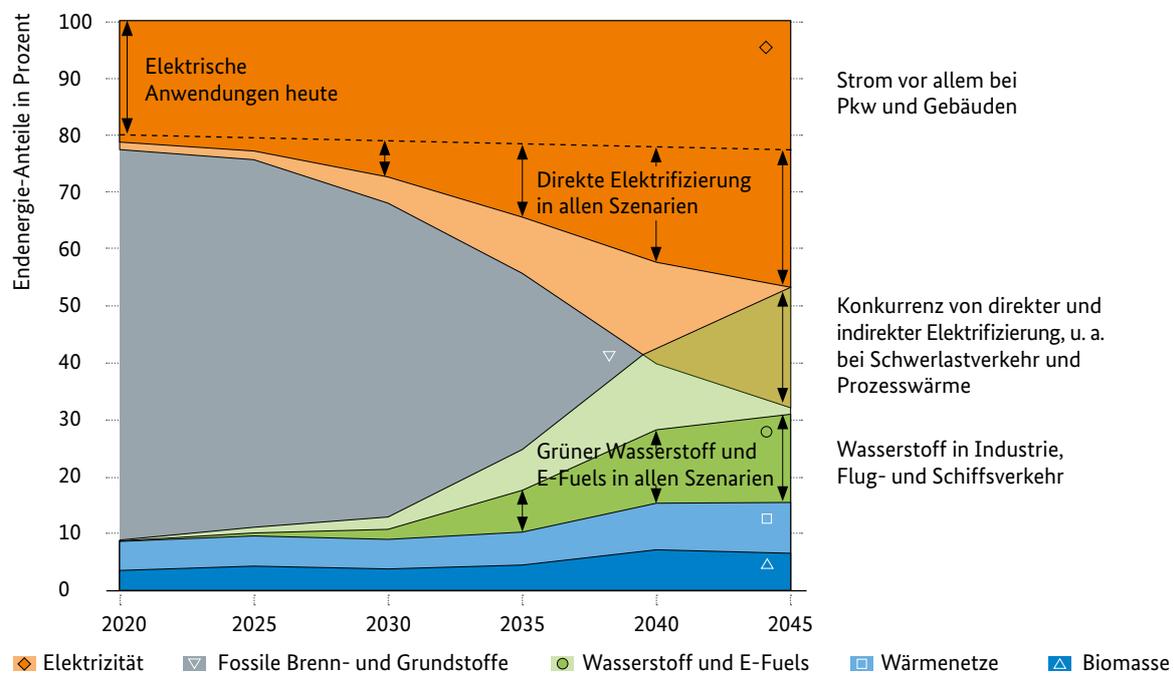
Die wachsende Nachfrage nach Strom aus erneuerbaren Energien liegt vor allem an der direkten Elektrifizierung der Verbrauchssektoren. Erneuerbarer Strom soll als zentraler Energieträger in Sektoren eingesetzt werden, in denen bisher vor allem fossile Brennstoffe verwendet werden. Der Verkehrssektor soll beispielsweise bis 2045 fast vollständig elektrifiziert sein. Die industrielle Wärmeerzeugung, heute fast ausschließlich durch Kohle und Erdgas, soll bis 2045 größtenteils auf erneuerbaren Strom umgestellt werden. In den Szenarien wird auch die Wärmeerzeugung in Haushalten elektrifiziert. Bei dem Einbau neuer Heizungen werden bis 2045 vorwiegend Wärmepumpen eingesetzt. Daher prognostizieren die Studien, dass bis 2030 fünf bis sechs Millionen Wärmepumpen in Betrieb sein werden.⁶⁰

Erneuerbarer Strom wird zudem für die Produktion von grünem Wasserstoff benötigt, der durch die Elektrolyse von Wasser mit dem Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien hergestellt wird. Den Studien zufolge wird die Produktion von grünem Wasserstoff 2045 etwa 150 Terawattstunden des Bruttostromverbrauchs ausmachen.⁶¹ Während die Elektrolysekapazitäten in Deutschland dafür ausgebaut werden müssen, wird der größte Anteil des Bedarfs an grünem Wasserstoff aus Ländern importiert werden, in denen größere Flächen vorhanden sind und bessere Bedingungen für die Erzeugung erneuerbarer Energien vorherrschen.

Wasserstoff wird zum größten Teil für die Transformation industrieller Prozesse wie die Herstellung von Ammoniak, Methanol und Stahl benötigt. In der Stahlproduktion sollen beispielsweise Direktreduktionsanlagen die CO₂-intensiven Hochöfen ersetzen. Diese Umstellung erfordert langfristig den Einsatz von Wasserstoff anstelle von Koks und Kohle als Reduktionsmittel. Zudem soll grüner Wasserstoff vor allem für die flexible Stromproduktion und auch zur Erzeugung von Hochtemperaturwärme genutzt werden.

Zusätzlich sollen weitere synthetische Energieträger (E-Fuels) zum Einsatz kommen. E-Fuels werden überwiegend in Sektoren benötigt, in denen eine direkte Elektrifizierung nicht möglich ist, beispielsweise im Schiffs- und Flugverkehr (Abbildung 41).

Abbildung 41: Endenergie-Anteile in verschiedenen Dekarbonisierungsszenarien



Um den nötigen Markthochlauf von grünem Wasserstoff zu erreichen, hat die Bundesregierung das Ausbauziel für Elektrolyseure bis 2030 auf 10 GW verdoppelt. Zur Erreichung des Ziels will die Bundesregierung daher Investitionen in Wasserstofftechnologien durch weitere Förderprogramme und Klimaschutzdifferenzverträge finanziell fördern.

In allen fünf Szenarien wird Klimaneutralität durch den zusätzlichen Einsatz von technischen CO₂-Senken zum Ausgleich verbleibender Restemissionen erreicht.⁶² Dies beinhaltet unter anderem die Abscheidung biogener Emissionen beim energetischen Einsatz von Biomasse (Englisch: Bioenergy with Carbon Capture and Storage, BECCS) sowie die Direktabscheidung von CO₂ aus der Atmosphäre mit anschließender Speicherung (Englisch: Direct Air Carbon Capture and Storage, DACCS) oder Nutzung in langlebigen Produkten (Englisch: Direct Air Carbon Capture, Utilization and Storage, DACCUS). Der Einsatz dieser Technologien benötigt zusätzliche Ressourcen, Flächen, Infrastruktur und Energie. Sie sind keine Alternative, sondern eine Ergänzung zur prioritären, sektorübergreifenden Vermeidung von Emissionen, ohne die die Klimaziele

nicht erreicht werden können. Bis zum großtechnischen Einsatz ist weitere Forschung und Entwicklung notwendig, auch um den tatsächlichen Klimabeitrag abschätzen zu können.

Abbildung 41 zeigt die beschriebene Entwicklung anhand der Endenergie-Anteile. Durch die Elektrifizierung von Pkw und der Wärmeversorgung würde der Endenergie-Anteil der direkten Elektrifizierung (orange) bis 2045 auf mindestens 47 Prozent ansteigen. Die indirekte Elektrifizierung (grün) erfolgt vor allem durch den Einsatz von Wasserstoff und E-Fuels in Sektoren, die nicht direkt elektrifiziert werden können, wie beispielsweise in der Industrie (Primärstahl und Grundstoffchemie) und im Flug- und Schiffsverkehr. Die transparent dargestellten Flächen stellen die Bandbreite der möglichen direkten und indirekten Elektrifizierung dar. Es zeigt sich, dass bei einigen Anwendungen wie dem Schwerlastverkehr oder bei der Prozesswärme noch nicht klar absehbar ist, ob sich Strom oder Wasserstoff durchsetzen wird. Der Endenergiemix enthält auch die Wärmeversorgung, welche insbesondere durch Bioenergie und den Ausbau der Wärmenetze bis 2045 auf 15 Prozent Endenergie-Anteil ansteigen wird.

4.1 Umbau zu einer Sozial-ökologischen Marktwirtschaft

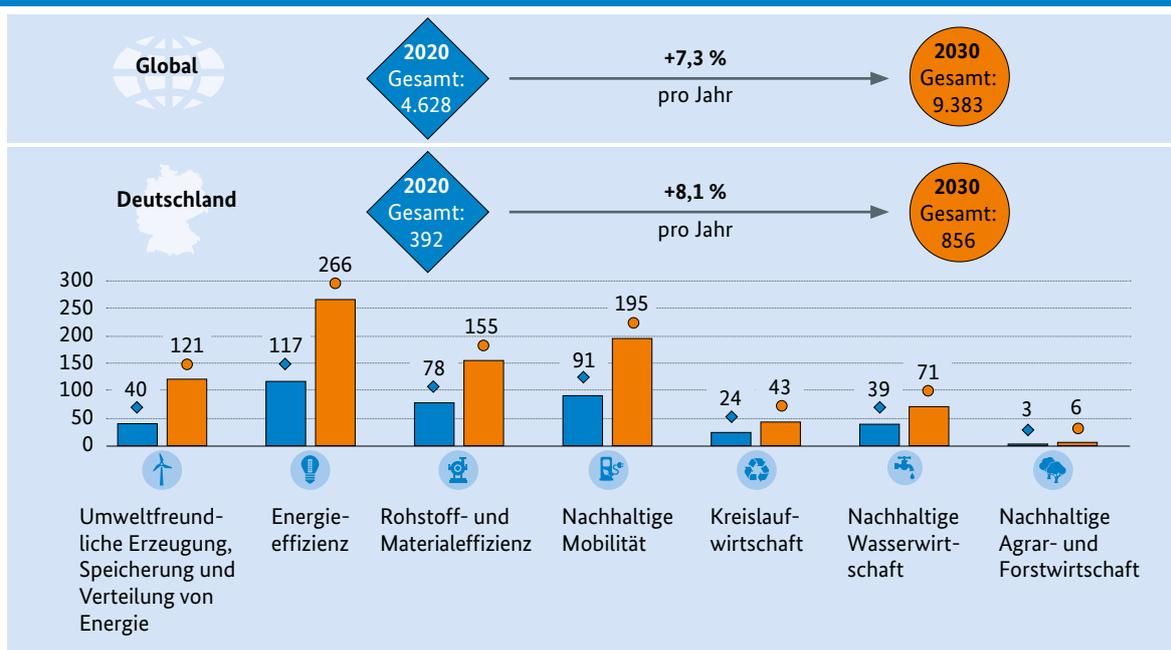
Die Transformation hin zu Treibhausgasneutralität bietet wesentliche mittel- und langfristige Chancen für eine neue Wirtschafts- und Wettbewerbsdynamik. Der langfristige volkswirtschaftliche Schaden des Nicht-Handelns überschreitet bei Weitem die für die Umstrukturierung der deutschen Wirtschaft nötigen Investitionen. Ein Umdenken ist deswegen unerlässlich. Um der Verankerung von Klimaschutz, aber auch sozialer Teilhabe in der Wirtschaftspolitik mehr Konsequenz zu verleihen, wird die Soziale Marktwirtschaft zu einer Sozial-ökologischen Marktwirtschaft weiterentwickelt. Eine zentrale Verbindung zwischen dem „Ökologischen“ und dem „Sozialen“ liegt in der Schlüsselfrage, wie sich soziale Teilhabe in der Transformation neu herstellen lässt. Wirtschaftspolitische Maßnahmen sollten nicht nur ökologisch, sondern auf sozial ausgewogene und gesellschaftlich akzeptierte Weise gestaltet werden. Dabei spielt die Klimapolitik eine aktive Rolle. Durch eine erhöhte Wettbewerbsfähigkeit schafft sie neue Arbeitsplätze in klimarelevanten Branchen einerseits und sorgt für mehr Wohlstand durch höhere

Investitionen in Umwelt- und Klimatechnologien andererseits (siehe Kapitel 4.2 und 4.5).

Die thematische Kopplung von Wirtschaft und Ökologie spiegelt sich zudem im neu strukturierten Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz wider. In dessen Jahreswirtschaftsbericht 2022 steht nicht nur Wachstum, sondern auch Klimaschutz, Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung und Soziales im Vordergrund. Es wurden erstmalig ergänzende Wohlfahrts- und Nachhaltigkeitsindikatoren jenseits des Bruttoinlandsprodukts betrachtet und Wohlstand hinsichtlich sozialökonomischer Aspekte definiert. Die Interessen künftiger Generationen und der Schutz globaler Umweltgüter werden dabei mitberücksichtigt. Viele Unternehmen haben in den letzten Jahren schon damit begonnen, Verbrauchs- und Produktionsprozesse entsprechend zu verändern.

Klimaschutzpolitik kann Wohlstand in Deutschland sichern, indem neue, nachhaltige Wertschöpfungsketten und Zukunftsmärkte geschaffen werden. Umwelt- und Klimatechnologien (GreenTech) sind bereits heute ein wichtiges Standbein der deutschen Wirtschaft. GreenTech-Märkte werden künftig weiter an Bedeutung gewinnen. Hierfür bilden die angestrebte

Abbildung 42: Prognose zur Entwicklung des globalen und nationalen Marktvolumens für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz von 2020 bis 2030 (in Milliarden Euro)



Quelle: BMUV (2021b)

Klimaneutralität zahlreicher Nationen und übergreifende politische Strategien wie der Europäische Grüne Deal den Rahmen. Für den globalen GreenTech-Markt wird bis zum Jahr 2030 ein jährliches Wachstum von 7,3 Prozent prognostiziert. Das deutsche Marktvolumen soll mit 8,1 Prozent pro Jahr sogar noch stärker wachsen und bis 2030 auf ein Marktvolumen von 856 Milliarden Euro ansteigen (Abbildung 42).

GreenTech „made in Germany“ genießt weltweit großes Ansehen und begründet die starke Exportposition der deutschen Branche. Während Deutschlands Anteil an der globalen Wirtschaftsleistung bei rund 3 Prozent liegt, haben deutsche Unternehmen einen Anteil von 14 Prozent am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. In den nächsten Jahren muss darauf hingearbeitet werden, die guten Marktpositionen zu halten, sich gegenüber wachsender Konkurrenz, insbesondere aus China und den USA, zu behaupten und in Europa ein Vorbild für den grünen Wandel zu werden.⁶³

Die Bundesregierung wird den Transformationsprozess der deutschen Automobilindustrie vor dem Hintergrund von Digitalisierung und Dekarbonisierung unterstützen. Sie wird Rahmenbedingungen und Fördermaßnahmen darauf ausrichten, dass Deutschland Leitmarkt für Elektromobilität mit mindestens 15 Millionen Elektro-Pkw im Jahr 2030 ist.

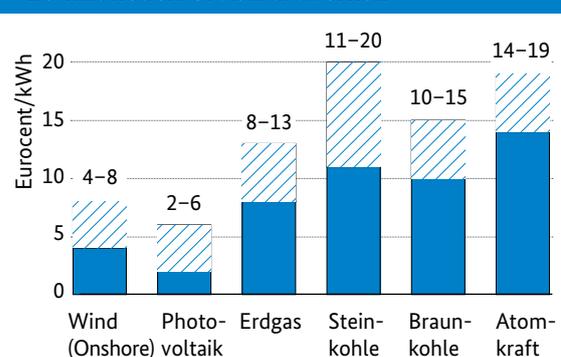
Die Stromgestehungskosten neuer Anlagen mit erneuerbaren Energien sind schon heute in vielen Fällen niedriger als die konventioneller Kraftwerke (Abbildung 43). Das Preisniveau von Strom aus neuen Photovoltaik- und Windanlagen liegt mit vier bis fünf Cent pro Kilowattstunde halb so hoch wie die durchschnittlichen Börsenstrompreise im Jahr 2021 am deutschen Day-Ahead-Markt.⁶⁴ Die deutsche Stromversorgung bleibt auch bei wachsendem Anteil erneuerbarer Energien sehr zuverlässig. Im Jahr 2020 wurde die bisher niedrigste Ausfallzeit der Stromversorgung aus dem Jahr 2019 erneut unterboten.⁶⁵ Gleichzeitig zeigen die Energie- und Gaspreiskrise im Winter 2021/2022 und insbesondere der Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine deutlich die Nachteile der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, die zum allergrößten Teil importiert werden müssen. Für nachhaltig denkende Unternehmen wird der Anteil erneuerbarer Energien zunehmend zu einem Standortvorteil.

Wirtschaftspolitik denken wir sozial-ökologisch. Negative Effekte der Klimapolitik werden kompensiert.

Mit einem sozialen Kompensationsmechanismus („Klimageld“) sollen perspektivisch Einnahmen aus der CO₂-Bepreisung im Bereich Wärme und Verkehr an die Bürgerinnen und Bürger rückverteilt werden, um den künftigen Preisanstieg des CO₂-Preises zu kompensieren und die Akzeptanz des Marktsystems zu gewährleisten. Das Klimageld soll über die Steuer-ID an die Bevölkerung ausgezahlt werden. Dies beschloss die Bundesregierung im Frühjahr 2022 im Kontext der Maßnahmenpakete zum kurzfristigen Umgang mit den hohen Energiekosten, die nicht auf den CO₂-Preis zurückzuführen sind. Die ohnehin angespannte Lage auf den Energiemärkten war durch den Angriff Russlands auf die Ukraine nochmals drastisch verschärft worden. Die von der Bundesregierung daraufhin beschlossenen Entlastungspakete beinhalten unter anderem die vollständige Abschaffung der EEG-Umlage, eine Erhöhung der Fernpendlerpauschale, eine einmalige Energiepauschale, eine Einmalzahlung von 200 Euro für Empfangende von Sozialleistungen, Vergünstigungen für den ÖPNV und vorübergehende Steuerermäßigungen (unter anderem für Benzin und Diesel). Zudem erhalten einkommensschwache Haushalte im Jahr 2022 einmalig einen Heizkostenzuschlag.

Diese kurzfristigen Entlastungsmaßnahmen stellen keinen Ausgleich für Mehrbelastungen aufgrund der Klimaschutzpolitik dar, können jedoch auch nicht völlig unabhängig von ihr betrachtet werden. Die Gestaltung einer sozial gerechten Klimaschutzpolitik – beispielsweise mit dem Klimageld – sowie die Förderung von Akzeptanz, Teilhabe und aktiver Trägerschaft von Klimaschutz sieht die Bundesregierung als Teil ihrer dauerhaften Kernaufgaben an.

Abbildung 43: Stromerzeugungskosten in der EU mit neuen Großkraftwerken



Quelle: BMWK (2022c)

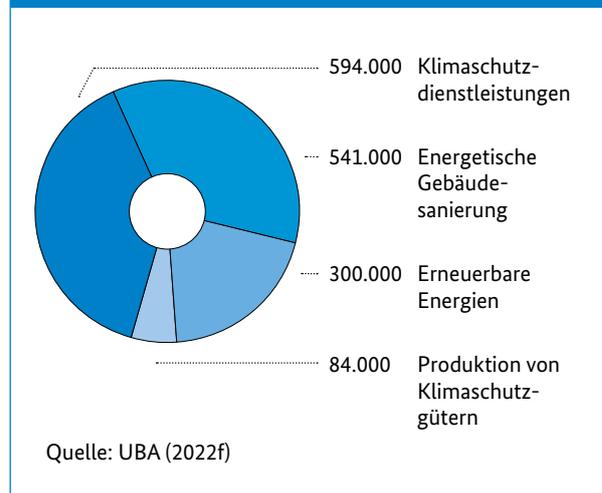
4.2 Arbeitsplätze und Strukturwandel

Von den 45 Millionen Beschäftigten in Deutschland waren 1,5 Millionen Menschen im Jahr 2019 im Klimaschutz tätig. Davon waren 594.000 Menschen im Bereich der Klimaschutzdienstleistungen beschäftigt. Hierzu zählen etwa Unternehmensdienstleistungen von Architekturschaffenden oder Ingenieurinnen und Ingenieuren, die Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien planen. Die Erneuerbare-Energien-Branche beschäftigte 300.000 Menschen. Hinzu kamen 84.000 Arbeitsplätze in der Produktion von Klimaschutzgütern. Hierzu gehören unter anderem Maschinenbau inklusive Reparaturen, Gummi- und Kunststoffwaren, Datenverarbeitung, chemische Erzeugnisse, Glas und Glaswaren sowie Metall-erzeugnisse. Im Bereich der energetischen Gebäudesanierung arbeiteten 541.000 Menschen (Abbildung 44).

Klima- und Umweltschutz wird zukünftig zahlreiche weitere Arbeitsplätze in Deutschland schaffen. Eine Studie des Instituts für Arbeitsmarkt und Berufsforschung zu den Auswirkungen der neuen Zielvorgaben und Maßnahmen zum Klimaschutz und sozialen Wohnungsbau im Koalitionsvertrag prognostiziert, dass ab 2025 etwa 400.000 Erwerbstätige zusätzlich benötigt werden. Parallel kommt es laut der Studie aufgrund besserer Wirtschaftsaussichten zu einer Zunahme des Arbeitskräfteangebots. Langfristig werden zwischen 200.000 und 250.000 Personen zusätzlich ihre Arbeitskraft anbieten.⁶⁶ In Wirtschaftsbereichen, in denen die Fachkräftesituation bereits angespannt ist, soll die Förderung von Aus- und Weiterbildung, Zuwanderung und Vereinbarkeit von Beruf und Familie dem entgegenwirken.

Die Bundesregierung unterstützt den Strukturwandel in Kohleregionen durch breitgefächerte Investitionen. Diese zielen darauf ab, betroffene Regionen während des Übergangs zu unterstützen. Der Kohleausstieg erfordert strukturpolitische Maßnahmen, um Arbeitsplätze in zukunftsgerichtete Branchen zu lenken und so einen positiven Wandel zu unterstützen. Für das Ziel, aus den Kohleregionen Zukunftsregionen zu machen, will die Bundesregierung den Strukturwandel bis zum Jahr 2038 mit bis zu 40 Milliarden Euro fördern. Zur Stärkung des positiven Wandels in den Kohleregionen und zur Schaffung neuer Arbeitsplätze werden eine Vielzahl an zukunftsweisenden Vorhaben in den betroffenen Regionen in Brandenburg, Nordrhein-Westfalen, Sachsen und

Abbildung 44: Arbeitsplätze im Klimaschutz (2019)



Sachsen-Anhalt angestoßen. Grundlage sind die Steigerung der Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der Regionen durch die Ansiedlung von Unternehmen und hoch qualifizierten Fachkräften sowie der Ausbau tragender Infrastrukturen. Zur Positionierung in innovativen Branchen werden Forschungsinstitutionen gefördert und Hochschulen und Unternehmen unterstützt. Diese können sich in Innovationsökosystemen zusammenschließen und damit neue Arbeitsplätze schaffen und Innovationen hervorbringen. Innovationen werden insbesondere in regionalen Kooperationsprojekten vorangebracht. Auch Projektideen im Sinne eines nachhaltigen Tourismus werden betrachtet. Mit neuen touristischen Attraktionen entsteht ein neuer Wirtschaftssektor, welcher wiederum neue Arbeitsplätze in den betroffenen Regionen schafft. Mit den bis Ende August 2020 beschlossenen Projekten wird das Ziel, bis zum Jahr 2028 in den Kohleregionen 5.000 neue Arbeitsplätze in Bundesbehörden zu schaffen, voraussichtlich erreicht.⁶⁷ Übergreifend wird zudem auf eine nachhaltige regionale Umstrukturierung abgezielt, wie beispielsweise durch die Gestaltung naturnaher Flächen und Gewässer.

„Es gilt, die wirtschaftlichen Chancen für vom Strukturwandel betroffene Regionen zu nutzen. Gleichzeitig müssen wir eine gesellschaftliche Debatte zur kulturellen Identität von Räumen im Wandel führen.“ Dr. Robert Habeck, Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz, Geleitwort zum Jahreswirtschaftsbericht 2022

Durch die Verkehrswende entstehen neue digitale Geschäftsmodelle im Mobilitätssektor. Ein Beispiel hierfür ist das Marktwachstum in den Bereichen der Sharing Economy, Plattformlösungen und „Software as a Service“.⁶⁸ So wuchs der Carsharing-Markt in den vergangenen Jahren jeweils um mehr als 10 Prozent.⁶⁹ Da Batterien 40 Prozent der Wertschöpfung von Elektroautos tragen, steht auch der wachsende Batteriemarkt in Verbindung mit der Verkehrswende. Die international nachgefragte Akkuleistung wird sich bis 2030 voraussichtlich verzehnfachen.⁷⁰

Im Batteriesektor werden bis 2030 europaweit rund 100.000 neue Arbeitsplätze entstehen. In Europa sind 20 große Produktionsstandorte, „Gigafactories“, geplant. Bis dahin werden 46 Milliarden Euro in Batterieprojekte investiert, davon 21 Milliarden Euro in Deutschland. Die Tatsache, dass sieben der Gigafactories in Deutschland entstehen sollen, verdeutlicht die aufstrebende Marktposition.⁷¹ Auch in anderen Segmenten der Wertschöpfungskette sind bis 2030 erhebliche Investitionen in Deutschland geplant (Abbildung 45). Verglichen mit dem asiatischen Batteriesektor können Standorte in Europa aufgrund des hohen Anteils erneuerbarer Energien an der Stromversorgung Batterien emissionsärmer herstellen.

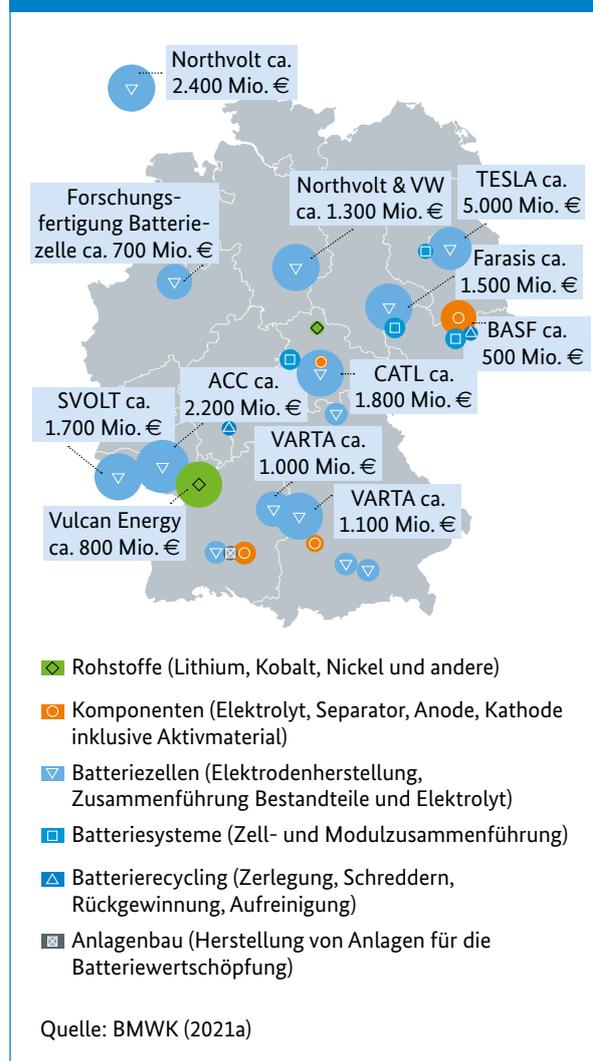
Bis 2030 wird voraussichtlich ein Drittel des weltweiten Batteriemarkts von Europa beliefert werden. Auch auf europäischer Ebene wird die Sicherung von Arbeitsplätzen im Batteriesektor durch weitreichende Förderprogramme angestrebt. Die Europäische Kommission lancierte zwei Vorhaben im Rahmen des Beihilferechtsinstruments der wichtigen Vorhaben von gemeinsamem europäischen Interesse, an denen sich zwölf Mitgliedstaaten beteiligen. Rund 60 Unternehmen sind Teil des Vorhabens, davon 15 aus Deutschland.

Im Rahmen der Initiative „Batteriezellenfertigung Deutschland“ bündelt das BMWK die Flankierung des deutschen Batteriesektors. Mit fast drei Milliarden Euro fördert es den Wissenstransfer aus der Forschung und die Kooperation von Projektpartnern aus verschiedenen Bereichen der Wertschöpfungskette.

Die Budgets für Forschung und Entwicklung im Bereich Umwelt und Klimaschutz sind in Deutschland und weltweit deutlich gestiegen. Treiber dieses Prozesses sind insbesondere die erneuerbaren Energien sowie

im Verlauf des letzten Jahrzehnts innovative Energieeffizienzlösungen und Speichertechnologien. Gemessen an der Patentaktivität zählt Deutschland aktuell zu den führenden Ländern weltweit im Bereich der Umwelttechnologien.⁷²

Abbildung 45: Batterieinvestitionen am Standort Deutschland bis 2030



4.3 Schaffung nachhaltiger Infrastrukturen

Eine nachhaltige Infrastruktur ist das Rückgrat einer treibhausgasneutralen Wirtschaft und Gesellschaft.

Mit Infrastruktur sind öffentlich nutzbare Einrichtungen gemeint, die das Funktionieren von Wirtschaft und Gesellschaft ermöglichen. Hierzu gehören beispielsweise Energienetze, Wasserversorgung und Abwasserentsorgung, Verkehrswege sowie Informations- und Kommunikationsinfrastruktur.

Ein Wandel hin zu klimafreundlichen Technologien und Lebensweisen ändert die Anforderungen an unsere Infrastrukturen.

So bedarf beispielsweise eine Zunahme an Heimarbeit und virtuellen Besprechungen eines Ausbaus der digitalen Infrastruktur in Deutschland. Elektrofahrzeuge benötigen keine klassischen Tankstellen mehr, sondern Ladestationen. Die Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien sowie eine Elektrifizierung von größeren Anteilen des Energieverbrauchs, etwa durch Elektromobilität, erfordert den Ausbau der Übertragungs- und Verteilnetze für Strom.

Infrastrukturen sind gleichzeitig durch die Auswirkungen des Klimawandels beeinträchtigt. Zur Schaffung nachhaltiger Infrastrukturen zählen daher auch Anpassungsmaßnahmen. Ein Beispiel für die Steigerung der Klimaresilienz von Infrastrukturen ist der Umbau von Abwasserleitungen. Mit zunehmenden Starkregenfällen müssen die Siedlungsentwässerungssysteme darauf vorbereitet werden, größere Wassermengen aufzunehmen und abzuleiten. Widerstandsfähige Infrastrukturen zu schaffen ist eine Voraussetzung, um nachhaltige Entwicklung zu ermöglichen. Sie werden nicht nur von der Bundesregierung und der Europäischen Kommission angestrebt, sondern sind auch als neuntes Nachhaltigkeitsziel der Vereinten Nationen festgehalten.

Für die anstehenden Aufgaben braucht es eine höhere Geschwindigkeit beim Infrastrukturausbau. Die Verfahren, Entscheidungen und Umsetzungen müssen dafür deutlich beschleunigt werden. Deshalb will die Bundesregierung Planungs- und Genehmigungsverfahren modernisieren, entbürokratisieren und digitalisieren sowie die Personalkapazitäten verbessern. Indem Bürgerinnen und Bürger früher beteiligt werden, sollen Infrastrukturplanungen schneller und effektiver werden. Bei besonders prioritären Vorhaben soll der

Bund künftig nach dem Vorbild des Bundes-Immissionsschutzgesetzes kurze Fristen zum Erlass des vorgeschriebenen Planfeststellungsbeschlusses vorsehen.

Bei der Netzentwicklungsplanung besteht großer Handlungsbedarf. Um die Transformation des Energiesystems zu bewerkstelligen, wird bei den zentralen Infrastrukturen vom übergeordneten Langfristziel her, also der Treibhausgasneutralität im Jahr 2045, geplant. Zudem muss die Infrastruktur der Energieversorgung schneller um- und ausgebaut werden, um einem Energiesystem gerecht zu werden, das auf erneuerbaren Energien und einer engen Verzahnung der Sektoren basiert. Dafür will die Bundesregierung davon wegkommen, die Netze für Strom, Erdgas, Wasserstoff und Wärme unabhängig voneinander zu planen. Erforderlich ist vielmehr eine sogenannte Systementwicklungsstrategie, die einen gemeinsamen Rahmen für die verschiedenen Infrastrukturen setzt.

Auf Übertragungs- und Verteilnetzebene stockt der notwendige Stromnetzausbau. Mit Stand erstes Quartal 2022 sind von den 101 Vorhaben nach dem Gesetz über den Bundesbedarfsplan und dem Energieleitungsausbaugesetz mit einer Länge von etwa 12.300 Kilometern erst 2.005 Kilometer fertiggestellt und weitere 751 Kilometer genehmigt und vor dem oder im Bau. Insgesamt 9.500 Kilometer sind noch vor dem beziehungsweise im Genehmigungsverfahren.

Die Infrastrukturplanung betrifft auch den ambitionierten Ausbau von Windenergie auf See und die entsprechende Anbindung der Anlagen. Bei den Verteilnetzen muss die Netzausbauplanung zu einer integrierten Netzplanung weiterentwickelt werden. Ziel ist eine vorausschauende und effiziente Bedarfsdimensionierung, die auch die Entwicklung der anderen Sektoren und Verbrauchssteuerungsmaßnahmen berücksichtigt.

„Wir wollen in weniger als neun Jahren 80 Prozent unseres Stroms aus erneuerbaren Energien erzeugen. Dazu brauchen wir nicht nur mehr Windräder und mehr Solaranlagen, sondern auch ausgebaute Stromnetze: Der Netzausbau ist die Voraussetzung, um Deutschland sicher und günstig mit Erneuerbaren zu versorgen. Und ihn zügig voranzutreiben, ist eine extrem anspruchsvolle Aufgabe.“ Dr. Robert Habeck, Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz, Besuch bei der Bundesnetzagentur, Februar 2022

Abbildung 46: 62 deutsche Wasserstoffprojekte im Rahmen des europäischen Projekts IPCEI-Wasserstoff



Auch im Bereich der Wärmeversorgung wird es Infrastrukturausbau geben. Um eine flächendeckende kommunale Wärmeplanung zu ermöglichen, möchte die Bundesregierung gemeinsam mit den Ländern einen gesetzlichen Orientierungsrahmen (Gesetz für kommunale Wärmeplanung) schaffen. Bereits zum 1. Januar 2022 ist das Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende (Informations- und Beratungsangebote für Kommunen) in Halle an der Saale an den Start gegangen. Zudem erfolgt eine Förderung des Ausbaus und der Dekarbonisierung der Wärmenetze mit der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze.

Die Bundesregierung setzt sich für die rasche Umsetzung des wichtigen Vorhabens von gemeinsamem europäischen Interesse im Bereich Wasserstoff (IPCEI-Wasserstoff) ein. Im Rahmen des IPCEI-Wasserstoff soll die Förderung von integrierten Projekten entlang der gesamten Wasserstoffwertschöpfungskette von der Erzeugung von grünem Wasserstoff über Infrastruktur bis zur Nutzung in der Industrie und für Mobilität

gefördert werden. Dabei sollen auch Investitionen in den Aufbau einer Wasserstoffnetzinfrastruktur (rund 1.700 Kilometer) finanziell gefördert werden. Diese IPCEI-Projekte (Abbildung 46) sollen nun schnell umgesetzt werden und dazu beitragen, dass Deutschland bis 2030 Leitmarkt für Wasserstofftechnologien wird.

Die 2020er Jahre sollen für einen Aufbruch in der Mobilitätspolitik genutzt werden und eine nachhaltige, effiziente, barrierefreie, intelligente, innovative und für alle bezahlbare Mobilität ermöglichen. Voraussetzung dafür sind der Aufbau und die Stärkung klimafreundlicher Infrastrukturen. Dazu zählen das Schienennetz, Radverkehrswege und Ladesäulen für Elektromobilität. Zu ihrer Stärkung sind verschiedene Maßnahmen vorgesehen.

So wird die Bundesregierung den Masterplan Schienenverkehr weiterentwickeln und die Verkehrsleistung im Personenverkehr verdoppeln (siehe auch Kapitel 3.4). Der Zielfahrplan eines Deutschlandtaktes und die Infrastrukturkapazität werden auf diese Ziele ausgerichtet.

Auch sollen Länder und Kommunen in die Lage versetzt werden, Attraktivität und Kapazitäten des ÖPNV zu verbessern. Ziel ist, die Fahrgastzahlen des ÖPNV deutlich zu steigern.

Der Nationale Radverkehrsplan soll umgesetzt und fortgeschrieben werden. Auch der Ausbau und die Modernisierung des Radwegenetzes sowie die Förderung kommunaler Radverkehrsinfrastruktur werden vorangetrieben. Zur Stärkung des Radverkehrs wird die Bundesregierung die Mittel bis 2030 absichern und die Kombination von Radverkehr und ÖPNV fördern. Den Fußverkehr wird sie strukturell unterstützen und mit einer nationalen Strategie unterlegen.

4.4 Kommunaler Klimaschutz

Die tiefgreifende Transformation hin zu Treibhausgasneutralität muss auch auf Ebene der Landkreise, Städte und Gemeinden erfolgen. Zur Unterstützung des kommunalen Klimaschutzes dienen Förderprogramme wie jene der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI). Kommunen werden beispielsweise bei der Erstellung von Klimaschutzkonzepten, Investitionen in klimafreundliche Mobilität sowie Wasser- und Abfallwirtschaft oder der Umsetzung von innovativen Modellprojekten unterstützt.

Die wichtigsten kommunalen Förderprogramme der NKI sind die Kommunalrichtlinie sowie die wettbewerblich ausgestalteten Förderaufrufe für investive kommunale Klimaschutz-Modellprojekte und Klimaschutz durch Radverkehr. Die Kommunalrichtlinie deckt die wesentlichen kommunalen Handlungsbereiche mit Förderangeboten für strategisch-konzeptionelle und investive Klimaschutzmaßnahmen ab. Seit Beginn im Jahr 2008 bis Ende 2021 hat die NKI über die Kommunalrichtlinie rund 21.500 Projekte in knapp 4.500 Kommunen mit rund 965 Millionen Euro unterstützt. Es wurden so insgesamt Investitionen in Höhe von rund 2,5 Milliarden Euro ausgelöst. Dabei wurde durch die Förderung von investiven Vorhaben eine Minderung der Treibhausgasemissionen um insgesamt rund 7,7 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (netto über die Wirkdauer) realisiert. Weitere Reduktionen von 12,6 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (netto über die Wirkdauer) wurden darüber hinaus durch die strategischen Klimaschutzvorhaben, inklusive Förderung der Stellen für Klimaschutzmanagement, angestoßen.

Zentraler Förderbaustein ist die Förderung von Personalstellen für Klimaschutzmanagement in kommunalen Verwaltungen. Die positiven Wirkungen eines Klimaschutzmanagements zeigen aktuelle Forschungsergebnisse:⁷³ Städte, Gemeinden und Landkreise mit Klimaschutzmanagement führen dreimal mehr geförderte Klimaschutzmaßnahmen durch, die zudem größer sind als in Kommunen ohne Klimaschutzmanagement. Außerdem werden mehr unterschiedliche Förderbausteine genutzt. So können letztendlich in jeder Kommune mit Klimaschutzmanagement bis zu neunmal so viele Treibhausgasemissionen eingespart werden als in Kommunen ohne Klimaschutzmanagement. Durch das Klimaschutzmanagement werden die Kommunen demnach in die Lage versetzt, mehr und größere Maß-

21.500 Projekte

hat die NKI im Rahmen der Kommunalrichtlinie von 2008 bis Ende 2021 unterstützt.

nahmen zu realisieren. Die Ausstattung von Kommunen mit Klimaschutzpersonal leistet also einen ganz wesentlichen Beitrag zur Treibhausgasminderung.

Das jüngste NKI-Forschungsvorhaben zum Wirkungspotenzial kommunaler Maßnahmen für den nationalen Klimaschutz zeigt nicht nur die positive Wirkung des Klimaschutzmanagements, sondern verdeutlicht insgesamt die große Bedeutung kommunalen Handelns für die Transformation zur Treibhausgasneutralität. Anhand 38 quantifizierter Maßnahmen in den vier kommunalen Einflussbereichen (Verbrauchen und Vorbild, Versorgen und Anbieten, Regulieren und Planen, Beraten und Motivieren) wurde ermittelt, dass Kommunen Treibhausgasemissionen in Höhe von rund 101 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (bezogen auf das Jahr 2019) beeinflussen können.⁷⁴ Das entspricht rund einem Achtel der deutschen Gesamtemissionen. Die Analyse verdeutlicht: Um Treibhausgasneutralität zu erreichen, müssen Kommunen in allen Einflussbereichen hochambitionierte Maßnahmen umsetzen. Eine Priorisierung auf einzelne Handlungsfelder ist nicht ausreichend. Es bedarf weiterhin verbesserter Rahmenbedingungen, um den kommunalen Klimaschutz räumlich und zeitlich zu verankern und somit das volle Klimaschutzpotenzial in Kommunen auszuschöpfen.

4.5 Nachhaltige Investitionen

Klimaschutz erfordert eine konsequente Ausrichtung der Finanzströme an den Klimazielen. Aktuell investieren institutionelle und private Anlegerinnen und Anleger weiterhin überwiegend in Unternehmen, deren Geschäftsmodelle nicht kompatibel mit den internationalen Klimazielen sind. Beispiele hierfür sind Kohle-, Öl- und Gasunternehmen. Um den globalen Klimawandel einzudämmen, müssen diese Investitionen in klimafreundliche Bereiche umgelenkt werden.

Investitionen in Geschäftskonzepte, die auf fossilen Ressourcen basieren, werden zunehmend auch zum Risiko

für Investorinnen und Investoren, denn sie drohen zu „stranded assets“ zu werden. Vermögenswerte müssten dann vor Ende ihrer geplanten wirtschaftlichen Nutzungsdauer aufgegeben werden, da sie in einer zukünftig auf Klimaneutralität ausgerichteten Wirtschaft nicht mehr profitabel sind. Investorinnen und Investoren arbeiten daher daran, langfristige Klimarisiken systematisch und frühzeitig zu identifizieren und ihre Anlagestrategie entsprechend anzupassen. Dabei stehen der Abzug von Kapital aus Unternehmen (Divestment), deren Geschäftsmodelle auf der Bereitstellung und Nutzung fossiler Energieträger beruhen, und das Investieren in klimakompatible Unternehmen im Vordergrund.

Globale Finanzströme in Einklang mit einer emissionsarmen und klimaresilienten Entwicklung zu bringen, ist eine zentrale Aufgabe der internationalen Staatengemeinschaft. Aktuelle Entwicklungen gehen bereits in diese Richtung. So steigt beispielsweise in Deutschland seit Jahren der Anteil nachhaltiger Geldanlagen am Anlagevolumen; im Jahr 2021 betrug er 11,6 Prozent (Abbildung 47). Allerdings ist eine deutliche Beschleunigung dieser Entwicklung nötig. Die Bundesregierung verfolgt dazu eine Politik, die die Investitionen – private wie öffentliche – deutlich erhöht. Angesichts eines hohen Niveaus an anlagensuchendem Kapital ist die Gelegenheit für kapitalintensive Veränderungen günstig.

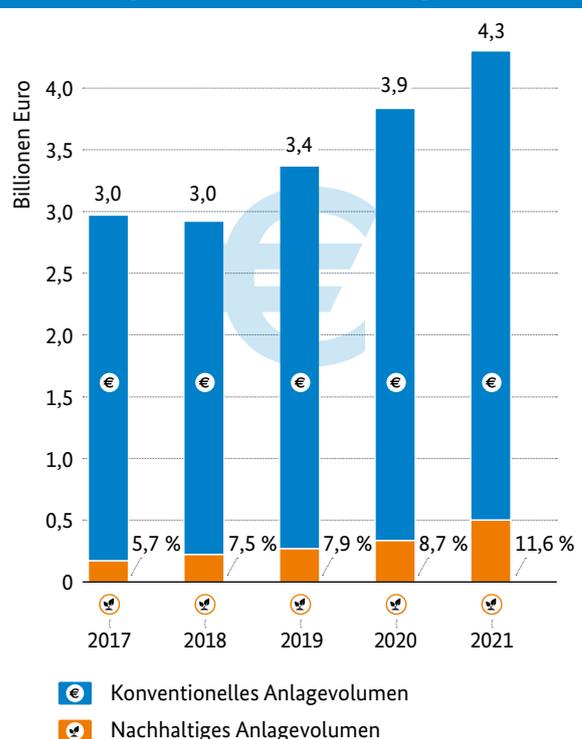
Die Bundesregierung möchte erreichen, dass mehr privates Kapital für Transformationsprojekte aktiviert wird, denn privatwirtschaftliche Investitionen in klimaneutrale Gebäude, Energie- und Industrieanlagen, Infrastrukturen sowie Mobilitätssysteme sind das Herzstück der Transformation hin zu einer klimaneutralen Volkswirtschaft. Um Anreize für private Investitionen zu schaffen, möchte die Bundesregierung ebenfalls mit ihren öffentlichen Förderbanken kapitalmarktnah Risikoabsicherungen leisten können. Der Zukunftsfonds für Start-ups und Finanzierungsmodelle öffentlicher Infrastrukturinvestitionen bieten Möglichkeiten dafür. Auch kann die Kreditanstalt für Wiederaufbau stärker als Innovations- und Investitionsagentur wirken.

Der Energie- und Klimafonds wird zu einem Klima- und Transformationsfonds weiterentwickelt. Um zusätzliche Mittel für den Fonds bereitzustellen, wurden in einem zweiten Nachtragshaushalt 2021 Mittel im Umfang von 60 Milliarden Euro in den Energie- und Klimafonds übertragen. Die Mittel werden zweckgebunden

für zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen und Maßnahmen zur Transformation der deutschen Wirtschaft zur Verfügung gestellt. Damit sollen die Folgen der Coronapandemie abgefedert werden, indem Investitionen zur Bewältigung des Klimawandels und zur Transformation der deutschen Volkswirtschaft nachgeholt werden. Gleichzeitig sollen die bestehenden Risiken für die Erholung der Wirtschaft und der Staatsfinanzen durch die weltweite Klimakrise bekämpft werden.

Umwelt- und klimaschädliche Subventionen und Ausgaben sollen abgebaut werden. Umwelt- und klimaschädliche Subventionen hemmen die Entwicklung und Wettbewerbsfähigkeit umwelt- und klimafreundlicher Produkte und gefährden das Erreichen der Klimaziele. Gemäß dem 28. Subventionsbericht der Bundes-

Abbildung 47: Anteil nachhaltiger Finanzprodukte am gesamten deutschen Anlagevolumen



Nachhaltige Anlagen: Finanzinstrumente, bei denen ein Mindestanteil in (ökologisch) nachhaltige Investitionen angelegt wird und bei denen Nachhaltigkeitsfaktoren berücksichtigt werden. Als nachhaltig erfasst sind hierbei sämtliche Produkte, welche als Artikel-8- oder Artikel-9-Produkte laut Offenlegungsverordnung (OffVVO) klassifiziert wurden.

Quelle: FNG (2022)

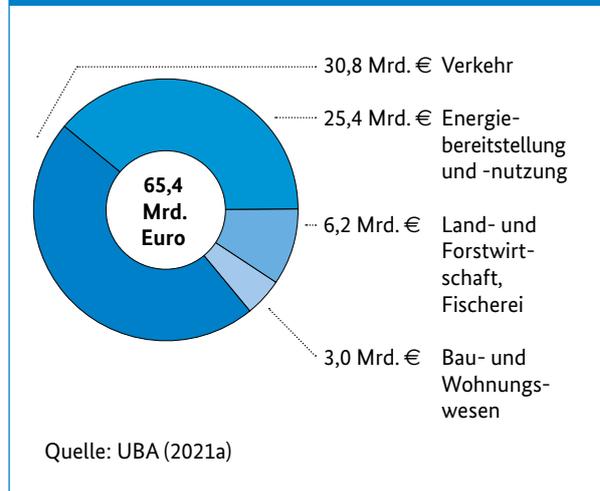
regierung weisen Steuervergünstigungen in Höhe von etwa 7 Milliarden Euro eine klimaschädliche Wirkung auf. Nach Schätzungen des Umweltbundesamts beliefen sich alle expliziten und impliziten umweltschädlichen Subventionen in Deutschland im Jahr 2018 auf insgesamt 65,4 Milliarden Euro (Abbildung 48).

Die Bundesregierung möchte eine Investitionsprämie für Klimaschutz und digitale Wirtschaftsgüter schaffen. Diese soll Steuerpflichtigen ermöglichen, zeitlich befristet einen Anteil der Anschaffungs- und Herstellungskosten der Wirtschaftsgüter des Anlagevermögens, die in besonderer Weise diesen Zwecken dienen, vom steuerlichen Gewinn abzuziehen („Superabschreibung“).

Deutschland soll zum führenden Standort nachhaltiger Finanzierung werden. Die Bundesregierung will deshalb angemessene Rahmenbedingungen für nachhaltige Finanzprodukte unterstützen und sich dabei am Leitbild der Finanzstabilität orientieren. Im Jahr 2020 begab der Bund zudem erstmals Grüne Bundeswertpapiere auf der Grundlage etablierter internationaler Marktstandards und des darauf basierenden Rahmenwerks für Grüne Bundeswertpapiere vom 24. August 2020.⁷⁵ Sowohl die Begebungstermine und Emissionsvolumina als auch die Laufzeiten Grüner Bundeswertpapiere haben seit 2020 stetig zugenommen. Auch in den nächsten Jahren sollen weitere Grüne Bundesanleihen begeben werden. Die dadurch entstehende grüne Renditekurve dient als Leitgröße und festigt die Benchmarkfunktion des Emittenten Bund im grünen Segment. Die Emission Grüner Bundeswertpapiere ist zudem mit einem umfassenden Reporting verbunden. Damit schafft die Bundesregierung Transparenz über die Ausgaben des Bundes für Klima- und Umweltschutz.

Die Bundesregierung setzt sich zudem dafür ein, dass auf europäischer Ebene ein einheitlicher, glaubwürdiger Transparenzstandard für Nachhaltigkeitsinformationen für Unternehmen gesetzt wird. Auch unterstützt sie europäische Mindestanforderungen im Markt für „ESG-Ratings“ (Englisch: Environmental, Social and Governance; Umwelt, Soziales und Unternehmensführung) und die verbindliche Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsrisiken in Kreditratings der großen Ratingagenturen. Zudem sollen ökologische und gegebenenfalls soziale Werte im Dialog mit der Wirtschaft in bestehende Rechnungslegungsstandards integriert werden, beginnend mit Treibhausgasemissionen.

Abbildung 48: Umweltschädliche Subventionen im Jahr 2018



Die Bundesregierung unterstützt auch das sich bereits im Trilog befindende Vorhaben der Europäischen Kommission, eine „Corporate Sustainability Reporting Directive“ zu entwickeln. Diese Richtlinie soll große Unternehmen dazu verpflichten, Informationen über die Art und Weise offenzulegen, wie sie mit sozialen und ökologischen Herausforderungen umgehen. Die Bundesregierung wird zudem auf Basis der Empfehlungen des Sustainable-Finance-Beirats eine glaubwürdige Sustainable-Finance-Strategie mit internationaler Reichweite einführen. Die Sustainable-Finance-Strategie verfolgt dabei fünf Ziele:

- Nachhaltiges Finanzwesen (Sustainable Finance) weltweit und europäisch voranbringen
- Chancen ergreifen, Transformation finanzieren, Nachhaltigkeitswirkung verankern
- Risikomanagement der Finanzindustrie gezielt verbessern und Finanzmarktstabilität gewährleisten
- Finanzstandort Deutschland stärken und Expertise ausbauen
- Bund als Vorbild für Sustainable Finance im Finanzsystem etablieren⁷⁶

Der Sustainable-Finance-Beirat wird als unabhängiges und effektives Gremium fortgeführt.

5. Glossar

Bruttoendenergieverbrauch

Der Bruttoendenergieverbrauch berücksichtigt zusätzlich zum Endenergieverbrauch auch die Eigenverbräuche der Erzeugungsanlagen und die Übertragungsverluste. Er ist die Bezugsgröße für die Berechnung des Anteils der erneuerbaren Energien nach Richtlinie 2009/28/EG des europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen.

CO₂-Äquivalente

Einheit für das Treibhauspotenzial eines Gases, um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen. CO₂-Äquivalente geben an, welche Menge eines Gases in einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren die gleiche Treibhauswirkung entfalten würde wie CO₂.

Dekarbonisierung

Umstellung von Gesellschafts- und Wirtschaftssystemen mit dem Ziel einer Abkehr von der Nutzung von kohlenstoffhaltigen Energieträgern.

EEG-Umlage

Die EEG-Umlage wurde im Jahr 2000 eingeführt. Auch „Ökostromumlage“ genannt, diente sie dazu, die Förderung des Ausbaus von Solar-, Wind-, Biomasse- und Wasserkraftwerken zu finanzieren. Sie wurde bisher bei den Endkunden über die Stromrechnung erhoben. Die Einnahmen aus der EEG-Umlage flossen auf das sogenannte EEG-Konto der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB). Zum 1. Juli 2022 wurde die EEG-Umlage dauerhaft abgeschafft. Der Finanzierungsbedarf für die erneuerbaren Energien wird künftig über den Bundeshaushalt ausgeglichen, die ÜNB erhalten dafür einen Anspruch gegenüber der Bundesrepublik Deutschland auf den Ausgleich der Kosten.

Effort Sharing

Effort Sharing hat eine gerechte Lastenteilung bei der Reduktion von Treibhausgasen in der europäischen Klimapolitik zum Ziel und teilt dem-

entsprechend jedem Mitgliedstaat jährlich ein Emissionsbudget zu, welches sich auf Grundlage des Pro-Kopf-Einkommens der Mitgliedstaaten berechnet. Die EU-Klimaschutzverordnung (Englisch: Effort Sharing Regulation, ESR) schreibt in diesem Sinne für den Zeitraum bis 2030 verbindliche Emissionsreduktionsziele für jeden EU-Mitgliedstaat vor.

Emissionshandelssystem EU-ETS

Das EU-ETS ist ein Handelssystem mit einer festen Obergrenze, die das Gesamtvolumen der Emissionen Treibhausgase begrenzt, die unter das EU-ETS fallende Anlagen ausstoßen dürfen. Die Obergrenze wird im Laufe der Zeit verringert, so dass die Gesamtemissionen zurückgehen. Innerhalb dieser Obergrenze erhalten oder erwerben Unternehmen Emissionszertifikate (durch Versteigerungen), mit denen sie nach Bedarf handeln können. Jedes Unternehmen ist verpflichtet, am Jahresende genügend Zertifikate für seine gesamten Emissionen vorzulegen. Anderenfalls drohen hohe Strafgeldern.

Endenergie

Als Endenergie bezeichnet man denjenigen Teil der Primärenergie, der die Verbraucherinnen und Verbraucher nach Abzug von Transport- und Umwandlungsverlusten erreicht, zum Beispiel als Fernwärme, Strom, Benzin, Heizöl, Erdgas, Biogas und Wasserstoff.

Expertenrat für Klimafragen

Der Expertenrat für Klimafragen besteht aus fünf renommierten Menschen aus der Wissenschaft, die von der Bundesregierung berufen wurden, um sie bei der Anwendung des Klimaschutzgesetzes zu unterstützen. Die Aufgaben des Expertenrats sind ebenfalls im Bundesklimaschutzgesetz festgelegt: Der Rat nimmt Stellung, wenn die Bundesregierung plant, die zulässigen Jahresemissionsmengen im Klimaschutzgesetz zu ändern, den Klimaschutzplan fortschreibt und weitere Klimaschutzprogramme beschließt. Darüber hinaus können der Bundestag oder die Bundesregierung den Rat mit der Erstellung von Sondergutachten beauftragen.

Klimaneutralität

Laut IPCC beschreibt Klimaneutralität einen Zustand, in dem menschliche Aktivitäten keine Nettoauswirkungen auf das Klimasystem haben. Demnach müssten alle Handlungen unterlassen oder ausgeglichen werden, die das Klimasystem beeinflussen durch Treibhausgasemissionen, aber auch durch biogeophysikalische Effekte. Dazu zählen Emissionen von kühlenden Aerosolpartikeln, die Verursachung von wärmenden Kondensstreifen sowie Landnutzungsänderungen, die zu veränderten Reflexions- und Absorptionseigenschaften der Erdoberfläche für die Sonnenstrahlung führen („Albedo-Effekt“).

Kreislaufwirtschaft

Modell der Produktion und des Verbrauchs, bei dem bestehende Materialien und Produkte so lange wie möglich geteilt, wiederverwendet, repariert, aufgearbeitet und recycelt werden. Auf diese Weise sollen der Lebenszyklus der Produkte verlängert und Abfälle auf ein Minimum reduziert werden. Die Kreislaufwirtschaft steht im Gegensatz zum traditionellen, linearen Wirtschaftsmodell („Wegwerfwirtschaft“).

Primärenergieverbrauch

Rechnerisch genutzter Energiegehalt eines natürlich vorkommenden Energieträgers wie zum Beispiel Sonne oder Erdöl, bevor er in eine andere Energieform, in sogenannte Sekundärenergieträger, umgewandelt wird. Primärenergieverbrauch bezieht sich also auf die Energie, die direkt in den Energiequellen vorhanden ist.

Senke (auch Kohlenstoffsenke)

Reservoir, das zeitweilig oder dauerhaft Kohlenstoff aufnimmt und speichert. Bedeutende Senken sind Wälder und Ozeane.

Stromgestehungskosten

Der gängigste Vergleichswert bei der Stromerzeugung sind die Stromgestehungskosten. Die Stromgestehungskosten sind eine Maßeinheit, die die Kosten für die Errichtung und den jährlichen Betrieb einer Anlage ins Verhältnis zur Stromerzeugungsmenge der gesamten Lebensdauer der Anlage setzt.

Treibhauseffekt

Die Treibhausgase heben durch den sogenannten Treibhauseffekt die durchschnittliche Temperatur auf der Erdoberfläche an: Die kurzwelligen Sonnenstrahlen erwärmen die Erdoberfläche. Diese gibt langwellige Infrarotstrahlung ab, welche von den Treibhausgasen zurück zur Erdoberfläche gesendet wird. Dadurch gelangt weniger Energie ins Weltall und die Temperatur auf der Erdoberfläche steigt. Man unterscheidet zwischen dem natürlichen Treibhauseffekt, der seit Entwicklung der Erdatmosphäre immer stattfindet und das Leben auf der Erde erst ermöglicht (ohne natürliche Treibhausgase läge die globale Durchschnittstemperatur bei etwa minus 15 Grad), und dem zusätzlichen anthropogenen (vom Menschen verursachten) Treibhauseffekt.

Treibhausgasneutralität

Wird erreicht, wenn die Summe des Ausstoßes (zum Beispiel durch Verbrennung von Brennstoffen) und der Absorption (zum Beispiel durch natürliche Senken oder zukünftige Technologien) von menschengemachten Treibhausgasemissionen null ergibt.

Wasserstoff

Wasserstoff ist ein Gas und auf der Erde reichlich vorhanden, allerdings fast ausschließlich in chemischen Verbindungen (Wasser, Säuren, Kohlenwasserstoffen etc.). Wasserstoff wird gewonnen, indem man zum Beispiel Wasser (H_2O) in Sauerstoff (O) und Wasserstoff (H_2) aufspaltet. Wasserstoff ist, wenn er unter Zuhilfenahme erneuerbarer Energien hergestellt wird, ein nachhaltiger, flexibel einsetzbarer, leicht transportierbarer und deswegen vielversprechender Energieträger für die Energiewende.

6. Abkürzungsverzeichnis

ANK	Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz
BauGB	Baugesetzbuch
BBPlG	Bundesbedarfsplangesetz
BECCS	Bioenergie mit Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (Englisch: Bioenergy with Carbon Capture and Storage)
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
ca.	circa
CBAM	CO ₂ -Grenzausgleichssystem (Englisch: Carbon Border Adjustment Mechanism)
CCfD	Klimaschutzdifferenzverträge (Englisch: Carbon Contracts for Difference)
CCS	Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (Englisch: Carbon Capture and Storage)
CCU	Kohlenstoffabscheidung und -nutzung (Englisch: Carbon Capture and Utilization)
CH ₄	Methan
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlendioxid
COP	Weltklimakonferenzen (Englisch: Conferences of the Parties)
DACCS	Direkte Kohlenstoffabscheidung aus Luft und Speicherung (Englisch: Direct Air Carbon Capture and Storage)
DACCUS	Direkte Kohlenstoffabscheidung aus Luft mit anschließender Nutzung in langlebigen Produkten (Englisch: Direct Air Carbon Capture, Utilization and Storage)
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DWD	Deutscher Wetterdienst
EEA	Europäische Umweltagentur (Englisch: European Environment Agency)
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
F-Gase	Fluorierte Treibhausgase
EKBG	Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetz
EnSiG	Energiesicherungsgesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
ESR	EU-Klimaschutzverordnung (Englisch: Effort Sharing Regulation)
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
EU-ETS	EU-Emissionshandelssystem (Englisch: EU Emissions Trading System)
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GEG	Gebäudeenergiegesetz
Gt	Gigatonne(n)
°C	Grad Celsius
GW	Gigawatt
h	Stunde(n)
H ₂	Wasserstoff
H ₂ O	Wasser
IEA	Internationale Energieagentur
IKI	Internationale Klimaschutzinitiative
IPCC	Weltklimarat (Englisch: Intergovernmental Panel on Climate Change)
IPCEI	Wichtiges Vorhaben von gemeinsamem europäischen Interesse (Englisch: Important Project of Common European Interest)

JETPs	Partnerschaften für eine gerechte Energiewende (Englisch: Just Energy Transition Partnerships)
kWh	Kilowattstunde(n)
Lkw	Lastkraftwagen
LTS	Langzeitstrategien (Englisch: Long-term strategies)
LULUCF	Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (Englisch: Land Use, Land-Use Change and Forestry)
min.	mindestens
Mio.	Millionen
MJ	Megajoule
mm	Millimeter
Mrd.	Milliarde
N ₂ O	Lachgas oder Distickstoffmonoxid
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz
NDCs	National festgelegte Beiträge (Englisch: Nationally Determined Contributions)
NH ₃	Ammoniak
NKI	Nationale Klimaschutzinitiative
NO	Stickstoffmonoxid
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pkw	Personenkraftwagen
ppm	Anteile pro Million (Englisch: parts per million)
PV	Photovoltaik
t	Tonne(n)
TWh	Terawattstunde(n)
u. a.	unter anderem
UBA	Umweltbundesamt
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
WindBG	Windflächenbedarfsgesetz
WindSeeG	Windenergie-auf-See-Gesetz

7. Endnoten

1. IPCC (2021b)
2. IPCC (2021c)
3. Climate College (2016), Met Office (2022), NOAA (2022)
4. WMO (2022), im IPCC-Bericht wird auf Basis des Durchschnitts der Jahre 2011 bis 2020 von einem globalen Temperaturanstieg von 1,09 °C gegenüber 1850 bis 1900 ausgegangen (www.ipcc.ch, S. 9)
5. GEOMAR (2018)
6. IPCC (2021c)
7. IPCC (2021c), NASA (2022)
8. Kixmüller, Jan (2022)
9. IPCC (2021c)
10. IPCC (2021c)
11. IPCC (2022a)
12. IPCC (2022a)
13. IPCC (2022b)
14. IPCC (2022b), IPCC (2022c)
15. IPCC (2022a)
16. DWD (2021)
17. Deutsches Klima-Konsortium et al. (2021)
18. DWD (2022c)
19. DWD (2022c)
20. IPCC (2022a)
21. UBA (2021b)
22. BMEL (2022a)
23. DFWR (2021)
24. BMEL (2021a)
25. BMWK (2022c)
26. BMWK (2022c)
27. EEA (2021c)
28. EEA (2022)
29. Europäische Kommission (2021a)
30. Europäische Kommission (2021b), Europäische Kommission (2022)
31. Europäische Kommission (2021c)
32. Auswärtiges Amt (2021)
33. EDGAR (2021)
34. BMWK (2022c)
35. UBA (2022a)
36. UBA (2022a)
37. Agora Energiewende (2022b)
38. AG Energiebilanzen (2022)
39. UBA (2022g)
40. Bundesnetzagentur (2022a)
41. Destatis (2022c)
42. BMWK (2020b)
43. Bundesnetzagentur (2022b)
44. dena (2019)
45. DIW (2020)
46. BMUV (2021c)
47. Ecornet (2022)

48. Bundesregierung (2022b)
49. BMUV (2021c)
50. UBA (2022c)
51. BMEL (2022b)
52. BMEL (2022c)
53. UBA (2021c)
54. BMUV (2021c)
55. Destatis (2021)
56. BMEL (2021b)
57. DLR (2022)
58. Bundesrat (2021)
59. Fünf zentrale aktuelle Klimaneutralitätsstudien für Deutschland sind die „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3“ des BMWK, „Klimaneutrales Deutschland 2045“ von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende, „Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft“ des BDI, die dena-Leitstudie „Aufbruch Klimaneutralität“ sowie der Modell- und Szenarienvergleich „Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045“ des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Ariadne-Konsortiums. Einen Überblick zu den fünf Studien gibt das Ariadne-Projekt unter: www.ariadneprojekt.de
60. Agora Energiewende (2021)
61. Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2021)
62. Ariadne-Projekt (2021b)
63. BMUV (2021b)
64. FfE (2022)
65. Bundesnetzagentur (2021)
66. IAB (2022)
67. Deutscher Bundestag (2021)
68. „Software as a Service“ beschreibt ein Modell, bei dem Software den Kundinnen und Kunden als Dienstleistung angeboten wird, auf welche sie mit passender IT-Hardware zugreifen. Die Software selbst und die dazugehörige IT-Infrastruktur wird von externen Dienstleistern betrieben.
69. BMUV (2021b)
70. BMWK (2022d)
71. BMWK (2021a)
72. UBA (2021d)
73. Ergebnisse des BMWK-UBA-Projekts „Wirkungspotenzial kommunaler Maßnahmen für den nationalen Klimaschutz. Auswirkungen flächendeckender strategischer Klimaschutzelemente und deren Potenzial für die NKI“.
74. Vorabveröffentlichung „Klimaschutzpotenziale in Kommunen. Quantitative und qualitative Erfassung von Treibhausgasreduzierungsmaßnahmen in Kommunen“: www.umweltbundesamt.de
75. Deutsche Finanzagentur (2022)
76. BMF (2021)

8. Literaturverzeichnis

- AG Energiebilanzen (2022): Bruttostromerzeugung in Deutschland nach Energieträgern. www.ag-energiebilanzen.de
- Agora Energiewende & Guidehouse (2021): Making renewable hydrogen cost-competitive. www.static.agora-energiewende.de
- Agora Energiewende (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe: Schlussfolgerungen aus Sicht von Agora Verkehrswende und Agora Energiewende. www.agora-energiewende.de
- Agora Energiewende (2020): A Clean Industry Package for the EU. www.agora-energiewende.de
- Agora Energiewende (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. www.agora-energiewende.de
- Agora Energiewende (2022): Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2021. www.static.agora-energiewende.de
- Ariadne-Projekt (2021a): Kurzdossier: Durchstarten trotz Unsicherheiten – Eckpunkte einer anpassungsfähigen Wasserstoffstrategie. www.ariadneprojekt.de
- Ariadne-Projekt (2021b): Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 – Szenarien und Pfade im Modellvergleich. www.ariadneprojekt.de
- Auswärtiges Amt (2021): Außenministerin Baerbock zu Beginn ihrer Antrittsreise. www.auswaertiges-amt.de
- BDEW (2022): Entwicklung der Beheizungsstruktur im Neubau – Baugenehmigungen von Wohnungen. www.bdew.de
- BMEL (2021a): Waldbericht der Bundesregierung 2021. www.bmel.de
- BMEL (2021b): Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2020. www.bmel.de
- BMEL (2022a): Massive Schäden – Einsatz für die Wälder. www.bmel.de
- BMEL (2022b): Öko-Landbau stärken: Zukunftsstrategie ökologischer Landbau. www.bmel.de
- BMEL (2022c): Regierungserklärung von Bundesminister Cem Özdemir im Deutschen Bundestag am 14. Januar 2022. www.bmel.de
- BMDV (2022): Verkehr in Zahlen 2021/2022. www.bmvi.de
- BMF (2021): Deutsche Sustainable Finance-Strategie. www.bundesfinanzministerium.de
- BMUV (2021a): Eckpunkte für eine Förderrichtlinie Klimaschutzverträge zur Umsetzung des Pilotprogramms „Carbon Contracts for Difference“. www.bmuv.de
- BMUV (2021b): GreenTech made in Germany 2021: Umwelttechnik-Atlas für Deutschland. www.bmuv.de
- BMUV (2021c): Projektionsbericht der Bundesregierung 2021. www.bmuv.de
- BMWK (2020a): Was sind eigentlich Carbon Contracts for Difference? www.bmwi-energiewende.de
- BMWK (2020b): Bundeskabinett beschließt höheren CO₂-Preis, Entlastungen bei Strompreisen und für Pendler. www.bmwk.de
- BMWK (2021a): Wirtschaftspolitik im Fokus: Die Elektromobilität boomt. www.bmwk.de
- BMWK (2021b): Deutschland wird Wasserstoff-Land. www.bmwi-energiewende.de
- BMWK (2022a): Energiedaten: Gesamtausgabe. www.bmwk.de
- BMWK (2022b): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. www.erneuerbare-energien.de
- BMWK (2022c): Eröffnungsbilanz Klimaschutz. www.bmwk.de
- BMWK (2022d): Batterien „made in Germany“ – ein Beitrag zu nachhaltigem Wachstum und klimafreundlicher Mobilität. www.bmwk.de
- BMWK (2022e): Überblickspapier: Beschleunigung des Ausbaus erneuerbarer Energien und Erweiterung der Vorsorgemaßnahmen. www.bmwk.de
- BSH (2022): Daten. www.bsh.de
- Bundesnetzagentur (2021): Versorgungsunterbrechungen Strom 2020. www.bundesnetzagentur.de
- Bundesnetzagentur (2022a): Kohleausstieg. www.bundesnetzagentur.de

- Bundesnetzagentur (2022b): Elektromobilität: Öffentliche Ladeinfrastruktur. www.bundesnetzagentur.de
- Bundesrat (2021): Erläuterung, 1014. BR, 17.12.21. www.bundesrat.de
- Bundesregierung (2021a): Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP. www.bundesregierung.de
- Bundesregierung (2021b): Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See (Windenergie-auf-See-Gesetz - WindSeeG). www.gesetze-im-internet.de
- Bundesregierung (2021c): Klimaschutzgesetz 2021. www.bundesregierung.de
- Bundesregierung (2022a): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2021). www.gesetze-im-internet.de
- Bundesregierung (2022b): Sofortprogramm 2022: Zusätzliches Geld für den Klimaschutz. www.bundesregierung.de
- Bundesregierung (2022c): Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor. www.bgbl.de
- Climate Analytics, NewClimate Institute (2021): The Climate Action Tracker. www.climateactiontracker.org
- Climate College (2016): Historical greenhouse gas concentrations for climate modelling (CMIP6). www.climatecollege.unimelb.edu.au
- dena (2019): Alternative Antriebe in Deutschland. www.dena.de
- Destatis (2021): Kohlenstoffbilanz des Waldökosystems. www.destatis.de
- Destatis (2022a): Schadholzeinschlag 2021 auf 50,5 Millionen Kubikmeter gesunken. www.destatis.de
- Destatis (2022b): Holzeinschlag. www.destatis.de
- Destatis (2022c): Mobilitätsindikatoren auf Basis von Mobilfunkdaten. www.destatis.de
- Deutscher Bundestag (2021): Neue Arbeitsplätze in Kohleregionen. www.bundestag.de
- Deutsche Finanzagentur (2022): Grüne Bundeswertpapiere – die grünen Zwillingusanleihen des Bundes. www.deutsche-finanzagentur.de
- Deutsches Klima-Konsortium et al. (2021): Was wir heute übers Klima wissen: Basisfakten zum Klimawandel, die in der Wissenschaft unumstritten sind. www.deutsches-klima-konsortium.de
- DFWR (2021): Abschätzung der ökonomischen Schäden der Extremwetterereignisse der Jahre 2018-2020 in der Forstwirtschaft. www.dfwr.de
- DIW (2020): Wärmemonitor: Deutsche Haushalte heizen etwas weniger – CO₂-Emissionen sinken kaum. www.diw.de
- DLR (2022): Sorge um den deutschen Wald. www.dlr.de
- DWD (2021): Deutschlandwetter im Jahr 2021. www.dwd.de
- DWD (2022a): Climate Data Center – Regional Averages. www.opendata.dwd.de
- DWD (2022b): Zeitreihen und Trends. www.dwd.de
- DWD (2022c): Deutschlandwetter im Winter 2021/22. www.dwd.de
- Ecornet (2022): Studie: Energetische Sanierungen zentral für Klimaschutz und bezahlbares Wohnen. www.ecornet.berlin
- EDGAR (2021): GHG emissions of all world countries - 2021 Report. www.edgar.jrc.ec.europa.eu
- EEA (2021a): EEA greenhouse gases - data viewer. www.eea.europa.eu
- EEA (2021b): Approximated estimates for greenhouse gas emissions. www.eea.europa.eu
- EEA (2021c): Trends and projections in Europe 2021. www.eea.europa.eu
- EEA (2022): The EU Emissions Trading System in 2021: trends and projections. www.eea.europa.eu
- Europäische Kommission (2021a): The Effort Sharing Regulation. www.ec.europa.eu
- Europäische Kommission (2021b): Vorschlag für eine Änderung der Richtlinie (EU) 2018/2001. www.eur-lex.europa.eu
- Europäische Kommission (2021c): Energy efficiency statistics. www.ec.europa.eu
- Europäische Kommission (2022): REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition. www.ec.europa.eu
- Eurostat (2021a): SHARES (Erneuerbare Energien). www.ec.europa.eu
- Eurostat (2021b): Primärenergieverbrauch. www.ec.europa.eu

- Eurostat (2022): Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch. www.ec.europa.eu
- FFE (2022): Deutsche Strompreise an der Börse EPEX Spot in 2021. www.ffe.de
- FNG (2022): Marktbericht Nachhaltige Geldanlagen 2022 – Deutschland, Österreich und die Schweiz www.forum-ng.org
- GEOMAR (2018): Der Ozean nimmt mehr Wärme auf als vermutet. www.geomar.de
- Guidehouse (2021): The Role of Hydrogen for the Energy Transition in the UAE and Germany. www.guidehouse.com
- IAB (2022): Die Folgen der neuen Klima- und Wohnungsbaupolitik des Koalitionsvertrags für Wirtschaft und Arbeitsmarkt. www.doku.iab.de
- IEA (2022): Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector. www.iea.org
- IPCC (2021a): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. www.ipcc.ch
- IPCC (2021b): Sechster IPCC-Sachstandsbericht (AR6): Beitrag von Arbeitsgruppe I: Naturwissenschaftliche Grundlagen – Hauptaussagen. www.portal-cdn.scnat.ch
- IPCC (2021c): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. www.ipcc.ch
- IPCC (2022a): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. www.ipcc.ch
- IPCC (2022b): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. www.ipcc.ch
- IPCC (2022c): Sechster IPCC-Sachstandsbericht (AR6): Beitrag von Arbeitsgruppe III: Minderung des Klimawandels – Hauptaussagen aus der Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung. www.portal-cdn.scnat.ch
- KBA (2022): Monatliche Neuzulassungen. www.kba.de
- Kixmüller, Jan (2022): Forscher: Hitzerekord in der Antarktis beispiellos. www.background.tagesspiegel.de
- Met Office (2022): HadCrut4 Data. www.metoffice.gov.uk
- NASA (2022): Sea Level. www.climate.nasa.gov
- NOAA (2022): Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. www.gml.noaa.gov
- Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. www.prognos.com
- Thünen-Institut (2022): Zahlen & Fakten – Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft. www.thuenen.de
- UBA (2021a): Umweltschädliche Subventionen: fast die Hälfte für Straßen- und Flugverkehr. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2021b): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2021c): Klimaverträgliche Abfallwirtschaft. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2021d): Innovationsmotor Umweltschutz: Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2022a): Treibhausgasemissionen stiegen 2021 um 4,5 Prozent. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2022b): Erneuerbare Energien in Deutschland: Daten zur Entwicklung im Jahr 2021. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2022c): Emissionsübersichten in den Sektoren des Bundes-Klimaschutzgesetzes (Stand 15.03.2022, veröffentlicht im Rahmen der Pressemitteilung UBA (2022a) www.umweltbundesamt.de
- UBA (2022d): Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgas-Emissionen. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2022e): Abfallaufkommen. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2022f): Beschäftigung und Umweltschutz. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2022g): Erneuerbare Energien in Zahlen. www.umweltbundesamt.de
- WMO (2022): State of the Global Climate 2021. www.library.wmo.int

