



POSITION // SEPTEMBER 2021

Treibhausgasminderung um 70 Prozent bis 2030: So kann es gehen!

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Fachgebiet V 1.2
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

 /umweltbundesamt

 /umweltbundesamt

Autorinnen und Autoren:

Katja Purr, Kai Wehnemann, Frederike Balzer,
Friederike Erxleben, Manuel Hendzlik, Andreas Kahl,
Martin Lange, Benjamin Lünenbürger, Joscha Steinbrenner,
Matthias Weyland

sowie

Anne Biewald, Andreas Burger, Daniel De Graaf, Ulrike
Döring, Traute Fiedler, Matthias Futterlieb, Claudia Gibis,
Caren Herbstritt, Katja Hofmeier, Mirjam Müller, Marie
Plappert, Wolfgang Plehn, Sebastian Plickert, Christopher
Proske, Almut Reichart, Stefan Rother, Dana Ruddigkeit,
Martin Schmied, Jens Schuberth, Kerstin Tews, Herwig
Unnerstall, Carla Vollmer, Claudius Wehner, Jan Weiß

Redaktion:

Katja Purr, Kai Wehnemann

Satz und Layout:

Atelier Hauer + Dörfler GmbH

Publikationen als pdf:

www.umweltbundesamt.de/publikationen

Stand: Dezember 2021

2. Auflage, Korrektur in Abbildung 10

ISSN 2363-8273

POSITION // SEPTEMBER 2021

**Treibhausgasminderung um 70 Prozent
bis 2030: So kann es gehen!**

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	7
1 Zusammenfassung	8
2 Einleitung	10
3 Ziele pariskompatibel gestalten	12
3.1 Nachschärfen der Ziele für 2030	12
3.2 Nachschärfen der Ziele für 2040	13
3.3 Das Grundgesetz ernst nehmen: Jetzt Handeln, um Freiheiten zu wahren	13
4 Erreichbarkeit der neuen Ziele – 2030: 70 % Minderung	14
4.1 Sektorübergreifende Maßnahmen und Instrumente	16
4.2 Energiewirtschaft	21
4.3 Gebäude	25
4.4 Verkehr	27
4.5 Industrie	31
4.6 Landwirtschaft	33
4.7 LULUCF	35
4.8 Abfallwirtschaft und Sonstige	39
Quellenverzeichnis	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Notwendige Schritte für eine Treibhausgasminderung	S. 9
Abbildung 2	Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland	S. 11
Abbildung 3	Entwicklung der verbleibenden Treibhausgasemissionen ausgewählter UBA-Szenarien im Vergleich zu einem globalen 1,5°C-Kurs	S. 12
Abbildung 4	Treibhausgasemissionen im Jahr 2040	S. 13
Abbildung 5	Qualitative Darstellung des kleiner werdenden Handlungsspielraums für Treibhausgasneutralität Mitte des 21. Jahrhundert	S. 14
Abbildung 6	Zusammenfassung Treibhausgasminderung bis 2030	S. 15
Abbildung 7	Klimaschutz und Wettbewerbsfähigkeit stärken: Ein integrierter Ansatz sektorübergreifender und sektorspezifischer Politiken	S. 16
Abbildung 8	Zusammenfassung – Energiewirtschaft	S. 21
Abbildung 9	Ausbauziele nach EEG 2021 und UBA-Vorschlag	S. 23
Abbildung 10	Zusammenfassung – Gebäude	S. 24
Abbildung 11	Zusammenfassung – Verkehr	S. 28
Abbildung 12	Zusammenfassung – Industrie	S. 32
Abbildung 13	Zusammenfassung – Landwirtschaft	S. 33
Abbildung 14	Zusammenfassung – LULUCF	S. 36

Abkürzungsverzeichnis

BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BVerfG	Bundesverfassungsgericht
CCS	Carbon Capture and Storage
CDR	Carbon Dioxide Removal
EU	Europäische Union
EP	Europäisches Parlament
ERK	Expertenrat für Klimafragen
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
KSPr2030	Klimaschutzprogramm 2030
LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry
NDC	National Determined Contribution
NKI	Nationale Klimaschutz Initiative
PtG	Power to Gas
PtH	Power to Heat
PtL	Power to Liquid
PtX	Power to X
SDG	Sustainable Development Goals
UBA	Umweltbundesamt
ÜvP	Übereinkommen von Paris
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

1 Zusammenfassung

Die EU-Beschlüsse zur Steigerung der Treibhausgas-minderung auf mindestens 55 % Minderung (netto) bis 2030 sowie der Beschluss des Bundesverfas-sungsgerichts zum Klimaschutz [BVerfG 2021] haben Dynamik in die deutsche Klimapolitik gebracht. Neue Richtung gibt die beschlossene Novelle des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) mit verschärften Zielen für die einzelnen Sektoren bis 2030 sowie der Gesamt-minderung in 2030 und 2040 vor. Außerdem soll das Umwelthandlungsziel der „Netto-Treibhaus-gasneutralität“ nun bereits im Jahr 2045 erreicht wer-den. Neu dazugekommen, und sehr zu begrüßen, ist ein separates Senkenziel für den Landnutzungssektor LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry).

Obwohl die EU-Ambitionssteigerung ausreichend für einen Beitrag der derzeitigen europäischen Ziele für 2030 sein dürfte, stellen sie noch keinen ausreichen-den Beitrag zum Übereinkommen von Paris dar (vgl. Artikel 4 (1) ÜvP [UNFCCC 2015]). Deutschland sollte vor dem Hintergrund, dass die Wirtschaftstätigkeit noch in sehr hohem Maße auf der Nutzung treibhaus-gasintensiver Techniken und der Nutzung fossiler Energieträger beruht, stärker vorangehen und ein Minderungsziel gegenüber 1990 von mindestens 70 % bis 2030 und mindestens 90 % bis 2040 erreichen. Der damit verbundene Umstieg auf treibhausgasneut-rale Techniken und erneuerbare Energien ist nicht nur mit Blick auf den Klimaschutz geboten, sondern eröff-net auch große wirtschaftliche Chancen. Eine solche Modernisierung unseres Wirtschaftssystems erfordert verstärkte Investitionen in den Klimaschutz, eine konsequente Förderung von Innovationen sowie eine Berücksichtigung sozialer Aspekte, um ein gesamtge-sellschaftliches Verständnis sowie Unterstützung für konsequenten Klimaschutz zu gewinnen.

Der Rahmen für diese nachhaltige Transformation ist gesetzt: Die planetaren Grenzen und die sieb-zehn Nachhaltigen Entwicklungsziele (Sustainable Development Goals, SDGs). Strategien zur Dekarbo-nisierung, Ressourcenschonung, Zirkularität und Biodiversität und den dabei zu hebenden Synergie-effekten untereinander sollten primärer Leitgedanke aller Ressorts einer Bundesregierung sein.

Dieses Papier zeigt die dafür notwendigen Schritte für eine Treibhausgas-minderung gegenüber 1990 von mindestens 70 % bis 2030 auf. Jeder einzelne Schritt birgt komplexe Herausforderungen, betrifft unterschiedliche und zum Teil eine Vielzahl von Akteur*innen, deren gemeinschaftliches Agieren erforderlich ist. Die notwendige Transformation muss auf den unterschiedlichen Ebenen (international, europäisch, national, Bundesland, kommunal), aber dennoch gemeinsam, aktiv forciert werden.

Sollten einzelne Schritte nicht im vollen Umfang gesetzt werden, so wird automatisch die Heraus-forderung in einem anderen Bereich verschärft. Es bestehen und entstehen also komplexe Wirkzusam-menhänge in Abhängigkeit der Umsetzung. Klima-schutzmaßnahmen sind also keineswegs beliebig austauschbar und skalierbar, sondern können nur in Summe die Zielerreichung ermöglichen.

Um dies für den Zeithorizont 2030 zu erreichen sind folgende Schritte umzusetzen: Siehe Seite 9, Abbil-dung 1 „Notwendige Schritte für eine Treibhausgas-minderung“ (Quelle: Umweltbundesamt).

2020:

739 Millionen Tonnen CO₂Äq Ausstoß sowie -16,5 Millionen Tonnen CO₂Äq Senken

ÜBERGREIFEND

- ▶ Wirtschaftlichkeitsgebote auf Treibhausgasneutralität ausrichten
- ▶ BEHG-Festpreise mindestens verdoppeln
- ▶ Ambitionssteigerung im EU ETS durch Cap-Anpassung
- ▶ Steuer- und Abgabensystem zur Sektorkopplung reformieren
- ▶ Investitionshürden abbauen, Planungskapazitäten stärken und Fachkräftebedarfe sichern

ENERGIE

- ▶ Energieverbrauch sektorübergreifend stark mindern
- ▶ nur effiziente Sektorkopplung integrieren
- ▶ Kohleausstieg bis 2030
- ▶ Windenergie an Land – Ausbau auf 7 GW/a erhöhen
- ▶ Photovoltaik – Ausbau auf 10 GW/a erhöhen

-141
Mio. t CO₂Äq

GEBÄUDE

- ▶ Brennstoffeinsatz in Gebäuden beenden:
 - sofort keinerlei neuen Ölheizungen
 - nach 2026 keine neuen Gasheizungen
- ▶ leitungsbundene Wärme ausbauen und auf innovative Wärmesysteme umstellen
- ▶ sofort Zielkompatibler Neubaustandard (mind. EH-40), Sanierungstiefe (mind. EH-55)
- ▶ Sanierungsrate auf mind. 2,5 Prozent erhöhen

-53
Mio. t CO₂Äq

INDUSTRIE

- ▶ aus Kohle bis 2040 aussteigen
- ▶ Prozesswärmeversorgung elektrifizieren
- ▶ Produktionsprozesse auf Wasserstoff (Stahl, Chemie) umstellen
- ▶ Material- und Energieeffizienz erhöhen

-87
Mio. t CO₂Äq

VERKEHR

- ▶ Verkehr verursachergerecht bepreisen
- ▶ Umweltverbund stärken durch Ausbau der Infrastruktur und sichergestellte Finanzierung
- ▶ Planung und Verkehrsrecht an die Erfordernisse der Verkehrswende anpassen
- ▶ Ausstieg aus dem Verbrennungsmotor bei neuen Pkw 2032 bis 2035
- ▶ Ausstieg aus dem reinen Verbrennungsmotor bei neuen Lkw 2035 bis 2038

-61
Mio. t CO₂Äq

LANDWIRTSCHAFT

- ▶ Konsum tierischer Produkte auf eine aus Umweltsicht nachhaltige und gesunde Menge reduzieren
- ▶ Stickstoffüberschüsse reduzieren
- ▶ Wirtschaftsdüngervergärung ausbauen

-20
Mio. t CO₂Äq

LULUCF (SENKEN)

- ▶ Wiedervernässung der Moore
- ▶ aktiver Waldumbau und naturnahe Waldbewirtschaftung
- ▶ kein Torfabbau ab 2040
- ▶ Grünlanderhalt
- ▶ Flächenneuanspruchnahme auf weniger als 30 ha/Tag bis 2030 reduzieren

-13
Mio. t CO₂Äq

2030:

Nur noch 373 Millionen Tonnen CO₂Äq Ausstoß (-70 %) sowie -29,5 Millionen Tonnen CO₂Äq Senken

2 Einleitung

Die Sommer in den Jahren 2003, 2018 und 2019 waren in Deutschland die wärmsten seit Beginn der Wetteraufzeichnungen [UBA 2019d]. Die wiederkehrenden Dürren der letzten Jahre zeigen nur den Anfang drastischer Folgen der Klimaerwärmung [IPCC 2021].

Diese Entwicklungen und Zukunftserwartungen erhöhen den Handlungsdruck auf politische Entscheidungsträger und auf die Gesellschaft als Ganzes. Mit der Ratifizierung des Übereinkommens von Paris (ÜvP) haben sich die Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) einvernehmlich verpflichtet, gemeinsam die Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter auf deutlich unter 2 °C zu begrenzen und Anstrengungen zu unternehmen, den Temperaturanstieg bereits bei 1,5 °C zu stoppen [UNFCCC, 2015]. Bisher versuchte die EU, diesen Verpflichtungen als Vertragspartei mit dem Ziel einer Treibhausgasminderung um „mindestens 40 %“ bis 2030 nachzukommen. Deutschland, als Teil der EU, versuchte diesen Verpflichtungen mit dem Klimaschutzplan 2050 aus dem Jahr 2016 [BMU 2016; BMU 2019b] und dem im Jahr 2019 verabschiedeten Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) [BMU 2019a] sowie dem Klimaschutzprogramm 2030 gerecht zu werden.

Vor dem Hintergrund des Ambitionssteigerungsmechanismus des ÜvP hat die EU bereits im Dezember 2020 einen ambitionierteren, national festgelegten Beitrag (National Determined Contribution, NDC) an die UNFCCC übermittelt, konkret eine Treibhausgas-minderung bis 2030 gegenüber 1990 von mindestens 55 % [Umweltrat 2020]. Mit der im April 2021 erzielten Einigung zwischen EU Rat und Parlament wurde diese Ambitionssteigerung durch die Einigung auf

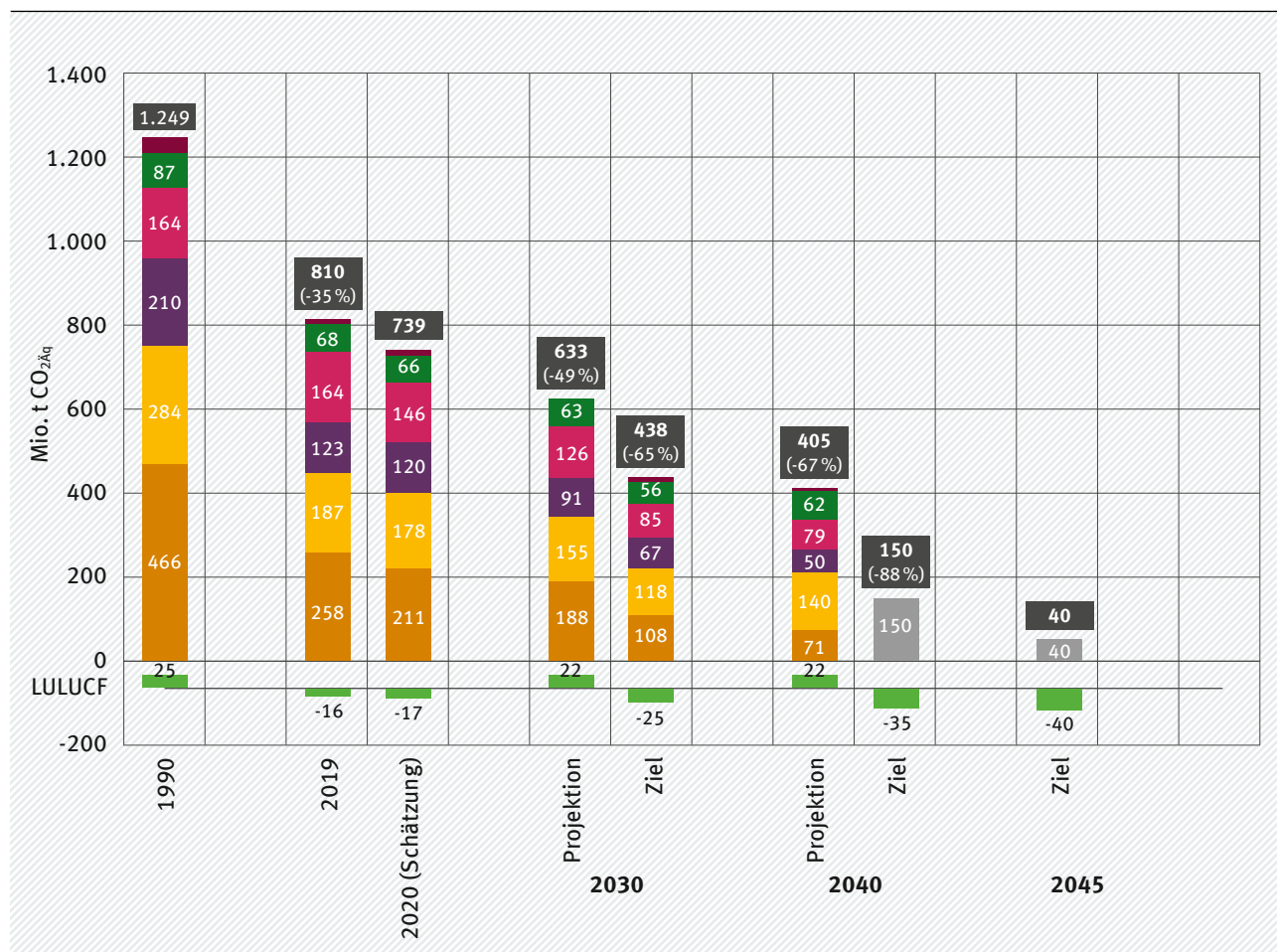
ein europäisches Klimagesetz beschlossen [EP 2021]. Anders als bisher werden in der EU-Zielarchitektur Senken mit in das Gesamtminderungsziel gerechnet, wodurch das Netto-Minderungsziel von 55 % einem Minderungsziel ohne Senken um etwa 53 % entspricht. Als Folge dieser EU-Beschlüsse wurde erwartet, dass auch Deutschland sein Minderungsziel von bisher mindestens 55 % 2030 auf etwa 65 % erhöhen müsse [ERK 2021].

Als Reaktion auf den am 29. April 2021 veröffentlichten Beschluss des Bundesverfassungsgerichtes [BVerfG 2021] zum KSG hat das Bundeskabinett am 12. Mai 2021 eine Novelle des KSG beschlossen [BMU 2021], der am 25. Juni 2021 Bundestag und Bundesrat zustimmten. Diese Novelle beinhaltet sowohl angeschrägte Jahresemissionsmengen zwischen 2023 und 2030 in den einzelnen Sektoren sowie Gesamtminderungsziele zwischen 2030 und 2040 als auch das neue Ziel der „Netto-Treibhausgasneutralität“ bis zum Jahr 2045. Neu dazugekommen ist außerdem ein separates Senkenziel für den Sektor LULUCF. Diese klare Trennung zwischen Treibhausgasminderung und Senken in der Architektur der Klimaschutzziele ist aus Sicht des Umweltbundesamtes (UBA) zu begrüßen, da es das Vorsorgeprinzip und die Generationengerechtigkeit stärkt. Abbildung 2 zeigt die neuen Ziele sowie die aktuellen Treibhausgasprojektionen des Projektionsberichtes 2021. Um die ambitionierten, aber machbaren Ziele der Novelle des KSG zu erreichen, müssen die Anstrengungen deutlich verschärft werden. Ein erstes Sofortprogramm zur Operationalisierung der Gesetzesnovelle beschloss das Bundeskabinett im Juni 2021.

Abbildung 2

Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland

in der Abgrenzung der Sektoren der Novelle des Klimaschutzgesetzes (KSG)



■ Energiewirtschaft
 ■ Industrie
 ■ Gebäude
 ■ Verkehr
 ■ Landwirtschaft
 ■ Abfallwirtschaft und Sonstiges
 ■ LULUCF

Die Aufteilung der Emissionen weicht von der UN-Berichterstattung ab, die Gesamtemissionen sind identisch

Quelle: Umweltbundesamt [UBA 2021a; BReg 2021]

3 Ziele pariskompatibel gestalten

3.1 Nachschärfen der Ziele für 2030

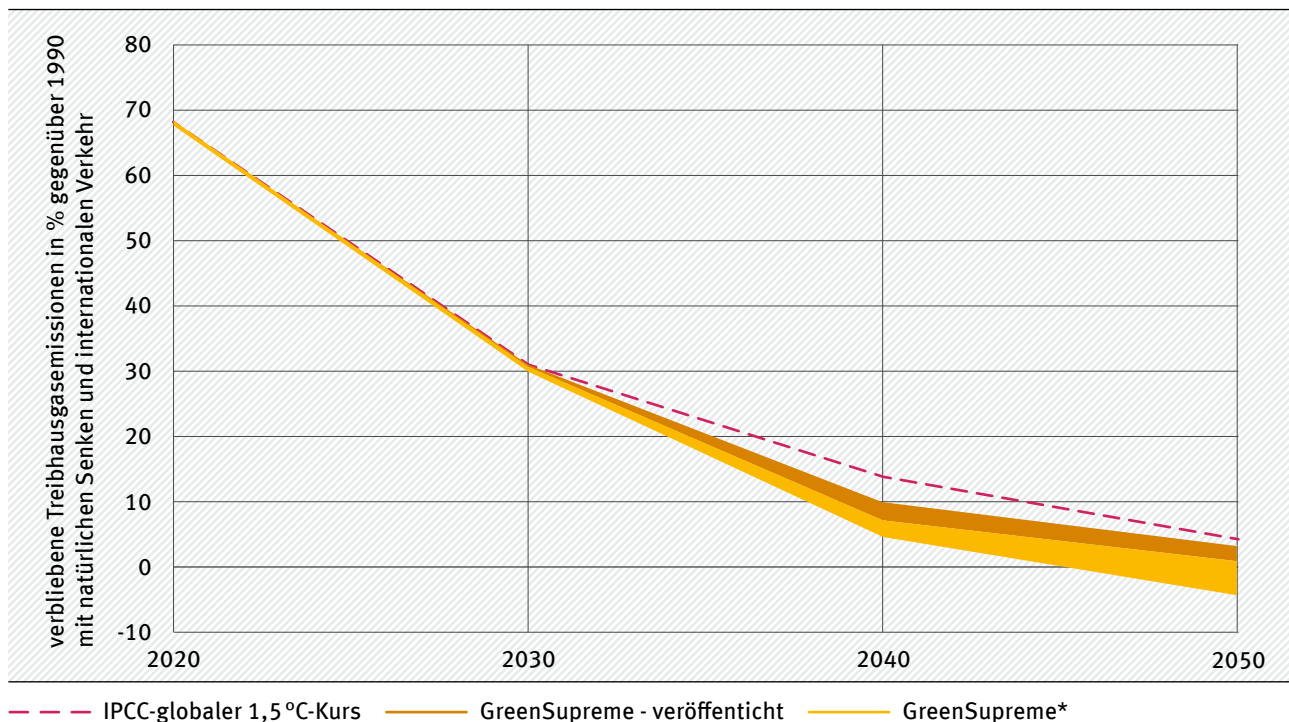
Um die kumulierten Treibhausgasemissionen zu begrenzen und den Transformationspfad zum 1,5°C Ziel [IPCC 2018a] zu erreichen, bedarf es eines schnellen Wandels hin zu einem ausgeprägten und ambitionierten gemeinschaftlichen Verständnis für Klima- und Ressourcenschutz. Aus Sicht des UBA ist eine Treibhausgasemissionen um mindestens 70 % bis 2030 gegenüber 1990 notwendig, damit Deutschland seinem Beitrag zum Übereinkommen von Paris ansatzweise gerecht wird [UBA 2019c].

Diese Treibhausgasemissionen kommt einem globalen Durchschnittspfad für 1,5 °C (IPCC-globaler 1,5 °C-Kurs) am nächsten. Der in Abbildung 3 dargestellte durchschnittliche IPCC-globale 1,5 °C-Kurs [IIASA 2019] stellt einen mittleren Transformationspfad dar, auf dem sich die Weltgemeinschaft in Summe und alle von Menschen verursachten Treibhausgasemissionen bewegen müssen. Er bedeutet nicht, dass jede einzelne Nation exakt diesen Pfad

einhalten muss. Mit dem ÜvP besteht Einvernehmen darüber, dass wohlhabenden Ländern wie Deutschland (und der EU) beim Klimaschutz eine besondere Bedeutung zufällt (vgl. Artikel 4 (1) ÜvP [UNFCCC 2015]). Vor dem Hintergrund, dass der Wohlstand und ein Großteil der Wirtschaftsleistung Deutschlands auf treibhausgasintensiven Techniken und der Nutzung fossiler Energieträger beruht, sollte Deutschland im Vergleich mit anderen Staaten Verantwortung übernehmen, einen entsprechend ambitionierteren Beitrag zur Begrenzung der menschenverursachten Treibhausgasemissionen leisten und sich maximal auf einem globalen Durchschnittspfad für 1,5 °C bewegen, vorzugsweise deutlich darunter. Ergänzend zur umfassenden und schnellen Umsetzung von nationalen Klimaschutzmaßnahmen, sind ambitionierte internationale Kooperation sowie Finanzierung und Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen außerhalb Deutschlands notwendig, um einem global angemessenen Beitrag Deutschlands so nah wie möglich zu kommen.

Abbildung 3

Entwicklung der verbleibenden Treibhausgasemissionen ausgewählter UBA-Szenarien im Vergleich zu einem globalen 1,5 °C-Kurs



Hinweis: Der durchschnittliche IPCC-globale 1,5 °C-Kurs [IIASA 2019] basiert auf unterschiedlichen globalen 1,5 °C-Pfaden und stellt einen mittleren Transformationspfad dar.
Hinweis: GreenSupreme* erreicht abweichend zu GreenSupreme [UBA 2019b] bereits 2045 Treibhausgasneutralität entsprechend der neuen Ziele im KSG [BMU 2021].

Quelle: Umweltbundesamt auf Basis von UBA 2019b

Abbildung 4

Treibhausgasemissionen im Jahr 2040

	Novelle KSG (bei Treibhausgas- neutralität 2045)	GreenSupreme (bei Treibhausgas- neutralität 2045)	GreenSupreme* (bei Treibhausgas- neutralität 2045)
Gesamtemissionen in Mio. t CO ₂ Äq im Jahr 2040	150	150	93,8
Minderung im Jahr 2040 gegenüber 1990 in %	88	88	92,5

Quelle: BMU 2021; Umweltbundesamt auf Basis von UBA 2019b

3.2 Nachschärfen der Ziele für 2040

„Netto-Treibhausgasneutralität“ ist mit der Novellierung des KSG [BMU 2021] bereits für das Jahr 2045 als neues Umwelthandlungsziel formuliert. Dementsprechend sind auch die bisherigen wissenschaftlichen Szenariestudien ambitionierter umzusetzen. Sofern bisher Treibhausgasneutralität dargestellt wurde, erfolgte dies in der Regel bis 2050. Ein „einfaches“ Vorverlegen des Zielpunktes von 2050 auf 2045 wird den Wirkmechanismen und Umsetzungsgeschwindigkeiten von Klimaschutzmaßnahmen nicht gerecht. Vielmehr bedarf es auch Zielanpassungen zwischen 2030 und dem Zielpunkt für Treibhausgasneutralität, 2045. Für das UBA-Szenario GreenSupreme, welches 2030 bereits 70 % Minderung aufzeigt, bedeutet dies, dass der Pfad in der Dekade nach 2030 ambitionierter erfolgen muss. Konkret wird damit eine Minderung im Jahr 2040 um 92,5 % gegenüber 1990 (statt 88 % in der Novelle des KSG [BMU 2021]) auf verbleibende 93,8 Mio. t CO₂Äq über alle Sektoren (ohne LULUCF) erforderlich (siehe Abbildung 4).

3.3 Das Grundgesetz ernst nehmen: Jetzt Handeln, um Freiheiten zu wahren

Wie das Bundesverfassungsgericht [BVerfG 2021] entschied, erfordert unzureichender Klimaschutz in der Gegenwart deutlich tiefere Eingriffe in die Freiheitsrechte in der Zukunft, um noch das durch Art. 20a GG aufgegebene Ziel des Klimaschutzes, das auch auf Klimaneutralität zielt, zu erreichen. Die Grundrechte schützen auch als „intertemporale Freiheitssicherung“ [BVerfG 2021] vor einer einseitigen Verlagerung der Treibhausgasminderungslast in die Zukunft. Bei der Verteilung der Reduktionslasten sind auch die kumulierten Emissionen über den Reduktionspfad hinweg in die Betrachtung einzubeziehen. Das KSG hat diese Idee bereits gesetzlich

verankert, indem es, abgesehen vom LULUCF-Sektor, für alle Sektoren bis zum Jahr 2030 nicht nur Jahresemissionsmengen vorgegeben hat, sondern auch implizit eine Gesamtemissionsmenge verankert hat.¹ In der Novelle des KSG [BMU 2021] sind zudem jährliche Gesamtminderungsziele zwischen 2031 und 2040 festgelegt. Der Mechanismus verlangt, dass die Emissionen in einem Sektor, die über die zulässigen Jahresemissionsmengen hinausgehen, in den Folgejahren kompensiert werden müssen. Dabei werden die zu viel ausgestoßenen Emissionen gleichmäßig auf die Folgejahre aufgeteilt.

Da zur Realisierung von Treibhausgasminderungen Umsetzungsvoraussetzungen und Investitionsnotwendigkeiten bestehen, können Emissionen nicht beliebig zu jedem Zeitpunkt und nicht beliebig im Umfang drastisch gemindert werden. Ein vom UBA vorgeschlagenes 70 %-Ziel bis 2030 setzt also zwingend voraus, dass notwendige klimapolitische Instrumente und Klimaschutz kompatible Investitionsmuster sofort implementiert werden, um künftigen Generationen Freiheiten und Handlungsspielräume zu ermöglichen.

¹ Der Sektor Energiewirtschaft hat einen Sonderstatus, da nicht für jedes Jahr Jahresemissionsmengen vorgegeben sind.

4 Erreichbarkeit der neuen Ziele – 2030: 70 % Minderung

Ambitionierte Ziele zu setzen, wie in Kapitel 3 aufgezeigt, reicht nicht aus. Es bedarf auch einer konsequenten Zielerreichung. Dabei geht es nicht mehr um die Frage, welche Maßnahmen zuerst umgesetzt werden sollten. Es geht vielmehr darum, schnell und in allen Bereichen des Klimaschutzes zielorientiert zu handeln. Zur Beeinflussung der Treibhausgase in der Atmosphäre stehen grundsätzlich drei Strategien zur Verfügung:

1. Vermeidung von Treibhausgasemissionen durch reduzierten Energieverbrauch (durch Effizienz und Suffizienz),
2. Substitution von treibhausgasintensiven durch treibhausgasneutrale oder, dort wo dies technisch nicht möglich ist, treibhausgasarme Techniken und Produkte sowie
3. Senken zur Entnahme von bereits emittiertem CO₂ aus der Atmosphäre (Carbon Dioxide Removal, CDR).

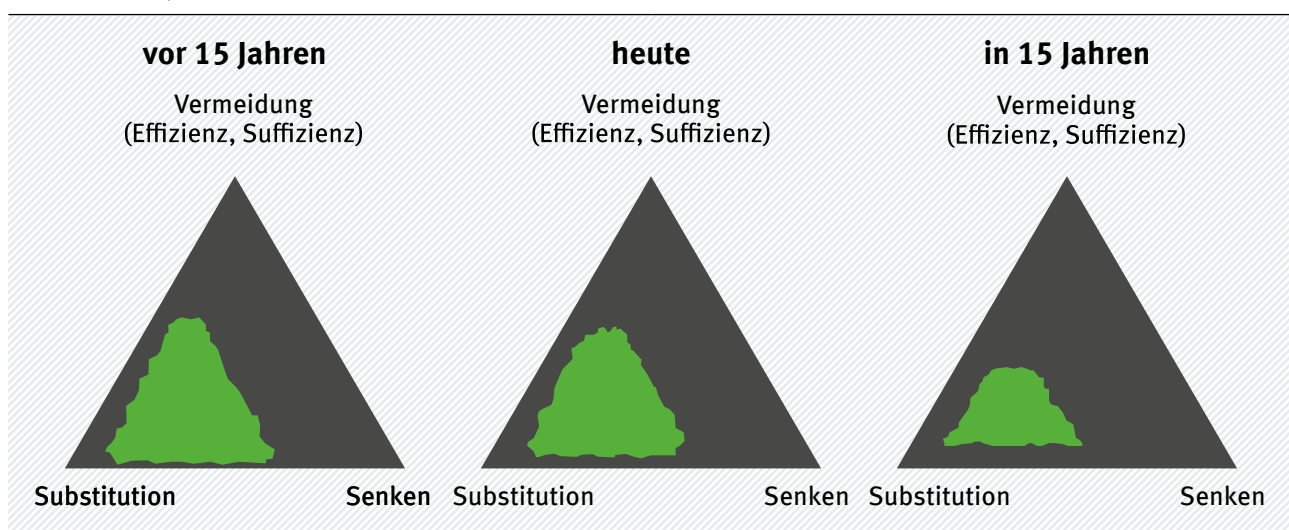
Dabei haben Maßnahmen zur Vermeidung und Substitution im Sinne der Vorsorge die höchste Priorität. Die jeweils möglichen Beiträge der drei Strategien sind begrenzt, beeinflussen sich gegenseitig und verändern sich im Laufe der Zeit, wie Abbildung 5

qualitativ zeigt. Durch das hohe Ambitionsniveau des ÜvP, kombiniert mit der über viele Jahre verschleppten Klimapolitik, sind nahezu sämtliche Klimaschutzmaßnahmen in den Sektoren zur Zielerreichung notwendig, stellen aber auch enorme Herausforderungen dar. Sollte eine Maßnahme nicht im vollen Umfang umsetzbar sein, so wird automatisch die Herausforderung einer anderen Maßnahme verschärft. Es bestehen und entstehen also komplexe Wirkzusammenhänge in Abhängigkeit der Maßnahmenumsetzung, aus denen sich immer wieder Herausforderungen ergeben und verschärfen. Auch sind Maßnahmen in kurzen Zeiträumen nicht beliebig skalierbar, beispielsweise die Integration neuer Techniken, wie der Elektromobilität.

Treibhausgasminderungsansätze zur Vermeidung, also Effizienz und Suffizienz, basieren vor allem auf dem gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Wandel, veränderten Investitionsmustern sowie nachhaltigem Handeln jedes Einzelnen. Auch planerisches und regulatorisches Voranschreiten ist für mittel- und langfristig vorausschauendes Handeln erforderlich. Beispiele sind Verkehrsvermeidung durch kurze Wege (Stadtplanung) oder Senkung des Energiebedarfs durch Sanierungen und effizientere Techniken.

Abbildung 5

Qualitative Darstellung des kleiner werdenden Handlungsspielraums für Treibhausgasneutralität Mitte des 21. Jahrhundert



Handlungsspielraum: ■ Verfügbar ■ Verloren

Für nähere Erläuterungen siehe [UBA 2019c].

Quelle: Umweltbundesamt [UBA 2019c]

Abbildung 6

Zusammenfassung Treibhausgasminderung bis 2030

in Mio. t CO ₂ Äq	altes KSG-Ziel	neues KSG- Ziel	2020	Vorschlag 2030	Minderung gegenüber 1990
Energiewirtschaft	175	108	220,5	80	83 %
Verkehr	95	85	145,6	85	48 %
Gebäude	70	67	120,0	67	68 %
Industrie	140	118	178,1	91	68 %
Landwirtschaft	58	56	66,4	46	49 %
Abfallwirtschaft und Sonstiges	5	4	8,9	4	89 %
Summe	543	438		373	70 %
natürliche Senke		- 25		-25 bis -29,5	

Quelle: Umweltbundesamt

Werden Minderungsmaßnahmen zur Vermeidung zu spät ergriffen, kann das Potential dieser Strategie nicht mehr voll ausgeschöpft werden und der mögliche Beitrag zur Treibhausgasneutralität verringert sich. Damit erhöht sich der bereits vorhandene Druck auf die Herausforderungen der Strategien zur Substitution.

Beispiele für Substitution sind die Energieversorgung auf erneuerbare Energien umzustellen, kohlebasierte Stahlerzeugung auf erneuerbare wasserstoffbasierte Techniken oder treibhausgasintensiven Zement durch alternative Bindemittel oder Baustoffe zu ersetzen.

Hierfür sind frühzeitig Forschungs- und Entwicklungsprozesse zu initiieren und notwendige Infrastrukturen auszubauen. Der erforderliche Ausbau an erneuerbaren Energien muss rechtzeitig gestaltet und erforderliche Investitionen in allen Bereichen getätigt werden, um einen möglichst hohen Minderungsbeitrag bei der Substitution bis 2045 gewährleisten zu können. Gelingt dies weder im erforderlichen Umfang noch rechtzeitig, verschärft sich der bereits vorhandene Druck auf die Senken, wie in Abbildung 5 qualitativ beschrieben. Es bedarf also einer sektorübergreifenden Strategie, die konsequente Energieeinsparung, den ambitionierten Ausbau der erneuerbaren Energien, weitestgehende Dekarbonisierung sowie die Defossilisierung in allen Bereichen ermöglicht.

Ein solches ambitioniertes Vorgehen hat das UBA in der RESCUE-Studie im Szenario „GreenSupreme“ ausführlich aufgezeigt [UBA 2019b]. Dabei wurde ein schnelles sektorübergreifendes Handeln mit hohen Innovations- und Investitionsgeschehen und einem gesellschaftlichen Konsens für konsequenten Klima- und Ressourcenschutz² unterstellt. Dieser Weg wurde bisher in der Politik noch nicht im ausreichenden Umfang aufgegriffen, so dass seit der Studie 2019 erneut wertvolle Zeit zur Begrenzung der kumulierten Treibhausgasemissionen verloren ging. Dies bedeutet, dass vor dem Hintergrund der Wirkmechanismen, beispielsweise genehmigungsrechtliche Zeitspannen beim Auf- und Umbau von Techniken und deren Infrastrukturen, die im GreenSupreme vorgeschlagenen Maßnahmen nicht mehr vollumfänglich ihre Wirkung entfalten können und entsprechend noch größere Anstrengungen in einem kürzeren Zeitraum erforderlich sind, um die gleiche Treibhausgasminderung zu erreichen.

Welche zentralen Schritte für eine Treibhausgasminderung um 70 % bis 2030 gegenüber 1990 in den einzelnen Sektoren notwendig sind, wird nachfolgend in den Abschnitten 4.1 bis 4.8 dargestellt. Im Ergebnis wird deutlich, dass sektorübergreifend Klima- und

² In RESCUE wurde die Inanspruchnahme von Rohstoffen (Biomasse, Metallerze, nicht-metallische Mineralien und fossile Energieträger) im Zeitverlauf betrachtet.

Ressourcenschutz im alltäglichen Denken und Handeln die Basis einer nachhaltigen Entwicklung sind. Eine Änderung des täglichen Konsumverhaltens und ein Übergang zu einem zirkulären Wirtschaften ist notwendig, um den Druck auf die natürlichen Ressourcen zu entlasten und eine generationengerechte, nachhaltige Treibhausgasneutralität zu gewährleisten. Die Erkenntnis, dass ambitionierter Klimaschutz gemeinsam mit anspruchsvoller Ressourcenschonung erreichbar ist, wie auch die RESCUE-Studie eindrücklich belegt, muss bei der Gestaltung des Weges zur Treibhausneutralität mitgedacht werden. Auch die Verbindung mit der Biodiversität ist konsequent mitzugestalten.

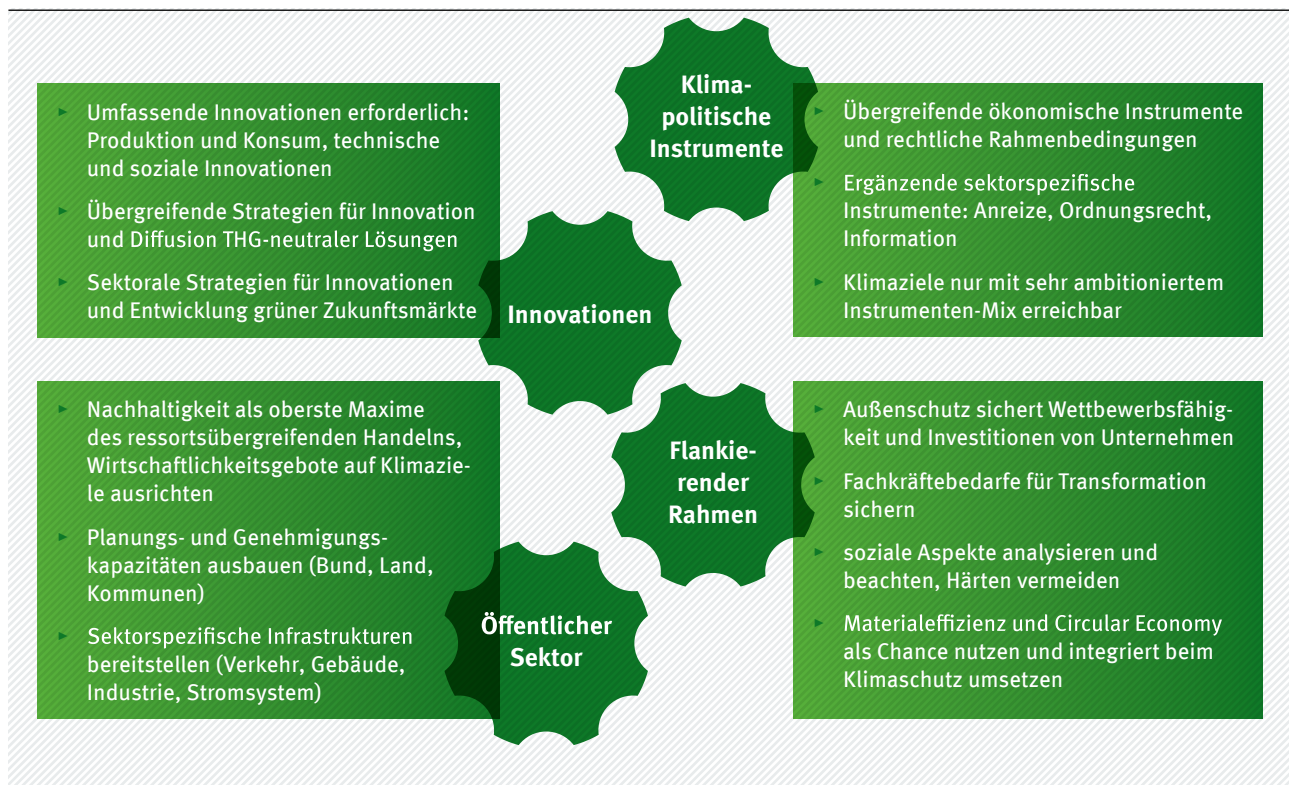
4.1 Sektorübergreifende Maßnahmen und Instrumente

Eine treibhausgasneutrale Wirtschaft und entsprechende Konsumweisen erfordern einen tiefgreifenden ökologischen Strukturwandel und darauf gerichtete Rahmenbedingungen. Dafür ist ein integrierter Ansatz sektorübergreifender und sektorspezifischer

Politiken erforderlich. Abbildung 7 zeigt, dass es dabei um Innovationen, ökonomische Rahmenbedingungen, die Transformation des öffentlichen Sektors und um einen flankierenden Rahmen geht. Eine ambitionierte CO₂-Bepreisung ist dabei nur ein – gleichwohl aber zentrales – Element. Nötig sind zudem ordnungsrechtliche Instrumente, z. B. für einen schnellen Ausstieg aus treibhausgasintensiven Prozessen und Techniken. Der Aufbau nachhaltiger Infrastrukturen, Förderung treibhausgasneutraler Techniken, Förderprogramme zur energetischen Gebäudesanierung oder Dekarbonisierung der Industrie u. v. m. erfordern immense Investitionen, die neben privaten Geldgebern zu einem erheblichen Teil auch durch öffentliche Haushalte finanziert werden müssen. Nicht zuletzt müssen im Bereich der beruflichen Ausbildung Grundlagen geschaffen werden, mit deren Hilfe technische Innovationen in der Praxis umgesetzt werden können.

Abbildung 7

Klimaschutz und Wettbewerbsfähigkeit stärken: Ein integrierter Ansatz sektorübergreifender und sektorspezifischer Politiken



Quelle: Umweltbundesamt

Das Vorziehen der Treibhausgasneutralität auf 2045 erfordert, unmittelbar auf dauerhaft nachhaltige Techniken zu wechseln – wo immer investiert wird. Die Zeit für „Brückenlösungen“ ist verstrichen.

Klimaschutzinnovationen und Aufbau neuer Märkte für klimafreundliche Techniken und Produkte fördern

Innovations-, Markteinführungs- und Diffusionsstrategien helfen Lernkurven-Effekte zu nutzen, in den einzelnen Anwendungsbereichen treibhausgasneutrale Produktionsprozesse gezielt zu fördern und klimagerechte Konsummuster zu erproben und umzusetzen. Wichtig sind auch Qualitätssprünge, beispielsweise bei der Steigerung der energetischen Sanierungstiefe bei Gebäuden oder der Reparatur- und Recyclingfähigkeit von Geräten im Alltag. Konkret geht es dabei u. a. um serielle Sanierungen von Gebäuden, eine grüne Wasserstoffwirtschaft und die Elektrifizierung, z. B. durch Elektromobilität und Wärmepumpen. Dies illustriert wie wichtig Klima- und Umweltinnovationen sind, die den Grundstein bilden für die Etablierung grüner Zukunftsmärkte und der Klimatransformation.

An den notwendigen ökonomischen Rahmenbedingungen mangelt es noch. Der technische und soziale Fortschritt muss in Richtung ökologischer Nachhaltigkeit und dahingehende Innovationen gelenkt werden. Die Klimapolitik muss Klima- und Umweltkosten so internalisieren, dass sie von allen Akteur*innen berücksichtigt werden. Dies beseitigt Wettbewerbsnachteile klimafreundlicher Techniken und Lösungen („level playing field“). Die darauf gerichteten klimapolitischen Instrumente wie die CO₂-Bepreisung werden im Folgenden aufgegriffen. Sie müssen zusammen mit den anderen Instrumenten, wie z. B. Förderprogrammen, zu denen auch die diskutierten Klimaschutzverträge (Carbon Contracts for Difference, kurz CCfD) gehören, einen klimapolitisch ambitionierten und verlässlichen Rahmen schaffen, der den Unternehmen ein hohes Maß an Planungssicherheit gibt.

Flankierend muss die klimapolitische Innovationsstrategie alle Innovations- und Diffusionsphasen in den Blick nehmen und auf die Etablierung grüner Zukunftsmärkte gerichtet sein. Die Stärken Deutschlands im Bereich von Forschung- und Entwicklung gilt es zu nutzen.

Gleichzeitig muss aber auch die Verbreitung und Diffusion von Klimainnovationen fortgeführt und verstärkt werden, so dass die kommerzielle Anwendung von Schlüsseltechnologien so beschleunigt wird, dass sie bald für eine Umsetzung der Treibhausgasneutralität weltweit zur Verfügung stehen. Mehr als die Hälfte der Umweltinnovationen in Deutschland lassen sich auf die Gründung grüner Unternehmen zurückführen, diese sind deshalb ein wichtiger Erfolgsfaktor für die Umweltinnovationspolitik.

Europäischen Emissionshandel stärken

Eine ambitionierte CO₂-Bepreisung durch den Europäischen Emissionshandel (EU-ETS) ist neben den geplanten Klimaschutzverträgen, bestehenden Förderungen wie beispielsweise dem EU-Innovationsfonds und einer Reform der staatlich bestimmten Strompreisbestandteile essenziell, um die Planungssicherheit und die Wirtschaftlichkeit von elektrifizierten Herstellungsprozessen und der Nutzung von grünen Energieträgern, wie beispielsweise Wasserstoff, zu verbessern.

Auf europäischer Ebene wird seit Juli 2021 über die erforderlichen Anpassungen im EU-ETS verhandelt, um die Emissionen in der EU bis 2030 insgesamt um mind. 55 % im Vergleich zu 1990 zu reduzieren. Dies sollte über eine Kombination von einmaliger Absenkung des Caps (Rebasing) und Anhebung des jährlichen Kürzungsfaktors (LKF) erfolgen. Ein Rebasing ist nötig, um das strukturelle Ungleichgewicht von Cap und Emissionen in der dritten Handelsperiode zu beseitigen.³ Angesichts des drängenden klimapolitischen Handlungsbedarfs sowie des strukturellen Auseinanderdriftens von Cap und Emissionen im EU-ETS ist eine frühzeitige und ambitionierte Cap-Anpassung wichtig, möglichst schon ab 2023. Bei einer einmaligen Absenkung des Caps um 190 Mio. t CO_{2äq} müsste der LKF ab 2023 auf mind. 4,3 % angehoben werden, ohne Rebasing auf mind. 5,5 %. Ohne ein Rebasing oder bei einer späteren Cap-Anpassung müsste die Anhebung deutlich höher ausfallen. Eine Übergangslösung könnte sein, ab 2023 zunächst nur die Auktionsmengen entsprechend zu reduzieren und die kostenlose Zuteilung vorübergehend unangetastet zu lassen.

3 Die Emissionen lagen zwischen 2013 und 2020 im Durchschnitt um 250 Mio. t CO_{2äq} jährlich unterhalb des nominalen Caps (190 Mio. t CO_{2äq} ohne UK).

BEHG stärken und in einen europäischen Ansatz überführen

Der Entwurf zum aktuellen Projektionsbericht der Bundesregierung zeigt, dass moderat steigende BEHG-Preise, von 65 Euro / t im Jahr 2026 bis 125 Euro / t im Jahr 2030, im Verbund mit den übrigen beschlossenen Klimaschutzinstrumenten nicht ausreichen [BReg 2021]. Um die sektoralen Beiträge aus Gebäuden und Verkehr für eine Ambitionssteigerung auf 65 % oder wie vorgeschlagen auf mindestens 70 % im Jahr 2030 zu ermöglichen, bedarf es stärkerer Preissignale. Aus heutiger Perspektive müsste der entsprechende Preiskorridor für 2030 mindestens im Bereich von 200 bis 250 Euro / t liegen. Auch der Weg dahin muss entsprechend ambitionierter gestaltet werden: ab dem Jahr 2022 müssen die aktuellen Fixpreise des BEHG mindestens verdoppelt werden (2022 von 30 auf mindestens 60 Euro/t). Dies gilt auch, wenn die CO₂-Bepreisung für Brennstoffe im Rahmen des „fit for 55-Pakets“ auf EU-Ebene harmonisiert und zentralisiert wird. Unter bestimmten Randbedingungen, kann hier zunächst auf ein bindendes Cap verzichtet werden: 1) Die Zielabsicherung über die europäische Klimaschutzverordnung (ESR), 2) ein hinreichendes Preisniveau und 3) starke flankierende Instrumente. Ein sektoraler europäischer ETS muss aber so ausgestaltet sein, dass ein Übergang auf ein System mit bindendem Cap und voller Marktpreisbildung jederzeit möglich ist.

Die zusätzlichen Einnahmen des BEHG sollen für eine substantielle Absenkung der EEG-Umlage genutzt werden, um die CO₂-Bepreisung sozialverträglich zu flankieren und gleichzeitig die Sektorkopplung zu fördern. Ergänzend sind die zusätzliche Förderung von Klimaschutzmaßnahmen und die Umsetzbarkeit einer pro-Kopf-Klimaprämie an private Haushalte zu prüfen. Abzulehnen ist dagegen eine Erhöhung der Entfernungspauschale für Pendler*innen, da dies zu negativen Klima- und Verteilungswirkungen führt.

Energiesteuer reformieren und umweltschädliche Subventionen abbauen

Das Steuer- und Abgabensystem muss zeitnah reformiert, klimaschädliche Subventionen abgebaut werden (insb. im Verkehrsbereich) sowie Förderprogramme ausgeweitet und neu etabliert werden, unter Beachtung von Rebound-Effekten. Die Energiesteuersätze müssen sukzessive erhöht und darüber hinaus an die laufende Inflation angepasst werden. Zudem sollte sich die Bundesregierung für eine ambitionier-

te Reform der EU-Energiesteuerrichtlinie einsetzen.⁴ Dies dient ergänzend zu den vorangestellten Maßnahmen der klimafreundlichen Transformation des Energiesystems und unterstützt die Wirtschaftlichkeit der direkten Nutzung erneuerbarer Energien⁵ und erneuerbaren Stromes in Sektorkopplungstechniken, beispielsweise von Elektromobilität und Wärmepumpen.

Die Energiesteuervergünstigungen für die Wirtschaft sollten so schnell wie möglich beendet und die freiwerdenden Gelder zur Dekarbonisierung der Wirtschaft eingesetzt werden. Außerdem sind die Subventionen an ökologische Gegenleistungen zu binden, wie dies z. B. in der Carbon Leakage Verordnung des BEHG der Fall ist.

Wirtschaftlichkeitsgebote auf Treibhausgasneutralität ausrichten

Die neuen Klimaziele der EU und von Deutschland verankern den Klimaschutz als übergeordnetes Ziel. Daran müssen sich alle Ressorts und alle föderalen Ebenen ausrichten. Deshalb muss staatliches Handeln die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Folgen klimarelevanter Investitionen mit langer Lebensdauer stärker berücksichtigen und neu bewerten. Maßnahmen, die nicht mit den Klimazielen vereinbar sind, sollten als Handlungsoptionen ausgeschlossen werden, auch wenn sie aus betriebswirtschaftlicher Perspektive (noch) wirtschaftlich sind.

Die Wirtschaftlichkeitsgebote in den verschiedenen Regelwerken sind im Sinne von gesellschaftlicher Wohlfahrt, Generationengerechtigkeit und Nachhaltigkeit neu zu definieren bzw. zu erweitern. Der Beschluss des BVerfG bietet für diese Neudefinition Anlass und Richtschnur. Für generationengerechte und nachhaltige Rahmenbedingungen der anstehenden Transformation gilt es, die Kostenminimierung im Transformationspfad hin zu einem nachhaltigen Wirtschaftssystem ins Zentrum zu stellen: bei der Klimazielerreichung und darüber hinaus bei der Sicherung eines nachhaltigen ökologischen Zustandes. So sind beispielsweise Umweltkosten in den Regelwerken zur Gesetzgebung, im Verwaltungshandeln und bei der öffentlichen Beschaffung

⁴ Zentrale Punkte: Orientierung der Steuersätze am Energie- und ggf. CO₂-Gehalt, Anheben der Mindeststeuersätze, Beseitigung des Dieselpprivilegs und der Kerosinsteuerbefreiung.

⁵ Ausgenommen sind Energien aus Anbaubiomasse und dezentrale Heiztechniken biogener Festbrennstoffe.

systematisch zu berücksichtigen, beispielsweise durch einen Schattenpreis für CO₂-Emissionen in Höhe von 195 €/t CO₂.⁶

Transformation des öffentlichen Sektors: Investitions- und Bürokratiehürden abbauen, öffentliche Planungskapazitäten stärken

Um die Klimaschutzziele erreichen zu können, sind erhebliche Investitionen erforderlich, die durch die öffentlichen Haushalte finanziert werden müssen. Denn nötig ist z. B. der Aufbau nachhaltiger Infrastrukturen und die Aufstockung von Förderprogrammen. Mit der schwarzen Null und der derzeit geltenden Schuldenbremse sind die Klimaziele deshalb wahrscheinlich nicht erreichbar. Außerdem ist das Problem der finanzschwachen und teilweise überschuldeten Kommunen zu lösen, die vom Bund bereitgestellte finanzielle Fördermittel mangels Ko-Finanzierungsmöglichkeit nicht für Klimaschutzinvestitionen nutzen können.

Das große Tempo der Klimaschutztransformation erfordert eine Entfesselung staatlichen Handelns und damit die Transformation des öffentlichen Sektors. Klimaschutz scheitert häufig am Personalmangel in Behörden, an bürokratischen Hürden bei Planungs- und Genehmigungsprozessen (vgl. die Flächenausweisung für Windenergie in Kapitel 4.2) und einer unzureichenden Digitalisierung der Verwaltung. Fördermittel fließen oft nur zu einem Bruchteil ab, die Umsetzung von Infrastrukturinvestitionen verläuft meist schleppend und private Klimaschutzinvestitionen werden häufig verzögert und erschwert. Diese Schwachstellen bei den Kapazitäten und den Abläufen sind in den kommenden Jahren dringend zu beseitigen, denn ohne zeitnahe Umsetzung von Klimaschutzinvestitionen sind die Klimaschutzziele nicht zu erreichen.

Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und Klimaschutzinvestitionen erhöhen

Der überwiegende Teil der notwendigen Investitionen in den Klimaschutz muss durch Unternehmen getätigt werden. Deren Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit ist deshalb Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Transformation. Gebraucht werden Unternehmen, die eine hohe Wettbewerbsfähigkeit

auf den grünen Zukunftsmärkten haben oder konsequent und so schnell wie möglich ihren eigenen Umbau hin zu grünen Geschäftsmodellen einleiten.

Dafür ist auch ein geeigneter klimapolitischer Rahmen erforderlich, u. a. mit einem europäischen Grenzausgleichsmechanismus. Dieser erhöht den politischen und wirtschaftlichen Spielraum, durch ökonomische Anreize wie die CO₂-Bepreisung die Dekarbonisierung der energieintensiven Grundstoffindustrie voranzutreiben. Eine WTO-konforme Ausgestaltung eines solchen Mechanismus ist schwierig. Gleichzeitig ist ein wirksamer Carbon-Leakage-Schutz notwendig, um ein Abwandern der europäischen energieintensiven Industrie wegen steigender CO₂-Kosten zu verhindern. Daher ist auch die Option eines Grenzausgleichs anhand eines Klimabeitrags (Konsumabgabe) in enger Verzahnung mit dem EU-ETS zu prüfen.

Fachkräftemangel beseitigen

Für die Vielzahl der sektoralen Maßnahmen braucht es qualifiziertes Personal. Dies betrifft zahlreiche Bereiche, vom Personal in kommunalen Planungsbehörden [UBA 2020e], über Techniker*innen zum Bau und Installation sowie Wartung der erneuerbaren Energieanlagen bis hin zur Heizungstechniker*in. Dieser Fachkräftebedarf muss für ein Gelingen des Klimaschutzes gedeckt werden. Beispielsweise werden für die Gebäudesanierung mehr Beschäftigte benötigt. Etwa 100.000 Arbeitsplätze werden zusätzlich bei einer Sanierungsquote von 2 % gebraucht, was für die Energiewende als Minimum diskutiert wird. Diesen erforderlichen Beschäftigungszuwachs kann das Baugewerbe ohne zusätzliche Maßnahmen kaum akquirieren. Durch wissenschaftliche Untersuchungen und im Dialog mit relevanten Akteur*innen sollte die Bundesregierung regelmäßig ermitteln, welche Fachkräfte für die sozial-ökologische Transformation benötigt werden und in welchen Bereichen Engpässe drohen. Darauf aufbauend sollten entsprechende Programme, z. B. zur Qualifizierung der Beschäftigten, aufgelegt und so einem Fachkräftemangel vorgebeugt werden.

⁶ Der Entwurf für das novellierte Klimaschutzgesetz sieht einen Preis in Höhe der Mindestpreise im BEHG vor. Da ein Schattenpreis nicht unmittelbar ausgabewirksam wäre, ist es gerechtfertigt, ihn höher als den im BEHG festgelegten Preis anzusetzen und ihn an den Klimaschadenskosten zu orientieren.

Klimapolitik sozial gerecht gestalten

Die Veränderungsprozesse auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität werden die Bürgerinnen und Bürger nur unterstützen, wenn sie die klimapolitischen Maßnahmen als nützlich, fair und gerecht wahrnehmen und an ihrer Gestaltung teilhaben können. Es gilt, Klimaschutz und soziale Ziele zusammen zu denken und miteinander zu verknüpfen, insb. bei der Erarbeitung von Vorschlägen für einzelne Instrumente und deren Zusammenwirken. Bei klimapolitischen Gesetzgebungsverfahren ist daher eine systematische Reflektion der absehbaren sozialen und gesellschaftlichen Wirkungen erforderlich, u. a. mit Ex-ante-Wirkungsabschätzungen. Die Finanzierung von Klimaschutzmaßnahmen muss so gestaltet werden, dass die wohlhabenderen Haushalte einen angemessenen Beitrag leisten. Diese Haushalte verfügen nicht nur über mehr finanzielle Mittel, sondern sie tragen auch in besonders starkem Maße mit ihrem Konsum zu den THG-Emissionen bei.

Mögliche Konflikte können unter anderen durch Policy-Mix-Ansätze aufgelöst oder verringert werden. So lassen sich z. B. regressive Wirkungen einer CO₂-Bepreisung durch eine entsprechende Verwendung der Einnahmen (über-)kompensieren, etwa über eine parallele Senkung der EEG-Umlage oder eine Pro-Kopf-Klimaprämie. Wichtig sind auch flankierende Instrumente, welche die Anpassung an steigende Energiepreise erleichtern und attraktive Alternativen bieten (z. B. Förderprogramme zur Energieeinsparung, Ausbau ÖPNV, Anpassung von Sozialtransfers). Entscheidend ist auch, dass diese unterstützenden und entlastenden Maßnahmen nicht nur ergriffen, sondern auch offensiv und klar kommuniziert und bekannt gemacht werden.

Materialeffizienz und Circular Economy integriert umsetzen

Ungefähr 40 % der Treibhausgasemissionen Deutschlands gehen nach Schätzungen des Ressourcenrats der Vereinten Nationen direkt oder indirekt auf die Rohstoffförderung und -weiterverarbeitung zurück (UNEP IRP 2019). Bei der tiefgreifenden Umgestaltung zur Treibhausgasreduzierung sind die Synergien zu nachhaltigeren Stoffkreisläufen in Deutschland zu heben. Einerseits spart der Zuwachs an treibhausgasneutralen Techniken und erneuerbaren Energien fossile Energierohstoffe ein. Gleichzeitig ist mit dem Umbau aber auch ein Mehrbedarf insbesondere von metallischen und mineralischen Rohstoffen verbunden, welche z. B. im erneuerbaren Energiesystem oder der Elektromobilität benötigt werden. Für ein nachhaltiges Wirtschaften sind daher bereits während der Transformation der Anwendungen die Weichen für hohe Ressourceneffizienz zu stellen. Die Erhöhung der Materialeffizienz in der Produktion, Produktdesign (z. B. Langlebigkeit und Reparierbarkeit von Produkten) oder die Vermeidung und Verwertung von Abfällen (BMU 2020) sind zentrale Elemente einer Circular Economy (EC 2020). So lässt sich z. B. im Baubereich durch den Einsatz von zertifiziertem, nachhaltig angebautem Holz gegenüber herkömmlichen Baumaterialien wie Zement und Stahl eine größere Menge Treibhausgasemissionen einsparen und gleichzeitig im Holz gebundenes CO₂ über einen längeren Zeitraum weiter speichern. Wird von Beginn an eine weiterführende Nutzungskaskade mitgeplant, können Bauteile länger genutzt werden, bis sie schließlich thermisch verwertet werden. Mit der Nutzung von Recyclingbaustoffen, verbesserten Rezyklatraten, Leichtbauweisen im Verkehr, der Umstellung auf langlebigere Produkte u.v.m. lässt sich der Primärrohstoffeinsatz bis 2050 um insgesamt bis zu 70 % im Vergleich zu 2010 reduzieren (UBA 2019b). Dies erfordert entschiedenes umweltpolitisches Handeln, insbesondere durch zusätzliche sektorale Politiken in der Industrie und Bauwirtschaft, im Verkehr und bei Gebäuden.

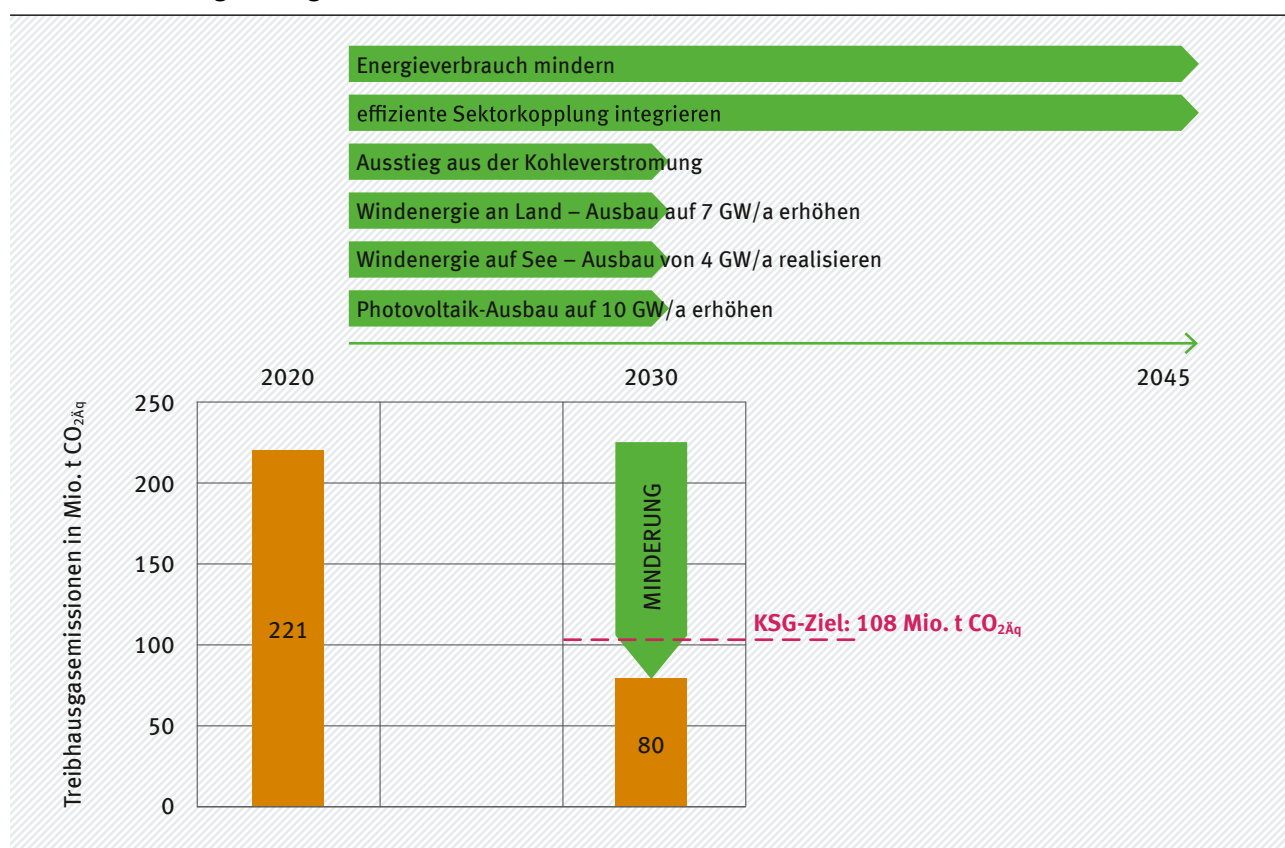
4.2 Energiewirtschaft

Die Energieversorgung und deren umweltverträgliche Umstrukturierung nehmen eine zentrale Rolle bei der Begrenzung des Klimawandels ein. Nach heutigem Kenntnisstand ist eine vollständige Vermeidung von Treibhausgasen in der Energieversorgung möglich und vor dem Hintergrund der begrenzten Emissionsminderungsmöglichkeiten in der Landwirtschaft und Industrie zwingend erforderlich. Dies kann gelingen, wenn Energie- und Ressourceneffizienzpotenziale über alle Bereiche hinweg erschlossen werden. Ebenso muss der Energieverbrauch reduziert werden, eine vollständige Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien erfolgen, eine effiziente und auf langfristige Ziele ausgerichtete Integration von Sektorkopplungstechniken stattfinden. Dieser Umbau kann nur mit dem einhergehenden Ausbau der Infrastrukturen gelingen. Das UBA hat bereits mit verschiedenen Studien gezeigt, dass diese Energiewende ohne Kohlendioxid-Abtrennung und -speicherung (Carbon Capture and Storage, CCS), ohne energetische Nutzung von Anbaubiomasse und ohne Atomenergie gelingen kann.

Der Treibhausgasausstoß der Energiewirtschaft wird für das Jahr 2020 auf insgesamt 221 Mio. t CO₂Äq geschätzt [UBA 2021a]. Für ein Gesamtminderungsziel von 70 % bis 2030 sollten Treibhausgasminderungen in der Energiewirtschaft in einem Bereich von 80 % unter dem Wert von 1990 liegen. Damit leistet der Sektor Energiewirtschaft einen überproportionalen Beitrag und ermöglicht eine schnelle Reduktion von Treibhausgasemissionen sowie eine treibhausgasarme Energieversorgung für die Integration von Sektorkopplungstechniken der Anwendungsbereiche (Verkehr, Industrie und Gebäude). Die zentralen Bausteine, angestoßen durch die o. g. sektorübergreifenden und zusätzliche sektorspezifische Maßnahmen, sind nachfolgend dargestellt. Bei einer effektiven und ambitionierten Umsetzung kann eine Reduktion der Treibhausgasemissionen im Jahr 2030 höher ausfallen als das neu beschlossene Sektorziel im KSG [BMU 2021] vorgibt. Zentrale Bausteine dafür sind in Abbildung 8 zusammenfassend dargestellt.

Abbildung 8

Zusammenfassung – Energiewirtschaft



Abweichend zu GreenSupreme in [UBA 2019b]

Quelle: Umweltbundesamt

Kohleausstieg bis 2030 realisieren

Mit dem Kohleausstiegsgesetz endet die Kohleverstromung in Deutschland spätestens im Jahr 2038. Für effektiven und nachhaltigen Klimaschutz sowie für die Verpflichtungen zum ÜvP ist ein Ausstieg aus der Kohleverstromung bis 2030 erforderlich. Dafür ist das Kohleausstiegsgesetz zu novellieren und die Stromerzeugung aus Kohle durch zusätzliche erneuerbare Energien zu ersetzen. Auch ein ambitionierter ausgestalteter EU-ETS mit entsprechend hohem Preisniveau kann dafür sorgen, dass der Ausstieg marktgerecht gelingen kann (vgl. Abschnitt 4.1). Bestehende junge Kohlekraftwerke sollen auf hocheffiziente und flexible Verstromung gasförmiger Brennstoffe (Grünen Wasserstoff) umrüsten – aus ökologischen und Klimaschutzgründen nicht auf Biomasse. Weiterhin ist der vollständige Ausstieg aus der Kohlenutzung (also auch Wärme und Rohstoff in der Industrie) schnellstmöglich einzuleiten und bis spätestens 2040 vollständig umzusetzen (vgl. Abschnitt 4.5).

Sektorkopplung effizient gestalten

Für eine effiziente und kostenarme treibhausgasneutrale Energieversorgung müssen alle Anwendungsbereiche direkt elektrifiziert werden, bspw. durch Elektromobilität oder Elektrodampferzeuger. Nur wo dies nicht möglich ist, muss auf strombasierte Energieträger umgestellt werden. Dabei sollten erneuerbare Brennstoffe nur dort eingesetzt werden, wo diese technisch unverzichtbar sind. Die Elektrifizierung hat klare Priorität und steht im Zentrum der Weiterentwicklung bekannter und neu zu entwickelnden Techniken. Dies führt zu neuen Stromverbrauchern, die den Bedarf an erneuerbaren Energien erhöhen. So wird bis 2030 für die Stahl- und Chemieindustrie bereits eine Produktion von näherungsweise 45 TWh grünem Wasserstoff benötigt.^{7,8} Gleichzeitig können neue Verbraucher*innen oft durch eine flexible Nachfrage zu einer effizienten Integration fluktuierender erneuerbarer Energien in das Stromsystem beitragen.

Ein Festhalten an Brenn- und Kraftstoffen für Gebäude, Verkehr und Industrie, dort wo sie technisch nicht nötig sind, führt zu einem deutlich höheren Bedarf an erneuerbaren Energien und damit auch einen deutlich höheren Bedarf an Rohstoffen und Ressourcen.

Die Herausforderungen beim Ausbau der erneuerbaren Energien (siehe Ausführungen im folgenden Abschnitt) verstärken sich damit um ein Vielfaches, und darüber hinaus nehmen die Herausforderungen der Rohstoff- und Ressourcen-Verfügbarkeit für die erneuerbaren Techniken zu.

Ambitionierter Ausbau der erneuerbaren Energien

Für die erforderliche Stromproduktion, die sowohl den Kohleausstieg als auch die Integration von Sektorkopplungstechniken ermöglicht, sind im Vergleich zum geltenden EEG deutlich höhere Ausbauziele der erneuerbaren Energien erforderlich. Gelingt dies nicht und können die fossilen energiebedingten Treibhausgase nicht schnell genug im erforderlichen Umfang durch erneuerbare Energien gemindert werden, so steigen die bereits bestehenden hohen Herausforderungen zum Ausgleich der THG-Emissionen durch Senken und das Erreichen der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 ist gefährdet. Aus diesem Grund ist es zwingend notwendig, die bekannten Hemmnisse und Herausforderungen endlich zu überwinden.

Die Ausbaupfade für Windenergie an Land sollten auf 7 GW/a brutto erhöht werden, so dass etwa 105 GW in 2030 installiert sind. Die zentrale Herausforderung ist die ausreichende Zurverfügungstellung nutzbarer Flächen. Auf den Flächen der ausgewiesenen und in Aufstellung befindlichen Regional- und Bebauungsplänen sind bundesweit bei einer idealen Auslastung theoretisch bis 2030 rund 82 GW installierbar. Aufgrund der langen Aufstellungsverfahren zur Flächenausweisung ist es unbedingt erforderlich, zeitnah eine ambitioniertere Ausweisung anzugehen und die Verfahren zum Ausbau der Windenergieanlagen an Land zu beschleunigen. Der Ausbau von Photovoltaik sollte auf mindestens 10 GW/a brutto (installiert 150 GW in 2030) angehoben werden, wovon mindestens die Hälfte auf Dachflächen umgesetzt werden soll. Der Zubau von Dachanlagen könnte beispielsweise durch einen Vergütungsbonus für Anlagen ohne Eigenverbrauch oder durch eine Nutzungs- und Katasterpflicht bei Neubauten angehoben werden. Die notwendigen Zubaumengen sind im Rahmen der gegebenen Flächenpotenziale für Photovoltaik sowohl bei Dach- als auch bei Freiflächenanlagen gut zu realisieren.

⁷ Es wird von einer jährlichen Produktion von 7 Mio. t grünem Stahl durch Direktreduktion im Jahr 2030 ausgegangen. Aufgrund der derzeit absehbaren spezifischen Energiebedarfe ist abweichend zum veröffentlichten GreenSupreme-Szenario bei gleichem Einsatz an grünem Wasserstoff eine höhere Produktionsmenge Stahl möglich.

⁸ Bei einem durchschnittlichen Wirkungsgrad der Elektrolyseanlagen von 70 % entspricht dies einem Strombedarf von rund 64 TWh erneuerbarem Strom.

Mit der Novellierung des WindSeeG vom 10.12.2020 wurde das Ausbauziel für Windenergie auf See von 15 GW auf 20 GW bis 2030 und 40 GW bis 2040 angehoben. Der im Flächenentwicklungsplan vom 18.12.2020 festgelegte Ausbaupfad erreicht ca. ein GW/a für die Jahre 2026 bis 2028, 2,9 GW/a in 2029 und 4 GW/a in 2030. Für Windenergie auf See liegen die zentralen Herausforderungen in der begrenzten Fläche und der Dauer der Planungsverfahren. Vor dem Hintergrund der Nutzungskonkurrenz auf See nimmt der Druck zu, eine Fläche für mehr als eine Nutzungsform (Co-Nutzung) vorzusehen. In Bezug auf Windenergie wird schon länger die Co-Nutzung mit Fischerei, Landesverteidigung und Meeresforschung diskutiert. Zudem wird derzeit geprüft, ob eine umweltverträglichen Co-Nutzung mit Windenergie im Bereich des Naturschutzgebietes Doggerbank möglich ist.⁹

Neben dem Ausbau der heimischen Kapazitäten zur Energieversorgung wird auch zukünftig ein Teil der Energieversorgung auf dem Import, insbesondere von Brenn- und Kraftstoffen basieren. Auch hierfür sind schnell die richtigen Weichen zu stellen und der Ausbau der erneuerbaren Energien und die Produktion von nachhaltigen grünen Energieträgern zu ermöglichen. Nur grüne Energieträger können während der Transformation zur Treibhausgasneutralität und dauerhaft die notwendige Treibhausgasreduzierung gewährleisten. Für grünen Wasserstoff und daraus hergestelltes synthetisches Methan (Power to Gas, PtG), das langfristig in einzelnen industriellen Anwendungen erforderlich ist, sowie e-Fuels (Power to Liquids, PtL) im Flug- und Schiffs- und ggf. in Teilen des Schwerlastverkehr sollte durch deutsche Koope-

rations- und Förderprojekte im Ausland bis 2030 eine Größenordnung von rund 20 GW PtG/PtL-Erzeugungstechnik (Größenordnung 60 TWh) zur Marktdiffusion aufgebaut werden.

Energieverbrauch durch Effizienz und Suffizienz sektorübergreifend senken

Ein alleiniges Forcieren des Ausbaus erneuerbarer Energien ohne gleichzeitige Maßnahmen zum Energiesparen wird nicht genügen. Der Erfolg von Klimaschutzpolitik, und auch der Ressourcenpolitik, hängt im gleichen Maße von der Verbrauchsseite ab. Die erfolgreiche Reduktion des Energieverbrauchs ist zentrale Voraussetzung fürs Erreichen der Klimaschutzziele, da sie in allen Sektoren mit Treibhausgasreduktionen einhergeht und das Erreichen der erneuerbaren Energien-Ziele sowie die Sektorkoppelung unterstützt.

Demgegenüber stellt sich der Status quo beim Energieverbrauch wenig erfreulich dar, denn in allen Sektoren stagniert der Endenergieverbrauch seit Jahren oder sinkt zumindest nicht substantiell. Wir halten eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um etwa 55 % in 2045 gegenüber 2018 für notwendig.¹⁰ Um den Energieverbrauch erfolgreich zu mindern, sind sowohl Maßnahmen und Instrumente der Effizienzsteigerung (also etwa ambitionierte Mindeststandards von Produkten über eine entsprechende Ausgestaltung der Ökodesign-Regeln) als auch solche der Suffizienz-Strategie und damit verbunden Verhaltensänderungen (beispielsweise die Reduktion des Verkehrsaufkommens im Personen- und Güterverkehr) notwendig. Der bisherige Fokus zur Energiever-

Abbildung 9

Ausbauziele nach EEG 2021 und UBA-Vorschlag

in GW	Installierte Leistung (Stand: Juni 2021)	nach EEG § 4 anvisierte installierte Leistung in 2030	notwendige installierte Leistung in 2030
Windenergie an Land	55	71	105
Windenergie auf See	7,7	20	20
Photovoltaik	55,5	100	150

Hinweis: Entsprechend EEG § 4 und WindSeeG §1.

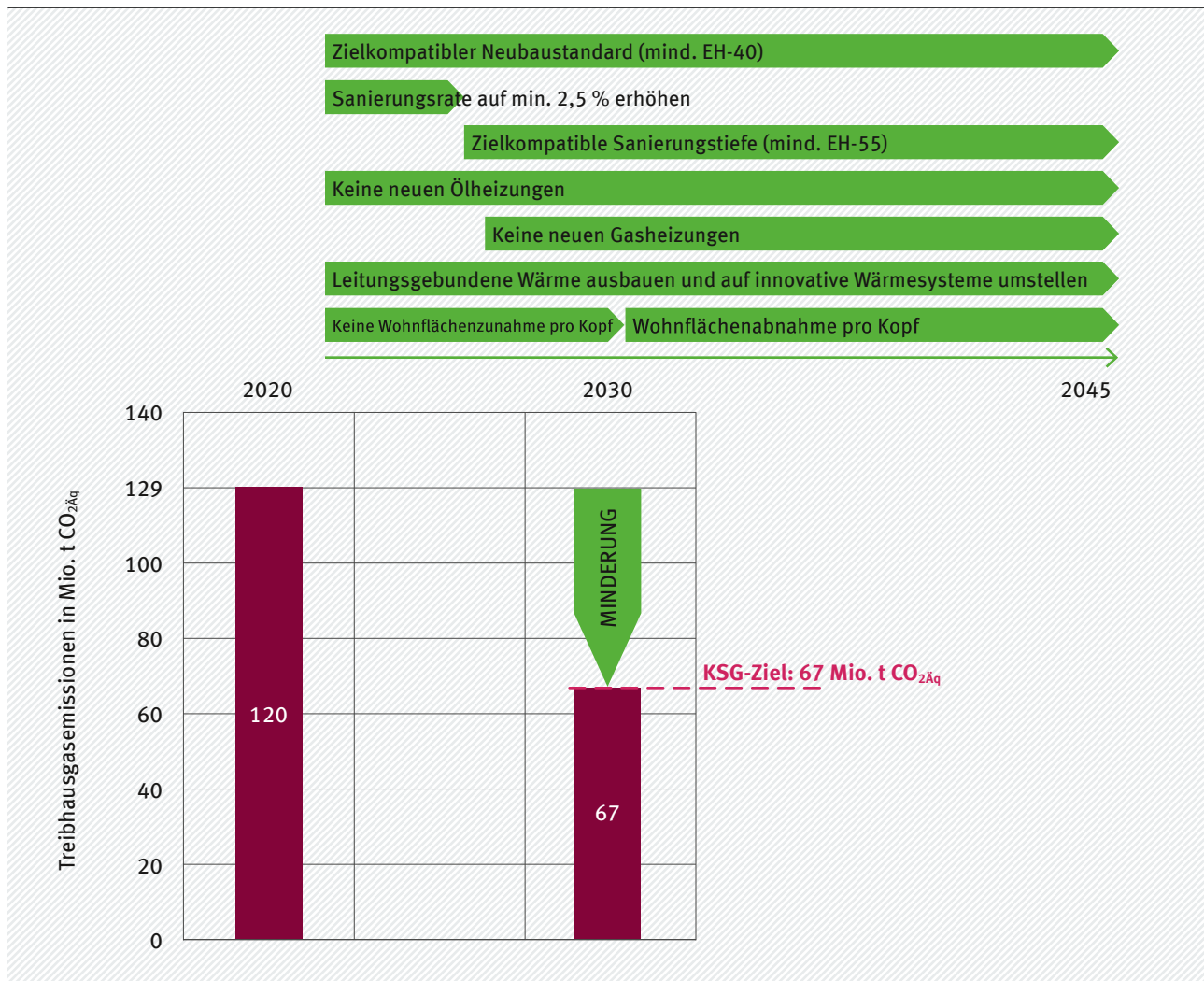
Quelle: Installierte Leistung, Stand Juni 2021 [UBA 2021c]

⁹ Seit dem 4. Juni 2021 liegt der 2. Entwurf des marinen Raumordnungsplans vor, der vorsieht zu prüfen, ob eine Windkraftnutzung im Naturschutzgebiet Doggerbank im Einklang mit den Zielen des Naturschutzes möglich ist. Die zuständigen Ministerien werden dem Kabinett bis zum 31.12.2024 einen Bericht vorlegen.

¹⁰ Im GreenSupreme-Szenario beträgt die Reduktion des Endenergieverbrauchs 57 % im Jahr 2050 ggü. 2018. Auch andere Szenarien gehen, bei unterschiedlichen Parametrisierungen, von substantiellen Energieverbrauchsreduzierungen aus. Im KN2050-Szenario [Prognose 2020] beträgt sie rund 36 %.

Abbildung 10

Zusammenfassung – Gebäude



Quelle: Umweltbundesamt

brauchsminderung primär auf die Effizienz-Strategie ist alleine nicht ausreichend. Zentrale Stellschrauben zur Energieverbrauchsminderung durch Suffizienz liegen im Gebäudesektor (u. a. Wohnfläche), beider Mobilität oder im Bereich Geräteausstattung. Entsprechend gilt es, in allen Sektoren diese Potentiale zu nutzen und die Rahmenbedingungen für energiesparendes Verhalten zu schaffen.

Ein Festhalten an der bisherigen Strategie führt nicht zu dem erforderlichen Absinken des Energiebedarfs. Ein „Weiter so“ würde deutlich mehr erneuerbare Energien zur treibhausgasneutralen Energieversorgung erfordern als die in Abbildung 9 genannten Werte. Die genannten Herausforderungen beim Ausbau der erneuerbaren Energien – Flächenverfügbarkeit und Fachkräfte – verstärken sich um ein Vielfaches, um diese Versäumnisse auszugleichen.

4.3 Gebäude

Der Anteil des Gebäudesektors von rund einem Drittel am gesamten deutschen Endenergieverbrauch macht deutlich, wie entscheidend es ist, die Energieeffizienzpotentiale im Gebäudesektor zu heben. Bei der tatsächlichen Entwicklung lässt sich dagegen der Trend beobachten, dass die Effizienzfortschritte im vergangenen Jahrzehnt fast komplett zum Erliegen gekommen sind. Umso wichtiger ist es, jetzt schnell und politisch wirkungsvoll einzugreifen und den Energieverbrauch des Gebäudesektors effektiv und dauerhaft zu mindern. Dass dies möglich ist, hat das UBA mehrfach aufgezeigt [UBA 2016b, c; 2017; 2020c; Engelmann et al. 2021].

Als einziger Sektor verfehlt der Gebäudesektor laut Emissionsschätzung für 2020 [UBA 2021a] mit 120 Mio. t CO₂Äq seinen Zielwert des Klimaschutzgesetzes von 118 Mio. t CO₂Äq. Mit der Novellierung des KSG im Sommer 2021 ist das bisherige sektorale Ziel verschärft worden [BMU 2021]. Im Jahr 2030 sollen statt 70 nur noch 67 Mio. t CO₂Äq ausgestoßen werden. Damit ist im Vergleich zum Jahr 2020 eine Reduktion um 53 Mio. t CO₂Äq erforderlich. Die zentralen Bausteine sind in Kombination mit den sektorübergreifenden Instrumenten nachfolgend dargestellt. Bei einer konsequenten Umsetzung kann eine Reduktion der Treibhausgasemissionen auf das neu beschlossene Sektorziel im KSG ermöglicht werden.

Brennstoffeinsatz in Gebäuden beenden

In der dezentralen gebäudebezogenen Wärmeversorgung muss der Einsatz von fossilen Energien mit Blick auf die Klimaschutzziele 2030 schnell auslaufen. Ebenfalls ist der zukünftige Einsatz von synthetischen Brennstoffen aus PtG im Gebäudebestand nicht zielführend.

Zahlreiche Studien und Szenarien zeigen, dass dies mit Blick auf das gesamte Energiesystem zu ineffizient ist [Engelmann et al. 2021]. In „Klimaneutrales Deutschland 2045“ [Prognos 2021] kommen synthetische Brennstoffe aus Kostengründen ebenfalls nur in der Fernwärme über die Kraft-Wärme-Kopplung zum Einsatz, nicht aber in der dezentralen Versorgung, z. B. in Heizkesseln. Dies bedeutet, dass ab sofort keinerlei Neuinstallation von Öl-Heizungen mehr vorgenommen werden – sowohl im Neubau als auch im Bestand. Um das Ziel für den Gebäudesektor bis 2030 zu erreichen, kann es auch keine Neuinstallationen von Gas-Heizungen mehr geben, was deutlich vor

2030 ordnungsrechtlich vorgegeben werden muss.¹¹ Eine solche Entscheidung ist schnellstmöglich zu treffen und anzukündigen, um einen ausreichenden Vorlauf zu gewährleisten. In Anbetracht der Umsetzungszeiten und um noch eine Wirkung mit Blick auf 2030 zu entfalten, spricht sich das UBA für ein Ende der Neuinstallation von Gas-Heizungen bis 2026 aus. Deshalb und auch mit Blick auf die gesellschaftliche Akzeptanz sind im Gegenzug alternative Heiztechniken wie Wärmepumpen und Wärmenetze finanziell attraktiver zu machen.

Umstellung der Heiztechniken – Wärmepumpen

Langfristig muss jeglicher verbleibende Energiebedarf treibhausgasneutral durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Wärmepumpen kommen dabei in nahezu allen Zielszenarien eine essenzielle Rolle zu [Engelmann et al. 2021]. In GreenSupreme haben diese 2030 bereits einen Anteil von 18 % (95 TWh) an der bereitgestellten Energie für Raumwärme und Warmwasser. Im Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“ [Prognos 2021] werden 2030 mit sechs Millionen installierten Wärmepumpen ähnliche Energiemengen (97 TWh) bereitgestellt. Wärmepumpen können inzwischen auch in teilsanierten Häusern hinreichend effizient betrieben werden [Stiftung-Klima 2021]. Damit Wärmepumpen diese Rolle in der dezentralen Wärmeversorgung einnehmen können, ist ein schneller Markthochlauf notwendig, der stärker als heute von der Politik unterstützt werden muss. Heute kommen überwiegend fluorierte Treibhausgase in Wärmepumpen zum Einsatz [UBA 2021d]. Für Treibhausgasneutralität dürfen ausschließlich nur noch natürliche Kältemittel verwendet werden (Anpassung der Förderung nach BEG)¹².

¹¹ Dies ist abweichend zu UBA [2019b] GreenSupreme für eine sektorübergreifende Treibhausgasreduzierung um 70 % gegenüber 1990 notwendig, um die reale Verzögerung durch bisher ausgebliebene Maßnahmen gegenüber dem Szenario GreenSupreme, welches den Weg für 70 %-Minderung aufzeigt, auszugleichen.

¹² Anpassung der Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG) erforderlich, so dass ausschließlich Anlagentechniken mit natürlichen Kältemitteln eine Förderung erhalten.

Umstellung der Heiztechniken – leitungsggebundene Wärme

Ein zweites zentrales Element der Wärmewende ist der massive Ausbau und die Dekarbonisierung von Wärmenetzen. Um urbane Räume mit Raumwärme und Warmwasser aus erneuerbaren Quellen zu versorgen und lokale Potentiale an erneuerbarer Wärme nutzbar zu machen, wird eine Verdoppelung des Anteils der leitungsggebundenen Wärmeversorgung auf etwa 24 % notwendig. Für die Dekarbonisierung ergibt sich durch einen vorgezogenen Kohleausstieg, siehe Abschnitt 4.2, die einmalige Gelegenheit für eine Transformation der Wärmenetze hin zu erneuerbaren Wärmeversorgungstechniken, wie etwa Geothermie, Solarthermie oder Großwärmepumpen. Dieses Transformationsfenster darf nicht mit Lock-In-Effekten durch einen Ersatz von Kohle durch Erdgas oder Biomasse vertan werden.

Ambitioniert Sanieren und Bauen

Das schnelle, ambitionierte und ressourcenschonende Sanieren und Bauen ist zentraler Baustein der Wärmewende und erforderlich für einen gelungenen Ausstieg aus brennstoffbasierten dezentralen Heiztechniken und die Umstellung der Heiztechniken. Gelingt dies nicht, kann dies zwar theoretisch und im Einzelfall durch einen verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien ausgeglichen werden. In Summe hätte dies aber gleichzeitig massive Auswirkungen auf den Sektor Energiewirtschaft und verschärft die Herausforderung beim Ausbau der erneuerbaren Energien erheblich. Denn heute errichtete Gebäude werden unter wirtschaftlichen Kriterien und mit Blick auf die technischen Lebensdauern der Bauteile in den Jahren bis 2045 voraussichtlich nicht mehr grundlegend saniert. Wenn dies trotzdem notwendig werden sollte, entstehen dadurch hohe Zusatzkosten. Diese zusätzliche Herausforderung lässt sich vermeiden, wenn Neubauten bereits heute auf einem mit dem Zielniveau für 2045 kompatiblen energetischen Standard errichtet werden. Technisch und wirtschaftlich ist dies gut möglich. Konkret bedeutet das beispielsweise, dass der Neubaustandard bereits heute mindestens auf dem Niveau eines „Effizienzhauses 40“ verankert werden muss. Dabei ist auch der – durch die globale Erwärmung – steigenden Wärmebelastung in Gebäuden im Sommer gerecht zu werden. So sind integriert bauliche Maßnahmen wie etwa Verschattung umzusetzen. Sollten darüber hinaus Kälte- und Klimaanlage erforderlich sein, nutzen diese natürliche Kältemittel.

Neben dem Ambitionsbedarf bei Neubauten ist insbesondere der Gebäudebestand bislang zu wenig adressiert. Hier kommen fast ausschließlich freiwillige (Förder-)Instrumente zum Einsatz, um die Rate von energetischen Sanierungen zu erhöhen. Damit der Gebäudebestand ausreichend zur Reduktion der Energienachfrage beiträgt, muss nach dem GreenSupreme-Szenario eine mittlere jährliche Sanierungsrate von 2,5 % für den Zeitraum von 2020 bis 2030 erreicht werden – eine deutliche Steigerung im Vergleich zu etwa 1 % pro Jahr heute. Der Gebäudebestand reagiert auf Grund von heterogenen Techniken, Akteur*innen und Hemmnissen sowie sozialen Aspekten, begrenzten Kapazitäten von Fachpersonal und langen Investitionszyklen äußerst träge. Neu eingeführte oder verschärfte klimapolitische Instrumente wirken deshalb langsamer im Vergleich mit anderen Sektoren. Da eine Verdoppelung bis Verdreifachung der Sanierungsrate bis 2030 gleichermaßen zwingend erforderlich und überaus ambitioniert ist, bedarf es wirkungsvoller Instrumente auf verschiedenen Ebenen. Sollte die Höhe des CO₂-Preises durch das BEHG – im Speziellen für Vermietende – nicht ausreichen, um Gebäudesanierungen im ausreichend hohem Maße anzureizen, schlägt das UBA eine so genannte Gebäude-Klimaabgabe als weiteres aktivierendes Element vor. Auf Grundlage einer objektiven Bemessungsgrundlage (z. B. Gebäudetypologie, Energieausweis) könnte sie im Wechselspiel aus Antrieb und Belohnung zielgerichtet energetische Sanierungen anreizen.

Neben weitaus höheren Anstrengungen zum Erhöhen der Sanierungsrate ist der energetische Standard der Sanierungen ausschlaggebend. Das UBA empfiehlt daher, die Gebäudeenergiestandards für den Gebäudebestand für Sanierungen schrittweise bis 2025 mindestens auf das Niveau des „Effizienzhauses 55“ anzuheben. Entsprechend sind auch die Förderstandards an diese Zielstandards anzupassen. Auch zur effektiven Adressierung des Bestands sind weitere aktivierende Instrumente notwendig. Ebenso ist eine konsequente Qualitätssicherung bei allen umgesetzten Maßnahmen notwendig, um sicherzustellen, dass erwartete Treibhausgaseinsparungen auch tatsächlich erreicht werden und Investitionsrisiken für Bauherren begrenzt werden. Hier können sich Synergien bei der Digitalisierung ergeben und weitere Effizienzpotentiale gehoben werden.

Flächensparendes Wohnen

Im Gebäudesektor kann neben der Erhöhung der Sanierungsrate und -tiefe auch eine wirksame Suffizienz-Strategie einen zentralen Beitrag zur Minderung des Energieverbrauchs leisten. Dabei können Synergien zu anderen Zielen der Bundesregierung, wie der Flächenneuversiegelung (siehe Abschnitt 4.7), dem Ressourcenschutz, oder auch zu den Herausforderungen von verfügbarem Wohnraum in urbanen Räumen gehoben werden. Eine der größten Herausforderungen ist es, den Trend der wachsenden pro-Kopf-Wohnfläche [UBA 2020b] möglichst schnell zu stoppen und anschließend umzukehren. Die derzeitige tatsächliche Entwicklung zeigt jedoch seit Jahren zunehmende Pro-Kopf-Wohnflächen. Von politischer Seite wird die problematische Entwicklung bislang nicht adressiert. Im Gegenteil: Eine Vielzahl bestehender Instrumente (Entfernungspauschale; Baukindergeld; Struktur von Grundsteuer oder einzelner Förderprogramme) befeuern die Wohnflächenzunahme vielmehr, und müssen entsprechend nachjustiert werden. Lösungen, wie etwa bereits beim Bau von Gebäuden auf leicht teilbaren Wohnraum zu achten, stehen noch weitestgehend am Anfang. Gerade wegen des hohen Beharrungsvermögens bei Verhaltensmustern ist es wesentlich, dass die Bundesregierung Herausforderungen wie die Wohnflächenzunahme zeitnah mit neuen Instrumenten zur Flächenreduktion wie das Anreizen von teilbarem Wohnraum im Bestand und einem Suffizienz-Check geltender und neuer Instrumente adressiert.

Dem Trend zur Zersiedlung der Landschaft und zur Erhöhung der Wohnfläche durch den Bau von Einfamilienhäusern, etwa in den Speckgürteln der Städte, ist u. a. durch eine Reform der Entfernungspauschale (Ersatz durch eine Härtefallregelung) und die Einführung handelbarer Flächenausweisungsrechte zu begegnen. Außerdem sollten Subventionen für den Wohnungsbau nicht mehr unabhängig vom Wohnungsbedarf gewährt werden.

4.4 Verkehr

Der Treibhausgasausstoß im Sektor Verkehr wird für das Jahr 2020 auf insgesamt rund 146 Mio. t CO_{2Äq} geschätzt [UBA 2021a]. Mit der Novellierung des KSG im Sommer 2021 ist das bisherige sektorale Ziel verschärft worden. Im Jahr 2030 sollen nur noch 85 Mio. t CO_{2Äq} ausgestoßen werden [BMU 2021]. Damit ist im Vergleich zum Jahr 2020 eine Reduktion um rund 61 Mio. t CO_{2Äq} erforderlich. Mit den aktuell beschlossenen Maßnahmen wird laut aktuellem Projektionsbericht der Bundesregierung nur eine Minderung im Jahr 2030 auf rund 126 Mio. t CO_{2Äq} erreicht.

Sowohl für 65 % als auch 70 % sektorübergreifende Treibhausgasreduzierung sollte der Verkehr im Jahr 2030 nur noch maximal 85 Mio. t CO_{2Äq}, entsprechend dem neu novellierten KSG, ausstoßen. Für die Einhaltung dieses Zielwertes und für eine umfassende Transformation des Verkehrssektors, die auch eine weitere Minderung der Treibhausgasemissionen nach 2030 sicherstellt, müssen vorhandene Instrumente deutlich verschärft und zusätzliche Instrumente schon jetzt umgesetzt werden. Hierfür ist der Gestaltungswille aller Akteur*innen in Gesellschaft, Wirtschaft und Politik notwendig. Die zentralen Bausteine sind in Abbildung 11 zusammengefasst und nachfolgend dargestellt. Nur bei einer zeitnahen, effektiven Umsetzung dieser Instrumente und in Kombination mit sektorübergreifenden Instrumenten kann eine Reduktion der Treibhausgasemissionen auf das neu beschlossene Sektorziel im KSG erreicht werden.

Abbildung 11

Zusammenfassung – Verkehr



Quelle: Umweltbundesamt

Verkehrswende aktiv gestalten – Verkehr vermeiden und verlagern

Die Reduktion der Verkehrsmengen und Verlagerung auf klimaschonendere Verkehrsträger, sowohl beim Personen- als auch Güterverkehr, sind zentrale Bausteine für die Erreichung des Klimaschutzziels 2030 im Verkehr und den nachhaltigen Rückgang der Treibhausgasemissionen, auch nach 2030.

Als Grundlage erfordert das eine verursachergerechte Bepreisung des Verkehrs, bei welcher der CO₂-Preis deutlich oberhalb des aktuellen BEHG-Preispfads liegt und die den Abbau umweltschädlicher Subventionen im Luftverkehr, bei Dienstwagen, Diesel und Entfernungspauschale einschließt (vgl. Abschnitt 4.1). In den nächsten Jahren muss die Einführung einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut auf allen

Straßen geprüft werden, die dann um das Jahr 2030 eingeführt werden könnte und sich an den externen Kosten des Verkehrs orientiert. Im Güterverkehr ist eine frühzeitige Ausweitung der Lkw-Maut auf alle Lkw, alle Straßen und eine Internalisierung aller externer Kosten notwendig.

Für den Personenverkehr ist der schnelle und massive Ausbau des öffentlichen Verkehrs über den bereits jetzt sehr ambitionierten Ausbaupfad hinaus erforderlich. Das geht einher mit noch mehr Investitionen in die Schieneninfrastruktur (inkl. Digitalisierung, v. a. Leit- und Sicherungstechnik, und Lärmschutzmaßnahmen) und einer weiteren Erhöhung der finanziellen Mittel für die Bestellung von öffentlichem Verkehr zur Umsetzung eines verbesserten Verkehrsangebotes. Durch eine Verbesserung im Schienenpersonenfern-

verkehr kann auch ein Großteil innerdeutscher Flüge auf die Schiene verlagert werden. In Ergänzung zum liniengebundenen öffentlichen Verkehr müssen auch bedarfsgesteuerte ÖPNV- und Sharing-Angebote in Städten, aber auch in ländlichen Gebieten weiter ausgebaut werden. Die Stadt- und Regionalplanung muss am Leitbild der Stadt und Region der kurzen Wege ausgerichtet werden. Mit dem Rückgang der Verkehrsmengen und neuer Mobilitätskonzepte, inkl. Sharing, ist auch ein Rückgang des Fahrzeugbestands verbunden, der instrumentell flankiert werden kann.

Es gilt zudem, den Rad- und Fußverkehr deutlich zu stärken. Hier liegt der Fokus auf mehr Investitionen in die Infrastruktur, einer beschleunigten Planung sowie einer gerechteren Verteilung des öffentlichen (Straßen-)Raums.

Damit die oben beschriebenen Maßnahmen zum Erreichen der Klimaschutzziele im Jahr 2030 beitragen, muss in den nächsten Jahren ausreichend Personal für Planung und Bau der Infrastruktur sowie den Betrieb im öffentlichen Verkehr ausgebildet werden. Hierfür muss die Finanzierung sichergestellt sein. Zudem muss das Straßenverkehrsrecht auf die Erfordernisse der Verkehrswende ausgerichtet werden. Dafür sollten die Ziele zum Klima-, aber auch des Umwelt-, Ressourcen- und Gesundheitsschutz im Straßenverkehrsrecht verankert werden. Wir brauchen ein allgemeines Tempolimit von 120 km/h auf Autobahnen, 80 km/h auf Außerortsstraßen sowie eine Regelgeschwindigkeit von 30 km/h innerorts.

Viele der aufgezeigten Instrumente und Maßnahmen für eine Verkehrswende wirken mittel- und langfristig und liefern erst nach 2030 nennenswerte Beiträge zum Klimaschutz. Damit sie dann aber ihre volle Wirksamkeit erlangen können, müssen sie schon heute auf den Weg gebracht werden (siehe Kapitel 3). Eine Verkehrswende kommt zudem nicht nur dem Klimaschutz zugute, sondern erhöht die Umwelt- und Lebensqualität gerade in Städten und Ballungsräumen.

Ausstieg aus dem Verbrennungsmotor und Elektromobilität priorisieren

Elektromobilität ist der zentrale Baustein einer Energiewende im Verkehr. Nur in Verkehrsträgern, wo nach heutigem Kenntnisstand die direkte Nutzung bzw. die ausschließliche Nutzung von erneuerbarem Strom zur Deckung der Mobilitätsbedarfe technisch nicht möglich ist, sollten treibhausgasneutrale, postfossile Kraftstoffe zum Einsatz kommen. Für hohe Minderungen der THG-Emissionen im Personenverkehr ist ein sehr schneller Markthochlauf von elektrischen Pkw und leichten Nutzfahrzeugen (LNF) notwendig. Auch bei schweren Nutzfahrzeugen (SNF) können elektrische Antriebe zu notwendigen Minderungen schon bis zum Jahr 2030 signifikant beitragen. Parallel muss hierfür auch die entsprechende notwendige (Lade-)Infrastruktur für Pkw, LNF und SNF aufgebaut werden.

Kerninstrument sind neben der sektorübergreifenden CO₂-Bepreisung die europäischen CO₂-Flottenzielwerte. Diese sollten für Pkw bis zum Jahr 2030 auf -80 % gegenüber 2021 verschärft werden (derzeit -37,5 %).¹³ Für das Jahr 2025 sollte ein ambitioniertes Zwischenziel von -30 % und ein konkreter Pfad mit Minderungsanforderungen für die Zwischenjahre festgeschrieben werden. Insbesondere die beiden letztgenannten Vorschläge verringern die Emissionen bis zum Jahr 2030 deutlich. Der im Rahmen des „fit for 55-Pakets“ auf EU-Ebene vorgelegte Vorschlag der EU-Kommission enthält demgegenüber nur eine Verschärfung des 2030-Zieles für Pkw auf -55 %; eine Zielverschärfung für 2025 oder Vorgaben für die Zwischenjahre sind nicht vorgesehen.

Ergänzend dazu sollte auf nationaler Ebene eine E-Quote für neuzugelassene Pkw eingeführt werden. Dies ist insbesondere notwendig, wenn die EU-Flottenzielwerte nicht ausreichend verschärft werden. Hierfür sollte für 2025 ein Anteil von 40 % und im Jahr 2030 ein Anteil 85 % von Elektrofahrzeugen an den neuzugelassenen Pkw festgelegt werden sowie ein an CO₂-Emissionen orientierten Bonus-Malus-System beim Pkw-Neukauf ergänzt werden. Mit diesen Instrumenten wäre ein Hochlauf der Elektromobilität bis 2030 auf 15 Mio. E-Pkw im Bestand

¹³ Diese Minderungsanforderung bezieht sich streng genommen nur auf die in Deutschland neu zugelassenen Pkw. Um von einer Übererfüllung der EU-Ziele der Flottenzielwerte in Deutschland unabhängiger zu sein, ist eine Verschärfung der EU-Vorgaben zu den Flottenzielwerten auf den genannten Wert notwendig, sodass sich die Bundesregierung für dieses Niveau einsetzen sollte.

möglich. Ein Ausstieg aus dem Verbrennungsmotor wäre bei neuen Pkw spätestens zwischen 2032 und 2035 notwendig.

Auch die europäischen CO₂-Flottenzielwerte für SNF müssen verschärft werden. Bei SNF müssen in Deutschland bis 2030 mindestens 30 % der Fahrleistung elektrisch erbracht werden – dies schließt auch aus erneuerbarem Strom hergestellte, treibhausgasneutrale Kraftstoffe wie beispielsweise Wasserstoff ein. Im Zeitraum von 2035 bis 2038, und damit deutlich vor 2040, ist auch beim Lkw ein Ausstieg aus dem reinen Verbrennungsmotor vollzogen. Hierzu werden die europäischen CO₂-Flottenzielwerte für SNF so verschärft, dass Lkw mit reinen Verbrennungsmotoren nicht mehr in den Markt gebracht werden können.

Einem noch schnelleren Hochlauf der Elektromobilität sind allerdings auch Grenzen gesetzt. Limitierende Faktoren sind zum einen die Herstellung und Entsorgung von Fahrzeugen und Komponenten, v. a. der Batterien. Zum anderen muss die Bereitstellung umweltschonend geförderter Rohstoffe sichergestellt werden. Je früher Elektrofahrzeuge in den Markt gebracht werden, desto höher ist der Rohstoff- und Energiebedarf pro Kilowattstunde Kapazität der Batterie. Daher sind zeitgleich Regelungen zur Wiederverwendbarkeit, Reparierbarkeit und Recyclingbarkeit insbesondere von Fahrzeugbatterien und deren Komponenten zu entwickeln, um frühzeitig einen möglichst geschlossenen Rohstoffkreislauf zu gewährleisten. Um relevante Verknappungen von Rohstoffen zu vermeiden und Importe von Rohstoffen aus Konfliktgebieten zu verringern, ist zusätzlich die Forschung an Post-Lithium-Ionen-Akkumulatoren zu intensivieren, um deren schnelle Markteinführung zu ermöglichen und dadurch Rohstoffe zu sparen.

In Ergänzung zum Hochlauf der Elektromobilität wird mit Effizienzverbesserung aller Fahrzeuge (alle Antriebe, alle Fahrzeugklassen) ein wichtiger Beitrag zur Energieverbrauchsreduktion gewährleistet. Beim Pkw, auch durch die CO₂-Bepreisung und das Bonus-Malus-System unterstützt, findet schon bis 2030 eine Segmentverschiebung hin zu kleineren und leichteren Pkw statt, die den Energieverbrauch des Verkehrs zusätzlich senkt und dadurch maßgeblich zur Erreichung der Ziele beiträgt.

Postfossile Kraftstoffe

Alternative Kraftstoffe spielen für den Klimaschutz im Verkehrsbereich nur dann eine Rolle, wenn sich die Verkehrsmittel nicht oder nur schwer direkt elektrifizieren lassen, wie dies bei den internationalen Luft- und Seeverkehren sowie ggf. bei Teilen des Lkw-Fernverkehrs der Fall ist. Die Integration dieser Kraftstoffe wird bereits in internationalen, europäischen und nationalen Regeln angegangen. So werden zur nationalen Umsetzung der Richtlinie (EU) 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (RED II) voraussichtlich alternative Kraftstoffe in der Größenordnung von 35 bis 40 TWh im Jahr 2030 notwendig sein. Sektorübergreifend, aber auch explizit für den Luft- und Seeverkehr sollte die Produktion von postfossilen, aus erneuerbarem Strom hergestellten Kraftstoffen (Power-to-Liquid/PtL und Power-to-Gas/PtG) zeitnah angegangen und die notwendigen Anlagen aufgebaut werden (vgl. Abschnitt 4.2). Die hierbei entstehenden prozessbedingten Koppelprodukte in Power-to-Liquid-Anlagen könnten dann auch in den Teilen des landgebundenen Verkehrs eingesetzt werden, die nicht oder nur schwer elektrifizierbar sind (z. B. Sonderfahrzeuge der Feuerwehr, ggfs. übergangsweise auch Lkw im Fernverkehr), oder im Fahrzeugbestand genutzt werden. Die Schaffung neuer Instrumente zur nachfrageseitigen Anreizung des Einsatzes von PtL/PtG im landgebundenen Verkehr bzw. eine verstärkte Anreizung bei der Umsetzung der RED II (beispielsweise durch eine Unterquote oder eine Mehrfachanrechnung von PtL/PtG im Rahmen der THG-Quote) sind nicht zielführend. Auch sollte der Einsatz von solchen postfossilen Kraftstoffen, wie auch von anderen alternativen Kraftstoffen, nicht über eine Anrechnung bei den CO₂-Flottenzielwerten angereizt werden. Beides steht der effizienteren und damit prioritären Lösung – nämlich der Elektrifizierung – entgegen und verhindert eine schnellere Minderung des Energieverbrauchs von Neufahrzeugen mit Verbrennungsmotoren.

4.5 Industrie

Der Treibhausgasausstoß in diesem Sektor wird für das Jahr 2020 auf insgesamt 178 Mio. t CO₂Äq geschätzt [UBA 2021a]. Mit der Novellierung des KSG im Sommer 2021 ist das bisherige sektorale Ziel verschärft worden. Im Jahr 2030 sollen anstelle von 140 Mio. t CO₂Äq nach der alten Fassung des KSG nur noch 118 Mio. t CO₂Äq ausgestoßen werden [BMU 2021]. Damit ist im Vergleich zum Jahr 2020 eine Reduktion um 60 Mio. t CO₂Äq erforderlich. Für ein Gesamtminderungsziel von 70 % bis 2030 gegenüber 1990 gehen unsere Szenarien von einer noch deutlich stärkeren erforderlichen Minderung aus, konkret um mindestens 68 % gegenüber 1990 auf 91 Mio. t CO₂Äq. Das bedeutet eine um 27 Mio. t CO₂Äq höhere Treibhausgaseinsparung, als das neu beschlossene Sektorziel im KSG vorgibt. Um dieses Ziel zu erreichen, muss die bisherige Minderungsleistung stark ausgebaut werden.

Nach derzeitigem Kenntnisstand bestehen in Teilen des Industriesektors, insbesondere in der Zementindustrie, aufgrund der rohstoffbedingten Emissionen nur begrenzte Emissionsminderungsmöglichkeiten. Vor diesem Hintergrund ist im Hinblick auf die jahres- und sektorenscharfen Treibhausgasminderungsziele insbesondere eine schnelle und weitgehende Reduktion der energiebedingten Emissionen in der Industrie umso dringlicher. Um dies zu erreichen, ist eine weitgehende Dekarbonisierung der Produktionsprozesse sowie die Hebung der noch verbleibenden Energie- und Ressourceneffizienzpotenziale nötig. Ebenfalls können mithilfe von Digitalisierung und künstlicher Intelligenz durch Nutzung von Prozessdaten weitere Material-/Energieeffizienzpotenziale gehoben werden.

Aufgrund der langen Nutzungszeiträume bzw. Erneuerungszyklen bei Industrieanlagen müssen Investitionen bereits heute in grüne Anlagentechnik erfolgen, um eine vollständige Umstellung des gesamten Anlagenparks bis 2045 erreichen zu können. In wichtigen Industriebranchen, beispielsweise der Eisen- und Stahlindustrie, stehen aktuell Anlagenerneuerungen an, die unbedingt zu nutzen sind. Ertüchtigungen und lebensdauerverlängernde Reinvestitionen fossiler Produktionsanlagen führen hingegen zu lock-in Effekten und sollten deshalb so schnell wie möglich regulatorisch beschränkt werden. Die Betriebsgenehmigung für neue Anlagen auf fossiler Basis sollte bis spätestens zum Jahr 2045 befristet werden.

Dies verhindert Stranded Investments sowie Entschädigungszahlungen infolge von Investitionsschutzabkommen und beschleunigt den Markthochlauf postfossiler Techniken.

Dieser Umbau des Industrieanlagenparks ist eine Mammutaufgabe. Auch nach Beendigung derzeitiger Produktionsverfahren und Einsatz fossiler Energieträger soll Deutschland ein starker Industriestandort sein. Dies macht staatliche Förderung erforderlich, die beispielsweise die Erforschung neuer innovativer Verfahrensweisen und treibhausgasfreier industrieller Prozesse betrifft. Dies erhöht die Produktivität im Industrieanlagen- und Maschinenbau und sichert in Deutschland hochinnovative Arbeitsplätze in industrienaher Forschung und Entwicklung.

Zugleich hat der Staat Marktbedingungen zu schaffen, die eine Nachfrage nach den in der Produktion gegenüber herkömmlichen Waren gegebenenfalls teureren treibhausgasneutralen Produkten generiert. Ziel eines solchen grünen Zukunftsmarktes ist es, dass letztlich allein die Marktkräfte die Produktion treibhausneutraler Waren tragen.

Effiziente Sektorkopplung

Eine Dekarbonisierung soll dabei, soweit möglich, in erster Linie durch die Elektrifizierung der Produktionsprozesse erfolgen. Eine wichtige Säule stellt dabei die elektrische Prozesswärmeerzeugung dar, die im niedrigen bis mittleren Temperaturbereich sehr effizient durch Wärmepumpen möglich ist. Die Elektrifizierung von Hochtemperaturprozessen (z. B. Wärmeöfen zur Stahlvergütung, Glasschmelzwannen) hingegen muss nach derzeitigem Kenntnisstand durch eine direktere Verwendung von elektrischer Energie (z. B. Widerstandsbeheizung oder Lichtbogen) erfolgen.

Ein Festhalten an Brenn- und Kraftstoffen, dort wo sie technisch nicht nötig sind, führt durch unvermeidbare Umwandlungsverluste zu einem deutlich höheren Bedarf an erneuerbaren Energien. Die Herausforderungen beim Ausbau der erneuerbaren Energien, also Flächenverfügbarkeit und Fachkräfte, verstärken sich um ein Vielfaches und darüber hinaus werden die Herausforderungen der Rohstoff- und Ressourcenverfügbarkeit für die erneuerbaren Techniken verstärkt.

Gezielter Einsatz von Wasserstoff

Der Einsatz von Wasserstoff sollte nur dort erfolgen, wo bislang über fossile Rohstoffe gewonnener Wasserstoff stofflich eingesetzt wird, zudem wo eine Elektrifizierung nicht und ein Erreichen der Treibhausgasneutralität nur dadurch möglich ist, dass Produktionsprozesse von einer auf fossile Kohlenstoff basierenden Produktion hin zu einer auf grünem Wasserstoff basierenden Produktion umgestellt werden. Dies ist insbesondere in der Chemie- sowie in der Stahlindustrie der Fall (z. B. Ammoniaksynthese, Direktreduktion).

In der Stahlindustrie sollten durch Umstellung auf das Direktreduktionsverfahren ab 2030 jährlich 7 Mio. t Stahl grün produziert werden, was einer THG-Reduktion von 11,2 Mio. t CO₂Äq gegenüber der Hochofenroute entspricht.¹⁴ Voraussetzung hierfür ist jedoch eine ausreichende Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff, welche sich in diesem Szenario allein für die Stahlindustrie auf rund 26 TWh/a im Jahr 2030 beläuft. In den derzeitigen Prozesstechniken zur Herstellung von Ammoniak lassen sich ohne große Umstrukturierungen etwa 15 % grünen Wasserstoff integrieren, darüber hinaus sind technische Um- und

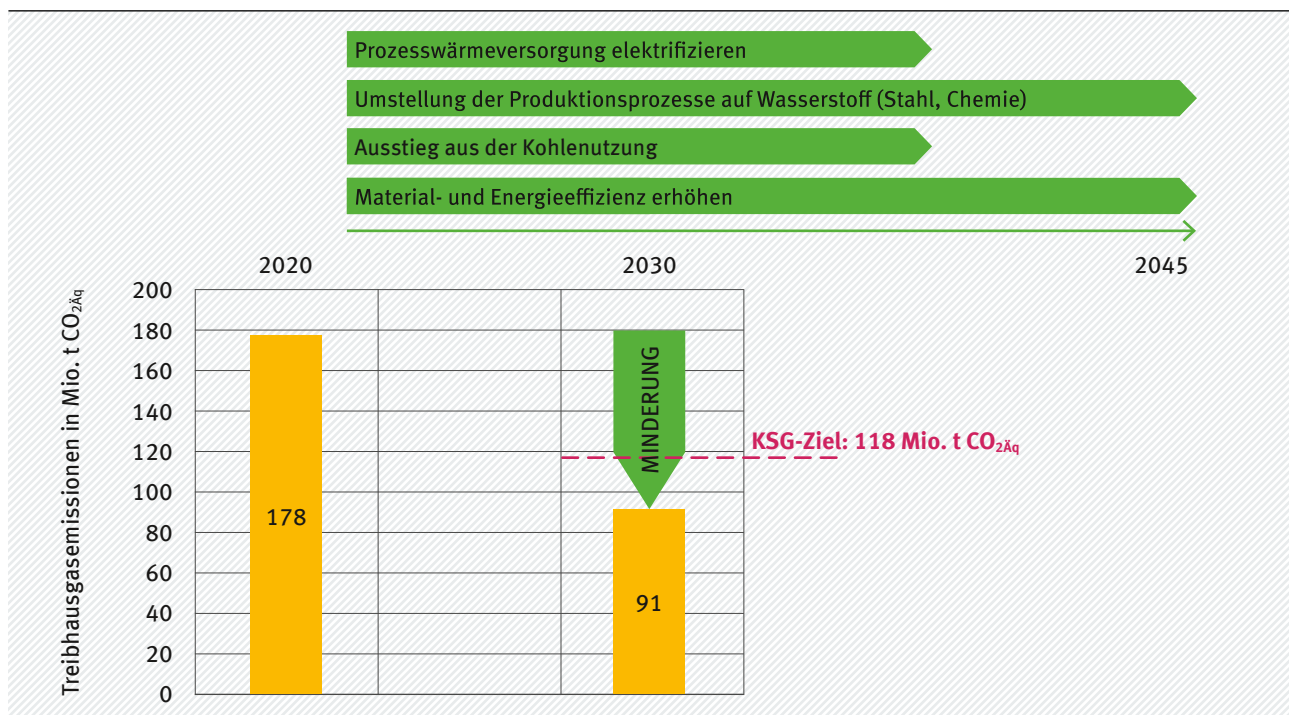
Neubaumaßnahmen erforderlich. Mit der Substitution von fossilem durch grünen Wasserstoff in Raffinerien können zeitnah Treibhausgasemissionen reduziert werden. Hier werden Rohstoffe für die organische Chemie und Kraftstoffe zur Mobilität erzeugt. In unseren Szenarien halten wir für einen ambitionierten Beitrag ca. 20 TWh grünen Wasserstoff in 2030 in der Chemieindustrie für notwendig. Der für den grünen Wasserstoff notwendige Ausbau erneuerbarer Energien ist den Ausführungen zur Energieversorgung (Abschnitt 4.2) inbegriffen.

Ausstieg aus der Kohlenutzung bis 2040

Ein Kohleausstieg ist nicht allein durch die Außerbetriebnahme von Kohlekraftwerken realisiert. Auch in der Industrie muss ein schneller Ausstieg aus der Nutzung dieses treibhausgasintensiven Energieträgers vollzogen werden. Die Umstellung der Stahlindustrie ist dabei zentral. Aber auch kohlebasierte Prozesswärmeversorgung, zum Beispiel in der Papierindustrie sind zu fokussieren. Durch eine ambitionierte und zügige Umsetzung der notwendigen Dekarbonisierungsmaßnahmen sollte der Einsatz von Kohle bis 2040 vollständig und der Einsatz anderer fossiler Kohlenstoffträger bis 2045 weitestgehend substituiert werden.

Abbildung 12

Zusammenfassung – Industrie



Quelle: Umweltbundesamt

¹⁴ Davon sind näherungsweise 75 % dem Sektor Industrie und 25 % dem Sektor Energiewirtschaft zu ordnen.

4.6 Landwirtschaft

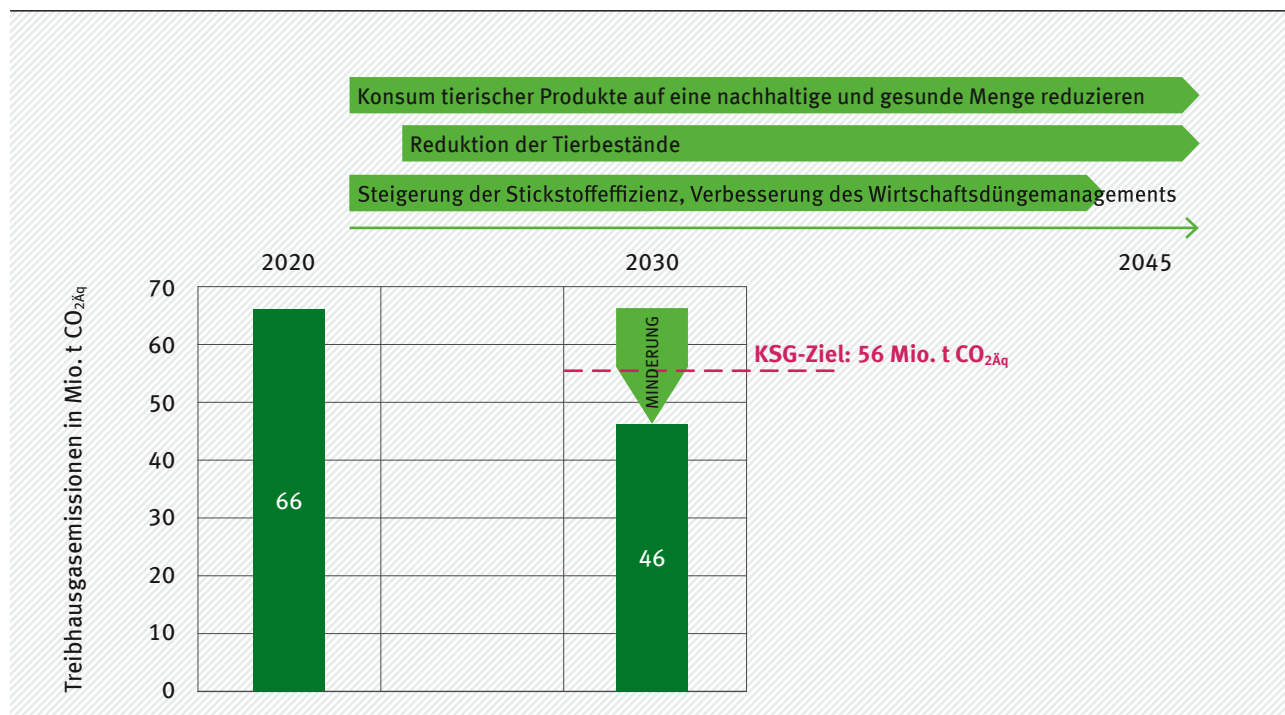
Von 1990 bis 2020 sind die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft von 87 Mio. auf 66,4 Mio. t CO₂Äq gesunken (-24 %) [UBA 2021a]. Damit wurde in 2020 das erste der im Klimaschutzgesetz verbindlich festgelegten jährlichen Sektorziele erreicht. Der Rückgang der Emissionen ist zu großen Teilen auf eine geringere mineralische Düngung auf Grund der großen Trockenheit in den vergangenen Sommern sowie auf den Rückgang der Tierbestände zurückzuführen. Ob sich der Trend fortsetzt, bleibt abzuwarten.

Derzeit ist der Anteil landwirtschaftlicher Emissionen mit 7,6 % an den Gesamtemissionen vergleichsweise gering. Perspektivisch wird dieser Anteil jedoch steigen, da Möglichkeiten zur Emissionsminderung, insbesondere durch technische Maßnahmen, in den anderen Sektoren deutlich höher sind. Zwar bleibt zu hoffen, dass auch im Landwirtschaftsbereich durch technischen Fortschritt substantielle Beiträge zur Reduktion der THG-Emissionen gemacht werden können (beispielsweise über Futtermittelzusatzstoffe zur Reduktion der verdauungsbedingten Methanemissionen). Gegenwärtig scheint das Potential für die nahe Zukunft jedoch begrenzt. Im

Szenario „GreenSupreme“ [UBA 2019b] zeigt das UBA, dass die Landwirtschaft mit ambitionierten Maßnahmen ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 gegenüber 1990 um rund 49 % mindern kann. Diese Minderungsleistung ist rund 10 Mio. t CO₂Äq tiefer als das aktuelle landwirtschaftliche Minderungsziel der Bundesregierung von 56 Mio. t CO₂Äq [BMU 2021]. Studien zeigen jedoch, dass mit den bisher im Klimaschutzprogramm 2030 [BMU 2019b] verankerten Maßnahmen selbst dieses Ziel nicht erreicht werden kann [UBA 2020; Osterburg et al. 2019]. Um das Ziel des KSG und die darüberhinausgehenden notwendigen Minderungen zu erreichen, bedarf es deswegen einer deutlichen Steigerung und konkreten Umsetzung bestehender und zusätzlicher Maßnahmen. Die zentralen Elemente dieser Maßnahmen sind nachfolgend beschrieben und in Abbildung 13 zusammenfassend dargestellt.

Abbildung 13

Zusammenfassung – Landwirtschaft



Quelle: Umweltbundesamt

Gesunde und pflanzenbasierte Ernährung einhergehend mit einer Reduktion der Tierbestände

Die Tierhaltung ist derzeit für über 60 % der landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen verantwortlich [UBA 2020f]. Grund dafür sind die Methanemissionen aus der enterischen Verdauung von Wiederkäuern und die Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement. Die Tierhaltung ist ein wesentlicher Grund für hohe Stickstoffüberschüsse, insbesondere in den Intensivtierhaltungsregionen Deutschlands. Eine Reduktion des Tierbestands ist damit die wirksamste Stellschraube zur Minderung der landwirtschaftlichen Emissionen. Diese muss aber zusammen mit einer Transformation des Ernährungs- und Konsumverhaltens erfolgen, da es andernfalls zu unerwünschten Verlagerungs- und Verdrängungseffekten kommen kann (sog. leakage-Effekt). In Deutschland wurden 2017 außerdem auf rund 60 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche bzw. auf 40 % der Ackerflächen Futtermittel für die Tierhaltung angebaut [Destatis 2019]. Die Emissionen, die beim Anbau und der Ernte dieser Futtermittel entstehen, sind in den oben genannten 60 % der Emissionen aus der Tierhaltung nicht enthalten.

Derzeit sind keine Ziele und Maßnahmen für eine Verkleinerung des Tierbestands zur Verminderung der Emissionen im Klimaschutzprogramm 2030 formuliert. Größte Wirkung hätte eine Reduzierung der Wiederkäuerbestände. Berechnungen auf Basis des GreenSupreme Szenarios [UBA 2019b] zeigen, dass bei einer Reduktion des Rinderbestandes um 37 %¹⁵ ggü. 2010 eine Reduktion der Emissionen um 12,8 Mio. t CO₂Äq möglich ist.¹⁶ Die Produktionsmengen an tierischen Produkten können aber nur sinken, wenn sich auch das Konsumverhalten ändert. In Deutschland werden durchschnittlich 60 kg Fleisch pro Kopf und Jahr verzehrt. Das ist doppelt so viel wie die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE 2017) als Maximalwert für Menschen mit hohem Energiebedarf und viermal so viel wie die EAT-Lancet-Kommission [Willett et. al 2019] empfiehlt.

Durch eine Umstellung der Ernährung auf die Untergrenze der DGE-Empfehlung für den Fleisch- und Milchkonsum¹⁷ sowie dem Ersatz von 15 % des derzeitigen Frischmilchkonsums durch z. B. heimisch erzeugte Sojamilch, und einem dadurch ermöglichten Abbau von Viehbeständen, können die Emissionen im GreenSupreme Szenario um 15,3 Mio. t CO₂Äq gesenkt werden.

Um die Transformation des Ernährungs- und Konsumverhaltens sowie die Reduktion des Tierbestands zu erreichen, müssen ambitionierte produktions- und konsumseitige Maßnahmen und Instrumente entwickelt und unverzüglich umgesetzt werden. Dabei ist die Halbierung der derzeitigen Lebensmittelverschwendung über die gesamte Wertschöpfungskette in die Entwicklung von Maßnahmen und Instrumente zu integrieren. Der gesellschaftliche Wandel hin zur gesünderen, stärker pflanzenbasierten Ernährung und geringerer Lebensmittelverschwendung ist besonders entscheidend. Gelingt der Wandel nicht, sind dauerhaft höhere Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft zu erwarten¹⁸. Damit würde dauerhaft ein höherer Ausgleich dieser Emissionen für Treibhausgasneutralität manifestiert.

Dementsprechend wären die Herausforderungen beim Ausgleich durch Senken und zur Gewährleistung einer dauerhaften nachhaltigen Treibhausgasneutralität größer.

Reduktion der Stickstoffüberschüsse

Maßnahmen zur Senkung der Stickstoffüberschüsse spielen im Klimaschutz eine entscheidende Rolle. Dazu gehören eine Reduzierung des Mineraldüngereinsatzes, Effizienzsteigerungen bei der Düngung sowie eine Verringerung der Verluste im Stall, im Lager und bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern. Eine Reduzierung des Tierbestandes einhergehend mit einem geringeren Anfall von Wirtschaftsdüngern kann hierzu ebenfalls einen entscheidenden Beitrag leisten. Der Stickstoffüberschuss der Gesamtbilanz im fünfjährigen Mittel liegt bei rund 90 kg N/ha/a. Die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung

15 Dabei wird angenommen, dass insbesondere bei Rindern in reiner Stallhaltung eine Verringerung erfolgt und nicht bei Rindern mit Weidegang.

16 Grundsätzlich ist beim Abbau von Milchviehbeständen zu beachten, dass die Weidehaltung von Wiederkäuern, besonders bei extensiver Nutzung, positive Effekte auf Böden, Klima und die Artenvielfalt haben kann, da die Landschaft offen gehalten wird, und auf der Weide weniger Emissionen aus der Gülle anfallen als im Stall. Zudem muss bedacht werden, dass die Milch- und Rindfleischproduktion gekoppelt sind. Die Zahl der Milchkühe sollte also nur soweit sinken wie eine, gesundheitlich ausreichende, Versorgung der Bevölkerung mit Milchprodukten gewährleistet ist.

17 Diese liegt bei 300 g Fleisch pro Woche (entspricht 15,6 kg/Person/Jahr) und einem täglichen Verzehr von 200-250 g Milchprodukten zuzüglich zwei Scheiben Käse (entspricht 50-60 g). Umgerechnet in Milchäquivalente entspricht dies 596-728 Milchprodukte am Tag (DGE, 2021), was einigen Studien zufolge nicht mit den Klimazielen vereinbar ist (Ritchie et al, 2018, Loken et al., 2020)]. Die EAT-Lancet-Kommission empfiehlt eine tägliche Menge an Milchprodukten von 250 g und liegt damit deutlich unter der DGE-Empfehlung. Die Empfehlungen der EAT-Lancet-Kommission waren zum Zeitpunkt der Erarbeitung des RESCUE-Projektes noch nicht veröffentlicht.

18 Und auch in der Abwasserwirtschaft als Folge des höheren tierischen Proteinkonsums.

strebt eine Senkung der Stickstoffüberschüsse auf 70 kg N/ha/a bis 2030 an. Um die Gesamtemissionen aber ausreichend zu senken, bedarf es einer weiteren Senkung des Stickstoffüberschusses. Im „GreenSupreme“-Szenario wurde daher angenommen, dass der Überschuss in 2030 auf 50 kg N/ha/a gesenkt wird [UBA 2020a]. Damit könnten die Lachgasemissionen in 2030 um rund 40 % ggü. 1990 reduziert werden [UBA 2020a]. Um dieses Ziel zu erreichen, sind eine konsequente Umsetzung des Düngerechts einschließlich einer ambitionierten Novellierung der Stoffstrombilanzverordnung sowie eine effektive Vollzugskontrolle notwendig, aber wahrscheinlich nicht ausreichend.

Ausbau der Wirtschaftsdüngervergärung

Die Vergärung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen und die gasdichte Lagerung von Gärresten kann die Methanemissionen aus der Güllelagerung deutlich reduzieren und gleichzeitig Energie bereitstellen. Das GreenSupreme-Szenario zeigt, dass mit einer deutlichen Steigerung der Vergärung von Wirtschaftsdüngern¹⁹, der gasdichten Gärrestlagerung sowie einer Beendigung der Nawaro-Vergärung ab 2030²⁰ eine Minderung der Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement auf 4,6 Mio. t CO₂Äq in 2030 möglich ist. Das entspricht einer Reduktion um 65 % ggü. 1990.

Um dieses Ziel zu erreichen, müssen bestehende Maßnahmen umgesetzt und ambitionierte Förderinstrumente weiterentwickelt werden, die über die Förderung im jetzigen EEG hinausgehen. Dabei sind Zielkonflikte (z. B. Transportemissionen durch Gülletransporte zu Gemeinschaftsvergärungsanlagen, Anreize für hohe Tierbestände) zu vermeiden.

4.7 LULUCF

Wälder, Böden und ihre Vegetation speichern Kohlenstoff. Werden sie intensiv genutzt, emittieren sie Treibhausgase. So kann es im Rahmen der Landnutzung, der Landnutzungsänderung und der Forstwirtschaft sowohl zu Emissionen als auch zu Sequestrierung von Kohlenstoff kommen. Im LULUCF-Sektor wird derzeit jährlich mehr CO₂ in Form von Kohlenstoff gebunden als Treibhausgase freigesetzt werden (-16 Mio. t CO₂Äq im Jahr 2020 nach der Vorjahresschätzung; seit 2017 hat die Senkenleistung um 20 % abgenommen; eine Treibhausgasquelle war der Sektor zuletzt im Jahr 2007). Der Wald und Holzprodukte sind dabei die wesentliche Netto-Kohlenstoffsinken (-56 Mio. und -5 Mio. t CO₂Äq). Ihr stehen allerdings THG-Emissionen insbesondere der organischen Böden des Acker- und Grünlands gegenüberstehen (45 Mio. t CO₂Äq).

Mit der Novellierung des KSG im Sommer 2021 [BMU 2021] wurde erstmalig ein konkretes Ziel für diesen Sektor festgeschrieben, das über die „No-Debit-Rule“²¹ hinausgeht. Indem das LULUCF-Ziel gesondert formuliert ist und die Senkenleistung nicht unmittelbar auf die Ziele der übrigen Sektoren angerechnet werden kann, wird zum einen gewährleistet, dass die THG-Minderung im Sinne des Vorsorgeprinzips oberste Prämisse im Klimaschutz darstellt. Natürliche Senken sind kein „Joker“, der beliebig oft und in beliebigem Umfang in Anspruch genommen werden kann. Die Möglichkeit, Kohlenstoff kurz- oder mittelfristig in Senken binden zu können, darf nicht als Rechtfertigung dafür dienen, technisch mögliche und sozial verträglich erzielbare Emissionsminderungen aufzuschieben. Nur durch eine ambitionierte Reduktion der Emissionen kann der globale Temperaturanstieg auf 1,5 °C nachhaltig realisiert werden. Zum anderen wird durch das gesonderte LULUCF-Ziel gewährleistet, dass die Senkenwirkung des LULUCF-Sektors gestärkt wird und dadurch der für Treibhausgasneutralität erforderliche Ausgleich von unvermeidbaren Emissionen der Landwirtschaft und Industrie auf natürliche nachhaltige Weise erfolgt.

¹⁹ Angenommen wurde, dass in 2030 ca. 40 % der Rindergülle, 55 % der Schweinegülle, 40 % des Geflügelmistes, 15 % der Schafs- und 30 % des Pferdemitestes vergoren werden.

²⁰ Damit reduzieren sich auch die Treibhausgasemissionen aus Nawaro-Gärresten entsprechend auf Null in 2030. Die Vermeidung sonstiger Treibhausgasemissionen, die während des Anbaus der Nawaro, des Transports und der Umwandlung in Biogasanlagen entstehen, sind in der hier benannten Treibhausgasminderung nicht berücksichtigt.

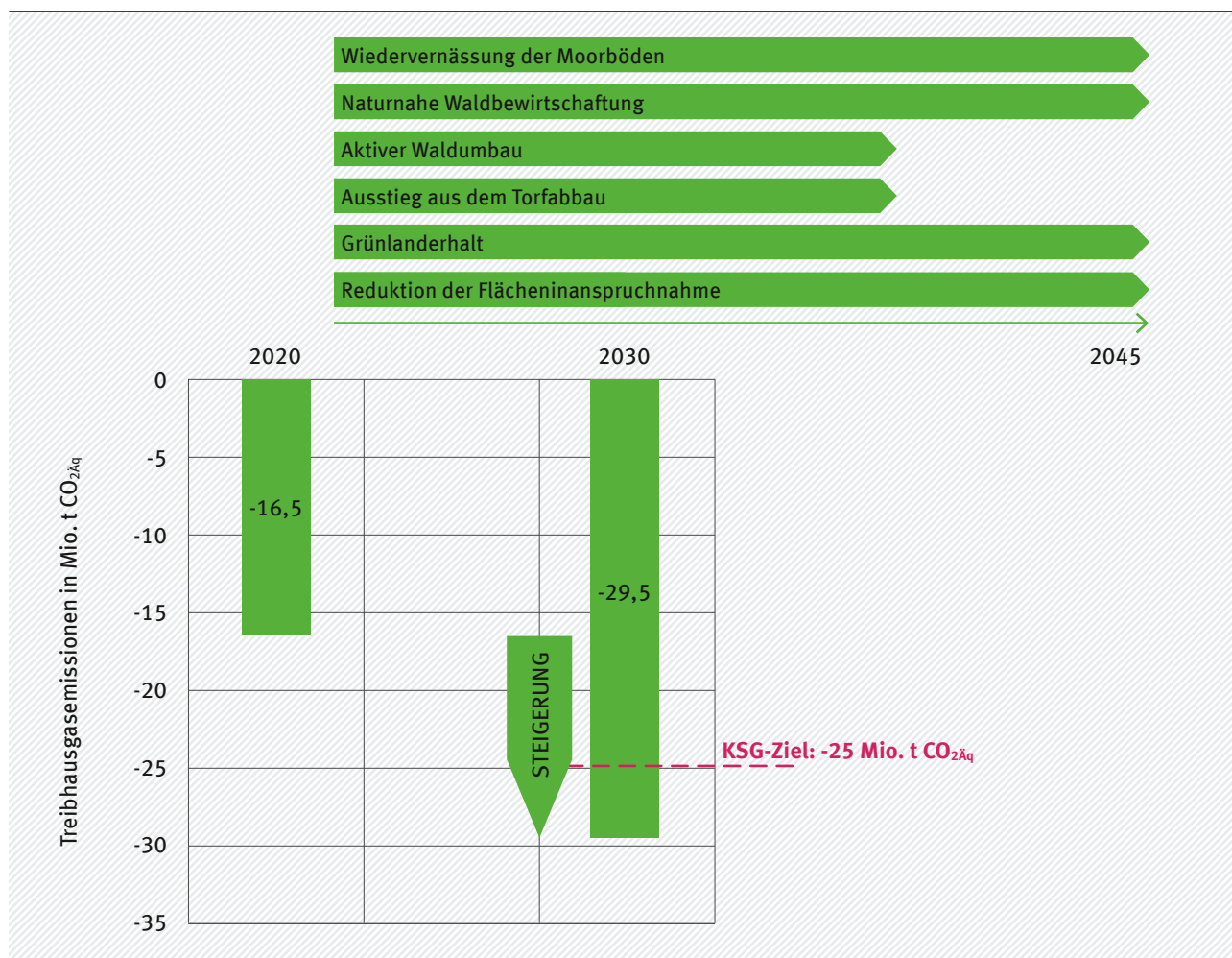
²¹ In der LULUCF-Verordnung (EU) 2018/841 wird festgelegt, dass die Emissionen des LULUCF-Sektors dessen Senkenwirkung nicht übersteigen dürfen und so die Emissionsbilanz des Sektors mindestens „Netto-Null“ sein muss und kein „Minus“ (No-Debit) entstehen darf.

Konkret sollen nach dem KSG im Jahr 2030 als natürliche Senke 25 Mio. t CO_{2Äq} natürlich gebunden sein. Nach dem GreenSupreme Szenario zeigen sich bei ambitionierten Maßnahmen auch eine Senkenwirkung in Höhe von 29,9 Mio. t CO_{2Äq} als möglich. Die zentralen Elemente, um diese sehr ambitionierten Ziele umzusetzen, sind nachfolgend beschrieben

und in Abbildung 14 zusammenfassend dargestellt. Um diese Ziele zu erreichen, ist es notwendig, die beschriebenen Maßnahmen schnell und ambitioniert zu implementieren, da Emissionsminderungs- und Sequestrierungserfolge im LULUCF-Bereich zum Teil längere Vorlaufzeiten haben.

Abbildung 14

Zusammenfassung – LULUCF



Quelle: Umweltbundesamt

Exkurs: Rolle von Senken beim Verschleppen von Treibhausgasminderungsmaßnahmen

Nachhaltige und dauerhafte Treibhausgasneutralität ist nur erreichbar, wenn die residualen Treibhausgasemissionen so gering wie möglich sind. Der Minderung von Treibhausgasemissionen kommt deshalb oberste Priorität zu. Unvermeidbare Treibhausgasemissionen müssen durch die Entnahme von Kohlenstoff aus der Atmosphäre und eine langanhaltende und sichere Bindung dieses Kohlenstoffs ausgeglichen werden. Je mehr Treibhausgasemissionen verbleiben, desto größer wird der Druck, dabei auch auf weniger erprobte und nachhaltige Technologien zu setzen. Eine proaktive Strategie zu nachhaltigen negativen Emissionen muss daher als strategisches Handlungsfeld angegangen werden, die das unbedingte Primat der Emissionsminderungen nicht in Frage stellt und neben ökologischen und ökonomischen auch die sozialen Belange berücksichtigt.

Senken (natürliche und technische) sind nicht beliebig oft und in beliebigem Umfang verfügbar. Technische Senken sind teuer, nicht erprobt, nicht sicher bei der CO₂-Speicherung, also reversibel, und im Potential begrenzt. Zudem gefährden entsprechende Maßnahmen andere Umweltmedien. Entweicht unterirdisch gespeichertes CO₂ (CCS) senkt es den pH-Wert des Meer-, Grund-, Kapillar- und Sickerwassers (Versauerung) und kann auch geochemische Prozesse und Reaktionen im Boden auslösen. Auch sind beispielsweise die Umweltauswirkungen bei der Ozeandüngung, wo in komplexe Ökosysteme mit Auswirkungen auf Biodiversität, Ökosystemfunktionen und biogeochemische Kreisläufe erfolgen, nur sehr schwer abschätzbar. In vielen Bereichen besteht daher weiterer Forschungsbedarf. Gleichwohl kann festgehalten werden, dass Techniken zur Kohlenstoffgewinnung aus der Atmosphäre (direct air capture, DAC) bereits heute zu fördern sind, damit die spätere Verfügbarkeit und zukünftig erforderliche großtechnische Anwendung gewährleistet ist. Diese Techniken werden nicht nur für eine Strategie zu negativen Emissionen benötigt, sondern sind auch die Voraussetzung für eine zirkulare Kohlenstoffwirtschaft in einem defossilen Wirtschaftssystem [UBA 2021b].

Natürliche Senken sind gleichfalls im Potential begrenzt. Die Einbindungen von Kohlenstoff in natürlichen Senken sind zudem nicht von unbegrenzter Dauer und vollständig reversibel (z. B. durch Waldbrände). Zudem können natürliche Senken negative Umweltwirkungen haben. So kann großflächige Aufforstungsmaßnahmen insbesondere von Monokulturen u.U. Wasserhaushalt, Mikroklima und Biodiversität beeinflussen. Allerdings hat der Sicherung und der Erhalt natürlicher Senken regelmäßig auch positive Auswirkungen auf das jeweilige Ökosystem. Synergien zum Biodiversitätsschutz und Klimaresilienz können gehoben werden.

Auf ein Minimum begrenzte residuale Emissionen können durch Sicherung und Erschließung von natürlichen Kohlenstoffsenken ausgeglichen werden. Dies zeigt das UBA für Deutschland in seiner RESCUE-Studie [UBA 2019b].

Senken sind deshalb nicht geeignet, Versäumnisse in den Emissionsminderungsanstrengungen anderer Sektoren unbegrenzt umweltintegro auszugleichen. Sollten Treibhausgasminderungen nicht ausreichend umgesetzt werden, ist ein Abwägungsprozess (gesellschaftlich und politisch) zu den Umwelt- und Klimafolgen sowie sozialen Folgen eines über 1,5°C erhöhten menschenverursachten Treibhausgasausstoßes gegenüber denen der Ausgleichstechniken notwendig. Eine Strategie zu nachhaltigen negativen Emissionen, die diesen Abwägungsprozess beinhaltet, ist für das Erreichen von Treibhausgasneutralität unausweichlich und in den nächsten Jahren strategisch anzugehen.

Wiedervernässung und Schutz von Moorböden

In Moorböden²² sind über 500 t Kohlenstoff je ha in Deutschland gebunden (BMEL 2019, Abbildung 8, S. 17). Allerdings wirken Moorböden in der Emissionsbilanz nicht als Senke, sondern als größte Emissionsquelle im LULUCF-Sektor. Die landwirtschaftliche Nutzung von Moorböden führte in 2019 auf nur 5 % der gesamten landwirtschaftlichen Fläche zu THG-Emissionen von 42 Mio. t CO₂Äq. Während die N₂O-Emissionen dieser Böden (3,7 Mio. t CO₂Äq) im Landwirtschaftssektor bilanziert werden, werden die CO₂- und CH₄-Emissionen (38,5 Mio. t CO₂Äq) in der Bilanz des LULUCF-Sektors geführt. Werden ab 2022 jährlich rund 5,3 % der landwirtschaftlichen Fläche auf trockengelegten Moorböden wiedervernässt, können bis 2030 die Emissionen etwa halbiert werden (auf ~20 Mio. t CO₂Äq). Hierfür ist konsequente und unverzügliche Umsetzung notwendig, wie beispielsweise eine Reform der gemeinsamen EU-Agrarpolitik, die die gegenwärtige Förderung von ackerbaulicher Nutzung ehemaliger Moorstandort stoppt und diese umkehrt.

Erhalt von Dauergrünland

Organische Böden, die als Ackerland genutzt werden, haben eine schlechtere Treibhausgasbilanz (40,4 Mio. t CO₂Äq pro ha und Jahr, Tiemeyer et al. 2020, Table 5) als solche, die als Dauergrünland (31,7 Mio. t CO₂Äq pro ha und Jahr) genutzt werden. Von 1990 bis 2020 kam es zu einem Anstieg der Emissionen von ca. 22 % im Sektor Ackerland, während ca. 32 % weniger Emissionen im Sektor Grünland 2020 gegenüber 1990 freigesetzt wurden. Flächen, die eine Landnutzungsänderung von Grünland zu Ackerland erfahren, weisen durch den Prozess eine Verschlechterung in der Treibhausgasbilanz auf. Deshalb ist es wichtig, den Umbruch von Dauergrünland in Ackerland weiterhin im Rahmen der Europäischen Agrarpolitik entgegenzuwirken und gegebenenfalls auf Landesebene entsprechende Ordnungsvorschriften zu erlassen. Eröffnet werden sollte aber die Möglichkeit, Dauergrünland auf Moorböden wiederzuvernässen.

Ausstieg aus dem Torfabbau

Der Torfabbau führt jährlich zu Emissionen von mehr als 2 Mio. t CO₂Äq. Zu einem wirksamen Moorschutz gehört es zudem, den Torfabbau zu reduzieren und keine weiteren Genehmigungen für den Abbau zu erteilen. Ein vollständiger Ausstieg aus dem Torfabbau und der Torfnutzung sollte spätestens bis 2040 umgesetzt werden. Um Verlagerungseffekte zu vermeiden, sollte zudem auf den Import von Torfprodukten verzichtet werden und eine gemeinsame Nullnutzungsstrategie innerhalb der EU erarbeitet werden.

Naturnahe Waldbewirtschaftung und Waldumbau

Ob der LULUCF-Sektor insgesamt als Emissionsquelle oder -senke ausgeprägt ist, hängt stark von der Senkenwirkung des Waldes ab. Die Senkenwirkung des Waldes muss gesichert und erhalten werden. Dazu bedarf es einer nachhaltigen Waldwirtschaft und des Umbaus bestehender Wälder in resiliente Mischwälder. Wichtig ist zudem, für Holzprodukte eine Kaskadennutzung vorzusehen.

Die Waldsenke wird wegen natürlicher und menschengemachter Umstände (Stürme, Borkenkäferbefall, Altersklassenstruktur, Dürren, Waldbränden etc.) stark abnehmen. Nach dem Projektionsbericht 2021 (BReg 2021 wird dadurch der LULUCF-Sektor zukünftig zu einer Emissionsquelle. In den Inventardaten manifestiert sich diese Projektion bislang nicht in diesem Ausmaß.

Reduktion der Flächeninanspruchnahme (Landnutzungsänderung)

Werden insbesondere Waldgebiete und Grünland in zum Teil versiegelte Siedlungs- und Infrastrukturflächen umgewandelt, verlieren die Flächen ihre Senkenwirkung und gespeicherter Kohlenstoff wird in Form von CO₂ emittiert. Dadurch verursacht dieser Flächenverbrauch (ca. 58 ha/Tag) Treibhausgasemissionen. Um diese zu reduzieren, sollte der Flächenverbrauch entsprechend der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie bis 2030 auf weniger als 30 ha/Tag und bis 2050 zu einer Flächenkreislaufwirtschaft (Flächenverbrauch = Netto-Null) geführt werden. Im Integrierten Umweltprogramm 2030 des BMU wird beispielsweise ein Flächenverbrauch von 20 ha/Tag im Jahr 2030 adressiert. Bis 2030 lassen sich dadurch deutlich mehr als 2 Mio. t CO₂Äq einsparen.

²² Moorböden umfassen als organische Böden sowohl Moore aus bodenkundlicher Sicht als auch entwässerte Moore. Wegen ihrer hohen Emissionen werden diese Böden in der Klimaberichterstattung unter dem Begriff „organische Böden“ zusammengefasst. Oft wird das Wort „Moor“ synonym mit „Moorböden“ in diesem Sinne verwendet.

Bei Zielverfehlung Sofortprogramm notwendig

Für eine nachhaltige Entwicklung des Ausgleichs der residualen Treibhausgasemissionen sollten auch im LULUCF-Sektor, wie in allen anderen Sektoren des KSG, nach § 8 des KSG ein Sofortprogramm erforderlich werden, wenn die in § 3a KSG festgelegten Senkenleistungen nicht erreicht werden.

Verbesserung der Daten zur Bilanzierung

Die Emissionen des Sektors zu bilanzieren und zu erfassen ist sehr komplex. Entwicklungen der Landnutzung zeigen sich zeitversetzt in ihrer Treibhausgasbilanz. Das liegt zum einen daran, dass die relevanten Prozesse langsam ablaufen, zum anderen beruhen die Emissionsdaten auf Erhebungen und Messungen, die nicht jährlich, sondern periodisch durchgeführt werden. Dadurch kann es zu „Sprüngen“ und Ungenauigkeiten im THG-Inventar kommen. Um die Bilanzierungen und Projektionen auf so präzise Daten wie möglich zu stützen, ist es notwendig, die Datengrundlagen laufend zu verbessern (so z. B. projektbezogene Datenerhebung bei Wiedervernässungsaktivitäten aufnehmen).

Mit der Novellierung des KSG im Sommer 2021 wurde für 2030 ein maximaler Treibhausgasausstoß von 4 Mio. t CO₂Äq festgelegt [BMU 2021]. Langfristig gehen wir davon aus, dass diese Emissionen auf unter 3 Mio. t CO₂Äq in 2045 reduziert werden.

Bei konsequenter Umsetzung der nachfolgenden Maßnahmen kann die Reduktion, wie im KSG für den Sektor Abfallwirtschaft und Sonstige anvisiert auf 4 Mio. t CO₂Äq im Jahr 2030 erfolgen. Hierfür sind im Abfallbereich insbesondere weitere Maßnahmen zur Deponiegasminderung, z. B. durch Optimierung der Deponiegasfassung und Ausbau der aeroben in-situ-Stabilisierung von Deponien (Vermeidung der CH₄-Bildung), sowie durch anspruchsvolle Kaskadennutzung von Bioabfällen nach dem Stand der Technik zur Minderung diffuser CH₄-Emissionen erforderlich. Diese Maßnahmen werden über Förderprogramme der NKI unterstützt. Darüber hinaus ist eine systemische und flexible sektorunabhängige sowie mit Blick auf den Klimaschutz sinnvolle Nutzung der erneuerbaren Ressourcen Klär- und Biogas aus der Abfall- und Abwasserbehandlung notwendig.

4.8 Abfallwirtschaft und Sonstige

Die Entsorgung von Abwasser und Abfall ist und bleibt ein zentraler Pfeiler der öffentlichen Daseins- und Gesundheitsvorsorge und schützt die Umwelt vor unerwünschten Einträgen. Mit der Abwasser- und Abfallentsorgung einher gehen der Ausstoß von Treibhausgasen, der durch Abfall- und Abwassertechnik, aber auch durch die vorgelagerten Prozesse zur Produktion von Produkten, Umfang von Recycling und Erfassung von Abfällen sowie der Lebensweise und Ernährung der Menschen beeinflusst wird. Von mehr als 38 Mio. t CO₂Äq im Jahr 1990 sind diese bereits auf 8,9 Mio. t CO₂Äq im Jahr 2020 gesunken [UBA 2021a]. Hierbei wurden für den Abfallbereich die THG-Emissionen aus Deponien und der biologischen Abfallbehandlung bilanziert. Für den Abwasserbereich wurden die Emissionen der Abwasserbehandlung auf kommunalen Kläranlagen erfasst. Der maßgebliche Beitrag zur Senkung der THG-Emissionen in dem Sektor Abfallwirtschaft und Sonstige geht auf die deutliche Minderung der Deponiegasemissionen infolge des Abfallablagerungsverbotes für unbehandelte Siedlungsabfälle seit 2005 sowie den Ausbau von Recycling und energetischer Verwertung zurück.

Quellenverzeichnis

BMU (2016): Klimaschutzplan 2050, Berlin, Download unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf

BMU (2019a): Gesetz zur Einführung eines Bundes-Klimaschutzgesetzes und zur Änderung weiterer Vorschriften, Berlin, Download unter: [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBL&start=//*\[@attr_id=%27bgbl119s0010.pdf%27\]#bgbl%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl119s2513.pdf%27%5D1598862388504](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBL&start=//*[@attr_id=%27bgbl119s0010.pdf%27]#bgbl%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl119s2513.pdf%27%5D1598862388504)

BMU (2019b): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050, Berlin, Download unter: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1>

BMU (2020): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess III). Download unter: <https://www.bmu.de/download/deutsches-ressourceneffizienzprogramm-progress-iii>

BMU (2021): Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes, Berlin, Download unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/19_Lp/ksg_aendg/Entwurf/ksg_aendg_bf.pdf

BVerfG (2021): Beschluss, Berlin, Download unter: https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Entscheidungen/DE/2021/03/rs20210324_1bvr265618.html;jsessionid=782E184494B6CE79ECA41C859ECB44F9.1_cid377

BMW (2020): Energieeffizienz in Zahlen. Entwicklungen und Trends in Deutschland 2020, Berlin, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-2020.pdf?blob=publicationFile&v=20>

BMW (2021): Die Energie der Zukunft – 8. Monitoring-Bericht zur Energiewende – Berichtsjahre 2018 und 2019, Berlin, Download unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/achter-monitoring-bericht-energie-der-zukunft.pdf?blob=publicationFile&v=14>

BReg (2021): Projektionsbericht 2021.

Destatis (2019): Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Ein- und Ausfuhr und Flächenbelegung von Erzeugnissen pflanzlichen und tierischen Ursprungs. Unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/landwirtschaft-wald/Publikationen/Downloads/ein-ausfuhr-flaechenbelegung-pdf-5851311.pdf?blob=publicationFile> S. 188.

DGE (2017). Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE, Bonn, Download unter: <https://www.dge-medianservice.de/allgemeine-ernaehrungsempfehlungen/vollwertig-essen-und-trinkennach-den-10-regeln-der-dge-poster.html>

EC 2020. A new Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe, COM(2020) 98, European Commission. Download unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>

EEA (2020): Trends and projections in Europe 2020. Tracking progress towards Europe's climate and energy targets. EEA Report No 13/2020, Kopenhagen, Download unter: <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2020>

Engelmann, P.; Köhler, B.; Meyer, R.; Dengler, J.; Herkel, S.; Kießling, L.; Quast, A.; Berneiser, J.; Bär, C.; Sterchele, P.; Heilig, J.; Bürger, V.; Braungardt, S.; Hesse, T.; Sandrock, P.; Maaß, C.; Strodel, N. (2021): Systemische Herausforderung der Wärmewende. im Auftrag des Umweltbundesamtes. Climate Change 18/2021. Dessau-Roßlau. Download unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-04-26_cc_18-2021_waermewende.pdf

EP (2021): EU-Klimaneutralität bis 2050: Europäisches Parlament erzielt Einigung mit Rat, Pressemitteilung des Europäischen Parlaments, Brüssel, Download unter: <https://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20210419IPRO2302/eu-klimaneutralitaet-bis-2050-europaisches-parlament-erzielt-einigung-mit-rat>

ERK (2021): Bericht zur Vorjahresschätzung der deutschen Treibhausgasemissionen für das Jahr 2020. Prüfung und Bewertung der Emissionsdaten gemäß § 12 Abs. 1 Bundes-Klimaschutzgesetz, Freiburg, Download unter: https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2021/04/210415_Bericht_Expertenrat_Klimafragen_2021-2.pdf

IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Osterburg et al. (2019): Folgenabschätzung für Maßnahmenoptionen im Bereich Landwirtschaft und landwirtschaftliche Landnutzung, Forstwirtschaft und Holznutzung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050, 39, Braunschweig, Download unter: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061835.pdf

Prognos (2020): Klimaneutrales Deutschland. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität, Berlin. Download unter: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2020/2020_10_KNDE/A-EW_195_KNDE_WEB.pdf

Prognos (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität, Berlin. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_01_DE_KNDE2045/KNDE2045_Langfassung.pdf

Stiftung-Klima (2021): Die Wärmepumpe - Mythen und Fakten, Download unter: <https://www.stiftung-klima.de/de/themen/gebaeude/mythen-zur-waermepumpe/>

UBA (2016): Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050, Dessau-Roßlau, Download unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaschutzbeitrag-des-verkehrs-bis-2050>

UBA (2016b): Klimaneutraler Gebäudebestand 2050, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_06_2016_klimaneutraler_gebaeudebestand_2050.pdf

- UBA (2016c): Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung Diskussionsbeitrag des Umweltbundesamtes. Position // April 2016, Dessau-Roßlau April. Download unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/klimaschutzplan_2050_der_bundesregierung_0.pdf
- UBA (2017): Klimaneutraler Gebäudebestand 2050. Energieeffizienzpotentiale und die Auswirkungen des Klimawandels auf den Gebäudebestand, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-11-06_climate_change_26-2017_klimaneutraler-gebäudebestand-ii.pdf
- UBA (2019a): Den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland ressourcenschonend gestalten, Dessau-Roßlau, Download unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/190215_uba_fachbrosch_rt_d_bf.pdf
- UBA (2019b): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität, Dessau-Roßlau, Download unter: <https://www.umweltbundesamt.de/rescue>
- UBA (2019c): Treibhausgasneutralität in Deutschland bis 2050, Politikpapier zur RESCUE-Studie, Dessau-Roßlau, Download unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_hgp_treibhausgas_20_50_11-11-2019_bf.pdf
- UBA (2019d): Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, Dessau-Roßlau, Download unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/das_monitoringbericht_20_19_barrierefrei.pdf
- UBA (2020a): Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland – GreenSupreme, Dessau-Roßlau, Download unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transformationsprozess-treibhausgasneutrales-ressourcenschonendes-deutschland-greensupreme>
- UBA (2020b): Wohnfläche pro Kopf, Download unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/4_abb_zunahme-wohnflaeche-ew-hh_2020-12-08.pdf
- UBA (2020c): 13 Thesen für einen treibhausgasneutralen Gebäudebestand Drängende Herausforderungen der Wärmewende. Position // Dezember 2020, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/pp_13thesen_treibhausgasneutraler-gebäudebestand_bf.pdf
- UBA (2020d): Raising the EU 2030 GHG Emission Reduction Target, Dessau-Roßlau. Download unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/w_p_04_paper_raising_the_eu_2030_ghg_emission_reduction_target_with_german-language_summary_rev.pdf
- UBA (2020e): Nachhaltige Wege aus der Wirtschaftskrise. Umwelt und Klima schützen, Beschäftigung sichern, sozialverträgliche Transformation einleiten, Dessau-Roßlau. Download unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/06-2020_poshi_nachhaltige-wege-wirtschaftskrise_online_bf.pdf
- UBA (2020f): Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgas-Emissionen, Dessau-Roßlau. Download unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas>
- UBA (2021a): Trendtabelle Sektoren und vorläufige THG-Daten 2019 (Stand: 16.03.2021). Download unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/2020-03-11_trendtabellen_sektoren_und_vorjahresschaetzung_out.xlsx
- UBA (2021b): Diskussionsbeitrag zur Bewertung von Carbon Capture and Utilization, Dessau-Roßlau, in Veröffentlichung
- UBA (2021c): Monats- und Quartalsdaten der AGEE-Stat, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau., Download unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/dokumente/agee-stat_monatsbericht_06-2021.pdf
- UBA (2021d): Hydrofluorocarbon Emission Reduction: A Crucial Contribution to Climate Protection – Proposals to enhance European Climate Ambition, Dessau-Roßlau. Download unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/hydrofluorocarbon-emission-reduction-a-crucial>
- Umweltrat (2020): 14005/20. Entwurf einer Vorlage an das UNFCCC im Namen der Europäischen Union und ihrer Mitgliedstaaten im Hinblick auf die Aktualisierung des national festgelegten Beitrags der Europäischen Union und ihrer Mitgliedstaaten. Brüssel, Download unter: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-14222-2020-REV-1/de/pdf>
- UNEP IRP (2019b). Natural Resource Use in the Group of 20: Status, trends, and solutions (Factsheet for Germany). United Nations environment programme. International Resource Panel, Paris. Download unter: <https://www.resourcepanel.org/file/1303/download?token=GoZmFzlx>
- UNFCCC (2015): Paris Agreement, Paris. Download unter: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- Willett W., Rockström J., Loken B. et al. (2019): Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems, Lancet 2019; 393: 447-492, Download unter: [https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736\(18\)31788-4.pdf](https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736(18)31788-4.pdf)



► **Unsere Broschüren als Download**
Kurzlink: bit.ly/2dowYYI

 www.facebook.com/umweltbundesamt.de
 www.twitter.com/umweltbundesamt
 www.youtube.com/user/umweltbundesamt
 www.instagram.com/umweltbundesamt/