



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

Klimaschutz in Zahlen

Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik
Ausgabe 2017

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)
Referat Öffentlichkeitsarbeit · 11055 Berlin
E-Mail: service@bmub.bund.de · Internet: www.bmub.bund.de · www.klimaschutz.de

Redaktion

BMUB, Referat KI I 1,
Martin Weiß, Mareike Welke (PtJ)

Text

Caterina Salb, Sarah Gül, Charlotte Cuntz, Yannick Monschauer, Linda Beyschlag (Ecofys)

Gestaltung

www.digitale-gestaltung.de, Holger Ebeling

Druck

Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG, Frankfurt am Main

Bildnachweise

Titelseite: Fotolia.com/teerawit
Seite 8: Fotolia.com/Photobank · Seite 14: Fotolia.com/Bashkatov · Seite 21: ooyoo/gettyimages/design.ideo
Seite 24: Fotolia.com/kalafoto · Seite 50: canstockphoto/rtbilder

Stand

April 2017

Auflage

4.000 Exemplare

Bestellung dieser Publikation

Publikationsversand der Bundesregierung
Postfach 48 10 09 · 18132 Rostock
Tel.: 030/18 272 272 1 · Fax: 030/18 10 272 272 1
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
Internet: www.bmub.bund.de/bestellformular

Hinweis

Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Gedruckt auf Recyclingpapier.

Klimaschutz in Zahlen

Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik
Ausgabe 2017

Inhalt

1. Zusammenfassung	6
2. Warum setzt sich Deutschland für den Klimaschutz ein?	8
2.1 Klimawandel – Folgen und Anpassung	8
2.2 Deutschlands globale Verantwortung	10
3. Was sind die aktuellen Klimaschutzziele und -instrumente?	14
3.1 Internationale Klimaschutzpolitik – Umsetzung des Pariser Abkommens	14
3.2 Umsetzung in der EU	16
3.3 Umsetzung in Deutschland	19
Schlaglichtthema 2017	21
Klimaschutzplan 2050 – Wegweiser in ein klimaneutrales Deutschland	21
Der Beteiligungsprozess	22
4. Wie entwickeln sich die Emissionen in Deutschland?	24
4.1 Emissionen in Deutschland – gestern, heute und morgen	24
4.2 Energiewirtschaft	27
4.3 Industrie	33
4.4 Verkehr	37
4.5 Private Haushalte	41
4.6 Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)	43

4.7 Abfall- und Kreislaufwirtschaft	45
4.8 Landwirtschaft	46
4.9 Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)	48
5. Was bedeutet Klimaschutz für Wirtschaft und Gesellschaft?	50
5.1 Arbeitsplätze.....	50
5.2 Investitionen.....	52
5.3 Innovation.....	54
5.4 Energiesicherheit	55
5.5 Umwelt und Gesundheit	57
5.6 Klimaschutz in Kommunen.....	58
5.7 Nachhaltiger Konsum.....	59
6. Glossar.....	60
7. Abkürzungsverzeichnis	63
8. Endnoten.....	64
9. Literaturverzeichnis	65

1. Zusammenfassung



Warum setzt sich Deutschland für den Klimaschutz ein?

Der Klimawandel macht sich in Deutschland unter anderem durch eine Zunahme von Extremwetterereignissen bemerkbar. Die **volkswirtschaftlichen Verluste** durch die Hitzewelle im Jahr 2003 werden auf über **13 Milliarden Euro** beziffert. Gleichzeitig führte diese Hitzewelle zu schätzungsweise **7.000 hitzebedingten** zusätzlichen **Todesfällen** im Südwesten von Deutschland.

Ohne eine Begrenzung der klimaschädlichen Treibhausgasemissionen könnte die **Erderwärmung bis 2100 auf 4 °C** oder mehr ansteigen.

Seit Beginn der Industrialisierung hat Deutschland fast **fünf Prozent** zur globalen Erderwärmung beigetragen, obwohl die **deutsche Bevölkerung nur rund ein Prozent** der Weltbevölkerung ausmacht.



Was sind die aktuellen Klimaschutzziele?

In dem historischen Klimavertrag von Paris werden erstmals alle Vertragsstaaten – neben allen Industriestaaten auch Entwicklungs- und Schwellenländer – ab 2020 zu völkerrechtlich bindenden Emissionsreduktionen verpflichtet, um die **Erderwärmung deutlich unter 2 °C** zu halten und Anstrengungen zu unternehmen, sie auf **1,5 °C** zu begrenzen.

Mit dem „nationalen Beitrag“, den die EU-Mitglieder zum Pariser Abkommen bei den Vereinten Nationen eingereicht haben, verpflichten sich die EU-Mitgliedsstaaten bis 2030 zu einer gesamt europäischen **Emissionsreduktion** von mindestens **40 Prozent** verglichen mit 1990. Dieses Ziel ist in das langfristige Klimaschutzziel der EU eingebettet, den EU-weiten **Treibhausgasausstoß bis 2050 um 80 bis 95 Prozent** gegenüber 1990 zu verringern.

Im Energiekonzept von 2010 und im Klimaschutzplan 2050 hat Deutschland Meilensteine für eine Reduktion der Treibhausgase, den Ausbau der erneuerbaren Energien und gesteigerte Energieeffizienz festgehalten. Bis 2050 sollen die Treibhausgasemissionen um mindestens 80 bis 95 Prozent gegenüber 1990 sinken, der **Anteil der erneuerbaren Energien** auf **60 Prozent** am Endenergieverbrauch steigen und der **Primärenergieverbrauch** um **50 Prozent** gegenüber 2008 sinken.

Um einen Beitrag zu leisten, die 2 °C- oder sogar die 1,5 °C-Obergrenze einzuhalten, sollen die deutschen **Treibhausgasemissionen** in allen Sektoren insgesamt **bis 2030** gegenüber 1990 um mindestens **55 Prozent** gesenkt werden.



Wie entwickeln sich die Emissionen in Deutschland?

Der deutsche Treibhausgasausstoß von 902 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten im Jahr 2015 bedeutet eine **Reduktion von 27,9 Prozent** gegenüber 1990.

Mit knapp **38,5 Prozent** hatte die **Energiewirtschaft** auch 2015 den größten Anteil an den deutschen Gesamtemissionen.

Die Emissionen des **Industriesektors** sind für **ein Fünftel** des deutschen Treibhausgasausstoßes verantwortlich und sind seit 2010 nur leicht gesunken. Der europäische Emissionshandel deckt derzeit etwa die Hälfte aller deutschen Emissionen ab.

Der **Verkehrssektor** verursacht knapp **18 Prozent** der Emissionen in Deutschland. Rund 96 Prozent dieser Emissionen resultieren aus dem Straßenverkehr.

Private Haushalte (Sektoranteil: zehn Prozent) konnten zwischen 1990 und 2015 bereits circa **35 Prozent** an Emissionen einsparen, diese sind jedoch im Vergleich zum Vorjahr witterungsbedingt leicht angestiegen.

Die Treibhausgasemissionen im Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (**GHD**)-Sektor (Sektoranteil: vier Prozent) sind seit 1990 um rund **54 Prozent** gesunken.

Der stärkste Emissionsrückgang seit 1990 konnte mit über **70 Prozent** in der **Abfallwirtschaft** (Sektoranteil: ein Prozent) verzeichnet werden. Deutschland ist durch Verwertung und Recycling schon heute Vorreiter bei der Umsetzung einer klima- und ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft.

Der Anteil der **Landwirtschaft** an den deutschen Emissionen ist 2015 weiter leicht angestiegen auf über **acht Prozent**. Dies ist vor allem auf extrem klimawirksame Methan- und Lachgasemissionen zurückzuführen, die unter anderem bei der Haltung von Milchkühen und durch Düngemiteleinsatz entstehen.

Der Sektor **Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft** konnte die deutschen Emissionen im Jahr 2015 netto um **14,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente reduzieren**. Im Vergleich zu 1990 speichern landwirtschaftliche Böden und die Forstwirtschaft nur noch rund halb so viele Treibhausgasemissionen.



Was bedeutet Klimaschutz für Wirtschaft und Gesellschaft?

Investitionen in den Klimaschutz dienen auch als Jobmotor. Allein durch das Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung sollen in den nächsten Jahren **430.000 zusätzliche Jobs** geschaffen werden. Schon heute stellt die Erneuerbare-Energien-Branche mehr als **330.000 Arbeitsplätze**.

Erhebliche Investitionen werden derzeit im Gebäudesektor getätigt. Allein in die **Sanierung** bestehender Wohngebäude wurden im Jahr 2015 circa **36,4 Milliarden Euro** investiert; weitere **16,8 Milliarden Euro** entfielen auf die Sanierung von Nichtwohngebäuden.

Diverse Förderprojekte unterstützen klimafreundliche Innovationen. Die Bundesregierung hat im Rahmen der Hightech-Strategie 2014/2015 **14 Milliarden Euro** in die **Innovationsförderung** investiert.

2015 sanken die Ausgaben für **fossile Energieimporte** in Deutschland weiter deutlich: Insgesamt wurden fossile Energieträger im Wert von rund **57 Milliarden Euro** importiert, im Vorjahr waren es noch rund **81 Milliarden Euro**.

Drei Viertel aller Deutschen leben in **Städten**. Deshalb gibt es eine Vielzahl an Informationen und Klimaschutzinitiativen für Städte und Kommunen.

Private Akteure können mit ihrer Kaufkraft zum Klimaschutz beitragen. Der „**Blaue Engel**“ hilft bei der Orientierung, indem über **12.000** umwelt- und klimaschonende **Produkte und Dienstleistungen** gekennzeichnet werden.



2. Warum setzt sich Deutschland für den Klimaschutz ein?

2.1 Klimawandel – Folgen und Anpassung

Extremwetterereignisse und andere Klimawandelfolgen häufen sich

Der Klimawandel ist auch in Deutschland bereits spürbar. Menschliche Aktivitäten, wie das Verbrennen der fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas, sind weltweit dafür verantwortlich, dass die globale Mitteltemperatur der Erde bis zum Jahr 2015 bereits um mehr als 1 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau gestiegen ist. Ohne eine Begrenzung der klimaschädlichen Treibhausgasemissionen könnte die Erderwärmung bis 2100 auf 4 °C oder mehr ansteigen.

Der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) warnt jedoch davor, die Grenze von 2 °C zu überschreiten. Jenseits einer globalen Erwärmung von 2 °C sind die Schäden durch den Klimawandel irreversibel und nicht mehr beherrschbar.

Dürren, Überschwemmungen und schmelzende Gletscher gehören zu den Folgen des Klimawandels. Hitzewellen treten heute weltweit vier- bis fünfmal häufiger auf als vor Beginn der Industrialisierung. 2016 wurde der globale Temperaturrekord des Jahres 2015 erneut übertroffen. Darüber hinaus hat die Anzahl und Intensität von extremen Niederschlägen in Europa zugenommen.¹

In Deutschland hat sich die Zahl extremer Wetterereignisse seit den 1970er Jahren mehr als verdrei-

facht. Weltweit war Deutschland eines der 20 am häufigsten von extremen Wetterereignissen betroffenen Länder zwischen 1994 und 2014. Die Hochwasser von Donau und Elbe 2002 und 2013 führten zu gesamtwirtschaftlichen Schäden in Höhe von rund 20 Milliarden Euro. Nach dem durch Starkregen verursachten Hochwasser Ende Mai 2013 konnten beispielsweise viele Hauptstrecken im Bahnverkehr monatelang nicht genutzt werden. 2016 verursachten die Sturmtiefs „Elvira“ und „Friederike“ in Baden-Württemberg und Bayern versicherte Schäden in Höhe von insgesamt rund 1,2 Milliarden Euro. Der geschätzte Gesamtschaden liegt um ein Vielfaches höher.²

Klimawandel kann die biologische Vielfalt in Deutschland gefährden. Steigende Temperaturen sowie veränderte jahreszeitliche Witterungsverläufe haben Auswirkungen auf die regionale Ausbreitung und Zusammensetzung von Artengemeinschaften bei Tieren und Pflanzen. Tierarten aus wärmeren Regionen, die früher selten oder gar nicht in Deutschland beheimatet waren, beeinträchtigen einheimische Ökosysteme und können hohe ökonomische Kosten verursachen sowie die menschliche Gesundheit gefährden.

Hitzestress stellt eine zunehmende gesundheitliche Gefährdung dar. Die Anzahl „heißer Tage“ (Höchsttemperatur von mindestens 30 °C) ist in Deutschland seit den 1950er Jahren von etwa drei Tagen auf derzeit durchschnittlich acht Tage im Jahr angestiegen. Hierunter leiden vor allem Kleinkinder sowie ältere und kranke Menschen: Die Hitzewelle des Sommers 2003 verursachte im Südwesten Deutschlands circa 7.000 hitzebedingte zusätzliche Todesfälle. Da zukünftig hierzulande mit einer Zunahme längerer und intensiverer Hitzeereignisse zu rechnen ist, nimmt auch die Wahrscheinlichkeit für einen weiteren Anstieg hitzebedingter Mortalitätsfälle zu, in einer ähnlichen Größenordnung wie 2003. Darüber hinaus beeinträchtigt Hitzestress die Arbeitsfähigkeit und -produktivität von Beschäftigten.³ Abbildung 01 zeigt die erwarteten Auswirkungen des Klimawandels auf die verschiedenen Regionen in Deutschland.

Hitzewellen haben auch wirtschaftliche Folgen. Insgesamt wurden die volkswirtschaftlichen Verluste durch die Hitzewelle im Sommer 2003 auf über 13 Milliarden Euro beziffert.⁴ Grund dafür waren geringere land-

wirtschaftliche Erträge, aber unter anderem auch die Zerstörung von Waldgebieten durch großflächige Brände sowie Engpässe in der Stromversorgung.

„Wir müssen zukünftig noch mehr als bisher mit häufigeren Hitzewellen, Starkregen und Hochwasser rechnen.“ Maria Krautzberger, Präsidentin des UBA

Wissenschaftler rechnen zukünftig mit einer weiterhin steigenden Anzahl von Extremwetterereignissen wie Hitzewellen und Starkregen in Deutschland. Damit werden voraussichtlich negative Auswirkungen des Klimawandels auf die Natur, die Gesellschaft und die Wirtschaft zunehmen. Bis Ende dieses Jahrhunderts werden sich die jährlichen Schäden durch Überschwemmungen und Hochwasser in Deutschland im Vergleich zum Zeitraum von 1961 bis 2000 verdoppeln, wenn nicht sogar verdreifachen.⁵

Klimaschutz und Anpassung

Maßnahmen zum Schutz vor den Folgen des Klimawandels werden immer wichtiger. Bereits 2008 hat die Bundesregierung die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) beschlossen und sie 2011 mit dem Aktionsprogramm Anpassung I unterlegt. Ziel ist es, die Anpassungsfähigkeit natürlicher, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Systeme zu erhalten oder zu steigern. Im Dezember 2015 hat die Bundesregierung den Ersten Fortschrittsbericht zur DAS vorgelegt und mit ihm rund 140 Anpassungsmaßnahmen verbindlich vereinbart.⁶

Je höher die Erderwärmung ausfällt, desto teurer werden die Anpassungsmaßnahmen. Das gilt auch in Industriestaaten. Anpassung alleine reicht nicht aus. Eine Begrenzung der Erderwärmung, wie im Pariser Abkommen festgeschrieben (vergleiche Kapitel 3.1), würde laut Weltklimarat die Risiken und Auswirkungen des Klimawandels in Grenzen halten. Dies ist insbesondere für verletzte Inselstaaten und Entwicklungsländer von großer Bedeutung. Es besteht zudem die Gefahr, dass bei einer Erwärmung um mehr als 2 °C sogenannte Kipp-Punkte erreicht werden, das heißt unumkehrbare Veränderungen wie das Abschmelzen von Eisflächen oder das Auftauen von Permafrostböden, die ihrerseits die Erwärmung weiter anheizen.

Abb. 01: Deutschlandkarte zu Auswirkungen des Klimawandels

Atlantik-Region

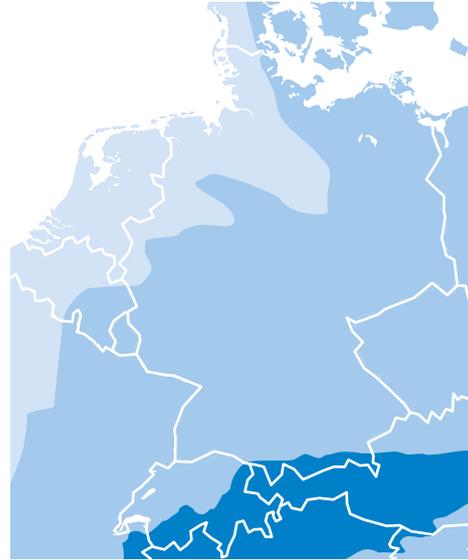
- Zunehmendes Auftreten starken Niederschlags
- Flüsse führen zunehmend mehr Wasser
- Steigendes Risiko für Fluss- und Küstenüberflutungen
- Steigendes Risiko für Zerstörung durch Winterstürme
- Rückgang des Heizenergiebedarfs
- Zunahme vieler Klimagefahren

Landregion

- Zunahme extremer Hitze
- Rückgang der Niederschläge im Sommer
- Steigendes Risiko für Flussüberschwemmungen
- Steigende Waldbrandgefahr
- Sinkender ökonomischer Wert der Wälder
- Erhöhte Energienachfrage für Kühlung

Bergregion

- Temperaturanstieg über europäischem Durchschnitt
- Rückgang von Gletscherausdehnung und -volumen
- Verlagerung von Pflanzen- und Tierarten in höhere Lagen
- Hohes Risiko von Artensterben
- Steigendes Risiko für Waldschädlingsbefall
- Steigendes Risiko für Stein- und Erdrutsche
- Änderung von Wasserkraftpotenzial
- Rückgang des Skitourismus'



Quelle: Eigene Darstellung nach EEA (2017)

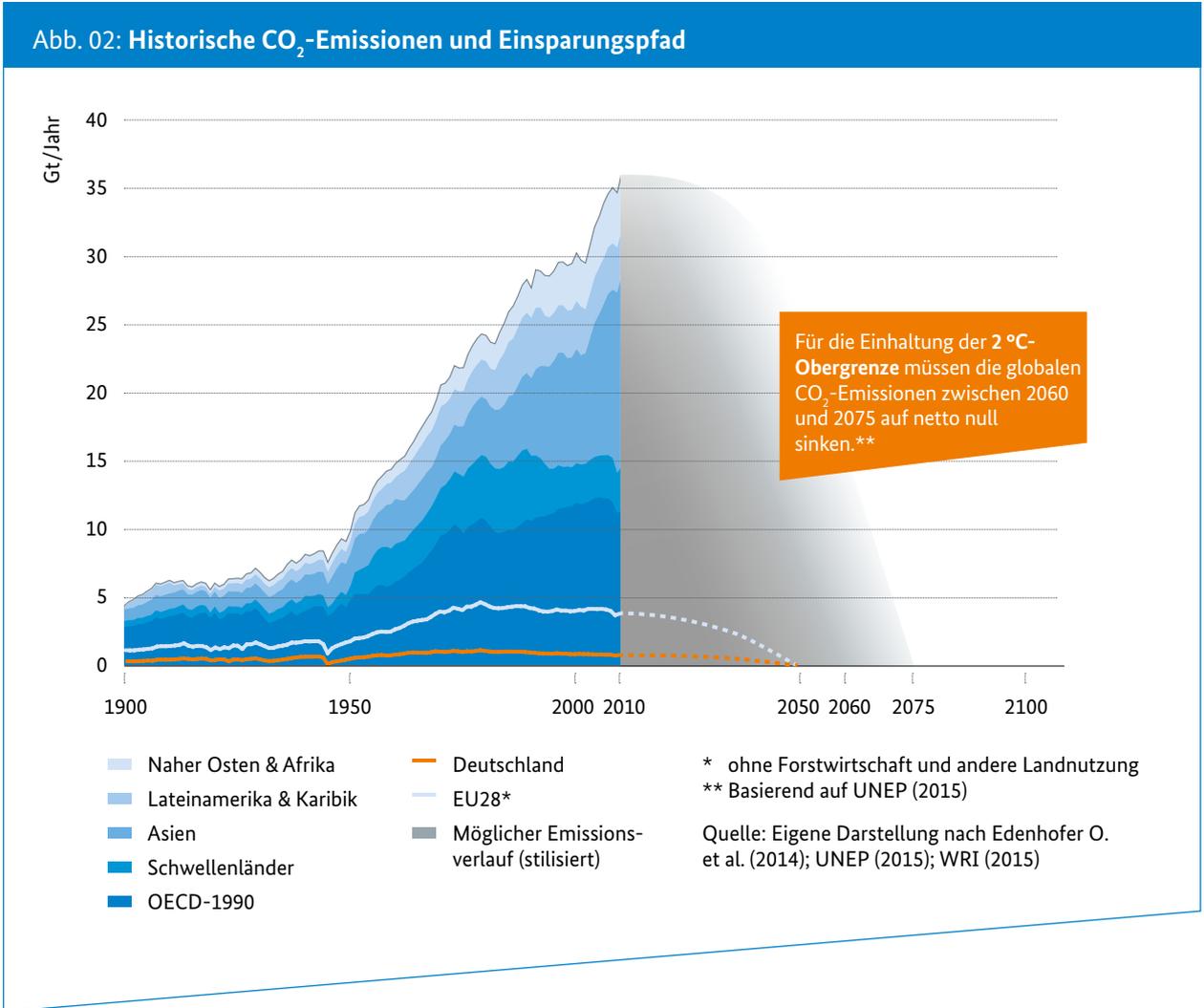
„Die Kosten durch verheerende Folgen des Klimawandels werden immer schwieriger zu tragen sein, je weiter der Klimawandel voranschreitet.“ Dr. Angela Merkel, Bundeskanzlerin

Dekarbonisierung ist eine Chance für Mensch, Umwelt und Wirtschaft. Sie bedeutet die Entwicklung weg von fossilen Energieträgern hin zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft, Technologien zur klimafreundlichen Energieerzeugung, wie Solaranlagen, konnten in den letzten Jahren beachtliche Kostensenkungen erzielen. Aktuelle Schätzungen des Entwicklungsprogramms der Vereinten Nationen (United Nations Development Programme; UNDP) gehen davon aus, dass das weltweite Wirtschaftswachstum im Vergleich zu derzeitigen klimapolitischen Maßnahmen bis 2050 um zehn Prozent beziehungsweise

zwölf Billionen US-Dollar steigen könnte, wenn die Erderwärmung auf 1,5 °C begrenzt wird.

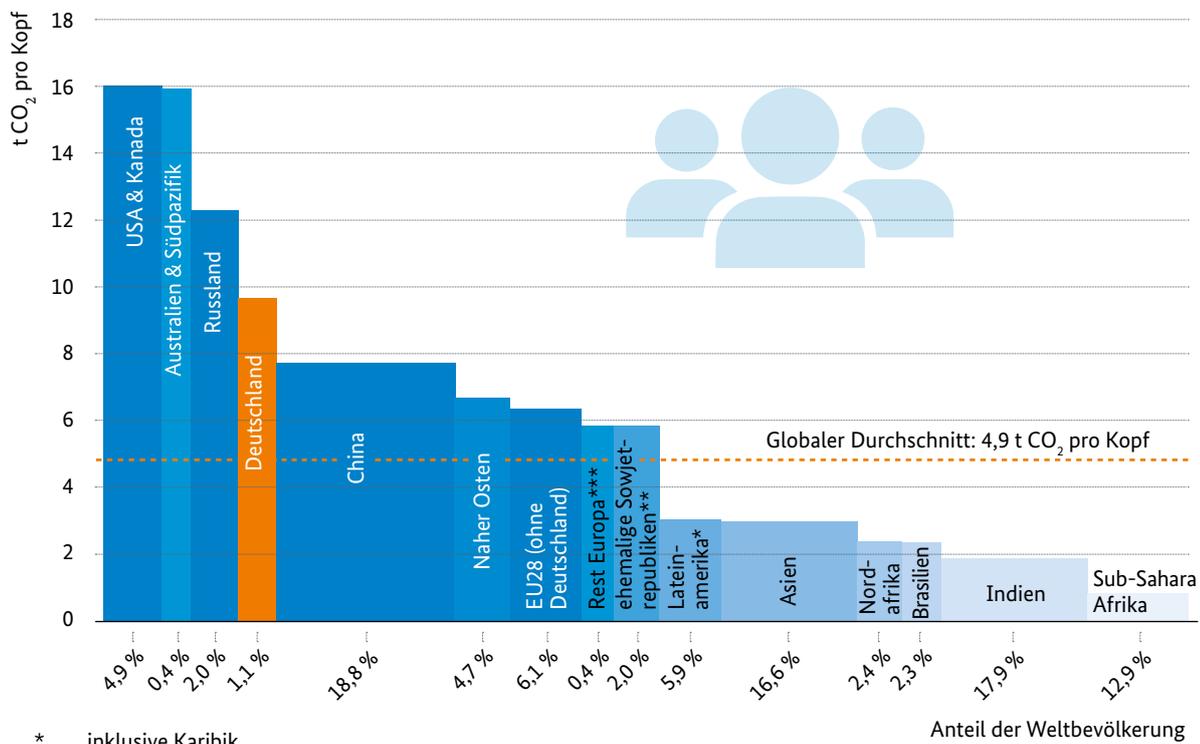
2.2 Deutschlands globale Verantwortung

In den letzten beiden Jahrhunderten war Deutschland abhängig von fossilen Brennstoffen. Seit Beginn der Industrialisierung hat Deutschland fast fünf Prozent zur globalen Erderwärmung beigetragen,⁷ obwohl die deutsche Bevölkerung nur rund ein Prozent der Weltbevölkerung ausmacht. Zwar sind die sprunghaften Anstiege der Emissionen in den letzten Jahrzehnten – bei Zurechnung der Emissionen zu ihren



Ursprungsländern – auf die aufstrebenden Schwellenländer zurückzuführen. Aber Industriestaaten wie Deutschland sind historisch und aktuell ein starker Mitverursacher des Klimawandels und tragen eine große Verantwortung bei dessen Begrenzung (Abbildung 02). Um die Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C zu halten, sollen daher nahezu alle Wirtschaftssektoren in Deutschland bis 2050 treibhausgasneutral werden. Während die Energieversorgung vollständig auf erneuerbare Energien umgestellt werden kann, wird es in der Landwirtschaft und im Industriesektor immer einen Sockel an Restemissionen geben. Das deutsche Klimaschutzziel für 2050 sieht eine Minderung von 80 bis 95 Prozent vor. Das Abkommen von Paris setzt das Erreichen weltweiter Treibhausgasneutralität in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts als Ziel.

Abbildung 03 zeigt die Pro-Kopf-CO₂-Emissionen von Ländern und Weltregionen bezogen auf ihren jeweiligen Anteil an der Weltbevölkerung. Obwohl China die Liste der absoluten Emissionen anführt (Abbildung 04), bleiben die dortigen Pro-Kopf-Emissionen mit 7,6 Tonnen CO₂ noch hinter denen vieler OECD-Staaten zurück. Die deutschen Pro-Kopf-CO₂-Emissionen liegen mit rund 9,6 Tonnen nach wie vor weit über dem internationalen Durchschnitt von 4,9 Tonnen pro Kopf (2015). Wenn man zusätzlich berücksichtigt, dass ein nicht unerheblicher Teil der CO₂-Emissionen in Schwellenländern auf die Produktion von Exportgütern für den Konsum in Industrieländern zurückzuführen ist, liegen die konsumbasierten Emissionen in Deutschland sogar weitere elf Prozent über dem genannten Pro-Kopf-Ausstoß.⁸

Abb. 03: Pro-Kopf-CO₂-Emissionen international nach Anteilen an der Weltbevölkerung 2015

* inklusive Karibik

** ohne Russland; Estland, Lettland und Litauen sind bei EU28 eingerechnet

*** Rest Europa umfasst Norwegen, Schweiz, Island und die Balkanstaaten

Rundungsbedingt summieren sich die Anteile an der Weltbevölkerung nicht auf 100 %.

Quelle: Eigene Darstellung nach EDGAR (2016); Weltbank (2016)

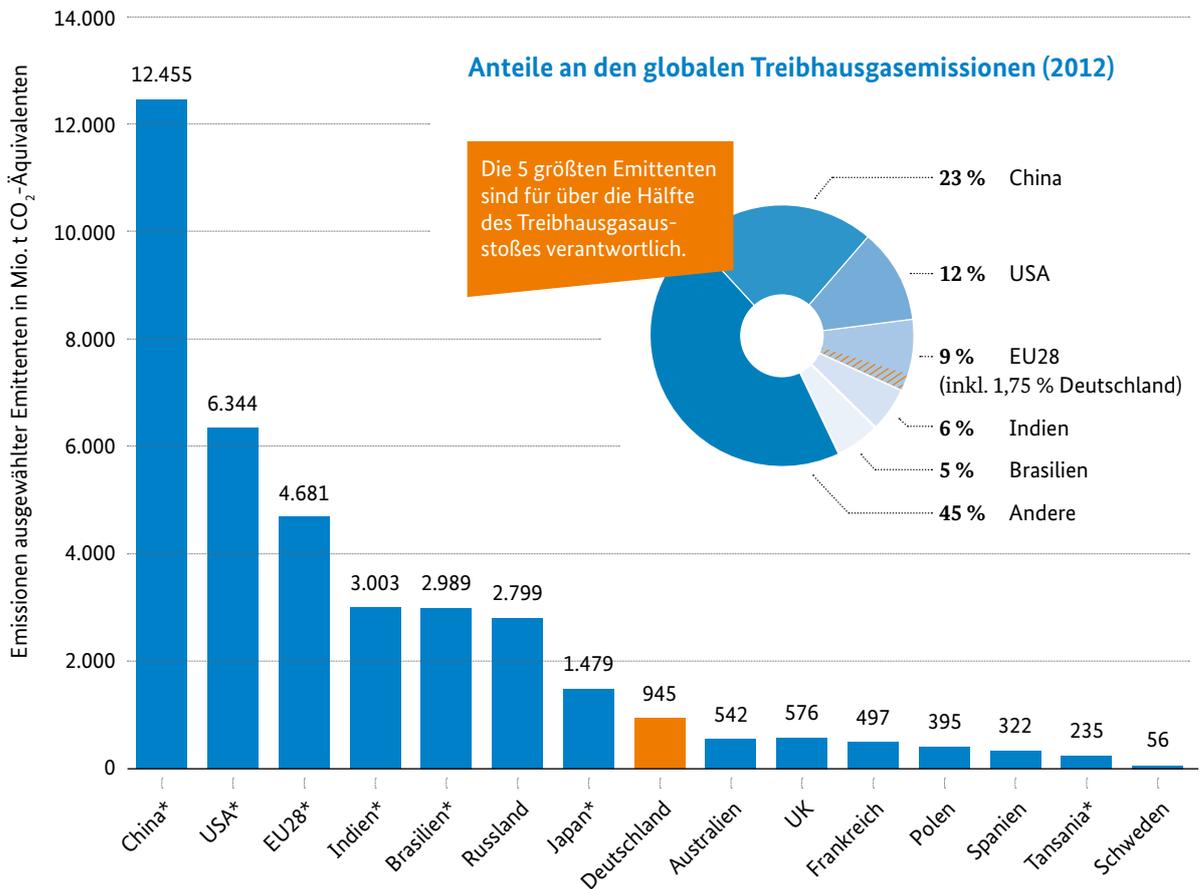
Deutschland ist sich seiner Verantwortung bei der Bekämpfung des Klimawandels bewusst, sowohl gegenüber verwundbaren Weltregionen als auch gegenüber zukünftigen Generationen. Die Folgen des Klimawandels treffen oftmals am stärksten die Regionen und Menschen mit den geringsten finanziellen Möglichkeiten zur Anpassung an klimatische Veränderungen. Die zehn am stärksten von Wetterextremen betroffenen Länder sind Entwicklungsländer. Insbesondere dort gefährdet der Klimawandel die Lebensgrundlagen vieler Menschen, die von der klimasensiblen Landwirtschaft abhängen. Dadurch verschärft der Klimawandel soziale Ungleichheiten und birgt die Gefahr gewaltsamer Konflikte und verstärkter Migrationsbewegungen.

„Klimapolitik ist aktive Flüchtlingspolitik.“
Dr. Barbara Hendricks, Bundesumweltministerin

Deutschland setzt sich seit den 1990er Jahren aktiv für den Klimaschutz ein und hat dabei bis 2016 bereits beachtliche Fortschritte gegenüber 1990 erzielt:

- Rückgang der Treibhausgasemissionen um schätzungsweise 27,6 Prozent⁹
- Massiver Ausbau der erneuerbaren Energien – der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch hat sich mit heute 12,6 Prozent fast verzehnfacht¹⁰
- Reduzierung des Primärenergieverbrauchs pro Kopf um mehr als zwölf Prozent¹¹

Abb. 04: Treibhausgasemissionen im internationalen Vergleich (ohne LULUCF)



*keine Daten für 2013 verfügbar; daher hier Daten zu 2012

Quellen Balkendiagramm: Daten 2013: UNFCCC (2015); UBA (2017a)
 Daten 2012: EDGAR (2014)

Quelle Kreisdiagramm: EDGAR (2014)

Diese Maßnahmen haben außerdem auch positive Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft, die in Kapitel 5 weiter ausgeführt werden.

Im Jahr 2015 wurden für die technische und finanzielle Unterstützung von Entwicklungsländern bei Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen 2,7 Milliarden Euro aus dem Bundeshaushalt bereitgestellt. Diese Förderung wurde von der bundeseigenen KfW Entwicklungsbank und der Deutschen Investitions- und Entwicklungsgesellschaft

(DEG) durch weitere 4,7 Milliarden Euro aus Kapitalmarktmitteln ergänzt. Die Bundesregierung strebt an, die für die Klimafinanzierung eingesetzten Haushaltsmittel bis 2020 auf vier Milliarden Euro jährlich zu erhöhen und weitere bedeutende Beiträge durch öffentliche Kredite (über KfW und DEG) sowie durch die Mobilisierung privater Mittel zu liefern. Damit leistet Deutschland seinen Anteil zur Erreichung des Ziels der Industriestaaten, ab 2020 mindestens 100 Milliarden US-Dollar jährlich für Klimafinanzierung in Entwicklungsländern bereitzustellen.



3. Was sind die aktuellen Klimaschutzziele und -instrumente?

3.1 Internationale Klimaschutzpolitik – Umsetzung des Pariser Abkommens

Die internationale Klimapolitik ist in der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen organisiert (United Nations Framework Convention on Climate Change; UNFCCC). Die Klimarahmenkonvention wurde bis dato von 196 Ländern und der EU ratifiziert, damit sind fast alle Länder der Erde Mitglied. Seit 1995 werden jährlich, in stets wechselnden Gastgeberländern, Konferenzen der Vertragsstaaten abgehalten, die sogenannten „Weltklimakonferenzen“. Auf der dritten Weltklimakonferenz 1997 in Kyoto (Japan) wurde das Kyoto-Protokoll unterzeichnet. Es trat 2005

in Kraft. Ein Teil der Industriestaaten, darunter alle EU-Mitgliedsstaaten, verpflichteten sich darin zu verbindlichen Emissionsreduktionszielen bis 2012 und in einer zweiten Phase bis 2020. Das Kyoto-Protokoll war damit der erste rechtlich bindende internationale Klimavertrag mit quantifizierten Emissionsreduktionsverpflichtungen. Im letzten Jahrzehnt lag der Fokus darauf, ein Nachfolgeabkommen für das Kyoto-Protokoll ab 2020 zu verhandeln. Dies gelang schließlich auf der 21. Weltklimakonferenz in Paris im Dezember 2015.

*„Heute haben wir den zukünftigen Generationen versichert, dass wir alle zusammen ihnen eine bessere Erde hinterlassen werden.“
Prakash Javadekar, Indischer Umweltminister, zum Pariser Abkommen*

i

Wesentliche Ziele des Pariser Abkommens

2 °C-Obergrenze: Mit dem Abkommen bekennt sich die Weltgemeinschaft – neben allen Industriestaaten erstmals auch Entwicklungs- und Schwellenländer – erstmals völkerrechtlich verbindlich zu dem Ziel, die Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Darüber hinaus streben die Vertragsstaaten eine Begrenzung der Erwärmung auf 1,5 °C an.

Klimaanpassung und nachhaltige Entwicklung: Eines der im Pariser Abkommen festgehaltenen Langfristziele ist die Entscheidung der Vertragsstaaten, die Anpassungsfähigkeit an die negativen Folgen des Klimawandels zu steigern sowie eine emissionsarme Entwicklung im Einklang mit Armutsbekämpfung und Ernährungssicherheit zu fördern.

Transformative Klimafinanzierung: Finanzströme sollen am Ziel einer treibhausgasarmen und klimaresilienten Entwicklung ausgerichtet werden.

Treibhausgasneutralität: Um die 2 °C-Obergrenze einhalten zu können, wird in dem Abkommen das

Ziel festgelegt, dass die Welt zwischen 2050 und 2100 treibhausgasneutral werden muss. Dies bedeutet de facto den Abschied von fossilen Brennstoffen.

Regelmäßige Überprüfung der Klimaschutzziele: Da die von den Staaten zugesagten nationalen Beiträge (Nationally Determined Contributions; NDCs) noch nicht mit der 2 °C-Obergrenze kompatibel sind, müssen die Staaten ab 2020 alle fünf Jahre neue Klimaschutzpläne vorlegen.

Berichterstattung: Erstmals muss jedes Land unter einem gemeinsamen Transparenzsystem über seine Treibhausgasemissionen berichten, damit die Fortschritte auch in der Realität umgesetzt werden.

Unterstützung der Entwicklungsländer: Das Abkommen enthält das Versprechen der Industrieländer, Entwicklungsländer beim Klimaschutz und der Anpassung an den Klimawandel zu unterstützen. Es lädt aber auch weitere Staaten ein, freiwillig Unterstützungsleistungen für ärmere Länder zu leisten. Zudem soll die Staatengemeinschaft den ärmsten und verwundbarsten Ländern dabei helfen, nicht mehr vermeidbare Schäden und Verluste durch den Klimawandel zu bewältigen.

In Paris hat sich die Weltgemeinschaft verpflichtet, die Erderwärmung deutlich unter 2 °C zu halten. Das Übereinkommen von Paris markiert damit einen historischen Durchbruch in der internationalen Klimapolitik. Wichtige Voraussetzungen für den Erfolg von Paris waren zum einen der von Deutschland ausgerichtete G7-Gipfel 2015. Dort verpflichteten sich die führenden Industriestaaten zur Dekarbonisierung der Weltwirtschaft bis zum Ende dieses Jahrhunderts. Zum anderen hatten die USA, als historisch größter Verursacher des Klimawandels, und China, der größte Treibhausgasemittent der Gegenwart, Ende 2014 ihre Reduktionsziele für 2025 beziehungsweise 2030 vorgelegt und damit ihre Unterstützung für ein globales Abkommen signalisiert (vergleiche Infobox).

Die schnelle Ratifizierung des Pariser Abkommens zeigt den Willen der Staatengemeinschaft, sich gemeinsam und ohne weitere Verzögerungen für den globalen Klimaschutz einzusetzen. Bereits weniger als ein Jahr nach der Klimakonferenz von Paris, am 4. November 2016, trat das Abkommen in Kraft. Damit ist es der schnellste in Kraft getretene völkerrechtliche Vertrag aller Zeiten. Ermöglicht wurde dies durch das frühzeitige Erreichen der zuvor festgelegten Schwelle: Bis Oktober 2016 waren bereits 55 Staaten, die gemeinsam für mehr als 55 Prozent der aktuellen globalen Emissionen verantwortlich sind, dem Abkommen beigetreten. Bis heute wurde das Abkommen von mehr als 140 Staaten ratifiziert. Die Staaten Deutschland, Frankreich, Benin, Mexiko, Kanada und die USA haben bereits langfristige Dekarbonisierungsstrategien vorgelegt.

Im Rahmen der deutschen G20-Präsidentschaft 2017 soll die weltweite Dekarbonisierung des Energiesektors weiter vorangetrieben werden. Ziel ist es, dass die G20-Staaten sich über eine gemeinsame Position zur langfristigen Dekarbonisierung und Klimaresilienz austauschen. Für erneuerbare Energien, Energieeffizienz, den Abbau von Subventionen für fossile Energieträger sowie das Umlenken von Finanzströmen in kohlenstoffarme Infrastruktur soll ein geeignetes Investitionsumfeld geschaffen werden. Höhepunkt der Präsidentschaft wird das Gipfeltreffen der G20-Staats- und Regierungschefs am 7. und 8. Juli 2017 in Hamburg sein.

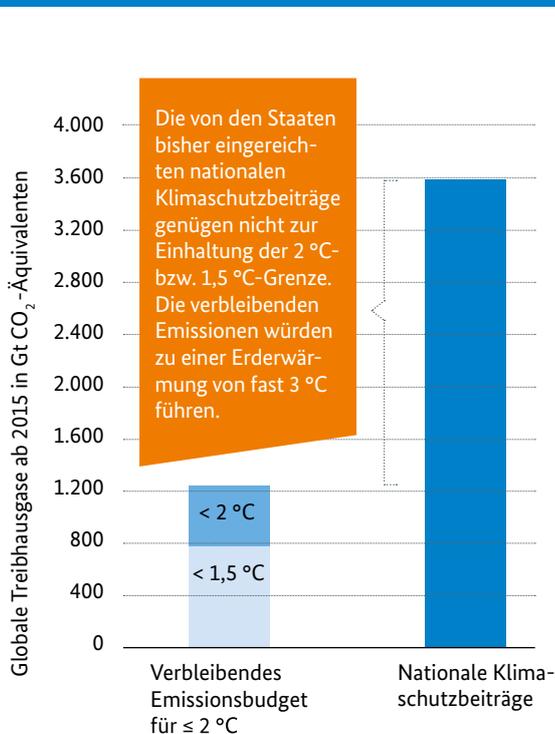
Nun muss die genaue Umsetzung der Pariser Ziele festgelegt werden. Auf der Klimakonferenz in Marrakesch Ende 2016 einigten sich die Vertragsstaaten auf erste konkrete Planungsschritte, um die ambitionierten Ziele zu erreichen. Von besonderer Bedeutung ist die Umsetzung der NDCs zum Pariser Abkommen. In

diesen formulieren die Staaten, welchen Beitrag zum globalen Klimaschutz und zur Anpassung sie mittelfristig – die meisten Staaten haben sich Ziele für 2030 gesetzt – zu leisten gewillt sind.

Bislang haben nur fünf Staaten in ihren nationalen Beiträgen Klimaschutzziele verankert, die mit der 2 °C-Obergrenze kompatibel sind. Auch wenn bereits erhebliche Fortschritte erzielt wurden, verbleibt für Industriestaaten mit unzureichenden Zielen, aber auch für emissionsstarke Entwicklungs- und Schwellenländer in den nächsten Jahren noch einiges zu tun (vergleiche Abbildung 05).

Deutschland unterstützt den Klimaschutz anderer Länder durch seine internationale Klimafinanzierung. Entwicklungs- und Schwellenländern wird bei der Umsetzung des Pariser Abkommens mit 2,7 Milliarden Euro im Jahr aus Haushaltsmitteln und Schenkungselementen bei KfW-Entwicklungskrediten im Jahr 2015 geholfen. Mit den von der Deutschen Investitions- und Entwicklungsgesellschaft (DEG) und der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) bereitgestellten Marktmitteln summiert sich der deutsche öffentliche Beitrag zur Klimafinanzierung 2015 insgesamt auf 7,4 Milliarden Euro. Finanzierte Maßnahmen zur Entwicklung und Durchführung von ambitionierten Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen reichen von der Förderung für den größten und modernsten Solarkomplex im marokkanischen Ouarzazate über Wald- und Artenschutz in Kolumbien bis hin zu Küstenschutzmaßnahmen in Vietnam.

Abb. 05: Ambitionslücke

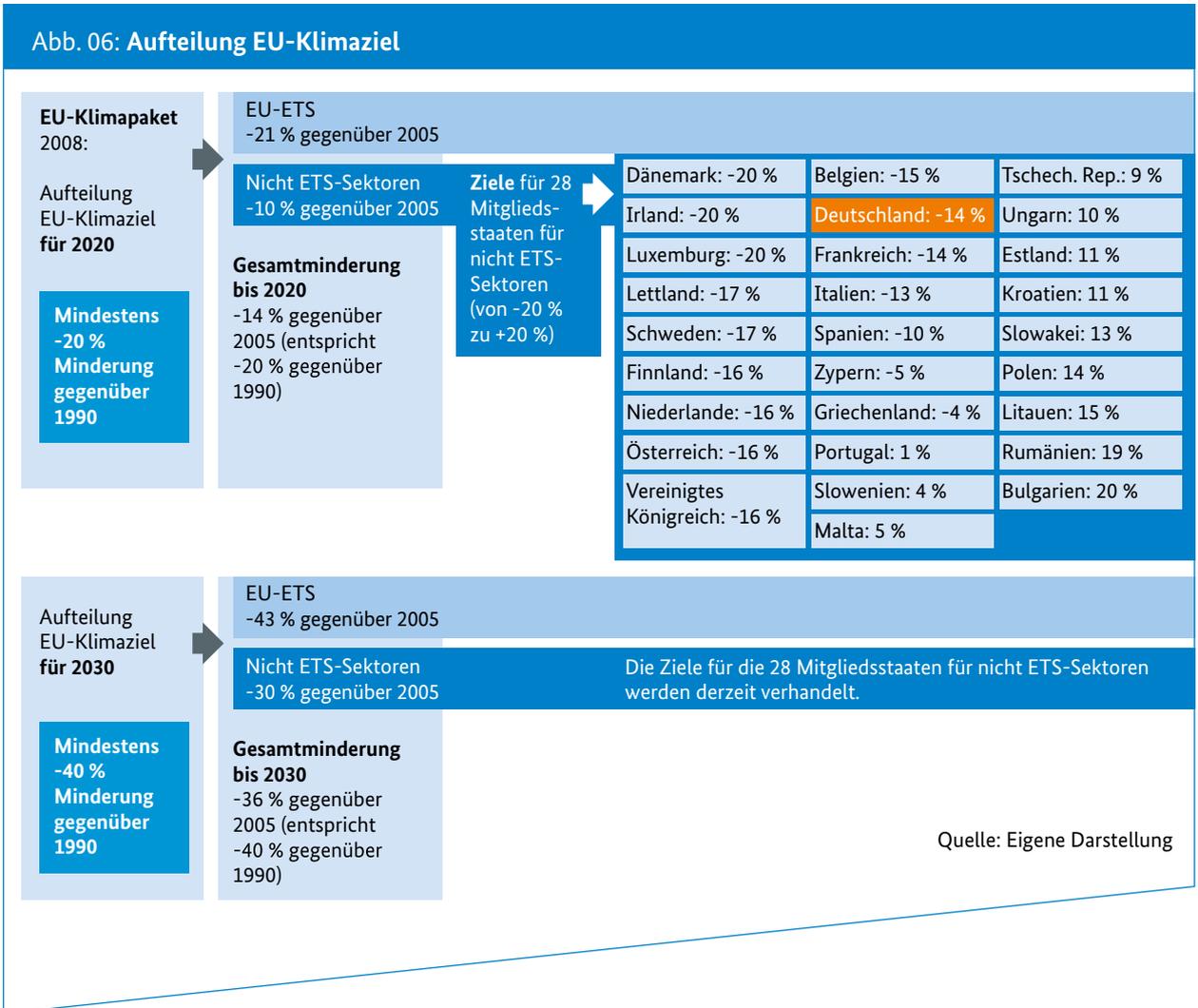


Quelle: Eigene Darstellung nach CAT (2015)

3.2 Umsetzung in der EU

Die Europäische Union ist eine treibende Kraft in den internationalen Klimaverhandlungen. Bereits im März 2015 hat sie einen „nationalen Beitrag“ zum Pariser Abkommen bei den Vereinten Nationen eingereicht. Darin verpflichten sich die EU-Mitgliedsstaaten bis 2030 zu einer gesamteuropäischen Emissionsreduktion von mindestens 40 Prozent verglichen mit 1990. Dieses Ziel ist in das langfristige Klimaschutzziel der EU eingebettet, den EU-weiten Treibhausgasausstoß bis 2050 um 80 bis 95 Prozent gegenüber 1990 zu verringern.

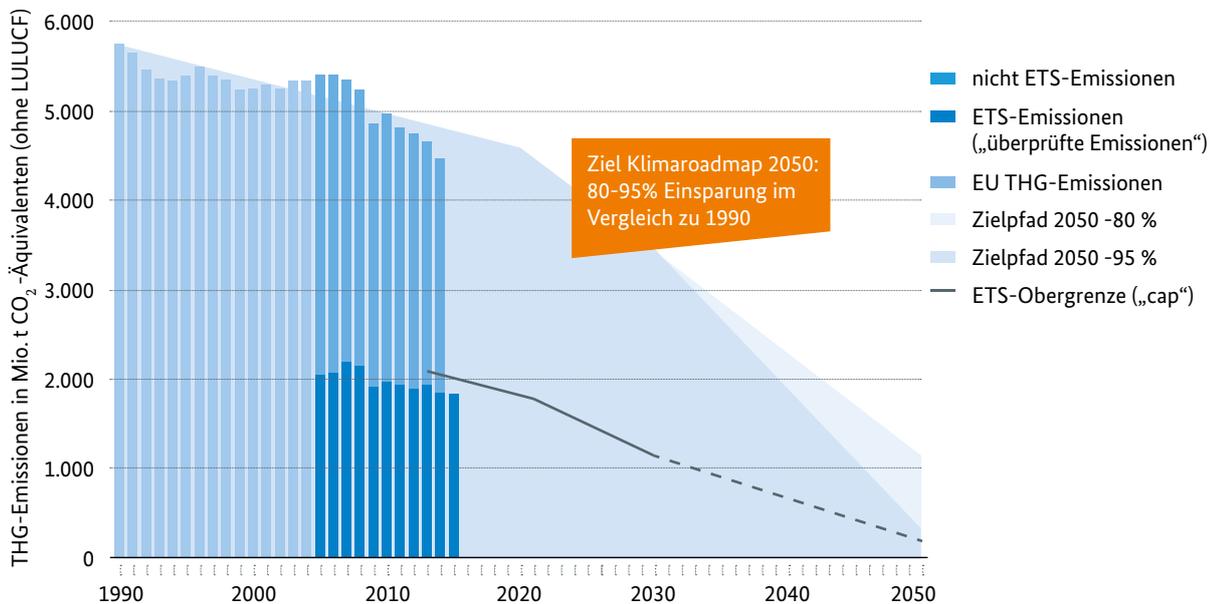
Der Emissionshandel (EU-ETS) ist ein wichtiges Instrument, um das 2030-Klimaschutzziel der EU zu erreichen. Große Emittenten aus dem Energie- und Industriesektor sind gemeinsam für rund 40 Prozent



der europäischen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Im Rahmen des EU-ETS sind energieintensive Energie- und Industrieunternehmen dazu verpflichtet, handelbare Rechte (Zertifikate) in Höhe der von ihnen verursachten Emissionen zu erwerben. Dadurch sollen die Emissionen in diesen Sektoren um 21 Prozent bis 2020 beziehungsweise um 43 Prozent bis 2030 gegenüber 2005 sinken. Allerdings gibt es derzeit aufgrund eines Überschusses an Zertifikaten, der unter anderem auf die Wirtschafts- und Finanzkrise und die entsprechend geringere Produktionsleistung in der EU zurückzuführen ist, nur sehr geringe finanzielle Anreize für Klimaschutzinvestitionen. Erste wichtige Schritte zur Reform des Emissionshandels wurden mit der Einführung der sogenannten Marktstabilitätsreserve (vergleiche Glossar) unternommen.

Des Weiteren gibt es ein separates Klimaschutzziel für die Sektoren Verkehr, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und Private Haushalte (Gebäude) sowie für Industrie und Wirtschaft (außerhalb des Emissionshandels). Diese verursachen gemeinsam circa 60 Prozent der EU-weiten Treibhausgasemissionen. Die EU-Mitgliedsstaaten sind verpflichtet, ihren Treibhausgasausstoß in diesen Sektoren bis 2030 um insgesamt 30 Prozent beziehungsweise bis 2020 um zehn Prozent im Vergleich zu 2005 zu verringern. Für den Zeitraum von 2013 bis 2020 hat die EU in der sogenannten „Effort Sharing Decision“ bereits verbindliche Ziele für die einzelnen EU-Mitgliedsstaaten festgelegt. Aufbauend auf den Leitlinien des Europäischen Rates von Oktober 2014 hat die EU-Kommission im Juli 2016 einen Gesetzesvorschlag („Zielverteilungsverordnung“) für den

Abb. 07: EU Klimaroadmap und Emissionsreduktionsziele



Folgezeitraum von 2021 bis 2030 vorgelegt. Dieser sieht nicht nur nationale Ziele (zwischen 0 und -40 Prozent, vergleiche Abbildung 06) bis 2030 vor, sondern auch erweiterte Flexibilitätsrahmen, die es ermöglichen sollen, diese Ziele auf gerechte und kosteneffiziente Weise zu erreichen. Die Kommission hat außerdem eine Verordnung für den Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft vorgeschlagen, um Emissionen und CO₂-Aufnahme durch diese Landflächen in den EU-Klimaschutzrahmen bis 2030 zu integrieren.

Abbildung 07 stellt den EU-Fahrplan auf dem Weg zu einer emissionsarmen Wirtschaft im Jahr 2050 dar, einschließlich der Emissionsreduktionsziele innerhalb (Industrie und Energie) sowie außerhalb (Verkehr, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und Private Haushalte) des Emissionshandels.

Das EU-Klimaschutzziel für 2030 wird von einem Erneuerbare-Energien- und einem Energieeffizienz-

ziel flankiert: Erneuerbare Energien sollen bis 2030 mindestens 27 Prozent des EU-Endenergieverbrauchs decken (20 Prozent bis 2020). Der Primärenergieverbrauch soll bis 2030 um mindestens 27 Prozent gesenkt werden im Vergleich zu einer Entwicklung ohne Effizienzmaßnahmen (20 Prozent bis 2020). Ende 2016 hat die EU-Kommission den Mitgliedsstaaten zudem einen Gesetzesvorschlag zur Anhebung dieses Ziels auf 30 Prozent vorgelegt.

Bis 2020 ist das wesentliche EU-Instrument zur Erreichung des Erneuerbare-Energien-Ziels die Erneuerbare-Energien-Richtlinie. Diese legt fest, in welchem Maße die einzelnen EU-Mitgliedsstaaten verpflichtet sind, den Anteil der erneuerbaren Energien an ihrem Endenergieverbrauch auszubauen. Maßstab ist die Pro-Kopf-Wirtschaftsleistung. Analog dazu wird die Steigerung der Energieeffizienz bis 2020 über die Energieeffizienz-Richtlinie geregelt. Sie verpflichtet die Mitgliedsstaaten, die Effizienz auf allen Ebenen des Energiesektors (Erzeugung, Versorgung und Ver-

brauch) zu erhöhen. Zudem schreibt die Gebäudeeffizienz-Richtlinie den Mitgliedsstaaten vor, dass alle neuen Gebäude ab 2021 Niedrigstenergiegebäude sein müssen.

In den Jahren 2016 bis 2017 überarbeitet die EU zentrale Instrumente für mehr Klimaschutz.

Im November 2016 hat die EU-Kommission erste detaillierte Vorschläge für die Revision der Erneuerbare-Energien-, Energieeffizienz- und Gebäudeeffizienzrichtlinien vorgelegt. Zur Erreichung des Erneuerbare-Energien-Ziels werden neue Regelungen angestrebt, unter anderem für kosteneffiziente und marktorientierte Fördersysteme. Eine weitere vorgeschlagene Maßnahme ist die Verpflichtung europäischer Kraftstofflieferanten, einen steigenden Anteil erneuerbarer Energien und CO₂-armer Brennstoffe vorzuweisen (6,8 Prozent bis 2030). Im Bereich Energieeffizienz kündigte die EU-Kommission im Hinblick auf das vorgeschlagene 30 Prozent-Ziel bis 2030 unter anderem eine neue Finanzierungsinitiative („Smart Finance for Smart Buildings“) an, die vermehrt private Investitionen im Bereich Energieeffizienz mobilisieren soll.

3.3 Umsetzung in Deutschland

Politische Ziele

Die Bundesregierung hat sich ein deutlich über dem EU-Durchschnitt liegendes Klimaschutzziel gesetzt.

Als bevölkerungsreichster und wirtschaftsstärkster Mitgliedsstaat der EU nimmt Deutschland bei der Umsetzung des EU-Klimaschutzziels eine wichtige Rolle ein.

Die deutsche Klimapolitik folgt einer langfristigen Zielsetzung und Planung. Mit dem Energiekonzept von 2010 und dem im November 2016 beschlossenen Klimaschutzplan 2050 wurden Ziele und Zwischenziele zur Reduktion der Treibhausgasemissionen, zum Ausbau der erneuerbaren Energien und für Energieeffizienz bis 2050 festgeschrieben.

Demnach sollen

- die Treibhausgasemissionen bis 2050 um mindestens 80 bis 95 Prozent gegenüber 1990 gesenkt werden (bis 2020 sollen die Emissionen um mindestens 40 Prozent, bis 2030 um mindestens 55 Prozent und bis 2040 um mindestens 70 Prozent gesenkt werden),
- der Anteil der erneuerbaren Energien bis 2050 auf 60 Prozent am Endenergieverbrauch steigen (30 Prozent bis 2030, 45 Prozent bis 2040),
- der Primärenergieverbrauch bis 2050 um 50 Prozent gegenüber 2008 gesenkt werden (20 Prozent bis 2020).

Eine Übersicht über die gesetzten Ziele ist in Abbildung 08 dargestellt.

Politikmaßnahmen

Der Dreiklang „Fordern-Fördern-Informieren“ soll die genannten Ziele verwirklichen. Das Spektrum an Instrumenten und Maßnahmen schließt Gesetze und Verordnungen sowie Förderprogramme, Informations- und Kommunikationsmaßnahmen ein.

Fordern – Beispiele für zentrale Rechtsvorschriften mit Bezug zum Klimaschutz sind das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz und die Energieeinsparverordnung sowie die Vorschriften zum EU-Emissionshandel und das Bundesimmissionsschutzgesetz.

Fördern – Mit der Vergütung für die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien hat das Erneuerbare-Energien-Gesetz die Technologie an den Wettbewerb herangeführt. Finanzielle, marktbasierende und fiskalische Anreizmechanismen ergänzen die Gesetze und Verordnungen. Hierzu gehören die im Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE) verankerten wettbewerblichen Ausschreibungen zur Stromeffizienz, die KfW-Förderprogramme für energieeffizientes Bauen und Sanieren sowie die Förderprogramme der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI). Das BMUB beteiligt sich zudem in der Förderperiode 2014 bis 2020 am Europäischen Sozialfonds mit dem speziell darauf abzielenden Programm „Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung befördern. Über grüne Schlüsselkompetenzen zu klima- und ressourcenschonendem Handeln im Beruf“.

Abb. 08: Übersicht über Energie- und Klimaziele der Bundesregierung bis 2050

	2015	2016	2020	2030	2040	2050
Treibhausgasemissionen						
Treibhausgasemissionen (gegenüber 1990)	-27,9 %	-27,6* %	mind. -40 %	mind. -55 %	mind. -70 %	-80 bis -95 %
Erneuerbare Energien						
Anteil am Bruttoendenergieverbrauch	14,8 %		18 %	30 %	45 %	60 %
Anteil am Bruttostromverbrauch	31,5 %	31,7 %	mind. 35 %	mind. 50 % EEG 2025: 40 bis 45 %	mind. 65 % EEG 2035: 55 bis 60 %	mind. 80 %
Anteil am Wärmeverbrauch	13,5 %	13,4 %	14 %			
Anteil im Verkehrsbereich	5,2 %	5,1 %	10 %**			
Effizienz und Verbrauch						
Primärenergieverbrauch (gegenüber 2008)	-7,6 %	-6,6 %	-20 %	→		-50 %
Endenergieproduktivität (2008–2050)	1,3 % pro Jahr (2008–2015)		2,1 % pro Jahr (2008–2050)			
Bruttostromverbrauch (gegenüber 2008)	-3,8 %	-4,1 %	-10 %	→		-25 %
Primärenergiebedarf Gebäude (gegenüber 2008)	-15,9 %			→		-80 %
Wärmebedarf Gebäude (gegenüber 2008)	-11,1 %		-20 %			
Endenergieverbrauch Verkehr (gegenüber 2005)	+1,3 %		-10 %	-15 bis -20 %	→ -40 %	
*Schätzung für 2016 **Ziel gemäß EU-Richtlinie 2009/28/EG Quellen: BMWi (2016a); AGEE-Stat (2017, Stand: Februar 2017); BMWi (2017a, Stand: Januar 2017)						

Informieren – Informationskampagnen und verpflichtende Kennzeichnungen („Labels“) für klimafreundliche Produkte erleichtern Kaufentscheidungen und können die Nachfrage nach klimafreundlichen Produkten sowie das Verhalten von Unternehmen beeinflussen.

Die Bundesregierung hat im Jahr 2015 zudem fast 863 Millionen Euro in die Energieforschung investiert. Das sind rund 40 Millionen Euro mehr als im

Jahr zuvor und stellt eine Verdopplung innerhalb der letzten zehn Jahre dar. Fast drei Viertel der Gelder fließen in die Forschung zu Energieeffizienz und erneuerbaren Energien. Ein Beispiel hierfür ist das 6. Energieforschungsprogramm, das Forschung und Entwicklung von innovativen Technologien für die zukünftige „grüne“ Energieversorgung fördert. Insgesamt stellte die Bundesregierung im Zeitraum 2013 bis 2016 rund 3,5 Milliarden Euro für die Energieforschung bereit.

2020
2030
2040
2050



Schlaglichtthema 2017:

Klimaschutzplan 2050 – Wegweiser in ein klimaneutrales Deutschland

Der am 14. November 2016 beschlossene Klimaschutzplan 2050 weist den Weg in ein weitgehend treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050. Es werden erstmals Ziele für einzelne Wirtschaftszweige vorgegeben (Abbildung 09). Damit wird eine Orientierung für strategische Entscheidungen in den nächsten Jahren geschaffen, insbesondere für die Etappe bis 2030.

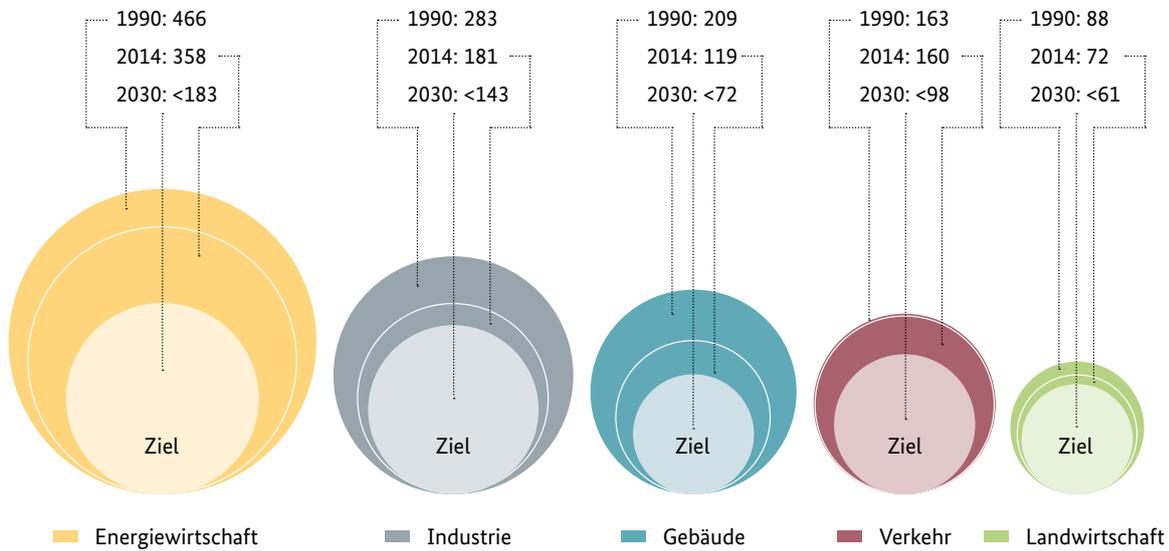
*„Durch rechtzeitige Weichenstellungen machen wir den Klimaschutz zum Motor für die Modernisierung unserer Volkswirtschaft.“
Dr. Barbara Hendricks, Bundesumweltministerin*

Um die Treibhausgasemissionen in allen Sektoren bis 2030 gegenüber 1990 um mindestens 55 Prozent zu senken, hat die Bundesregierung, unter Berücksichtigung spezifischer Gegebenheiten in den einzelnen

Sektoren, mit dem Klimaschutzplan Zielkorridore für jeden Sektor beschlossen. Darüber hinaus formuliert der Klimaschutzplan Leitbilder für das Jahr 2050 sowie Meilensteine und strategische Maßnahmen für das Jahr 2030.

- **Energiewirtschaft:** Durch den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien und den schrittweisen Rückgang der fossilen Energieversorgung sollen die Emissionen des Sektors bis 2030 um 61 bis 62 Prozent gegenüber 1990 reduziert werden.
- **Gebäudebereich:** Durch anspruchsvolle Neubausstandards, langfristige Sanierungsstrategien und die schrittweise Abkehr von fossilen Heizungssystemen sollen im Jahr 2030 66 bis 67 Prozent weniger Treibhausgase emittiert werden als noch 1990.
- **Verkehr:** Alternative Antriebe, insbesondere auf Basis von Strom, mehr öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV), Schienenverkehr sowie Rad- und Fußverkehr und eine zunehmende Verknüpfung der Verkehrsträger sollen die Emissionen im Verkehrsbe-
reich um 40 bis 42 Prozent bis 2030 reduzieren.
- **Industrie und Wirtschaft:** Energieeffizienzmaßnahmen, wie die Nutzung bestehender Abwärmepotenziale sowie ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm zur Minderung bisher nicht vermeidbarer

Abb. 09: Sektorenziele im Klimaschutzplan in Mio. t CO₂-Äquivalenten



Die Werte sind aus dem Klimaschutzplan 2050 (Kapitel 5) übernommen. Die Angaben in Kapitel 4 dieser Broschüre basieren auf aktuellen Inventardaten und können davon abweichen. Das Handlungsfeld „Gebäude“ im Klimaschutzplan umfasst die in dieser Broschüre einzeln dargestellten Sektoren „Private Haushalte“ und „GHD“.

Quelle: Eigene Darstellung nach BMUB (2016)

industrieller Prozessemissionen, sollen bis 2030 zum Emissionsrückgang um rund die Hälfte im Vergleich zu 1990 beitragen.

- **Landwirtschaft:** Vor allem Lachgasemissionen aus Überdüngung sollen deutlich reduziert werden. Insgesamt wird bis 2030 eine Minderung in Höhe von 31 bis 34 Prozent gegenüber 1990 angestrebt.
- **Landnutzung und Forstwirtschaft:** Der Sektor wird nicht in die Bewertung der Zielerfüllung einbezogen. Maßnahmen zum Erhalt und zur Verbesserung des CO₂-Speicherungspotenzials des Waldes werden aber dennoch betont.

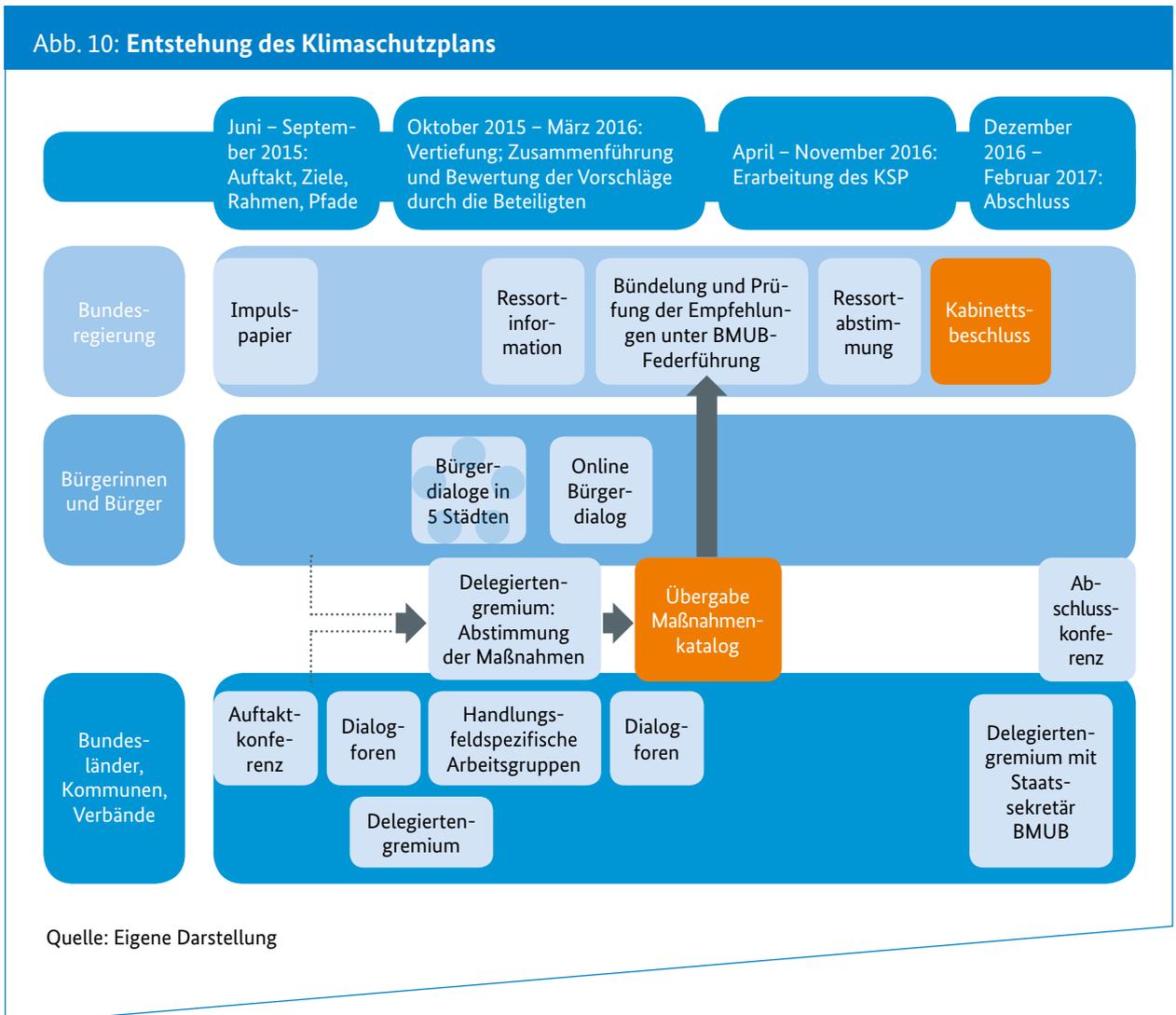
Der Beteiligungsprozess

Die Bundesregierung hat die Erstellung des Klimaschutzplans mit einem breiten Dialogprozess unterlegt. Über den Zeitraum von einem Jahr entwickelten Vertreter aus Ländern, Kommunen, Wirtschaftsverbänden, zivilgesellschaftlichen Verbänden sowie Bürgerinnen und Bürger Maßnahmenvorschläge in den Handlungsfeldern: Energiewirtschaft, Gebäude, Mobilität, Industrie und Wirtschaft, Landwirtschaft sowie Landnutzung und Forstwirtschaft (Abbildung 10).

Dialog mit Bundesländern, Kommunen und Verbänden

In der ersten Dialogrunde versammelten sich Vertreter aus Bundesländern, Kommunen und Verbänden, um strategische Maßnahmen für den Klimaschutzplan zu erarbeiten. In der zweiten Runde der Dialogforen und im ersten Delegiertengremium wurden die rund 400 eingegangenen Maßnahmenvorschläge sektorspezifisch vertieft.

Abb. 10: Entstehung des Klimaschutzplans



Bürgerdialog

Der Bürgerdialog brachte im November 2015 in fünf deutschen Städten insgesamt 472 Bürgerinnen und Bürger zusammen, die gemeinsam 77 Maßnahmenvorschläge erarbeiteten. Diese wurden im Anschluss online öffentlich zur Diskussion gestellt.

Zusammenführung der Dialogebenen

Begleitend zu den Beteiligungsprozessen konsolidierten Wissenschaftler die Vorschläge in einem Maßnahmen-Set. Bei der zweiten Sitzung des Delegiertengremiums trafen Delegierte aus beiden Dialogebenen zusammen, um das Maßnahmen-Set zu diskutieren.

Ergebnis

Mit der dritten Sitzung des Delegiertengremiums im März 2016 fand der Beteiligungsprozess seinen Abschluss. Der Maßnahmenkatalog wurde finalisiert und an Bundesumweltministerin Dr. Barbara Hendricks übergeben. Der Maßnahmenkatalog stellte eine Grundlage für den Klimaschutzplan 2050 dar, der unter Federführung des BMUB von der Bundesregierung erarbeitet wurde.



4. Wie entwickeln sich die Emissionen in Deutschland?

4.1 Emissionen in Deutschland – gestern, heute und morgen

Klimapolitische Maßnahmen haben maßgeblich dazu beigetragen, dass die Treibhausgasemissionen zwischen 1990 und 2016 schätzungsweise um 27,6 Prozent gesenkt wurden (1990 bis 2015: 27,9 Prozent). So wird der Treibhausgasausstoß im vergangenen Jahr auf fast 906 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Vergleich zu 1.251 Millionen Tonnen im Jahr 1990 geschätzt.

Ein großer Teil des Emissionsrückgangs in den frühen 1990er Jahren beruht auf dem wirtschaftlichen Umbruch in den neuen Bundesländern. Seit Mitte der

90er Jahre wirkt sich die aktive Klimaschutzpolitik der Bundesregierung emissionsmindernd aus. Auch Schwankungen der Konjunktur und des witterungsbedingten Heizbedarfs haben Einfluss auf die Emissionsentwicklung. Infolge der Finanzkrise kam es 2009 zu einem überdurchschnittlichen Emissionsrückgang. Für den Emissionsanstieg 2016 waren vor allem vermehrter Straßengüterverkehr, eine kühlere Witterung und der zusätzliche Schalttag verantwortlich.

Überkapazitäten im fossilen Kraftwerkspark und damit verbundene Stromexporte erschweren den Klimaschutz. Trotz des erfolgreichen Ausbaus der erneuerbaren Energien bleiben viele emissionsintensive Kraftwerke weiter am Netz. Der überschüssige Strom wird zunehmend exportiert, da die Betreiber fossiler Kraftwerke (vor allem Braunkohle) ihren Strom ver-

i

Treibhausgase wirken sich unterschiedlich auf den Klimawandel aus.

Kohlenstoffdioxid (CO₂) dominiert 2016 mit einem Anteil von 87,9 Prozent den deutschen Treibhausgasausstoß. Die durchschnittliche Verweildauer von CO₂ in der Atmosphäre beträgt 120 Jahre. CO₂ entsteht unter anderem bei der Verbrennung fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas), bei der Strom- und Wärmeerzeugung, in Privaten Haushalten, im Verkehr und bei der industriellen Produktion.

Methan (CH₄) ist zu 6,1 Prozent für die Freisetzung von Treibhausgasen verantwortlich. Die durchschnittliche Verweildauer von CH₄ in der Atmosphäre beträgt neun bis 15 Jahre und ist somit wesentlich geringer als von CO₂. Trotzdem macht Methan einen substanziellen Teil des menschengemachten Treibhauseffekts aus, denn das Gas ist 25-mal so wirksam wie CO₂. CH₄ entsteht immer dort, wo organisches Material unter Luftausschluss abgebaut wird, also in der Land- und Forstwirtschaft und insbesondere bei der Massentierhaltung. Eine weitere Quelle sind Klärwerke und Mülldeponien.

Lachgas (N₂O) trägt mit 4,3 Prozent zu den Treibhausgasemissionen bei. Die durchschnittliche Verweildauer des Gases in der Atmosphäre beträgt 114 Jahre. N₂O kommt in der Atmosphäre zwar nur in Spuren vor, ist aber 298-mal so wirksam wie CO₂ und macht daher einen auf die Menge bezogen überproportionalen Teil des anthropogenen Treibhauseffekts aus. Es gelangt über stickstoffhaltigen Dünger und Massentierhaltung in die Atmosphäre, da es entsteht, wenn Mikroorganismen stickstoffhaltige Verbindungen im Boden abbauen. In der Industrie ist dies bei chemischen Prozessen (zum Beispiel in der Düngemittelproduktion und der Kunststoffindustrie) der Fall.

Fluorierte Gase (HFKW, FKW, SF₆, NF₃) haben einen Anteil von 1,7 Prozent am Treibhausgasausstoß in Deutschland. Im Vergleich zu Methan und Lachgas verweilen sie noch länger in der Atmosphäre und sind dadurch extrem treibhauswirksam. Im Gegensatz zu den übrigen Treibhausgasen kommen Fluorkohlenwasserstoffe (F-Gase) in der Natur nicht vor. F-Gase werden ausschließlich produziert, um als Treibgas, Kühl- und Löschmittel oder als Bestandteil von Schallschutzscheiben (insbesondere SF₆) eingesetzt zu werden.

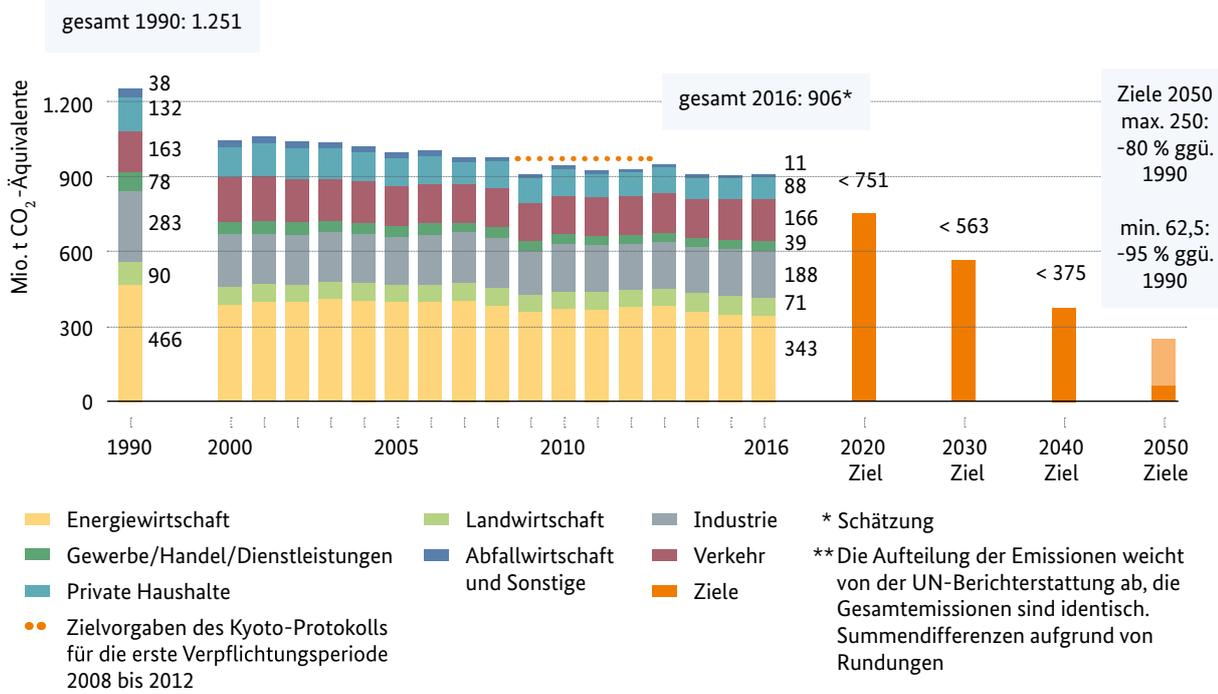
gleichsweise günstig auf dem europäischen Strommarkt anbieten können. Seit 2009 sind die deutschen Stromexporte dadurch um 49 Prozent gestiegen.¹² Neben den niedrigen Kohlepreisen auf dem Weltmarkt ist dafür vor allem der anhaltend niedrige Preis für CO₂ im Rahmen des Emissionshandels (EU-ETS) verantwortlich. Dieser reicht derzeit nicht aus, um eine Umschichtung der Energieproduktion auf emissionsärmere Kraftwerke zu bewirken. Zudem hatte der Ausstieg aus der relativ emissionsarmen, jedoch risikobehafteten Kernenergie einen Einfluss auf die Emissionsentwicklung.

Bis 2020 sollen die deutschen Emissionen um 40 Prozent gegenüber 1990 sinken. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde 2014 das Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 verabschiedet. Mittlerweile sind fast 70 Prozent der im Aktionsprogramm beschlossenen Maßnahmen

vollständig umgesetzt worden. Die Bundesregierung erwartet jedoch auch bei Umsetzung aller vorgesehenen Maßnahmen lediglich eine Minderung von maximal 38 Prozent bis 2020. Abhängig von aktuelleren Schätzungen wird sie daher ab 2018, falls nötig, gezielt nachsteuern.

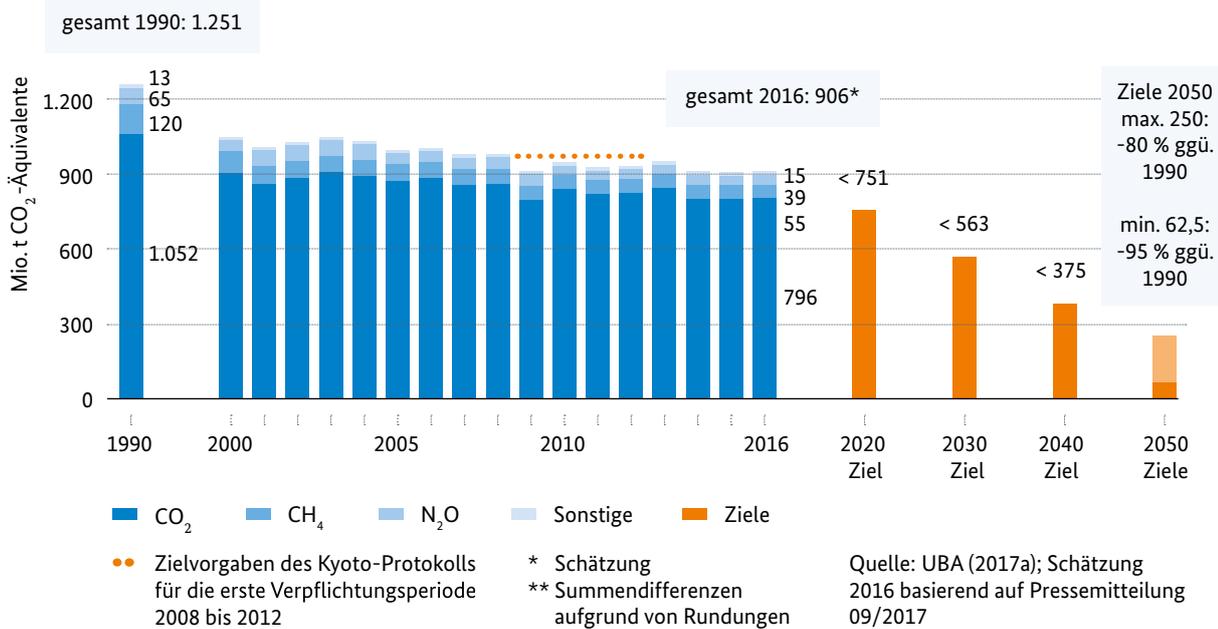
Bis Mitte des Jahrhunderts will die Bundesregierung weitgehende Treibhausgasneutralität erreichen. Dies soll auf Basis des Klimaschutzplans 2050 in den Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD), Land- und Abfallwirtschaft erreicht werden, die unterschiedliche Anteile an den Gesamtemissionen haben (Abbildung 11). Die Emissionen werden in dieser Broschüre nach ihrem Ursprungssektor bilanziert („Quellprinzip“). In Abbildung 12 werden die Treibhausgasemissionen zudem nach Gasen aufgeschlüsselt.

Abb. 11: Entwicklung der Treibhausgase nach Sektoren (ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft)**



Quelle: UBA (2017a); Schätzung 2016 basierend auf Pressemitteilung 09/2017

Abb. 12: Emissionsentwicklung nach Treibhausgasen**



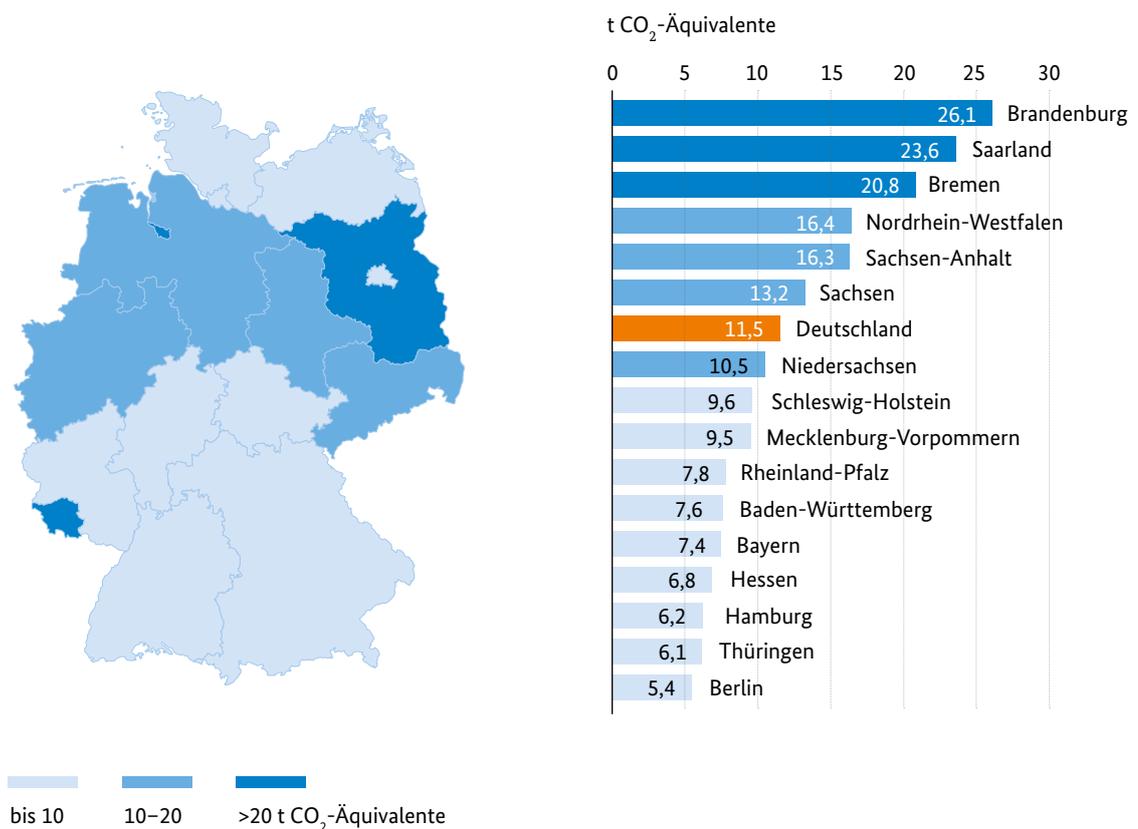
Pro-Kopf-Emissionen in Deutschland variieren regional. Maßgeblich für diese Unterschiede sind die Wirtschaftsstruktur eines Bundeslands und die überregionale Bedeutung bestimmter Wirtschaftszweige. Die Braunkohleverstromung in der Lausitz trägt beispielsweise zur Energieversorgung in ganz Deutschland bei. Dies führt zu einem im Vergleich zum Bundesdurchschnitt mehr als doppelt so hohen Ausstoß in Brandenburg mit 26,1 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Kopf. Berlin ist geprägt durch den relativ emissionsarmen GHD-Sektor und weist fast fünfmal niedrigere Pro-Kopf-Emissionen (5,4 Tonnen CO₂-Äquivalente) auf, als das benachbarte Bundesland (Abbildung 13).

4.2 Energiewirtschaft

Emissionstrends

Die Energiewirtschaft hatte auch 2015 mit fast 39 Prozent den größten Anteil an den deutschen Treibhausgasemissionen. Dafür ist insbesondere die Verbrennung fossiler Energieträger in Kraftwerken der öffentlichen Versorgung zur Bereitstellung von Strom und Wärme verantwortlich. Fast vier Fünftel der Emissionen in der Energiewirtschaft entstehen dabei allein beim Verbrennen von Braun- und Steinkohle (Abbildung 15).¹³

Abb. 13: Aufteilung der Treibhausgasemissionen pro Kopf nach Bundesländern 2013



Quelle: Eigene Darstellung nach Statistische Ämter der Länder (2016)

Eine nachhaltige Energiepolitik bleibt weiterhin Kern der deutschen Klimapolitik. Der Ausbau erneuerbarer Energien und die Förderung von Energieeffizienz auf der Verbrauchsseite bewirkten bereits deutliche Emissionseinsparungen. 2016 konnten so die Treibhausgasemissionen im Sektor Energiewirtschaft im Vergleich zu 1990 schätzungsweise um 26,5 Prozent gesenkt werden (Abbildung 14). Maßgeblichen Anteil daran hat die Modernisierung des Energie- und Industriesektors in den neuen Bundesländern. Die Bilanzierung der Emissionen in Deutschland weist dem Energiesektor eine besondere Rolle zu: Im Sinne des Quellprinzips werden ihm sämtliche Emissionen aus der Strom- und Wärmeproduktion zugerechnet, auch wenn der Strom oder die Wärme zum Beispiel in der Industrie, Privaten Haushalten oder dem GHD-Sektor genutzt werden. Ein verringerter Energieverbrauch in diesen Sektoren spiegelt sich daher auch positiv in der Klimabilanz des Energiesektors wider.

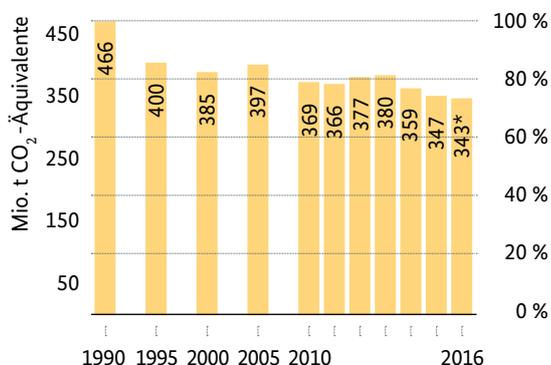
Aktuelle politische Maßnahmen

Die Dekarbonisierung der Energieversorgung in Deutschland bis 2050 wird durch den Ausbau erneuerbarer Energien und die Steigerung der Energieeffizienz vorangetrieben.

Erneuerbare Energien dominierten 2016 den deutschen Bruttostromverbrauch mit einem Anteil von 31,7 Prozent. Zur gesamten Bruttostromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien trugen 2016 Windenergie mit 41 Prozent, Strom aus Biomasse mit 24 Prozent und aus Photovoltaikanlagen mit 20 Prozent bei (Abbildung 16). Der große Anteil erneuerbarer Energien im Strommix ist insbesondere auf das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) zurückzuführen, welches Deutschland zum internationalen Vorreiter in der Energiewende gemacht hat.

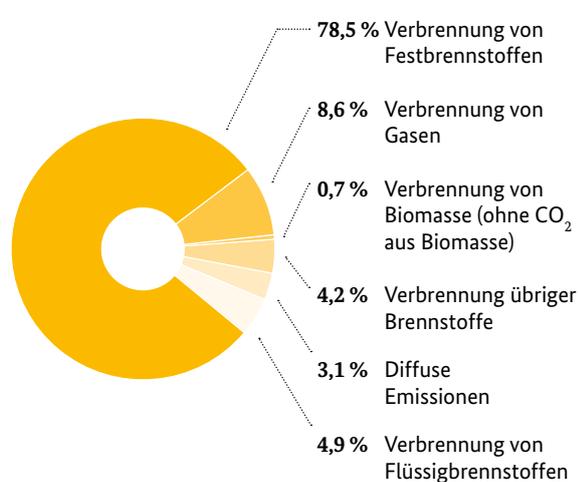
Vor allem Solarenergie hat seit der Einführung des EEG im Jahr 2000 von gezielter Förderung mit Hilfe von marktbasierter, wirtschaftlichen Anreizen profitiert (vergleiche Glossar: Einspeisevergütung und Direktvermarktung). Die Technologie verzeichnet eine steile Lernkurve, sodass die (Förder-)Kosten stetig reduziert werden konnten. So sind beispielsweise die Solarpanelpreise in den letzten zehn Jahren um mehr als 70 Prozent gesunken.¹⁴ Die EEG-Novelle 2017 sieht darüber hinaus die Einführung von wettbewerblichen Ausschreibungen für Windenergie an Land und auf See, Photovoltaik (Dach und freistehend) und Biomasse vor. Dies soll die Kosten von erneuerbaren Energien senken und den definierten Ausbaukorridor auf breiter Akteursbasis, auch durch Bürgerenergieprojekte, ein-

Abb. 14: Emissionsentwicklung Energiewirtschaft

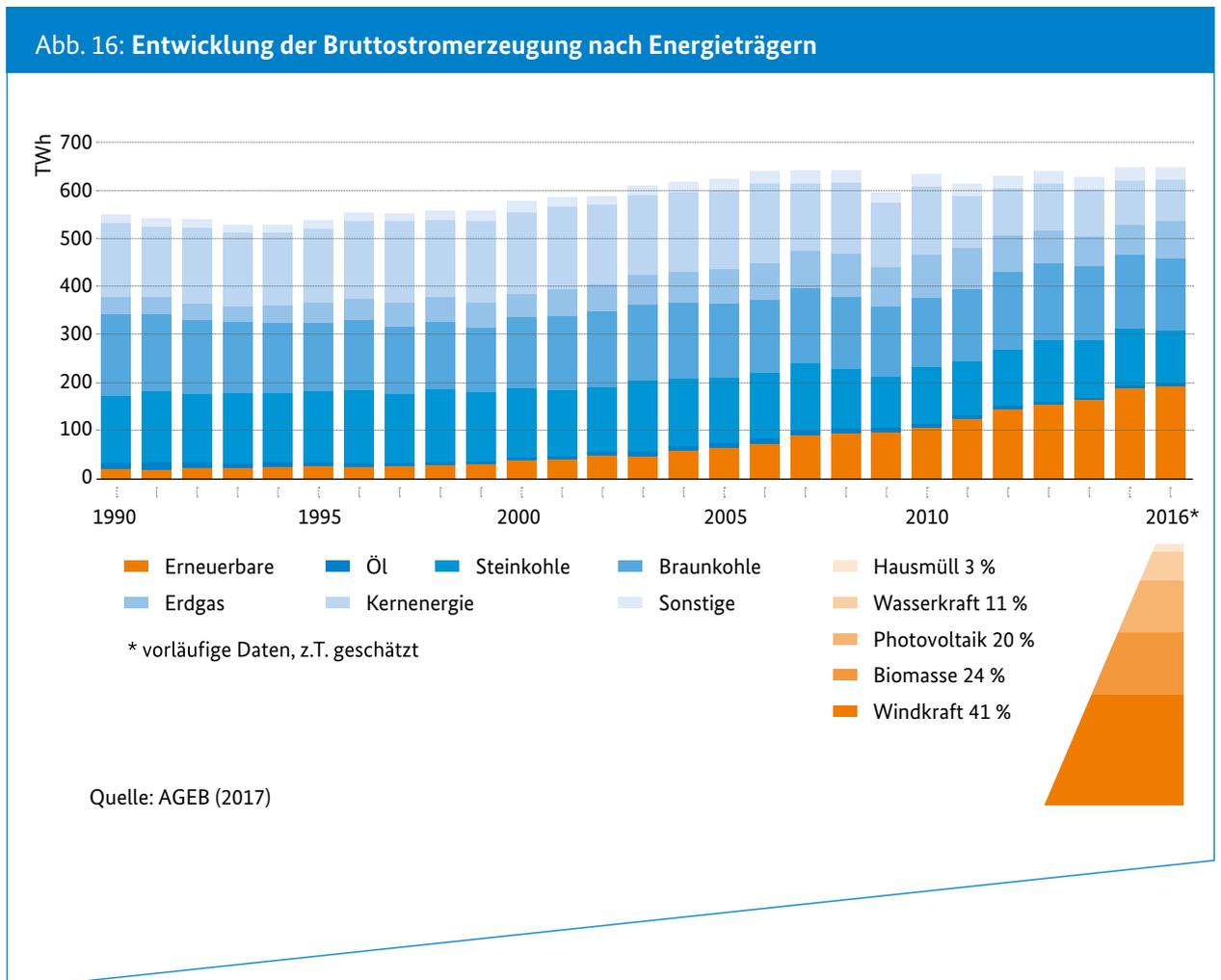


* Schätzung
Quelle: UBA (2017a); Schätzung 2016 basierend auf Pressemitteilung 09/2017

Abb. 15: Emissionsquellen Energiewirtschaft 2015 (ohne CO₂ aus Biomasse)



Quelle: UBA (2017a, Stand: März 2017)

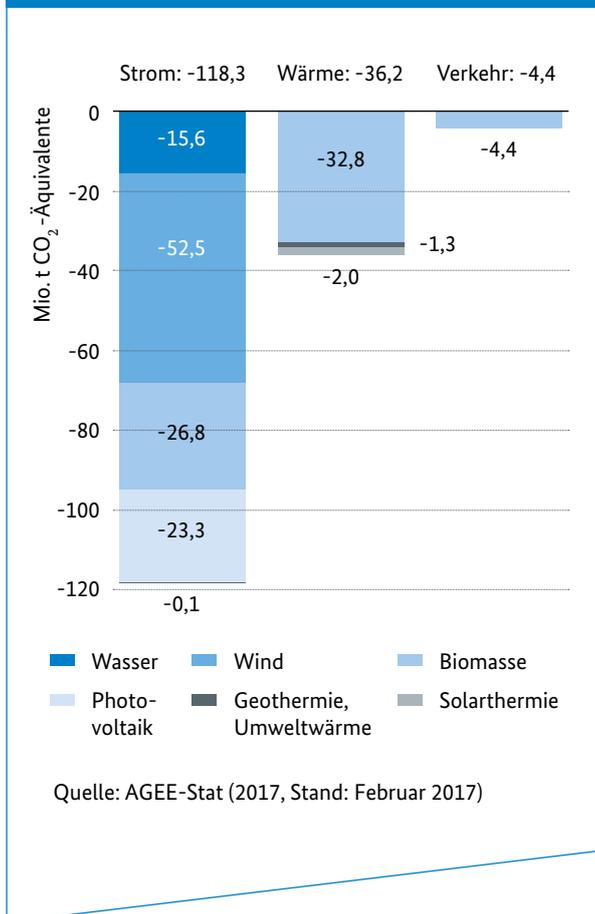


halten. 2016 konnten durch den bisherigen Ausbau der erneuerbaren Energien mit über 118 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten fast sechsmal mehr Treibhausgasemissionen in der Stromerzeugung vermieden werden als 1990 (Abbildung 17).

Erneuerbare Energien sind zunehmend wettbewerbsfähig im Strommarkt. Für eine Verlagerung der Nachfrage auf Strom aus erneuerbaren Energien sind in erster Linie Kostenaspekte verantwortlich. Die Einsatzreihenfolge von Kraftwerken zur Deckung der Stromnachfrage wird durch deren jeweilige Grenzkosten, also ihre variablen Kosten zur Erzeugung einer weiteren Einheit Strom, bestimmt („Merit Order“).

Erneuerbare Energien stehen in der Merit Order ganz vorne, da die Erzeugung einer zusätzlichen Einheit Strom aus Wind- oder Solarenergie keine zusätzlichen variablen Kosten (beispielsweise für Brennstoffe) verursacht. Der EU-ETS soll durch die Bepreisung von CO₂-Emissionen zusätzlich bewirken, dass sich die Grenzkosten der fossilen Stromerzeugung unter Berücksichtigung ihrer externen Umweltkosten (vergleiche Glossar) erhöhen. Aufgrund des derzeit niedrigen CO₂-Preises ist der gewünschte Effekt jedoch bislang nicht mit voller Wirkung eingetreten. Daher setzt sich die Bundesregierung auf europäischer Ebene für mehr Effektivität durch stärkere Preissignale im EU-ETS ein.

Abb. 17: Vermiedene Treibhausgase 2016



Der optimierte Strommarkt 2.0 ist der Schlüssel für eine erfolgreiche Energiewende. Wind- und Solarstrom hängen von Windstärke beziehungsweise Sonneneinstrahlung ab. Das neue Strommarktgesetz sorgt dafür, dass die Stromversorgung in Deutschland auch bei weiter zunehmenden Mengen an volatilen erneuerbaren Energien kostengünstig und verlässlich bleibt. Zudem sollen erneuerbare Energien künftig verstärkt zur Stabilisierung des Stromnetzes beitragen. Bisher sind es vor allem konventionelle Kraftwerke, die bei unvorhergesehenen Ereignissen kurzfristig Leistung zur Verfügung stellen beziehungsweise vom Netz nehmen und damit sogenannte Regelleistung erbringen. Durch die Öffnung der Regelleistungsmärkte für erneuerbare Energien sollen beispielsweise Windparkbetreiber eingebunden werden, um den Einsatz fossiler Kraftwerke zu reduzieren.

CO₂-arme Gaskraftwerke sind eine wichtige Übergangstechnologie. Während die Nutzung fossiler Ener-

gie aus Braun- und Steinkohle weiter abnehmen soll, können moderne, hocheffiziente und schnell regelbare Gaskraftwerke mittelfristig zur Stabilisierung des Strommarkts beitragen. Sie sind flexibel einsetzbar und verursachen deutlich geringere Emissionen. Der verstärkte Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungs (KWK)-Anlagen, die gleichzeitig Strom und Wärme produzieren, soll den Verbrauch von fossilen Brennstoffen verringern.

Durch die Überführung von 13 Prozent der emissionsintensiven Braunkohlekapazitäten in eine „Sicherheitsbereitschaft“ mit anschließender endgültiger Stilllegung sollen zudem bis zu 12,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart werden. Dies entspricht rund der Hälfte des im Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 beschlossenen zusätzlichen Beitrags der Energiewirtschaft. Am 1. Oktober 2016 wurde das Braunkohlekraftwerk Buschhaus als erstes Kraftwerk für vier Jahre vorläufig stillgelegt und damit in die Sicherheitsbereitschaft überführt.

Langfristig muss die Nutzung von klimaschädlichem Kohlestrom auslaufen. Der Anteil von Stein- und Braunkohle am deutschen Strommix wurde zwischen 1990 und 2016 um fast neun Prozent beziehungsweise acht Prozent reduziert. Dennoch deckt Kohlestrom weiterhin gut zwei Fünftel der deutschen Bruttostromerzeugung. Dies ist vor allem auf die lange Tradition der Nutzung von fossilen Energieträgern zurückzuführen (Steinkohleabbau im Ruhrgebiet beziehungsweise Braunkohleförderung im rheinischen und mitteldeutschen Revier). Die Reduzierung der Kohleverstromung soll so gestaltet werden, dass Strukturbrüche in den betroffenen Braunkohlerevieren vermieden und für diese Regionen neue industriepolitische Perspektiven entwickelt werden können. Damit die Energiewende auch in Zukunft gelingt, wird die Abkehr vom Kohlestrom im Dialog mit beteiligten Akteuren aus Wirtschaft, Regionen und Gewerkschaften stattfinden.

Gleichzeitig muss die Energieeffizienz auf der Nachfrageseite weiter gesteigert werden. Die Energieproduktivität, das heißt das Verhältnis von Bruttoinlandsprodukt (BIP) zu Primärenergieverbrauch, dient als Maß für die gesamtwirtschaftliche Energieeffizienz. Die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch durch steigende Energieproduktivität ist der Schlüssel zu nachhaltigem Wachstum. In Deutschland ist die Wirtschaftsleistung (BIP) bei zugleich gesunkenem Energieaufwand (Primärenergieverbrauch) über die Jahre weiter angestiegen (Abbildung 18). Infolgedessen hat sich die

Energieproduktivität zwischen 1990 und 2016 um mehr als 50 Prozent erhöht. Bis 2050 soll die Energieproduktivität bezogen auf den Endenergieverbrauch jährlich um 2,1 Prozent pro Jahr ansteigen (vergleiche Abbildung 08).

Der Klimaschutzplan 2050 unterstreicht die Notwendigkeit einer ambitionierten Energieeffizienzstrategie. Mit dem Grünbuch Energieeffizienz hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Sommer 2016 eine Diskussion zur strategischen Ausrichtung der Effizienzpolitik der Bundesregierung angestoßen. Für die Bundesregierung gilt der Grundsatz „Efficiency First“, weil nur so die Nachfrage ausrei-

chend begrenzt und der Ausbau erneuerbarer Energien ressourcenschonend und naturverträglich umgesetzt werden kann.

Die zentralen Energieeffizienzmaßnahmen des Aktionsprogramms Klimaschutz sowie des Nationalen Aktionsplans Energieeffizienz (NAPE) wurden mittlerweile weitestgehend gestartet beziehungsweise umgesetzt. Dadurch können bis 2020 zusätzliche Energieeinsparungen von rund 390 bis 460 Petajoule Primärenergieverbrauch erzielt werden.¹⁵ Dies entspricht etwa Treibhausgasemissionen in Höhe von 25 bis 30 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten.

Abb. 18: Entkopplung Wirtschaftswachstum, Treibhausgasemissionen und Energieproduktivität

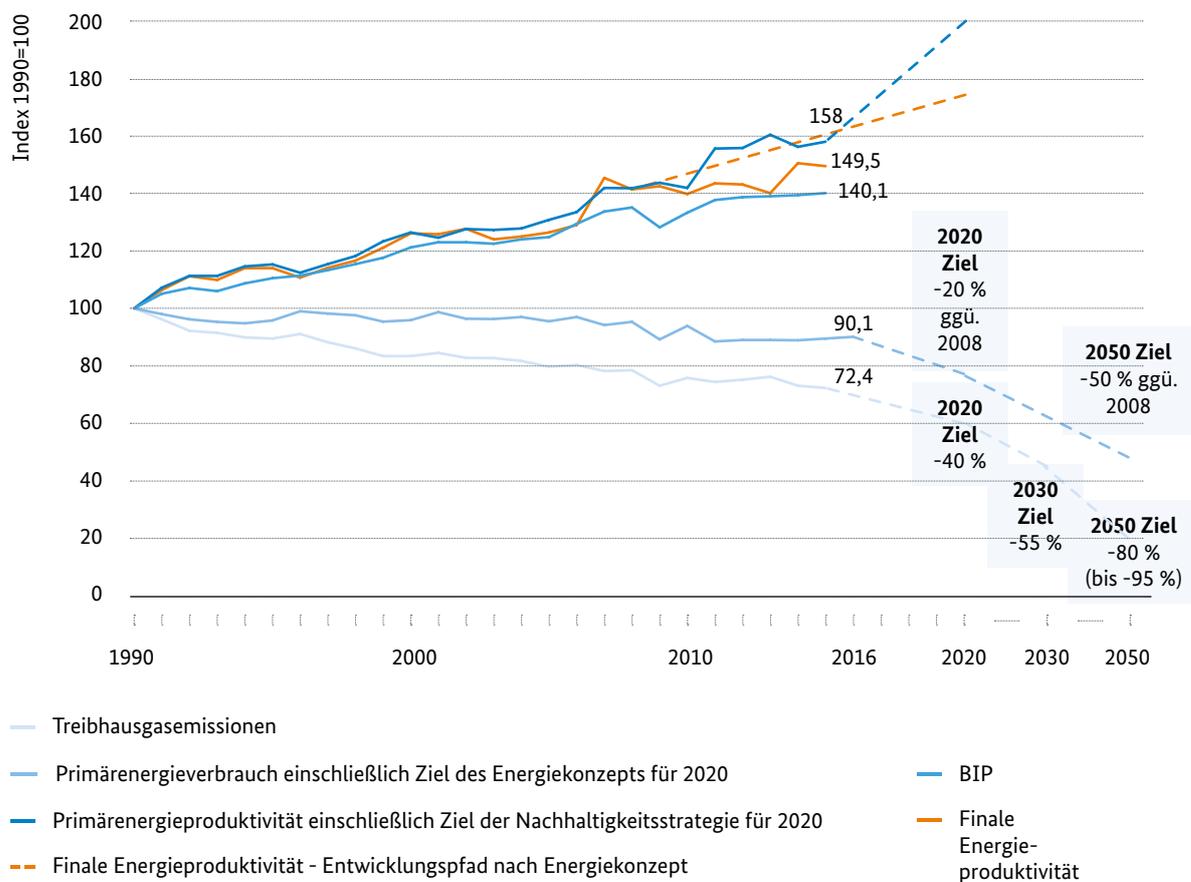
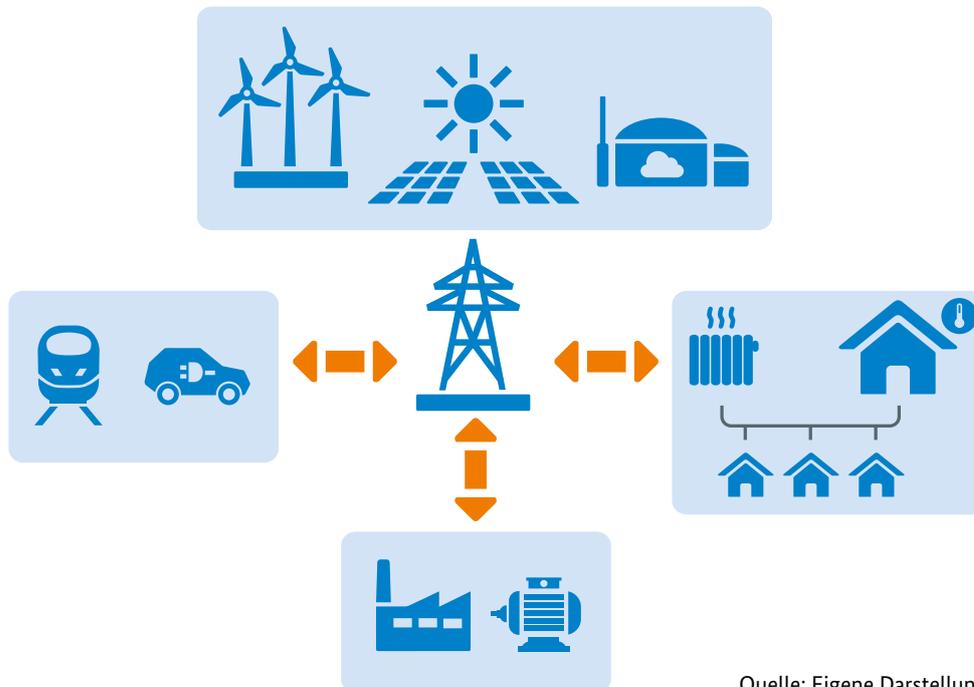


Abb. 19: Sektorenkopplung



Quelle: Eigene Darstellung



Um das Ziel der langfristigen Treibhausgasneutralität zu erreichen, müssen insbesondere der Industrie- und Verkehrssektor, aber auch der Gebäudesektor zunehmend mit erneuerbaren Energien versorgt werden (vergleiche Abbildung 19). Es kommt darauf an, den Energiebedarf der einzelnen Wirtschaftssektoren und das zur Verfügung stehende Angebot möglichst optimal miteinander zu verzahnen. Dies wird als Sektorenkopplung bezeichnet. Sie umfasst alle Bereiche der Energieumwandlung und -nachfrage, wie Brenn- und Kraftstoffe, Strom und Wärme. Durch die zunehmende Elektrifizierung von Sektoren, wie Verkehr oder Wärmeversorgung, wird sich die Nachfrage im Energiesektor verändern: Der Bedarf an Strom aus erneuerbaren Energien wird ebenso steigen, wie die Notwendigkeit, die Energieeffizienz deutlich zu erhöhen. Die zunehmende Verzahnung der Sektoren schafft aber auch neue Möglichkeiten. So können Batterien von

Elektrofahrzeugen und (effizient betriebene) Wärme-/Kältespeicher als steuerbare Lasten im Stromsystem dienen. Hiermit kann die volatile Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie gespeichert und bedarfsgerecht in das Stromnetz eingespeist werden oder zur Wärmebereitstellung dienen. Alternativ können auch temporäre Stromüberschüsse in Wasserstoff oder Methan umgewandelt werden („Power-to-Gas“) und so in Industrieprozessen genutzt oder langfristig gespeichert werden. Zu beachten ist allerdings, dass mit einer Umwandlung teils erhebliche energetische Verluste verbunden sein können. Erneuerbare Energien sollten daher, wo technisch und wirtschaftlich möglich, direkt eingesetzt werden. Die Stabilisierung der Stromversorgung und die Integration erneuerbarer Energien in die industrielle Wertschöpfungskette tragen zu einer wirtschaftlichen und nachhaltigen Energieversorgung bei.

4.3 Industrie

Emissionstrends

2015 hatte die Industrie einen Anteil von knapp 21 Prozent an den deutschen Gesamtemissionen. Damit ist der Industriesektor die zweitgrößte Emissionsquelle, wofür insbesondere die Metallindustrie (zum Beispiel Eisen und Stahl), die Herstellung mineralischer Produkte (zum Beispiel Zement) und die chemische Industrie mit der Herstellung von Grundchemikalien verantwortlich sind.¹⁶ Rund zwei Drittel der Emissionen sind auf die Nutzung von Energie (Industriefeuerung) zurückzuführen und knapp ein Drittel werden bei Produktionsprozessen in der Grundstoffindustrie verursacht (Abbildung 21).

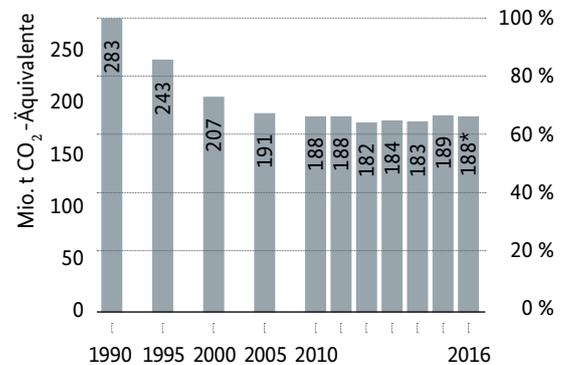
In den letzten 15 Jahren sind die Emissionen im Industriesektor abgesehen von konjunkturebedingten Schwankungen nur leicht zurückgegangen (Abbildung 20). 2007 befanden sich die Emissionen auf einem zwischenzeitlichen Hoch. Dafür waren unter anderem konjunkturelle Entwicklungen in der energieintensiven Industrie verantwortlich. 2009 wiederum sanken die Emissionen vergleichsweise stark, da die Nachfrage nach Produkten der energieintensiven Industrie durch die Wirtschaftskrise kurzfristig abnahm. Innerhalb des Industriesektors ist zudem eine gegenläufige Entwicklung zu beobachten: Raffinerien, chemische Industrie und mineralverarbeitende Industrie verzeichneten abermals Emissionsrückgänge. In der Papier-, Eisen- und Stahl- sowie der Nichteisenmetallindustrie kam es 2015 hingegen erneut zu steigenden Emissionen durch Effizienzverschlechterungen beziehungsweise in der Nichteisenmetallindustrie durch einen Anstieg der Aluminiumherstellung.¹⁷

Zu den direkten Treibhausgasemissionen kommen Emissionen durch Fremdstrom- und Fernwärmebezug hinzu, die gemäß Quellprinzip im Energiesektor bilanziert werden. Zusammen mit der selbst produzierten und verbrauchten Energie des Industriesektors ergibt sich dadurch der in Abbildung 22 aufgeschlüsselte Endenergieverbrauch. Energieeinsparungen in der Industrie wirken sich folglich auch positiv auf die Emissionsbilanz der Energiewirtschaft aus.

Aktuelle politische Maßnahmen

Im Klimaschutzplan 2050 hat die Bundesregierung beschlossen, die im Industriesektor bilanzierten Emis-

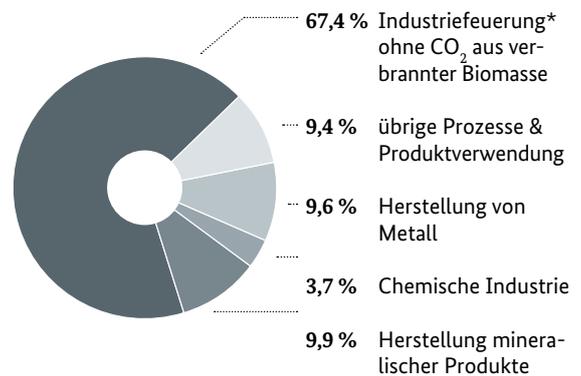
Abb. 20: Emissionsentwicklung Industrie



* Schätzung

Quelle: UBA (2017a); Schätzung 2016 basierend auf Pressemitteilung 09/2017

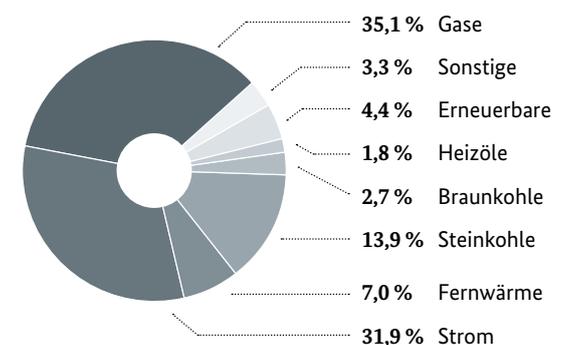
Abb. 21: Emissionsquellen Industrie 2015



Quelle: UBA (2017a, Stand: März 2017)

* Verbrennungsprozesse, beispielsweise aus der Befuerung von Drehrohröfen

Abb. 22: Endenergieverbrauch Industrie 2015



Quelle: BMWi (2016b, Stand: Juli 2016)

sionen bis 2030 gegenüber 1990 um circa die Hälfte zu reduzieren. Dies soll unter anderem durch Einsparungen bei der Energienutzung und durch Investitionen in effizientere sowie neuartige Produktionsprozesse erreicht werden. Produktionsanlagen in der Industrie, insbesondere in der emissionsintensiven Grundstoffindustrie, haben in der Regel eine Lebensdauer von mehreren Jahrzehnten. Deshalb ist frühzeitiges Handeln erforderlich, um Kapitalentwertung, aber auch Lock-In-Effekte zu vermeiden und ambitionierte Emissionsminderungen bei der Energienutzung sowie bei Produktionsprozessen zu erreichen.¹⁸

Innovative Verfahrenstechniken und Technologien können den Nutzenergiebedarf der Industrie senken. Industrielle Abwärme soll künftig stärker genutzt werden, indem verbleibende Abwärmemengen in Wohngebieten sowie in der Industrie auf verschiedenste Weise, zum Beispiel durch Einspeisung in Nah- und Fernwärmenetze und Verstromung, genutzt werden. Auch erneuerbare Energien können in der Industrie zur Deckung des verbleibenden Energiebedarfs und damit zu weiteren Emissionseinsparungen beitragen.

i

Kosteneffiziente Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung

Bei der CO₂-armen Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) wird Wärme, die bei der Herstellung von Strom oder durch Industrieprozesse entsteht, als Wärmeenergie weiter genutzt. Seit 2002 wird KWK in Deutschland gefördert. Um sicherzustellen, dass die hoch effiziente und klimafreundliche Technologie auch in Zukunft eine wichtige Rolle spielt, soll die Höhe der Förderung zukünftig durch Ausschreibungen ermittelt werden. Dadurch konzentriert sich die Förderung auf besonders wirtschaftliche Projekte und kann bei ausreichendem Wettbewerb weitere Potenziale zur Kostensenkung erschließen.¹⁹

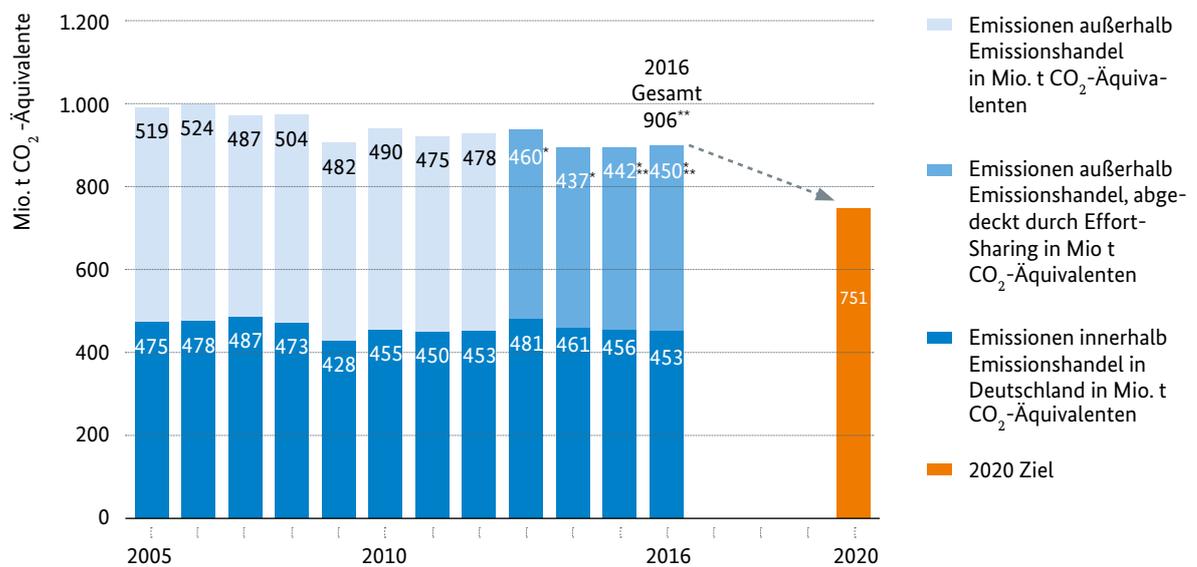


Beispiel für Sektorenkopplung in der Industrie: „Power-to-X“

Für Emissionseinsparungen in der Industrie ist die Sektorenkopplung von zentraler Bedeutung. Das vom Bundesforschungsministerium geförderte Kopernikus-Projekt „Power-to-X“ setzt beispielsweise auf einen verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien im Industriesektor, indem sie flexibel in chemischen Grundstoffen oder als Wärme für die industrielle Produktion zwischengespeichert werden. Dabei gilt es, Energieumwandlungsverluste zu minimieren und einen flexiblen Lastgang zu ermöglichen.

Emissionsminderungen in Produktionsprozessen sind besonders anspruchsvoll, es gibt jedoch verschiedene Optionen. Manche besonders emissionsintensiven Prozesse, zum Beispiel bei der Kalk- und Zementherstellung, könnten durch neue Technologien und Verfahren ersetzt werden. Auch sollten emissionsintensive Grundstoffe entlang der Wertschöpfungskette effizienter eingesetzt werden, da eine gesteigerte Materialeffizienz einen entscheidenden Beitrag zum Klimaschutz leisten kann. Grund hierfür sind die teils erheblichen Mengen von Treibhausgasen, die in der Förderung, dem Transport, der Aufbereitung, dem Einsatz in der Produktion, der Verwendung in Waren und Gütern sowie der Entsorgung und dem Recycling von Rohstoffen freigesetzt werden. Um diese Emissionen zu begrenzen, kann die Rohstoff- und Materialeffizienz auch durch eine branchenübergreifende Verschränkung von Stoffströmen gesteigert werden: Schlacke aus der Eisen- und Metallherstellung kann beispielsweise für Baustoffe im Gebäudesektor verwendet werden. Innovationen der Materialwissenschaft können zudem emissionsintensive Materialien ersetzen. Langfristig könnten CO₂-Emissionen durch eine weiterführende Nutzung vermindert (Carbon Capture and Utilisation; CCU) oder, wenn sonst nicht vermeidbar, geologisch gespeichert werden (Carbon Capture and Storage; CCS), sofern damit verbundene Risiken minimiert und CO₂ dauerhaft gelagert werden kann.

Abb. 23: Emissionsentwicklung innerhalb und außerhalb des Emissionshandels



* 2013–2016 Differenz zur Summe aufgrund der Emissionen außerhalb Emissionshandel und Effort-Sharing

** Effort-Sharing Anteil 2015 und 2016 sowie Gesamtemissionen 2016 basierend auf Schätzung

Quellen: EEA (2016b); UBA (2017a); DEHSt (2017)

Fordern: Die Industrie muss aktiv zum Erreichen der Minderungsziele beitragen. Wie auch im Energiesektor müssen emissionshandlungspflichtige Industrieunternehmen im Rahmen des EU-ETS, der rund die Hälfte der deutschen Emissionen abdeckt (Abbildung 23), über ihre Treibhausgasemissionen berichten und entsprechend Zertifikate nachweisen. Bei einem ausreichend hohen CO₂-Preis werden dadurch Anreize für Treibhausgaseminderungen im Industriesektor geschaffen. Außerhalb des EU-ETS profitieren Betriebe energieintensiver Industrien jedoch von gesetzlichen Ausnahmeregelungen, um ihre Energiekosten zu begrenzen. Durch Ermäßigungen oder Kompensationen, die für sie bei EEG- und KWK-Umlagen, Energie- und Stromsteuern sowie Netzentgelten entstehen, soll der Wirtschaftsstandort Deutschland auch für energieintensive Industrien attraktiv bleiben. „Carbon Leakage“, das heißt die Verlagerung von Produktion und Emissionen ins

Ausland, soll so verhindert werden. Die Ermäßigung der EEG-Umlage, welche die Integration erneuerbarer Energien finanziert, ist das prominenteste Beispiel hierfür. Dabei werden die Kosten größtenteils auf private Verbraucher und mittelständische Unternehmen umgelegt. Eine weitere Ausnahmeregelung ist der Spitzenausgleich, nach dem energieintensive Unternehmen des Produzierenden Gewerbes einen Teil der entrichteten Strom- und Energiesteuern zurückbekommen, wenn das Produzierende Gewerbe als Ganzes Anforderungen an die Entwicklung der Energieintensität erfüllt.

Auf europäischer Ebene sind verpflichtende Energieaudits oder die Einführung von zertifizierten Energiemanagementsystemen für große Unternehmen vorgeschrieben. Dies wurde in Deutschland durch die Novellierung des Energiedienstleistungsgesetzes umgesetzt. Zudem gibt es im Industriesektor Regelun-

gen wie Verwendungsverbote, um die Emissionen von besonders klimaschädlichen fluorierten Treibhausgasen (F-Gasen) bis 2030 um 70 Prozent gegenüber 1990 zu verringern.

Fördern: Die Bundesregierung stellt Mittel zur Finanzierung von Klimaschutzmaßnahmen in der Industrie bereit. Über die Förderprogramme der KfW sowie weitere Förderrichtlinien des Bundes werden Anreize für Investitionen in höhere Energieproduktivität und den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien gesetzt. Die Fördermittel dienen auch dem Abbau von finanziellen Hemmnissen, wie zum Beispiel langen Amortisationszeiten. Eine Maßnahme zur Erschließung zusätzlicher Minderungspotenziale in Unternehmen ist seit 2016 die wettbewerbliche Ausschreibung zu Stromeffizienz („STEP up!“). Dabei werden Unternehmen zu Stromeffizienzmaßnahmen mit gutem Kosten-Nutzen-Verhältnis, jedoch längeren Amortisationszeiten (drei Jahre und mehr) motiviert. Perspektivisch wird eine Ausweitung auf den Wärmebereich in Betracht gezogen.

Im Rahmen der Forschungsinitiative „EnEff:Industrie“ werden energieeffiziente, innovative Konzepte, Prozesse, Verfahren und Technologien für industrielle sowie gewerbliche Anwendungen entwickelt und optimiert. Das „Forschungs-, Entwicklungs- und Markteinführungsprogramm zur Minderung industrieller Prozessemissionen“ wird als eine zentrale Maßnahme des Klimaschutzplans für die Industrie von der Bundesregierung entwickelt. Weiterhin unterstützt das Bundesforschungsministerium unter anderem im Rahmen der Maßnahme „CO₂Plus“ bereits innovative Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Bereich der CO₂-Nutzung.

Mit dem Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (aktuell: ProgRess II) fördert die Bundesregierung zudem einen klimafreundlichen und umweltschonenden Ressourceneinsatz entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Der Begriff „Industrie 4.0“ wurde im Kontext der Hightech-Strategie der Bundesregierung geprägt. Er beschreibt die digitale Vernetzung von Wirtschaftsbereichen, um Logistik- und Produktionsprozesse zu optimieren. So können unter anderem Produkte stärker auf Kundenwünsche ausgerichtet und Ressourcen geschont werden.

Informieren: Unternehmen werden besser beraten, um Einsparpotenziale auszuschöpfen. Insbesondere im Bereich der gewerblichen und industriellen Energie- und Ressourcennutzung erhöht sich das grundsätzlich zur Verfügung stehende Wissen über hocheffiziente Technologien beständig. Dieses Wissen kommt jedoch bisher noch nicht ausreichend zur Anwendung in Unternehmen. Die Bundesregierung will daher den Austausch und die Anwendung von Wissen beschleunigen. Ein Schwerpunkt liegt auf der Qualifizierung von Mitarbeitern in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Die zunehmende Vernetzung von Unternehmen durch innovative Vorhaben und Initiativen soll helfen, solche nicht-finanziellen Hemmnisse zu beseitigen. Beispiele hierfür sind die „Lernenden Energieeffizienz-Netzwerke“ (LEEN) der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) sowie aktuell die „Initiative Energieeffizienz-Netzwerke“ des NAPE.

„Jedes an einem LEEN-Netzwerk teilnehmende Unternehmen spart nach drei bis vier Jahren durchschnittlich 1.000 Tonnen CO₂ ein und senkt seine Energiekosten doppelt so schnell wie der Durchschnitt der deutschen Unternehmen.“ Rita Schwarzelühr-Sutter, Parlamentarische Staatssekretärin im BMUB

Durch diese Initiative sollen bis 2020 rund 500 Netzwerke gebildet werden, die eigenverantwortlich konkrete Energieeinsparziele beschließen und erreichen. Auf Unternehmensebene wird seit mehreren Jahren die Implementierung von Energie- und Umweltmanagementsystemen vorangetrieben. Um die Weitergabe und Bereitstellung von Informationen zu ressourcenschonenden Technologien an KMU zu stärken, ist seit 2009 das VDI Zentrum Ressourceneffizienz mit dem Ausbau der betrieblichen Beratung zum schonenden Einsatz natürlicher Ressourcen beauftragt.

4.4 Verkehr

Emissionstrends

2015 hatte der Verkehrssektor einen Anteil von 17,7 Prozent am Treibhausgasausstoß. Damit ist der Verkehr der drittgrößte Verursacher von Emissionen in Deutschland. Die Emissionen des Verkehrssektors resultieren zu 96 Prozent aus dem Straßenverkehr. Neben diesen werden die Emissionen aus Kraftstoffverbrennung auf Schienen (bei Dieseltraktion), Wasserwegen sowie im nationalen Luftverkehr erfasst (Abbildung 25). Der im Schienen- und Straßenverkehr genutzte Strom wird aufgrund des Quellprinzips im Energiesektor erfasst. Wird ausschließlich der Endenergieverbrauch betrachtet, steht der Verkehrssektor mit einem Anteil von 30 Prozent sogar an erster Stelle.²⁰ Dies ist insbesondere auf den hohen Mineralölverbrauch zurückzuführen (Abbildung 26). Diese Abhängigkeit wird auch am Bestand der Personenkraftwagen (Pkw) deutlich: Mit Stichtag 1. Januar 2017 besaßen 98,4 Prozent der zugelassenen Pkws in Deutschland Verbrennungsmotoren.²¹

Der Energieverbrauch des Verkehrs in Deutschland hat sich seit 1960 mehr als verdreifacht.

Während bei der Minderung des CO₂-Ausstoßes pro Fahrzeugkilometer im Straßengüterverkehr in den letzten Jahren nur relativ geringe Fortschritte erzielt wurden, konnte die Klimateffizienz von Pkws bereits deutlich verbessert werden. Zudem konnten 2016 durch den Einsatz von Biokraftstoffen im Verkehrssektor 4,4 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart werden. Gegenüber 1990 sind die gesamten Emissionen des Verkehrssektors jedoch nur geringfügig um etwas mehr als zwei Prozent zurückgegangen und stagnieren auf dem Niveau von 2005 (Abbildung 24). Seit 2012 kommt es sogar wieder zu einem leichten Anstieg der Verkehrsemissionen um fast vier Prozent, was vor allem auf die zunehmende Verkehrsleistung zurückzuführen ist.

Die verschiedenen Verkehrsarten variieren stark in Bezug auf ihre Klimateffizienz (Abbildung 27). Ein Pkw verursacht pro Personenkilometer und bezogen auf die

Abb. 24: Emissionsentwicklung Verkehr

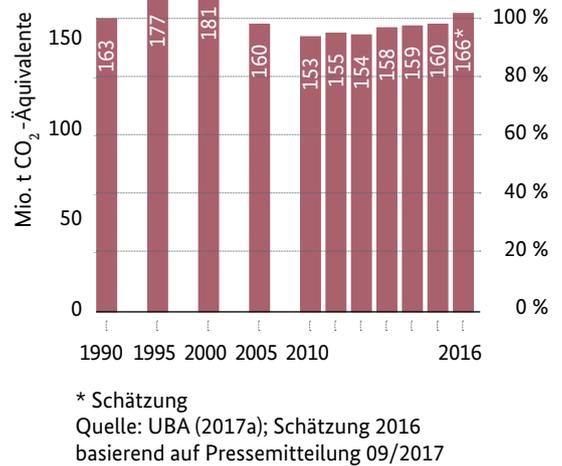


Abb. 25: Emissionsquellen Verkehr 2015 (ohne CO₂ aus Biokraftstoffen)

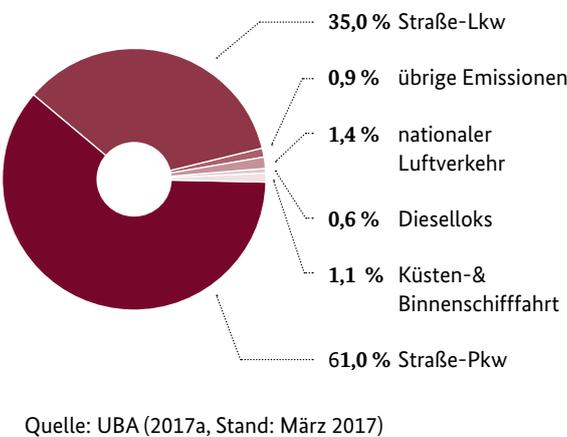


Abb. 26: Struktur des Endenergieverbrauchs im Verkehr 2015*

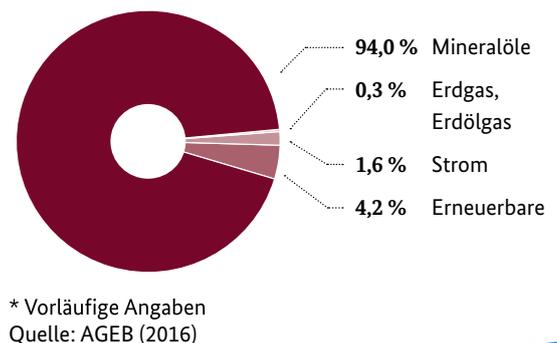
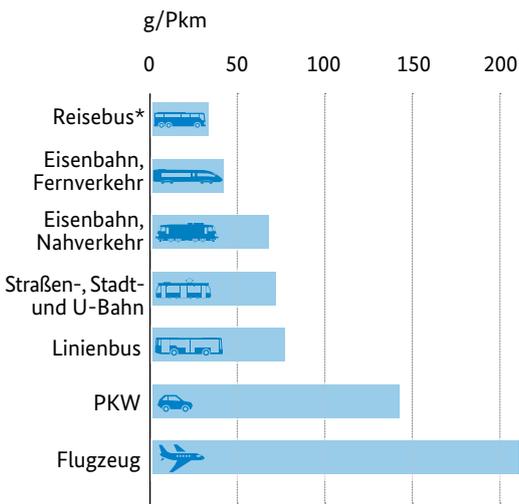


Abb. 27: Durchschnittliche Emissionen im Personenverkehr

Treibhausgase als CO₂-Äquivalente – Basisjahr 2014



*Fernbusfahrten und Busreisen
Quelle: UBA (2016a)

jeweilige durchschnittliche Auslastung beispielsweise drei- bis viermal so hohe Emissionen wie ein Fernzug oder ein Reisebus. Pro Personenkilometer (Pkm) ist eine Reise mit dem Flugzeug sogar fünf- bis sechsmal klimaschädlicher.

Aktuelle politische Maßnahmen

Bis zum Jahr 2020 werden die Emissionen des Verkehrssektors nach aktueller Schätzung um etwa ein Prozent gegenüber 1990 sinken. Einsparungen in Höhe von sechs Prozent sind nur dann möglich, wenn das Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 sowie der NAPE vollständig umgesetzt werden. Mit dem Klimaschutzplan 2050 hat die Bundesregierung beschlossen, die Verkehrsemissionen bis 2030 um 40 bis 42 Prozent gegenüber 1990 zu reduzieren. Dabei setzt die Bundesregierung unter anderem auf eine gesteigerte Energieeffizienz von Kraftfahrzeugen, alternative Antriebe und

Kraftstoffe, eine Verlagerung hin zu umweltfreundlichen Verkehrsträgern sowie verkehrsvermeidende Siedlungs- und Verkehrsplanung.

Pkw-Emissionen müssen auch in Zukunft weiter sinken, um die Klimafolgen des voraussichtlich weiterhin zunehmenden Straßenverkehrs zu begrenzen. Seit 1992 werden für Pkws und leichte Nutzfahrzeuge Abgasgrenzwerte durch europaweite Verordnungen festgelegt und stufenweise verschärft. Ab 2012 durften zunehmende Anteile der Pkw-Neuwagenflotte eines Herstellers nicht mehr als durchschnittlich 130 Gramm CO₂ pro Kilometer ausstoßen. Zudem wurde ein Zielwert von 95 Gramm CO₂ pro Kilometer im Schnitt für die gesamte Neuwagenflotte ab 2020 festgelegt. Bei leichten Nutzfahrzeugen lauten die Zielwerte 175 Gramm CO₂ pro Kilometer (2017) und 147 Gramm CO₂ pro Kilometer (2020). Die Bundesregierung setzt sich auch dafür ein, dass CO₂-Grenzwerte für schwere Nutzfahrzeuge auf EU-Ebene erlassen werden. 2016 hat die EU-Kommission angekündigt auch Lastkraftwagen (Lkw)-Emissionen mit einem neuen Testverfahren für das gesamte Fahrzeug zu erfassen, um darauf basierende Maßnahmen zu deren Minderung festzulegen.

Darüber hinaus setzt die Bundesregierung zunehmend auf die Förderung der Elektromobilität. Neben klimaschädlichen CO₂-Emissionen werden durch die Nutzung von Elektrofahrzeugen auch gesundheitsschädliche Luftschadstoffe vermieden. Elektroautos sind jedoch nur so sauber wie der Strom, mit dem sie fahren. Damit die Emissionsziele erreicht werden, muss der genutzte Strom daher verstärkt aus erneuerbaren Energiequellen kommen. Eine Analyse des BMUB zeigt jedoch, dass Elektrofahrzeuge unter Berücksichtigung des deutschen Strommixes und unter Einrechnung der Emissionen, die bei der Fahrzeugherstellung (einschließlich Batterien) entstehen, bereits 2015 deutlich weniger Treibhausgase verursacht haben als vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren.²² Um die Gesamtemissionen des Verkehrssektors adäquat abzubilden, müssen auch die Emissionen der Elektromobilität berücksichtigt werden, die bei der Stromproduktion im Energiesektor entstehen.

Bis 2020 will die Bundesregierung eine Million Elektroautos auf Deutschlands Straßen bringen. Bis 2030 soll die Zahl weiter auf sechs Millionen steigen. Elektromobilität wird seit 2007 von der Bundesregierung gefördert. 2014 wurde ein neu erarbeitetes

Elektromobilitätsgesetz verabschiedet. Es ermöglicht zum Beispiel, dass Elektroautos Parkgebühren erlassen werden. Vor allem aber können Kommunen Parkplätze an Ladesäulen rechtssicher ausweisen. Die deutschlandweite Ladeinfrastruktur wird seit 2016 mit 300 Millionen Euro gefördert. Bereits ab 2020 soll zudem durch stärkere Förderung der Automobilindustrie der Preis des Plug-In-Hybrid-Antriebs (vergleiche Glossar) auf dem Niveau des Dieselantriebs liegen. Darüber hinaus setzen die Hersteller zusammen mit der Bundesregierung bereits heute Anreize für den Kauf eines Plug-In-Hybrids beziehungsweise eines rein elektrischen Fahrzeugs durch eine zeitlich befristete Kaufprämie (Umweltbonus). Ein weiteres Beispiel ist das Förderprogramm „Schaufenster Elektromobilität“, in dem deutsche Kompetenzen in den Bereichen Elektrofahrzeug, Energieversorgung und Verkehrssysteme in groß angelegten regionalen Demonstrations- und Pilotvorhaben gebündelt und sichtbar gemacht werden. Das Programm „Erneuerbar Mobil“ dient zudem der Förderung von Projekten, die Elektroautos als marktfähige Umweltinnovation positionieren.

Die Nutzung erneuerbarer Energien durch Elektrifizierung wird auch beim schweren Güterverkehr vorangetrieben. Ein Beispiel sind Forschungsprojekte zu Oberleitungs-Lkws. Nach aktuellen Berechnungen könnten Oberleitungen auf Autobahnen den Schadstoffausstoß um bis zu 95 Prozent senken, vorausgesetzt, der Strom kommt aus erneuerbaren Energien.

„Von allen treibhausgasneutralen Lösungen ist dann die Elektromobilität volkswirtschaftlich die günstigste.“ Maria Krautzberger, Präsidentin des UBA

Darüber hinaus wird weiter an der Herstellung von Gas oder Flüssigbrennstoffen wie Power-to-Gas-Methan oder Power-to-Liquid geforscht, die unter Verwendung von Strom aus erneuerbaren Energien hergestellt werden. Diese können in Fahrzeugen eingesetzt werden, bei denen elektrische Antriebe kaum möglich sind – also vor allem im Luft- und Seeverkehr.

Der Ausbau des Schienenverkehrs soll weitere Emissionsminderungen ermöglichen. Zielgerichtete Investitionen in das Schienennetz sollen zum Beispiel dafür sorgen, dass der prognostizierte Zuwachs des Schienengüterverkehrs in Höhe von 43 Prozent zwischen 2010 und 2030 erreicht beziehungsweise übertroffen wird.



Abbau klimaschädlicher Subventionen

Klimaschädliche Subventionen belasten die öffentlichen Kassen durch Mindereinnahmen sowie künftig erhöhte Kosten für die Beseitigung von Schäden an Umwelt und Gesundheit. Der größte Teil der klimaschädlichen Subventionen in Deutschland betrifft den Verkehrssektor. In Zukunft soll daher geprüft werden, wie die den Verkehr betreffenden Abgaben und Umlagen schrittweise und aufkommensneutral umgestaltet werden können, so dass ein möglichst treibhausgasarmes Verkehrsverhalten auch zu einem spürbaren finanziellen Vorteil für die Bürger und Unternehmen führt.²³

Zum Klimaschutz in Städten tragen der ÖPNV und zunehmend auch der Radverkehr bei. Die Bedeutung des ÖPNV für einen emissionsarmen Verkehr kann durch den erhöhten Einsatz von Strom verstärkt werden. So fördert das BMUB den Einsatz von Hybridbussen. Auf kurzen und mittleren Distanzen leisten der Rad- und Fußverkehr einen Beitrag zur Verminderung der CO₂-Emissionen. Die Bundesregierung unterstützt die NKI-Kommunen bei der Verbesserung der Radverkehrsinfrastruktur und fördert mit dem Bundeswettbewerb „Klimaschutz durch Radverkehr“ Modellprojekte, wie zum Beispiel Infrastrukturmaßnahmen für das Fahrradparken. Dabei spielen zunehmend Elektrofahrräder eine Rolle. Nach aktuellen Schätzungen sind schon heute mehr als 2,5 Millionen Pedelecs und E-Bikes auf deutschen Straßen unterwegs.²⁴ Im Hinblick auf Verkehrsvermeidung werden auch stadt- und raumplanerische Aspekte wie das Konzept einer „Stadt und Region der kurzen Wege“ eine Rolle spielen. Eine planmäßige, integrierte Stadtentwicklung kann dabei die Entfernung zwischen Wohnung und zentralen Dienstleistungen (zum Beispiel Arbeiten, Lernen, Einkaufen) verringern und eine Verlagerung hin zum Fuß- und Radverkehr bewirken. Wie dies aussehen könnte, hat das BMUB 2015 mit seinem Programm „Neues Zusammenleben in der Stadt“ skizziert.



Verkehrsträgerübergreifende Vernetzung im Personenverkehr

Intermodale (verkehrsträgerübergreifende) Angebote und neue Mobilitätskonzepte wie Carsharing und Leihfahräder tragen dazu bei, den Personenverkehr klimafreundlicher zu gestalten. Dazu gehören auch der Abbau von Zugangsbarrieren zum Öffentlichen Personenverkehr und eine bessere Vernetzung der Verkehrsmittel. Die Bundesregierung fördert beispielsweise die Einführung von elektronischen Fahrscheinen sowie deren Verknüpfung mit einer digitalen Fahrplanauskunft. Diese Integration kann zusammen mit einer besseren Vernetzung über Länder- und Verbundraumgrenzen hinweg eine emissionsarme, deutschlandweite Reisegestaltung erleichtern.

Scheme for International Aviation; CORSIA). Auf Basis des in der ICAO vereinbarten Ziels eines kohlenstoffneutralen Wachstums für den internationalen Luftverkehr ab dem Jahr 2020 sollen von 2021 bis 2035 die CO₂-Emissionen, die über dem Niveau des Jahres 2020 liegen, im Rahmen von CORSIA kompensiert werden. CORSIA beginnt mit einer zunächst freiwilligen Phase, die ab 2027 in eine verpflichtende Phase übergeht. Zum jetzigen Zeitpunkt haben sich 66 ICAO-Mitgliedsstaaten bereit erklärt, von Anbeginn der Maßnahme an CORSIA teilzunehmen. Damit würden circa 80 Prozent des Wachstums der Emissionen des Luftverkehrs zwischen 2021 und 2035 kompensiert. Vor dem Hintergrund der ICAO-Entscheidung zu CORSIA muss die EU erneut über die Einbeziehung des Luftverkehrs in den EU-ETS ab 2017 entscheiden.

Der See- und Luftverkehr ist aktuell besonders abhängig von fossilen Treibstoffen. Beide Bereiche werden auch in absehbarer Zukunft auf Verbrennungsmotoren angewiesen sein. Daher unterstützt die Bundesregierung Forschungsprojekte zu strombasierten Kraftstoffen auf Basis einer CO₂-neutralen Stromversorgung. Emissionsminderungen im See- und Luftverkehr können zudem durch konstruktionstechnische Anpassungen erzielt werden. Für den Seeverkehr sollen die CO₂-Emissionen ab 2018 durch ein europäisches beziehungsweise ab 2019 durch ein internationales Datenerhebungssystem der Internationalen Seeschiffahrts-Organisation (International Maritime Organization; IMO) erstmals umfangreich erfasst werden.

Der Luftverkehr nimmt schon seit 2012 am EU-ETS teil. Ursprünglich sollten alle in der EU startenden und landenden Flüge einbezogen werden; die Einbeziehung wurde jedoch bis 2016 auf innereuropäische Flüge beschränkt. Darüber hinaus hat sich die Internationale Zivilluftfahrt-Organisation (International Civil Aviation Organization; ICAO) im Oktober 2016 auf eine globale marktbasierende Maßnahme für den internationalen Luftverkehr geeinigt (Carbon Offsetting and Reduction

4.5 Private Haushalte

Emissionstrends

2015 waren Private Haushalte für nahezu zehn Prozent der direkten Treibhausgasemissionen verantwortlich. Im Vergleich zum Vorjahr sind die Emissionen witterungsbedingt leicht angestiegen (Abbildung 28). In diesem Sektor fallen fast ausschließlich Emissionen an, die durch die Verbrennung von Energieträgern zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser entstehen (Abbildung 29). Würden neben den direkten die indirekten Emissionen (beispielsweise aus der Strom- und Wärmeproduktion für Haushalte) berücksichtigt, wäre dieser Anteil mehr als doppelt so hoch.²⁵ Allein der Stromverbrauch hat einen Anteil von 21 Prozent am Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte (Abbildung 30).

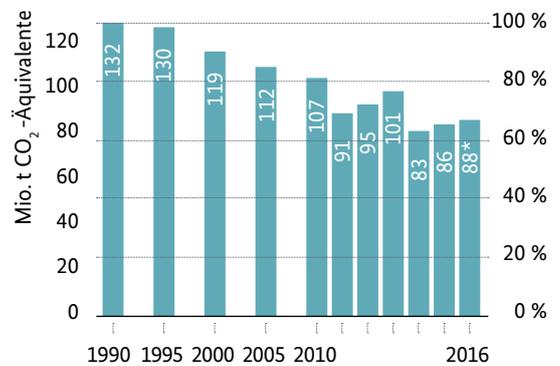
Private Haushalte konnten zwischen 1990 und 2015 bereits 34,5 Prozent an Emissionen einsparen.

Nichtwohngebäude, das heißt Gebäude für gewerbliche, kommerzielle und behördliche Zwecke sowie Industriegebäude, werden weitestgehend getrennt im GHD- beziehungsweise im Industriesektor betrachtet.

Da die Bereitstellung von Raumwärme zu etwa zwei Dritteln für die Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor verantwortlich ist, haben Witterungsbedingungen einen erheblichen Einfluss auf die Gesamtemissionen des Sektors. So war der bemerkenswerte Rückgang der Emissionen im Jahr 2014 auch in Teilen auf die warme Witterung zurückzuführen (Abbildung 28). 2015 führte die im Vergleich zum Vorjahr kühlere Witterung wiederum zu einem Verbrauchsanstieg.²⁶

Bei Wohngebäuden wird ein erhebliches Minimierungspotenzial von Treibhausgasemissionen gesehen. Drei Viertel der Wohngebäude wurden vor der ersten Wärmeschutzverordnung von 1979 errichtet und haben einen entsprechend hohen Energiebedarf. In einem großen Teil dieser Gebäude sind substanzielle Sanierungsmaßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz möglich und notwendig.

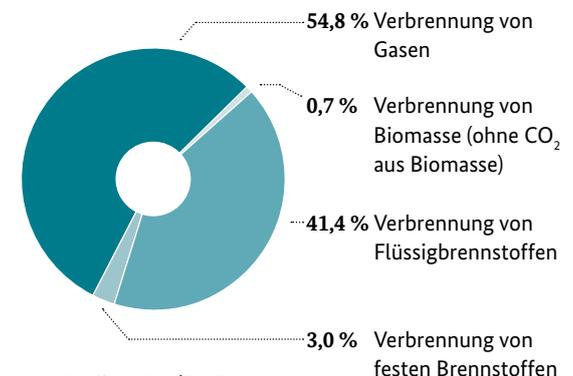
Abb. 28: Emissionsentwicklung Haushalte



* Schätzung

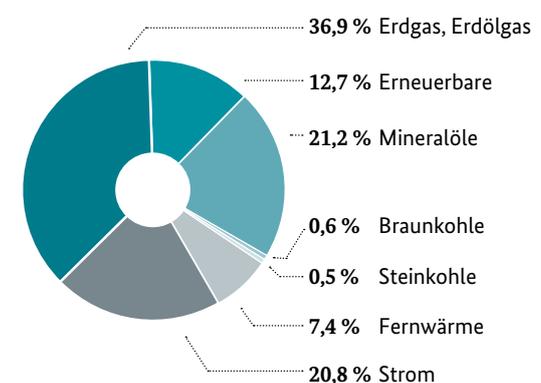
Quelle: UBA (2017a); Schätzung 2016 basierend auf Pressemitteilung 09/2017

Abb. 29: Emissionen der Energieträger der Haushalte 2015 (ohne CO₂ aus Biomasse)



Quelle: UBA (2017a, Stand: März 2017)

Abb. 30: Struktur des Endenergieverbrauchs der Haushalte 2015*



* Vorläufige Angaben
Quelle: AGEB (2016)

Aktuelle politische Maßnahmen

Eine Vielzahl von Gesetzen und Verordnungen sorgt für mehr Klimaschutz im Sektor Private Haushalte. Zentrale ordnungsrechtliche Grundlagen in Deutschland für mehr Energieeffizienz und Klimaschutz im gesamten Gebäudesektor sind das Energieeinsparungsgesetz (EnEG), die Energieeinsparverordnung (EnEV), das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) und die Kleinfeuerungsanlagenverordnung. Aktuelles Ziel der Bundesregierung ist, EnEG, EnEV und EEWärmeG zu einem neuen Gesetz zusammenzulegen. Damit soll ein aufeinander abgestimmtes Regelwerk entstehen.

Um den Klimaschutz im Gebäudebereich insbesondere im Hinblick auf die für das Jahr 2020 gesetzten Klimaziele zu stärken, hat die Bundesregierung mit dem Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 und dem NAPE eine Vielzahl weiterer Maßnahmen auf den Weg gebracht. Hier setzt die Bundesregierung insbesondere auf ökonomische Anreize. Mit der Besteuerung von Brennstoffen zu Heizzwecken sowie der verbrauchsabhängigen Heizkostenabrechnung für Mieter und Wohnungseigentümer in Mehrfamilienhäusern soll ein sparsamer Umgang mit Energie bewirkt werden. Weitere finanzielle Anreize bieten das KfW-Förderprogramm „Energieeffizient Bauen und Sanieren“ zur energetischen Stadtsanierung und das Marktanzreizprogramm zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärme- und Kältemarkt. Die KfW-Förderung der energetischen Sanierung von Altbauten soll zudem die Effizienz des Gebäudebestands verbessern. Auch durch bessere Verbraucherinformationen, wie zum Beispiel das Energieeffizienzlabel für Heizungen, sollen wichtige Minderungspotenziale erschlossen werden.

Bis 2050 will die Bundesregierung einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand erreichen. Um die notwendigen Schritte im Hinblick auf den Einsatz erneuerbarer Energien und Energieeffizienz für einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand aufzuzeigen, hat die Bundesregierung im Jahr 2015 die „Energieeffizienzstrategie Gebäude“ (ESG) verabschiedet. Mit einer Kombination aus Energieeffizienzmaßnahmen und dem Einsatz erneuerbarer Energien soll der Primärenergiebedarf von Gebäuden bis 2050 um rund 80 Prozent gegenüber 2008 gesenkt werden.



Beispiel für Sektorenkopplung durch Elektrifizierung der Wärmeversorgung

Derzeit wird in Deutschland noch zu einem großen Teil mit fossilen Energieträgern wie Öl und Gas geheizt. Künftig sollen erneuerbare Energien jedoch auch hier eine größere Rolle spielen. In hocheffizienten Gebäuden bietet es sich an, den verbleibenden Wärmebedarf mit Hilfe von Wärmepumpen zu decken: Diese werden in der Regel mit Strom betrieben. Sie nehmen vorhandene Wärme aus der Umgebung (Erdreich, Luft) auf, verdichten diese und setzen sie für den Betrieb der Heizungsanlage ein.

In energetisch sanierten Gebäuden gewinnen gute Wärmepumpen aus einer Kilowattstunde Strom mehrere Kilowattstunden Wärme. Werden zudem Wärmespeicher eingesetzt, kann der Wärmebereich die Stromnachfrage flexibilisieren und so zur Stabilisierung des Energiesystems beitragen. Der Einsatz von Wärmepumpen („Power-to-Heat“-Technologie) ist eine Möglichkeit, fossile Brennstoffe zu ersetzen. Dabei gilt, je mehr Strom aus erneuerbaren Quellen stammt, desto erfolgreicher trägt diese Technologie dazu bei, das Klima zu schützen. Fortschritte bei der energetischen Modernisierung von Gebäuden sind auch Voraussetzung für den Einsatz zukunftsfähiger Heiztechnologien. Daneben können erneuerbare Energien direkt für die Wärmeversorgung genutzt (zum Beispiel durch Solarthermie, Hybridsysteme, KWK) und in Wärmenetze eingebunden werden.

Im Rahmen des Klimaschutzplans 2050 fließt die ESG in die Strategie „Klimafreundliches Bauen und Wohnen“ ein. Darin werden zudem grundlegende Fragen des Wohnens einschließlich der Bezahlbarkeit, der Quartiers- und Stadtentwicklung, der Erschließung ländlicher Räume und die Herausforderungen des demographischen Wandels behandelt.

4.6 Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)

Emissionstrends

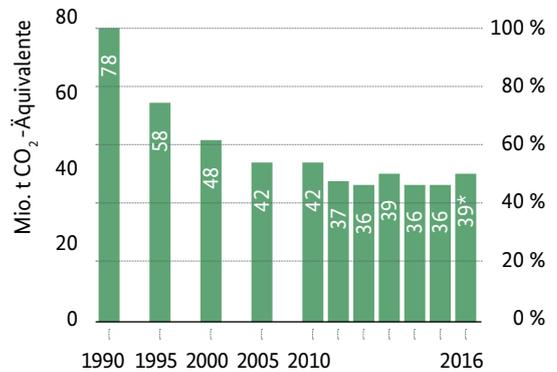
Der GHD-Sektor trug 2015 fast vier Prozent zu den Gesamtemissionen bei und liegt damit vergleichsweise niedrig. Der Anteil des Sektors am Endenergieverbrauch in Deutschland liegt mit 15 Prozent jedoch fast dreimal höher.²⁷ Etwa die Hälfte des Endenergieverbrauchs entfällt auf Raumwärme bei Nichtwohngebäuden wie Betriebe, Beherbergungen, Gaststätten, Heime und Handel, die nicht im Sektor der Privaten Haushalte berücksichtigt werden (Abbildungen 32 und 33).²⁸ Auch bei den Nichtwohngebäuden wird die Gebäudekühlung zunehmend relevanter, da verstärkt Klimaanlage zum Einsatz kommen. Emissionen aus der Strom- und Fernwärmeerzeugung, zum Beispiel zur Kühlung und Beleuchtung beziehungsweise zur Beheizung, werden nach dem Quellprinzip auch hier der Energiewirtschaft zugeschrieben.

Die Treibhausgasemissionen im GHD-Sektor konnten zwischen 1990 und 2015 um fast 54,2 Prozent reduziert werden.

Die Emissionsminderungen im GHD-Sektor wurden vor allem durch steigende Energieeffizienz erreicht. Diese wurde zwischen 1990 und 2015 um durchschnittlich fast 2,2 Prozent pro Jahr verbessert.²⁹ Erreicht wurde dies insbesondere durch verbesserte Wärmedämmung, zunehmende Automatisierung und Prozessoptimierung sowie die Modernisierung von Maschinen und Anlagen. Die in Abbildung 31 erkennbaren Emissionsschwankungen sind – wie auch bei den Privaten Haushalten – im Wesentlichen auf schwankende Witterungsverhältnisse zurückzuführen.

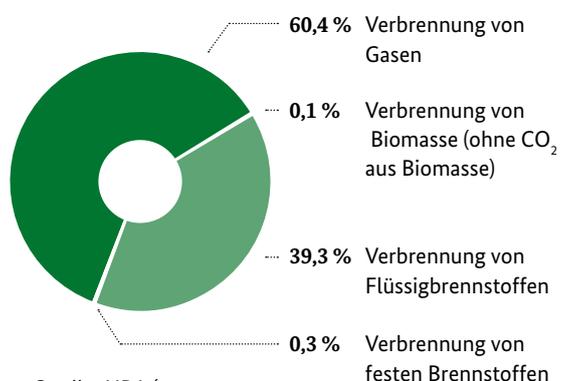
Energieeinsparmaßnahmen im GHD-Sektor überschneiden sich aufgrund der ähnlichen Energieverbrauchsstrukturen vor allem mit dem Sektor der Privaten Haushalte sowie mit der Industrie (Abbildung 22 und 30). Im GHD-Sektor ist der Anteil von Strom am Endenergieverbrauch von 24 Prozent im Jahr 1990

Abb. 31: Emissionsentwicklung Gewerbe/Handel/Dienstleistungen



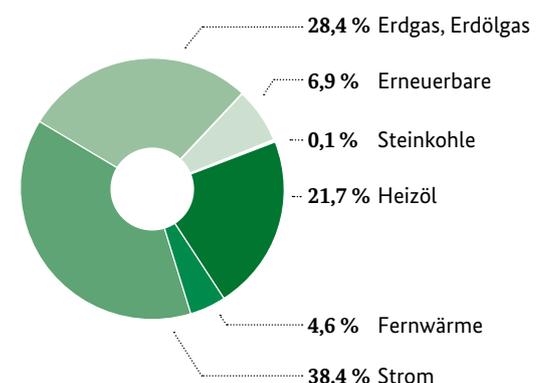
* Schätzung
Quelle: UBA (2017a); Schätzung 2016 basierend auf Pressemitteilung 09/2017

Abb. 32: Emissionen der Energieträger GHD 2015 (ohne CO₂ aus Biomasse)



Quelle: UBA (2017a, Stand: März 2017)

Abb. 33: Struktur des Endenergieverbrauchs GHD 2015*



* Vorläufige Angaben
Quelle: AGEB (2016)

auf 38 Prozent im Jahr 2015 gestiegen (Abbildung 33). Dieser Trend wird sich voraussichtlich aufgrund der zunehmenden Automatisierung und Sektorkopplung weiter fortsetzen.

Aktuelle politische Maßnahmen

Ebenso wie im Sektor Private Haushalte und im Industriesektor setzt die Bundesregierung Anreize für die weitere Steigerung von Investitionen in Energieeffizienz sowie für die Erschließung zusätzlicher Treibhausgas-Emissionsminderungspotenziale. Dazu unterstützt das BMUB beispielsweise die Energiesparkampagne des Deutschen Hotel- und Gaststättenverbandes. Die Förderprogramme zielen vor allem auf die Nutzung der sogenannten „besten verfügbaren Techniken“ ab.

Der Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden soll bis 2050 auf ein Fünftel des Verbrauchs von 2008 gesenkt werden.³⁰ Im Rahmen der Energieeffizienzstrategie Gebäude sollen die bisherigen Einsparungen zum Beispiel durch gezielte finanzielle Anreize zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden, ordnungsrechtliche Vorgaben, wie der Energieeinsparverordnung, sowie durch gezielte Information erhöht werden.

„Wir wollen die Synergien zwischen den Zielen ‚Bezahlbares Wohnen und Bauen‘ und ‚Klimaschutz‘ nutzen.“ Dr. Barbara Hendricks, Bundesumweltministerin

Um Energieeinsparpotenziale zu erschließen, setzt die Bundesregierung zudem auf die Energieberatung und -förderung für KMU, wie zum Beispiel durch die „Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz“. Über das Programm „Energieberatung Mittelstand“ konnten zwischen 2008 und 2013 17.000 Unternehmen aus dem GHD- und Industriesektor beraten werden. Zinsgünstige Darlehen und Tilgungszuschüsse der KfW bieten darüber hinaus Finanzierungsmöglichkeiten für den Neubau und die energetische Sanierung von Nichtwohngebäuden sowie Einzelmaßnahmen im GHD-Sektor.³¹



Beispiel für Sektorenkopplung durch Wärmenetze im GHD-Sektor

Durch thermische Speicher kann im Sommer produzierter Überschussstrom zukünftig in großen saisonalen Wärmespeichern eingelagert werden. Die eingelagerte Wärme kann dann in den Wintermonaten zum Beheizen von Gebäuden verwendet werden. Diese Speicherung bietet sich insbesondere in der Nähe von großen Nichtwohngebäuden, Quartieren oder Wärmenetzen an, denn je größer die Speicher, desto weniger Wärme geht verloren. Zur Einlagerung können Wärmepumpen eingesetzt werden.

Um viel Wärme aufnehmen zu können, ist ein niedriges Temperaturniveau von Vorteil. Auch gute Dämmung im versorgten Gebäude beziehungsweise Wärmenetz ist sehr wichtig. Im Vergleich zum heutigen Stand der Technik müssen die Speichervolumina jedoch noch deutlich vergrößert werden. Hocheffiziente Wärmepumpen ermöglichen, dass die Wärmeausbeute je Kilowattstunde Strom trotz der Speicherverluste hoch ist.

4.7 Abfall- und Kreislaufwirtschaft

Emissionstrends

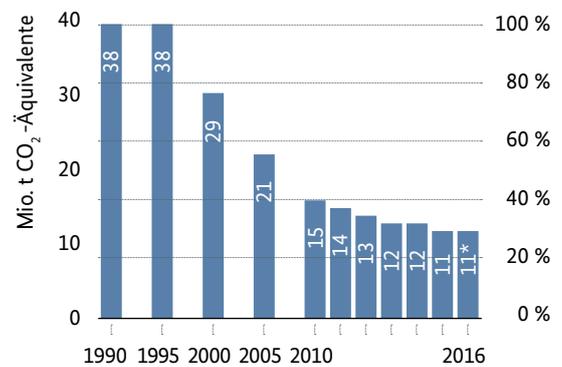
Mit etwas mehr als einem Prozent ist der Anteil der Abfall- und Kreislaufwirtschaft an klimarelevanten Gesamtemissionen in Deutschland auch 2015 relativ gering. Diese betragen 2015 11,2 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (Abbildung 34). Hier sind auch Emissionen eingerechnet, die aus der Abwasserbehandlung stammen. Emissionen aus Deponiegasen sowie aus der Abwasserwirtschaft machten zusammengerechnet 2015 insgesamt knapp 90 Prozent der gesamten Emissionen des Sektors aus (Abbildung 35).

Die Emissionen des Sektors sind seit 1990 mit 70,5 Prozent überdurchschnittlich stark gesunken. Dies ist vor allem auf reduzierte Methanemissionen durch das Verbot der Deponierung organisch abbaubarer Siedlungsabfälle zurückzuführen. Auch konnten durch die energetische Nutzung von Abfällen und das verstärkte Recycling insbesondere von Glas, Papier und Pappe sowie von Metallen und Kunststoffen weitere Einsparungen erzielt werden.

Aktuelle politische Maßnahmen

Die Bundesregierung hat zum Ziel, die Abfall- und Kreislaufwirtschaft in den nächsten Jahren hin zu einer Stoffstromwirtschaft weiter zu entwickeln. Mit weltweit führenden Verwertungs- und Recyclingraten bei einigen Materialien ist Deutschland schon heute Vorreiter bei der Umsetzung einer klima- und ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft. Diese beinhaltet vor allem die Verwertung von verarbeiteten Rohstoffen durch Recycling und die Nutzung von Abfällen zur Erzeugung von Strom und Wärme. Die energetische Verwertung von Abfällen liefert darüber hinaus einen wichtigen ökologischen Beitrag zur Einsparung fossiler Brennstoffe. Langfristig strebt die Bundesregierung an, die im Abfall gebundenen Stoffe und Materialien weitestgehend stofflich und energetisch zu nutzen und somit die Deponierung von Abfällen weiter zu reduzieren. Für mineralische Abfälle wird die Deponie aber auch zukünftig eine unverzichtbare Rolle spielen.

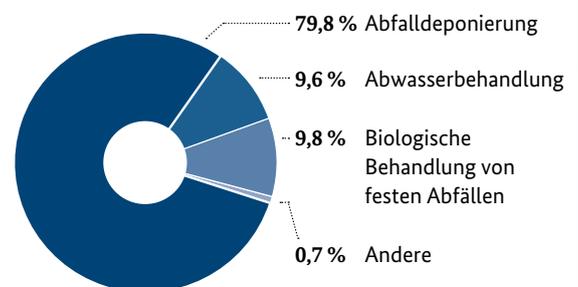
Abb. 34: Emissionsentwicklung Abfallwirtschaft und Sonstige**



* Schätzung

** Ohne Gutschrift aus Recycling und Energieerzeugung
Quelle: UBA (2017a); Schätzung 2016 basierend auf Pressemitteilung 09/2017

Abb. 35: Emissionsquellen Abfallwirtschaft 2015 (ohne CO₂ aus Biomasse)



Quelle: UBA (2017a, Stand: März 2017)



Umweltschonende Entsorgung von Elektroaltgeräten

Eine ordnungsgemäße Entsorgung von Elektroaltgeräten vermeidet eine Gefährdung der Umwelt und ermöglicht das Recyceln von Wertstoffen. Seit 2016 muss der Einzelhandel kostenlos Altgeräte zurücknehmen (Elektrogesetz). Dies gilt sowohl für den stationären als auch für den Online-Handel mit mehr als 400 Quadratmetern Verkaufsfläche beziehungsweise Versand- und Lagerfläche für Elektrogeräte. Bei Großgeräten sind die Händler nur beim Kauf eines neuen Gerätes, das denselben Zweck erfüllt, verpflichtet das Altgerät anzunehmen. Für Kleingeräte wie Rasierer oder Handys gilt die Verpflichtung unabhängig davon, ob man Kunde beim Händler ist oder nicht. Darüber hinaus sind öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger schon seit längerem verpflichtet, kostenlose Sammelstellen für Elektroaltgeräte einzurichten. Die Verbraucher müssen Elektroaltgeräte auf einem dieser Wege zurückgeben.

Bereits heute werden über die Hälfte der Siedlungs- und Produktionsabfälle verwertet. Bei Bauabfällen, Verpackungen oder Batterien liegen die Recyclingquoten sogar bei über 80 Prozent.³²

Die Weiterentwicklung der Verpackungs- und der Gewerbeabfallverordnung soll das Recycling stärken und damit weitere Minderungspotenziale ausschöpfen. Zudem sollen Sekundärrohstoffe wie Sekundäraluminium aus Abfällen zurückgewonnen werden, um im Vergleich zur Nutzung von Primärrohstoffen den Treibhausgasausstoß zu reduzieren.

Auch soll die Freisetzung von Methanemissionen aus Altdeponien durch geeignete Maßnahmen weiter sinken. Die Bundesregierung unterstützt bereits die Kommunen durch eine Förderung mit Mitteln aus der NKI im Rahmen der sogenannten Kommunalrichtlinie.

4.8 Landwirtschaft

Emissionstrends

Der Anteil der Landwirtschaft an den Gesamtemissionen ist 2015 weiter leicht auf über acht Prozent angestiegen. Anders als bei den übrigen Sektoren sind die wesentlichen Treibhausgasemissionen nicht CO₂-Emissionen, sondern vor allem extrem klimawirksame Methan (CH₄)- und Lachgas (N₂O)-Emissionen. CH₄-Emissionen sind vor allem auf die Haltung von Milchkühen zurückzuführen, da sie bei der Verdauung von Wiederkäuern ausgestoßen werden. N₂O wird in der Landwirtschaft durch stickstoffhaltige Düngemittel und Tierhaltung verursacht. Darüber hinaus emittieren organische Böden in landwirtschaftlicher Nutzung in erheblichem Umfang CO₂, das in der Emissionsbilanz jedoch nicht der Landwirtschaft sondern der Landnutzung (vergleiche Kapitel 4.9) zugewiesen wird.

Zwischen 1990 und 2015 konnte der Treibhausgasausstoß in der Landwirtschaft um fast 19 Prozent reduziert werden (Abbildung 36). Dies ist in erster Linie auf den Rückgang der Viehbestände infolge des Strukturwandels in den neuen Bundesländern, Umwelanforderungen der gemeinsamen EU-Agrarpolitik und ein verbessertes Düngemittelmanagement zurückzuführen. Emissionen in der Landwirtschaft können allerdings nur bedingt durch technische Maßnahmen begrenzt werden, da ein großer Teil durch natürliche Prozesse entsteht (Abbildung 37).

Aktuelle politische Maßnahmen

Die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU soll künftig noch stärker zu Klimaschutzbemühungen der Mitgliedsländer beitragen. Seit 2014 sind 30 Prozent der Direktzahlungen an Landwirte unter der GAP an die Einhaltung von klima- und umweltfreundlichen Landbewirtschaftungsmethoden („Greeningprämie“) geknüpft. Darüber hinaus beinhaltet die GAP gezielte Förderprogramme für nachhaltige und umweltschonende Bewirtschaftung und ländliche Entwicklung. Über den „Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums“ (ELER), neben den Direktzahlungen die zweite Finanzierungssäule der GAP, werden unter anderem freiwillige Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahmen auf Länderebene gefördert.³³

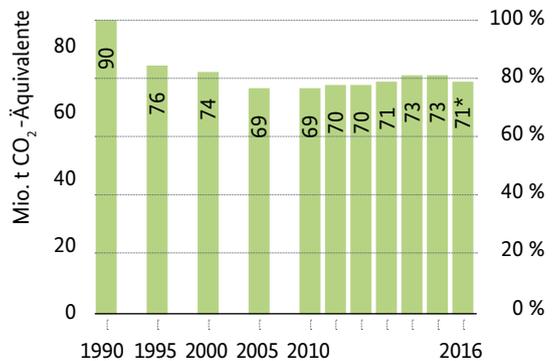
Ein wichtiger Ansatzpunkt zur Steigerung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft ist der ökologische Landbau. Dieser verzichtet auf mineralische Dünger und chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel und kann dadurch im Vergleich zu konventionellem Landbau den CO₂-Ausstoß pro Hektar um bis zu 50 Prozent reduzieren. 2015 wurden rund 6,5 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Deutschland ökologisch bewirtschaftet.³⁴ Die Bundesregierung strebt hier zukünftig einen Anteil von 20 Prozent an.

„Im vergangenen Jahr wurden in Deutschland Bioprodukte für fast zehn Milliarden Euro umgesetzt [...] und die Öko-Produktion in Deutschland hat noch deutlich Steigerungspotenzial.“ Christian Schmidt, Bundeslandwirtschaftsminister

Diese Umstellung wird durch Förderprogramme der zweiten Säule der GAP auf Länderebene im Rahmen von Fördermaßnahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) erwirkt. Insgesamt tragen Maßnahmen der GAK direkt über Klimaschutzmaßnahmen und indirekt über Maßnahmen zum Umwelt- und Naturschutz und zur Landschaftspflege zum Klimaschutz bei. Zudem werden jährlich 17 Millionen Euro durch das Bundesprogramm „Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft“ zur Verfügung gestellt.

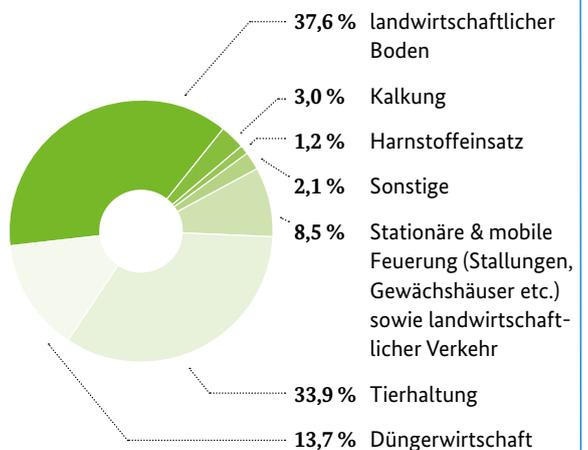
Jenseits des ökologischen Landbaus werden in der Düngeverordnung (DüV), die wesentlicher Teil des Aktionsprogramms zur rechtlichen Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie ist, die Anforderungen an die gute fachliche Praxis der Düngung näher bestimmt. Allerdings sind die Stickstoffüberschüsse aus übermäßigem Düngemiteleinsatz in landwirtschaftlich genutzten Böden in Deutschland derzeit noch deutlich zu hoch. Die Bundesregierung hat die DüV umfassend überarbeitet. Diese zielt unter anderem auf eine Verbesserung der Stickstoffverwertung und die Reduzierung von Stickstoffüberschüssen ab und soll dadurch zur weiteren notwendigen Minderung der N₂O-Emissionen beitragen. Das Kabinett hatte die novellierte Fassung Ende 2015 beschlossen und im März 2017 wurde die DüV und das Düngegesetz im Bundesrats verabschiedet. Ungeachtet dessen hatte die EU-Kommission bereits Ende Oktober 2016 auf der Basis der alten DüV wegen unzureichender Umsetzung der DüV Klage beim Europäischen Gerichtshof gegen Deutschland erhoben.

Abb. 36: Emissionsentwicklung Landwirtschaft**



* Schätzung
 ** inklusive landwirtschaftlicher Verkehr
 Quelle: UBA (2017a); Schätzung 2016 basierend auf Pressemitteilung 09/2017

Abb. 37: Emissionsquellen Landwirtschaft 2015 (ohne CO₂ aus Biomasse)



Quelle: UBA (2017a, Stand: März 2017)

Die Bundesregierung hat im August 2016 das „Integrierte Umweltprogramm 2030“ vorgestellt. Dies erfolgte vor dem Hintergrund der von den Vereinten Nationen beschlossenen Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Darin schlägt das BMUB auch Ziele und Maßnahmen für die Landwirtschaft vor, unter anderem eine stärkere Förderung des Ökolandbaus,

Maßnahmen zum verstärkten Schutz der Biodiversität (vergleiche Kernthema-Box), Beschränkungen für Intensivtierhaltungsanlagen sowie die Erarbeitung einer nationalen Stickstoffstrategie. Durch mehrere Maßnahmen soll zudem nachhaltiges Konsumverhalten gestärkt werden. So sollen Verbraucher mit Hilfe eines „zweiten Preisschildes“ über die Umweltkosten von besonders umweltrelevanten Produkten und Dienstleistungen informiert werden. Eine Reduzierung des nach wie vor sehr hohen Fleischkonsums in Deutschland wäre beispielsweise ein wichtiger Beitrag zum Schutz von Umwelt und Natur sowie zur Verringerung von Gesundheitsrisiken.



Biodiversität

Zunehmend werden Arten und Lebensräume bedroht. Das führt dazu, dass weltweit, aber auch hierzulande, die biologische Vielfalt abnimmt. Schon heute ist fast jede dritte in Deutschland vertretene Tier- oder Pflanzenart bestandsgefährdet.³⁵ Neben einer oftmals nicht umweltgerecht betriebenen Landwirtschaft gibt es in Deutschland nach wie vor zu wenige Flächen, auf denen sich die Natur ungestört vom Menschen entwickeln kann. Generell wird der Wert und Nutzen der Natur und ihrer Ökosystemleistungen als Lebensgrundlage noch nicht ausreichend anerkannt. Das „Integrierte Umweltprogramm 2030“ sieht als Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität daher unter anderem eine öffentliche Debatte über eine „zukunftsfähige Landwirtschaft“ sowie die Weiterentwicklung des rechtlichen Rahmens für den Bodenschutz vor. Innerhalb der EU setzt sich die Bundesregierung zudem für die naturverträgliche Umsetzung der gemeinsamen europäischen Fischereipolitik ein.

4.9 Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)

Emissionstrends

Der Sektor LULUCF konnte die Emissionen im Jahr 2015 netto um 14,6 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente reduzieren (Abbildung 38). Er wirkt als Senke, also als CO₂-Speicher. Insgesamt konnten dabei 2015 fast 60 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente insbesondere in Wäldern (96,5 Prozent der Senkenleistung) aber auch in Holzprodukten (3,5 Prozent) gespeichert werden. Vor allem die nachhaltige, naturnahe Bewirtschaftung von Wäldern ermöglicht den Erhalt des Waldes als Senke. Bei intensiver land- und forstwirtschaftlicher Nutzung wird gespeichertes CO₂ jedoch wieder freigesetzt. 2015 wurden dadurch über 45 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente ausgestoßen. Mehr als die Hälfte dieser Emissionen wurde durch die Umwandlung von Grünland in Ackerland verursacht (Abbildung 39). Werden Dauergrünlandflächen umgebrochen, wird deutlich mehr und schneller CO₂ freigesetzt als durch die Neuschaffung von Grünland gebunden werden kann. Bodenschonende Bearbeitungsmethoden beim Ackerbau können hier den Austritt der gespeicherten CO₂-Emissionen verringern. Zwischen 1991 und 2015 ist der Umfang dieser Flächen in Deutschland bereits um etwa zwölf Prozent zurückgegangen. Die landwirtschaftliche Nutzung von Ackerland ist für ein weiteres Drittel des Treibhausgasausstoßes in diesem Bereich verantwortlich.

Landwirtschaftliche Böden und die Forstwirtschaft speichern weniger als halb so viele Treibhausgasemissionen wie noch 1990. Die Emissionen aus dem LULUCF-Sektor werden bisher nicht in die Bewertung zur Erreichung der nationalen und europäischen Klimaschutzziele einbezogen. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, dass die Bilanzierung dieser Emissionen im Vergleich zu anderen Sektoren mit methodischen Schwierigkeiten verbunden ist. Zum anderen ist die Speicherleistung von Böden und Vegetation äußeren Gefahren wie Waldbränden oder Insektenbefall ausgesetzt und kann dadurch unerwartet reduziert werden. Darüber hinaus sind Klimaschutzeleistungen durch forstwirtschaftliche Aktivitäten methodisch

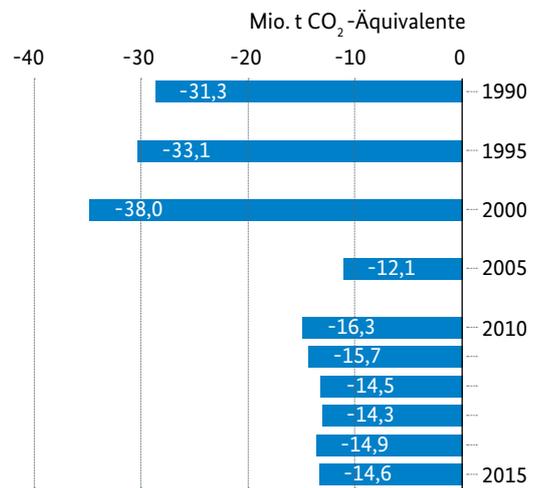
kaum von Schwankungen der natürlichen Speichervirkungen abzugrenzen und zu erfassen.

Aktuelle politische Maßnahmen

Die Erschließung der erheblichen Minderungspotenziale im LULUCF-Sektor ist im Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 verankert. Durch nachhaltige, naturnahe Bewirtschaftung von Wäldern und extensive Grünlandnutzung kann die Freisetzung von gespeichertem CO₂ reduziert werden. Insbesondere arten- und strukturreiche Wälder sowie feuchte Waldstandorte bieten Minderungspotenziale als CO₂-Speicher. Die Erhaltung von Dauergrünland ist ein weiteres Kernelement des Aktionsprogramms. Der Dauergrünland soll vor allem durch „Greening“ im Rahmen der GAP der EU, also der Knüpfung eines Teils der Direktzahlungen an konkrete Klimaschutz- und Umweltleistungen, bewirkt werden. Auch wird dies bei der Ausgestaltung der freiwilligen Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahmen (vergleiche Kapitel 4.8) berücksichtigt.

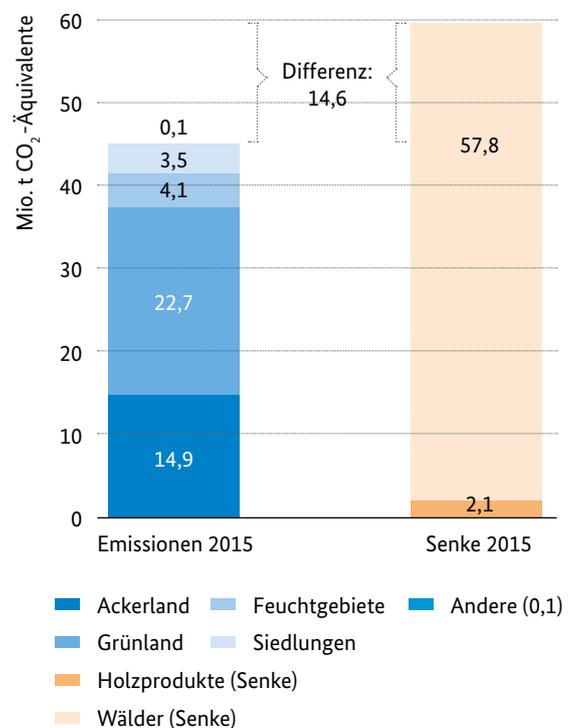
Der Schutz von Moorböden ist ein explizites Ziel der Bundesregierung. Obwohl Moorböden nur sechs Prozent der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche ausmachen, sind sie für rund 80 Prozent der Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden verantwortlich. Dadurch machen sie etwa vier Prozent der deutschlandweiten Treibhausgasemissionen aus. Um diesen relativ hohen Anteil zu reduzieren, werden unter anderem Maßnahmen zur Erhöhung des Wasserstands in trockengelegten Moorflächen gefördert.

Abb. 38: Emissionsentwicklung LULUCF (inklusive Senke)



Quelle: UBA (2017a, Stand: März 2017)

Abb. 39: Emissionen und Senken LULUCF 2015



Quelle: UBA (2017a, Stand: März 2017)



5. Was bedeutet Klimaschutz für Wirtschaft und Gesellschaft?

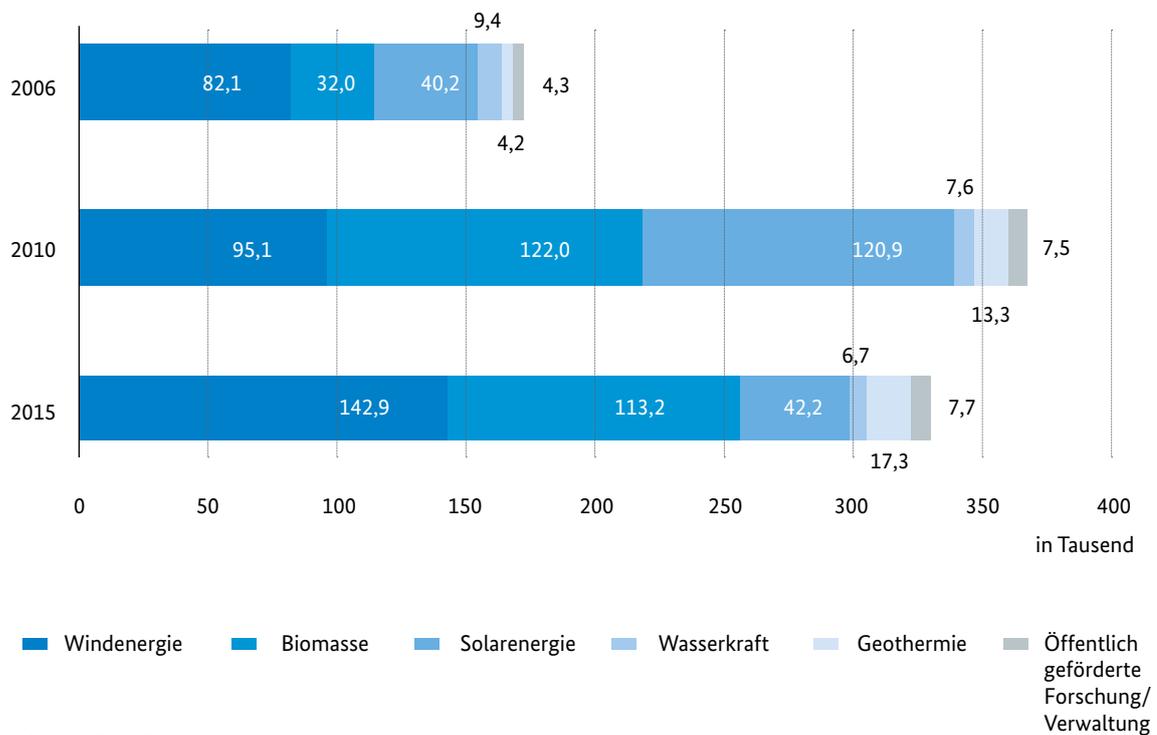
5.1 Arbeitsplätze

Klimaschutz ist mehr als die Vermeidung von Treibhausgasemissionen. Der Ausbau erneuerbarer Energien zeigt, dass Klimaschutz auch Arbeitsplätze in Deutschland schafft. In der Erneuerbare-Energien-Branche gab es 2015 rund 330.000 Arbeitsplätze. Dies ist fast dreimal so viel wie im Bereich der konventionellen Stromversorgung (circa 117.000 Arbeitsplätze, ohne Wärmeversorgung, Kohlebergbau et cetera). Alleine die Beschäftigungszahlen im Sektor Windkraft übertreffen diese mit gut 143.000 im Jahr 2015. Die Erneuerbare-Energien-Branche bleibt damit ein wichtiger Motor für die deutsche Wirtschaft, trotz eines leichten Rückgangs in den vergangenen Jahren (vergleiche Abbildung 40).

Das Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung soll in den nächsten Jahren 430.000 zusätzliche Jobs schaffen. Die ökonomische Bewertung zeigt, dass der volkswirtschaftliche Nutzen die Kosten der vorgesehenen Klimaschutzmaßnahmen deutlich übersteigt. Insbesondere die Privaten Haushalte können durch die Maßnahmen des Aktionsprogramms insgesamt 26 Milliarden Euro an Energiekosten einsparen. Diese Einsparungen können die Kosten für den Stromnetzausbau kompensieren, die teilweise an die Endverbraucher weitergegeben werden.

„Mit Investitionen in die Energieeffizienz sparen wir Geld, modernisieren das Land, schaffen Arbeitsplätze, stärken unsere Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit.“ Sigmar Gabriel, Bundeswirtschaftsminister

Abb. 40: Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland



Neben erneuerbaren Energien schaffen auch Effizienzmaßnahmen Arbeitsplätze, insbesondere im Baugewerbe durch energieeffiziente Neubauten und Renovierungen. Experten gehen davon aus, dass durch Effizienzsteigerungsmaßnahmen bis 2020 bis zu 190.000 Arbeitsplätze entstehen können.

Auch weltweit steigt die Anzahl an Arbeitsplätzen im Bereich klimafreundlicher Energiebereitstellung. Im Jahr 2015 waren rund 8,1 Millionen Menschen im Sektor Erneuerbare Energien beschäftigt – circa fünf Prozent mehr als im Vorjahr. Hiervon entfällt der größte Anteil auf China, wo circa 3,5 Millionen Menschen in diesem Bereich arbeiten.

Der Strukturwandel ist eine Herausforderung für die konventionelle Energiebranche. Wenn die Kohleverstromung zur Erreichung der Klimaschutzziele schrittweise zurückgefahren wird, kann dies in einigen Regionen Deutschlands zu Strukturumbrüchen führen. Wichtig sind daher klare politische Rahmen- und Zielsetzungen, die für einen geordneten Wandel sorgen und den betroffenen Regionen neue Chancen bringen. Wichtig ist auch die Einbeziehung aller Betroffenen. Daher wurde mit dem Klimaschutzplan 2050 beschlossen, eine Kommission für Wachstum, Strukturwandel und Regionalentwicklung einzusetzen. Bis Ende 2018 sollen so unter Einbindung aller relevanten Akteure Maßnahmen erarbeitet werden, um wirtschaftliche Entwicklung, Strukturwandel, Sozialverträglichkeit und Klimaschutz zusammenzuführen.

5.2 Investitionen

Neue Investitionen in kohlenstoffarme Technologien stärken die Volkswirtschaft. Investitionen in klimafreundliche Lösungen, wie Photovoltaik- oder Windkraftanlagen, sowie Effizienzmaßnahmen, zum Beispiel im Gebäudebereich, sind zentrale Elemente einer klimafreundlichen Investitionspolitik. Sie stärken die Wirtschaft, da gerade bei Sanierungsprojekten der Großteil der Wertschöpfungskette in Deutschland angesiedelt ist. Weiterhin gibt es eine Vielzahl an Förderprogrammen in verwandten Bereichen, die nachhaltige Investitionen unterstützen. So werden beispielsweise Investitionen gewerblicher Unternehmen in Ressourceneffizienz durch zinsgünstige Kredite der KfW gefördert.

Investitionen in die energetische Gebäudesanierung blieben auch 2015 auf hohem Niveau. Circa 36,4 Milliarden Euro wurden in die Sanierung bestehender Wohngebäude investiert und weitere 16,8 Milliarden Euro entfielen auf die Sanierung von Nichtwohngebäuden. Damit sind die Investitionen in Gebäude im Vergleich zum Vorjahr jeweils um 700 Millionen Euro gestiegen. Die energetische Gebäudesanierung ist nach wie vor eines der effektivsten Mittel zur Steigerung der Energieeffizienz.

Die Kosten für erneuerbare Energien sind in den vergangenen Jahren stetig gesunken. Im Jahr 2016 wurden über 12 Milliarden Euro in den Ausbau erneuerbarer Energien investiert. 2010 waren es noch circa 25 Milliarden Euro. Obwohl der Windausbau 2015 sein zweitstärkstes Jahr verzeichnete, sind die Investitionen in Windkraftanlagen gegenüber dem Vorjahr um über zwei Milliarden Euro gesunken (Abbildung 41). Eine ähnliche Kostendegression konnte man 2011 bei der Entwicklung von Photovoltaikanlagen beobachten. Die Windkraft verzeichnete mit 9,2 Milliarden Euro (an Land und auf See) im Jahr 2016 die höchste Investitionssumme und macht mittlerweile zwei Drittel der gesamten Investitionen in erneuerbare Energien in Deutschland aus.

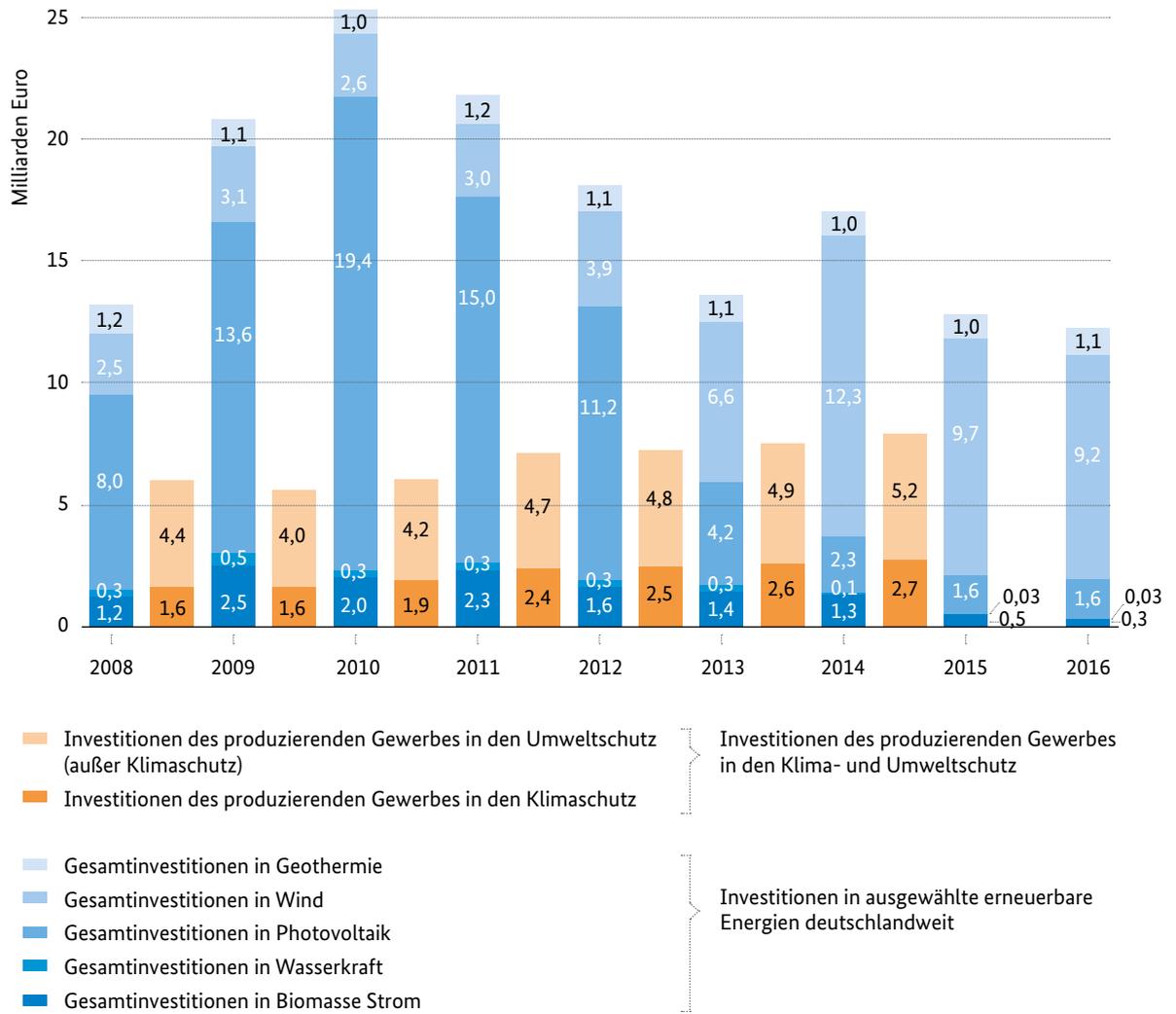
Klimafreundliche Investitionen werden gefördert. Förder- und Strategieprogramme der Bundesregierung erleichtern Investitionen in klimafreundliche Projekte. Die KfW-Programme zur Förderung der energetischen Gebäudesanierung und energieeffizienter Neubauten sind inzwischen ein weltbekanntes Erfolgsbeispiel. Auch im Bereich der Forschung investiert die Bundesregierung in klimafreundliche Innovationen:

- Das Integrierte Umweltprogramm 2030 verbindet Umwelt- und Klimaschutzfragen mit anderen Politikfeldern. Wie auch in der Hightech-Strategie (vergleiche Kapitel 5.4) wird der Schwerpunkt auf eine umwelt- und klimaverträgliche Energiewirtschaft, gesunde Lebensbedingungen sowie nachhaltige Mobilität gelegt. Hinzu kommen das Themenfeld zukunftsfähige Landwirtschaft sowie die internationale Dimension. In allen Handlungsfeldern werden insbesondere Demonstrationsvorhaben neuer umweltfreundlicher Technologien gefördert.
- Im Ressortforschungsplan (bisher Ufoplan) definiert das BMUB jährlich relevante Forschungsfragen, die das Umweltbundesamt in Form von ausgeschriebenem Forschungsprojekten finanziert.
- Das 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung hat in den Jahren 2013 bis 2016 Forschungsprojekte mit insgesamt 3,4 Milliarden Euro gefördert – davon wurden 863 Millionen Euro allein im Jahr 2015 vergeben.
- Die Nationale Klimaschutzinitiative (NKI) der Bundesregierung fördert seit 2008 bereits mehr als 10.000 Projekte in etwa 3.500 Kommunen. Insgesamt hat die NKI zwischen 2008 und 2016 in den Zielgruppen Kommunen, Unternehmen und Private Haushalte über 25.000 Projekte mit mehr als 750 Millionen Euro unterstützt. Im Rahmen der Internationalen Klimaschutzinitiative (IKI) wurden weltweit seit 2008 über 500 Projekte mit einem Umfang von rund 2,3 Milliarden Euro gefördert. Über die Europäische Klimaschutzinitiative (EUKI) stehen seit 2017 außerdem Mittel für die innereuropäische Zusammenarbeit im Klimaschutz zur Verfügung.

Die Bundesregierung hat klare politische Signale für eine nachhaltige Zukunftsplanung geschaffen.

Der Klimaschutzplan 2050 bietet einen langfristigen politischen Rahmen und damit Planbarkeit für Investitionsentscheidungen. Die Sektorziele des Plans (vergleiche auch Schlaglichtthema Seite 21) zeichnen den klimapolitischen Weg der kommenden Jahrzehnte vor. Unternehmen, die ihre Investitionsentscheidungen daran ausrichten und auf klimafreundliche Technologien setzen, können so Kosten für nachträgliche Anpassungen vermeiden.

Abb. 41: Ausgewählte Investitionen in den Klima- und Umweltschutz



Quellen: BMWi (2016a); AGEE-Stat (2017, Stand: Februar 2017); Statistisches Bundesamt (2016a)

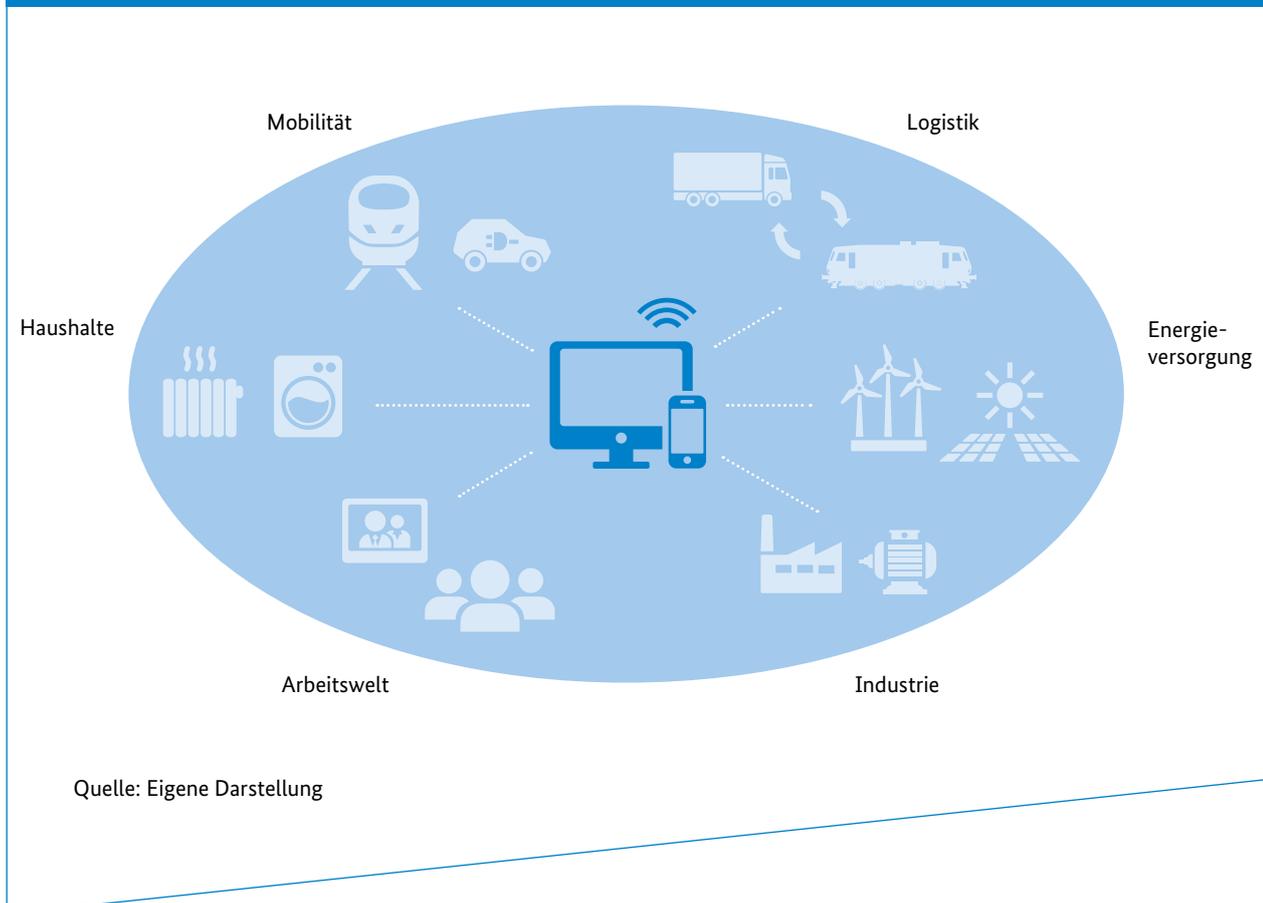
5.3 Innovation

Deutschland und die EU haben enorme technologische Innovationskraft bewiesen. Klimaschutz ist zu einem internationalen Wettbewerbsfaktor geworden. „GreenTech made in Germany“ ist eine erfolgreiche Marke. Die hohen Investitionen der letzten Jahre in erneuerbare Energien und effiziente Haustechnik (vergleiche Kapitel 5.2) basieren auf den technischen Innovationen der letzten Jahrzehnte.

Die Digitalisierung birgt weiteres Innovationspotenzial. Der weltweite Wandel hin zu elektronisch gestützten Prozessen stößt Veränderungen in allen Bereichen an und bietet Chancen für mehr Klimaschutz: Telefon- und Videokonferenzen erleichtern das Zusammenarbeiten von verschiedensten Standorten

aus; intelligente Haustechnik kann den Wärmeverbrauch senken; optimierte Lieferprozesse vermeiden Leerfahrten und sorgen so für weniger Kraftstoffverbrauch im Logistikbereich (vergleiche schematische Darstellung in Abbildung 42). Mit der Umsetzung der „Digitalen Agenda 2014–2017“ zielt die Regierung darauf, den digitalen Wandel gerade auch in der Branche der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienztechnologien voranzutreiben. Die Bundesregierung geht davon aus, dass das Marktvolumen von Umwelt- und Energieeffizienztechnologien bis 2025 auf mindestens fünf Billionen Euro anwächst. Ambitionierte Klimaschutzziele setzen Anreize für Unternehmen, sich auf dem globalen Markt für Klimaschutzgüter gut zu positionieren. Während weltweit Umwelttechnologien und Ressourceneffizienz 2013 nur drei Prozent der Wertschöpfung ausgemacht haben, waren es in Deutschland bereits 13 Prozent.

Abb. 42: Effizienzpotenzial durch digitale Vernetzung



Mit dem 2016 verabschiedeten Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende wird die Ausstattung von Verbrauchern und Erzeugern mit intelligenten Messsystemen, sogenannten „Smart Metern“, geregelt. Durch präzise Verbrauchsinformationen und die Ermöglichung variabler Tarife sollen Smart Meter helfen, die Energieeffizienz zu steigern. Dadurch wird der Ausbau intelligenter Netze und Messsysteme gesteuert und durch einheitliche Standards und Datenschutzmaßnahmen sicher gestaltet.

„Digitale Technologien können [...] die Effizienz erhöhen und Ressourcen schonen und damit maßgeblich zum Klimaschutz beitragen.“
Digitalverband Bitkom

Diverse Förderprojekte unterstützen klimafreundliche Innovationen. Die Hightech-Strategie der Bundesregierung fördert unter anderem Innovationen in den Bereichen nachhaltiges Wirtschaften und Energie sowie gesundes Leben und intelligente Mobilität. Dazu investierte die Bundesregierung 2014 bis 2015 14 Milliarden Euro in die Innovationsförderung.

Auch auf europäischer Ebene werden saubere Innovationen gefördert. Das europäische Rahmenprogramm „Horizont 2020“ fördert zwischen 2014 und 2020 Forschungsprojekte, die eine „sichere, saubere und effiziente Energie“ jenseits der Kernenergie versprechen. Es ist das bislang größte Forschungs- und Innovationsprogramm der Europäischen Union mit einem Fördervolumen von insgesamt fast 80 Milliarden Euro. Die Förderung soll weitere private Investitionen anregen. Das Förderprogramm umfasst ein breites Spektrum an Themen, von Land- und Wasserwirtschaft über Telekommunikationslösungen bis hin zu geisteswissenschaftlichen Fragestellungen rund um Demographie und Verhaltensänderungen.

5.4 Energiesicherheit

Klimafreundliche Stromerzeugung erhöht die Versorgungssicherheit. Stetige Verfügbarkeit, bezahlbare Preise und ein nachhaltiges Beschaffungswesen sind die Grundpfeiler einer sicheren Energieversorgung. Erneuerbare Energien können insofern zu einer erhöhten Versorgungssicherheit beitragen, als sie zu einer Diversifikation des Energiemixes führen und lokale Ressourcen nutzen. Dies ist gerade in Deutschland von Bedeutung, da kaum nationale fossile Energiequellen vorhanden sind. Rund zwei Drittel der genutzten fossilen Energieträger (Öl, Gas und Steinkohle) in Deutschland werden importiert.

i

Begriff Energiesicherheit

Wirtschaft und Bevölkerung sind abhängig von einer stabilen Energieversorgung, da alltägliche Abläufe sonst nicht denkbar sind. Energiesicherheit ist bedingt durch vier Faktoren: Energie(träger) müssen erstens grundsätzlich vorhanden und zweitens verfügbar bzw. nutzbar sein. Drittens muss die Energie bezahlbar und viertens die Form der Energieerzeugung gesellschaftlich akzeptiert sein. Das Konzept der Energiesicherheit hat während der Ölkrise der 1970er Jahre an Bedeutung gewonnen und ist seit dem ein zentrales Element nationaler Politik geworden.

Der Ausbau von erneuerbaren Energien reduziert Energieimportkosten. Wenn erneuerbare Energien fossile Kraftwerke ersetzen, sinkt der Bedarf an fossilen Energieträgern und damit auch die Importmengen und -kosten. So konnten im Jahr 2015 die Importkosten für fossile Energieträger um knapp 9 Milliarden Euro gesenkt werden.

2015 wurden insgesamt fossile Energieträger im Wert von rund 57 Milliarden Euro importiert, im Vorjahr waren es noch rund 81 Milliarden Euro. Diese Einsparungen sind auch auf den niedrigen Ölpreis zurückzuführen.

führen. Der Rohölpreis lag im Jahr 2016 durchschnittlich bei 279,66 Euro pro Tonne, und damit um gut 20 Prozent unter dem Durchschnittspreis von 2015.³⁶

Energieeffizienz trägt zur Energiesicherheit bei.

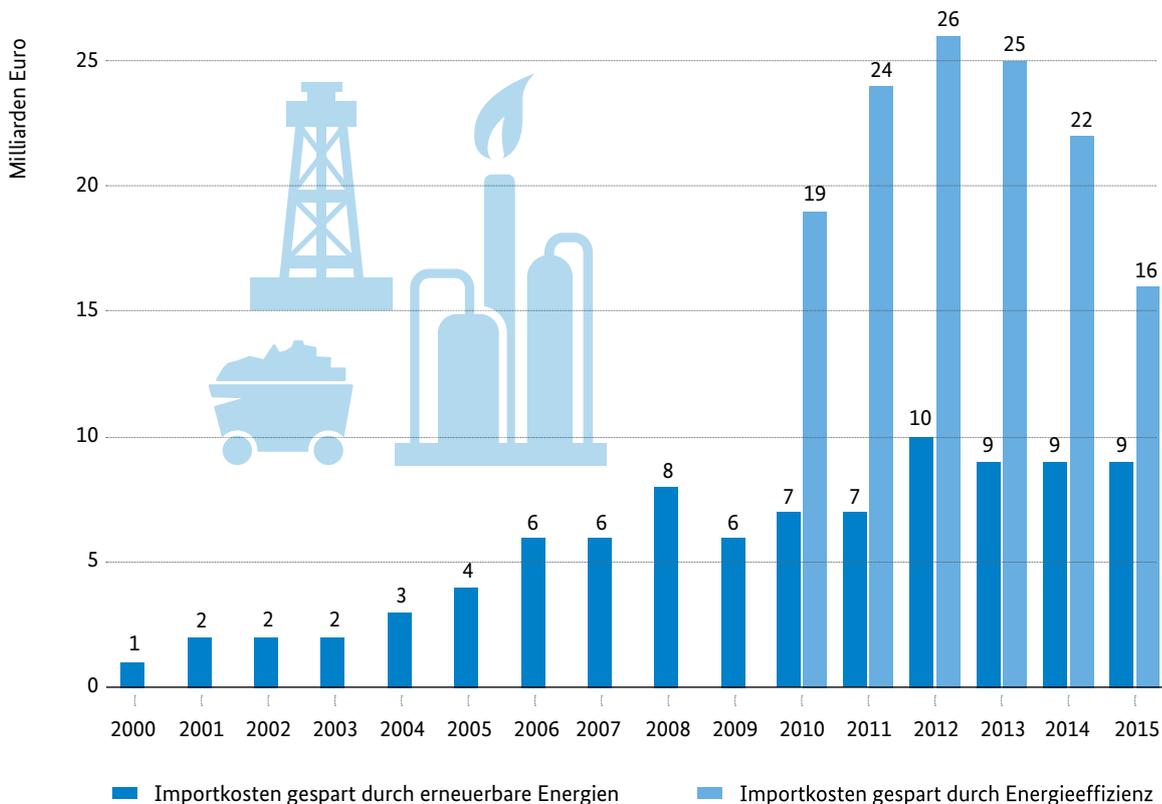
Effizienzmaßnahmen führen zu einem allgemein geringeren Energiebedarf und senken so die Abhängigkeit von Öl und Gas. Wenn Unternehmen auf effizientere Anlagen umrüsten, schützen sie nicht nur das Klima und sparen Energiekosten, sondern reduzieren auch die wirtschaftlichen Unsicherheiten, die von schwankenden Öl- und Gaspreisen ausgehen. Ressourcen können sicherer geplant werden. Eine erhöhte Energieeffizienz bedeutet zudem, dass der Energiebedarf bei gleichbleibender wirtschaftlicher

Aktivität auf gesamtwirtschaftlicher Ebene sinkt und somit Importkosten eingespart werden können. Für das Jahr 2015 werden die durch Effizienz vermiedenen Energiekosten auf rund 16 Milliarden Euro geschätzt (vergleiche Abbildung 43).

Ein geringerer Bedarf an fossilen Energieträgern reduziert geopolitische Risiken.

Deutschlands Energieimportabhängigkeit liegt derzeit bei circa 70 Prozent des Primärenergieverbrauchs. Ein Drittel der hierzulande konsumierten Öl- und Gasressourcen und ein Viertel der Steinkohle stammt aus Russland; ein weiterer Teil der Ölimporte wird aus dem Mittleren und Nahen Osten und damit aus geopolitisch instabilen Regionen bezogen.

Abb. 43: Einsparung der Importkosten von Energie durch erneuerbare Energien und Energieeffizienz



Einsparungen durch Energieeffizienz vor 2010 sind aufgrund fehlender Daten nicht ausgewiesen.

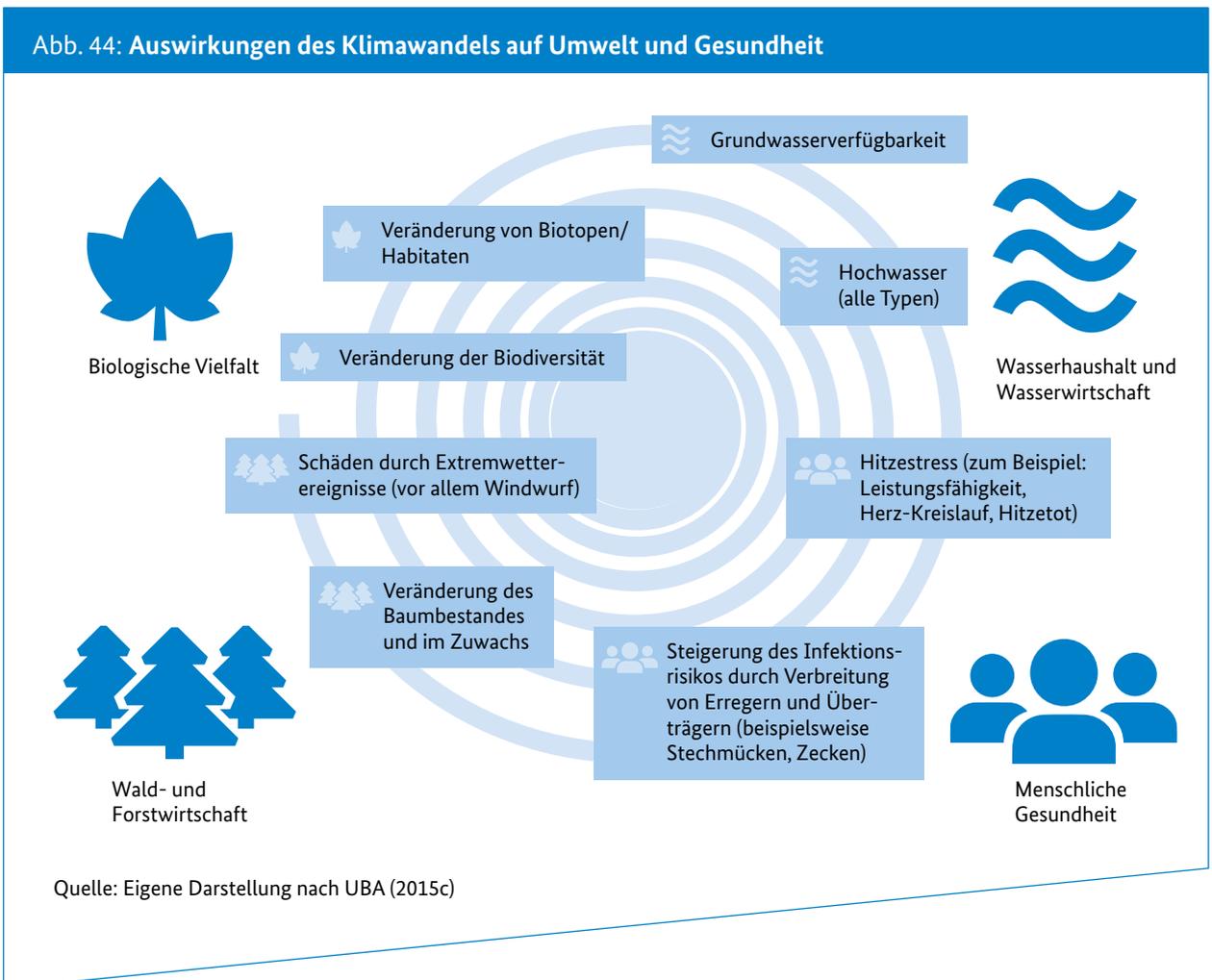
Quelle: Eigene Darstellung nach BMWi (2016a)

5.5 Umwelt und Gesundheit

Klimaschutz ist eine Querschnittsaufgabe, von der die menschliche Gesundheit, die Natur- und Artenvielfalt sowie die Wirtschaft gleichermaßen profitieren. **Klimaschutz schont die menschliche Gesundheit.** Um negative Auswirkungen des Klimawandels wie Hitzestress oder das veränderte Auftreten von Allergenen wie Pollen (vergleiche Abbildung 01 und Kapitel 2.1) zu bekämpfen, muss dem zunehmenden Temperaturanstieg entgegengewirkt werden. Maßnahmen gegen den Klimawandel, wie die Reduzierung der Verbrennung fossiler Energieträger, haben auch positive Auswirkungen

auf die Luftqualität. Weniger Feinstaub- und Ozonbelastung kommt auch der Gesundheit zugute.

Klimaschutz erhält die biologische Vielfalt. Klimaschutz reduziert die Migration oder das Aussterben von Tieren und Pflanzen. Zudem kann Klimaschutz die Ursachen von Extremwetterereignissen, wie Stürmen und Überschwemmungen, teilweise bekämpfen und vermeidet so zunehmende Zerstörungen von Habitaten (vergleiche Abbildung 44). Naturbasierte Anpassungsmaßnahmen, wie beispielsweise Stadtbäume oder Fassaden- beziehungsweise Dachbegrünungen, sorgen für mehr Lebensqualität. Sie kühlen die Luft durch Beschattung, Isolierung und Verdunstungseffekte und tragen somit auch zur Erhaltung der urbanen Biodiversität bei.



5.6 Klimaschutz in Kommunen

Klimapolitik vereint Umweltschutz mit wirtschaftlicher Entwicklung und gesellschaftlicher Partizipation. Durch Bürgerprojekte und -dialoge unterstützt sie den Wandel hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft.

Kommunen nehmen im Klimaschutz eine Schlüsselrolle ein. Dies gilt vor allem für die Bereiche Energieversorgung, kommunale Liegenschaften, Verkehr und Mobilität, Wasser und Abwasser sowie Verwaltung der Eigenbetriebe. Durch Investitionen in klimafreundliche Zukunftslösungen und flankierende Politikmaßnahmen in diesen Bereichen schaffen Kommunen richtungweisende Rahmenbedingungen. Aber auch durch Information, Beratung und Angebote zur Mitwirkung der Bürger können Kommunen Klimaschutz aktiv gestalten.

Urbane Verdichtungsräume reagieren besonders sensibel auf die Auswirkungen des Klimawandels. Das Bundesumweltministerium (BMUB) fördert im Rahmen des Programms „Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ Projekte, welche Antworten auf die Folgen der Erderwärmung liefern und vor Ort Verwundbarkeiten verringern. Förderprogramme, Informationsveranstaltungen und Wettbewerbe ermöglichen maßgeschneiderte kommunale Klimaschutzmaßnahmen. Der Wettbewerb „Klimaaktive Kommune 2017“ des BMUB und des Deutschen Instituts für Urbanistik prämiert erfolgreiche Projekte, beispielsweise bei der Gebäudesanierung oder im Bereich klimafreundlicher Mobilität. Die ausgezeichneten Projekte können andere Kommunen zu ähnlichen Maßnahmen inspirieren und den Austausch untereinander erleichtern.

Bildung trägt zum Klimaschutz bei. Mit der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) der Bundesregierung (vergleiche auch Kapitel 5.2) initiiert und fördert das BMUB seit 2008 auch konkrete Klimaschutzprojekte in Schulen und anderen Bildungseinrichtungen. Die Projekte stärken das Klimaschutzbewusstsein von Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen und fördern ihre Beteiligungsmöglichkeiten im Klimaschutz. Die Projekte regen Schulen zu konkreten Ideen für den Klimaschutz an: Neben Mobile-Learning-



Informationen für Städte

Für die praktische Umsetzung der Klimaanpassung in Stadt und Region sowie in der Wohnungswirtschaft stellt das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) praxiserprobte Arbeitshilfen zur Verfügung. Eine Webapplikation stellt über 30 themenspezifische Kurzfilme auf klimastadtraum.de bereit.

Der Klimalotse des Umweltbundesamtes (UBA) führt Städtevertreter an die Folgen des Klimawandels und Möglichkeiten der Anpassung für Kommunen heran. In fünf Modulen werden wichtige Maßnahmen Schritt für Schritt erläutert:

- Modul 1 „Klimawandel verstehen und beschreiben“ zeigt erwartbare Auswirkungen des Klimawandels
- Modul 2 erklärt, wie Städte ihre individuelle Verwundbarkeit erkennen und bewerten können
- Modul 3 geht auf mögliche Schutzmaßnahmen ein
- Modul 4 erklärt die rechtlichen Rahmenbedingungen für konkrete Schritte
- Modul 5 stellt Möglichkeiten der Nachverfolgung und Evaluation dar

Auch die europäische Umweltagentur (European Environment Agency; EEA) bietet auf der Website Climate-ADAPT zum Thema Anpassung einen umfangreichen Leitfaden für Städte.

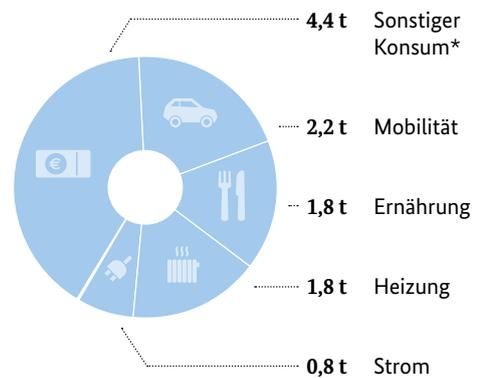
Angeboten werden beispielsweise Energiesparmaßnahmen in Schulgebäuden sowie Fahrradkinos für den Klimaschutz durchgeführt. Auf dem Portal Klimaschutzschulenatlas.de sind inzwischen mehr als 3.550 Schulen abgebildet, die sich im Klimaschutz engagieren.

5.7 Nachhaltiger Konsum

Verbraucher können durch Kaufentscheidungen einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Das Umwelt- und Gesundheitsbewusstsein deutscher Verbraucher hat die Produktion und den Vertrieb von „grünen Produkten“ in den letzten Jahren stark befördert. Der Kauf von biologisch erzeugten und regionalen Produkten kann dazu beitragen, Transportwege zu verkürzen, Kühlzeiten zu reduzieren und so Emissionen einzusparen. Den größten Anteil am CO₂-Fußabdruck eines durchschnittlichen Bürgers in Deutschland haben Heiz- und Stromverbrauch, gefolgt vom Transport und der Ernährung. Weitere Details zeigt die Abbildung 45.

Die Ökodesign- und Energieverbrauchskennzeichnungs-Richtlinien der EU fördern nachhaltigen Konsum. Der Energieverbrauch von Produkten wird sichtbar gemacht und soll so die Transparenz für Nutzer erhöhen. Bei der Bewertung werden auch Kriterien für Umweltverträglichkeit und Lebensdauer berücksichtigt.

Abb. 45: Treibhausgasemissionen eines deutschen Durchschnittsbürgers (in CO₂-Äquivalenten)



*Dies beinhaltet u.a. Bekleidung, Schuhe, Möbel und Haushaltsgeräte sowie Dienstleistungen für Freizeit- und Urlaubsaktivitäten.

Quelle: UBA (2016b)

i

Umweltkosten

Preise und Kosten haben einen Einfluss auf unser Kaufverhalten: Fliegen ist in den letzten Jahrzehnten um ein Vielfaches preiswerter geworden. Deshalb gibt es heute mehr als doppelt so viele Flugpassagiere in Deutschland wie im Jahr 2000.³⁷ Die Kosten für die Umwelt werden bei Flugtickets nicht mit eingepreist. Freiwillige können ihre Emissionen jedoch durch Ausgleichszahlungen kompensieren – ein Konzept, das an den Emissionshandel angelehnt ist. Auch der Straßenverkehr hat hohe Umweltkosten. Gemäß einer UBA-Studie³⁸ hat der Straßenverkehr die Umwelt im Jahr 2014 über 52 Milliarden Euro gekostet. Der Verlust von Biodiversität durch die Nutzung von Pestiziden in der Landwirtschaft zieht ebenfalls Kosten nach sich, die sich nicht im Preis von Lebensmitteln widerspiegeln.

Über die Kennzeichnung nach der EU-Richtlinie werden Mindeststandards sofort ersichtlich, die dem Nutzer als Hilfestellung für seine Kaufentscheidung dienen. Zusammen mit dem freiwilligen Umweltzeichen fördern diese Instrumente die Durchdringung des Marktes mit der umweltverträglichsten beziehungsweise ressourcen- und/oder energieeffizientesten Technologie innerhalb einer bestimmten Produktgruppe („Top-Runner-Ansatz“). Auch die Bundesregierung unterstützt klimafreundlichen Konsum durch verschiedene Initiativen. Das „Nationale Programm für nachhaltigen Konsum“ soll Verbraucher darin unterstützen, sich verstärkt für ökologische und klimaverträgliche Produkte und Dienstleistungen zu entscheiden und nachhaltigen Konsum weiter zu verbreiten.

Diverse Labels unterstützen ein nachhaltiges Kaufverhalten, indem sie umweltfreundliche Produkte kennzeichnen. Eines der bekanntesten Labels in Deutschland ist der „Blaue Engel“, das Umweltzeichen der Bundesregierung zum Schutz von Mensch und Umwelt, das über 12.000 umwelt- und klimaschonende Produkte und Dienstleistungen in Bereichen wie Haushalt, Büro und Garten kennzeichnet.

6. Glossar

Biokraftstoffe

Flüssige oder gasförmige Kraftstoffe, die aus Biomasse hergestellt werden. Beispiele sind Biodiesel, Bioethanol und Biogas.

Bruttostromverbrauch

Summe der gesamten inländischen Stromerzeugung und der Stromflüsse aus dem Ausland, abzüglich der Stromflüsse ins Ausland.

Carbon Leakage

Als Folge zusätzlicher Kosten durch den Emissionshandel wird industrielle Produktion in Länder verlagert, in denen keine oder geringere Klimaschutzauflagen gelten. Damit verbundene (Klimagas-)Emissionen werden damit ebenfalls ausgelagert.

CO₂-Äquivalente

Einheit für das Treibhauspotenzial eines Gases. CO₂-Äquivalente zeigen, welche Menge eines Gases in einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren die gleiche Treibhauswirkung entfalten würde wie CO₂.

Dekarbonisierung

Zunehmende Nutzung kohlenstoffarmer Energieträger für wirtschaftliches Handeln.

Direktvermarktung

Verkauf von Strom aus erneuerbaren Energiequellen an Großabnehmer oder an der Strombörse (zum Beispiel an der Strombörse in Leipzig). Bei der geförderten Direktvermarktung erhält der Anlagenbetreiber zusätzlich zum Verkaufserlös eine Marktprämie.

Effort-Sharing

Verbindliche Emissionsziele in den einzelnen EU-Mitgliedsstaaten für Sektoren, die nicht unter den Europäischen Emissionshandel fallen, insbesondere Verkehr, Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen und Landwirtschaft.

Einspeisevergütung

Staatlich festgelegte Vergütung von Strom aus erneuerbaren Quellen, die durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz gesetzlich verankert wurde.

Emissionszertifikat

Verbrieftes Recht, in einem bestimmten Zeitraum eine bestimmte Menge eines Schadstoffes zu emittieren. Das Kyoto-Protokoll definiert den Handel mit Emissionszertifikaten als Instrument, um den Ausstoß von Treibhausgasen zu begrenzen. Der EU-Emissionshandel setzt den Handel mit Emissionszertifikaten um.

Endenergie

Teil der Primärenergie, die den Verbraucher nach Abzug von Übertragungs- und Umwandlungsverlusten erreicht, zum Beispiel Fernwärme, Strom, Benzin, Heizöl, Erdgas, Biogas und Wasserstoff.

Energieeffizienz

Verhältnis von Nutzen zu benötigtem Energieaufwand.

Energieproduktivität

Verhältnis der volkswirtschaftlichen Gesamtleistung zur aufgewendeten Energie (Kehrwert der Energieintensität).

Erneuerbare Energien

Energiequellen, die nach den Zeitmaßstäben des Menschen unendlich lange zur Verfügung stehen. Die drei originären Quellen sind: Solarstrahlung, Erdwärme (Geothermie) und Gezeitenkraft. Diese lassen sich entweder direkt nutzen oder indirekt in Form von Biomasse, Wind, Wasserkraft, Umgebungswärme sowie Wellenenergie.

Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Das „Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien“ aus dem Jahr 2000 enthält die Vorrang-Abnahmepflicht erneuerbarer Energien durch die Netzbetreiber. Zudem regelt es die (degressiven) Vergütungssätze der einzelnen Erzeugungsarten sowie das Verfahren zur Umlegung der dadurch entstehenden Mehrkosten auf alle Stromabnehmer. Novellierungen des Gesetzes traten 2004, 2009, 2012 und 2017 in Kraft. Seit 2017 werden Vergütungshöhen für EEG-Strom nicht mehr staatlich festgelegt, sondern durch Ausschreibungen am Markt ermittelt.

Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Das „Gesetz zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmebereich“ (Kurzfassung: Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz) stammt aus dem Jahr 2009. Es verpflichtet die Eigentümer neuer Gebäude, einen Teil des Wärme- und Kältebedarfs aus erneuerbaren Energien zu decken. 2011 trat die erste Novellierung des Gesetzes in Kraft.

Europäischer Emissionshandel (EU-ETS)

Seit 2005 ist der Emissionshandel das zentrale EU-weite Instrument zur Reduktion der CO₂-Emissionen und damit das Hauptinstrument zur Umsetzung der Klimaziele der EU. Er erfasst Emittenten der Bereiche Energie und Industrie, die untereinander Emissionszertifikate handeln können.

Externe Umweltkosten

Kosten (insbesondere von Umweltschäden), die bei der Produktion von Wirtschaftsgütern entstehen, aber nicht vom Produzenten getragen werden.

F-Gase

Fluorierte Treibhausgase, die als Kältemittel in Kälte- und Klimaanlage, als Treibgas in Sprays, als Treibmittel in Schäumen und Dämmstoffen und als Feuerlöschmittel eingesetzt werden.

Fossile Brennstoffe

Energierohstoffe, die in Millionen Jahren aus Biomasse entstanden sind und aus unterschiedlich langen Kohlenstoffverbindungen bestehen: Öle, Kohlen, Gase.

Grüne Technologien – „GreenTech“

Umweltschonende, nachhaltige, ressourcen- und energiesparende Technologien.

Klimarahmenkonvention (UNFCCC)

Erster internationaler Vertrag, der den Klimawandel als ernstes Problem bezeichnet und die Staatengemeinschaft zum Handeln verpflichtet. Die Klimarahmenkonvention wurde auf dem Weltgipfel für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro angenommen und seither von 194 Staaten ratifiziert. Sie trat 1994 in Kraft.

Kohlenstoffdioxid (CO₂)

Farb- und geruchloses Gas, das natürlicher Bestandteil der Atmosphäre ist. Als Abfallprodukt der Energiegewinnung entsteht Kohlenstoffdioxid vor allem bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe. Kohlenstoffdioxid ist das wichtigste unter den klimarelevanten atmosphärischen Spurengasen.

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme in einer Stromerzeugungsanlage.

Marktstabilitätsreserve (MSR)

Ein von der EU-Kommission entworfenes Instrument, um den EU-ETS zu reformieren. Die Stabilitätsreserve soll dem anhaltenden Preisverfall bei den Emissionszertifikaten entgegenwirken, indem die Anzahl der im Markt gehandelten Zertifikate reduziert wird.

Methan (CH₄)

Ungiftiges, farb- und geruchloses Gas. Nach Kohlenstoffdioxid (CO₂) ist es das bedeutendste durch Menschen freigesetzte Treibhausgas.

Nationale Klimaschutzinitiative (NKI)

Förderprogramm des Bundesumweltministeriums für Klimaschutzaktivitäten.

Plug-In-Hybrid

Fahrzeuge, die zwei verschiedene Antriebe (meistens Verbrennungs- und Elektromotor) nutzen und an der Steckdose nachgeladen werden können.

Primärenergie

Rechnerisch nutzbarer Energiegehalt eines natürlich vorkommenden Energieträgers, bevor er in eine andere Energieform umgewandelt wird.

Primärenergieverbrauch

Summe der genutzten Energieträger, einschließlich der Bestandsveränderungen sowie des Saldos aus Bezügen und Lieferungen.

Quellprinzip

Zuordnung von Emissionen zum Entstehungsort.

Senke

Reduktion von Emissionen durch die Aufnahme und Speicherung von CO₂ in Pflanzen und Böden.

Treibhausgase

Atmosphärische Spurengase, die zum Treibhaus-effekt beitragen und sowohl natürlichen als auch anthropogenen Ursprungs sein können, zum Beispiel Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O), Schwefelhexafluorid (SF₆), wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW) sowie perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW).

Treibhausgasneutralität

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

Weißbuch Strommarkt/Strommarkt 2.0

Veröffentlichung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie zu Veränderungen im Strommarktdesign.

Weltklimarat (IPCC)

Ein zwischenstaatliches Expertengremium für Klimafragen, das seit 1988 unter der Schirmherrschaft der Vereinten Nationen agiert.

7. Abkürzungsverzeichnis

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
AGEE	Arbeitsgruppe erneuerbare Energien
APA	Aktionsplan Anpassung
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CAT	Climate Action Tracker
CCS	Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (englisch: Carbon Capture and Storage)
CCU	Kohlenstoffabscheidung und -verwendung (englisch: Carbon Capture and Utilisation)
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CORSIA	Globales marktbasierendes Klimaschutzinstrument für den internationalen Luftverkehr (englisch: Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation)
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
DEG	Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft
DEHSt	Deutsche Emissionshandelsstelle
DüV	Düngeverordnung
EDGAR	Emission Database for Global Atmospheric Research
EEA	Europäische Umweltagentur (englisch: European Environment Agency)
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmeengesetz
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
EnEG	Energieeinsparungsgesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
ESG	Energieeffizienzstrategie Gebäude
EU-ETS	Europäischer Emissionshandel (englisch: EU Emissions Trading System)
EU28	28 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union
F-Gas	Fluorierte Treibhausgase
FKW	Perfluorierte Kohlenwasserstoffe
g	Gramm
GAK	Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik der EU
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft
GHD	Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen
GJ	Gigajoule
Gt	Gigatonne(n)
H-FKW	Wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe
ICAO	Internationale Zivilluftfahrt-Organisation (englisch: International Civil Aviation Organization)
IMO	Internationale Seeschiffahrts-Organisation (englisch: International Maritime Organization)
IPCC	Weltklimarat (englisch: Intergovernmental Panel on Climate Change)
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LEEN	Lernende Energieeffizienz-Netzwerke

Lkw	Lastkraftwagen
LULUCF	Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (englisch: Land Use, Land-Use Change and Forestry)
Mio.	Millionen
MJ	Megajoule
NAPE	Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz
N ₂ O	Distickstoffoxid (Lachgas)
NDCs	Nationale Klimaschutzbeiträge (englisch: Nationally Determined Contributions)
NKI	Nationale Klimaschutzinitiative
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (englisch: Organisation for Economic Co-operation and Development)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PJ	Petajoule
Pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
ppm	parts per million (Teile von einer Million)
SF ₆	Schwefelhexafluorid
t	Tonne(n)
THG	Treibhausgas
Tsd.	Tausend
TWh	Terawattstunde
UBA	Umweltbundesamt
UNDP	Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen (englisch: United Nations Development Programme)
UNEP	Umweltprogramm der Vereinten Nationen (englisch: United Nations Environment Programme)
UNFCCC	Klimarahmenkonvention (englisch: United Nations Framework Convention on Climate Change)
WMO	Weltorganisation für Meteorologie (englisch: World Meteorological Organization)

8. Endnoten

1. Fischer, E.M., Knutti, R. (2015); WMO (2017); IPCC (2013)
2. UNEP/GRID Europe (2004); UBA (2014); GDV (2016); BBK (2013)
3. UBA (2015a); WARNSIGNAL KLIMA (2014); UBA (2015b)
4. UNEP/GRID Europe (2004)
5. GDV (2012)
6. Für weitere Informationen: Bundesregierung (2015)
7. Matthews, D. et al. (2014)
8. OECD (2015)
9. UBA (2017c)
10. AGEE-Stat (2017)
11. Statistisches Bundesamt (2016b); BMWi (2017a)
12. AGEb (2016)
13. Ein sehr kleiner Anteil wird durch Verbrennungseinrichtungen des Gastransportes verursacht.
14. Fraunhofer ISE (2015)
15. BMWi (2015a)
16. UBA (2016c)
17. DEHSt (2016)
18. Bundesregierung (2016)
19. Bundesrat (2016)
20. AGEb (2016)
21. Kraftfahrtbundesamt (2017)

22. BMUB (2015)
23. Bundesregierung (2016)
24. ZIV (2016)
25. Bundesregierung (2016)
26. AGEB (2016)
27. Fraunhofer ISI (2015)
28. BMUB (2014)
29. AGEB (2016)
30. BMWi (2015b)
31. BMWi (2016c)
32. BMUB (2012)
33. BMEL (2016)
34. UBA (2016d)
35. BFN (2015)
36. BMWi (2017a)
37. Statistisches Bundesamt (2017)
38. UBA (2016e)

9. Literaturverzeichnis

- AGEB (2016): Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland 1990 bis 2015. www.ag-energiebilanzen.de
- AGEB (2017): Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern. Berlin.
- AGEE-Stat (2017): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. www.erneuerbare-energien.de
- BBK (2013): So schützen Sie sich vor Gefahren bei Starkregen. Pressemitteilung des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe vom 12.08.2013. www.bbk.bund.de
- BFN (2015): Artenschutz-Report 2015. Bonn.
- BMEL (2016): EU-Agrarpolitik. www.bmel.de
- BMUB (2012): Abfallpolitik. www.bmub.bund.de
- BMUB (2014): Industrie & Gewerbe/Handel/Dienstleistungen. www.klimaschutzplan2050.de
- BMUB (2015): Klimabilanz Elektromobilität. www.bmub.bund.de
- BMUB (2016): Klimaschutzplan 2050: Kabinett beschließt Wegweiser in ein klimaneutrales Deutschland. Pressemitteilung Nr. 280/16. www.bmub.bund.de
- BMW (2015a): 3. Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz. www.bmwi.de
- BMW (2015b): Energieeffizienzstrategie Gebäude. Berlin.
- BMW (2016a): Fünfter Monitoring-Bericht zur Energiewende. Berlin.
- BMW (2016b): Zahlen und Fakten Energiedaten: Gesamtausgabe. Berlin.
- BMW (2016c): Beratung und Förderung. www.bmwi.de
- BMW (2017a): Zahlen und Fakten Energiedaten. Nationale und Internationale Entwicklung. Berlin.
- Bundesrat (2016): Entwurf eines Gesetzes zur Änderung der Bestimmungen zur Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung und zur Eigenversorgung. www.bundesrat.de
- Bundesregierung (2015): Fortschrittsbericht zur Klimaanpassung. Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). www.bmub.bund.de/N52706/
- Bundesregierung (2016): Klimaschutzplan 2050. www.bmub.bund.de
- CAT (2015): Global Emissions Pathways. www.climateactiontracker.org
- DEHSt (2016): Treibhausgasemissionen 2015. Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland (VET-Bericht 2015). Berlin.
- DEHSt (2017): Emissionshandel: Nur geringer Rückgang der Emissionen in Deutschland. Pressemitteilung Nr. 13/2017 vom 11.04.2017. www.dehst.de
- Edenhofer O. et al. (2014): Technical Summary. In: Climate Change 2014: Mitigation of Change. Contribution of

- Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- EDGAR (2014): GHG (CO₂, CH₄, N₂O, F-gases) emission time series 1990–2012 per region/country. www.edgar.jrc.ec.europa.eu
- EDGAR (2016): CO₂ time series 1990–2015 per capita for world countries. www.edgar.jrc.ec.europa.eu
- EEA (2016a): Greenhouse gas data viewer. www.eea.europa.eu
- EEA (2016b): EU Emissions Trading System (ETS) data viewer. www.eea.europa.eu
- EEA (2017): Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. No. 1/2017.
- Fischer, E. M., Knutti, R. (2015): Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy-precipitation and high-temperature extremes. In: Nature Climate Change. Vol. 5, S. 560-564.
- Fraunhofer ISE (2015): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. www.pv-fakten.de
- Fraunhofer ISI (2015): Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). www.isi.fraunhofer.de
- GDV (2012): Auswirkungen des Klimawandels auf die Schadenssituation in der deutschen Versicherungswirtschaft. Kurzfassung Hochwasser. www.gdv.de
- GDV (2016): „Elvira“, „Friederike“ & Co. verursachen Schäden von 1,2 Milliarden Euro. www.gdv.de
- IPCC (2013): Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. www.ipcc.ch
- Kraftfahrtbundesamt (2017): Personenkraftwagen am 1. Januar 2017 nach ausgewählten Merkmalen. www.kba.de
- Matthews, D. et al. (2014): National contributions to observed global warming. In: Environmental Research Letters. Vol. 9. www.iopscience.iop.org
- OECD (2015): Carbon Dioxide Emissions Embodied in International Trade. www.oecd.org
- Statistische Ämter der Länder (2016): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder. www.ugrdl.de
- Statistisches Bundesamt (2016a): Investitionen für den Umweltschutz im produzierenden Gewerbe. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2016b): Bevölkerung. www.destatis.de
- Statistisches Bundesamt (2017): Personenbeförderung. Flug-Passagiere aus Deutschland nach Kontinenten.
- UBA (2014): Fit für den Klimawandel. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2015a): Klimaentwicklung in Deutschland. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2015b): Einfluss des Klimawandels auf die Biotropie des Wetters und die Gesundheit bzw. die Leistungsfähigkeit der Bevölkerung in Deutschland. Dessau-Roßlau.
- UBA (2015c): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Dessau-Roßlau.
- UBA (2016a): Emissionen im Personenverkehr. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2016b): CO₂-Rechner. www.uba.co2-rechner.de
- UBA (2016c): Emissionsquellen. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2016d): Ökologischer Landbau. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2016e): Schwerpunkte 2016. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2017a): Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen. Dessau.
- UBA (2017b): Energieproduktivität. www.umweltbundesamt.de
- UBA (2017c): Klimabilanz 2016: Verkehr und kühle Witterung lassen Emissionen steigen. Pressemitteilung Nr. 09/2017. www.umweltbundesamt.de
- UNEP (2015): The Emissions Gap Report 2015. United Nations Environment Programme (UNEP). Nairobi.
- UNEP/GRID Europe (2004): Impacts of Summer 2003 Heat Wave in Europe. In: Environment Alert Bulletin.
- UNFCCC (2015): National greenhouse gas inventory data for the period 1990–2013. www.unfccc.int
- WARNSIGNAL KLIMA (2014): Die Auswirkungen von thermischen Belastungen auf die Mortalität. www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de
- Weltbank (2016): Population, total. www.data.worldbank.org
- WMO (2017): WMO confirms 2016 as hottest year on record, about 1.1 °C above pre-industrial era. www.public.wmo.int
- WRI (2015): CAIT Climate Data Explorer. Washington, DC: World Resources Institute. www.cait.wri.org
- ZIV (2016): Gemeinsame Presseinformation: Europäische Norm macht Pedelec- und E-Bike-Batterien sicherer. Pressemitteilung des Zweirad Industrie Verband vom 09.11.2016. www.ziv-zweirad.de

