



MIND THE AMBITION GAP

Internationale Finanztransfers als Instrument zur Einhaltung nationaler CO₂-Budgets

TABLE OF CONTENTS	INHALTSVERZEICHNIS	
Foreword	14	Vorwort 3
Background and content	15	Hintergrund und Inhalt der Studie 4
WWF Recommendations	11	WWF-Empfehlungen 11
Summary	25	Zusammenfassung 24
		1. Einführung 27
		2. Globale und nationale Emissionsentwicklungen 29
		3. CO ₂ -Emissionsbudgets und ihre Ableitungen 34
		4. Treibhausgas-Emissionen im Szenario „Klimaneutrales Deutschland“ 38
		5. Kostenansätze und Bandbreiten möglicher Finanztransfers 41
		6. Synthese und Schlussfolgerungen 46
		7. Referenzen 49
		ABBILDUNGSVERZEICHNIS
		Abbildung 2.1: Globale Treibhausgas-Emissionen, 1850–2018 29
		Abbildung 2.2: Globale CO ₂ -Emissionen, 1850–2019 31
		Abbildung 2.3: Deutsche Treibhausgas-Emissionen, 1990–2020 32
		Abbildung 4.1: Historische Entwicklung und Projektion „Klimaneutrales Deutschland 2045“ für die deutschen Treibhausgas-Emissionen, 1990–2050 38
		TABELLENVERZEICHNIS
		Tabelle 3.1: Für verschiedene Grenzen der Temperaturerhöhungen verbleibende CO ₂ -Emissionsbudgets 34
		Tabelle 5.1: Bandbreite der Vermeidungskosten für zusätzlich erschlossene regenerative Stromerzeugung in potenziellen Empfängerregionen von Finanztransfers 42
		Tabelle 5.2: Niveaus der zusätzlichen Finanztransfers unter Maßgabe unterschiedlicher CO ₂ -Emissionsbudgets und der Emissionsentwicklung im Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“ 45

Studie von:

Dr. Felix Chr. Matthes

Vanessa Cook (Übersetzung)

Koordination/Kontakt: Kristin Reißig/WWF (kristin.reissig@wwf.de)

Mitarbeit: Kristin Reißig, Viviane Raddatz, Lea Vranicar, Juliette de Grandpre, Felix Schmidt, Nele Steinbrecher (WWF)

Lektorat: Ulrike Bauer

Gestaltung: Thomas Schlembach/WWF

© 2021 WWF Deutschland, Berlin





*Viviane Raddatz
Fachbereichsleiterin
Klimaschutz und Energiepolitik*

Vorwort

Versäumnisse können – nein, in diesem Fall müssen – benannt werden. Deutschland und die Klimakrise, Deutschland und der Klimaschutz – das sind die Geschichte und die Gegenwart von hohen Emissionen, vom Verursachen, vom Ausbremsen umweltfreundlicher Zukunftstechnologien wie den erneuerbaren Energien. Daraus entsteht eine besondere Verantwortung. Eine, die Chancen für den weltweiten Klimaschutz ermöglicht.

Denn die Versäumnisse lassen sich wettmachen. Deutschland ist dafür gut gerüstet. Der Umgang Deutschlands mit Klimakrise und Klimaschutz, das ist auch die Geschichte von Innovationen, wie dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das den Preis für Energie aus Wind und Sonne weltweit gedrückt hat und vielfach kopiert wurde. Das ist die Gegenwart einer Wirtschaftsnation, die ihre Stellung in Europa und der Welt für mehr Klimaschutz nutzen kann und sollte.

Dazu zählt natürlich, technisches Know-how zu teilen. Aber dazu zählt noch viel mehr, die finanziellen Mittel bereitzustellen, damit auch Länder des Globalen Südens ihre Wirtschaft klimafreundlich umbauen und sich gegen die nicht- vermeidbaren Folgen der Erderhitzung wappnen können. Diese Finanzierung ist keine Wohltat, sie ist ein schlichtes Muss – völkerrechtliches Muss aus dem Pariser Klimaabkommen, historisches Muss aus dem jahrzehntelangen Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase. Denn über eines müssen wir uns im Klaren sein: Unser Wohlstand wurde mit dem Anheizen des Weltklimas erkaufte.

Doch Deutschland kann auch den Wohlstand anderenorts ermöglichen. Zukunftsfähigen Wohlstand. Es hat sich dem Ziel verschrieben, die Erderhitzung auf möglichst 1,5 °C zu begrenzen. Mit einem nahezu ausgeschöpften nationalen Treibhausgasbudget erreicht es dieses Ziel nur mit massiver Reduktion vor der Haustür und weltweit. Die Mittel sind vorhanden – jetzt ist die Zeit, sie zu nutzen. Wie das gehen kann, zeigt die vorliegende Studie.

Eine gute Lektüre wünscht Ihnen

*Viviane Raddatz
Fachbereichsleiterin Klimaschutz und Energiepolitik*

WWF-Forderungen

Auf Basis der Studie: CO₂-Emissionsbudgets und die Rolle möglicher Finanztransfers

Hintergrund

Das Klimaschutzabkommen von Paris von 2015 gilt nicht umsonst als klimapolitischer Durchbruch. Erstmals wurde ein umfassend gültiges Klimaabkommen vereinbart, das das Ziel, die Erderhitzung auf deutlich unter 2 °C, möglichst 1,5 °C, zu begrenzen, verbindlich festlegt.

Doch trotz dieses internationalen Rahmens ist es bisher nicht gelungen, die globalen Treibhausgas-Emissionen zu senken. Selbst mit den bisher (Stand 12.10. 2021) in den nationalen Klimabeiträgen (Nationally Determined Contributions, NDCs) festgelegten Klimazielen ist laut UN-Klimasekretariat mit einer weiteren Emissionssteigerung von ca. 16 Prozent bis 2030 gegenüber 2010 zu rechnen¹. Es ist offensichtlich, dass die derzeitigen Zusagen nicht ausreichen, um die Ziele des Pariser Abkommens einhalten zu können.

Darüber hinaus gibt es die regelmäßigen Warnungen des Weltklimarats IPCC. Schon heute sind die verheerenden Auswirkungen der Klimakrise an vielen Orten deutlich spürbar, und eine weitere Verschlechterung der Lage scheint nur noch mit schnellstem und entschiedenstem Handeln vermeidbar.

¹ 2. UNFCCC-Synthesebericht, veröffentlicht 25.10.2021 <https://unfccc.int/news/updated-ndc-synthesis-report-worrying-trends-confirmed>

Die Rolle Deutschlands

Deutschland und die EU haben sich den Zielen des Pariser Abkommens und zu mehr globaler Ambition verpflichtet und bringen dies auch entsprechend in den internationalen Verhandlungen ein. Doch trotz des oft zitierten klimapolitischen Führungsanspruchs der EU reicht weder der Beitrag der EU noch der Deutschlands zum internationalen Klimaschutz aus, um einen fairen Anteil an der gemeinsamen Aufgabe zu leisten.

Im Frühjahr 2021 stärkte das Bundesverfassungsgericht die im Grundgesetz verankerten Freiheitsrechte künftiger Generationen vor dem Hintergrund eines unzureichend ausgestalteten Klimaschutzgesetzes, das die notwendigen Emissionsminderungen zu wesentlichen Teilen auf den Zeitraum nach 2030 verschoben hätte. Ganz konkret bezog es sich dabei auf den Ansatz von verbleibenden Emissionsbudgets. Das überarbeitete, aktuelle Klimaschutzgesetz sieht für 2030 ein Emissionsminderungsziel von 65 Prozent verglichen mit dem Niveau von 1990 vor. Auch die Sektorenziele wurden verschärft.

Doch die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen zeigt, dass Deutschland diese Ziele verfehlt. So werden im Jahr 2021 voraussichtlich alle Sektoren ihre Emissionsminderungsziele nicht erreichen. Im Verkehrssektor stagnieren die Treibhausgas-Emissionen seit 1990, und auch im Gebäudesektor reichen die Einsparungen nicht aus. Im Energiesektor ist die Ausbaugeschwindigkeit der erneuerbaren Energien stark zurückgegangen – obwohl Deutschland mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vor mehr als 20 Jahren selbst den Grundstein für die globale Energiewende legte. Parallel dazu wurde der Ausstieg aus der Kohleverstromung zu zögerlich angegangen. Auch der Abbau klimaschädlicher Subventionen sowie ein ambitionierterer Pfad für die CO₂-Bepreisung mit einer Kompensationsstrategie für mehr Sozialverträglichkeit stehen aus.

Als Industrieland hat Deutschland eine besondere Verantwortung. Deutschlands Beitrag zum internationalen Klimaschutz muss daher ambitionierter ausfallen.

Für das Jahr 2030 wäre eine Emissionsreduktion in Höhe von mindestens 70 Prozent verglichen mit dem Niveau von 1990 nötig. Dazu muss die Elektrifizierung aller Sektoren vorangetrieben werden. Die Grundlage hierfür ist ein massiver Zubau von erneuerbaren Energien. Sie sollten 2030 mindestens 80 Prozent des Bruttostromverbrauchs decken. Dies erfordert eine Verdreifachung des Zubautempos auf 15 bis 20 Gigawatt jährlich. Damit der Ausbau der Windenergie an Land gelingt, müssen zwei Prozent der Landesfläche verbindlich und naturverträglich hierfür ausgewiesen werden. Die regionale Planungsebene sowie die zuständigen Behörden müssen durch zusätzliche finanzielle und personelle Kapazitäten gestärkt werden. Für die Offshore-Windenergie braucht es eine Strategie, um Belastungen durch andere Nutzungsformen wie Schifffahrt, Rohstoffabbau oder Fischerei zu reduzieren sowie einen Austausch mit Nordsee-Anrainerstaaten z. B. zu gemeinsamer Planung.

Auch weltweit steigen die Emissionszahlen weiterhin und sollen laut IPCC trotz der vorliegenden selbstgesteckten Ziele immer noch weiter steigen. Umso wichtiger ist es, dass alle Länder befähigt werden, Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen zu ergreifen. Eine außerordentlich große Bedeutung hat daher der Beitrag der Industrieländer zur internationalen Klimafinanzierung. Besonders wichtig ist dabei, dass die am schlimmsten betroffenen ärmeren Länder nicht mit den Auswirkungen der Klimakrise alleingelassen werden. Dies zeigt sich auch regelmäßig bei den internationalen Klimaverhandlungen. Klimafinanzierung sollte mindestens zur Hälfte in Anpassungsmaßnahmen fließen, aber natürlich müssen auch die eigenen Bemühungen der Länder, ihre Emissionen zu mindern, ausreichend unterstützt werden.

Die vorliegende, vom WWF in Auftrag gegebene Studie zeigt, dass in Deutschland weiterhin eine Ambitionsücke besteht, um einen angemessenen Beitrag zur Erreichung des Paris-Ziels zu leisten. Diese Lücke muss, zusätzlich zu den bisherigen Verpflichtungen zur Klimafinanzierung und über den bereits notwendigen weiteren Anstieg dieser Finanzierung hinaus, ausgeglichen werden. Nur wenn es gelingt, dass andere Länder ihre Emissionsbudgets nicht vollständig ausschöpfen, kann global noch ein 1,5 °C-Pfad eingehalten werden. Um andere Länder dazu z. B. mit Technologieentwicklung zu befähigen, schlägt der WWF internationale Finanztransfers vor, deren Notwendigkeit und Umfang in der vorliegenden Studie begründet und berechnet werden.

Ansatz und Ziel der Studie

Das Pariser Klimaabkommen gibt keinen zentralen Verteilungs- oder Top-down-Ansatz vor, wie die internationalen Klimaschutzbemühungen auf einzelne Länder aufzuteilen sind. Eine Möglichkeit, wie dennoch eine faire Aufteilung abgeleitet werden kann, ist der sogenannte Emissionsbudgetansatz.

Dabei geht man von einem verbleibenden globalen Rest an Treibhausgas-Emissionen aus, den die Erdatmosphäre noch aufnehmen kann, bevor die 1,5 °C- bzw. 2 °C-Grenze überschritten wird. Wird dieser Rest entlang einer Reihe von Kriterien auf Länder aufgeteilt, kann man zumindest ungefähr ablesen, welches „Emissionsbudget“ die jeweiligen Länder innerhalb dieser Aufteilung noch zur Verfügung haben. Daraus kann abgeleitet werden, wie groß die Treibhausgas-einsparungen durch nationale Klimaziele und -maßnahmen sein müssen, will man einen fairen Beitrag zum internationalen Klimaschutz leisten.

Es geht also nicht mehr allein darum, ob ein Staat relativ betrachtet einen „guten“ Klimabeitrag leistet (also mehr macht als z. B. ökonomisch vergleichbare andere Länder). Sondern dieser Beitrag muss sich auch daran messen lassen, ob er mit Blick auf die Herausforderungen im Kampf gegen die Klimakrise und damit bezogen auf das globale Emissionsbudget als fair bzw. ausreichend einzu-stufen ist.

Klar ist, dass Industrieländer wie Deutschland als Hauptmitverursacher, mit hohem Pro-Kopf-Emissionsausstoß und aufgrund größerer Kapazitäten, eine besondere Verantwortung im Kampf gegen die Erderhitzung tragen. In der vorliegenden Studie ist dabei allerdings die historische Verantwortung des Industrielandes Deutschland nicht in die Berechnung eines fairen Beitrags einbezogen worden. Als Berechnungszeitpunkt und Referenz wurde das Pariser Abkommen von 2015 gewählt, der Beschluss des ersten, umfassend gültigen, internationalen Klimaschutzabkommens.²

Diese Studie soll vor allem eine Illustration eines möglichen fairen Beitrags Deutschlands (ohne historische Verantwortung) und des sich schließenden Zeitfensters für einen 1,5 °C-Pfad sein. Der hier verwendete Budgetansatz kann naturgemäß nur eine Annäherung an die tatsächlich verbleibenden Möglichkeiten sein, eine rechnerische Ableitung wird nie auf die Tonne CO₂ genau sein können. Dennoch zeigt sich ein eindrucksvolles Bild, was den Handlungsdruck angeht, wenn wir die Verpflichtungen aus Paris ernst nehmen.

Die Parameter für die Berechnung der fairen Aufteilung bei einem Top-down-Ansatz entscheiden wie schon dargestellt über das Ergebnis dieser Aufteilung. Der WWF hat daher zunächst einen begründeten Rahmen abgesteckt, um eine Diskussionsgrundlage zu schaffen.

² Eine Einbeziehung historischer Verantwortung in die Berechnung würde höchstwahrscheinlich zeigen, dass ein fairer Anteil Deutschlands am globalen Emissionsbudget schon längst aufgebraucht wurde.

Die vorliegende Studie stützt sich dabei auf folgende Grundannahmen:

- Untersucht wurden drei Pfade der internationalen Klimaschutzbemühungen: eine Begrenzung der Erderhitzung auf 1,5 °C, auf 1,7 °C und auf 2 °C. So soll eine Bandbreite aufgezeigt werden. Dabei sind nur 1,5 °C und 1,7 °C mit den Zielen von Paris vereinbar. Es gilt weiterhin: Jedes Zehntelgrad zählt.
- Das globale CO₂-Emissionsbudget wurde pro Kopf verteilt, mit dem Emissionsstand zum Zeitpunkt der Verabschiedung des Pariser Klimaabkommens, also 2015.
- Die Berechnung des verbleibenden Emissionsbudgets bezieht sich auf den Zeitraum nach der Verabschiedung des Pariser Klimaabkommens, also Anfang 2016. Die Datengrundlage beruht auf dem jüngsten Sechsten IPCC-Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe 1 (veröffentlicht August 2021).
- Alle relevanten CO₂-Emissionsquellen, also auch der internationale Flug- und Schiffsverkehr sowie solche aus Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft, wurden einbezogen.

Um das Bild zu vervollständigen und der aktuellen politischen Diskussion in Deutschland Rechnung zu tragen, wurden die berechneten Restbudgets mit der Bottom-up-Modellanalyse „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (Prognos, Öko-Institut; Wuppertal Institut 2021) abgeglichen. So soll ein Emissionsminderungspfad über die noch verfügbaren Budgets veranschlagt werden, der sich an bestehenden Kapitalstockstrukturen und technischen, wirtschaftlichen und politischen Anpassungsprozessen orientiert. Aus dieser Analyse wurden die kumulierten CO₂-Emissionen für den Zeitraum 2021 bis 2050 betrachtet. Auch die Effekte einer anzunehmenden Emissionssteigerung im Zuge der wirtschaftlichen Erholung von den Folgen der Covid-19-Pandemie für 2021 wurden einberechnet.

Zusammenfassung der Studien-Erkenntnisse

Die Studie berechnet wie beschrieben nach bestimmten Parametern per Top-down-Ansatz das verbleibende Emissionsbudget im Einklang mit einem fairen Beitrag Deutschlands zu den Verpflichtungen des Pariser Klimaabkommens. Dabei wird deutlich, dass das verbleibende Emissionsbudget für einen 1,5 °C-Pfad mit 2,6 Gigatonnen CO₂ national ab 2021 zu einem sehr großen Anteil (fast 60 Prozent) bereits aufgebraucht ist. Bei strikt linearer Emissionsminderung wäre es etwa 2028 ausgeschöpft; unter Maßgabe der bottom-up modellierten Emissionsentwicklung im Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“ bereits im Jahr 2024.

Selbst für einen 1,7 °C-Pfad (der aber noch mit dem Pariser Ziel einer Begrenzung der Erderhitzung auf „deutlich unter 2 °C“ vereinbar wäre), müssten bei linearer Emissionsminderung Netto-Null-Treibhausgas-Emissionen bis ca. 2038 erreicht werden.

Nach Abgleich mit einer Bottom-up-Modellierung im Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“, die einen ambitionierten, aber politisch und wirtschaftlich realistischeren Minderungspfad abbildet, wäre das CO₂-Emissionsbudget für einen 1,7 °C-Pfad 2031 vollständig erschöpft.

Die Studie zeigt folgerichtig auch, dass, gemessen an den Emissionsbudgets, das aktuell im Gesetz verankerte Ziel, in Deutschland Treibhausgasneutralität bis 2045 und die dazugehörigen Sektorzwischenziele zu erreichen, nicht mit einem 1,5 °C-Pfad und auch nicht mit einem 1,7 °C-Pfad erreichbar und damit für die Ziele von Paris nicht ausreichend ist.

Wenn man davon ausgeht, dass ein Umsteuern auf einen 1,5 °C-Pfad für Deutschland mit politisch, wirtschaftlich und gesellschaftlich kaum durchzusetzenden, harten Strukturbrüchen verbunden ist, stellt sich die Frage, wie dennoch ein fairer Beitrag Deutschlands zum Pariser Klimaabkommen erreicht werden kann. Die Ambitions- und Umsetzungslücken müssten durch ein Nicht-ausschöpfen der verbleibenden Emissionsbudgets anderer Staaten ausgeglichen werden. Dies sollte aus WWF-Sicht durch internationale Finanz- und Technologietransfers geschehen, die Emissionsminderungen in Drittländern mindestens in dem Umfang ermöglichen, wie sie zum deutschen fairen Beitrag fehlen und die Dekarbonisierung und Technologieentwicklung in diesen Ländern gleichzeitig beschleunigen.

Die Studie weist dabei den Weg, Transfervolumina berechnet auf Grundlage durchschnittlicher Vermeidungskosten abzuleiten, die sich an relevanten Transformations-Technologiekosten orientieren. Da sich im Pariser Abkommen alle Länder ein Klimaschutzziel gesetzt haben, sollten die jeweils kostengünstigsten Vermeidungsoptionen für die Länder selbst reserviert sein. So kann sichergestellt werden, dass diese kostengünstigsten Vermeidungsoptionen („low-hanging fruit“) in den entsprechenden Ländern nicht „aufgekauft“ werden.

Deshalb sollten mit den Finanztransfers zusätzliche Effekte erzielt werden, beispielsweise durch Infrastruktur- und Technologieinvestitionen, die massiv neue Minderungspotenziale erschließen. In der Studie wird abgeleitet von erwartbaren Technologiekosten eine Bandbreite von 50 bis 150 Euro pro Tonne CO₂ veranschlagt.

Dabei wird deutlich, dass die abgeleiteten notwendigen Transfervolumina in einem Rahmen liegen, der für ein Industrieland wie Deutschland im Grundsatz finanzierbar ist.

Emissionspfad*	Restbudget CO ₂ -Emissionen		Finanzielle Transfers		
	global	national	Vermeidungs- kosten	Volumina	
	ab 2020	ab 2021		gesamt	jährlich**
	Gt CO ₂		EUR/t CO ₂	Mrd. EUR	Mrd. EUR/a
1,5 °C (Netto-Null-Emissionen in 7,3 Jahren***)	400	2,6	50 100 150	245 490 736	8 16 25
1,7 °C (Netto-Null-Emissionen in 16,5 Jahren***)	700	6,0	50 100 150	78 157 235	3 5 8
2,0 °C (Netto-Null-Emissionen in 30,3 Jahren***)	1.150	11,0	aus Sicht des CO ₂ -Emissionsbudgets keine Notwendigkeit finanzieller Transfers		

Anmerkungen: * für jeweils 67 % Wahrscheinlichkeit. ** über 30 Jahre.

*** bei streng linearer Emissionsminderung und ausgehend vom (Vor-Corona-)Emissionsniveau des Jahres 2019.

Niveaus der zusätzlichen Finanztransfers unter Maßgabe unterschiedlicher CO₂-Emissionsbudgets und der Emissionsentwicklung im Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“

Quellen: Berechnungen des Öko-Instituts

WWF-Empfehlungen

Empfehlung 1: Zuerst zu Hause handeln

Deutschland muss alles tun, um seinen eigenen Verpflichtungen aus dem Pariser Abkommen gerecht zu werden. Dazu gehört, alle Maßnahmen, die zur Verfügung stehen, um die Klimaziele zu erreichen, voll auszuschöpfen sowie die Mechanismen des Klimaschutzgesetzes vollständig zu nutzen und das Gesetz zu stärken. Die gesteckten Ziele müssen im eigenen Land erreicht werden. Es darf nicht um einen Handel mit Emissionen gehen, damit nationale Ziele rechnerisch erreicht werden. Die hier vorgeschlagenen Transfers können nur über die eigenen Ziele hinausgehend einen Ausgleich zur bestehenden Ambitionsücke schaffen.

Wir fordern eine Anpassung des nationalen Ziels für 2030 von aktuell 65 Prozent auf 70 Prozent Emissionsminderung gegenüber 1990 (auch wenn sie nicht einem fairen Beitrag entsprechen würde) und eine massive Umsetzungsoffensive in allen Ressorts und auf allen föderalen Ebenen. Dazu gehört in erster Linie der zügige Ausbau der erneuerbaren Energien, die im Jahr 2030 mindestens 80 Prozent des Bruttostromverbrauchs decken müssen.

Auch auf EU-Ebene besteht bei der Zielsetzung noch eine Ambitionsücke mit dem bestehenden Minderungsziel von 55 Prozent bis 2030. Umso mehr braucht es eine Bundesregierung, die eine tragende Rolle bei der Gestaltung des „Fit for 55“-Pakets in Brüssel einnimmt, auch damit die europäischen Instrumente zu Emissionsminderungen in Deutschland führen können. Diese Rolle ist entscheidend für die Reform des EU-Emissionshandels, um den Kohleausstieg bis 2030 zu vollenden, und für die Verschärfung der CO₂-Grenzwerte für Pkws, um schon ab 2030 nur noch emissionsfreie Neuwagen zuzulassen.

Empfehlung 2: Ehrlichkeit über unzureichenden Beitrag national wie international

In Deutschland wie auch in zahlreichen anderen Industrieländern wurde der Klimaschutz viele Jahre verschleppt: Zwischen 2009 und 2017 sind die Emissionen in Deutschland kaum gesunken, und die meisten Minderungen seit 1990 sind auf den Zusammenbruch der Wirtschaft in der DDR zurückzuführen. Ein Großteil des CO₂-Emissionsbudgets wurde bereits aufgebraucht und der nötige Strukturwandel nicht rechtzeitig eingeleitet.

Die jetzigen Ziele Deutschlands reichen nicht aus, um einen fairen Anteil an der Einhaltung des globalen 1,5 °C-Limits zu leisten. Die Übernahme der Verantwortung dafür muss integraler Bestandteil deutscher Klimapolitik werden. Deutschland kann hier seiner angestrebten Vorreiterrolle gerecht werden, indem eine transparente und lösungsorientierte Diskussion über die weiterhin bestehende globale Ambitions- und Umsetzungslücke und entsprechende Handlungsoptionen angeregt wird.

Empfehlung 3: Zusätzliche Transferzahlungen für internationale Transformation

Um das 1,5 °C-Limit einhalten zu können, müssen die Industrieländer und große Schwellenländer schnellstmöglich klimaneutral werden. In den Ländern des Globalen Südens können die klimaschädlichen Pfadabhängigkeiten des Nordens teilweise noch vermieden werden. Statt fossiler Energieträger sollten erneuerbare Energien die Grundlage für eine klimafreundliche Entwicklung werden. Dafür sind eine ausreichende und verlässliche Klimafinanzierung und ein umfassender Technologietransfer notwendig. Unser Ansatz ist deshalb: Transferzahlungen im Sinne internationaler Klimafinanzierung mit Fokus auf Minderung zu erschließen, um die bestehende Ambitions-lücke in Deutschland zu schließen und die internationale Transformation zu beschleunigen.

Davon unbenommen besteht weiterhin ein großer Bedarf an Anpassungsfinanzierung sowie an Finanzmitteln zum Umgang mit Verlusten und Schäden („Loss and Damage“) in anderen Ländern. Daher fordern wir, die Transferzahlungen zusätzlich zur bisherigen internationalen Klimafinanzierung und deren bereits notwendigen weiteren Anstieg einzusetzen. Eine entsprechende administrative Infrastruktur zur Verwaltung der neuen Finanzströme muss geschaffen bzw. ausgebaut werden, die den zielgenauen Einsatz der Mittel und eine Anbindung an geeignete Ressorts und deren Zuständigkeiten und Prioritäten ermöglicht. Eine Möglichkeit wäre z. B. ein Ausbau der NDC-Partnership-Plattform³ zur Koordinierung der Zahlungen.

³ Internationale Plattform zur Unterstützung der Umsetzung von NDCs, vgl. www.ndcpartnership.org

Empfehlung 4: Transfers bedarfsorientiert und fokussiert auf teure Reduktionspotenziale einsetzen

Die Transferzahlungen sollten an den größten Stellschrauben für Emissionsminderungen ausgerichtet werden, um die Zielerreichung zu ermöglichen. So könnten die Transferzahlungen beispielsweise in die Erschließung konditionierter Klimaziele in den NDCs fließen.

Da im Pariser Abkommen alle Länder ein Minderungsziel haben, auch Länder des Globalen Südens, sollten die kostengünstigsten Vermeidungsoptionen („low-hanging fruit“) diesen vorbehalten sein. Es muss dringend vermieden werden, diesen Ländern günstige Vermeidungsoptionen „wegzukaufen“, um die eigenen NDC-Ziele zu erfüllen. Das kann nur gelingen, wenn gezielt Projekte mit Vermeidungskosten von mehr als 100 Euro pro Tonne CO₂ gefördert werden.

Empfehlung 5: Bestehende Kooperationsansätze einbeziehen

Bestehende bilaterale Kooperationsansätze im Bereich Minderung sollten dafür verwendet werden, die neuen Mittel zu nutzen. Dazu können z. B. Klimapartnerschaften, Technologietransfers oder bilaterale Absichtserklärungen („Memorandums of Understanding“, MoUs) zählen. Ziel ist es, die Länder mit größtem Unterstützungsbedarf einerseits und den größten unerschlossenen Minderungspotenzialen andererseits prioritär zu unterstützen. Dabei sollten auch Maßnahmen zum Kapazitätsaufbau für den Mittelabfluss einbezogen werden.



*Viviane Raddatz
Director Climate & Energy*

Foreword

Failures can – no, in this case must – be named. Germany's relationship with the climate crisis and with climate protection is the history and the present of causing high emissions and of putting the brakes on environmentally friendly future technologies such as renewable energy technologies. From this arises a special responsibility for Germany. One that opens up opportunities for global climate protection.

Because failures can be addressed and Germany is well equipped to do so. For Germany's relationship with the climate crisis and with climate protection is also the history of innovations. For example, the Renewable Energy Sources Act which has reduced the price of wind and solar energy worldwide and has been copied many times. This is the point in time when an industrialised nation like Germany can and should use its position in Europe and the world for more climate protection.

Of course, this includes sharing technical know-how. But it involves even more: providing the financial means so that countries in the global South can rebuild their economies in a climate-friendly way and arm themselves against the unavoidable consequences of global heating. Such funding is not a favour, it is simply a must: an international legal imperative under the Paris Climate Agreement. It is a historical imperative resulting from decades of emissions of climate-damaging greenhouse gases. For we must be clear about one thing: our prosperity was bought by fueling the world's climate crisis.

But Germany can also make prosperity possible elsewhere – sustainable prosperity. It has committed itself to the goal of limiting global heating to 1.5 degrees if possible. With an almost exhausted greenhouse gas budget at home, it can only achieve this goal with massive reductions on its own doorstep and worldwide. The means are available – now is the time to use them. This study shows how this can be done. I wish you a good read.

A handwritten signature in black ink, reading 'Viviane Raddatz'. The signature is fluid and cursive.

*Viviane Raddatz
Director Climate & Energy*

WWF Demands

Based on the study: CO₂ emission budgets and the role of possible financial transfers

Background

The Paris 2015 climate protection agreement was not considered a climate policy breakthrough for nothing. For the first time, a comprehensively valid climate agreement was reached that sets a binding target of limiting global warming to well below 2 degrees Celsius compared to pre-industrial levels and pursuing efforts to limit the temperature increase even further to 1.5 degrees Celsius.

But despite this international framework, we have not yet managed to reduce global greenhouse gas emissions. Even with the climate targets set so far (as of 12.10.2021) in the Nationally Determined Contributions (NDCs), emissions are expected to increase by a further 16 percent by 2030 compared to 2010, according to the UN Climate Change Secretariat¹. It is clear that current pledges are insufficient to meet the Paris Agreement targets.

This is even more worrying against the backdrop of regular warnings by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). The devastating effects of the climate crisis are already clearly noticeable in many places throughout the world and a further deterioration of the situation seems to be avoidable only with the fastest and most decisive action.

Germany's role

Germany and the EU have committed to the goals of the Paris Agreement and to more global ambition and are advocating this accordingly in the international climate negotiations. However, despite the EU's often-cited claim to climate leadership, neither the EU's nor Germany's contribution to international climate protection is sufficient to be considered a fair share of the collective task.

In spring 2021, the Federal Constitutional Court of Germany strengthened the civil rights of future generations that are enshrined in the German constitution, against the backdrop of an inadequately designed climate protection law that would have postponed the necessary emission reductions to a significant extent until after 2030. Specifically, the court referred to remaining emissions budgets as a measurement of progress. The revised, current Climate Protection Act sets an emissions reduction target of 65 percent for 2030 compared to 1990 levels. The sectoral targets have also been tightened.

¹ 2. UNFCCC synthesis report, published 25.10.2021 <https://unfccc.int/news/updated-ndc-synthesis-report-worrying-trends-confirmed>

However, the development of greenhouse gas emissions shows that Germany will miss these new targets. In 2021, all sectors are expected to miss their emissions reduction targets. In the transport sector, greenhouse gas emissions have stagnated since 1990, and emissions savings in the building sector are also insufficient. In the energy sector, the speed of expansion of renewable energies has declined sharply – even though Germany itself laid the foundation for the global energy transition more than 20 years ago with the Renewable Energy Sources Act (EEG). In parallel, the phase-out of coal-fired power generation is being approached too hesitantly. The dismantling of climate-damaging subsidies and a more ambitious path for CO₂ pricing with a compensation strategy for more social compatibility are also still pending.

As an industrialised country, Germany has a special responsibility. Germany's contribution to international climate protection must therefore become a lot more ambitious.

For the year 2030, an emissions reduction of at least 70 percent compared to the 1990 level would be necessary. To achieve this, the electrification of all sectors must be driven forward, for which, a massive expansion of renewable energies is required. They should cover at least 80 percent of gross electricity consumption in 2030. This requires a tripling of the expansion rate of renewables to 15–20 gigawatts per year. For the expansion of onshore wind energy to succeed, two percent of the country's land area must be designated for this purpose in a binding and environmentally compatible manner. The regional planning bodies and responsible authorities must be strengthened by additional financial and staff capacities. For offshore wind energy, a strategy is needed to reduce the impact of other forms of use like shipping or extraction activities and an exchange with countries bordering the North Sea for potential joint planning.

Globally, emissions figures continue to rise as well and, according to the IPCC, are still set to rise despite the self-imposed country targets. This means that all countries must be empowered to take climate protection and adaptation measures. Therefore, the contribution of the industrialised countries to international climate finance is extremely important. It is particularly relevant that the poorer and worst affected countries are not left alone with the impacts of the climate crisis. This is also a regular issue at international climate negotiations. At least half of climate finance should go to adaptation measures, but of course countries' own efforts to reduce their emissions must also be adequately supported.

The study initiated by WWF shows that there is still an ambition gap in Germany to make an adequate contribution to achieving the Paris target, which must be made up in addition to the existing climate finance commitments and beyond the necessary further increase in these. Only if other countries succeed in not fully exhausting their emissions budgets can a 1.5 degrees Celsius pathway still be met globally. In order to enable other countries to do this, for example with technological development, WWF proposes international financial transfers, the necessity and scope of which are explored and calculated in this study.

Approach and aim of the study

The Paris Climate Agreement does not lay down a central distribution or top-down approach on how to allocate international climate change mitigation efforts to individual countries. One way in which a fair distribution can nevertheless be derived is the so-called emissions budget approach.

This approach assumes that there is a global budget of residual greenhouse gas emissions that the Earth's atmosphere can still absorb before the 1.5-degree, or 2-degree, limit is exceeded. If this is divided among countries according to a series of criteria, at least a rough approximation of the remaining “emissions budgets” of respective countries is possible. From this it can be deduced how large the greenhouse gas savings through national climate targets and measures must be if a fair contribution to international climate protection is to be made.

It is therefore no longer just a question of whether a country makes a sufficient contribution to climate protection in relative terms (i.e. whether the climate ambition is comparable to or bigger than that of other countries that are economically comparable). Instead, this contribution must also be measured in terms of whether it can be classified as fair or sufficient regarding the challenges in the fight against the climate crisis and thus the global emissions budget.

It is clear that industrialised countries such as Germany, as a major contributor and with high per capita emissions and greater capacities, bear a special responsibility in the fight against global heating. In the present study, however, the historical responsibility of Germany has not been included in the calculation of a fair contribution. The Paris Agreement of 2015 was chosen as the calculation date and reference, i.e. when the first comprehensively applicable international climate protection agreement was adopted².

This study is primarily intended as an illustration of a possible fair contribution by Germany (without historical responsibility) and of the closing window of opportunity for a 1.5 degree path. The budget approach used here can naturally only be an approximation of the actual remaining possibilities; a mathematical derivation will never be accurate to the tonne of CO₂. Nevertheless, the study reveals an impressive picture of the necessity to act if we take the Paris commitments seriously.

The chosen parameters for the calculation of a fair share in a top-down approach massively determine the outcome. WWF has therefore aimed to select reasonable parameters that provide a basis for discussion.

² Including historical responsibility in the calculation would most likely show that Germany's fair share of in the global emissions budget has already been used up long ago.

This study is based on the following basic assumptions:

- It examines three paths of international climate protection efforts: a limitation of global heating to 1.5 degrees, 1.7 degrees and 2 degrees Celsius. This is intended to show a spectrum. Only 1.5 degrees and 1.7 degrees are compatible with the Paris goals. It is still important to stress: every tenth of a degree counts.
- The global CO₂ emissions budget was distributed per capita, with the emissions level at the time of the adoption of the Paris Climate Agreement, thus 2015.
- The calculation of the remaining emissions budget refers to the period after the adoption of the Paris Agreement, thus early 2016. The data basis is the latest IPCC 6th Assessment Report of Working Group 1 (published August 2021).
- All relevant CO₂ emission sources, including international aviation and shipping as well as land use, land use change and forestry (LULUCF) were included.

To complete the picture and to take the current political discussion in Germany into account, the calculated residual budgets were compared with the bottom-up model analysis "Klimaneutrales Deutschland 2045" (Prognos, Öko-Institut; Wuppertal-Institut 2021). This way, an emission reduction path is to be estimated via the remaining available budgets which is oriented towards existing capital stock structures and technical, economic and political adaptation processes. From this analysis, the cumulative CO₂ emissions for the period 2021 to 2050 were considered. The effects of an assumed increase in emissions following the economic recovery from the consequences of the Covid-19 pandemic for 2021 were also included.

Summary of the study

The study calculates the remaining emissions budget in accordance with a fair contribution by Germany to the commitments of the Paris Climate Agreement using certain parameters and a top-down approach. It becomes clear that the remaining emissions budget for a 1.5 degree path with 2.6 Gt CO₂ nationally from 2021 has already been used up to a very large extent (almost 60 percent). With strictly linear emission reductions, it would be exhausted by about 2028. According to the bottom-up emissions development modelled in the “Klimaneutrales Deutschland 2045” scenario, it would already be exhausted in 2024.

Even for a 1.7 degree path (which would still be compatible with the Paris target of limiting global warming to “well below 2 degrees Celsius”), net zero greenhouse gas emissions would have to be achieved by about 2038 with linear emission reductions.

Looking at the bottom-up modelling in the scenario “Klimaneutrales Deutschland 2045”, which depicts an ambitious but politically and economically more realistic reduction path, the CO₂ emissions budget for a 1.7 degree Celsius path would be completely exhausted by 2031.

Consequently, the study also shows that, measured against the emissions budgets, the goal currently embodied in law for Germany to achieve greenhouse gas neutrality by 2045 and the associated interim sectoral targets is not compatible with a 1.5 degree Celsius path or with a 1.7 degree Celsius path and thus insufficient for the Paris goals.

If one assumes that a shift to a 1.5 degree path for Germany is associated with hard structural disruptions that are difficult to implement politically, economically and socially, the question arises as to how a fair contribution by Germany to the Paris Climate Agreement can nevertheless be achieved. The gaps in ambition and implementation would have to be compensated for by not exhausting the remaining emissions budgets of other countries. In WWF’s view, this should be done through international financial and technology transfers that enable emission reductions in third countries at least to the extent that they are missing from Germany’s fair contribution and at the same time accelerate decarbonisation and technology development in these countries.

The study points the way to derive transfer volumes calculated based on average abatement costs, which are oriented towards relevant transformation technology costs. Since all countries have set themselves a climate protection target in the Paris Agreement, the most cost-effective mitigation options should be reserved for the countries themselves. This ensures that these lowest-cost mitigation options (“low-hanging fruit”) are not “bought out” from the respective countries. Therefore, additional effects should be achieved with the financial transfers, for example through infrastructure and technology investments that open up massive new mitigation potentials. The study estimates a range of 50 to 150 EUR per ton of CO₂ based on expected technology costs.

It becomes clear that the derived necessary transfer volumes are within a range that can be financed by an industrialised country like Germany.

Emission pathway*	Remaining CO ₂ budget		Financial transfers		
	global	national	Abatement costs	Volume	
	from 2020	from 2021		total	annual**
	Gt CO ₂		EUR/t CO ₂	billion EUR	billion EUR/a
1,5 °C (Net zero emissions in 7.3 years***)	400	2.6	50 100 150	245 490 736	8 16 25
1,7 °C (Net zero emissions in 16.5 years***)	700	6.0	50 100 150	78 157 235	3 5 8
2,0 °C (Net zero emissions in 30.3 years***)	1,150	11.0	from the perspective of a CO ₂ emission budgets no need for financial transfers		

Notes: * for a 67 % probability. ** over a period of 30 years.

*** based on a strictly linear emission reduction pathway starting at the (pre-Corona-)emission level in 2019.

Levels of additional financial transfers under different CO₂ emission budgets and the emission development in the „Klimaneutrales Deutschland 2045“ scenario

Sources: calculations by the Öko-Institut

WWF Recommendations

Recommendation 1: Act at home first

Germany must do everything it can to meet its own commitments under the Paris Agreement domestically. This includes making full use of all measures available to achieve the climate targets and making full use of the mechanisms of the Climate Change Act, as well as strengthening it. The targets set must be achieved domestically. The emissions transfers proposed here cannot simply amount to trading emissions in order to achieve national targets, they can only compensate for the existing ambition gap by going beyond domestic targets.

We call for an adjustment of the national target for 2030 to a 70 % reduction compared to 1990 (even if this would not correspond to a fair contribution) and a massive implementation programme in all ministerial departments and at all federal levels. This includes first and foremost the rapid expansion of renewable energies which must cover at least 80 % of gross electricity consumption in 2030. There is also still an ambition gap at EU level where the existing reduction target is -55 % by 2030. This makes it all the more necessary for a federal government to play a leading role in shaping the fit for 55 % package in Brussels, so that the European instruments can then also lead to emission reductions in Germany. This role is crucial for the reform of the EU Emissions Trading Scheme, in order to complete the coal phase-out by 2030, and for the tightening of CO₂ limits for cars to allow only new zero-emission cars as early as 2030.

Recommendation 2: Honesty about insufficient contribution nationally and internationally

In Germany, as in many other industrialised countries, climate protection has been delayed for many years. For example, emissions in Germany hardly fell between 2009 and 2017, and most of the reductions since 1990 can be traced back to the collapse of the economy in the GDR. This means that a large part of the CO₂ emissions budget had already been used up and necessary structural change was not initiated in time. Germany's current targets are not sufficient enough to contribute a fair share to meeting the global 1.5 degree limit. Taking responsibility for this must become an integral part of German climate policy. Germany can live up to its aspired leadership role here by stimulating a transparent and solution-oriented discussion on the persisting global ambition and implementation gap and corresponding options for action.

Recommendation 3: Additional transfer payments for international transformation

In order to be able to comply with the 1.5 degree limit, industrialised countries and large emerging economies must become climate neutral as quickly as possible. In the countries of the global South, the climate-damaging path dependencies of the North can still be partly avoided. Renewable energies should take the place of fossil fuels to become the basis for climate-friendly development. This requires sufficient and reliable climate finance and a comprehensive technology transfer. Our approach is therefore: to fund transfer payments in the sense of international climate finance with a focus on mitigation in order to close the existing ambition gap in Germany and to accelerate the international transformation.

However, there is still a great need for adaptation funding and funding to deal with loss and damage in other countries. We therefore call for transfer payments to be used in addition to the existing international climate finance and the necessary increase thereof.

A corresponding administrative infrastructure must be created and/or expanded on to manage the new financial flows, which will allow the targeted use of the funds and link them to the appropriate ministries and their responsibilities and priorities. One possibility, for example, would be to expand the NDC Partnership Platform³ to coordinate payments.

Recommendation 4: Design needs-oriented transfers focused on expensive reduction potentials

Transfer payments should be aligned with the largest levers for emission reductions to enable the achievement of targets. For example, transfer payments could be channelled into addressing conditional climate targets in the NDCs.

Since all countries have a mitigation target in the Paris Agreement, including countries of the global South, the lowest-cost mitigation options (“low-hanging fruit”) should be reserved for them. It is urgently necessary to avoid “buying out” cheap mitigation options that countries need, in order to meet one’s own NDC targets. Therefore, projects with abatement costs of more than 100 EUR/tonne CO₂ should be addressed by the proposed transfers.

³ International platform to support the implementation of NDCs, see www.ndcpartnership.org

Recommendation 5: Integrate existing cooperation approaches

Existing bilateral cooperation approaches in the field of mitigation should be used to draw on the new funds. These could include climate partnerships, technology transfers or bilateral Memorandi of Understanding (MoU). The aim is to prioritise the countries with the greatest need for support on the one hand and the largest untapped mitigation potentials on the other. This should also include capacity-building measures to support the absorption of funds.

Zusammenfassung

In den Debatten zur Ausrichtung der deutschen Klimapolitik an den Zielen des Klimaschutzabkommens von Paris spielt die Berechnung und Einordnung nationaler Kohlendioxid-(CO₂-)Emissionsbudgets eine wichtige Rolle. Diese nationalen Emissionsbudgets werden oft über einen Top-down-Ansatz und auf Basis einer weltweiten Pro-Kopf-Verteilung eines globalen CO₂-Emissionsbudgets sowie eines Betrachtungszeitraums ab Verabschiedung des Pariser Abkommens hergeleitet. Eine Analyse dieses Ansatzes und aktueller Emissionstrends ergibt, dass das CO₂-Emissionsbudget für Deutschland unter der Maßgabe einer Begrenzung der globalen Mitteltemperatur auf höchstens 1,5 °C gegenüber den vorindustriellen Niveaus mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 Prozent bereits Ende 2024 vollständig ausgeschöpft wäre. Bei einer Begrenzung des Anstiegs der globalen Mitteltemperatur auf 1,7 °C bzw. 2 °C (ebenfalls mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 Prozent) verbleiben ab Anfang 2021 CO₂-Emissionsbudgets von 6,0 Milliarden bzw. 11,0 Milliarden Tonnen CO₂. Die ambitionierte Bottom-up-Modellierung eines Klimaneutralitätspfad bis zum Jahr 2045 (mit dem Zwischenziel einer Emissionsminderung von 65 Prozent für 2030) ergibt für den Zeitraum 2021 bis 2050 kumulierte CO₂-Emissionen von 7,5 Milliarden Tonnen CO₂. Die CO₂-Emissionsbudgets für die 1,5 °C- und 1,7 °C-Erhitzungsgrenze würde damit bis 2050 um etwa das Zweifache bzw. etwa ein Viertel überzogen, das für die 2 °C-Grenze würde zu etwa zwei Dritteln ausgeschöpft.

Die entsprechenden Überschreitungen der CO₂-Emissionsbudgets könnten durch finanzielle Transfers ausgeglichen werden, mit denen es Staaten ohne CO₂-intensive Infrastrukturen ermöglicht wird, ihre Emissionsbudgets nicht auszuschöpfen. Wenn die kostengünstigen Emissionsminderungsoptionen diesen Staaten für die Erfüllung der eigenen Verpflichtungen verfügbar bleiben sollen, dann können unter Berücksichtigung diverser Backstop-Optionen (regenerative Stromerzeugung, grüner Wasserstoff etc.) für die finanziellen Transfers Vermeidungskosten in der Bandbreite von 50 bis 150 Euro pro Tonne CO₂ veranschlagt werden. Mit Blick auf das CO₂-Emissionsbudget für die Einhaltung der 1,5 °C-Temperaturgrenze ergeben sich für Deutschland Transfervolumina von 245 bis 736 Milliarden Euro bzw. durchschnittliche Jahresaufwendungen von 8 bis 24,5 Milliarden Euro über die kommenden 30 Jahre. Im Kontext eines CO₂-Emissionsbudgets für die Einhaltung der 1,7 °C-Temperaturgrenze würde sich das Gesamtvolumen der Finanztransfers auf 78 bis 235 Milliarden Euro bzw. etwa 3 bis 8 Milliarden Euro im Jahresdurchschnitt belaufen.

Mit Blick auf die Größe der entsprechend notwendigen zusätzlichen Emissionsvermeidungspotenziale in Ländern, die mit entsprechenden Finanztransfers befähigt würden, ihre Emissionsbudgets zu sehr deutlichen Teilen nicht auszuschöpfen, besteht weiterer Untersuchungsbedarf. Die Emissionstrends und -strukturen der vergangenen Jahre lassen jedoch erwarten, dass diese Potenziale nur in deutlich begrenztem Umfang verfügbar sein dürften. Insbesondere gilt dies, wenn berücksichtigt wird, dass sich Überziehungen von nach den gleichen Annahmen bzw. Erwägungen abgeleiteten CO₂-Emissionsbudgets für eine Reihe von Staaten mit derzeit hohen CO₂-Emissionsniveaus als noch deutlich gravierender herausstellen dürften als für Deutschland.

Die Umsetzung der Potenziale zur Emissionsminderung im Land sollte daher ganz klar den prioritären Handlungsansatz bilden. Finanztransfers (und ggf. negative Emissionen) sollten aus einer strategischen Perspektive konsequent als Zusatzoptionen zum Ausgleich nicht mehr erreichbarer einheimischer Emissionsminderungen und damit keinesfalls als Ersatz oder als Optimierungspotenzial für diese eingeordnet werden.

Summary

The specification of national carbon budgets plays an important role in the debates about aligning the German climate policy with the goals of the Paris Agreement. These national emissions budgets are often derived using a top-down approach and based on a global per capita distribution of a global CO₂ emissions budget and on historical emissions since adoption of the Paris Agreement. An analysis of this approach and current emission trends shows that Germany's carbon budget would in fact be completely exhausted by the end of 2024, if the aim was to limit the global average temperature increase to a maximum of 1.5°C compared to pre-industrial levels (and with a probability of 67%). In the context of limiting the global average temperature to 1.7 °C or 2°C (also with a probability of 67%), carbon budgets of 6.0 billion or 11.0 billion t CO₂ would remain as of the beginning of 2021.

The ambitious bottom-up modelling of a pathway to climate neutrality by 2050 (with the interim target of reducing greenhouse gas emissions by 65 % by 2030) results in cumulative CO₂ emissions of 7.5 billion t CO₂ for the period 2021 to 2050. By 2050, therefore, CO₂ emissions would exceed the budget for the 1.5 °C warming threshold almost twice over and for the 1.7 °C threshold by more than one fourth; approx. two thirds of the budget for the 2 °C threshold would be exhausted.

Corresponding overruns of the carbon budgets could be balanced by making financial transfers that enable countries without carbon-intensive infrastructures to not fully exhaust their own emission budgets. If the low-cost emission reduction options are to remain available to these countries for them to fulfil their commitments, it is estimated that abatement costs for the financial transfers, taking into account various backstop options (renewable power generation, green hydrogen, etc.), would range between 50 and 150 €/t CO₂. With regard to a carbon budget consistent with the 1.5 °C warming threshold, transfer volumes of €245 billion to €736 billion or average annual costs of €8 billion to €24.5 billion would be necessary over the next 30 years. For a carbon budget consistent with the 1.7 °C threshold, the total volume of financial transfers would amount to between €78 billion and €235 billion or to between approx. €3 billion and €8 billion annually.

There is a need for further research on the additional emission reduction potentials that would be needed by countries that have received financial transfers in return for not using significant portions of their emission budgets. Based on the emission trends and structures of the past years, however, it can be expected that these potentials may only be available to a very limited extent. This holds particularly true when taking into account that a number of countries which currently have high CO₂ emission levels seem likely to exceed their carbon budgets (defined according to the same assumptions and considerations) to an even greater extent than Germany.

Therefore, the implementation of domestic emission reduction measures should be clearly viewed as the priority approach. From a strategy perspective, financial transfers (and, if applicable, negative emissions) should be consistently defined as supplementary options to reflect domestic emission reductions that can no longer be achieved, and never as a substitute for domestic emission reductions or their optimization.

1. Einführung

Deutschland muss
Wege finden,
um seine eigenen
und die globalen
Emissionen
zu reduzieren.

Mit dem European Green Deal (EC 2019) stehen die deutsche und die europäische Klima- und Energiepolitik vor sehr weitgehenden Weichenstellungen. Diese betreffen nicht nur das Ziel der Klimaneutralität für Deutschland und die Europäische Union bis spätestens zur Mitte des Jahrhunderts, sondern auch die Entwicklungen im Verlauf der 2020er-Jahre bis 2030. Diese werden ganz wesentlich darüber entscheiden, ob und wie das Ziel der Klimaneutralität generell, aber auch mit Blick auf die potenziellen Anpassungsprozesse in den verschiedenen Bereichen erreicht werden kann. Entscheidend ist dabei die Einordnung möglicher Emissionsminderungspfade hinsichtlich der Verpflichtungen, die im 2015 geschlossenen Klimaschutzabkommen von Paris (UNFCCC 2015) eingegangen wurden, sich jedoch auf unterschiedliche Ebenen beziehen. Die Vertragsstaaten gehen in ihren nationalen Klimabeiträgen (Nationally Determined Contributions – NDCs) Verpflichtungen u. a. zur Emissionsminderung ein, die im Fünfjahresrhythmus Gegenstand regelmäßiger Überprüfungsprozesse sind. Dabei soll die Passgenauigkeit der NDCs zu den übergeordneten Zielen des Abkommens von Paris überprüft werden. Außerdem ist eine Überarbeitung der NDCs mit dem Ziel jeweils höherer Ambitionsniveaus vorgesehen. Diese übergeordneten Ziele beziehen sich vor allem darauf, den Anstieg der globalen Mitteltemperatur im Vergleich zu den präindustriellen Werten auf ein Niveau von deutlich unter 2 °C zu begrenzen. Gleichzeitig sollen Anstrengungen unternommen werden, damit der Temperaturanstieg 1,5 °C nicht überschreitet. Letztlich sind so die übergeordneten Ziele für die Begrenzung der Erderhitzung auf einen Korridor ausgerichtet. Die mit diesen unterschiedlichen Ansätzen entstehende Flexibilität des Pariser Abkommens bildet einerseits sicher einen der Erfolgsfaktoren für das Zustandekommen dieses internationalen Vertrages. Andererseits führt die Interpretierbarkeit der unterschiedlichen Verpflichtungselemente aber auch dazu, dass sich mit der Operationalisierung problemangemessener und verpflichtungsgerechter Handlungsstrategien weitergehend auseinandergesetzt werden muss.

In den entsprechenden Diskussionen stehen sich oft zwei unterschiedliche Perspektiven gegenüber. Aus einer normativ angelegten Top-down-Sicht werden aus klimawissenschaftlichen Erkenntnissen sowie verteilungspolitischen Erwägungen Kohlendioxid- (CO₂-)Emissionsbudgets abgeleitet, die mit Blick auf die genannten übergeordneten Ziele einzuhalten seien. Aus einer umsetzungsorientierten Bottom-up-Sicht wird dagegen versucht, die nötigen und möglichen Anpassungsprozesse von Kapitalstöcken sowie Produktions- und Konsummustern mit Blick auf technische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Trägheiten einzuordnen sowie entsprechende Ziel- bzw. Handlungsprogramme abzuleiten. Die Analysen aus beiden Perspektiven kommen gerade für Länder mit relativ hohen Ausgangsniveaus bei den Treibhausgas-Emissionen oft zu unterschiedlichen bzw. divergierenden Einschätzungen mit Blick auf einerseits die Notwendigkeiten und andererseits die Möglichkeiten der Klimaschutzpolitik.

Bei Nichteinhaltung nationaler CO₂-Emissionsbudgets können Finanztransfers an andere Staaten einen Ausgleich schaffen.

Vor dem Hintergrund dieser Einschätzungen (aus der Top-down- bzw. der Bottom-up-Perspektive) kann argumentiert werden, dass die Nichteinhaltung von nationalen CO₂-Emissionsbudgets durch finanzielle Transfers in andere Staaten ausgeglichen wird. In den Empfängerländern können diese Mittel den Einstieg in CO₂-intensive Infrastrukturen und damit die Ausschöpfung ihrer Emissionsbudgets verhindern. Eine Anrechnung auf die einheimischen Emissionsreduktionsverpflichtungen findet dabei nicht statt.

Die hier vorgelegte Untersuchung beschreibt die Eckdaten einer solchen Strategie mit Blick auf die globalen und nationalen Emissionstrends (Kapitel 2), ein CO₂-Emissionsbudget für Deutschland (Kapitel 3), ein ambitioniertes Bottom-up-Klimaschutzszenario (Kapitel 4), die Ansätze und Volumina potenzieller Finanztransfers (Kapitel 5) sowie die daraus ableitbaren Schlussfolgerungen (Kapitel 6).

2. Globale und nationale Emissionsentwicklungen

Die Abbildung 2.1 zeigt die Entwicklung der globalen Treibhausgas-Emissionen für den Zeitraum seit 1850, d. h. dem Beginn der Industrialisierung v. a. in Europa und Nordamerika.⁴

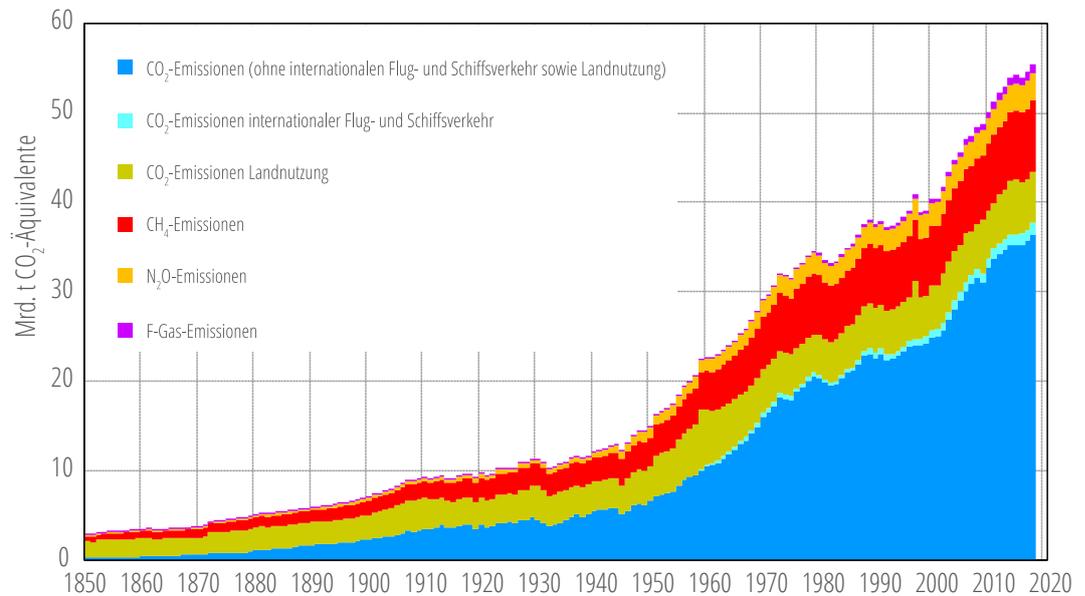


Abbildung 2.1: Globale Treibhausgas-Emissionen, 1850–2018

Quellen: Gütschow et al. (2016), Gütschow et al. (2021), Friedlingstein et al. (2020), Berechnungen des Öko-Instituts

Die globalen Treibhausgas-Emissionen steigen weiterhin an.

Mit Blick auf die Strukturen und Trends der globalen Treibhausgas-Emissionen sind die folgenden Aspekte besonders hervorzuheben:

- Aktuell repräsentieren die CO₂-Emissionen (ohne Landnutzung) einen Anteil von etwa zwei Dritteln der gesamten Treibhausgas-Emissionen, unter Berücksichtigung der CO₂-Emissionen aus der Landnutzung ergibt sich ein Anteil von knapp 80 Prozent. Davon entfallen etwa 2 Prozentpunkte auf den internationalen Luft- und Schiffsverkehr sowie etwa 10 Prozentpunkte auf Landnutzungsänderungen. Die CO₂-Emissionen aus der Nutzung fossiler Brennstoffe sowie der Zementherstellung dominieren die gesamten CO₂-Emissionen mit einem Anteil von aktuell über 80 Prozent.

⁴ Die Zeitreihe wurde auf der Basis verschiedener Datenbasen zusammengestellt. Die CO₂-Emissionen aus der Nutzung fossiler Brennstoffe und der Zementproduktion sowie die CH₄-, N₂O- und F-Gas-Emissionen wurden für den gesamten Zeitraum seit 1850 der Version 2.2 des PRIMAP-hist-Datenpools (Gütschow et al. 2021) entnommen. Die CO₂-Emissionen aus dem internationalen Flug- und Schiffsverkehr sowie die CO₂-Emissionen aus Landnutzungsänderungen seit 1959 entstammen der Datensammlung des Global-Carbon-Budget-Projekt in der Version 2020 (Friedlingstein et al. 2020). Die LULUCF-Emissionen für den Zeitraum bis 1958 wurden auf Basis der Version 1 der PRIMAP-hist-Datensammlung (Gütschow et al. 2016) ergänzt. Insbesondere mit Blick auf die CO₂-Emissionen aus Landnutzungsänderungen ist jedoch explizit auf die großen Daten- und Methodenunsicherheiten hinzuweisen – aus diesem Grund werden die LULUCF-Zeitreihen in der aktuellen Version der PRIMAP-hist-Datenbank nicht mehr berichtet. Für den Zweck der hier vorgelegten Untersuchung sind diese Unsicherheiten jedoch weniger gewichtig als die Darstellung aller Emissionsbereiche über den gesamten Betrachtungszeitraum. Die CO₂-Emissionen für das Jahr 2019 wurden auf Basis der aktuellsten Daten des BP Statistical Review of World Energy (BP 2021) fortgeschrieben.

Knapp 60 Prozent
der Menschen leben
in Ländern, deren
globaler Bevölkerungsanteil kleiner
ist als ihr Anteil an
den weltweiten
CO₂-Emissionen.

- Die CH₄-Emissionen bilden aktuell einen Anteil von knapp 15 Prozent, die N₂O-Emissionen von knapp 6 Prozent und die synthetischen Treibhausgase (F-Gase) von fast 2 Prozent an den gesamten Treibhausgasen.
- Die Anteile der energiebedingten CO₂-Emissionen sind im Zeitverlauf immer weiter angestiegen. Mit Ausnahme der F-Gase sind die Anteile der anderen Treibhausgase zumindest seit Mitte des 20. Jahrhunderts relativ stetig zurückgegangen.
- Gleichwohl sind die Emissionsniveaus für alle Treibhausgase deutlich gestiegen: die energiebedingten CO₂-Emissionen seit 1850 um etwa den Faktor 170, seit 1950 um den Faktor 5,7 und seit 1990 um über 60 Prozent. Die CO₂-Emissionen aus der Landnutzung haben seit 1850 um etwa den Faktor 3 zugenommen, seit 1950 um etwa 50 Prozent sowie seit 1990 um etwa 14 Prozent. Auch die Emissionen für alle anderen Treibhausgase sind um ein Mehrfaches angestiegen, allein seit 1990 betragen die Zuwächse für Methan mehr als 20 Prozent, ca. 30 Prozent für N₂O und für F-Gase etwa 200 Prozent.
- Im zeitlichen Profil ist die Entwicklung der Emissionstrends vor allem charakterisiert durch den massiven Emissionszuwachs von 1950 bis 1980 (nur kurz unterbrochen von den Energiepreiskrisen Anfang der 1970er-Jahre), das Abflachen der Emissionssteigerungen in den 1990er-Jahren sowie den massiven Anstieg der Emissionen nach der Jahrtausendwende, der erst in den Jahren ab 2012 etwas abflacht.

Jenseits der aggregierten Emissionstrends zeigen sich jedoch auch wichtige Veränderungen mit Blick auf die Verursacherstrukturen.

In der Abbildung 2.2 ist neben der Entwicklung der CO₂-Emissionen auch der summarische Emissionsanteil derjenigen Staaten dargestellt, in denen der jeweilige Anteil an den globalen Emissionen kleiner ist als der Anteil an der globalen Bevölkerung (rote Linie) bzw. der globalen Wertschöpfung (gemessen in Kaufkraftparitäten KKP, gelbe Linie):

- Nachdem die CO₂-Emissionen (energiebedingte Emissionen und Emissionen aus der Zementproduktion) der Staaten, für die der globale Anteil an den CO₂-Emissionen kleiner war als der entsprechende Bevölkerungsanteil, sich bis zum Jahr 2004 relativ stetig von etwa 21 Prozent auf 36 Prozent erhöhten, halbierte sich dieser Anteil 2004 auf etwa 17 Prozent. Zurückzuführen ist dies vor allem auf die Tatsache, dass der globale Bevölkerungsanteil Chinas in diesem Jahr erstmals kleiner war als der Anteil an den globalen CO₂-Emissionen. Aber auch von diesem Basisniveau stieg der Emissionsanteil von Ländern mit relativ niedrigen Pro-Kopf-Emissionen in den Folgejahren wieder leicht an und liegt aktuell im Bereich von knapp 20 Prozent. Knapp 60 Prozent der Weltbevölkerung leben derzeit in Ländern, für die der globale Bevölkerungsanteil kleiner ist als der Anteil an den weltweiten CO₂-Emissionen.

- Eine strukturell ähnliche Situation ergibt sich, wenn die Anteile an der globalen Wertschöpfung mit den globalen Emissionsanteilen verglichen werden. Bis zum Jahr 2010 lag der Anteil von Ländern mit einem kleineren Emissionsanteil in der Größenordnung von 32 bis 37 Prozent. Danach überstieg der globale Wertschöpfungsanteil der USA den Anteil des Landes an den globalen CO₂-Emissionen. Vor allem als Folge dieser Veränderung liegt der Emissionsanteil derjenigen Staaten, für die der Anteil an den globalen Emissionen unter ihrem Anteil an der globalen Wertschöpfung liegt, aktuell bei knapp 50 Prozent.

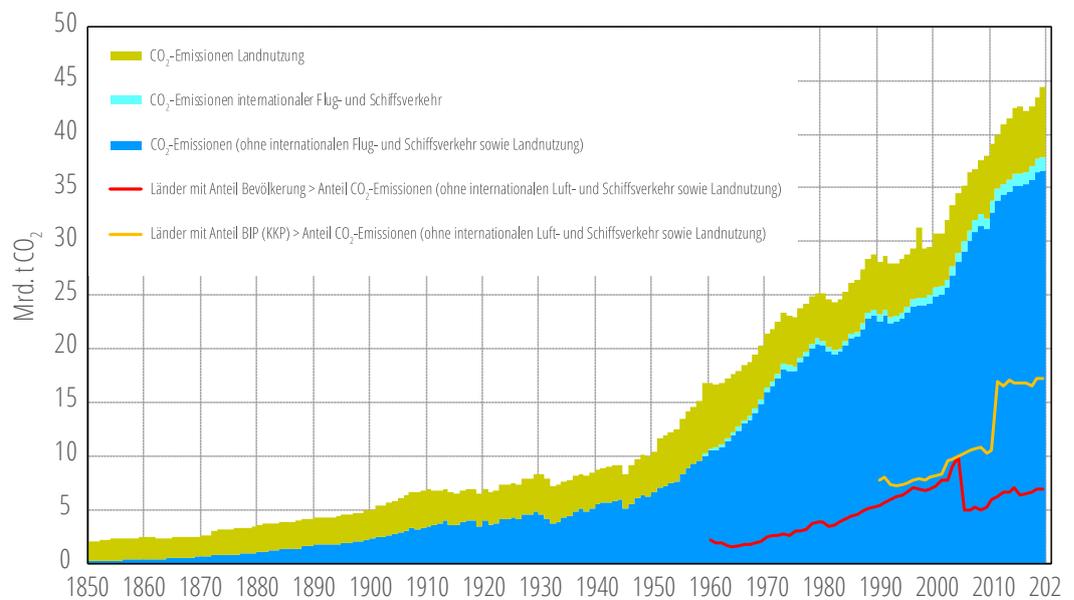


Abbildung 2.2: Globale CO₂-Emissionen, 1850–2019

Quellen: Gütschow et al. (2016), Gütschow et al. (2021), Friedlingstein et al. (2020), BP (2021), Berechnungen des Öko-Instituts

Länder mit hohen Pro-Kopf-Emissionen müssen zu Hause Emissionen reduzieren und den Einstieg anderer Länder in CO₂-intensive Infrastrukturen verhindern.

Die beiden gezeigten Indikatoren geben einen Hinweis darauf, welche zentrale Rolle die jeweiligen einheimischen Emissionsminderungen für Länder mit im internationalen Kontext hohen Pro-Kopf-Emissionen spielen müssen, wenn in den nächsten Dekaden eine Umkehr der Emissionstrends in Richtung Klimaneutralität erreicht werden soll. Sie zeigen aber auch, dass der Einstieg von Ländern mit bisher geringen Pro-Kopf-Emissionen und/oder wertschöpfungsbezogen hohen Emissionen in CO₂-intensive Infrastrukturen für eine erfolgreiche globale Klimaschutzstrategie einerseits noch vermieden werden kann bzw. dringend vermieden werden sollte. Andererseits ist aber davon auszugehen, dass die diesbezüglichen Möglichkeiten zur Emissionsminderung auch sehr deutlichen Begrenzungen unterliegen.

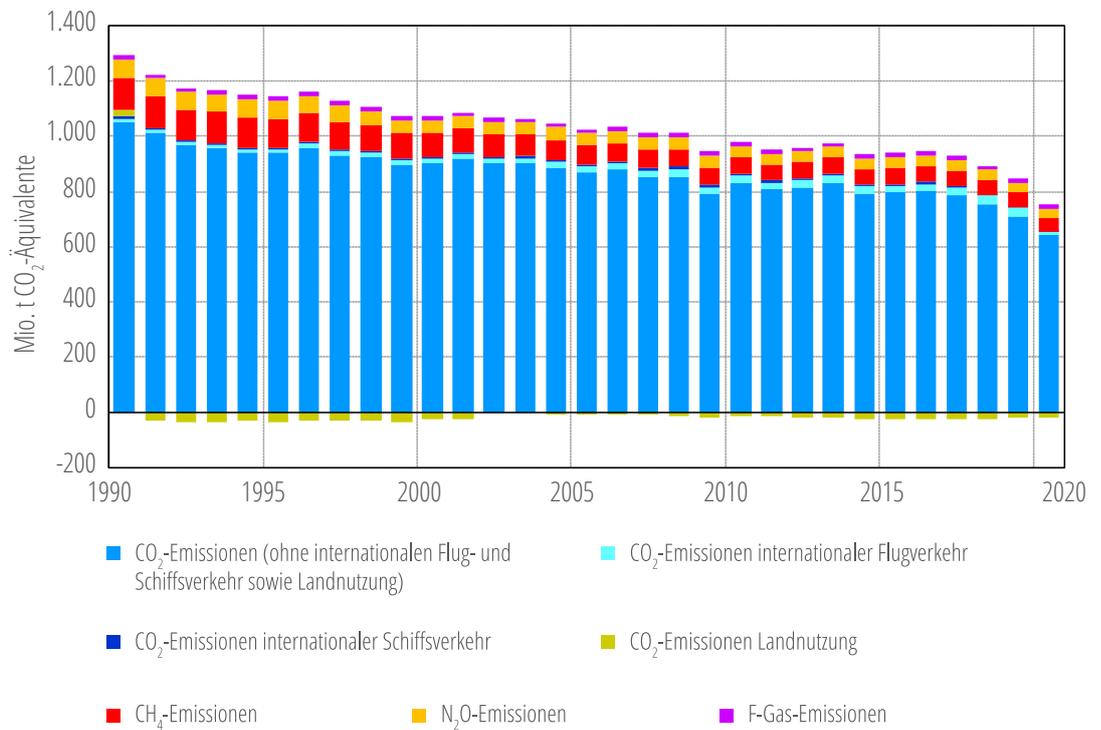


Abbildung 2.3: Deutsche Treibhausgas-Emissionen, 1990–2020

Quelle: UBA (2021a), UBA (2021b), Berechnungen und Schätzungen des Öko-Instituts

Die Abbildung 2.3 zeigt schließlich die Entwicklung der deutschen Treibhausgas-Emissionen von 1990 bis 2020 und ihre Strukturen:

Deutschland konnte seine Emissionen seit 1990 nicht ausreichend senken.

- Bezogen auf die nationale Klimaschutzarchitektur (Treibhausgas-Emissionen ohne internationalen Luft- und Schiffsverkehr sowie ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (Land Use, Land-Use Change and Forestry – LULUCF) sind die Emissionen seit 1990 um etwa knapp 41 Prozent zurückgegangen. Ein relevanter Teil der Emissionsminderung von etwa 5 Prozentpunkten von 2019 auf 2020 dürfte dabei auf die Sondereffekte der Covid-19-Pandemie zurückzuführen sein.
- Mit Blick auf die vor allem seit 2017 erreichten Emissionsminderungen (knapp 8 Prozentpunkte von 2016 bis 2019 bzw. gut 13 Prozentpunkte von 2016 bis 2020) sollte jedoch nicht ausgeblendet werden, dass die Zeiträume von 1994 bis 1997, 1999 bis 2004 sowie 2010 bis 2016 jeweils durch klare Stagnationstendenzen bei der Emissionsminderung gekennzeichnet waren. Ein Beitrag von etwa 10 Prozentpunkten der insgesamt erbrachten Emissionsminderung ist auf die Sondereffekte der deutschen Wiedervereinigung (Strukturbruch der ostdeutschen Wirtschaft sowie stark beschleunigte Modernisierung in den neuen Bundesländern) zurückzuführen.
- Eine ähnliche, wenn auch etwas geringere Größenordnung der Emissionsminderung ergibt sich mit Blick auf die bisherige Architektur der internationalen Klimaschutzverpflichtungen seitens der Europäischen Union (EU), mit Einbeziehung des internationalen Flugverkehrs.

- Mit Blick auf die neue Struktur der internationalen Klimaschutzverpflichtungen, die die Quellen und Senken aus Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft einbezieht, ergibt sich für den Zeitraum 1990 bis 2020 eine Emissionsminderung von 43 Prozent, wobei der zusätzliche Emissionsminderungseffekt von gut 2 Prozent insbesondere auf eine Neubewertung der Senken für die deutschen Wälder im Basisjahr 1990 zurückzuführen ist (Matthes 2021).
- Die Struktur der Emissionen ist mit Blick auf die verschiedenen Treibhausgase über die Jahre weitgehend stabil geblieben. Die CO₂-Emissionen repräsentieren Anteile von ca. 86 bis 88 Prozent, der Anteil der CH₄-Emissionen liegt aktuell zwischen 6 und 7 Prozent, der der N₂O-Emissionen bei 4 bis 5 Prozent und der Beitrag der F-Gase bei etwa 2 Prozent. Der Anteil der Emissionen aus dem internationalen Flug- und Schiffsverkehr an den gesamten Treibhausgasen liegt bei etwa 2 Prozent.

Deutschland
muss sich auf die
Senkung seiner
CO₂-Emissionen
fokussieren.

Für die Emissionsminderungen in Deutschland spielen damit die CO₂-Emissionen eine nochmals deutlich stärkere Rolle als im globalen Kontext, gleichwohl bildet auf dem Weg zur Klimaneutralität auch die Vermeidung von Nicht-CO₂-Emissionen sowie der Ausgleich des verbleibenden Emissionssockels in diesem Bereich durch negative Emissionen (natürliche bzw. technische Senken) ein wichtiges Handlungsfeld.

3. CO₂-Emissionsbudgets und ihre Ableitungen

Mit Blick auf die normative Dimension von internationaler und nationaler Klimaschutzpolitik spielt die Frage der Emissionsbudgets, die notwendig sind, um bestimmte Grenzen für die Erhöhung der globalen Mitteltemperatur einzuhalten, eine wichtige Rolle. Für diese Debatte ist eine Reihe sehr unterschiedlicher Facetten zu berücksichtigen:

- Auf naturwissenschaftlicher Ebene korrespondieren globale Temperaturerhöhungen mit entsprechenden Niveaus kumulierter, d. h. über die Zeit aufsummierter Treibhausgas-Emissionen. Angesichts der für Nicht-CO₂-Emissionen besonders großen Unwägbarkeiten werden solche Emissionsbudgets üblicherweise auf die globalen CO₂-Emissionen bezogen.
- Die in jüngerer Zeit für Deutschland ermittelten CO₂-Emissionsbudgets beziehen sich meist auf den Sonderbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) zur Begrenzung der Temperaturerhöhung auf 1,5 °C (IPCC 2018) und die dort ausgewiesenen Daten. Mit Teilbericht der Arbeitsgruppe 1 zum 6. Sachstandsbericht des IPCC (IPCC 2021) sind die entsprechenden Berechnungen aktualisiert worden. Diese Budgets unterscheiden sich jedoch für verschiedene Eintrittswahrscheinlichkeiten erheblich. Gleichzeitig ist eine Reihe von teilweise sehr relevanten Unsicherheiten in Betracht zu ziehen (vgl. IPCC 2018, Tabelle 2.2 sowie IPCC 2021, Tabelle 5.1), die nicht nur, aber auch durch den Vergleich der verschiedenen Modellierungsstände verdeutlicht werden. In der Tabelle 3.1 sind die entsprechenden Werte zusammengestellt. Mit dem ersten Teilbericht zum 6. Sachstandsbericht sind die auf einen vergleichbaren Zeitraum umgerechneten CO₂-Emissionsbudgets für eine Wahrscheinlichkeit von 67 Prozent für die Temperaturschwelle von 1,5 °C deutlich, für die Temperaturschwelle von 2 °C leicht gestiegen. Für eine Eintrittswahrscheinlichkeit von 50 Prozent haben sich die Werte für die gezeigten Temperaturschwellen dagegen nur wenig verändert.

Für die Einhaltung des 1,5°C-Pfades können auf Basis von IPCC-Daten nationale Emissionsbudgets für alle Länder berechnet werden.

		Wahrscheinlichkeit 67 %			Wahrscheinlichkeit 50 %		
		1,5 °C	1,75 °C	2 °C	1,5 °C	1,75 °C	2 °C
		Gt CO ₂					
SR1.5	Budget ab 1. Januar 2018	420	800	1.170	580	1.040	1.500
	Emissionen 2018	43	43	43	43	43	43
	Emissionen 2019	44	44	44	44	44	44
	Budget ab 1. Januar 2020	332	712	1.082	492	952	1.412
		1,5 °C	1,7 °C	2 °C	1,5 °C	1,7 °C	2 °C
AR6	Budget ab 1. Januar 2020*	400	700	1.150	500	850	1.350

Anmerkungen: SR1.5 – IPCC-Sonderbericht 1,5 °C. – AR6 - 6. IPCC-Sachstandsbericht. – * Höhere oder niedrigere Emissionsreduktionen für Nicht-CO₂-Treibhausgase können diese Werte um 220 Gt CO₂ oder mehr verringern bzw. erhöhen.

Tabelle 3.1: Für verschiedene Grenzen der Temperaturerhöhungen verbleibende CO₂-Emissionsbudgets

Quelle: IPCC (2018, Tabelle 2.2), IPCC (2021, Tabelle 5.8), Berechnungen des Öko-Instituts

In unserer Analyse wird das globale CO₂-Emissionsbudget auf Pro-Kopf-Basis auf die Länder der Welt verteilt.

- Die Zuweisung bestimmter Teile dieser globalen Emissionsbudgets an spezifische Länder ist keine naturwissenschaftlich zu klärende Frage. Vielmehr basiert sie auf sehr fundamentalen Verteilungs- und Gerechtigkeitserwägungen und ist damit eine originär politisch-ethische Herausforderung. In vielen Diskursen dominiert hier ein auf globale Gleichheit abstellendes Konzept. Dieses wird oft über global einheitliche Nutzungsrechte pro Kopf der Bevölkerung und mit Berücksichtigung des Zeitraums seit der Verabschiedung des Klimaschutzabkommens von Paris im Dezember 2015 operationalisiert (SRU 2020).
- Für die Zuordnung eines globalen CO₂-Emissionsbudgets zu unterschiedlichen Staaten ist neben dem grundsätzlichen Verteilungsansatz auch der zeitliche Bezug für diese Nutzungsrechte von erheblicher Bedeutung. Dies betrifft einerseits den historischen Betrachtungszeitraum: Ab wann soll die Inanspruchnahme der sich im Zeitverlauf verringernden Emissionsbudgets berücksichtigt werden? Andererseits stellt sich aber neben den grundsätzlichen Verteilungskriterien auch die Frage nach dem Bezugszeitraum für die Anwendung dieser Kriterien: vergangener vs. heutiger vs. zukünftig erwarteter Bevölkerungsstand, vergangene vs. heutige vs. zukünftig erwartete wirtschaftliche Leistungsfähigkeit etc.
- Vor diesem Hintergrund soll daher explizit darauf hingewiesen werden, dass das o. g. Verteilungskonzept keineswegs das einzig vorstellbare Modell darstellt bzw. im internationalen Bereich auch keineswegs automatisch konsensfähig wäre.

Die hier vorgelegte Untersuchung bezieht sich gleichwohl nicht auf diese grundsätzlichen Fragen der Zuordnung eines globalen CO₂-Emissionsbudgets zu einem Land wie Deutschland. Gegenstand ist die exemplarische Analyse der praktischen Implikationen eines spezifischen Modells für die Aufteilung eines globalen Emissionsbudgets mit Blick auf die Rolle potenzieller Finanztransfers, mit denen ggf. die Überziehung von CO₂-Emissionsbudgets ausgeglichen werden kann.

Nach Spezifikation des WWF Deutschland wird dieses Modell auf der Basis folgender Grundannahmen analysiert:

- Begrenzung der Erhöhung der globalen Mitteltemperatur auf Werte von 1,5 °C, 1,7 °C sowie 2 °C, jeweils bezogen auf die vorindustriellen Temperaturniveaus und Eintrittswahrscheinlichkeiten von jeweils 67 Prozent
- Verteilung der entsprechenden globalen CO₂-Emissionsbudgets auf Pro-Kopf-Basis
- Bezugszeitraum für das CO₂-Emissionsbudget ist der Zeitraum nach Verabschiedung des Klimaschutzabkommens von Paris, also ab Anfang 2016.

- Bezugszeitraum für die Pro-Kopf-Verteilung des globalen CO₂-Budgets ist das Jahr des Klimaschutzabkommens von Paris, also 2015.
- Einbezogen werden alle relevanten CO₂-Emissionsquellen, also auch die CO₂-Emissionen aus dem internationalen Flug- und Schiffsverkehr sowie die Emissionen aus LULUCF (Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft).

Auf Basis der im Bericht der Arbeitsgruppe 1 zum 6. Sachstandsbericht des IPCC genannten Daten werden den weiteren Analysen die folgenden Ausgangsdaten zugrunde gelegt:

- globale Emissionsbudgets von 400 Milliarden Tonnen CO₂ (1,5 °C-Grenze), 700 Milliarden Tonnen CO₂ (1,7 °C) sowie 1.150 Milliarden Tonnen CO₂ (2 °C) ab Anfang 2020
- globale Emissionsniveaus von 42 bis 44 Milliarden Tonnen CO₂ für die Rückrechnung des globalen Emissionsbudgets auf den Zeitraum ab Anfang 2016⁵
- Für das Jahr 2015 wird auf Basis der World Development Indicators-Datenzusammenstellung der Weltbank (World Bank 2021) ein Anteil Deutschlands an der Weltbevölkerung von 1,11 Prozent zugrunde gelegt.⁶
- Für die Jahre 2016 bis 2020 werden für Deutschland CO₂-Emissionen (inkl. internationalem Flug- und Schiffsverkehr sowie LULUCF) von 3,735 Milliarden Tonnen CO₂ zugrunde gelegt.

Bei der Einhaltung der 1,5°C-Grenze ergibt sich für Deutschland ein CO₂-Emissionsbudget von 2,6 Milliarden Tonnen CO₂ ab Anfang 2021.

Im Ergebnis verbleiben für Deutschland ab Beginn des Jahres 2021 die folgenden Größenordnungen für ein wie oben beschrieben ermitteltes CO₂-Emissionsbudget:

- Das aus einer Einhaltung der 1,5 °C-Temperaturgrenze mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 Prozent abgeleitete CO₂-Emissionsbudget beläuft sich ab Anfang 2021 auf 2,6 Milliarden Tonnen CO₂.
- Das aus einer Einhaltung der 1,7 °C-Temperaturgrenze mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 Prozent abgeleitete CO₂-Emissionsbudget beträgt ab Anfang 2021 etwa 6,0 Milliarden Tonnen CO₂.

⁵ Andere vergleichbare Analysen unterstellen hier Emissionsniveaus von 41 Milliarden Tonnen CO₂ für die Jahre 2016 und 2017. Aus Konsistenzgründen wird in der hier vorgelegten Analyse jedoch auf aktuellere Datenbasen zurückgegriffen (vgl. Kapitel 2). Die Auswirkungen dieser Unterschiede bei den Emissionsniveaus auf die insgesamt unterstellten Emissionsbudgets sind jedoch mit Werten von weit unter 1 Prozent außerordentlich gering.

⁶ Zur Illustration: Würde als Verteilungsindikator nicht der Anteil an der Weltbevölkerung, sondern – als genau entgegengesetztes Konzept – der Anteil an der globalen Wertschöpfung (auf Basis von Kaufkraftparitäten) im Jahr 2015 gewählt, so ergäbe sich ein Anteil von 3,68 Prozent.

Bei einer linearen Emissionsminderung müsste Deutschland in ca. acht Jahren Netto-Null-CO₂-Emissionen erreichen, um den 1,5°C-Pfad einzuhalten.

- Das aus einer Einhaltung der 2 °C-Temperaturgrenze mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 Prozent abgeleitete CO₂-Emissionsbudget summiert sich ab Anfang 2021 auf etwa 11,0 Milliarden Tonnen CO₂.

Auf Basis der Jahresemissionen für das Jahr 2020 ergäbe sich bei linearer Emissionsminderung für die Jahre ab 2021 ein normativer Zeitpunkt für ein Netto-Null-Emissionsziel (für CO₂) nach 8,3 Jahren für die 1,5 °C-Temperaturgrenze, nach 18,9 Jahren für die 1,7 °C-Temperaturgrenze bzw. nach 34,7 Jahren für die 2 °C-Temperaturgrenze.

Auf Basis des nicht durch die Sondereffekte der Covid-19-Pandemie geprägten CO₂-Emissionsniveaus für das Jahr 2019 ergäbe sich bei linearer Emissionsminderung die Notwendigkeit von Netto-Null-Emissionen innerhalb von 7,3, 16,5 bzw. 30,3 Jahren ab Anfang 2021 (1,5 °C-, 1,7 °C- bzw. 2 °C-Temperaturgrenze).

4. Treibhausgas-Emissionen im Szenario „Klimaneutrales Deutschland“

Die Bottom-up-Perspektive zeigt, welche Sektoren wie viele Emissionsminderungen durchführen müssen.

Neben der normativen Top-down-Perspektive eines CO₂-Emissionsbudgets kommt der mit Blick auf Kapitalstockstrukturen und technische, wirtschaftliche und politische Anpassungsprozesse substantiierten Emissionsminderung aus der Bottom-up-Perspektive eine wichtige Rolle zu. Mit der Modellanalyse „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (Prognos; Öko-Institut; Wuppertal-Institut 2021) liegt eine detaillierte Untersuchung zu den entsprechenden Anpassungsprozessen in den unterschiedlichen Sektoren vor.

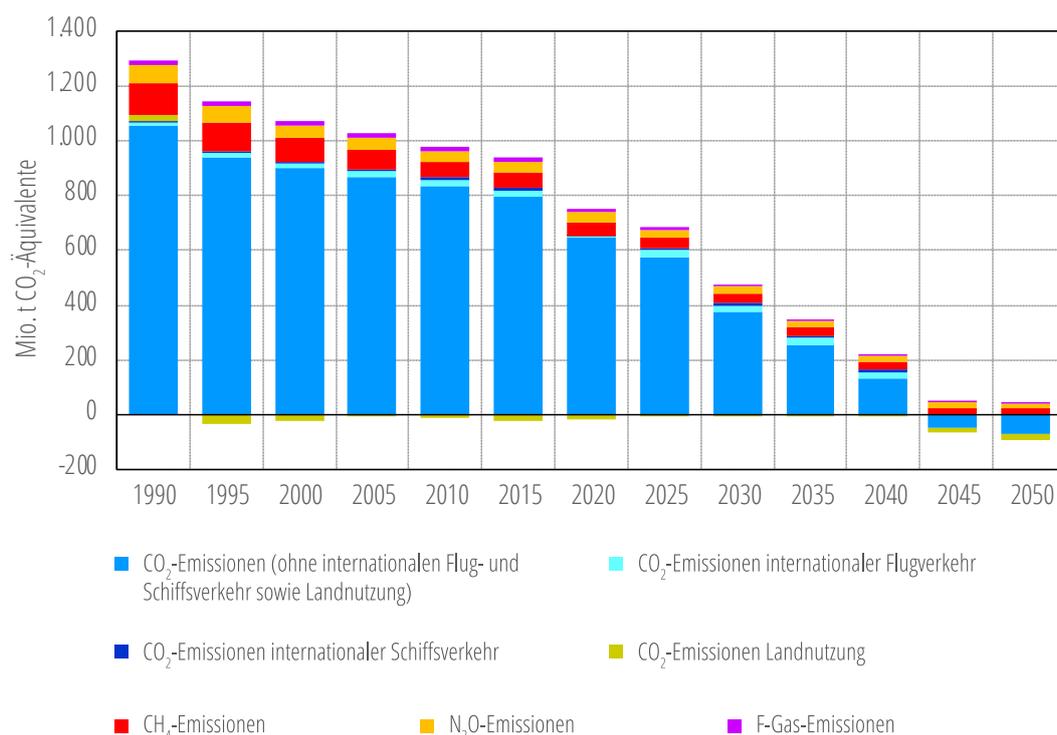


Abbildung 4.1: Historische Entwicklung und Projektion „Klimaneutrales Deutschland 2045“ für die deutschen Treibhausgas-Emissionen, 1990–2050

Quellen: Prognos; Öko-Institut; Wuppertal-Institut (2021), UBA (2021a), UBA (2021b), Berechnungen und Schätzungen des Öko-Instituts

Darin wird das Ziel verfolgt, die Treibhausgas-Emissionen in Deutschland bis zum Jahr 2045 auf Netto-Null zu reduzieren und für das Jahr 2030 – im Kontext des 2020 beschlossenen Emissionsminderungsziels von 55 Prozent für die EU-27 – eine Emissionsminderung in Deutschland von 65 Prozent gegenüber 1990 zu erreichen.

Die Projektion
„Klimaneutrales
Deutschland 2045“
legt einen
drastischen
Übergangspfad
für alle Sektoren
und Treibhausgas-
Emissionen vor.

Mit Blick auf die Verfügbarkeit von Technik und Infrastruktur, Modernisierungszyklen und die wirtschaftliche Darstellbarkeit der unterschiedlichen Möglichkeiten zur Emissionsminderung in den verschiedenen Sektoren wird in dieser Projektion ein ambitionierter Klimaschutzpfad beschrieben,

- mit dem die CO₂-Emissionen (inklusive internationalem Flug- und Schiffsverkehr sowie LULUCF) im Zeitraum 1990 bis 2030 um 63 Prozent sowie bis 2040 um 91 Prozent gesenkt werden;
- mit dem die CH₄-Emissionen bis 2030 um 71 Prozent sowie bis 2040 und 2050 um 76 bzw. 81 Prozent reduziert werden;
- mit dem die N₂O-Emissionen im Jahr 2030 um 59 Prozent sowie in den Jahren 2040 und 2050 um 67 bzw. 72 Prozent unter das Basisniveau von 1990 zurückgeführt werden;
- mit dem die F-Gas-Emissionen im Jahr 2030 gegenüber 1990 um 67 Prozent sowie für die Zeithorizonte 2040 und 2050 um 91 bzw. 96 Prozent reduziert werden;
- mit dem die CO₂-Emissionen (inklusive internationalem Flug- und Schiffsverkehr sowie LULUCF) bis 2045 so zurückgeführt bzw. natürliche und technische Senken so ausgebaut werden, dass der verbleibende Emissionssockel von 46 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten (vor allem im Bereich der CH₄- und Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft) durch Senken vollständig ausgeglichen werden kann und sich eine Netto-Senke von mehr als 10 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten im Jahr 2045 ergibt, die bis zum Jahr 2050 auf rund 50 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente ausgebaut werden kann.

Diese Projektion beschreibt damit nicht nur für die (gesamten) CO₂-Emissionen einen drastischen Übergangspfad und für die Perspektive 2050 auch die Erschließung von technischen und natürlichen Senken, sondern adressiert auch für die Nicht-CO₂-Treibhausgase einen sehr ambitionierten Emissionsminderungspfad.

Im Kontext der hier vorgelegten Untersuchung ist jedoch nur der Teil der CO₂-Emissionen von besonderem Interesse und hier insbesondere das Niveau der im Zeitraum 2021 bis 2050 entstehenden kumulativen Emissionen:

- Für das Jahr 2021 wird eine Erhöhung der Emissionen gegenüber 2020 von etwa 40 Millionen Tonnen CO₂ unterstellt, die sich aus der Erholung von der Covid-19-Pandemie ergibt.
- Für die Folgejahre werden die Emissionstrends zwischen den Stützjahren 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 und 2050 linear interpoliert.

Finanzielle Transfers sind notwendig: Deutschland überschreitet in der Bottom-up-Perspektive das Emissionsbudget, das ihm nach der Top-down-Berechnung zusteht.

Im Projektionszeitraum von 2021 bis 2050 ergeben sich damit die folgenden kumulierten CO₂-Emissionen:

- Im Gesamtzeitraum von 2021 bis 2050 betragen die kumulierten Emissionen (einschließlich der ab 2045 entstehenden Nettosenken) insgesamt etwa 7,5 Milliarden Tonnen CO₂.
- Für die Periode 2021 bis 2030 entstehen kumulierte CO₂-Emissionen von etwa 5,6 Milliarden Tonnen CO₂ bzw. ein Anteil von etwa 74 Prozent der gesamten kumulierten Emissionen im Betrachtungszeitraum 2021 bis 2050.
- In der Periode 2021 bis 2040 erhöht sich der Wert für die kumulierten CO₂-Emissionen auf fast 8,0 Milliarden Tonnen CO₂. Als Folge der ab 2045 entstehenden Netto-Senke liegt dieser Wert etwas über dem Niveau der für die Periode bis 2050 errechneten kumulierten CO₂-Emissionen.⁷

Damit wird das aus der normativen Top-down-Perspektive ermittelte CO₂-Emissionsbudget für die 1,5 °C-Temperaturgrenze (bei einer Wahrscheinlichkeit von 67 Prozent) von etwa 2,6 Milliarden Tonnen CO₂ im Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“ bereits im Jahr 2024 erreicht und das Budget für die 1,7 °C-Temperaturgrenze (bei gleicher Wahrscheinlichkeit) von 6,0 Milliarden Tonnen CO₂ im Jahr 2031 überschritten. Das Budget für die 2 °C-Temperaturgrenze (bei gleicher Wahrscheinlichkeit) in der Größenordnung von etwa 11,0 Milliarden Tonnen CO₂ wird bis zum Jahr 2050 zu etwa 69 Prozent ausgeschöpft.

Mit Blick auf die wie oben beschrieben ermittelten CO₂-Emissionsbudgets ergibt sich damit für den Zeithorizont 2050 die folgende Situation:

- Für die Temperaturgrenze von 1,5 °C (67 Prozent Wahrscheinlichkeit) wird das CO₂-Emissionsbudget um etwa 4,9 Milliarden Tonnen CO₂ überschritten.
- Für die Temperaturgrenze von 1,7 °C (67 Prozent Wahrscheinlichkeit) liegt die Überschreitung bei ca. 1,6 Milliarden Tonnen CO₂.
- Für die Temperaturgrenze von 2 °C (67 Prozent Wahrscheinlichkeit) wird das CO₂-Emissionsbudget nicht überschritten, und es verbliebe ab 2050 noch ein Rest-Budget von etwa 3,4 Milliarden Tonnen CO₂.

Die verbleibenden CO₂-Emissionen im Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“ müssten also mit Blick auf das ab 2021 noch vorhandene CO₂-Emissionsbudget für Deutschland über finanzielle Transfers ausgeglichen werden: unter Maßgabe der 1,5 °C-Temperaturgrenze mit zwei Dritteln sehr weitgehend und mit Blick auf die 1,7 °C-Grenze zu etwa einem Fünftel.

⁷ Wenn es gelänge, die negative CO₂-Treibhausgas-Emissionsbilanz über 50 Jahre zu sichern, würde sich das Niveau der kumulierten Netto-Emissionen um 2,5 Milliarden Tonnen CO₂ und damit um eine erhebliche Größenordnung reduzieren. Da der Zeitraum nach 2050 jedoch nicht modelliert wurde und vor allem mit Blick auf die komplexen zeitlichen Zusammenhänge im LULUCF-Bereich eine einfache Fortschreibung nicht möglich ist, wurde diese Facette der Entwicklung in den folgenden Analysen nicht weiter berücksichtigt.

5. Kostenansätze und Bandbreiten möglicher Finanztransfers

Finanztransfers zum Emissionsausgleich dürfen nicht nur die günstigsten Optionen für Emissionsminderungen in anderen Staaten adressieren.

Wenn die Nichteinhaltung bestimmter CO₂-Emissionsbudgets, auf Grundlage welcher Daten bzw. normativen Setzungen sie auch immer ermittelt wurden, durch Finanztransfers an andere Länder ausgeglichen werden soll, stellt sich die Frage nach den entsprechenden Kostenansätzen. Als Ausgleichsländer kommen dabei solche in Frage, die aufgrund ihrer Ausgangsniveaus bei den CO₂-Emissionen sowie den noch mit größeren Freiheitsgraden gestaltbaren zukünftigen Emissionstrends eine Nicht-Ausschöpfung ihrer CO₂-Emissionsbudgets möglich machen. Explizit hinzuweisen ist an dieser Stelle noch einmal auf den Sachverhalt, dass diese Kostenansätze nicht als Begrenzungen oder Optimierungs-Benchmarks für Maßnahmen zur einheimischen Emissionsminderung verstanden werden sollten, sondern allein der Quantifizierung der Finanztransfers für zusätzliche Emissionsminderungen dienen.

Auch mit dieser Frage sind Gerechtigkeitserwägungen von entscheidender Bedeutung:

- Die entsprechenden Staaten werden ebenfalls in erheblichem Umfang Emissionsminderungen erreichen müssen, die weit über Business-as-usual-Pfade hinausgehen.
- Mit Transferzahlungen für die Überschreitung von Emissionsbudgets können und dürfen deshalb nicht die besonders günstigen Optionen zur Emissionsminderung dieser Staaten kostenseitig adressiert werden, sondern die weniger kostengünstigen Potenziale jenseits der für diese Staaten im Zeitverlauf selbst notwendigen Emissionsminderungen.
- Dies gilt unbeschadet der Tatsache, dass mit den Zahlungen ein Beitrag für die möglichst frühzeitige und breite Erschließung aller Potenziale zur Emissionsminderung geleistet werden kann und geleistet werden soll.

Für den Zweck der Abschätzungen in der hier vorgelegten Untersuchung wurden daher zwei Analyseschritte vorgenommen: Der erste bezieht sich darauf, den Stromsektor auf erneuerbare Energien umzustellen. Der zweite auf Wasserstoff, der auf regenerativer Basis erzeugt wurde (grüner Wasserstoff), in seiner Rolle als relativ universelle Backstop-Vermeidungsoption für eine sehr große Bandbreite von Verursacherbereichen bei CO₂-Emissionen.

Die Umstellung bzw. der Ausbau des Stromsektors in Richtung erneuerbarer Energien bildet in allen Ländern dieser Welt einen zentralen Baustein, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Dies gilt mit Blick auf das große Volumen der direkt bzw. über den Stromeinsatz erzielbaren Emissionsreduktionen, aber auch auf die in großen Teilen wirtschaftlich sehr attraktiven Potenziale zur Emissionsvermeidung im Stromsektor. Damit ist die Ableitung von Größenordnungen für die Finanztransfers aus der Betrachtung des Stromsektors sinnvoll und zielführend.

Zentrale Bausteine für Emissionsminderungen in anderen Ländern sind erneuerbare Energien und die Erzeugung von grünem Wasserstoff.

Die Tabelle 5.1 zeigt die durch den zusätzlichen Einsatz von Stromerzeugungsoptionen auf Basis erneuerbarer Energien entstehenden CO₂-Vermeidungskosten. Diesen Orientierungsberechnungen liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Für die mittleren Stromerzeugungskosten (Levelized Costs of Energy) wurden die Kostenermittlungen der Internationalen Agentur für erneuerbare Energien (International Renewable Energy Agency – IRENA) für die im Kontext der Finanztransfers ggf. relevant werdenden Regionen bzw. Referenzfälle für das Jahr 2019 (IRENA 2020) zugrunde gelegt. Verwendet wurden dabei die unteren (5 %-Perzentil) und die oberen (95 %-Perzentil) Bandbreitenwerte, um einen Eindruck der entsprechenden Größenordnungen bzw. möglicher Entwicklungstrends zu vermitteln. Natürlich werden die Kosten der regenerativen Stromerzeugung auch in den kommenden Jahren und Dekaden weiter deutlich sinken. Im Sinne der für die Zwecke der hier vorgelegten Untersuchung notwendigen Grenzbetrachtungen für die Emissionsvermeidung und zur Vermeidung letztlich immer spekulativ bleibender Zukunftsannahmen erscheint die Bezugnahme auf diese Ist-Daten jedoch als robuster methodischer Ansatz.
- Für die Systemintegration der erneuerbaren Energien wurde, wiederum im Sinne einer Grenzbetrachtung, ein Pauschalwert von 20 US-Dollar pro Megawattstunde unterstellt. Kosten in dieser Dimension können entstehen, wenn die kostengünstigen Flexibilitätspotenziale ausgeschöpft sind und tendenziell weniger attraktive Standorte oder Anwendungskonstellationen erschlossen werden müssen.
- Für die fossilen Vergleichsoptionen wurden die regelmäßig aktualisierten Berechnungen der Durchschnittskosten von Lazard (Lazard 2020) zugrunde gelegt, für die ebenfalls Bandbreiten angegeben werden, die unterschiedliche Umfeldbedingungen reflektieren.
- Für die spezifischen Emissionswerte der fossilen Kraftwerksoptionen wurden robuste Anhaltswerte von 750 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde für Steinkohlekraftwerke sowie 350 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde für effiziente Kombikraftwerke auf Erdgasbasis der Berechnung zugrunde gelegt.

		Erneuerbare Kosten niedrig				Erneuerbare Kosten hoch			
		Kohle		Erdgas		Kohle		Erdgas	
		Kosten niedrig		Kosten hoch		Kosten niedrig		Kosten hoch	
USD/t CO ₂									
Windkraft an Land	Afrika	35	-9	7	-254	64	54	36	-191
	Asien (außer China & Indien)	44	11	16	-234	143	223	115	-23
	Indien	16	-49	-12	-294	61	49	33	-197
Solar-PV	Solarregionen	63	51	35	-194	129	194	101	-51
Windkraft auf See	Asien	93	117	65	-129	127	189	99	-57
	Schwimmende Fundamente	101	134	73	-111	141	220	113	-26

Anmerkung: Kostenannahme für Systemintegration bei vollständiger Versorgung durch regenerative Stromerzeugung: 20 USD/MWh

Tabelle 5.1: Bandbreite der Vermeidungskosten für zusätzlich erschlossene regenerative Stromerzeugung in potenziellen Empfängerregionen von Finanztransfers

Quellen: IRENA (2020), Lazard (2020), Annahmen und Berechnungen des Öko-Instituts

Für die Emissionsminderungen ergeben sich verschiedene Bandbreiten von CO₂-Vermeidungskosten.

Die Ergebnisse der entsprechenden Vermeidungskosten zeigen im Grundsatz vier verschiedene Schwerpunktbereiche:

- Für die hohen Bandbreitenannahmen im Bereich der Erdgas-Erzeugungsoptionen ergeben sich negative Vermeidungskosten. Für diese Fälle ist eine Erschließung in den entsprechenden Ländern in jedem Fall sehr wahrscheinlich.
- Für eine ganze Reihe von Kombinationen liegen die Vermeidungskosten im Bereich von 35 bis 65 US-Dollar pro Tonne CO₂. Der Schwerpunkt liegt hier überwiegend, wenn auch nicht ausschließlich, bei den Varianten mit niedrigen Erzeugungskosten für die Wind- und Solarstromerzeugung, also in dem Bereich, der auch die zukünftig sehr wahrscheinlichen Kostenentwicklungen repräsentiert.
- Vor allem für vergleichsweise am Anfang der Marktdurchdringung stehende Erzeugungsoptionen (Windenergie auf See) sowie für die oberen Bandbreitenannahmen im Bereich der erneuerbaren Energien ergeben sich im internationalen Raum Werte von etwa 100 US-Dollar pro Megawattstunde.
- Für ungünstige und in der Tendenz im Zeitverlauf weniger relevante Kombinationen von Kosten für die erneuerbaren Energien und die fossilen Alternativvarianten können sich Werte von um die 200 US-Dollar pro Megawattstunde CO₂ ergeben.

Neben der Nutzung regenerativer Energien für die Stromerzeugung bildet der Einsatz von Wasserstoff eine relativ universelle CO₂-Vermeidungsoption in vielen Einsatzbereichen. Den hier zu betrachtenden Grenzfall bildet vor allem der Ersatz von Erdgas durch grünen Wasserstoff:

- Kostenprojektionen für die Erzeugung von grünem Wasserstoff in Regionen mit guten Produktionsbedingungen liegen zukünftig wahrscheinlich in der Größenordnung von etwa 1,5 US-Dollar pro Kilogramm Wasserstoff (Hydrogen Council; McKinsey 2021, Öko-Institut 2020; 2021), dies entspricht einem Wert von 45 Euro pro Megawattstunde (bezogen auf den unteren Heizwert).
- Bei entsprechenden technisch-ökonomischen Fortschritten können längerfristig wahrscheinlich signifikante Wasserstoff-Mengen zu Transportkosten von 0,5 US-Dollar pro Kilowattstunde auch an eher ungünstig gelegenen Standorten verfügbar gemacht werden (Hydrogen Council; McKinsey 2021, Öko-Institut 2020; 2021), dies entspricht einem Wert von 15 Euro pro Megawattstunde (bezogen auf den unteren Heizwert).
- Für den konkurrierenden fossilen Energieträger Erdgas (mit spezifischen Emissionen von ca. 200 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde, bezogen auf den unteren Heizwert) können längerfristig wahrscheinlich Kosten auf der Großhandelsebene von etwa 25 US-Dollar pro Megawattstunde (bezogen auf den unteren Heizwert) veranschlagt werden.

In unserer Analyse veranschlagen wir CO₂-Vermeidungskosten in Höhe von 50, 100 und 150 € pro Tonne CO₂.

Für die längerfristige Perspektive könnte unter Maßgabe dieser Annahmen für die hier relevanten Anwendungsfälle im Grenzbereich der zusätzlichen Emissionsminderungen also ein Niveau für Vermeidungskosten von etwa 175 US-Dollar pro Tonne CO₂ bzw. ungefähr 150 Euro pro Tonne CO₂ veranschlagt werden.

In der Gesamtschau dieser beiden Orientierungsschätzungen ist es also sinnvoll, die Höhe der bei Überschreitungen des CO₂-Emissionsbudgets ggf. angestrebten finanziellen Transferleistungen in Varianten bzw. Bandbreiten abzuschätzen. Die drei Niveaus 50, 100 und 150 €/t CO₂ bilden dabei einen robusten Korridor der spezifischen Kosten für die von den Zielländern zusätzlich zu erbringenden Vermeidungsleistungen.

Insgesamt ergeben sich also unter der Annahme der in Kapitel 3 beschriebenen CO₂-Emissionsbudgets sowie der Emissionstrajektorie in der Modellierungsanalyse „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (Kapitel 4) die folgenden Transfer-Niveaus (Tabelle 5.2):

- Unter der Maßgabe eines CO₂-Restbudgets von 2,6 Milliarden Tonnen CO₂ für Deutschland ab dem 1. Januar 2021 (im Kontext der Einhaltung einer Temperaturgrenze von 1,5 °C unter den vorindustriellen Werten mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 Prozent und einer globalen Pro-Kopf-Aufteilung) ergeben sich für die drei Varianten der spezifischen Vermeidungskosten (50, 100 sowie 150 EUR/t CO₂) Transfervolumina von etwa 245, 490 sowie 736 Milliarden €. Dies entspricht über einen Zeitraum von 30 Jahren einem jahresdurchschnittlichen Transferbedarf von etwa 8, 16 bzw. 24,5 Milliarden Euro.
- Unter der Maßgabe eines CO₂-Restbudgets von 6,0 Milliarden Tonnen CO₂ für Deutschland ab dem 1. Januar 2021 (Temperaturgrenze von 1,7 °C mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 Prozent und einer globalen Pro-Kopf-Aufteilung) ergeben sich für die drei Varianten der spezifischen Vermeidungskosten (50, 100 sowie 150 Euro pro Tonne CO₂) Transfervolumina von etwa 78, 157 sowie 235 Milliarden Euro. Im Mittel entspricht dies über einen Zeitraum von 30 Jahren einem jährlichen Transferbedarf von ca. 3, 5 bzw. 8 Milliarden Euro.
- Unter der Maßgabe eines CO₂-Restbudgets von 11,0 Milliarden Tonnen CO₂ für Deutschland ab dem 1. Januar 2021 (Temperaturgrenze von 2,0 °C mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 Prozent und einer globalen Pro-Kopf-Aufteilung) ergibt sich allein aus der Perspektive eines deutschen CO₂-Emissionsbudgets keine Notwendigkeit finanzieller Transfers.

Emissionspfad*	Restbudget CO ₂ -Emissionen		Finanzielle Transfers		
	global ab 2020	national ab 2021	Vermeidungs- kosten	Volumina	
				gesamt	jährlich**
	Gt CO ₂		EUR/t CO ₂	Mrd. EUR	Mrd. EUR/a
1,5 °C (Netto-Null-Emissionen in 7,3 Jahren***)	400	2,6	50 100 150	245 490 736	8 16 25
1,7 °C (Netto-Null-Emissionen in 16,5 Jahren***)	700	6,0	50 100 150	78 157 235	3 5 8
2,0 °C (Netto-Null-Emissionen in 30,3 Jahren***)	1.150	11,0	aus Sicht des CO ₂ -Emissionsbudgets keine Notwendigkeit finanzieller Transfers		

Anmerkungen: * für jeweils 67 % Wahrscheinlichkeit. ** über 30 Jahre.

*** bei streng linearer Emissionsminderung und ausgehend vom (Vor-Corona-)Emissionsniveau des Jahres 2019.

Tabelle 5.2: Niveaus der zusätzlichen Finanztransfers unter Maßgabe unterschiedlicher CO₂-Emissionsbudgets und der Emissionsentwicklung im Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“

Quellen: Berechnungen des Öko-Instituts

Für die Einhaltung der 1,5°C-Grenze ergeben sich Finanztransferkosten für Deutschland in Höhe von insg. 245-736 Milliarden €.

Vor dem Hintergrund der anstehenden politischen, administrativen, infrastrukturellen und anderen Weichenstellungen ist darauf hinzuweisen, dass es einerseits gewisse Zeiträume benötigen wird, die notwendigen Governance-Strukturen für Transfers in den genannten Größenordnungen zu schaffen. Innerhalb dieser Zeiträume können die Mittel naturgemäß nur in eingeschränktem Maße transferiert werden. Andererseits stehen aber viele der grundlegenden Weichenstellungen in den Ländern mit heute noch geringen Emissionsniveaus spätestens mit Blick auf den Zeithorizont 2030 an, um CO₂-intensive Investitionen zu überspringen. Dadurch werden für diesen Zeithorizont relativ hohe Transfervolumina notwendig. Die Ermittlung von jahresdurchschnittlichen Finanztransfers für die kommenden 30 Jahre ist somit ein methodischer Ansatz, um die notwendigen Transferleistungen besser einzuordnen. Er sollte jedoch nicht den Blick auf die Tatsache verstellen, dass das zeitliche Profil etwaiger Transferleistungen mit Blick auf die notwendigen Investitionen in den Empfängerländern deutlich weniger gleichverteilt sein bzw. einen deutlichen Schwerpunkt in den nächsten Jahren haben müsste.

6. Synthese und Schlussfolgerungen

Aus einer Zusammenschau der vorstehenden Datenanalysen lässt sich mit Blick auf die Einhaltung des aus einer globalen Pro-Kopf-Gleichverteilung abgeleiteten CO₂-Emissionsbudgets für Deutschland eine Reihe robuster Schlussfolgerungen ziehen:

Bei der Einhaltung des 1,5°C-Pfades hat Deutschland sein Emissionsbudget bereits zu sehr großen Teilen ausgeschöpft.

- Wird ein CO₂-Emissionsbudget für Deutschland von einer Begrenzung der globalen Mitteltemperatur von 1,5 °C gegenüber den vorindustriellen Werten⁸ (mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 Prozent sowie einer Pro-Kopf-Verteilung des ab 2016 verbleibenden globalen Emissionsbudgets) abgeleitet, dann wurde das nationale Emissionsbudget bisher bereits zu sehr großen Anteilen (fast 60 Prozent) in Anspruch genommen. Bei einem strikt linearen Emissionspfad wäre es etwa 2028 vollständig ausgeschöpft, unter Maßgabe der bottom-up modellierten Emissionsentwicklung im Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“ bereits im Jahr 2024.
- Mit Blick auf eine Begrenzung der globalen Mitteltemperatur von 1,7 °C bzw. 2 °C (ebenfalls mit einer Wahrscheinlichkeit von jeweils 67 Prozent) verbleiben ab Anfang 2021 Emissionsbudgets von 6,0 bzw. 11,0 Milliarden Tonnen CO₂. Unter Maßgabe strikt linearer Emissionsminderungen würde sich für die 1,7 °C-Grenze die Notwendigkeit der CO₂-Neutralität bis etwa 2038 und für den 2,0 °C-Pfad bis zum Jahr 2051 ergeben. Im Kontext der bottom-up modellierten Emissionsentwicklung im Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“ wäre das CO₂-Emissionsbudget für den 1,7 °C-Pfad im Jahr 2031 vollständig erschöpft.
- Die ambitionierte Bottom-up-Modellierung eines Klimaneutralitätspfades für Deutschland bis zum Jahr 2045 (mit dem ehrgeizigen Zwischenziel einer Emissionsminderung für die Gesamtheit aller Treibhausgase von 65 Prozent für das Jahr 2030) führt im Zeitraum 2021 bis 2050 zu kumulierten CO₂-Emissionen von 7,5 Milliarden Tonnen CO₂. Die genannten CO₂-Emissionsbudgets für die 1,5 °C- bzw. 1,7 °C-Erhitzungsgrenze würden damit um knapp den Faktor 2 bzw. ein gutes Viertel überzogen, das für die 2 °C-Grenze würde zu gut zwei Dritteln ausgeschöpft.

Gleichzeitig sollte berücksichtigt werden, dass einerseits die der Ableitung von nationalen CO₂-Emissionsbudgets zugrunde liegenden klimawissenschaftlichen Erkenntnisse noch mit erheblichen Unsicherheiten verbunden sind bzw. dass sich die entsprechenden globalen Basisdaten zu Emissionsbudgets in der Vergangenheit erheblich geändert haben und sich auch in der Zukunft weiterhin verändern können. Andererseits bleiben die der Aufteilung von globalen Emissionsbudgets auf einzelne Staaten zugrundeliegenden verteilungspolitischen Erwägungen (Betrachtungszeiträume, Verteilungsindikatoren) wohl auch weiterhin Gegenstand intensiver und teilweise sehr kontroverser Diskussionen.

⁸ Auf Grundlage des Teilberichts der Arbeitsgruppe 1 zum 6. Sachstandsbericht des IPCC (IPCC 2021).

Sollen die entsprechenden Lücken zur Einhaltung der wie beschrieben abgeleiteten CO₂-Emissionsbudgets durch finanzielle Transfers ausgeglichen werden, mit denen es Staaten ohne CO₂-intensive Infrastrukturen ermöglicht wird, ihre Emissionsbudgets nicht auszuschöpfen, dann ergeben sich die folgenden Einordnungen:

- Wenn die kostengünstigen Optionen zur Emissionsminderung diesen Staaten verfügbar bleiben sollen, um die eigenen Verpflichtungen zu erfüllen, dann können mit Blick auf die diversen Backstop-Optionen (regenerative Stromerzeugung, grüner Wasserstoff etc.) für die finanziellen Transfers Vermeidungskosten in der Bandbreite von 50 bis 150 Euro pro Tonne CO₂ veranschlagt werden.
- Mit Blick auf das CO₂-Emissionsbudget für die Einhaltung der 1,5 °C-Temperaturgrenze ergeben sich Transfervolumina von 245 bis 736 Milliarden Euro, über einen Zeitraum von 30 Jahren entspräche dies jahresdurchschnittlichen Aufwendungen von 8 bis 24,5 Milliarden Euro.
- Mit Blick auf das CO₂-Emissionsbudget im Kontext der 1,7 °C-Temperaturgrenze würde sich das Gesamtvolumen der Finanztransfers auf 78 bis 235 Milliarden Euro belaufen, auf Jahresbasis entspräche dies einer mittleren Bandbreite von etwa 3 bis 8 Milliarden Euro.

**Deutschlands
Finanztransfers
sollten anderen
Staaten ermöglichen,
ihre eigenen Emissionsbudgets
nicht voll auszuschöpfen.**

Explizit hinzuweisen ist jedoch auf die Tatsache, dass in der hier vorgelegten Analyse nicht untersucht werden konnte, wie groß das Potenzial zur Emissionsvermeidung in Ländern ist, die mit entsprechenden Finanztransfers befähigt würden, ihre Emissionsbudgets zu sehr deutlichen Teilen nicht auszuschöpfen. Die Emissionstrends und -strukturen der vergangenen Jahre lassen jedoch erwarten, dass dieses Potenzial in erheblichem Maße begrenzt bleiben wird. Dies gilt insbesondere, wenn berücksichtigt wird, dass sich die Überziehung der nach den gleichen Annahmen bzw. Erwägungen abgeleiteten Emissionsbudgets für eine Reihe von Staaten mit hohen CO₂-Emissionsniveaus als noch deutlich gravierender herausstellen würde als für Deutschland.

In diesem Kontext ist jedoch auch von Bedeutung, dass die ermittelten Finanzvolumina nicht nur mit Blick auf etwaige Transfers in Richtung von Staaten mit niedrigen Emissionsniveaus und hohen Wachstumspotenzialen relevant sein können. Wenn es zur Begrenzung der Erderhitzung unausweichlich werden sollte, negative Emissionen durch natürliche und (vor allem) technische CO₂-Senken zu schaffen, dann können sich ebenfalls spezifische Kosten in den hier errechneten Bandbreiten ergeben.

Mit Blick auf die Möglichkeiten und Grenzen eines Ausgleichs von überzogenen CO₂-Emissionsbudgets durch Finanztransfers in Länder, die dadurch Möglichkeiten zur Nicht-Ausschöpfung ihrer Emissionsbudgets gewinnen, verbleibt erheblicher Untersuchungsbedarf. Das gilt auch für die Möglichkeiten und Grenzen sowie die Kosten negativer Emissionen.

**Das Potenzial von
Finanztransfers hat
Grenzen, und
Emissionsminde-
rungen im eigenen
Land müssen
Priorität haben.**

Die Größenordnung der bereits heute abschätzbaren Kosten sowie auch die erkennbar begrenzten Potenziale für den Ausgleich von CO₂-Emissionsbudgets in anderen Staaten oder durch negative Emissionen führen jedoch auch zu dieser deutlichen Erkenntnis: Die weitestmögliche Umsetzung der Potenziale zur Emissionsminderung im eigenen Land sollte und müsste ganz klar den prioritären Handlungsansatz bilden. Finanztransfers und negative Emissionen sollten aus einer strategischen Perspektive sehr klar und konsequent als Ergänzungsoptionen zum Ausgleich nicht mehr vermeidbarer Lücken bei der Emissionsminderung verstanden werden und nicht als Option, die einheimischen Anstrengungen zur Emissionsminderung zu verringern.

7. Referenzen

BP (2021): *BP Statistical Review of World Energy, 2021 – 70th edition*.

London, Juli 2021. Online verfügbar unter <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

EC – European Commission (2019): *The European Green Deal, Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee of the Regions*. COM(2019) 640 final. Brüssel, 2019. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

EC – European Commission (2019): *The European Green Deal, Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee of the Regions*. COM(2019) 640 final. Brüssel, 2019. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

Friedlingstein, P.; O’Sullivan, M.; Jones, M. W.; Andrew, R. M.; Hauck, J.; Olsen, A.; Peters, G. P.; Peters, W.; Pongratz, J.; Sitch, S.; Le Quéré, C.; Canadell, J. G.; Ciais, P. et al. (2020): „Global Carbon Budget 2020, Data description paper“. In: *Earth System Science Data* 12 (4), S. 3269–3340. Online verfügbar unter <https://essd.copernicus.org/articles/12/3269/2020/>, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

Gütschow, J.; Günther, A.; Jeffery, M. L.; Gieseke, R. (2021): *The PRIMAP-hist national historical emissions time series (1850-2018) v2.2*. Potsdam, 2021. Online verfügbar unter https://www.pik-potsdam.de/paris-reality-check/primap-hist/PRIMAP-hist_v2.2_data-description.pdf, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

Gütschow, J.; Jeffery, M. L.; Gieseke, R.; Gebel, R.; Stevens, D.; Krapp, M.; Rocha, M. (2016): „The PRIMAP-hist national historical emissions time series“. In: *Earth System Science Data* 8 (2), S. 571–603. DOI: 10.5194/essd-8-571-2016.

Hydrogen Council; McKinsey – McKinsey & Company (2021): *Hydrogen Insights, A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness*. Brüssel, Februar 2021. Online verfügbar unter <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/02/Hydrogen-Insights-2021.pdf>, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2018): *Global warming of 1.5°C, An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Genf, 2018. Online verfügbar unter https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2021): *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Genf, 2021. Online verfügbar unter https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

IRENA – International Renewable Energy Agency (2020): *Renewable Power Generation Costs in 2019*. Abu Dhabi, Juni 2020. Online verfügbar unter https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

Lazard (2020): *Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis, Version 14.0*. New York, Oktober 2020. Online verfügbar unter <https://www.lazard.com/media/451419/lazards-levelized-cost-of-energy-version-140.pdf>, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

Matthes, F. C. (2021): *LULUCF-Quellen und Senken in den deutschen Treibgas-Emissionsinventaren. Kurzanalyse für den Deutschen Naturschutzring (DNR)*. Berlin, 11.02.2021. Online verfügbar unter https://www.dnr.de/fileadmin/Positionen/21-02-23-Memo_Inventare_LULUCF.pdf, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

Öko-Institut (2020): *Wasserstoff sowie wasserstoffbasierte Energieträger und Rohstoffe, Eine Überblicksuntersuchung*. Berlin, 04.09.2020. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Wasserstoff-und-wasserstoffbasierte-Brennstoffe.pdf>, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

Öko-Institut (2021): *Die Wasserstoffstrategie 2.0 für Deutschland. Untersuchung für die Stiftung Klimaneutralität (SKN)*. Berlin, 13.05.2021. Online verfügbar unter <https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2021/06/Öko-Institut-2021-Die-Wasserstoffstrategie-2.0-fuer-Deutschland-1.1.pdf>, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut – Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (2021): *Klimaneutrales Deutschland 2045: Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann*. Berlin, 2021. Online verfügbar unter https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_01_DE_KNDE2045/KNDE2045_Langfassung.pdf, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2020): *Umweltgutachten 2020: Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa, Umweltgutachten 2020*. Berlin, 2020. Online verfügbar unter https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Entschlossene_Umweltpolitik.pdf?__blob=publicationFile&v=30, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

UBA – Umweltbundesamt (2021a): *Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 bis 2019, Detaillierte Berichtstabellen CRF 2021*. Dessau-Roßlau, Januar 2021. Online verfügbar unter https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art07_inventory/ghg_inventory/envyd8ltq/, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

UBA – Umweltbundesamt (2021b): *Vorjahresschätzung der deutschen Treibhausgas-Emissionen für das Jahr 2020*. Dessau-Roßlau, 15.03.2021. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/emissionsuebersichten-in-den-sektoren-des>, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2015): *Paris Agreement*. Paris, 2015. Online verfügbar unter http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf, zuletzt geprüft am 31.08.2021.

World Bank (2021): *World Development Indicators Database*, Last Updated: 03/19/2021. Washington D.C., 2021. Online verfügbar unter <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=World-Development-Indicators>, zuletzt geprüft am 31.08.2021.



Mehr WWF-Wissen
in unserer App.
Jetzt herunterladen!



iOS



Android



Auch über einen Browser
erreichbar

Unterstützen Sie den WWF

IBAN: DE06 5502 0500 0222 2222 22



best brands

2020 das deutsche
markenranking

**WWF ist die beste
Nachhaltigkeits-
organisation 2020**

Best Brands Awards 02/2020
wwf.de/bestbrands



Unser Ziel

Wir wollen die weltweite Zerstörung der Natur und Umwelt stoppen und eine Zukunft gestalten, in der Mensch und Natur in Einklang miteinander leben.

WWF Deutschland
Reinhardtstraße 18 | 10117 Berlin
Tel.: +49 30 311777-700
info@wwf.de | wwf.de