

CLIMATE CHANGE

31/2024

Grundlagen von CO₂-Budgets

Hintergrundpapier

von:

Karlotta Schultz, Katja Purr, Jens Tambke, Larissa Kleiner, Juliane Berger, Frederik Pischke, Dirk Günther, Dana Ruddigkeit

Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Herausgeber:

Umweltbundesamt

CLIMATE CHANGE 00/2024

Grundlagen von CO₂-Budgets

Hintergrundpapier

von

Karlotta Schultz, Katja Purr, Jens Tambke, Larissa Kleiner,
Juliane Berger, Frederik Pischke, Dirk Günther,
Dana Ruddigkeit
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt

Wörlitzer Platz 1

06844 Dessau-Roßlau

Tel: +49 340-2103-0

Fax: +49 340-2103-2285

buergerservice@uba.de

Internet: www.umweltbundesamt.de

Redaktion:

Fachgebiet V 1.2 Strategie und Szenarien zu Klimaschutz und Energie

Karlotta Schultz, Katja Purr, Kirsten op de Hipt (Layout)

Fachgebiet V 1.1 Klimaschutz

Larissa Kleiner, Jens Tambke, Juliane Berger, Frederik Pischke

Fachgebiet V 1.6 Emissionssituation

Dirk Günther

Fachgebiet I 1.3 Rechtswissenschaftliche Umweltfragen

Dana Ruddigkeit

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, Juli 2024

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen*Autoren.

Kurzbeschreibung: Grundlagen von CO₂-Budgets

Für die Klimawissenschaft sind CO₂-Budgets eine wesentlich Berechnungsgrundlage und ein aussagekräftiges Instrument, um die Klimakrise zu verdeutlichen. Dieses Hintergrundpapier stellt eine generelle Einführung zum klimawissenschaftlichen Konzept der CO₂-Budgets und der notwendigen Annahmen und Entscheidungen zur Berechnung von CO₂-Budgets dar. Diskutiert werden auch Gerechtigkeitsaspekte einer fairen Verteilung des globalen CO₂-Restbudgets auf Nationalstaaten angesichts der Dringlichkeit der Klimakrise sowie die Bedeutung des CO₂-Budget-Ansatzes für die deutsche Klimapolitik.

Abstract: Foundations of carbon budgets

For climate science, carbon budgets are an essential basis for calculation and a powerful tool to illustrate the climate crisis. This background paper provides a general introduction to the climate science concept of carbon budgets and the necessary assumptions and decisions for calculating them. It also discusses the equity aspects of fairly distributing the global residual carbon budget among nation states in view of the urgency of the climate crisis and the significance of the carbon budget approach for German climate policy.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	8
1 Einleitung.....	9
2 Vom Grundgedanken zu den CO ₂ -Budgets	10
2.1 Das Grundkonzept hinter den globalen CO ₂ -Budgets.....	10
2.2 Ineinandergreifen zweier Konzepte: CO ₂ -Budgets als Messlatte für Minderungspfade	12
2.3 Variable: Nicht-CO ₂ -Emissionen.....	13
2.4 Variable: Ansätze zur Verteilung des globalen Budgets auf Staaten	13
2.5 Variablen: Negativemissionen und Overshoot	16
3 Fairness und Gerechtigkeit bei der Verteilung von CO ₂ -Budgets	18
4 Der CO ₂ -Budget-Ansatz in der deutschen Klimapolitik	21
4.1 Bedeutung und Grenzen von CO ₂ -Budgets für eine ambitionierte deutsche Klimapolitik...	21
4.2 Welchem CO ₂ -Budget entspricht das Bundes-Klimaschutzgesetz?	24
5 Quellenverzeichnis	25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Nahezu lineares Verhältnis zwischen kumulativen CO ₂ -Emissionen und dem Anstieg der globalen Überflächentemperatur (entnommen aus IPCC 2021a SPM.10)	10
--------------	--	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Globale CO ₂ -Restbudgets ab 2020 (IPCC 2021a, Forster et al. 2023)	11
Tabelle 2:	Kategorisierungen von Verteilungsansätzen und ihre Begründungen	14
Tabelle 3:	Übersicht zu ausgewählten CO ₂ -Budgets für Deutschland	22

Abkürzungsverzeichnis

BVerfG	Bundesverfassungsgerichts
CO₂	Kohlenstoffdioxid
GWP	Global Warming Potential
IAM	Integrated-Assessment-Modell
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
LDC	wenigsten entwickelte Länder
NDC	National festgelegte Beiträge (nationally determined contributions)
SIDS	kleine Inselentwicklungsländer
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
ÜvP	Übereinkommen von Paris

1 Einleitung

Das Konzept der CO₂-Budgets ist zentral in der Klimawissenschaft und erhält auch im Kontext deutscher Klimapolitik immer wieder Aufmerksamkeit. So bezog sich der Beschluss des Bundesverfassungsgerichts (BVerfG) zum Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) auf CO₂-Budgets, die der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU 2020) errechnet hatte. Gemeinhin beschreiben CO₂-Budgets, wieviel CO₂ global noch ausgestoßen werden darf, um eine bestimmte Temperaturerhöhung nicht zu überschreiten, z. B. das Ziel der Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf deutlich unter 2 Grad bzw. 1,5 Grad aus dem Übereinkommen von Paris (ÜvP). Die dahinterstehende Aussage ist klar und verschafft der Dringlichkeit des Klimaschutzes Ausdruck: Zu einem gewissen Zeitpunkt müssen die weltweiten CO₂-Emissionen netto-Null erreichen, um die Erderwärmung zu begrenzen, und mit jeder ausgestoßenen Tonne CO₂ rückt dieser Moment näher. Fest steht, dass jede weitere emittierte Tonne CO₂ den Treibhauseffekt für tausende von Jahren verstärkt. Bisher ungenutzte fossile Ressourcen müssen deswegen unbedingt weiterhin ungenutzt bleiben.

Das Konzept der CO₂-Budgets - ebenso wie jedes Konzept in der Klimapolitik - bedarf zahlreicher methodischer, modelltechnischer und politisch-gesellschaftlicher Annahmen und Entscheidungen, um anwendbar zu werden. Die sich dabei stellenden Fragen sind abhängig vom Kontext und der politischen Ebene (lokal bis global). Eine wesentliche, ungelöste Schwierigkeit des Budgetansatzes auf internationaler Ebene liegt in der seit mindestens 30 Jahren diskutierten Frage, wie eine Nutzungsverteilung der globalen, atmosphärischen CO₂-Belastbarkeit historisch gerecht zwischen Nationalstaaten ausgestaltet werden kann.

2 Vom Grundgedanken zu den CO₂-Budgets

2.1 Das Grundkonzept hinter den globalen CO₂-Budgets

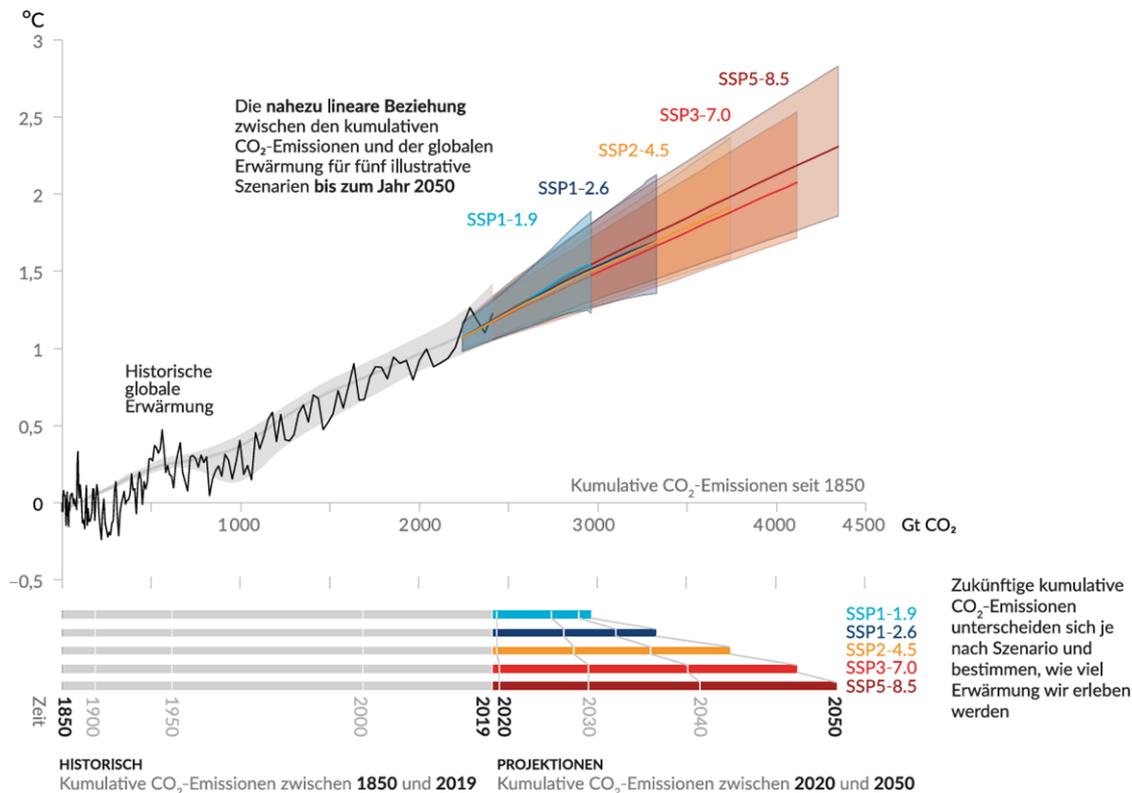
Das Konzept der CO₂-Budgets¹ fußt auf dem nahezu proportionalen Verhältnis zwischen CO₂-induzierter Erderwärmung und den kumulativen CO₂-Emissionen in der Atmosphäre (Matthews et al. 2020, S. 771). Dieser physikalische Zusammenhang erlaubt es, Aussagen darüber zu treffen, wieviel CO₂ abseits des natürlichen CO₂-Kreislaufs noch ausgestoßen werden darf bis eine gewisse Temperaturobergrenze mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit überschritten wird. Die Direktheit des Zusammenhangs verschafft Klarheit darüber, wie dringlich ambitionierter Klimaschutz ist.

Abbildung 1 visualisiert dieses nahezu lineare Verhältnis. Die beobachtete Erderwärmung steigt proportional mit den bereits in der Atmosphäre akkumulierten CO₂-Emissionen. In den Szenarien für zukünftige Entwicklungen wird je nach kumulierten CO₂-Emissionen eine höhere oder niedrigere Erderwärmung bis z. B. 2050 erreicht.

Abbildung 1: Nahezu lineares Verhältnis zwischen kumulativen CO₂-Emissionen und dem Anstieg der globalen Oberflächentemperatur (entnommen aus IPCC 2021a SPM.10)

Jede Tonne CO₂-Emissionen erhöht die globale Erwärmung

Anstieg der globalen Oberflächentemperatur seit 1850–1900 (°C) als Funktion der kumulativen CO₂-Emissionen (Gt CO₂)



Quelle: IPCC 2021a, Abbildung SPM.10

¹ Der englische Begriff ‚carbon budget‘ lautet direkt übersetzt ‚Kohlenstoffbudget‘. Der IPCC verwendet diesen Begriff, da die Einheiten an verbleibenden t CO₂ bis zur Überschreitung eines bestimmten Temperaturanstieges mithilfe von Szenarien, die auch Nicht-CO₂-Effekte umfassen, berechnet werden. In diesem Papier wird jedoch der Begriff ‚CO₂-Budget‘ genutzt, um kenntlich zu machen, dass das angegebene Budget nur CO₂-Emissionen beinhaltet.

Wichtig ist, dass jede Aussage, die anhand dieses grundlegenden Konzeptes getroffen wird, bereits Annahmen beinhaltet, die über den reinen physikalischen Zusammenhang hinausgehen. Sie sind sowohl von naturwissenschaftlichen Entscheidungen, als auch gesellschaftspolitischen und sozialwissenschaftlichen Entscheidungen (z. B. Wahl des Global Warming Potentials (GWP), Temperaturobergrenze, Eintrittswahrscheinlichkeit, hinterlegte Emissionsszenarien für Nicht-CO₂-Emissionen) abhängig. Diese Weichenstellungen können gut begründet und nachvollziehbar sein, sodass keine beliebigen CO₂-Budgets entstehen. Stattdessen eröffnen sie eine gewisse Spannbreite an plausiblen CO₂-Budgets für den jeweiligen Kontext.

Für die Klimawissenschaft, insbesondere die Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Berichte, sind die daraus berechneten CO₂-Restbudgets eine wesentlich Berechnungsgrundlage und ein aussagekräftiges Instrument, um die Klimakrise zu verdeutlichen.

Definitionen: Gesamtes CO₂-Budget und CO₂-Restbudget

Das „**gesamte CO₂-Budget**“ ist die Menge an anthropogenen CO₂-Emissionen, die insgesamt seit Beginn der Industrialisierung (ab 1850) ausgestoßen werden können, bis ein bestimmter Temperaturanstieg, z. B. 1,5 °C, mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit erreicht ist. Zieht man hiervon die historischen CO₂-Emissionen bis zum aktuellen Zeitpunkt ab, erhält man die Menge, die als „**CO₂-Restbudget**“ vom gesamten CO₂-Budget noch zur Verfügung steht. Insbesondere auf nationaler Ebene wird häufig vom „CO₂-Budget“ gesprochen, obwohl das „CO₂-Restbudget“ gemeint ist.

Im Sechsten Sachstandsbericht (AR 6) des IPCC liegen globale CO₂-Budgets vor. Mittlerweile sind die CO₂-Restbudgets relativ gering verglichen mit den globalen Emissionen. Zudem steigt der CO₂-Ausstoß weltweit weiterhin - wenn auch verlangsamt. Aus diesen Gründen fallen die Aktualisierungen dieser absoluten CO₂-Budgets deutlich geringer aus, wenn die Jahre 2020, 2021 und 2022 integriert werden. So beträgt das 1,5 °C-CO₂-Restbudget ab 2023 nur noch 250 GtCO₂ (50 %), was eine Halbierung der CO₂-Restbudgets ab 2020 gleichkommt. Das 2 °C-CO₂-Restbudget (50 %) beträgt 1.150 GtCO₂ (Forster et al. 2023).

Tabelle 1: Globale CO₂-Restbudgets ab 2020 (IPCC 2021a, Forster et al. 2023)

	Wahrscheinlichkeit 67 %			Wahrscheinlichkeit 50 %		
	1,5 °C	1,7 °C	2 °C	1,5 °C	1,7 °C	2 °C
AR6 CO ₂ -Budget ab 01.01.2020	400 GtCO ₂	700 GtCO ₂	1.150 GtCO ₂	500 GtCO ₂	850 GtCO ₂	1.350 GtCO ₂
Forster et al. 2023 ab 2023	150 GtCO ₂	500 GtCO ₂	950 GtCO ₂	250 GtCO ₂	600 GtCO ₂	1.150 GtCO ₂

Quelle: IPCC 2021a, Tabelle SPM.2; Forster et al. 2023

Unsicherheiten treten aus verschiedenen Gründen auf: Historische Temperaturunsicherheiten (resultierende Schwankung der Budgets ca. ±500 GtCO₂) sowie Nicht-CO₂-Antrieb und -Reaktionen (ca. ±20 GtCO₂) werden teilweise durch die in der Tabelle 1 angegebenen Unsicherheiten adressiert. Unsicherheiten über derzeitige Emissionen seit 2015 (ca. ±20 GtCO₂ im Budget) und Reaktionen des Klimas nach Netto-Null-CO₂-Emissionen (ca. ±420 GtCO₂) stehen separat und stellen potentielle Schwankungen dar. Weitere Schwankungen von ±220 GtCO₂ resultieren aus Unsicherheiten bezüglich der Entwicklung zukünftiger Nicht-CO₂-Emissionen. Diese Unsicherheitsfaktoren können jeweils sowohl zu einer Vergrößerung, als auch zu einer Verkleinerung der realen CO₂-Budgets führen.

Angesichts der im Jahr 2023 erreichten globalen Durchschnittstemperatur und den zu erwartenden Temperaturen in 2024 ist es möglich, dass das Restbudget für 1,5 °C bereits deutlich kleiner ist als die oben genannten 250 GtCO₂, und damit auch das Restbudget für 2 °C am unteren Rand der o. g. Spanne zu verorten ist.

Auch wenn sich immer noch deutliche Unsicherheiten ergeben, ist die Berücksichtigung dieser CO₂-Budgets für den internationalen Klimaschutz notwendig und gut begründet. Andere Herangehensweisen an globale und nationale Emissionsziele (z. B. Netto-Null-Jahreszahlen) können niemals genauer sein, da sie direkt oder indirekt immer auf diesen Budgetberechnungen beruhen.

2.2 Ineinandergreifen zweier Konzepte: CO₂-Budgets als Messlatte für Minderungspfade

Auf einer rein konzeptionellen Ebene stellt sich das Verhältnis zwischen CO₂-Budgets und Minderungspfaden vermeintlich simpel dar: Während ein CO₂-Budget das Ziel festlegt, können Minderungspfade aufzeigen, in welcher Weise das Ziel erreicht werden kann, sprich, wie das Budget über die Zeitachse hinweg aufgeteilt wird. Ein CO₂-Budget macht die Menge von CO₂-Emissionen für eine Temperaturobergrenze mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit quantifizierbar und Minderungspfade geben an, auf welchen verschiedenen Wegen diese Menge realistischerweise über einen Zeitraum erreicht werden kann. Diese Minderungspfade können eine unterschiedliche Minderungsdynamik aufweisen, z. B. anfangs starke und später moderate Minderungen, oder anfangs moderate, später dafür sehr starke Minderungen (IPCC 2021b, Abbildung 1). Die THG-Minderungspfade, wie sie auch im KSG mit den Jahresemissionsmengen und den prozentualen Minderungszielen für Deutschland verankert sind, enthalten also einen anderen „Informationsgehalt“, der für die konkrete Klimapolitik auch dann unabdingbar ist, wenn ein nationales CO₂-Budget festgelegt wird. Minderungspfade, die auf andere Weise als mithilfe eines CO₂-Budgets konzipiert wurden, können verschiedene oder zufällig dasselbe CO₂-Budget implizieren. Damit bauen beide Konzepte aufeinander auf und leisten ergänzende Beiträge für aussagekräftige Klimaschutzziele.² Auf der Ebene der Budget-Berechnung verläuft die Abhängigkeit der Konzepte auch in die andere Richtung: zur Berechnung der globalen CO₂-Budgets werden Nicht-CO₂-Emissionsszenarien zu Hilfe genommen (Kapitel 2.3). Dadurch basieren die Budgets zu einem gewissen Teil auf angenommenen Nicht-CO₂-Minderungspfaden.

Eine Übersetzung des grundlegenden Konzepts braucht es auch, um CO₂-Budgets von der globalen Ebene auf die Nationalstaaten herunterzubrechen. Ein nationales CO₂-Budget ist eine notwendige Grundlage für ÜvP-kompatible, nationale Minderungspfade, unter Berücksichtigung der oben genannten Kritikpunkte. Ein bestimmtes und quantitativ fixiertes, nationales CO₂-Budget lässt sich aber nicht ohne Wertungen aus einem globalen CO₂-Budget ableiten (siehe Kapitel 2.4 und Kapitel 3) und damit auch die nationalen Minderungspfade nicht.

Auch ist zu beachten, dass nationale Minderungspfade häufig alle THG enthalten, während die CO₂-Budgets nur für CO₂-Emissionen gelten (siehe Kapitel 2.3). In diesem Fall können nationale Szenarien zur Entwicklung von Nicht-CO₂-Emissionen ergänzend hinzugezogen werden. Diese sind nicht identisch mit den Emissionsszenarien auf globaler Ebene.

² So stellt es auch das BVerfG in seinem Beschluss vom Juni 2021 fest (BVerfG, Beschl. v. 24.03.2021 – 1 BvR 2656/18 - Rn. 217): „Denn Treibhausgasreduzierungsziele ersetzen diese Herangehensweise [des CO₂-Budgets] nicht, sondern setzen sie voraus.“

2.3 Variable: Nicht-CO₂-Emissionen

Von CO₂-Budgets allein kann nicht vollumfänglich die Ambition und die Erfolgskontrolle der Klimaschutzbemühungen abgeleitet werden, da Nicht-CO₂-Emissionen einen wesentlichen Faktor bei der Erderwärmung darstellen, im CO₂-Budget jedoch nicht enthalten sind. Die meisten Nicht-CO₂-Emissionen weisen aufgrund ihrer kürzeren Verweildauer in der Atmosphäre nicht das selbe lineare Verhältnis zwischen Temperaturänderung und kumulierten Emissionen auf wie CO₂-Emissionen. In anderen Zusammenhängen können alle THG-Emissionen miteinander verrechnet werden, weil ein bestimmter Zeitraum, z. B. bis zum Ende des Jahrhunderts, untersucht wird und die Treibhausgaswirkung eines Moleküls für diese Jahre kalkuliert werden kann. Bei dem zeitunabhängigen CO₂-Budget ist dies nicht möglich.

Allerdings werden CO₂-Budgets anhand von mittleren Emissionsszenarien errechnet, die Effekte von Nicht-CO₂-Emissionen beinhalten. Erfolgen ambitioniertere Reduktionen von Nicht-CO₂-Emissionen, fällt das CO₂-Budget größer aus bzw. bei geringeren Reduktionen kleiner (IPCC 2021a, Tabelle SPM.2). Hierfür wird anhand von Multi-Gas-Emissionsszenarien der Punkt einer Temperaturüberschreitung modelliert und anschließend die CO₂-Emissionen, die bis zu diesem Zeitpunkt in den Szenarien anfallen, summiert (Rogelj et al. 2016, S. 248). Damit integriert die Berechnung des CO₂-Budgets Annahmen über schwierig vorherzusagende soziopolitische und technische Veränderungen aus Emissionsszenarien inklusive Erwartungen über die Entwicklung von Negativemissionen.

2.4 Variable: Ansätze zur Verteilung des globalen Budgets auf Staaten

Das grundlegende Konzept der CO₂-Budgets erlaubt direkte Aussagen nur zur globalen Emissionsmenge in der Atmosphäre. Welchen Anteil eines globalen CO₂-Budgets ein einzelner Staat ausstoßen darf, sprich welchen Anteil an der CO₂-Belastbarkeit der Atmosphäre, also der „Allmende“³ oder dem „global common good“⁴ beansprucht wird, ist nicht klimawissenschaftlich ableitbar. Für eine solche Verteilung auf Staaten lassen sich sieben Verteilungsansätze unterscheiden, die teilweise miteinander kombiniert werden (siehe Tabelle 2). Nicht alle Verteilungsansätze sind auf Begründungen gestützt, die einem Gerechtigkeitsprinzip des internationalen Umweltrechts folgen (siehe Kapitel 3). Diese Verteilungsansätze teilen Emissionsanteile am CO₂-Restbudget und damit Verantwortlichkeiten für Emissionsminderungen unterschiedlich zu. Dies impliziert, dass generelle Prinzipien von Verantwortlichkeiten für Klimaschutz angewendet werden, selbst wenn das CO₂-Budget explizit nur für einen bestimmten Staat errechnet wird.

³ Allmende bedeutet u.a. „Gemeingut“.

⁴ Deutsch: globales Gemeingut

Tabelle 2: Kategorisierungen von Verteilungsansätzen und ihre Begründungen

Verteilungsansatz	Verteilungsgrundsatz	Begründung des Verteilungsgrundsatzes	Methode zur Zuweisung von Emissionsberechtigungen, Reduktionstielen oder CO ₂ -Budget für Länder oder Regionen	Gerechtigkeitsprinzipien	Gerechtigkeitsindikator
Grandfathering	Souveränität	fällt unter die Kategorie „angeeignetes Rechte“, d. h. die Rechte basieren auf Gewohnheiten und Gebräuchen	Emissionspfad: Die Zuteilung von Emissionszertifikaten erfolgt im Verhältnis zu den aktuellen Emissionsanteilen. CO ₂ -Budget: Zuteilung auf der Grundlage der aktuellen Emissionsanteile	-	-
Unmittelbare Pro-Kopf-Konvergenz	Gleichheit	basiert auf der geteilten Humanität und dem gleichen Wert aller Menschen, die den gleichen Anspruch auf globale kollektive Güter haben (gleiche individuelle Rechte am atmosphärischen Raum); d.h. es existiert kein (relevantes) Unterscheidungsmerkmal, das einigen Menschen mehr/ weniger Zugang zu einem unteilbaren/ kollektiven Gut verschafft (Pan et al. 2014).	Emissionspfad: Die Zuteilung von Emissionszertifikaten erfolgt unmittelbar im Verhältnis zum Bevölkerungsanteil CO ₂ -Budget: Die Zuteilung basiert vollständig auf den durchschnittlichen (prognostizierten) Bevölkerungsanteilen im Zeitraum von heute bis zum Jahr 2100	Gleichheit Gemeinsame, aber unterschiedliche Verantwortung	Gleichheit
Pro-Kopf-Konvergenz	Souveränität/ Gleichheit	Kombination aus Grandfathering und Unmittelbare-Pro-Kopf-Konvergenz	Emissionspfad: Die Pro-Kopf-Emissionszertifikate der Länder konvergieren bis zu einem Konvergenzdatum linear von den derzeitigen Anteilen der Länder hin zu gleichen Pro-Kopf-Werten. Danach werden die Zertifikate auf der Grundlage gleicher Pro-Kopf-Werte zugeteilt. CO ₂ -Budget: Zuteilung der nationalen Budgets auf der Grundlage der aktuellen Emissionsanteile und des Bevölkerungsanteils (d.h. eine Kombination aus Grandfathering und Unmittelbare-Pro-Kopf-Konvergenz)	Gleichheit Gemeinsame, aber unterschiedliche Verantwortung	Emission pro Kopf
Gleiche kumulierte Pro-Kopf-Emissionen	Gleichheit/ Verantwortung	Eine große Menge an kumulierten Emissionsberechtigungen pro Kopf in den Industrieländern hat das globale Emissionskontingent	Emissionspfad: wird nicht dargestellt, da er in der Regel aus einem CO ₂ -Budget berechnet wird CO ₂ -Budget: Zuteilung von nationalen CO ₂ -Budgets auf der Grundlage der kumulativen Pro-Kopf-Emissionen in einem	Gemeinsame, aber unterschiedliche Verantwortung	Emissionen pro Kopf Verantwortung Kumulative THG

Verteilungsansatz	Verteilungsgrundsatz	Begründung des Verteilungsgrundsatzes	Methode zur Zuweisung von Emissionsberechtigungen, Reduktionstielen oder CO ₂ -Budget für Länder oder Regionen	Gerechtigkeitsprinzipien	Gerechtigkeitsindikator
		überproportional in Anspruch genommen (Pan et al. 2014).	bestimmten Zeitraum, die für alle Länder gleich sind. Unter Einbeziehung historischer kumulativer Emissionen (Verantwortung) und basierend auf dem Anteil der Bevölkerung (Gleichheit)		
Lastenteilung	Leistungsvermögen – Bedürfnisse	Basiert auf der Fähigkeit Lasten zu tragen	Emissionspfad und CO ₂ -Budget: Die Ziele für die Verringerung der Emissionen oder des CO ₂ -Budgets gegenüber dem Ausgangswert werden auf der Grundlage des jährlichen Pro-Kopf-BIP (Emissionspfad) oder des durchschnittlichen Pro-Kopf-BIP zugewiesen	Gemeinsame, aber unterschiedliche Verantwortung	Emissionen pro Kopf Kumulative THG
Greenhouse development rights	Verantwortung/ Leistungsvermögen - Bedürfnisse	Wahrung des Rechts der Menschen ein ‚würdiges Niveau einer nachhaltigen, menschlichen Entwicklung‘ zu erreichen (Baer et al. 2008). Ansatz basiert auf dem ‚Brazilian Proposal‘ (UNFCCC 1997; den Elzen et al. 2005).	CO ₂ -Budget: Berücksichtigt sowohl die Verantwortung als auch die Fähigkeit. Die Emissionsreduktionsziele (oder das globale CO ₂ -Budget) werden auf der Grundlage eines Verantwortungs-Kapazitäts-Index (VKI) zugewiesen, der das Pro-Kopf-BIP und die Einkommensverteilung berücksichtigt. Da Daten für den VKI nur bis 2030 verfügbar sind, wird er ab 2030 konstant gehalten, um den durchschnittlichen VKI im Zeitraum 2010-2100 zu ermitteln. Emissionspfad: Es werden jährliche VKI-Zahlen verwendet, und ab 2030 wird eine lineare Konvergenz zu AP*-Ergebnissen angenommen.	Gemeinsame, aber unterschiedliche Verantwortung	Emissionen pro Kopf Kumulative THG Verantwortung
Kosten-Optimum	Kosteneffektivität	Berechtigung nach den geringsten-Kosten-Optionen aus Grenzvermeidungskosten der Emissionen Kurven	Zuteilung von Emissionszertifikaten auf der Grundlage von Minderungspotenzialen. Die Emissionen könnten in jedem Land in dem Maße reduziert werden, in dem die Grenzkosten für weitere Reduktionen in allen Ländern gleich sind. Die Zuteilung hängt in hohem Maße von den angenommenen Kurven der Grenzvermeidungskosten ab.	-	-

Quelle: Eigene Darstellung nach Berg et al. 2020. und Rajamani et al. 2021, Umweltbundesamt

Besonders Länder des globalen Südens, die häufig geringe historische und/oder geringe aktuelle Pro-Kopf-Emissionen aufweisen, befürworten eine nationale Verteilung des globalen CO₂-Restbudgets. Beinahe alle Verteilungsansätze würden zu vergleichsweise großen CO₂-Restbudgets für Entwicklungsländer führen und entsprechend für viele entwickelte Länder mit hohen Pro-Kopf-Emissionen besonders schnelle und ambitionierte Anstrengungen zur Emissionsminderung erfordern. Nur zwei der gängigen Ansätze bilden dabei eine Ausnahme: der Kosten-Optimum-Ansatz und der Grandfathering-Ansatz, der sich auf die bisherige Emissionsverteilung bezieht (Berg et al. 2020). Im Sinne einer Übernahme historischer Verantwortung sind verstärkte Klimaschutzanstrengungen in entwickelten Ländern für den Erfolg der globalen Klimapolitik unabdingbar (Kapitel 3). Die internationalen Menschenrechtskonventionen legen aus Sicht des UBA nahe, dass hier ein Pro-Kopf-Ansatz als Grundlage gewählt werden sollte (vgl. auch Rajamani et al.). So besagt bereits Artikel 1 der Allgemeinen Erklärung der Menschenrechte (AEMR) von 1948: „Alle Menschen sind frei und gleich an Würde und Rechten geboren [...]“ (UN 1948).

Definitionen: Territorialbasierte CO₂-Budgets und konsumbasierte CO₂-Fußabdrücke

Das **Territorialprinzip** erfasst diejenigen Emissionen, die auf dem Territorium eines Nationalstaates entstehen. Emissionen werden hier sektorspezifisch erfasst. Das **Konsumprinzip** teilt Emissionen hingegen dorthin zu, wo die Produkte und Dienstleistungen konsumiert werden. Emissionen können sektorspezifisch oder auch produktspezifisch angegeben werden (z. B. Nahrungsmittel, Kleidung, Elektronik etc.) (UNEP 2020, S. 7). Entwickelte Länder haben in der Regel höhere konsumbasierte Emissionen, da sie mehr verbrauchen und an die Produktion höhere Standards anlegen können.

Die Verteilungsansätze in Tabelle 2 implizieren keine Entscheidung hinsichtlich des einen Prinzips. Die internationalen Emissionsberichtspflichten bauen jedoch alle auf dem Territorialprinzip auf, während konsumbasierte Emissionen aufgrund weit verzweigter Lieferketten und fehlender Berichtspflichten bisher nur schwierig messbar sind. Deswegen wird meistens vom Territorialprinzip ausgegangen. Allerdings ist dieses unzureichend, um zu verstehen, welche Lieferketten, Transportwege und Konsummuster in einer globalisierten Weltwirtschaft zu Emissionen führen und welche Politiken wirkungsvoll angesetzt werden könnten (IPCC 2022b, Ch 2.3). Aus der Perspektive der Klimagerechtigkeit ist der konsumbasierte Ansatz zudem aussagekräftiger, da er verdeutlicht, wo sich die letztendlichen Verbraucher*innen der Emissionen befinden.

Der „**individuelle CO₂-Fußabdruck**“ wiederum bezieht sich nicht auf Nationalstaaten, sondern stellt die konsumbasierten Emissionen einer Person dar. Er kann als durchschnittlicher Verbrauch einer Person abgeleitet aus den nationalen Emissionen und der Bevölkerungszahl ermittelt werden. Oder er wird individuell (zumeist durch Abfrage) anhand typischer Konsum- und Dienstleistungsbereiche ermittelt. Im zweiten Fall lässt sich kein Rückschluss auf die nationale Ebene ziehen. Allerdings ermöglicht dieser Ansatz Einblicke in die ungleiche Verteilung von Emissionen innerhalb einer Bevölkerung und ermöglichen es Ungleichheiten zu adressieren. Diese „Budgets“ werden normalerweise nicht auf das globale CO₂-Budget zurück bezogen. Auch steht er in der Kritik, strukturelle Hemmnisse des Klimaschutzes auf das Individuum abzuwälzen.

2.5 Variablen: Negativemissionen und Overshoot

Negative Emissionen sind eine weitere Variable, die in die globalen CO₂-Budgets einfließen können und dadurch ihre Größe beeinflussen (Rogelj et al. 2016). Insbesondere der Umgang mit Negativemissionen im Zusammenhang mit nationalen CO₂-Restbudgets ist kritisch zu beleuchten. Denn durch eine entsprechende CO₂-Bilanzierung könnten zukünftige negative Emissionen die Menge positiver Emissionen, die laut nationalem CO₂-Restbudget vor dem Zeitpunkt von Netto-

Null ausgestoßen werden dürfen, vergrößern, indem sie miteinander verrechnet werden. Da das ÜvP eine Temperaturobergrenze für das Ende des Jahrhunderts definiert, könnte es als Begründung für diese Art der Bilanzierung angeführt werden. Eine solche Bilanz würde das physikalische Grundkonzept der CO₂-Budgets mit modellabhängigen Annahmen zur Entwicklung unterschiedlichster Negativemissionstechnologien und -verfahren verrechnen. Anders als im Fall von Nicht-CO₂-Emissionen würde dadurch die Priorität der Emissionsreduktion durch Vermeidung und Substitution gefährdet. Außerdem würde damit das Vorsorgeprinzip missachtet, weil u. a. die Permanenz von natürlichen Senken – wie auch von geologischen Speichern für technische Senken – unsicher ist und ihre kostenaufwändige Nutzung nicht garantiert werden kann. Drittens würde damit ein Temperatur-Overshoot gerechtfertigt, indem zunächst die Temperaturobergrenze überschritten würde und danach durch negative Emissionen auf eine gewünschte Gradzahl zurück gebracht würde. Eine solche „Umkehr“ auf der Kurve des linearen Verhältnisses zwischen Temperatur und kumulierten CO₂-Emissionen in der Atmosphäre stellt nur bei einem sehr geringen „Overshoot“ ein robustes Konzept dar (Tokarska et al. 2019). Erhebliche Temperatur-Overshoots könnten zur Überschreitung irreversibler Kipppunkte im Klimasystem oder anderen Systemen führen, deren Wiederherstellung wesentlich höhere Negativemissionen als nur die Umkehr des Overshoot benötigen würde. Generell ist zu hinterfragen, inwiefern das lineare Verhältnis zwischen Temperatur und CO₂-Emissionen auch Klimareaktionen in Szenarien mit schnell abnehmenden, Netto-Null- und/oder Netto-Negativ-CO₂-Emissionen abbildet (Matthews et al. 2020, S. 8).

Deswegen besteht größtenteils Konsens darüber, dass der Abrechnungszeitraum nur bis zu dem Zeitpunkt reichen sollte, an dem Netto-Null-CO₂-Emissionen erreicht werden (Matthews et al. 2020, S. 11). Auch die Forderung des SRU (2022), negative Emissionen, die das CO₂-Budget künstlich vergrößern würden, nur zur Kompensation von unvermeidbaren THG-Restemissionen einzusetzen und nicht darüber hinaus anzurechnen, ist zu unterstützen. Dies wäre mit dem KSG kompatibel, in dem die negativen Emissionen des LULUCF-Sektors erst ab 2045 zum Ausgleich von erwarteten unvermeidbaren Restemissionen in die THG-Bilanz einbezogen werden und diese auf das Jahr der Netto-THG-Neutralität fallen.

3 Fairness und Gerechtigkeit bei der Verteilung von CO₂-Budgets

Durch die Festlegung auf ein Temperaturobergrenze im ÜvP ist der CO₂-Budget-Ansatz auch für Nationalstaaten verstärkt in den Fokus gelangt. Denn das ÜvP erlaubt, ein globales CO₂-Restbudget auf Grundlage eines mit der Staatengemeinschaft vereinbarten Korridors an Temperaturobergrenzen (Begrenzung der Erderwärmung auf möglichst 1,5 Grad, deutlich unter 2 Grad) zu bestimmen. Legt man an dieses einen Verteilungsansatz an (siehe Kapitel 2.4), kann für jedes Land ein Anteil am Restbudget bestimmt werden (Chan 2016, S. 294).

Statt diese Möglichkeit einer top-down Verteilung im Rahmen der 1,5-Grad-Grenze umzusetzen, haben sich die Staaten unter dem ÜvP auf den bottom-up Ansatz der „National festgelegten Beiträge“ (NDCs) verständigt. Der bottom-up Ansatz gibt keine bestimmte Budgetaufteilung vor, sondern verlangt regelmäßige Ambitionssteigerungen im Rahmen der NDCs. Diese verlangen eine Begründung, die die Fairness des individuellen Beitrags im Rahmen der gemeinsamen Erreichung des 1,5-Grad Ziels unter Berücksichtigung von Gerechtigkeitsaspekten darlegt (UN-FCCC 2019, Annex I, para. 6). Insofern ist eine Verpflichtung zur Verteilung des globalen CO₂-Restbudgets auf die nationale Ebene in Form der NDCs implizit in Temperaturobergrenzen enthalten (Brown 2018), während die genaue Verteilung Gegenstand des individuellen Begründungs- und Ambitionssteigerungsprozesses der Staaten ist. Einer Verteilung in Form eines top-down Ansatzes sind die Mitgliedsstaaten durch dieses Vorgehen bisher ausgewichen. Ein Einhalten eines mit dem ÜvP kompatiblen globalen CO₂-Restbudgets ist derzeit nicht gegeben.⁵

In beiden Fällen lässt sich aus ethischer Perspektive diskutieren, welche Verteilungsansätze als fair und gerecht begründbar sind. Eine als möglichst fair wahrgenommene Lasten- und Nutzenteilung („faire share“)⁶ (inkl. Minderungs- und Anpassungsmaßnahmen, loss & damage, finanzieller Ausgleich, Kapazitätsaufbau etc.) ist ein wichtiger Baustein für den Erfolg der internationalen Klimapolitik. Der CO₂-Budget-Ansatz lässt diese Verteilungsfragen besonders augenscheinlich werden und konkretisiert sie bezüglich der Aufteilung des globalen CO₂-Restbudgets. Hier sind Analogien mit der Allmendeproblematik zur Übernutzung von Gemeingütern zu erkennen. Denn wenn Ressourcen knapp sind, wie es bei CO₂-Emissionen in Verbindung mit einer Temperaturobergrenze der Fall ist, spielt Verteilungsgerechtigkeit automatisch eine Rolle (McKinnon 2015). Drei Aspekte sind dabei zu berücksichtigen: 1) Wer oder was ist Subjekt der Gerechtigkeit, 2) welche Bürden und Vorteile sollen gerecht verteilt werden und 3) was sind die Verteilungsprinzipien (Grasso 2012)? Bezogen auf das CO₂-Restbudget heißt dies, zu diskutieren, welchen Staaten durch die Zuteilung von CO₂-Restbudgets der Nutzen des Ausstoßes zusteht und Kosten für die Minderungs- und Anpassungsmaßnahmen aufgrund bestimmter fairer und gerechter Prinzipien entstehen.

Begriffsdefinitionen: Fairness und Gerechtigkeit

Fairness und Gerechtigkeit („equity“) werden laut IPCC (2022a) als unparteiische und angemessene Behandlung ohne Begünstigung oder Diskriminierung bezeichnet, wobei jeder Person gleicher Wert und gleiche Möglichkeiten zugesprochen werden. Gleichheit ist ein Prinzip, das jeder Person denselben Wert zuspricht inklusive gleicher Möglichkeiten, Rechte und Pflichten, unabhängig von Abstammung. Fairness ist dabei die Behandlung als solche, während Gerechtigkeit („equity“) das dahinterstehende Prinzip meint. Gerechtigkeit („justice“) als Konzept beschäftigt sich laut UNFCCC

⁵ Kumuliert ergeben alle NDCs zusammen die noch zu erwartenden globalen CO₂-Emissionen. Nach jetzigem Stand würden diese zu einer globalen Erwärmung von ca. 2,6 °C führen und damit die Ziele des ÜvP verfehlen (UNEP 2022).

⁶ Der Begriff „faire share“ wird zwar häufig genutzt, jedoch existiert keine einheitliche Definition. Denkbar ist auch ein breiteres Verständnis, das einen fairen Anteil an Bemühungen zu Minderung des Klimawandels allgemein beschreibt (Rajamani et al. 2021: 984).

2022a, 2022b damit sicherzustellen, dass Menschen erhalten, was ihnen zusteht, wobei moralische und legale Prinzipien von Fairness und Gerechtigkeit zur Behandlung von Personen aufgestellt werden.

Gerechtigkeit lässt sich u. a. aufteilen in Verteilungsgerechtigkeit (Wie sollten Güter und Lasten verteilt werden?), Gendergerechtigkeit (Wie sollte Gerechtigkeit zwischen Männern und Frauen angesichts bestehender Ressourcen, Möglichkeiten und Rechte gestaltet werden?), (inter- und intra-) Generationengerechtigkeit, prozedurale Gerechtigkeit (Wie sollten Prozesse gestaltet sein, damit alle Betroffenen sinnvoll daran beteiligt sind?) und Anerkennungsgerechtigkeit (Wie sollten Menschenwürde und Differenzen zwischen unterschiedlichen Gruppen anerkannt und berücksichtigt werden?) (Klinsky, Winkler 2018, Moosmann et al. 2023).

Gerechtigkeit („equity“) und Fairness mit Bezug zu Verteilungsfragen -wie in Bezug zum CO₂-Restbudget- können sowohl qualitativ, als auch quantitativ beurteilt werden. Qualitative Ansätze beschäftigen sich damit, welche moralischen Prinzipien und Perspektiven angemessen für diese Verteilung sind. Quantitativen Bestimmungen setzen dies mit der Berechnung von nationalen „faire shares“ des globalen CO₂-Restbudgets um (Chan 2016, Rajamani et al. 2021, S. 985).

Zur Begründung der Verteilungsansätzen des CO₂-Restbudgets aus Kapitel 2.4 stehen unterschiedliche Prinzipien zu Verfügung. Sie werden auch von den Staaten zur Legitimierung ihrer NDCs angeführt. Einige dieser Prinzipien stützen sich auf internationales Umweltrecht, z. B. nachhaltige Entwicklung, besondere Umstände, gemeinsame aber unterschiedliche Verantwortungen, Gerechtigkeit („equity“) und inter- und intragenerationelle Gerechtigkeit. Verteilungsansätze, die sich auf das Bruttoinlandsprodukt, am wenigsten entwickelte Länder (LDC) oder kleine Inselentwicklungsländer (SIDS), Verantwortung, kumulative Emissionen oder Emissionen pro Kopf beziehen, werden von einem oder mehreren dieser Prinzipien gestützt (Rajamani et al. 2021). Dies umfasst die Verteilungsansätze ‚unmittelbare Pro-Kopf-Konvergenz‘, ‚gleiche, kumulierte Pro-Kopf-Emissionen‘, ‚Lastenteilung‘ und ‚Greenhouse Development Rights‘ aus Tabelle 2. Sie können prinzipiell als fair definiert werden. Die ‚Pro-Kopf-Konvergenz‘ wird nur teilweise von diesen Prinzipien untermauert.

Bei anderen Prinzipien ist diese Verankerung im internationalen Umweltrecht nicht identifizierbar. Dies gilt für Prinzipien, bei denen sich Staaten auf ihren vergleichsweise geringen Anteil an den globalen Emissionen, auf kostenoptimale Minderungspfade und auf Aufteilungen entsprechend derzeitiger Emissionsniveaus beziehen (Rajamani et al. 2021). Vor diesem Hintergrund sind Verteilungsansätze wie ‚Grandfathering‘ und ‚kostenoptimale Ansätze‘ nicht als fair einstuftbar (siehe Tabelle 2).

Verteilungsgerechtigkeit präzisiert also, wie gehandelt werden *sollte*, und ist damit ein normatives Konzept. Eine gerechte Verteilung des globalen CO₂-Restbudgets ist zunächst losgelöst von Fragen der konkreten Umsetzbarkeit und Machbarkeit der zugewiesenen Emissionsreduktionen.

Angesichts der weit fortgeschrittenen Klimakrise, kann die Ausführbarkeit einer gerechten Verteilung jedoch in einem zweiten Schritt nicht ignoriert werden, weil sie teilweise schon heute an praktischen Limitationen scheitert. So ist z. B. im Falle des Pro-Kopf-Ansatzes absehbar, dass Industrieländer selbst bei größten Minderungsbemühungen ihre „fairen“ Restbudgets nicht werden einhalten können. Das würde bedeuten, dass Länder des Globalen Südens mehr Minderungen übernehmen müssten als von ihnen gerechter Weise verlangt werden kann, wenn die Temperaturobergrenze erreicht werden soll (Ganti et al. 2023). Die meisten Integrated-Assessment-Modells (IAM)-Szenarien, die einen globalen 1,5-Grad-Pfad modellieren, beinhalten Annahmen über eine globale kostenoptimale Verteilung von Minderungen, sodass einige 1,5-Grad-Pfade die noch zur Verfügung stehenden Emissionen auf eine Weise aufteilen, die insbesondere LDCs ohne

zusätzliche finanzielle Unterstützung und Kapazitätsaufbau übermäßige Minderungs- und Vermeidungslasten zuteilt und damit als nicht fair zu bewerten ist. Kostenoptimale Minderungspfade haben also ihre Berechtigung, um Möglichkeitsräume für das Einhalten der knappen Restbudgets aufzuzeigen, nicht aber zur Bestimmung der länderspezifischen Verteilung der globalen Restbudgets (Rajamani et al. 2021: 992). Diese Diskrepanz zwischen normativ angezeigter Zuweisung und praktisch realisierbarer Verteilung bzw. Nutzung des Restbudgets muss adressiert werden. Dies lässt sich auf verschiedene Weisen tun, die hier nicht näher diskutiert werden können. Denkbar sind bspw. finanzielle Ausgleichszahlungen für Minderungsanstrengungen oder ein globaler Handel mit Emissionsberechtigungen.

Solange die NDCs zusammengenommen nicht zur Einhaltung der Paris-Ziele führen, ist eine „faire“ Lastenverteilung kaum zu erreichen, da z. B. Staaten mit unterschiedlich starker Vulnerabilität gegenüber Klimafolgen mit ungleich großem Interesse ambitionierten, globalen Klimaschutz verfolgen. Die „most vulnerable countries“ besitzen etwa ein besonders hohes Interesse an ambitioniertem Klimaschutz. So müssen die Staaten weiter darum streiten, wer welche zusätzlichen Emissions-Reduktionen vornehmen soll. Dies ist eine unweigerliche Folge des bottom-up Ansatzes von Paris („pledge & review“).

Online CO₂-Budget-Rechner

Carbon Budget Explorer: <https://www.carbonbudgetexplorer.eu/>

Climate Equity Reference Calculator: <https://calculator.climateequityreference.org/>

Rating System des Climate Action Tracker: <https://climateactiontracker.org/countries/rating-system/>

4 Der CO₂-Budget-Ansatz in der deutschen Klimapolitik

4.1 Bedeutung und Grenzen von CO₂-Budgets für eine ambitionierte deutsche Klimapolitik

Die Bundesregierung verwendet das Konzept des globalen CO₂-Budgets und dessen Anwendung auf der nationalen Ebene nicht. Sie begründet ihr Vorgehen damit, dass es bisher keine rechtliche Grundlage gebe, ein CO₂-Budget mit starken Unsicherheiten einhergehe, der IPCC nur globale Budgets berechne und nationale Budgets nicht konsensfähig seien (BvR 78/20, 1 BvR 96/20 und 1 BvR 288/20). Das Bundesverfassungsgericht hingegen zieht in seinem Beschluss aus dem März 2021 das Budget-Konzept zur Prüfung der Verfassungsmäßigkeit der Reduktionsziele des KSG heran. Das Bundesverfassungsgericht stellt hierzu in seinem Beschluss vom 24. März 2021 (1 BvR 2656/18) Folgendes fest: Prinzipiell ermöglicht das CO₂-Restbudget, nationale Beiträge auf ihre Plausibilität im Hinblick auf eine Temperaturobergrenze zu überprüfen. Die Vorgehensweise des SRU (2020) sei dabei nachvollziehbar und schlüssig. Aufgrund der verbleibenden Unsicherheiten und der zu treffenden Wertungen bei der Festlegung eines nationalen Budgets lässt sich aus der Verfassung allerdings kein konkret bezifferbares Budget ableiten. Es bleibt Aufgabe des Gesetzgebers, diese Spielräume auszufüllen. Das CO₂-Budget, wie vom SRU berechnet, dient mithin als Überprüfungsmaßstab für die Verfassungsmäßigkeit nationaler Reduktionsziele, kann das verfassungsrechtlich geforderte Ambitionsniveau aber nicht eins zu eins vorgeben.

Anschließend an diesen Beschluss sind die SRU-Budgets und die Pro-Kopf-Verteilung auf die nationale Ebene der zentrale Bezugspunkt für zahlreiche Akteure. Im Jahr 2022 und zuletzt im Jahr 2024 aktualisierte der SRU seine CO₂-Restbudgets für Deutschland (SRU 2022, 2024). Tabelle 3 listet diese und weitere ausgewählte Budgets für Deutschland auf. Während die Budgets, die die Emissionen aus den Jahren nach 2022 nicht berücksichtigen, auf relativ ähnliche Ergebnisse kommen, weist der SRU in seinen Budgets ab 2024 auch Werte unter Null, also überschrittene Budgets, aus. Die Klimaschutzpolitischen Forderungen unterscheiden sich bei allen Studien.

Von dieser Maßgabe, den CO₂-Budgets mit den gesetzlichen Klimazielen Rechnung zu tragen, unterscheiden sich Überlegungen, CO₂-Budgets als Monitoring-Instrument zu etablieren.

Zudem träge eine jährliche Überprüfung eines solchen CO₂-Restbudgets im Zuge des Klimaschutz-Monitorings auf bestehende, etablierte Berichterstattungssysteme und methodisch und damit auch kommunikative Herausforderungen bei der Berichterstattung. Zum einen kommt es in den globalen CO₂-Budgets aufgrund von methodischen Verbesserungen zu Veränderungen, die sich in größeren oder kleineren nationalen Budgets niederschlagen. Ähnlich ist es bei den nationalen Inventaren. Aufgrund methodischer Verbesserungen oder der Berücksichtigung von neuen Emissionsquellen werden die Emissionen in der Zeitreihe bis 1990 in den nationalen Inventaren jährlich neu kalkuliert. Dadurch entstehen jährlich Budgetveränderungen, ohne dass reale Emissionsminderungen oder -steigerungen stattgefunden hätten (Biewald et al. 2022). Zum anderen würde dies ein Parallelsystem eröffnen, das nicht ohne Weiteres kompatibel mit dem bestehenden System der sektorspezifischen absoluten Zielen des KSG (Jahresemissionsmengen) wäre. Im Gegensatz zu den Jahresemissionsmengen würden lediglich CO₂-Emissionen erfasst und überwacht. Insbesondere für die Sektoren Landwirtschaft und Abfallwirtschaft wäre ein CO₂-Budget wenig aussagekräftig, da zwei Drittel der Nicht-CO₂-Emissionen auf diese Sektoren entfallen. Weiterhin wären fluorierte Gase mit sehr hohem Treibhausgaspotenzial nicht berücksichtigt.

Tabelle 3: Übersicht zu ausgewählten CO₂-Budgets für Deutschland

Studie	CO ₂ -Budget ab	Temperaturziel	Wahrscheinlichkeit	Temperaturziel	Wahrscheinlichkeit	Verteilungsansatz	Hauptaussage zum CO ₂ -Budget	
SRU, 2024	2024	1,5	50 %	1,75	67 %	Pro-Kopf-Ansatz (globales Budget ab 2016 verteilt)	Notwendigkeit für größtmögliche Klimaschutzanstrengungen im In- und Ausland, um Wahrscheinlichkeit zu minimieren, dass die 1,5-Grad-Grenze überschritten wird.	
		1,7 GtCO ₂		0,6 GtCO ₂		... basierend auf IPCC AR6		
		0,1 GtCO ₂		-0,6 GtCO ₂		... basierend auf Forster et al.		
SRU, 2022	2022	1,5	50 %	1,75	67 %	Pro-Kopf-Ansatz (globales Budget ab 2016 verteilt)	Können zur Identifizierung von Ambitionslücken in den Klimazielen genutzt werden; „maximale“ Budgets, die unter Berücksichtigung historischer Emissionen und Entwicklungsrechte geringer wäre und deren Überschreitung deswegen nicht gut begründbar ist	
		3,1 GtCO ₂		6,1 GtCO ₂				
Knopf/ Geden, MCC, 2022	2022	1,5	50 %	1,75	67 %	Pro-Kopf-Ansatz (& kumuliertes Budget aus dem KSG, da Budget-Ansatz generell kritisch gesehen wird)	Ziele bestehen im KSG und sind mit einem 1,75-Grad-Pro-Kopf-Budget vereinbar. Die Zielumsetzung ist nun maßgeblich. Erklärung der Bundesregierung, wie und nach welchen Gerechtigkeitskriterien Ziele an 1,5-Grad-Obergrenze ausgerichtet werden sollen, fehlt bisher. Signifikante Anhebung der Ziele entsprechend des knappen 1,5-Grad-CO ₂ -Budget ist unrealistisch, sofern nicht Minderungen im Ausland finanziert und anrechnet werden. Deswegen sind Messbarkeitskriterien dieser Finanzierung im Ausland maßgeblich.	
Helmholtz Klima-Initiative, 2020 (Mengis et al. 2020)	2018 (bis 2100)	Verfolgt wird ein 1,5-Zielpfad; am Ende des Jahrhunderts besteht ein Radiative Forcing Level von 1,9			10,0 GtCO ₂		Konvergenzansatz: - Start 2018 - 2021-2035 Konvergenz Grandfathering-Ansatz zu Pro-Kopf-Konvergenz-Ansatz	CO ₂ -Budget wird als Grundlage für das Clusterprojekt Net-Zero-2050 errechnet; auf dieser Basis werden integrierte Szenarioanalyse, nationale netto-Null-Roadmaps und Bewertungen von Negativtechnologien vorgenommen

Studie	CO ₂ -Budget ab	Temperaturziel	Wahrscheinlichkeit	Temperaturziel	Wahrscheinlichkeit	Verteilungsansatz	Hauptaussage zum CO ₂ -Budget
						- Ab 2050 Annahme von Netto-Null, damit keine negativen Emissionen das CO ₂ -Budget vergrößern	
WWF/ Öko-Institut, 2022	2021	1,5 2,6 GtCO ₂ (7,3 Jahre)	67 %	1,7 6,0 GtCO ₂ (16,5 Jahre)	67 %	Pro-Kopf-Ansatz (globales Budget ab 2015 verteilt)	Das beinahe aufgebrauchte Restbudget legt nahe, Anforderungen zu diskutieren, welche Investitionen im Ausland getätigt werden müssen, um dort einen Beitrag für Deutschland zu leisten.

Quelle: Eigene Darstellung, Umweltbundesamt

4.2 Welchem CO₂-Budget entspricht das Bundes-Klimaschutzgesetz?

Eine Vorgehensweise, um zu überprüfen, inwiefern Klimaziele einem CO₂-Restbudget Rechnung tragen, ist das Kumulieren von CO₂-Emissionen unterhalb eines Minderungspfades. Dadurch kann von einem Minderungspfad ein CO₂-Budget abgeleitet werden.⁷ Inwiefern dieses Budget zum Zeitpunkt der Verabschiedung des Gesetzes mit der 1,5-Grad-Temperaturobergrenze kompatibel war, zeigt der Vergleich mit einem herkömmlich von der globalen Ebene abgeleiteten CO₂-Budget. Knopf und Geden (2022) wenden dies auf das Ambitionsniveau des KSG an und berechnen ein kumuliertes CO₂-Budget von 6,4 Gt CO₂ (2022-2045). Dafür werden u. a. Annahmen darüber getroffen, welchen Anteil CO₂ in Zukunft an den deutschen THG-Emissionen einnehmen wird. Demnach entsprechen die deutschen Klimaziele in etwa dem CO₂-Budget des SRU ab 2022 für 1,75-Grad (67 %), nicht aber einem 1,5-Grad-Restbudget. Historische Emissionen bleiben in diesem Ansatz unbeachtet. Dadurch berücksichtigen auch alle Energie- und Klimaschutzszenarien, die das Erreichen der KSG-Ziele modellieren, diese Emissionen nicht. Die 1,5-Temperaturobergrenze, zu der sich die Bundesregierung im Koalitionsvertrag bekennt, wird damit nicht eingehalten. Mittlerweile sind die globalen CO₂-Restbudgets und damit die deutschen Pro-Kopf-CO₂-Restbudgets so gering (SRU 2024, Tabelle 3), dass das kumulierte Budget des KSG sie überschreiten würde.

Wie unterschieden sich die Jahresemissionsgesamtmenge im Bundes-Klimaschutzgesetz von einem CO₂-Restbudget?

Die zulässige Jahresemissionsgesamtmenge für die Jahre 2021 bis 2030 wird in der Novelle des Bundes-Klimaschutzgesetz 2024 festgelegt. Da sie kumuliert ein bestimmtes Maximum an erlaubten Emissionen für die deutsche Klimapolitik bis 2030 darstellt, könnte sie als ein Teil eines „THG-Restbudget“ bezeichnet werden. Abgesehen davon, dass das KSG auch nach 2030 den Ausstoß von Treibhausgasen erlaubt, unterscheidet sich die Jahresemissionsgesamtmenge wesentlich von den hier diskutierten CO₂-(Rest-)Budgets, weil sie 1) keinen quantitativen Bezug zu einem globalen CO₂-Budget und bestimmten Temperaturobergrenzen aufweist und 2) alle THG als CO₂-Äquivalente umfasst (siehe Kapitel 2.3). Damit ist auch zu erklären, dass der SRU Deutschland die Überschreitung des CO₂-Budgets für 1,5 °C (50 %) im Jahr 2024 attestiert (SRU 2024), während die Projektionen 2024 das Einhalten der Jahresemissionsgesamtmenge bis 2030 sehen (Purr et al. 2024). Im Gegensatz zu einem CO₂-Restbudget beinhalten die Jahresemissionsmengen von vornherein eine jährliche Aufteilung der Emissionen und beschreiben dadurch einen Minderungspfad.

⁷ Diese Kumulation kann immer nur eine Approximation sein, da die Minderungspfade alle THG-Emissionen zusammengefasst als CO₂-Äquivalente betrachten, während das CO₂-Budget nur CO₂-Emissionen berücksichtigt. Die Berechnung beinhaltet deswegen zwangsläufig Annahmen darüber, wie sich der Anteil der CO₂-Emissionen an den Gesamtemissionen entwickelt.

5 Quellenverzeichnis

- Berg, N.J. et al. (2020): Implications of various effort-sharing approaches for national carbon budgets and emission pathways. *Climatic Change* 162 (2020), S. 1805-1822. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02368-y>.
- Biewald, A., Gniffke, P., Fuß, R. (2022): Prozentuale Sektorziele ermöglichen mehr Klimaschutz – das aktuelle Fallbeispiel Landwirtschaft. Umweltbundesamt (Hrsg.). Abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/prozentuale-sektorziele-ermoeneglichen-mehr> (Stand 09.06.2023).
- Brown, D. A., Breakey, H., Burdon, P., Mackey, B., & Taylor, P. (2018): A four-step process for formulating and evaluating legal commitments under the Paris Agreement. *CCLR*, S. 98. <https://doi.org/10.21552/cclr/2018/2/5>.
- BVerfG (Bundesverfassungsgericht) (2021): Beschl. v. 24.03.2021 – 1 BvR 2656/18 -. Rn. 217.
- Chan, N. (2016): Climate contributions and the Paris Agreement: Fairness and equity in a bottom-up architecture. *Ethics & International Affairs*, 30(3), S. 291-301. <https://doi.org/10.1017/S0892679416000228>.
- den Elzen, M., Fuglestvedt, J., Höhne, N. et al. (2005): Analysing countries' contribution to climate change: scientific and policy-related choices. *Environmental Science* 8, S. 614–636. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2005.06.007>
- Forster, P.M. et al. (2023): Indicators of Global Climate Change 2022: Annual update of largescale indicators of the state of the climate system and the human influence. *Earth System Science Data Discussions* 2023, S. 1-82. <https://doi.org/10.5194/essd-15-2295-2023>.
- Ganti, G., Gidden, M. J., Smith, C. J., Fyson, C., Nauels, A., Riahi, K., Schleichner, C.-H. (2023): Uncompensated claims to fair emission space risk putting Paris Agreement goals out of reach. *Environmental Research Letters*, 18(2). <https://doi:10.1088/1748-9326/acb502>.
- Grasso, M. (2012): Sharing the emission budget. *Political Studies*, 60(3), S. 668-686. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9248.2011.00929.x>.
- IPCC (2021a): Full Report. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Abrufbar unter: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf (Stand 21.09.2023).
- IPCC (2021b): Technical Summary. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Abrufbar unter <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/> (Stand 21.09.2023).
- IPCC (2022a): Annex II: Glossary, In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report of the IPCC, 2022. Abrufbar unter: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Annex-II.pdf (Stand 15.07.2024).
- IPCC (2022b): Full Report. Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change. Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the IPCC. Abrufbar unter: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/> (Stand 21.09.2023).
- Klinsky, S., Winkler, H. (2018): Building equity in: strategies for integrating equity into modelling for a 1.5°C world. *Phil. Trans. R. Soc. A* 376: 20160461.. <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0461>.
- Knopf, B., Geden, O. (2022): Ist Deutschland auf dem 1,5-Grad-Pfad? Eine Einordnung der Diskussion über ein nationales CO₂-Budget. Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (Hg.). Abrufbar unter: <https://www.mcc-berlin.net/forschung/publikationen/publikationen-detail/article/ist-deutschland-auf-dem-15-grad-pfad-eine-einordnung-der-diskussion-ueber-ein-nationales-co2-budget.html> (Stand 21.09.2023).
- Liu, Z., Deng, Z., Davis, S. et al. (2023): Monitoring global carbon emissions in 2022. *Nature Reviews Earth and Environment* 4, 205–206. <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00406-z>

- Matthes, F. (2022): MIND THE AMBITION GAP, Internationale Finanztransfers als Instrument zur Einhaltung nationaler CO₂-Budgets. WWF/ Öko-Institut (Hg.), 2022. Abrufbar unter: <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publicationen-PDF/Klima/Mind-the-ambition-gap.pdf> (Stand 21.09.2023).
- Matthews, H.D., Tokarska, K.B., Nicholls, Z.R.J. et al. (2020): Opportunities and challenges in using remaining carbon budgets to guide climate policy. *Nature Geoscience*. 13, S. 769–779. <https://doi.org/10.1038/s41561-020-00663-3>.
- McKinnon, C. (2015): Climate justice in a carbon budget. *Climatic Change*, 133, 375–384. *Climatic Change* 133, S. 375–384. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1382-6>.
- Mengis, N., Simon, S., Thoni, T., Stevenson, A., Goerl, K., Steuri, B., Oschlies, A. (2020): Project Briefing #2. Defining the German Carbon Budget, version #1. Helmholtz Klima-Initiative (Hrsg.). Abrufbar unter: <https://elib.dlr.de/139478/> (Stand 21.09.2023).
- Moosmann, L., Jeffery, L., Obergassel, W. (2023): Transformative mitigation actions as an outcome of the Global Stocktake. Discussion Paper. Umweltbundesamt (Hrsg.). Abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transformative-mitigation-actions-as-an-outcome-of> (Stand 21.09.2023).
- Pan, X., Teng, F., Wang, G. (2014) Sharing emission space at an equitable basis: allocation scheme based on the equal cumulative emission per capita principle. *Appl Energy* 113, S. 1810–1818. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.07.021>.
- Purr, K., Schultz, K., Wehnemann, K. (2024): Treibhausgas-Projektionen 2024 – Ergebnisse kompakt. Umweltbundesamt (Hrsg.). Abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgas-projektionen-2024-ergebnisse-kompakt> (Stand 26.03.2024).
- Rajamani, L., Jeffery, L., Höhne, N., Hans, F., Glass, A., Ganti, G., Geiges, A. (2021): National ‘fair shares’ in reducing greenhouse gas emissions within the principled framework of international environmental law, *Climate Policy*, 21:8, S. 983-1004. <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1970504>.
- Rogelj, J., Schaeffer, M., Friedlingstein et al. (2016): Differences between carbon budget estimates unravelled. *Nature Climate Change* Vol 6 (2016), S. 245-252. <https://doi.org/10.1038/nclimate2868>.
- SRU (Sachverständigen Rat für Umweltfragen) (2020): Umweltgutachten 2020. Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Abrufbar unter: https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Entschlossene_Umweltpolitik.html (Stand 21.05.2024).
- SRU (Sachverständigen Rat für Umweltfragen) (2022): Wie viel CO₂ darf Deutschland maximal noch ausstoßen? Fragen und Antworten zum CO₂-Budget. Stellungnahme Juni 2022. Abrufbar unter: https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2022_06_fragen_und_antworten_zum_co2_budget.html (Stand 09.06.2023).
- SRU (Sachverständigen Rat für Umweltfragen) (2024): Wo stehen wir beim CO₂-Budget? Eine Aktualisierung. März 2024. Abrufbar unter: https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2024_03_CO2_Budget.html (Stand 26.03.2024).
- Tokarska, K.B., Zickfeld, K., Rogelj, J. (2019): Path Independence of Carbon Budgets When Meeting a Stringent Global Mean Temperature Target After an Overshoot. *Earth's Future* 7, S. 1283–1295. <https://doi.org/10.1029/2019EF001312>.
- UN (United Nations) (1948): Allgemeinen Erklärung der Menschenrechte (AEMR). Abrufbar unter: <https://www.un.org/depts/german/menschenrechte/aemr.pdf> (Stand 21.05.2024).
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2020): Emissions Gap Report 2020. Nairobi. Abrufbar unter: <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2020> (Stand 09.06.2023).

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) (2019): Decision 4/CMA.1 Further guidance in relation to the mitigation section of decision 1/CP.21. (19 March 2019). UNFCCC/PA/CMA/2018/3/Add.1. Abrufbar unter: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cp24_auv_L.22_ndc.pdf (Stand 09.06.2023).

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) (2022a): Decision 21/CP.27 - Second periodic review of the long-term global goal under the Convention and of overall progress towards achieving it, FCCC/CP/2022/10/Add.2, 2022. Abrufbar unter: <https://unfccc.int/documents/626563> (Stand 09.06.2023).

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) (2022b): Nationally determined contributions under the Paris Agreement. Synthesis report by the secretariat, 2022. Abrufbar unter: <https://unfccc.int/documents/619180> (Stand 09.06.2023).