



Sachverständigenrat
für Umweltfragen

Wie viel CO₂ darf Deutschland maximal noch ausstoßen? Fragen und Antworten zum CO₂-Budget

STELLUNGNAHME | Juni 2022

Impressum

Geschäftsstelle des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU)
Luisenstraße 46, 10117 Berlin
Tel.: +49 30 263696-0
info@umweltrat.de
<http://www.umweltrat.de>
(Redaktionsschluss: Mai 2022)

Die Veröffentlichungen des SRU sind auf der Homepage verfügbar
und können über die Geschäftsstelle kostenfrei bestellt werden.

ISBN 978-3-947370-20-7

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Lektorat und Herstellung: Susanne Junker, Kathrin Puderbach, Susanne Winkler
Gestaltung: WERNERWERKE GbR, Berlin

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| Einführung: Ein Update des deutschen CO₂-Budgets | 3 |
| Grundlagen eines CO₂-Budgets | 4 |
| 1. Was ist die Funktion eines CO ₂ -Budgets? | 4 |
| 2. Weshalb ist ein CO ₂ -Budget ein sinnvoller Maßstab für die Klimapolitik, obwohl CO ₂ -Budgets im Pariser Klimaabkommen nicht erwähnt werden? | 4 |
| 3. Warum ist nicht das Jahr der angestrebten CO ₂ -Neutralität entscheidend, sondern die Gesamtmenge der CO ₂ -Emissionen? | 5 |
| 4. Warum zieht das Bundesverfassungsgericht das CO ₂ -Budget als Maßstab für die Klimapolitik heran? | 5 |
| 5. Welche Aktualisierung des globalen CO ₂ -Budgets hat es durch den neuen Bericht des IPCC (2021) gegeben? | 6 |
| 6. Wie groß ist das aktualisierte CO ₂ -Budget für Deutschland und die EU-27 ab 2022? | 7 |
| Methodik des SRU zur CO₂-Budgetberechnung | 9 |
| 7. Welche Rechenmethodik verwendet der SRU, um ein nationales CO ₂ -Budget zu bestimmen? | 9 |
| 8. Warum beginnt die Budgetrechnung des SRU im Jahr 2016? | 10 |
| 9. Warum wählt der SRU als Verteilungsprinzip für das globale CO ₂ -Budget den Bevölkerungsanteil? | 10 |
| 10. Ist es ein Problem, dass sich das deutsche Budget nur auf CO ₂ und nicht auf alle Treibhausgase bezieht? | 11 |
| 11. Ist die Budgetrechnung des SRU zu großzügig? | 12 |
| Anwendung des CO₂-Budgets in der Klimapolitik | 13 |
| 12. Warum reicht es für die Bewertung der Ambition nicht aus, aus dem Klimaschutzgesetz abgeleitete Jahresemissionsmengen zu kumulieren? | 13 |
| 13. Wie ordnet sich das deutsche Klimaschutzgesetz in Bezug auf das CO ₂ -Budget des SRU ein? | 14 |
| 14. Aufgrund welcher impliziten Annahmen wird oft vertreten, dass die deutsche Klimapolitik auf einem 1,5 °C-Pfad sei? | 15 |
| 15. Lässt sich durch nachträgliche CO ₂ -Extraktion aus der Atmosphäre zu viel emittiertes CO ₂ wieder einfangen, sodass die Klimaziele trotz Budgetüberschreitung noch erreicht werden? | 16 |
| 16. Könnte sich Deutschland Budget im Ausland „einkaufen“? | 19 |
| 17. Macht ein nationales CO ₂ -Budget Sinn, obwohl sich die EU im Rahmen des Pariser Klimaabkommens nur gemeinsame Ziele setzt und diese auf Nationalstaaten aufteilt? | 19 |
| 18. Bringt es etwas, wenn Deutschland sich an ein CO ₂ -Budget hält und andere nicht? | 20 |
| 19. Sollen Bundesländer sich eigene CO ₂ -Budgets ableiten? | 20 |
| 20. Was sind die Folgen, wenn das deutsche CO ₂ -Budget überzogen wird? | 21 |
| Fazit | 22 |
| Literatur | 24 |

Einführung: Ein Update des deutschen CO₂-Budgets

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) empfahl in seinem Umweltgutachten 2020, die deutschen Klimaziele an einem CO₂-Budget auszurichten, das im Einklang mit den Zielen des Klimaabkommens von Paris steht (SRU 2020, Kap. 2). Er schlug hierfür eine wissenschaftlich und ethisch begründete Berechnung für ein maximales deutsches CO₂-Budget vor, das aus den globalen CO₂-Budgets des Weltklimarates (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) abgeleitet ist. Dieses Budget quantifiziert eine Obergrenze für die Gesamtmenge der CO₂-Emissionen, die Deutschland nicht überschreiten sollte, um einen aus Sicht des SRU *ausreichenden, angemessenen und gerechten* Beitrag zur Einhaltung der Klimaziele von Paris zu leisten:

- *ausreichend* im Hinblick auf den deutschen Beitrag zur Einhaltung der Pariser Klimaziele,
- *angemessen* mit Blick auf das, was Deutschland als Industriestaat leisten kann, und
- *gerecht* gegenüber anderen Staaten, da Deutschland kein unverhältnismäßig großes CO₂-Budget für sich beanspruchen sollte.

Der SRU empfahl der Bundesregierung, darzustellen, welches nationale CO₂-Budget sie für ihre Klimaschutzstrategie zugrunde legt und wie sie dieses ableitet. Zwar stehen in der aktuellen klimapolitischen Diskussion zu Recht die einzelnen Maßnahmen im Vordergrund, welche eine tatsächliche Reduktion der Emissionen bewirken. Sie ermöglichen es, die beschlossenen Klimaziele zu erreichen und Deutschland von fossilen Energieträgern sukzessive unabhängiger zu machen. Dennoch ist es entscheidend, mithilfe eines nachvollziehbar abgeleiteten CO₂-Budgets den gewählten Klimaschutzpfad und die erzielten Fortschritte zu bewerten. Ein nationales CO₂-Budget liefert hierfür den Maßstab und sorgt für die notwendige Transparenz. Es erlaubt auch eine Abgrenzung des inländischen Reduktionsbeitrags von ergänzenden Beiträgen durch Negativemissionen und ins Ausland verlagerte Reduktionen.

Die Analyse des SRU von 2020 stieß auf großes öffentliches Interesse. Sie wurde im vielfach als historisch bezeichneten Beschluss des Bundesverfassungsgerichts zum Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) 2021 ausführlich diskutiert (BVerfG, Beschl. v. 24.03.2021 – 1 BvR 2656/18). Daneben bezogen sich verschiedene wissenschaftliche Analysen und klimapolitische Bewertungen darauf (GermanZero 2022; Konzeptwerk Neue Ökonomie 2021; 2022b; HENTSCHEL 2020; SARGL et al. 2022; WIEGAND et al. 2021; KNOPF und GEDEN 2022; KEMFERT 2020). Einige Landesregierungen und gesellschaftliche Akteure setzen sich inzwischen mit der Frage eines CO₂-Budgets für einzelne Bundesländer auseinander (Enquete-Kommission „Klimaschutzstrategie für das Land Bremen“ 2020; MUKE Baden-Württemberg 2022; SPD – Landesorganisation Hamburg und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Landesverband Hamburg 2020; HIRSCHL et al. 2022; Pressemitteilung der Berliner Staatskanzlei zum Volksbegehren „Berlin 2030 klimaneutral“ vom 3. Mai 2022).

Mit der vorliegenden Stellungnahme beantwortet der SRU eine Reihe von Fragen, die sich im Laufe der öffentlichen Diskussion ergeben haben, und aktualisiert seine CO₂-Budgetberechnungen auf den neuesten wissenschaftlichen Stand.

Grundlagen eines CO₂-Budgets

1. Was ist die Funktion eines CO₂-Budgets?

Ein transparent aus den Pariser Klimazielen abgeleitetes CO₂-Budget liefert einen Vergleichsmaßstab dafür, ob nationale Klimaziele und deren Umsetzung einen ausreichenden, angemessenen und gerechten Beitrag zu den Pariser Klimazielen leisten. Es ist damit nicht primär ein Instrument für die Steuerung der Emissionsreduktionen, sondern für eine Bewertung des Emissionsreduktionspfads.

Nationale Klimapolitik lässt sich anhand von drei Kriterien bewerten (vgl. SRU 2020, Kasten 2-3):

- **Umsetzungslücke:** Besteht eine Differenz zwischen den politisch beschlossenen Reduktionszielen und dem tatsächlichen Verlauf der Emissionen?
- **Ambitionslücke:** Besteht eine Differenz zwischen der kumulierten Gesamtmenge der CO₂-Emissionen, die aus dem politisch beschlossenen Emissionsreduktionspfad folgt, und einem CO₂-Budget, das einen ausreichenden, angemessenen und gerechten Beitrag zu den Zielen des Pariser Klimaabkommens leistet?
- **Transparenzlücke:** Wird die mögliche Umsetzungs- und Ambitionslücke von der Regierung nicht oder unzureichend quantitativ bestimmt, begründet und öffentlich kommuniziert?

Für den Erfolg der deutschen Klimapolitik ist entscheidend, dass die Treibhausgasemissionen jedes Jahr gegenüber dem Vorjahr deutlich sinken. Um Emissionsreduktionen festzulegen, sind auch andere Formen der Zielvorgabe als das CO₂-Budget geeignet, zum Beispiel prozentuale Reduktionsziele oder sektorale Zielvorgaben. Umgesetzt werden können diese beispielsweise durch ordnungspolitische Maßnahmen oder auch CO₂-Bepreisungen und Zertifikatshandelsysteme. Um zu beurteilen, ob die CO₂-Emissionen ausreichend sinken und ob das erforderliche Ambitionsniveau eingehalten wird, müssen hingegen die erreichten und geplanten Reduktionen mit dem CO₂-Budget verglichen werden. Ob sich eine Umsetzungslücke entwickelt, wird aktuell vom Expertenrat für Klimafragen der Bundesregierung bewertet. Jedoch wird nicht geprüft, ob eine Ambitionslücke besteht. Mit der Ausweisung eines deutschen CO₂-Budgets, das mit den Zielen des Pariser Klimaabkommens vereinbar ist, würde diese Transparenzlücke geschlossen.

2. Weshalb sind CO₂-Budgets ein sinnvoller Maßstab für die Klimapolitik, obwohl sie im Pariser Klimaabkommen nicht erwähnt werden?

Im Pariser Klimaabkommen hat die Weltgemeinschaft völkerrechtlich verbindlich ein gemeinsames Temperaturziel beschlossen, das durch angemessene, aber freiwillige nationale Beiträge eingehalten werden soll. Regelmäßige Vergleiche der Summe der angemeldeten nationalen Beiträge mit den vereinbarten Temperaturzielen und ein Prozess der nachfolgenden Ambitionserhöhung sollen sicherstellen, dass das Ziel des Klimaabkommens erreicht wird. Allerdings besteht aktuell eine große Lücke zwischen den Emissionsreduktionen, die durch die bestehenden Selbstverpflichtungen bis 2030 erzielt würden, und den Anstrengungen, die für eine Begrenzung der Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C nötig wären. Die derzeitigen Zusagen der Staaten ergeben eine Erwärmung von deutlich über 2 °C (vgl. CarbonBrief 06.04.2022).

Aus dem im Klimaabkommen von Paris beschlossenen globalen Temperaturziel lässt sich ein globales CO₂-Budget ableiten, das die Gesamtmenge der CO₂-Emissionen angibt, welche maximal mit dem Klimaziel vereinbar ist. Dies ist möglich, weil die globale Erwärmung nahezu linear mit der Gesamtmenge der seit Beginn der Industrialisierung durch die Menschheit insgesamt verursachten CO₂-Emissionen wächst. Auch wenn das Konzept eines globalen CO₂-Budgets im Klimaabkommen von Paris nicht ausdrücklich erwähnt wird, wird es somit klimawissenschaftlich direkt impliziert. Allerdings unterliegt der Zusammenhang zwischen CO₂-Budget und zugehöriger Erwärmung

wissenschaftlichen Unsicherheiten, welche durch die Komplexität des Klimasystems verursacht werden. Das aus einem Temperaturziel abgeleitete zugehörige CO₂-Budget wird daher stets mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit beschrieben: der Wahrscheinlichkeit, dass bei Einhaltung dieses Budgets die Temperaturgrenze im Rahmen der Unsicherheiten nicht überschritten wird.

Der Sachverhalt lässt sich auch aus einer anderen Perspektive betrachten: Wie sich Emissionen in Einheiten von CO₂ auf die Temperatur auswirken, ist nur im Rahmen der Unsicherheiten bekannt. Die direkte Ursache der Klimaerwärmung, also die Gesamtmenge der Emissionen, muss jedoch politisch beschränkt werden. Dies bedeutet, dass ein CO₂-Budget eingehalten werden muss. Ob mit dem ermittelten CO₂-Budget auch der zugehörige Temperaturwert eingehalten wird, kann berechnet, allerdings aufgrund der bestehenden Unsicherheiten nur mit einer Wahrscheinlichkeit angegeben werden.

Im Sinne der Risikovorsorge sollte dabei nicht vom günstigsten Fall ausgegangen werden. Stattdessen sollte der Anspruch sein, das Temperaturziel mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erreichen. Dies bedeutet, aus der Spanne möglicher CO₂-Budgets für eine Zieltemperatur maximal einen mittleren, möglichst sogar einen niedrigen Wert zu wählen. So wird ein CO₂-Budget ermittelt, das gegen die Möglichkeit einer starken Erwärmungsreaktion des Erdsystems vorsorgend absichert.

Um einen nationalen Anteil am globalen CO₂-Budget abzuleiten, empfiehlt sich ein Verteilungsprinzip, das auch ohne eine explizite Festlegung im Klimaabkommen von Paris allgemein anwendbar ist. Über dieses Prinzip kann jedoch nicht rein wissenschaftlich entschieden werden. Vielmehr spielen auch normative, insbesondere ethische und moralische Aspekte eine zentrale Rolle und sind auf politischer Ebene zu behandeln (Frage 9). Deshalb auf ein aus dem globalen CO₂-Budget abgeleitetes nationales CO₂-Budget zu verzichten, würde bedeuten, ethische und moralische Prinzipien der internationalen Lastenteilung nicht transparent aufzugreifen. Eine solche Lastenteilung ist jedoch im Pariser Klimaabkommen nicht nur angelegt, sondern für seinen internationalen Erfolg unabdingbar. Die im Abkommen vorgesehene Ambitionserhöhung der Vertragsstaaten führt stets auf die Frage zurück, wessen Ambition aus welchen Gründen wie stark anzuheben ist.

3. Warum ist nicht das Jahr der angestrebten CO₂-Neutralität entscheidend, sondern die Gesamtmenge der CO₂-Emissionen?

Die Erderwärmung hängt weitgehend von der über alle Jahre addierten Gesamtmenge der klimawirksamen Emissionen ab. Für eine rechtzeitige Senkung der CO₂-Emissionen ist somit nicht allein der Zeitpunkt der angestrebten CO₂-Neutralität entscheidend, sondern vor allem die Menge an CO₂, die über diesen Zeitraum hinweg von allen Sektoren emittiert wird (vgl. SRU 2020, S. 42 f.). Würde Deutschland seine Emissionen zunächst nur langsam und dann zu einem späteren Zeitpunkt sehr schnell reduzieren, um beispielsweise im Jahr 2045 CO₂-Neutralität zu erreichen, würde es über den Verlauf des Emissionspfades deutlich mehr CO₂ emittieren, als wenn es über den gesamten Zeitraum die Emissionen kontinuierlich (linear) oder gleich zu Beginn stark senken würde. Generell gilt, dass Pfade, die anfangs stärker reduzieren, im Rahmen eines festgelegten CO₂-Budgets zeitlich länger verlaufen können als Pfade, die dies nicht tun.

4. Warum zieht das Bundesverfassungsgericht das CO₂-Budget als Maßstab für die Klimapolitik heran?

Das Bundesverfassungsgericht (BVerfG) hat sich bei seinem Beschluss zum Klimaschutzgesetz eingehend damit beschäftigt, ob der Ansatz des CO₂-Budgets geeignet ist, die Klimapolitik der Bundesregierung an ihm zu messen. In dem Verfahren äußerte die Bundesregierung die Ansicht, dass der Budgetansatz als gewisse Plausibilitätskontrolle geeignet sei, um zu überprüfen, ob die Summe der national festgelegten Beiträge zur Einhaltung der Pariser Klimaschutzziele genüge. Jedoch sehe der völkerrechtliche Rechtsrahmen die Festlegung nationaler CO₂-Budgets nicht vor und es fehle an einer internationalen Vereinbarung über die Verteilung des globalen CO₂-Budgets. Zudem wiesen die Abschätzungen des IPCC erhebliche Unsicherheiten auf. Daher arbeite die Bundesregierung nicht mit nationalen CO₂-Budgets, sondern mit Treibhausgasminderungszielen (BVerfG, Beschl. v. 24.03.2021 – 1 BvR 2656/18, Rn. 69).

Bezüglich der Vereinbarkeit von Treibhausgasminderungszielen und dem CO₂-Budget kann das BVerfG keinen Widerspruch finden. Es stellt im Gegenteil fest: „Dass es, wie die Bundesregierung weiter ausführt, für die multilaterale Zusammenarbeit klarer Treibhausgasminderungsziele bedarf und diese daher im Mittelpunkt der globalen europäischen und deutschen Klimaschutzpolitik stünden, ist kein durchgreifender Einwand gegen die am globalen Restbudget ansetzende Herangehensweise des IPCC und des Sachverständigenrats. Denn Treibhausgasminderungsziele ersetzen diese Herangehensweise [die Berechnung eines CO₂-Budgets] nicht, sondern setzen sie voraus. Emissionsminderungsziele können das auf die Begrenzung der Erderwärmung bezogene Temperaturziel nicht in Klimaschutzmaßnahmen übersetzen, wenn diese Minderungsziele nicht ihrerseits an einer der angestrebten Temperaturschwelle entsprechenden Gesamtemissionsmenge ausgerichtet sind; für sich genommen sind sie nicht aussagekräftig [näher: SRU 2020, Tz. 12]. Das Temperaturziel lässt sich zwar in Minderungszielen umsetzen. Auch dafür muss jedoch in einem Zwischenschritt eine der angestrebten Temperaturschwelle entsprechende Emissionsmenge in den Blick genommen werden. Diese Gesamtemissionsmenge kann dann durch Minderungsziele abgebildet werden, indem sie auf einem bis zur Klimaneutralität führenden Reduktionspfad verteilt wird“ (BVerfG, ebd., Rn. 217).

Hinsichtlich der Unsicherheiten bei der Quantifizierung des nationalen Restbudgets stellt das BVerfG fest, dass sich die verbleibende Emissionsmenge nicht so exakt ermitteln lasse, als dass die Berechnung des SRU ein zahlengenaues Maß für die verfassungsgerichtliche Kontrolle bieten könne. Es betont jedoch, dass den Gesetzgeber bei wissenschaftlicher Ungewissheit über umweltrelevante Ursachenzusammenhänge, zumal solchen mit unumkehrbaren Folgen für die Umwelt, eine besondere Sorgfaltspflicht trifft. Belastbare Hinweise auf die Möglichkeit gravierender oder irreversibler Beeinträchtigungen muss er berücksichtigen (BVerfG, ebd., Rn. 229). Die Budgetbestimmung durch den SRU wertet das BVerfG als nachvollziehbar und schlüssig und im hier aufgezeigten Sinne belastbar (BVerfG, ebd., Rn. 220 ff.). Daher kommt es zu dem Schluss: „Obwohl die konkrete Quantifizierung des Restbudgets durch den Sachverständigenrat nicht unerhebliche Unsicherheiten enthält, müssen ihm die gesetzlichen Reduktionsmaßnahmen Rechnung tragen. [...] Hinsichtlich der Gefahr des irreversiblen Klimawandels muss das Recht daher auch den aus einem qualitätssichernden Verfahren hervorgegangenen Schätzungen des IPCC zur Größe des verbleibenden globalen CO₂-Restbudgets und den Konsequenzen für verbleibende nationale Emissionsmengen Rechnung tragen, wenn diese auf die Möglichkeit der Überschreitung der verfassungsrechtlich maßgeblichen Temperaturschwelle hinweisen“ (BVerfG, ebd., Rn. 229).

Insgesamt verdeutlicht der Beschluss des BVerfG, dass die Bundesregierung eine eigene Berechnung des nationalen CO₂-Budgets vornehmen und dabei insbesondere eigene normative Festlegungen treffen kann. Dass die Bundesregierung ein maßstabgebendes Restbudget ermitteln und die dabei zugrunde gelegten Annahmen und Wertungen transparent machen soll, war auch die Empfehlung des SRU (2020, Tz. 110 ff.).

5. Welche Aktualisierung des globalen CO₂-Budgets hat es durch den neuen Bericht des IPCC aus dem Jahr 2021 gegeben?

Der SRU aktualisiert seinen 2020 vorgelegten Vorschlag für die Obergrenze eines deutschen CO₂-Budgets aus zwei Gründen: Zum einen liegen neue, verbesserte wissenschaftliche Grundlagen für das globale CO₂-Budget vor, zum anderen neue Daten für seither erfolgte Emissionen. Mit dem 6. Sachstandsbericht veröffentlichte der Weltklimarat IPCC den neuesten wissenschaftlichen Stand bezüglich der verbleibenden globalen CO₂-Budgets, die jeweils eine bestimmte Erwärmung der Erde mit sich bringen würden (Bericht der Arbeitsgruppe I zu den wissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels, s. IPCC 2021a). Diese Werte aktualisieren entsprechende Berechnungen des vorhergehenden Sonderberichts zum 1,5°C-Ziel des Pariser Abkommens (IPCC 2018). Dabei wurden sämtliche methodischen und wissenschaftlichen Aspekte der Analyse überprüft und teilweise erheblich verbessert. So wurde zum Beispiel die bisherige Erwärmung der Erde neu bestimmt und etwas geringer angesetzt als zuvor. Ein besserer Abgleich der von Klimamodellen berechneten Erwärmung mit den historisch beobachteten Werten sorgt dafür, dass sich bestehende Modellabweichungen nicht länger in den Zukunftsprojektionen fortsetzen. Es wurde außerdem aktualisiert, wie sich die Erwärmung weiterentwickelt, nachdem Netto-Null-Emissionen erreicht sind. Zudem wurden verschiedene Wechselwirkungen im Erdsystem mit Einfluss auf den Kohlenstoffkreislauf durch weiterentwickelte Modelle besser als zuvor einbezogen.

Insbesondere wurde auch die sogenannte transiente Klimasensitivität (der Anstieg der globalen Mitteltemperatur im Verhältnis zu einer erfolgten CO₂-Emission) aufgrund neuer Auswertungen aktualisiert. Der wahrscheinliche

Wertebereich und damit die mit CO₂-Budgets assoziierte wissenschaftliche Unsicherheit ließ sich deutlich verkleinern. Während sich in der Summe aller methodischen Fortschritte die mittleren Werte der CO₂-Budgets (50 % Wahrscheinlichkeit, das Temperaturziel zu erreichen) gegenüber dem vorhergehenden Sonderbericht nur wenig veränderten, rückten die Angaben für eine 67%ige und eine 33%ige Wahrscheinlichkeit des Erreichens des gewählten Temperaturziels näher an den Wert für eine 50%ige Wahrscheinlichkeit heran. Dadurch wurde der Wert für die 67%ige Wahrscheinlichkeit etwas größer (zu beachten ist aber das nicht identische Bezugsjahr: 2018 in IPCC 2018 und 2020 in IPCC 2021a).

6. Wie groß sind die aktualisierten CO₂-Budgets für Deutschland und die EU-27 ab 2022?

Der SRU hat die von ihm vorgeschlagenen CO₂-Restbudgets für Deutschland und die EU mit neuen Daten aktualisiert, sie gelten damit ab Anfang 2022 (Tab. 1). Dabei wurde die gesamte Datengrundlage (Emissions- und globale Budgetdaten) auf den neuesten Stand gebracht. Die Berechnungsmethode selbst hat sich nicht verändert (Frage 7; vgl. SRU 2020, Kasten 2-2). Zusätzlich weist die Tabelle das CO₂-Budget für das Klimaziel von 1,5 °C nun auch mit einer Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung von 67 % aus.

Aufgrund einzelner Veränderungen lassen sich die alten und neuen Budgets nicht unmittelbar vergleichen: Die bisherigen CO₂-Budgets wurden für die EU noch inklusive des Vereinigten Königreichs berechnet, in der Aktualisierung umfassen sie die EU-27. Zudem wird in der neuen Berechnung bei den erfolgten Emissionen erstmals der Landnutzungssektor miteinbezogen. Da die Unsicherheit in der Bestimmung des globalen Budgets verringert werden konnte (Frage 5), hat sich zum Beispiel das CO₂-Restbudget für 1,75 °C mit einer Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung von 67 % vergrößert, nicht jedoch das zugrundeliegende mittlere Budget.

Aktualisiert beträgt das maximale Budget ab 2022 für Deutschland 6,1 Gt CO₂ (1,75 °C, 67 %), 3,1 Gt CO₂ (1,5 °C, 50 %) bzw. 2,0 Gt CO₂ (1,5 °C, 67 %). Bei linearer Emissionsreduktion ab 2022 wären diese Budgets 2040, 2031 bzw. 2027 aufgebraucht. Aus den Enddaten lassen sich bei linearer Reduktion prozentuale Reduktionsraten ableiten. Für den Wert 1,75 °C (67 %) beläuft sich die prozentuale lineare Reduktion pro Jahr ab 2022 beispielsweise auf 5,4 %, was eine 65%ige CO₂-Reduktion bis 2030 gegenüber 1990 darstellt (Tab. 1).

o **Tabelle 1**

Maximale CO₂-Budgets, Berechnungen des SRU ab 2020 und aktualisiert

| | Deutschland | | | EU-28 (2020) bzw. EU-27 (2022) | | |
|---|--------------|-------------|-------------|--------------------------------|-------------|-------------|
| | 1,75 67 % | 1,5 50 % | 1,5 67 % | 1,75 67 % | 1,5 50 % | 1,5 67 % |
| Klimaziel in °C Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung | | | | | | |
| Berechnung ab 2020 auf Grundlage von IPCC SR15¹ | | | | | | |
| Globales CO ₂ -Budget ab 2018 in Gt | 800 | 580 | – | 800 | 580 | – |
| Maximale CO₂-Budgets ab 2020 in Gt | 6,7 | 4,2 | – | 47,0 | 31,6 | – |
| Jahr, in dem CO ₂ -Budget bei linearer Emissionsreduktion aufgebraucht ist | 2038 | 2032 | – | 2045 | 2037 | – |
| Aktualisierte Berechnung ab 2022 auf Grundlage von IPCC AR6² | | | | | | |
| Globales CO ₂ -Budget ab 2020 in Gt | 775 | 500 | 400 | 775 | 500 | 400 |
| Maximale CO₂-Budgets ab 2022 in Gt | 6,1 | 3,1 | 2,0 | 39,5 | 23,1 | 17,1 |
| Jahr, in dem CO ₂ -Budget bei linearer Emissionsreduktion aufgebraucht ist | 2040 | 2031 | 2027 | 2052 | 2039 | 2035 |
| Prozentuale Reduktion pro Jahr bei linearer Emissionsreduktion ab 2022 | 5,4 % | 10,8 % | 16,9 % | 3,3 % | 5,6 % | 7,6 % |
| Prozentuale Reduktion im Jahr 2030 (gegenüber 1990) | 65 % | 92 % | 100 % | 48 % | 61 % | 72 % |

IPCC-Budgets Mitte der Spannweite, einige weitere Erdsystem-Feedbacks und Einflussfaktoren vernachlässigt (diese reduzieren meist das Budget); mit Landnutzungssektor (Land Use, Land Use Change and Forestry – LULUCF), ohne Luft- und Schifffahrt, Importe/Exporte, negative Emissionen oder internationalem Budgethandel. Stand: 05/2022

SRU 2022; Datenquellen: ¹ SRU 2020, Kap. 2; IPCC 2018; ² IPCC 2021a; Datenquellen für die Berechnungsschritte s. Frage 7

Methodik des SRU zur CO₂-Budgetberechnung

7. Welche Rechenmethodik verwendet der SRU, um ein nationales CO₂-Budget zu bestimmen?

Den aktualisierten CO₂-Budgets des SRU liegen fünf Rechenschritte zugrunde (vgl. SRU 2020, Kasten 2-2; Tab. 1).

Schritt 1

- Festlegung des angestrebten Temperaturziels:
 - 1,75 °C: eine Obergrenze für das völkerrechtlich mindestens verbindliche Temperaturziel des Klimaabkommens von Paris („deutlich unter 2 °C“).
 - 1,5 °C: das im Klimaabkommen von Paris angestrebte Temperaturziel, für dessen Erreichen Anstrengungen zu unternehmen sind und welches das erklärte Ziel der Bundesregierung, der EU und der G7 ist; im Vergleich zum Ziel „deutlich unter 2 °C“ schützt es erheblich besser gegen bedeutsame Klimaschäden, -verluste und -risiken (IPCC 2018).

Schritt 2

- Festlegung der Quelle des zugehörigen globalen CO₂-Budgets und der (aufgrund der bestehenden wissenschaftlichen Unsicherheiten) anzuwendenden Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung: Mittelwerte des IPCC (aktuell: IPCC 2021a, Kap. 5); dies impliziert Vernachlässigung einiger weiterer Einflussfaktoren, die in der Regel das CO₂-Budget weiter verkleinern (z. B. einige Erdsystem-Feedbacks, Wirkung von Aerosolen, Einbeziehung von einigen Effekten des Landmanagements).

Schritt 3

- Festlegung des Basisjahres für die Berechnungen: 2016, da in diesem Jahr der Pariser Vertrag völkerrechtlich verbindlich wurde; Rückrechnung der globalen CO₂-Budgets nach IPCC (ab 2020) auf 2016 durch Addition der globalen Emissionen für 2016 bis 2019 (FRIEDLINGSTEIN et al. 2022) (Frage 8).

Schritt 4

- Festlegung des Verteilungsprinzips, nach dem sich aus dem globalen CO₂-Budget ab 2016 der ausreichende, angemessene und gerechte Anteil für Deutschland bzw. die EU-27 ergibt: nach Anteil an der Weltbevölkerung im Basisjahr, also für Deutschland 1,1 %, für die EU-27 5,9 % (Bevölkerungszahl: Global, s. UN DESA 2019; Deutschland, s. Statistisches Bundesamt 2022; EU-27, s. Eurostat 2022) (Frage 9).

Schritt 5

- Aktualisierung des resultierenden deutschen bzw. europäischen CO₂-Budgets auf 2022, indem die Emissionen Deutschlands bzw. der EU-27 von 2016 bis 2021 abgezogen werden (diese liegen für die letzten Jahre teilweise nur als vorläufige Werte oder Prognosen vor) (Emissionsdaten: Global, s. FRIEDLINGSTEIN et al. 2022; Deutschland, s. UBA 2022b; EU-27, s. EEA 2022; EEA o. J.; für EU-27 2020 und 2021 EEA-Schätzungen auf Grundlage von WEM-Szenario).

Diese Festlegungen sind an vielen Stellen bewusst großzügig gewählt, weil verschiedene Möglichkeiten bestehen, mit wissenschaftlicher Unsicherheit, Aspekten der Verteilungsgerechtigkeit sowie der Risikovorsorge umzugehen (Frage 11). Die abgeleiteten CO₂-Budgets sind daher als Obergrenzen auf Basis einer gut begründeten Berechnung anzusehen. Andere Rechenmethoden sind möglich, wenn die Annahmen ebenfalls gut begründet werden.

8. Warum beginnt die Budgetrechnung des SRU im Jahr 2016?

Der SRU schlägt als Zeitpunkt für die rechnerische Ableitung eines nationalen CO₂-Budgets aus dem globalen CO₂-Budget das Jahr 2016 vor. Alle nachfolgenden CO₂-Emissionen werden davon abgezogen. In diesem Jahr trat das Pariser Klimaabkommen formal in Kraft und wurde vom Bundestag einstimmig angenommen (Deutscher Bundestag 2017, S. 18845; United Nations 2022). Damit ist Deutschland seit diesem Zeitpunkt völkerrechtlich dazu verpflichtet, seinen Beitrag zur Begrenzung der Erderwärmung zu leisten. Ethisch begründbar wäre es aber auch, den Beitrag Deutschlands zur bereits bestehenden Klimaerwärmung und damit seine historische Verantwortung mit einzubeziehen und zum Beispiel das Veröffentlichungsjahr des ersten Sachstandsberichts des IPCC (1990) oder die UN-Konferenz von Rio de Janeiro 1992 als Startpunkt zu verwenden. Spätestens ab diesem Zeitpunkt war die klimaschädigende Wirkung von CO₂ auch international anerkannt.

Bei einer Berechnung ab 1990 wäre das deutsche CO₂-Budget im Jahr 2016 bereits bedeutend kleiner als im Vorschlag des SRU, weil die historischen CO₂-Emissionen Deutschlands zwischen 1990 und 2015 zusätzlich zum Tragen kämen. Das noch verbleibende Budget für 1,5 °C wäre bereits heute aufgebraucht, das 2 °C-Budget bei 50%iger Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung voraussichtlich Anfang 2023 (Konzeptwerk Neue Ökonomie 2022a). Aber auch nach Rechnung des SRU wäre das CO₂-Budget für 1,5 °C bei einer Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung von 67 % mit Startzeitpunkt 2016 und linearer Reduktion schon 2027 aufgebraucht (s. Tab. 1). Es sollten somit schon jetzt die Konsequenzen einer Budgetüberschreitung diskutiert werden (Frage 20).

Auch weiter zurückliegende Zeiträume ließen sich berücksichtigen. Wählt man zum Beispiel 1850 als Bezugsjahr und bezieht Veränderungen der Landnutzung mit ein, liegt Deutschland heute auf Platz 6 der größten CO₂-Emittenten der Welt, ohne Landnutzung sogar auf Platz 4 (CarbonBrief 05.10.2021). Es ist aber zu hinterfragen, ob ein Land für historische Emissionen verantwortlich gemacht werden kann, deren Auswirkungen zum Zeitpunkt ihres Entstehens noch nicht bekannt waren.

9. Warum wählt der SRU als Verteilungsprinzip für das globale CO₂-Budget den Bevölkerungsanteil?

Das Prinzip, nach dem das globale CO₂-Budget auf einzelne Staaten verteilt wird, wirkt sich direkt auf die Größe nationaler Budgets aus. Bei der Entscheidung über eine gerechte und angemessene Verteilung spielen neben klimawissenschaftlichen auch ethische Aspekte eine Rolle. Diese werden im Pariser Klimaabkommen durch das Prinzip der gemeinsamen, aber unterschiedlichen Verantwortlichkeiten angesprochen, welche sich nicht nur auf die Leistungsfähigkeit, sondern auch auf die historische Verantwortung beziehen können. Die Frage der Verteilung kann daher nicht rein wissenschaftlich, sondern muss unter Berücksichtigung ethischer Prinzipien auch politisch getroffen werden. Eine internationale Verständigung über ein faires Verteilungsprinzip würde die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass das Gesamtbudget eingehalten wird. Eine solche Vereinbarung liegt aber nicht vor und ist auch nicht absehbar. Somit besteht die Gefahr, dass die einzelnen Länder sich zum eigenen Vorteil für den für sie jeweils günstigsten Verteilungsschlüssel entscheiden und damit in der Summe das globale CO₂-Budget überschritten wird, obwohl jedes Land seine Wahl rechtfertigt (ROBIOU DU PONT und MEINSHAUSEN 2018).

Der SRU hat mehrere mögliche Kriterien zur Budgetverteilung genannt und die Aufteilung gemäß Bevölkerungsanteil zum Stand 2016 empfohlen, um ein maximales deutsches CO₂-Budget zu ermitteln (SRU 2020, Abschn. 2.2.4.1; ROBIOU DU PONT und MEINSHAUSEN 2018). Die Wahl einer Verteilung nach Bevölkerungsanteil ist sowohl ethisch als auch aus Sicht internationaler Klimapolitik ein gut begründeter, praktikabler Weg für die Bestimmung einer Budgetobergrenze. Sie stützt sich auf ethikwissenschaftliche Analysen, wonach eine Pro-Kopf-Verteilung von Emissionen auch nach Abwägung komplexerer Aspekte angemessen und als grundlegendes Verteilungsprinzip für klimapolitische Entscheidungen sachgerecht und geeignet ist (BAATZ und OTT 2017, S. 194). Dafür sprechen neben einer Abwägung verschiedener Gerechtigkeitsaspekte bei nicht einheitlicher Ausgangslage (z. B. unterschiedliche Energiebedarfe in verschiedenen Weltregionen) auch Kriterien der Praxistauglichkeit. Ein Prinzip des Emissionsegalarismus, also gleichverteilter Emissionsrechte, kann auch als relativ belastbare Grundlage für spätere, politisch zu verhandelnde aufwendigere Prinzipien der Lastenteilung dienen. Dazu müssten Lastenverteilungen zwischen den interessierten Staaten beschlossen werden, so wie sie zum Beispiel unter den EU-Staaten vereinbart sind.

Mit dem Prinzip der Aufteilung nach Bevölkerungsanteil ergibt sich ein maximales CO₂-Budget für Deutschland, dessen Überschreitung nach Auffassung des SRU ohne entsprechende Abkommen mit anderen Staaten ethisch nicht zu rechtfertigen ist. Aber auch Kriterien wie den Einbezug historisch kumulativer Emissionen oder der Entwicklungsrechte wirtschaftlich ärmerer Länder betrachtet der SRU als gut begründbar. Sie würden anerkennen, dass diese Länder weniger zum Klimawandel beigetragen und geringere finanzielle und technische Mittel für die Transformation zur Verfügung haben. Den reicheren und technologisch fähigeren Staaten kommt dagegen eine Vorreiterrolle, aber auch eine besondere Verantwortung zu (WBGU 2009). Ein deutsches CO₂-Budget wäre bei Anwendung solcher Kriterien gegenüber der Rechnung des SRU kleiner, die verbleibenden Zeitfenster noch kürzer.

Überlegungen auf der Basis ökonomischer Kosten oder das Kriterium, Staaten gemäß ihrem aktuellen Emissionsanteil ein Budget zuzuweisen („Grandfathering“), führen hingegen in der Regel zur Ableitung größerer CO₂-Budgets für Deutschland, als wenn der Bevölkerungsanteil zugrunde liegt (Wuppertal Institut 2020, S. 27). Sie benachteiligen jedoch hinsichtlich ihres verfügbaren Budgetanteils ökonomisch-technologisch weniger entwickelte Länder, obwohl diese kaum zum Klimawandel beigetragen haben. Für ein reiches Industrieland wie Deutschland würden hingegen überproportionale Emissionsrechte fortgeschrieben, die meist mit ökonomischer Optimalität im Rahmen makroökonomischer Modellrechnungen und bestehenden technologischen Lock-ins in fossile Infrastruktur bei Industrienationen begründet werden. Solche Überlegungen scheinen oft auch durch das Eigeninteresse von Ländern mit hohen Emissionen motiviert (BAATZ und OTT 2017, S. 165). Zudem werden die optimalen Lösungen unter der Annahme ermittelt, dass es eine zentrale globale Steuerung für die Umsetzung gibt, die aber in der politischen Realität nicht existiert. Insgesamt ist zwischen ethisch und gegebenenfalls rechtlich begründeten Verteilungsprinzipien und Zuteilungen aufgrund makroökonomisch optimierter Umsetzung zu unterscheiden.

Industriestaaten mehr Freiräume zu gewähren, widerspricht zudem mindestens der Intention von Art. 2.2 des Pariser Klimaabkommens, der die Vertragsparteien an den Grundsatz der gemeinsamen, aber unterschiedlichen Verantwortlichkeiten bindet. Damit ist nach allgemeiner Lesart gemeint, dass Industriestaaten in verstärktem Maße zu einer Dekarbonisierung angehalten sind, um Entwicklungsräume für Staaten mit geringerem Wohlstand zu ermöglichen (vgl. WBGU 2009, S. 29). Art. 4.1 des Abkommens spezifiziert zudem, dass es für weniger wohlhabende Länder länger dauern wird, den Scheitelpunkt ihrer Emissionen zu erreichen. Hieraus lässt sich im Umkehrschluss folgern, dass Industrieländer ihre Emissionen früher senken sollten.

Daher markiert die Wahl eines Verteilungsprinzips nach Bevölkerungsanteil bereits einen Kompromiss zwischen verschiedenen Auffassungen und ist zugunsten der Industriestaaten großzügig. Angesichts der Herausforderungen der anstehenden Dekarbonisierung erscheint das verbleibende deutsche CO₂-Budget inzwischen klein. Dies rechtfertigt jedoch ethisch nicht ohne Weiteres, ein Deutschland bevorteilendes alternatives Prinzip zu wählen. Es ist jeweils zu fragen, ob und mit welcher Begründung ein anderes Verteilungsprinzip als nach dem Bevölkerungsanteil zu einem größeren oder kleineren Budget für Deutschland führt.

Zu beachten ist, dass sich der Pro-Kopf-Anteil auf das Jahr 2016 bezieht. Würde die Bevölkerungsentwicklung berücksichtigt, führte dies zu einem kleineren Budget in der Zukunft, falls der deutsche Anteil an der Weltbevölkerung abnehme (SRU 2020, Tz. 32).

10. Ist es ein Problem, dass sich das deutsche Budget nur auf CO₂ und nicht auf alle Treibhausgase bezieht?

Um treibhausgasneutral zu werden, muss Deutschland tatsächlich den Ausstoß sämtlicher Treibhausgase auf Netto-Null reduzieren. Aus zwei Gründen schließen die SRU-Budgets jedoch nur das wichtigste Klimagas CO₂ ein. Erstens können nur CO₂-Emissionen, im Gegensatz zu vielen Nicht-CO₂-Emissionen (wie beispielsweise Methan), zeitübergreifend mit einem Budgetansatz bilanziert werden. Dementsprechend beziehen sich die globalen Budgets des IPCC nur auf CO₂. Dieses reichert sich kumulativ in der Atmosphäre an, die Emissionen verhalten sich bezüglich der resultierenden Erwärmung additiv. Derzeit verbleiben im Mittel circa 45 % der menschlich verursachten CO₂-Emissionen dauerhaft in der Atmosphäre (FRIEDLINGSTEIN et al. 2022). Auf einige andere Treibhausgase und Aerosole trifft dies nicht zu, da sie kurzlebiger sind. Diesen Emissionen stehen, anders als bei CO₂, chemische Abbauprozesse in der Atmosphäre gegenüber. Zudem bleibt die künftige Entwicklung der Aerosole ungewiss. In der Summe verringern sie derzeit die Erderwärmung. Für kürzere Zeiträume (z. B. ein Jahr) kann die Wirkung anderer Treibhausgase daher

zwar in CO₂-Äquivalente (CO_{2eq}) übersetzt werden, also in die Menge emittierten CO₂ mit derselben rechnerischen Wirkung auf das Klima. Auf diese Weise werden zum Beispiel für Deutschland und die EU die jährlichen Emissionen und Emissionsziele erfasst (vgl. UBA 2022a). Eine Addition dieser Werte für Jahrzehnte ergibt aufgrund des Abbaus der Nicht-CO₂-Treibhausgase aber kein Gesamtbudget. Bei der Anwendung sogenannter Treibhausgaspotenziale („global warming potentials“), die das Erwärmungspotenzial von Emissionen von Nicht-CO₂-Treibhausgasen für einen festgelegten Zeitraum beziffern, verhält es sich ähnlich: Sie hängen vom gewählten Betrachtungszeitraum ab und eignen sich daher nicht für einen einfachen Budgetansatz.

Zweitens ist CO₂ in Deutschland und der EU das mit Abstand wichtigste Treibhausgas, auch wenn andere menschlich verursachte Treibhausgase (wie z. B. Methan) und Aerosole ebenfalls (international nicht unerheblich) zum Klimawandel beitragen (IPCC 2021a). CO₂ eignet sich insbesondere in Deutschland als Leitgröße für die notwendigen Emissionsreduktionen in Richtung Treibhausgasneutralität, da es derzeit 88 % der Klimawirkung aller Treibhausgase ausmacht (UBA 2022a). Für die EU-27 sowie für die weltweiten Emissionen spielen Nicht-CO₂-Emissionen allerdings eine größere Rolle als für Deutschland, auch wenn CO₂ insgesamt auch dort das wichtigste Treibhausgas ist (TOKARSKA et al. 2018).

Zu beachten ist, dass die Begriffe „klimaneutral“ und „treibhausgasneutral“ nicht identisch sind, denn bei Netto-Treibhausgasemissionen von Null könnte sich das Klima weiter verändern. Die Begriffe „treibhausgasneutral“ und „CO₂-neutral“ bezeichnen ebenfalls nicht das Gleiche, da CO₂ nur einen Teil der klimawirksamen Emissionen ausmacht. Auch ist „CO₂-Null“ nicht gleichbedeutend mit „CO₂-neutral“ bzw. „CO₂-Netto-Null“, da bei diesen verbleibende Restemissionen kompensiert werden können.

Szenarien des IPCC, die die Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C beschränken, sehen globale Netto-Null-CO₂-Emissionen in den frühen 2050er-Jahren vor, Netto-Null-Treibhausgasemissionen aber erst mindestens zwanzig Jahre später (IPCC 2022, SPM-24). Allerdings gilt dies nur global, da die Nicht-CO₂-Emissionen dort eine größere Rolle spielen als in Deutschland. In Deutschland beträgt der Unterschied nur wenige Jahre. Zudem ergeben sich diese Zahlen aus einer ökonomischen Modellierung, der Annahmen zum relativen Verlauf der Emissionen und der Kompensation von Restemissionen zugrunde liegen (Frage 15). Es sollte deutlicher kommuniziert werden, dass der Ausstieg aus allen fossilen Energieträgern und CO₂-Neutralität global vor der Treibhausgasneutralität erreicht werden muss (in Deutschland allerdings nur wenige Jahre). Im politischen Diskurs um Klimaneutralität wird meist nicht berücksichtigt, dass CO₂-Emissionen nach gängiger Berechnung schon vor dem Zeitpunkt der Treibhausgas- oder Klimaneutralität Netto-Null erreichen müssen.

Nach Ansicht des SRU wäre es eine Option, den Zeitpunkt für eine ausgeglichene Bilanz bei den Nicht-CO₂-Treibhausgasen am Zeitpunkt des Enddatums der CO₂-Emissionen auszurichten, zum Beispiel indem entsprechende jährliche, mit dem Pariser Abkommen kompatible Reduktionsziele gesetzt werden (vgl. GermanZero 2022, S. 39). Einige Arten von Emissionen und vor allem Nicht-CO₂-Treibhausgase können nicht vollständig vermieden werden, beispielsweise in der Landwirtschaft und bei bestimmten Industrieprozessen. Für sie wäre daher ein ausreichend frühzeitiger Ausgleich in Form negativer Emissionen einzuplanen. Dieser sollte jedoch auf die unvermeidbaren Restemissionen beschränkt bleiben und nicht für die Kompensation vermeidbarer Emissionen, insbesondere aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe, verwendet werden (FUSS et al. 2021; Frage 15).

11. Ist die Budgetrechnung des SRU zu großzügig?

Die vorgeschlagenen maximalen CO₂-Budgets des SRU stellen jeweils nicht ein festes CO₂-Budget, sondern vielmehr eine Obergrenze dar, die nicht überschritten werden sollte. Sie sind im Sinne der Bestimmung solch einer Obergrenze sowohl hinsichtlich wissenschaftlicher Unsicherheiten als auch normativer Entscheidungen großzügig zugunsten Deutschlands gewählt:

- Bei den Temperaturzielen wird nicht nur das Ziel von 1,5 °C, sondern auch von 1,75 °C berücksichtigt.
- Die Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung umfasst nicht den vom IPCC verwendeten höchsten Wert von 83 %, sondern 67 % bzw. sogar nur 50 % (IPCC 2021b, S. 29).

- Der Startzeitpunkt der Budgetberechnung ist 2016 und vernachlässigt damit die historische Verantwortung für zuvor entstandene Emissionen.
- Das Verteilungsprinzip gemäß Bevölkerungsanteil ignoriert, dass Deutschland als Industrieland eine Vorreiterrolle übernehmen sollte.
- Der zugrunde gelegte Bevölkerungsanteil Deutschlands bezieht sich auf 2016 und berücksichtigt nicht, dass er zukünftig wahrscheinlich sinken wird.
- Manche Erwärmungsfaktoren, wie zum Beispiel einige Erdsystem-Feedbacks, sind nicht vollständig in die Budgetberechnung des IPCC einbezogen.
- Würde ein kleineres CO₂-Budget eingehalten, könnten mehr Schäden durch Erwärmung vermieden werden.
- Verzögern sich die letzten Schritte bei der Emissionsreduktion, wäre bei einem kleineren CO₂-Budget noch Spielraum, um die globale Verpflichtung einzuhalten, während ein größeres CO₂-Budget diesen Puffer nicht enthält.
- Gemäß dem Vorsorgeprinzip ist es angesichts der vielen bestehenden Unsicherheiten und Risiken geboten, von einem kleineren CO₂-Budget auszugehen.

Insbesondere die Vernachlässigung der historischen Emissionen, durch die Deutschland erheblich entlastet wird, spricht dafür, dass andere Kategorien, bei denen Wahlmöglichkeiten bestehen, nicht ebenfalls zugunsten eines größeren deutschen Budgets ausgelegt werden sollten.

Da international kein verpflichtender Beitrag zur Emissionsreduktion durch einzelne Staaten festgelegt ist, sollten diese bei der Berechnung eines nationalen CO₂-Budgets ein faires Prinzip auswählen und begründen. Diese Methode sollte verallgemeinerbar sein, das heißt auch anderen Ländern im Rahmen des globalen CO₂-Budgets ein ausreichendes, angemessenes und gerechtes Budget ermöglichen, wenn sie ähnlich verfahren würden. Dies folgt nicht aus einer rechtlichen Verpflichtung, sondern aus einer ethischen Verantwortung und der Frage, wie ohne verbindliche Absprache zur Budgetverteilung dennoch das globale Temperaturziel erreicht werden kann. Das berechnete verbleibende CO₂-Budget erfüllt nach Ansicht des SRU diesen Anspruch gerade noch ausreichend. Es gibt zahlreiche Gründe, ein kleineres CO₂-Budget als Maßstab der Klimapolitik anzuwenden, ein größeres CO₂-Budget müsste aus Sicht des SRU jedoch explizit gerechtfertigt werden.

Anwendung des CO₂-Budgets in der Klimapolitik

12. Warum reicht es für die Bewertung der Ambition nicht aus, aus dem Klimaschutzgesetz abgeleitete Jahresemissionsmengen zu kumulieren?

Das Klimaabkommen von Paris sieht vor, die aus der Summe nationaler Emissionsreduktionspfade resultierende Erderwärmung regelmäßig mit den Temperaturzielen des Abkommens in einer Bestandsaufnahme zu vergleichen („global stocktake“) und dadurch die gemeinsamen Anstrengungen zu bewerten. Aufgrund dessen wurde vorgeschlagen, statt eines nationalen CO₂-Budgets lediglich die kumulierte Emissionsmenge des deutschen Emissionspfades zu ermitteln und diese im Rahmen des internationalen Abgleichs zu diskutieren („kumulieren statt budgetieren“, vgl. KNOPF und GEDEN 2022). Einziger Unterschied des Kumulierens gegenüber dem Budgetieren ist, dass Staaten von der Erwartung befreit werden, sich bereits jetzt auf einen Anteil am globalen Budget festlegen zu müssen. Ein Abgleich muss damit im Nachhinein vorgenommen werden, wenn es möglicherweise zu spät ist, um gegenzusteuern. Dieses Verfahren stellt somit nicht von vornherein sicher, dass ein ausreichender nationaler Beitrag zum

Pariser Klimaabkommen geleistet wird. Das im Rahmen der Bestandsaufnahme vorgesehene freiwillige Nachbessern der Klimaziele (durch „naming, blaming and shaming“) führte bislang nicht dazu, dass die verbindlichen Temperaturziele und die daraus folgenden Emissionsminderungen in Reichweite sind. Ob also dieser Prozess für die Zielerreichung sorgt, ist unsicher (SACHS 2019; GALLIER et al. 2019). Der SRU erachtet es daher als riskant, sich angesichts des Handlungsdrucks und der möglichen Zielverfehlung darauf zu verlassen, dass Staaten ihre Ambition ausreichend und rechtzeitig erhöhen und die Ziele damit erreichbar bleiben. Statt somit lediglich den Stand der nationalen und internationalen Klimaschutzbemühungen zu bilanzieren, liefert ein nationales CO₂-Budget einen gut begründeten Maßstab für das notwendige klimapolitische Ambitionsniveau eines Landes. Es schafft Transparenz und ermöglicht eine höhere Planungssicherheit. Ist das notwendige Ambitionsniveau realpolitisch derzeit nicht zu erreichen, so sollte darüber offen diskutiert werden.

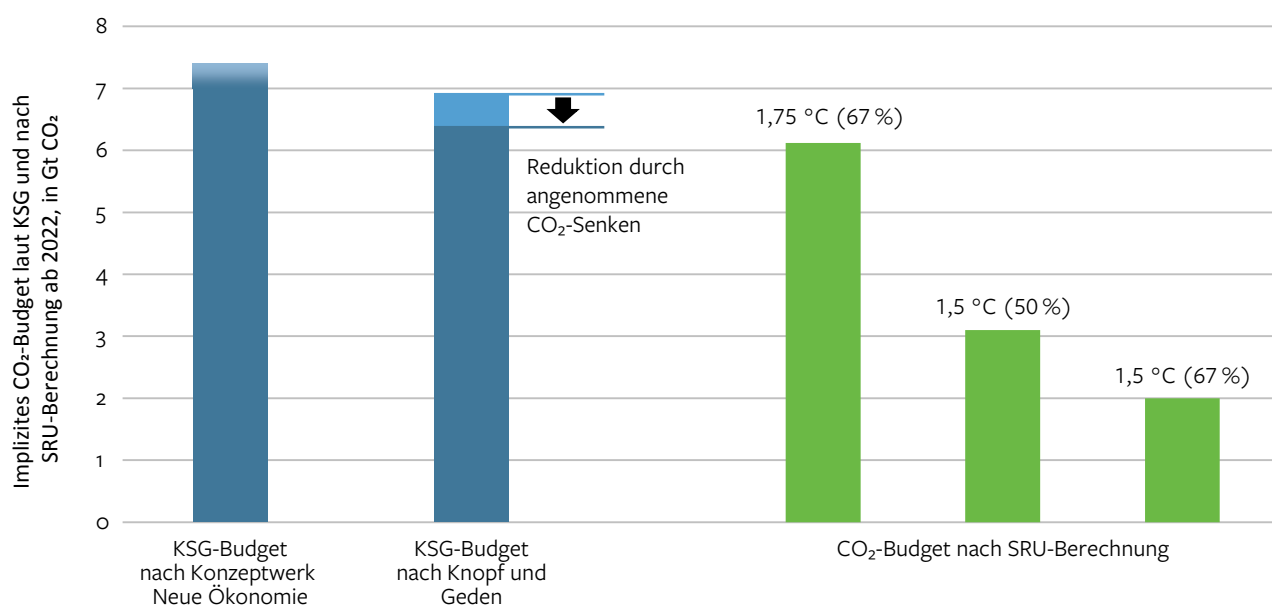
13. Wie ordnet sich das deutsche Klimaschutzgesetz in Bezug auf das CO₂-Budget des SRU ein?

Im novellierten Klimaschutzgesetz (KSG) ist der vorgesehene Treibhausgasreduktionspfad sowohl durch sektorspezifische Jahresemissionsmengen bis 2030 (mit Ausnahme der Energiewirtschaft) als auch durch prozentuale Reduktionsziele bis 2040 festgelegt. Hieraus lässt sich anhand von Annahmen zum zukünftigen Einbezug der natürlichen Senken und der weiteren Entwicklung bei den Nicht-CO₂-Treibhausgasen ein CO₂-Budget gemäß KSG ableiten. So ergibt sich je nach Rechnung ab 2022 beispielsweise ein Budget von 6,4 Gt CO₂ (KNOPF und GEDEN 2022), 6,6 Gt CO₂ (WOLFSTEINER 2022) oder von 7 bis 7,4 Gt CO₂ (Konzeptwerk Neue Ökonomie 2022b). German-Zero (2022) leitet aus dem KSG einen Beitrag zu einer Erderwärmung von circa 1,8 °C ab.

Abbildung 1 zeigt, dass die Ableitungen des CO₂-Budgets gemäß KSG die berechneten CO₂-Budgets des SRU übersteigen. Sie liegen jedoch in der Nähe des SRU-Budgets für 1,75 °C (bei 67%iger Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung). Dies ist ein erheblicher Fortschritt gegenüber dem Ambitionsniveau früherer deutscher Klimaziele. Es wäre ein großer Erfolg, wenn das Ziel erreicht würde, da es einem deutschen Beitrag entspräche, der die Erderwärmung auf unter 2 °C begrenzen kann. Dennoch liegt er mit hoher Wahrscheinlichkeit über dem politisch erklärten und im Pariser Klimaabkommen vereinbarten Ziel von 1,5 °C. Soll dieses Ziel mit dem KSG eingehalten werden, muss entweder die Ambition erhöht werden oder es sind Angaben zu zusätzlichen klimapolitischen Maßnahmen zu machen. Das Ambitionsniveau muss generell durch die Umsetzung adäquater klimapolitischer Maßnahmen ergänzt werden.

o **Abbildung 1**

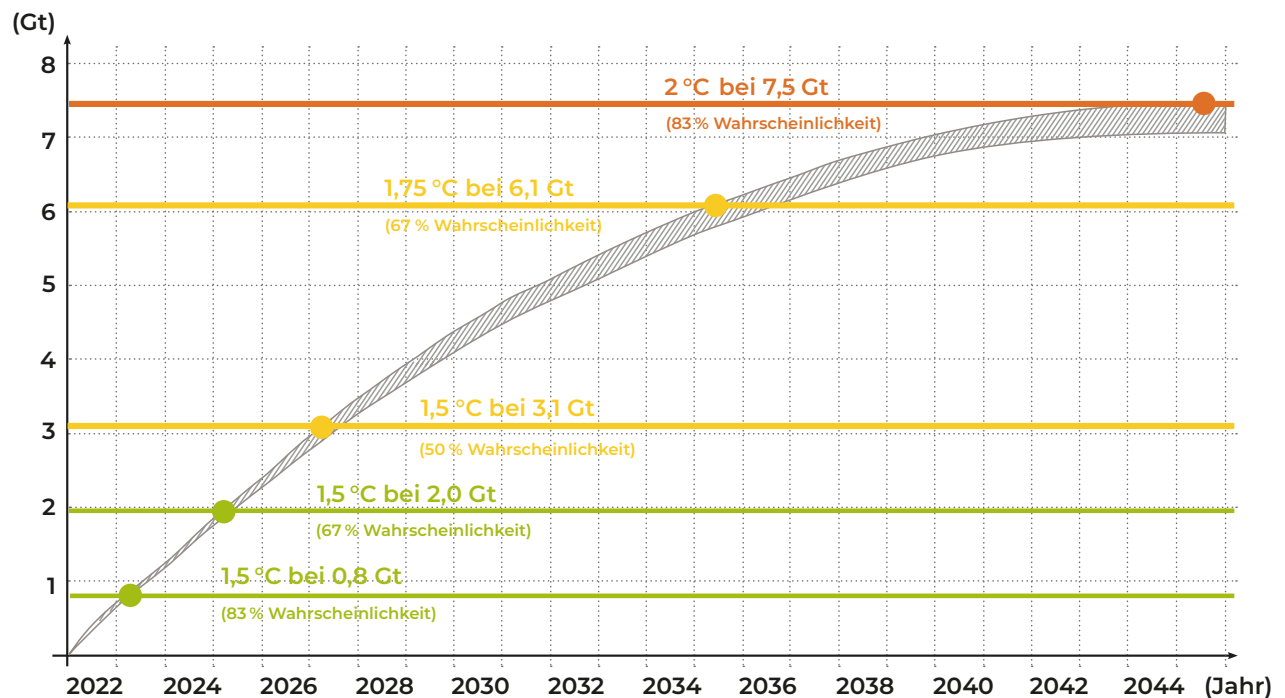
Gegenüberstellung der CO₂-Budgets ab 2022, abgeleitet aus dem Klimaschutzgesetz und gemäß der SRU-Berechnung



SRU 2022; Datenquellen: KNOPF und GEDEN 2022; Konzeptwerk Neue Ökonomie 2022b

o Abbildung 2

Vergleich kumulativer CO₂-Emissionen, abgeleitet aus dem Klimaschutzgesetz, und Paris-kompatibler CO₂-Budgets ab 2022



Die Abbildung zeigt die im KSG vorgesehene Entwicklung der CO₂-Emissionen in Deutschland von 2022 bis 2045 (grau, der schraffierte Bereich ergibt sich aus den Unsicherheiten bei der Ableitung von CO₂-Emissionen aus den im KSG genannten Treibhausgasemissionen). Die deutschen Restbudgets für 1,5 °C, 1,75 °C und 2 °C (horizontale Linien) errechnen sich nach der Methodik des SRU (Frage 7) gemäß einer Pro-Kopf-Verteilung für unterschiedliche Temperaturschwellen und verschiedene Wahrscheinlichkeiten der Zielerreichung.

Quelle: Konzeptwerk Neue Ökonomie 2022a, angepasst auf SRU-Zahlen, s. Tab. 1

Im Jahr 2021 wurden die Sektorziele für die Bereiche Gebäude und Verkehr verfehlt, für den Gebäudesektor sogar das zweite Mal in Folge (Agora Energiewende 2022, S. 12).

Aus Abbildung 2 wird ersichtlich, dass das CO₂-Budget für einen Beitrag zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C bereits in den nächsten ein bis fünf Jahren (abhängig von der Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung) durch die im KSG festgelegten Mengen überschritten wird. Die durch das KSG geplante Gesamtmenge der Emissionen übersteigt also derzeit noch deutlich die in § 1 S. 3 KSG in Bezug genommene Zielvorgabe des Pariser Klimaabkommens, die Erderwärmung auf möglichst 1,5 °C zu begrenzen (s. Abb. 4). Will man das 2°C-Ziel im Sinne des Vorsorgeprinzips mit hoher Wahrscheinlichkeit (z. B. von 83 % gem. IPCC) erreichen, so ist dies mit den Zielen des KSG gerade noch möglich.

14. Aufgrund welcher impliziten Annahmen wird oft vertreten, dass die deutsche Klimapolitik auf einem 1,5 °C-Pfad sei?

Der Reduktionspfad des novellierten Klimaschutzgesetzes stünde dann im Einklang mit dem 1,5°C-Ziel, wenn das ihm entsprechende CO₂-Budget damit kompatibel wäre. Dies trifft derzeit nicht zu, wenn man die Budgetberechnung des SRU zugrunde legt (Frage 13). Dennoch wird häufig argumentiert, dass die deutsche Klimapolitik einem 1,5°C-Pfad entspräche. Dem liegen häufig drei Annahmen zur nationalen Budgetberechnung zugrunde, die das Budget implizit vergrößern:

- o Wahl eines anderen Verteilungsprinzips und/oder Übernahme einer globalen Zielmarke für Netto-Null für Deutschland: Auf Grundlage von klimaökonomisch optimierten Modellen zeigt der IPCC, dass für die Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 °C mit keiner oder wenig Zielüberschreitung globale Netto-Null-CO₂-Emissionen in den

Jahren 2050 bis 2055 erreicht werden müssen (IPCC 2022, SPM-24). Diese Zielmarke für alle Länder und damit auch für Deutschland zu übernehmen, hieße aber, dass Deutschland weiterhin im globalen Vergleich überproportional emittieren dürfe („Grandfathering“). Dies käme einer Bevorzugung Deutschlands gleich und würde ein anderes Verteilungsprinzip bedeuten als nach dem Bevölkerungsanteil (Frage 9).

- Einplanung erheblicher Mengen negativer Emissionen: Vorher zu viel emittiertes CO₂ wird nachträglich aus der Atmosphäre extrahiert (Frage 15).
- Budgetzukauf aus anderen Ländern: Ein Teil der deutschen Reduktionsverpflichtungen wird in anderen Weltregionen verwirklicht (Frage 16).

In der politischen Diskussion bleibt häufig unerwähnt, inwieweit diese drei Optionen zugrunde gelegt werden, um einen gewählten Emissionsreduktionspfad zu begründen, der das CO₂-Budget überschreitet. Aus Sicht des SRU sind sie ethisch fraglich oder, indem sie auf noch nicht verfügbare Verfahren setzen, spekulativ und sollten daher aktuell nicht verwendet werden, um das verfügbare nationale CO₂-Budget zu vergrößern.

Es gibt jedoch auch Szenarien, welche anders als ein Großteil der klimaökonomischen Szenarien des IPCC weniger auf solche Annahmen setzen. Zum Beispiel beschränkt das Szenario „Net Zero by 2050“ der Internationalen Energieagentur (IEA) die Verwendung von carbon dioxide removal (CDR) (IEA 2021). Ähnliches gilt für einige beispielhafte Pfade des IPCC. Sie setzen jedoch besonders starke Emissionsreduktionen schon bis 2030 voraus (Frage 15).

15. Lässt sich durch nachträgliche CO₂-Extraktion aus der Atmosphäre zu viel emittiertes CO₂ wieder einfangen, sodass die Klimaziele trotz Budgetüberschreitung noch erreicht werden?

Als Kohlendioxid-Entfernung (carbon dioxide removal – CDR) werden Konzepte bezeichnet, mit denen emittiertes CO₂ zu einem späteren Zeitpunkt wieder aus der Atmosphäre entfernt wird. Darunter fallen verschiedene land- oder ozeanbasierte oder chemisch-technische Methoden, wie unter anderem Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und Speicherung (bioenergy with carbon capture and storage – BECCS), Gewinnung und Speicherung von CO₂ direkt aus der Atmosphäre (direct air carbon capture and storage – DACCS) oder Aufforstung. Die verfügbaren Methoden sind bisher nur teilweise in die Modellierungen einbezogen, bringen energetische und/oder ökologische Nachteile mit sich und wurden bisher nur in kleinskaligen Anwendungen erprobt, die oft nur begrenzt erfolgreich waren (vgl. SRU 2020, Abschn. 2.3.3). CDR unterscheidet sich von der ebenfalls diskutierten Abscheidung und dauerhaften Speicherung (carbon capture and storage – CCS) bzw. Verwendung (carbon capture and utilization – CCU) von CO₂ direkt bei der Entstehung, sodass CO₂ gar nicht erst in die Atmosphäre gelangt.

Mit CDR könnten ausgestoßene Emissionen nachträglich kompensiert und somit das verfügbare CO₂-Emissionsbudget theoretisch vergrößert werden. Auf drei Weisen könnte CDR sich auf Emissionsreduktionspfade auswirken:

- Kompensation der Nutzung fossiler Energieträger, um mehr Zeit für den Ausstieg zu gewinnen.
- Kompensation schwer vermeidbarer Restemissionen (z. B. verbleibende Nicht-CO₂-Gase aus der Landwirtschaft).
- Nachträgliche Absenkung des CO₂-Gehalts der Erdatmosphäre, falls die globale Temperatur über das Ziel hinaus angestiegen ist.

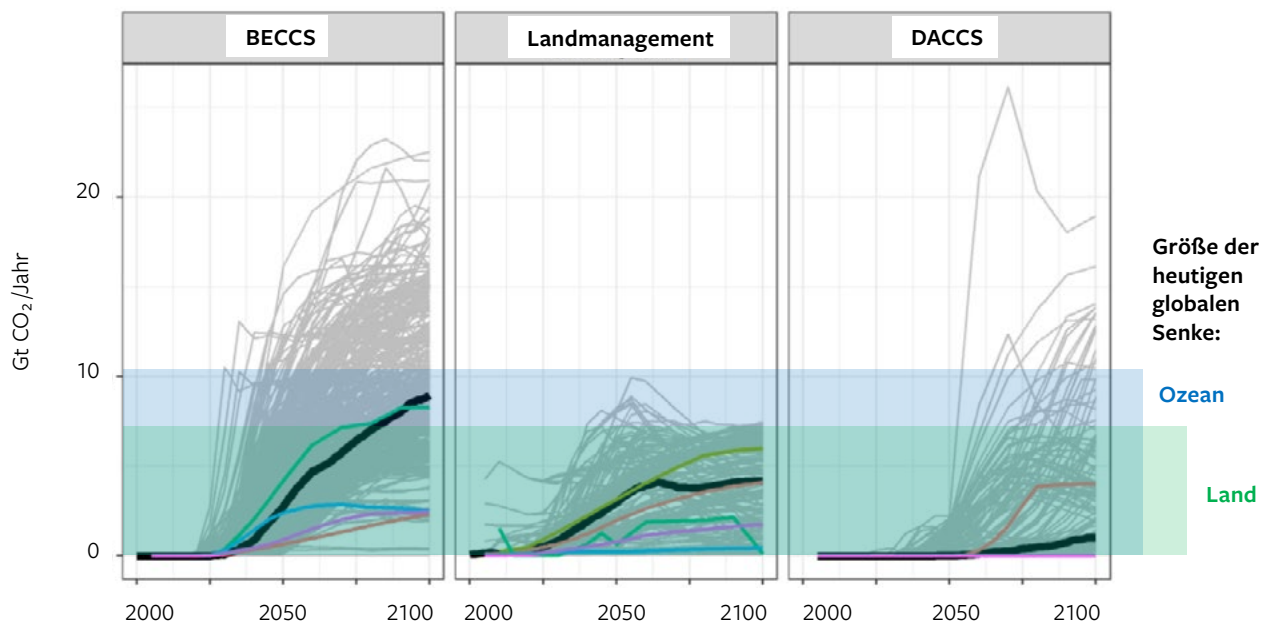
Diese Einsatzmöglichkeiten spielen eine erhebliche, wissenschaftlich allerdings sehr kontrovers diskutierte Rolle in den globalen Emissionsreduktionspfaden der Arbeitsgruppe III des IPCC zur Mitigation des Klimawandels (vgl. IPCC 2022; 2018, Tab. 2.4; FUSS et al. 2021). Die Pfade des IPCC werden mit fachwissenschaftlich aufwendigen und ausführlich beforschten Modellen berechnet, den sogenannten Integrated Assessment Models (IAM). Diese optimieren über Jahrzehnte hinweg die klimaökonomischen Kosten unter Annahmen zu energietechnologischen Entwicklungen und der Vorgabe, ein bestimmtes Temperaturziel zu einem künftigen Zeitpunkt (meist im Jahr

2100) einzuhalten. Für die Klimaziele von Paris weisen solche modellbasierten Pfade aus, ab wann ein Gleichgewicht zwischen Emissionen und den zusätzlichen, technisch herbeigeführten CO₂-Extraktionen aus der Atmosphäre hergestellt sein muss („net zero“), um diese zu erreichen. Durch negative Emissionen wird in einem Großteil der Szenarien die Menge der zunächst zu viel emittierten Treibhausgase in der Atmosphäre später wieder abgebaut. Dabei können je nach Szenario auch größere Mengen an CDR eingesetzt werden, weil das Modell es als kostengünstiger einschätzt, Emissionen später zu kompensieren, als sie direkt zu vermeiden, oder weil das Temperaturziel im Rahmen der Vorgaben anders nicht mehr einzuhalten ist. In einigen Szenarien wird versucht, diese Kompensationen auf ein Minimum zu reduzieren, bei der Mehrzahl sind für Temperaturziele unter 2 °C zukünftig erhebliche CO₂-Extraktionen zusätzlich notwendig.

Für den Verlauf dieser Pfade und den Umfang von CDR spielen die Modellannahmen eine entscheidende Rolle. Diese umfassen unter anderem die Kostenentwicklung und zukünftige Verfügbarkeit von Technologien, die ökonomische Bewertung vermiedener Klimaschäden und die Realisierbarkeit enorm umfangreicher künftiger, zusätzlicher CO₂-Extraktion aus der Atmosphäre. Alle diese Annahmen werden kontrovers debattiert. So ergibt sich in zahlreichen Pfaden, die die Pariser Klimaziele einhalten, dass die zusätzlich nötige CO₂-Bindung pro Jahr durch BECCS gegen Ende des Jahrhunderts größer sein müsste als die gesamte derzeit bestehende globale CO₂-Senke an Land, das heißt die CO₂-Bindung aller globalen Wälder und sonstigen Landflächen zusammen (Abb. 3). Dies zeigt, dass die angenommenen Extraktionsmengen eine planetare Größenordnung erreichen. Zudem setzt ein ökonomisch optimaler Einsatz der Technologien voraus, dass die Staatengemeinschaft bei der Finanzierung und Umsetzung an geeigneten

◦ Abbildung 3

Vergleich jährlicher CO₂-Bindung aus der Atmosphäre in IPCC AR6 WGIII-Pfaden, welche ein Temperaturziel von unter 2 °C einhalten, mit der Größe der natürlichen Ozean- und Landsenke



Die Abbildung zeigt die jährliche CO₂-Bindung aus der Atmosphäre durch CDR in IPCC AR6 WGIII-Pfaden, die eine Erderwärmung von unter 2 °C einhalten, für BECCS, Landmanagement und DACCS. Die schwarze Linie steht für den Mittelwert der Szenarienwerte (graue Linien). Die farbigen Linien zeigen verschiedene „veranschaulichende Mitigationpfade“ (illustrative mitigation pathways – IMP), welche bestimmte Zielvorgaben der Nachhaltigkeitspolitik einhalten. Die darüber gelegte blaue bzw. grüne Fläche symbolisiert zum Vergleich die Größe der derzeitigen natürlichen Ozeansenke (10,2 Gt CO₂) bzw. Netto-Landsenke (7,1 Gt CO₂).

Begriffserklärung:

BECCS: bioenergy with carbon capture and storage – Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und Speicherung

Landmanagement: hier die CO₂-Bindung von bewirtschafteten Landflächen, berechnet durch (Wieder-)Aufforstung minus Abholzung

DACCS: direct air carbon capture and storage – chemisch-technischer Prozess, durch den CO₂ aus der Atmosphäre gezogen wird, mit anschließender Speicherung

Standorten umfangreich kooperiert. Davon ist – auch unabhängig von aktuellen geopolitischen Entwicklungen – derzeit nicht auszugehen.

Die von IAM berechneten Emissionsreduktionspfade sind wissenschaftlich wertvoll, jedoch sollte beachtet werden, dass die praktische Umsetzung von negativen Emissionen in der klimarelevanten Größenordnung einiger Szenarien unter anderem aus folgenden Gründen fraglich ist:

- Landbasierte Optionen (z. B. Aufforstung, BECCS) für negative Emissionen treffen auf bereits bestehende knappe Land- und Wasserverfügbarkeit: Erhebliche Zielkonflikte bestehen beispielsweise mit der Nahrungsmittelherzeugung, dem Natur- und Artenschutz oder traditionellen Landrechten (HECK et al. 2018).
- Technische Optionen (z. B. DACCS): Diese bringen erhebliche finanzielle und energetische Kosten mit sich und es ist unsicher, wie sich die Kosten hierfür entwickeln werden.
- Kein wirksames Verfahren ist bisher auch nur annähernd in klimarelevantem Ausmaß verfügbar.
- Vor allem bei biologisch-basierten CDR-Verfahren wie Aufforstung ist die CO₂-Speicherung nur temporär und gegen Störungen (wie z. B. Waldbrände oder Dürreperioden) anfällig; zudem ist die Bestimmung und Überwachung der Speicherleistung schwierig.
- Gesellschaftliche Akzeptanz für die Umsetzung scheint in der notwendigen Größenordnung fraglich.

Insgesamt zeigen diese Szenarien mögliche Lösungen unter den getroffenen Annahmen auf, eignen sich aber nicht notwendigerweise für eine Anwendung auf nationale Politik, da sie global optimierte Systeme und enorme Potenziale für CDR voraussetzen. Daher sollten vermehrt diejenigen Szenarien diskutiert werden, welche vermutlich unrealistisch hohe Bedarfe an CDR zur Erreichung der Klimaziele minimieren oder vermeiden. Diese erfordern jedoch alle eine noch größere sofortige Minderung der Emissionen im kommenden Jahrzehnt als Szenarien mit viel CDR, um das noch vorhandene CO₂-Budget einzuhalten.

Im politischen Diskurs werden zudem häufig die Befunde der Arbeitsgruppe III des IPCC, welche im Wesentlichen den globalen Maßstab ansprechen, direkt auf ein Land wie Deutschland übertragen. Somit werden sie zur Richtschnur für nationale Klimaziele und deren Angemessenheit, insbesondere für den Zeitpunkt, zu dem nationale Emissionen „Netto-Null“ erreichen müssen. Die durch die Arbeitsgruppe III berichteten, meist auf größeren CDR-Beiträgen aufbauenden klimaökonomischen Pfade nennen hierfür die Mitte oder sogar erst die zweite Hälfte dieses Jahrhunderts, also deutlich später, als dies aus Sicht des SRU für den deutschen Reduktionspfad notwendig ist. Die klimaökonomischen Pfade suggerieren daher, dass die Emissionen deutlich langsamer reduziert werden müssen als nach der begründeten Ableitung des SRU für Deutschland. Wenn sich Politik und Gesellschaft nicht auf unsichere technische, wirtschaftliche und politische Lösungen verlassen wollen, reicht es nicht aus, Treibhausgasneutralität erst gegen Mitte dieses Jahrhunderts anzustreben.

Künftige negative Emissionen sollten nach Auffassung des SRU vorrangig oder sogar ausschließlich zum Ausgleich nicht vermeidbarer Restemissionen eingeplant werden, nicht aber, um das CO₂-Budget von vornherein zu vergrößern und den notwendigen Reduktionspfad zu verlangsamen. Die Verfügbarkeit der notwendigen Technologien zu akzeptablen Kosten und das Ausmaß der umweltverträglich möglichen CO₂-Extraktion sind zum heutigen Zeitpunkt weitgehend spekulativ. Es würde der besonderen Sorgfaltspflicht, die das BVerfG im Umgang mit gravierenden und irreversiblen Umweltbeeinträchtigungen einfordert (BVerfG, Beschl. v. 24.03.2021 – 1 BvR 2656/18, Rn. 229), nicht gerecht, wenn sich der Gesetzgeber beim Setzen seiner Klimaziele auf Methoden stützen würde, deren Realisierbarkeit in hohem Maße ungewiss ist. Soweit die auf globaler Ebene modellierten zukünftigen CO₂-Extraktionen außerhalb Deutschlands stattfinden müssten, entstünde zudem das Problem, dass der deutsche Gesetzgeber über die dafür notwendigen Maßnahmen nicht entscheiden kann. Soweit eine Speicherung der zusätzlichen Emissionen Deutschlands durch nationale Bemühungen technisch möglich sein sollte, wäre wiederum das Gebot der intertemporalen Freiheitssicherung zu beachten, das einer einseitigen Verlagerung der Klimaschutzpflichten in die Zukunft entgegensteht (BVerfG, ebd., Rn. 183). Nach Ansicht des SRU sollte daher die weitestgehend mögliche Emissionsreduktion das Ziel sein und nicht der zukünftige Ausgleich von anhaltend hohen Emissionen. Werden über den Ausgleich der Restemissionen hinaus noch negative Emissionen realisiert, so sollten sie dafür genutzt werden, ein niedrigeres Temperaturziel anzustreben.

16. Könnte sich Deutschland CO₂-Budget im Ausland „einkaufen“?

Es wird diskutiert, dass Deutschland mehr emittieren könne, wenn es andere Länder bei der Dekarbonisierung unterstützen würde (GermanZero 2022, S. 40; Wuppertal Institut 2020, S. 28). Aus Sicht des SRU sollte nicht davon ausgegangen werden, dass sich das deutsche CO₂-Budget durch solche Optionen erheblich vergrößern lässt. Sie sollten aus folgenden Gründen nicht substantiell für das Erreichen der Klimaziele einbezogen werden:

- Deutschland kann nicht einseitig ohne entsprechende verbindlich getroffene und verlässlich überwachte Vereinbarungen mit Drittländern davon ausgehen, dass dort die Bereitschaft besteht, Emissionsrechte abzutreten. Insbesondere ist es angesichts der vermutlich hohen Anzahl an Industrienationen, die an einem solchem Handeln Interesse hätten, nicht wahrscheinlich, dass das Angebot an realisierbaren Emissionsreduktionen ausreicht, die zusätzlich zu den für jedes Land wirksamen Reduktionspflichten bestehen. Dies gilt auch für die Bewertung bestehender Vorschläge für strategische Kooperationen, von denen beide Seiten profitieren und die potenziell durchführbar scheinen. Sie müssen unter dem Gesichtspunkt internationaler Konkurrenz um realisierbare Projekte bewertet werden (WEISCHER et al. 2021).
- In weltweiter Ausgestaltung würde ein solches Konzept einen globalen Handel von Emissionsrechten implizieren. Dessen Verwirklichung ist jedoch zeitnah und organisatorisch fraglich. Das Klimaabkommen von Paris regt diesen Handel zwar an, doch ein entsprechender Rahmen wurde auf politischer Ebene bisher nicht abgestimmt oder gar implementiert. Er wäre aber für die Architektur einer nachfolgenden künftigen Klimavereinbarung wünschenswert. Weniger industrialisierte Länder verweisen bezüglich ihrer Emissionsrechte dabei häufig auf Aspekte internationaler, auch historischer Gerechtigkeit. Statt zu einem globalen, ökonomisch motivierten Emissionshandel beizutragen, ist ihr Anliegen eher, für entstandene Schäden kompensiert zu werden. Hinzu kommt, dass zum Beispiel die Mitgliedstaaten der EU für die gemeinsame Verpflichtung zum Pariser Klimaabkommen ein an der ökonomischen Leistungsfähigkeit orientiertes Prinzip der Lastenteilung vereinbart haben. Würde man dieses Prinzip auch international anwenden, würden leistungsstarke Länder wie Deutschland ihre Emissionen überproportional reduzieren müssen (und nicht durch Budgeteinkäufe erhöhen), um weniger leistungsstarke oder stärker von fossilen Energieträgern abhängige Mitgliedstaaten zu entlasten. Jedoch gibt es auch innerhalb der EU einen gemeinsamen Markt für Emissionsrechte in bestimmten Sektoren.
- Wie hoch das reale Potenzial zur Emissionsreduktion im Ausland ist, ist unsicher. So wird zum Beispiel in vielen ärmeren Ländern der Welt mit geringen Pro-Kopf-Emissionen eine flächendeckende stabile Stromversorgung angestrebt. Maßnahmen zur Emissionseinsparung, zum Beispiel der Ausbau erneuerbarer Energien, würden daher aller Voraussicht nach kurzfristig und mindestens übergangsweise bestehende fossile Kraftwerke nicht ersetzen, sondern diese ergänzen. Das Potenzial zur Emissionsreduktion sollte daher nicht überschätzt werden.

17. Ist ein nationales CO₂-Budget sinnvoll, obwohl sich die EU im Rahmen des Pariser Klimaabkommens nur gemeinsame Ziele setzt und diese auf Nationalstaaten aufteilt?

Die EU erbringt einen gemeinsamen, festgelegten Beitrag zu den Zielen des Pariser Klimaabkommens. Innerhalb der EU werden sowohl das Ziel als auch die Emissionsminderungen gemäß Klimaschutzverordnung (EU) 2018/842 (auch als Lastenteilungsverordnung bezeichnet) zwischen den Mitgliedstaaten politisch ausgehandelt. Die dortige Aufteilung der Zielvorgaben orientiert sich aktuell an der Wirtschaftsleistung der Mitgliedstaaten. Deutschland und anderen Industrieländern wird damit ein größerer Reduktionsbeitrag zugewiesen als bei einer Gleichverteilung des prozentualen Reduktionszieles. Damit wird ökonomisch schwächeren Mitgliedstaaten mehr Spielraum eingeräumt. Allerdings weichen die Zielsetzungen einzelner Mitgliedstaaten von jenen der EU ab, wenn diese sich eigene Klimagesetze geben, welche über die Vorgaben der EU hinausgehen können. Der SRU empfiehlt, dass Deutschland mindestens sein nationales CO₂-Budget einhält, falls es nach der Lastenteilung innerhalb der EU nicht sogar strengeren Auflagen unterliegt. Daneben sollte es sich auch für ein verschärftes europäisches Ziel einsetzen. Mindestens sollten jedoch Ambitionssteigerungen einzelner Mitglieder, zum Beispiel in Form nationaler CO₂-Budgets, auch in der europäischen Lastenteilung fixiert werden, ohne die Beiträge anderer Staaten abzuschwächen. So ließe sich vermeiden, dass nationale Ambitionserhöhungen und Minderungserfolge anderer Staaten die Zielverfehlung im

Rahmen der Lastenteilung erlaubt. Ansonsten könnten überschüssige Emissionsrechte, die sich aus der Differenz aus nationalem CO₂-Budget und Lastenteilung ergeben, im Rahmen des Flexibilitätsmechanismus an Mitgliedstaaten mit Zielverfehlung verkauft werden.

18. Bringt es etwas, wenn Deutschland sich an ein CO₂-Budget hält und andere nicht?

Das Klima kann nur durch globale Anstrengungen stabilisiert werden. Dennoch sollte Deutschland seinen Beitrag nicht vom Verhalten anderer Länder abhängig machen. In seinem Beschluss zum Klimaschutzgesetz vom März 2021 bekräftigt das BVerfG die internationale Dimension des aus Art. 20a Grundgesetz folgenden Klimaschutzgebotes: „Der nationalen Klimaschutzverpflichtung steht nicht entgegen, dass der globale Charakter von Klima und Erderwärmung eine Lösung der Probleme des Klimawandels durch einen Staat allein ausschließt. Das Klimaschutzgebot verlangt vom Staat international ausgerichtetes Handeln zum globalen Schutz des Klimas und verpflichtet, im Rahmen internationaler Abstimmung auf Klimaschutz hinzuwirken. Der Staat kann sich seiner Verantwortung nicht durch den Hinweis auf die Treibhausgasemissionen in anderen Staaten entziehen“ (BVerfG, Beschl. v. 24.03.2021 – 1 BvR 2656/18, Leitsatz 2c). Deutschland hat als Industrieland die Pflicht, proaktiv zu internationaler Klimapolitik beizutragen. Indem es seiner eigenen Verpflichtung nachkommt, kann Deutschland andere Länder zu einem vergleichbaren Vorgehen ermutigen.

19. Sollen Bundesländer sich eigene CO₂-Budgets ableiten?

Einige Bundesländer überlegen, sich ein eigenes CO₂-Budget als Maßstab für ihr Ambitionsniveau bzw. ihren territorialen Beitrag zum nationalen Klimaziel zu geben. Ein solches Vorgehen eröffnet Chancen, da es den jeweils notwendigen Reduktionsbeitrag klar aufzeigt, diesen überprüfbar und Pfadabweichungen sichtbar macht. Jedoch führt es auch zu einigen Schwierigkeiten, die nicht ohne weiteres ausgeräumt werden können.

Die Bundesländer haben nur für einzelne Bereiche die Gesetzgebungskompetenz zur eigenständigen Emissionsreduktion, maßgeblich ist vielfach die Gesetzgebung des Bundes und der EU. Zudem ist im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) eine sektorale und keine territoriale Steuerung der Emissionsreduktionen angelegt. Der Beitrag einzelner Bundesländer zur Emissionsreduktion Deutschlands ist weder im KSG festgelegt noch aus der Verfassung unmittelbar ableitbar, weshalb das BVerfG im Januar 2022 eine Verfassungsbeschwerde zu den Landesklimagesetzen ablehnte (BVerfG, Beschl. v. 18.01.2022 – 1 BvR 1565/21). Die Deutsche Umwelthilfe (DUH) hat daraufhin mit Verweis auf den Budgetvorschlag des SRU eine neue Verfassungsbeschwerde eingereicht, die unter anderem fordert, die föderale Lastenverteilung zu regeln (Verfassungsbeschwerde der DUH vom 24. Januar 2022; s. GEULEN et al. 2022).

Erschwerend bei der Ableitung von Bundesländer-Budgets ist, dass es umso schwieriger ist, ein territoriales CO₂-Budget sinnvoll, das heißt nachvollziehbar und sachgerecht, aus einem nationalen Budget abzuleiten, je kleiner das betrachtete Gebiet ist. Zwischen den Bundesländern bestehen vielfältige Verflechtungen, die zu starken Verzerrungen der Emissionsbilanz führen, beispielsweise weil Industrie und fossile Energieerzeugung ungleich verteilt sind. Ein Verteilungsschlüssel müsste diese Effekte berücksichtigen und wäre damit deutlich komplexer und daher vor allem politisch zu vereinbaren. Es bedürfte eines „klimapolitischen Königsteiner Schlüssels“, in Anlehnung an den Schlüssel zur Verteilung finanzieller Lasten unter den Ländern.

Dennoch ist der SRU der Auffassung, dass es grundsätzlich sinnvoll ist, die Frage von CO₂-Budgets für Bundesländer zu prüfen. So könnte überall dort, wo klimarelevante Entscheidungen getroffen werden, ein Maßstab für einen ausreichenden, angemessenen und gerechten Beitrag geschaffen werden. Es ist daher zu begrüßen, dass Bundesländer entsprechende Überlegungen anstellen.

Nicht zuletzt implizieren die bestehenden Klimaziele der Bundesländer Emissionsreduktionspfade und damit ein Budget, das mindestens zusätzlich festgeschrieben werden sollte. Bei möglichen Umsetzungslücken muss nicht nur auf den geplanten Reduktionspfad zurückgesteuert werden, sondern es wäre darüber hinaus dieses festgeschriebene

Budget des Bundeslandes einzuhalten. Dies erfordert zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen, welche bereits erfolgte Mehremissionen kompensieren. Somit hätte die Festschreibung solch eines Budgets eine wichtige, regulierende Funktion. Es ließe sich dann auch bewerten, ob dieses Budget mit dem Klimaabkommen von Paris kompatibel ist. Hierzu müsste es einem CO₂-Budget gegenübergestellt werden, das für das entsprechende Bundesland aus einem nationalen CO₂-Budget abgeleitet wurde, das einen ausreichenden, angemessenen und gerechten Beitrag zu den Pariser Klimazielen leistet.

Wird die Formulierung eines CO₂-Budgets auf Länderebene erwogen, sollten nach Ansicht des SRU die folgenden drei Punkte geklärt werden:

- Ob und auf welche Weise hat die Ergänzung der bestehenden sektoralen Steuerung auf Bundesebene durch ein territoriales CO₂-Budget auf Länderebene einen Mehrwert und wie würde die zugehörige Architektur der Integration von Maßnahmen und Kompetenzen aussehen? Zu vermeiden ist, dass ein Parallelsystem entsteht. Territoriale CO₂-Budgets sind im Idealfall eine zusätzliche Metrik, um die föderale Zielerreichung sicherzustellen, Umsetzungslücken frühzeitig zu erkennen und den eigenen Beitrag bzw. Fortschritt transparent darzustellen.
- Welchen Verteilungsschlüssel könnten die Länder für eine Aufteilung des nationalen CO₂-Budgets unter sich vereinbaren? Er müsste nicht nur sachlich begründet, sondern auch leicht nachvollziehbar und gut kommunizierbar sein.
- Welche Kriterien würde ein einzelnes Bundesland unabhängig von anderen Bundesländern für sich wählen, solange es keine Vereinbarung für einen gemeinsamen Maßstab gibt? Jedes interessierte Bundesland sieht sich mit der Frage konfrontiert, wie es ein eigenes CO₂-Budget ableitet, solange kein gemeinsamer Verteilungsschlüssel besteht. Hierfür sollte ein Verteilungsprinzip genutzt werden, das auf andere Bundesländer übertragbar wäre und bei Anwendung auch dort zu gerechten Anteilen führen würde.

Unabhängig von den genannten Erwägungen gilt für Bundesländer und Kommunen ebenso wie für Staaten, dass sie alle zu einem Reduktionspfad beitragen müssen, der rechtzeitig zu Netto-Null-Emissionen führt. Analog zur globalen Ebene zwischen Staaten sollten auch Bundesländer weder ihr Handeln von den anderen Bundesländern abhängig machen noch sich selber bei der Beanspruchung eines CO₂-Budgets übervorteilen, denn beides macht die nationale bzw. globale Zielverfehlung wahrscheinlicher.

Da seitens mehrerer Bundesländer Interesse an der Ausweisung eigener CO₂-Budgets besteht, empfiehlt es sich, in einem gemeinsamen Diskussionsprozess interessierter Länder die Vor- und Nachteile zu prüfen. Insgesamt besteht die Herausforderung darin, Verantwortlichkeiten und Handlungsspielräume zwischen Bund, Ländern und Kommunen so zu regeln, dass ein schlüssiges Gesamtkonzept entsteht, das die Einhaltung eines nationalen CO₂-Budgets erleichtert bzw. ermöglicht und ergänzend zur sektoralen Steuerung auf Bundesebene wirkt. Dann ließe sich mit einem CO₂-Budget auch auf Landesebene transparent machen, ob die Gesamtheit der Ziele und Maßnahmen einen ausreichenden, angemessenen und gerechten Beitrag zum nationalen und globalen Klimaziel leistet.

20. Was sind die Folgen, wenn das deutsche CO₂-Budget überzogen wird?

Die weitreichenden Folgen eines unzureichend bekämpften Klimawandels sind ausführlich dokumentiert (IPCC 2022; 2021a). Sollte das globale Klimaschutzziel des Pariser Klimaabkommens verfehlt werden, ist mit immensen Schäden und Verlusten weltweit zu rechnen. Hiervon werden insbesondere auch ärmere Länder massiv betroffen sein, die selbst kaum zum Klimawandel beigetragen haben. Bei einer Überschreitung des nationalen CO₂-Budgets sollte sich Deutschland aus Gründen der Klimagerechtigkeit zu den mitverursachten Schäden in anderen Weltregionen bekennen und betroffene Staaten bei der Bewältigung der Schäden und Verluste unterstützen. Darüber hinaus erscheint es zumindest als denkbare Entwicklung des Völkerrechts, dass bei einer Verfehlung der Pariser Klimaschutzziele auf die hierfür wesentlich verantwortlichen Staaten auch Haftungsrisiken zukommen.

Daher sollte ein entsprechendes nationales CO₂-Budget eingehalten werden. Bei drohender Überschreitung sind Maßnahmen zu treffen, um diese möglichst gering zu halten. Je länger der Zeitraum und die Größe der Budgetüberschreitung, desto drastischer müssen sie ausfallen. Dabei gilt: Für die Abwendung der weitreichenden Schäden durch den Klimawandel zählt jedes Zehntelgrad vermiedenen Temperaturanstiegs.

Fazit

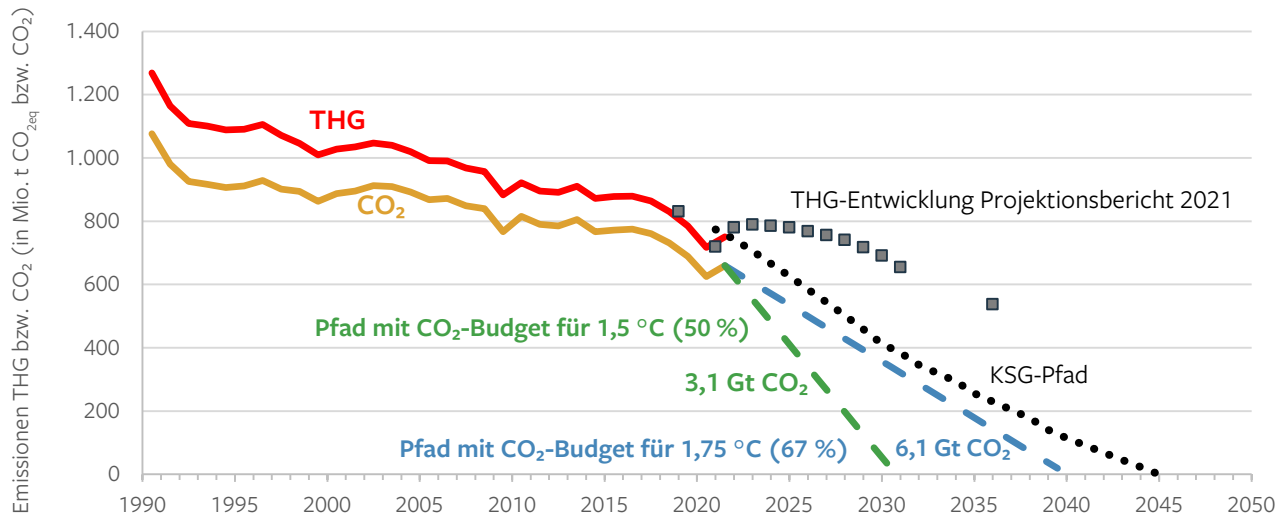
Um in der deutschen Klimapolitik die Transparenz hinsichtlich der Klimaziele auf Basis wissenschaftlicher Grundlage zu stärken, gibt der SRU folgende Empfehlungen:

- **Transparente Ausweisung eines deutschen CO₂-Budgets und Begründung der zugrundeliegenden Annahmen:** Das BVerfG hat klar benannt: „Obwohl die konkrete Quantifizierung des Restbudgets durch den Sachverständigenrat nicht unerhebliche Unsicherheiten enthält, müssen ihm die gesetzlichen Reduktionsmaßgaben Rechnung tragen“ (BVerfG, Beschl. v. 24.03.2021 – 1 BvR 2656/18, Rn. 229). Die Berechnungen des SRU quantifizieren eine Obergrenze der CO₂-Emissionen, welche Deutschland insgesamt noch ausstoßen darf, um einen ausreichenden, angemessenen und gerechten Beitrag zur Einhaltung der Klimaziele von Paris zu leisten. Die Methodik und Annahmen des SRU sind dabei für Deutschland großzügig, aber im Kontext des Pariser Klimaabkommens gut begründet. Die Bundesregierung kann auch ein anderes CO₂-Budget als das des SRU ausweisen, sollte die dazu getroffenen Annahmen aber transparent darlegen und rechtfertigen, sodass darüber eine politische Auseinandersetzung erfolgen kann.
- **Ehrliche Kommunikation bezüglich des Beitrags zu den Pariser Klimazielen:** Es sollte klar kommuniziert werden, ob der deutsche Beitrag zu den Pariser Klimazielen ausreicht oder noch eine Ambitionsücke besteht, über die im weiteren Verlauf zu verhandeln ist. So lässt sich neben dem Reduktionsfortschritt auch bewerten, ob das Ambitionsniveau angemessen ist. Das CO₂-Budget bildet hierfür einen sinnvollen Maßstab.
- **Klare Ausweisung möglicher negativer Emissionen im In- und Ausland:** Es sollte transparent gemacht werden, welcher Anteil durch Emissionsreduktionen geleistet und welcher durch negative Emissionen ausgeglichen werden soll. Hierbei sind Beiträge im In- und Ausland zu unterscheiden. Negative Emissionen sind nach Ansicht des SRU nur für unvermeidbare Restemissionen vorzusehen.

Mit dem Budgetansatz kann die Bundesregierung mögliche Ambitions- und Umsetzungslücken in der deutschen Klimapolitik ermitteln und Transparenzdefizite vermeiden (s. Abb. 4). Angesichts der kurzen verbleibenden Zeit ist es aus Sicht des SRU unerlässlich, diese Lücken innerhalb des verbleibenden CO₂-Restbudgets durch weitere Maßnahmen zu schließen.

o **Abbildung 4**

Vergleich bisheriger Treibhausgas- und CO₂-Emissionen, THG-Pfade gemäß KSG und Projektionsbericht sowie CO₂-Budget nach SRU-Berechnung



1.000 Mio. t CO₂ bzw. CO_{2eq} = 1 Gt CO₂ bzw. CO_{2eq}

SRU 2022; Datenquellen: REPENNING et al. 2021, Tab. 126; UBA 2022b; KSG 2021 § 3a sowie Anlage 2 und 3

Literatur

Agora Energiewende (2022): Die Energiewende in Deutschland. Stand der Dinge 2021. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2022. Version 1.3. Berlin: Agora Energiewende. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_11_DE-JAW2021/A-EW_247_Energiewende-Deutschland-Stand-2021_WEB.pdf (11.05.2022).

Baatz, C., Ott, K. (2017): In Defense of Emissions Egalitarianism? In: Meyer, L. H., Sanklecha, P. (Hrsg.): Climate Justice and Historical Emissions. Cambridge: Cambridge University Press, S. 165–197.

CarbonBrief (06.04.2022): Hausfather, Z.: Analysis: What the new IPCC report says about how to limit warming to 1.5C or 2C. <https://www.carbonbrief.org/analysis-what-the-new-ipcc-report-says-about-how-to-limit-warming-to-1-5c-or-2c> (20.04.2022).

CarbonBrief (05.10.2021): Evans, S.: Analysis: Which countries are historically responsible for climate change? <https://www.carbonbrief.org/analysis-which-countries-are-historically-responsible-for-climate-change> (20.04.2022).

Deutscher Bundestag (2017): Stenografischer Bericht 190. Sitzung, Berlin, Donnerstag, den 22. September 2017. Berlin: Deutscher Bundestag. Plenarprotokoll 18/190. <https://dserver.bundestag.de/btp/18/18190.pdf> (23.02.2022).

EEA (European Environment Agency) (o. J.): Climate and Energy in the EU. Data. Copenhagen: EEA. <https://climate-energy.eea.europa.eu/topics/climate-change-mitigation/projected-future-emissions/data> (12.05.2022).

EEA (2022): EEA greenhouse gas – data viewer. Data viewer on greenhouse gas emissions and removals, sent by countries to UNFCCC and the EU Greenhouse Gas Monitoring Mechanism (EU Member States). Stand: 12.04.2022. Copenhagen: EEA. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer> (20.04.2022).

Enquete-Kommission „Klimaschutzstrategie für das Land Bremen“ (2020): Vorstellung verschiedener Bilanzierungsmethoden und Ansätze für ein Bremer Klimaziel. Klausurtagung der Enquete-Kommission „Klimaschutzstrategie für das Land Bremen“ am 27.06.2020. Bremen: Bremische Bürgerschaft.

Eurostat (2022): Data Browser. Luxembourg: Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tps00001/default/table?lang=en> (20.05.2022).

Friedlingstein, P., Jones, M. W., O’Sullivan, M., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J., Le Quééré, C., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., Anthoni, P., Bates, N. R., Becker, M., Bellouin, N., Bopp, L., Currie, K. I., Decharme, B., Djutouchouang, L. M., Dou, X., Evans, W., Feely, R. A., Feng, L., Gasser, T., Gilfillan, D., Gkritzalis, T., Grassi, G., Gregor, L., Gruber, N., Gürses, Ö., Harris, I., Houghton, R. A., Hurtt, G., Iida, Y., Ilyina, T., Lujikx, I. T., Jain, A., Jones, S. D., Kato, E., Kennedy, D., Goldewijk, K. K., Knauer, J., Korsbakken, J. I., Körtzinger, A., Landschützer, P., Lauvset, S. K., Lefèvre, N., Lienert, S., Liu, J., Marland, G., McGuire, P. C., Melton, J. R., Munro, D. R., Nabel, J. E. M. S., Nakaoka, S.-I., Niwa, Y., Ono, T., Pierrot, D., Poulter, B., Rehder, G., Resplandy, L., Robertson, E., Rödenbeck, C., Rosan, T. M., Schwinger, J., Schwingshackl, C., Séférian, R., Sutton, A. J., Sweeney, C., Tanhua, T., Tans, P. P., Tian, H., Tilbrook, B., Tubiello, F., Werf, G. R. van der, Vuichard, N., Wada, C., Wanninkhof, R., Watson, A. J., Willis, D., Wiltshire, A. J., Yuan, W., Yue, C., Yue, X., Zaehle, S., Zeng, J. (2022): Global Carbon Budget 2021. *Earth System Science Data* 14 (4), S. 1917–2005.

Fuss, S., Gruner, F., Hilaire, J., Kalkuhl, M., Knapp, J., Lamb, W., Merfort, A., Meyer, H., Minx, J. C., Strefler, J. (2021): CO₂-Entnahmen: Notwendigkeit und Regulierungsoptionen. Studie im Auftrag der Wissenschaftsplattform Klimaschutz. Berlin: Wissenschaftsplattform Klimaschutz. https://www.wissenschaftsplattform-klimaschutz.de/files/WPKS_Gutachten_MCC_PIK.pdf (04.04.2022).

Gallier, C., Kesternich, M., Sturm, B. (2019): Klimaabkommen von Paris: Die vereinbarten dynamischen Anreize wirken kontraproduktiv. Mannheim: Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung – ZEW. ZEW Policy Brief 8/2019. <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/policybrief/de/pb08-19.pdf> (20.04.2022).

GermanZero (2022): 1,5-Grad-Gesetzespaket. Maßnahmenkatalog mit Gesetzesentwürfen. 2. Aufl. Hamburg: GermanZero. https://germanzero.de/media/pages/assets/cb46b6a90c-1648464331/1.5-grad-gesetzespaket_germanzero_02_2022.pdf (20.04.2022).

- Geulen, R., Klinger, R., Douhaire, C., Ernst, S. (2022): Verfassungsbeschwerde wegen § 3 Abs. 1, Abs. 2 Satz 1, § 3a, § 4 Abs. 1 Sätze 1–4 und 6, Abs. 3 Satz 1 in Verbindung mit Anlage 1, 2 und 3 Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist. Brief an das Bundesverfassungsgericht vom 24.01.2022. Berlin: GEULEN & KLINGER Rechtsanwälte. https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Pressemitteilungen/Umweltpolitik/Klimaschutz/Verfassungsbeschwerde_II_KSG_Bund_geschw%C3%A4rzt.pdf (26.04.2022).
- Heck, V., Gerten, D., Lucht, W., Popp, A. (2018): Biomass-based negative emissions difficult to reconcile with planetary boundaries. *Nature Climate Change* 8 (2), S. 151–155.
- Hentschel, K.-M. (2020): Handbuch Klimaschutz. Wie Deutschland das 1,5-Grad-Ziel einhalten kann. München: oekom.
- Hirschl, B., Torliene, L., Schwarz, U., Dunkelberg, E., Weiß, J., Lenk, C., Hirschberg, R., Schalling, A., Weyer, G., Wagner, K., Steffenhagen, P., Kenneweg, H. (2022): Zwischenbericht zum Gutachten für den Klimaplan Brandenburg. Erarbeitung einer Klimaschutzstrategie für das Land Brandenburg. Studie im Auftrag des Landes Brandenburg. Berlin, Potsdam, Senftenberg: IÖW, BLS Energieplan, Luftbild Umwelt Planung, Reiner Lemoine Institut, IFOK, BTU Cottbus-Senftenberg. https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/Zwischenbericht-Gutachten-KlimaplanBB.pdf
- IEA (International Energy Agency) (2021): Net Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector. Rev. version. Paris: IEA. https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf (16.05.2022).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2022): Climate Change 2022. Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York: Cambridge University Press. https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_FinalDraft_FullReport.pdf (26.04.2022).
- IPCC (2021a): Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York: Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf (02.11.2021).
- IPCC (2021b): Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. Cambridge, New York: Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf (12.05.2022).
- IPCC (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. Geneva: IPCC. <https://www.ipcc.ch/sr15/> (22.03.2022).
- IPCC (1990): Climate Change. The IPCC Scientific Assessment. Report Prepared for IPCC by Working Group 1. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kemfert, C. (2020): Mondays for Future: Freitag demonstrieren, am Wochenende diskutieren und ab Montag anpacken und umsetzen. Hamburg: Murmann.
- Knopf, B., Geden, O. (2022): Ist Deutschland auf dem 1,5-Grad-Pfad? Eine Einordnung der Diskussion über ein nationales CO₂-Budget. Berlin: Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change. http://www.mcc-berlin.net/Publications/2022_MCC_Ist_Deutschland_auf_dem_1_5_Grad_Pfad.pdf (22.03.2022).
- Konzeptwerk Neue Ökonomie (2022a): CO₂-Budgets und Klimaschulden. 17. Februar 2022. Leipzig: Konzeptwerk Neue Ökonomie. <https://konzeptwerk-neue-oekonomie.org/co2-budgets-und-klimaschulden/> (20.04.2022).
- Konzeptwerk Neue Ökonomie (2022b): Mit grüner Marktwirtschaft das Klima retten? Klimagerechtigkeits-Check der Ampel-Regierung. 2., überarb. Aufl. Leipzig: Konzeptwerk Neue Ökonomie. https://konzeptwerk-neue-oekonomie.org/wp-content/uploads/2022/02/Mit_gruener_Marktwirtschaft_das_Klima_rennen_2_Auflage.pdf (20.04.2022).
- Konzeptwerk Neue Ökonomie (2021): Ist Klimagerechtigkeit wählbar? Eine Wahlprogrammanalyse. 2. (leicht korrigierte) Aufl. Leipzig: Konzeptwerk Neue Ökonomie. https://konzeptwerk-neue-oekonomie.org/wp-content/uploads/2021/09/Konzeptwerk_Wahlprogrammanalyse_2021_korrigiert.pdf (20.04.2022).
- MUKE Baden-Württemberg (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg) (2022): Virtueller Fachworkshop „CO₂-Budget Baden Württemberg“ am 23.03.2022. Stuttgart: MUKE Baden-Württemberg.

- Repenning, J., Harthan, R. O., Blanck, R., Böttcher, H., Braungardt, S., Bürger, V., Emele, L., Görz, W. K., Hennenberg, K., Jörß, W., Ludig, S., Matthes, F. C., Mendelevitch, R., Moosmann, L., Nissen, C., Rausch, L., Scheffler, M., Schumacher, K., Wiegmann, K., Wissner, N., Zerrahn, A., Brugger, H., Fleiter, T., Rehfeldt, M., Rohde, C., Schlomann, B., Yu, S., Steinbach, J., Deurer, J., Osterburg, B., Rösemann, C., Gensior, A., Rock, J., Stümer, W., Rüter, S., Fuß, R., Tiemeyer, B., Laggner, A., Adam, S. (2021): Projektionsbericht 2021 für Deutschland. Gemäß Artikel 18 der Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 663/2009 und (EG) Nr. 715/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie §10 (2) des Bundes-Klimaschutzgesetzes. Berlin, Karlsruhe, Braunschweig, Eberswalde, Hamburg: Öko-Institut e. V., Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung – ISI, Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien – IRES, Thünen-Institut. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/projektionsbericht_2021_bf.pdf (10.05.2022).
- Robiou du Pont, Y., Meinshausen, M. (2018): Warming assessment of the bottom-up Paris Agreement emissions pledges. *Nature Communications* 2018 (9), Art. 4810.
- Sachs, N. (2019): The Paris Agreement in the 2020s: Breakdown or Breakup? *Ecology Law Quarterly* 46 (1). <https://ssrn.com/abstract=3463892> (30.05.2022).
- Sargl, M., Wiegand, D., Wittmann, G., Wolfsteiner, A. (2022): Berechnung Paris-kompatibler Emissionspfade mit dem ESPM am Beispiel Deutschlands und der EU. Stand: 19.04.2022. https://zenodo.org/record/6468257/files/ESPM_Germany_EU.pdf?download=1 (20.04.2022).
- SPD – Landesorganisation Hamburg, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Landesverband Hamburg (2020): Zuversichtlich, solidarisch, nachhaltig – Hamburgs Zukunft kraftvoll gestalten. Koalitionsvertrag über die Zusammenarbeit in der 22. Legislaturperiode der Hamburgischen Bürgerschaft zwischen der SPD, Landesorganisation Hamburg und Bündnis 90/Die Grünen, Landesverband Hamburg. Hamburg: SPD – Landesorganisation Hamburg, Bündnis90/Die Grünen – Landesverband Hamburg. <https://www.hamburg.de/senatsthemen/koalitionsvertrag/> (13.5.2022).
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2020): Für eine Entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Umweltgutachten. Berlin: SRU.
- Statistisches Bundesamt (2022): Bevölkerungsstand. Bevölkerung nach Gebietsstand (ab 1990). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/liste-gebietstand.html> (20.05.2022).
- Tokarska, K. B., Gillett, N. P., Arora, V. K., Lee, W. G., Zickfeld, K. (2018): The influence of non-CO₂ forcings on cumulative carbon emissions budgets. *Environmental Research Letters* 13 (3), Art. 034039. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aaafdd/pdf> (20.04.2021).
- UBA (Umweltbundesamt) (2022a): Daten. Umweltzustand und Trends. Klima. Treibhausgas-Emissionen in Deutschland. Stand: 15.03.2022. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland> (20.04.2022).
- UBA (2022b): Treibhausgas-Emissionen [tausend Tonnen CO₂-äquivalent]. Dessau-Roßlau: UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2022_03_15_trendtabellen_thg_nach_sektoren_v1.0.xlsx (12.05.2022).
- UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs) (2019): World Population Prospects 2019. Rev. 1. New York, NY: UN DESA. <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/> (20.05.2022).
- United Nations (2022): Chapter XXVII: Environment. 7. d: Paris Agreement, Paris, 12 December 2015. New York: United Nations. https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en (11.05.2022).
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2009): Kassensturz für den Weltklimavertrag: Der Budgetansatz. Berlin: WBGU. Sondergutachten.
- Weischer, L., Morgen, S., Schwarz, R., Voß, M., Marker, F. (2021): Paris-Partnerschaften. Ein Beitrag zur Neuausrichtung der deutschen Klimaaußenpolitik an den Zielen des Pariser Klima-Abkommens. Studie. Bonn, Berlin: Germanwatch e. V. https://germanwatch.org/sites/default/files/Studie_Paris-Partnerschaften.pdf (21.04.2022).
- Wiegand, D., Sargl, M., Doerenbruch, K., Wittmann, G., Wolfsteiner, A. (2021): Berechnung Paris-kompatibler Emissionspfade mit dem ESPM am Beispiel Deutschlands und der EU. *Wirtschaftsdienst* 101 (2), S. 127–133.

Wolfsteiner, A. (2022): Ableitung eines impliziten CO₂-Budgets für Deutschland aus dem Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) und dem Koalitionsvertrag. https://zenodo.org/record/6568580/files/KSG_implizites_CO2-Budget.pdf?download=1 (14.06.2022).

Wuppertal Institut (Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie) (2020): CO₂-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze. Diskussionsbeitrag für Fridays for Future Deutschland mit finanzieller Unterstützung durch die GLS Bank. 2., korrr. Aufl. Wuppertal: Wuppertal Institut. https://epub.wupperinst.org/files/7606/7606_CO2-neutral_2035.pdf (28.01.2021).

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU)

Prof. Dr. Claudia Hornberg (Vorsitzende)

Professorin für Environmental Health Sciences an der Medizinischen Fakultät der Universität Bielefeld

Prof. Dr. Claudia Kemfert (stellvertretende Vorsitzende)

Professorin für Energiewirtschaft und Energiepolitik an der Leuphana Universität Lüneburg und Leiterin der Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt am Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin

Prof. Dr. Christina Dornack

Professorin für Abfall- und Kreislaufwirtschaft und Direktorin des gleichnamigen Instituts an der Technischen Universität Dresden

Prof. Dr. Wolfgang Köck

Professor für Umweltrecht an der Juristenfakultät der Universität Leipzig und Leiter des Departments Umwelt- und Planungsrecht am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

Prof. Dr. Wolfgang Lucht

Professor für Nachhaltigkeitswissenschaft an der Humboldt-Universität zu Berlin und Leiter der Abteilung Erdsystemanalyse am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Prof. Dr. Josef Settele

Außerplanmäßiger Professor für Ökologie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und Leiter des Departments Naturschutzforschung am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

Prof. Dr. Annette Elisabeth Töller

Professorin für Politikfeldanalyse und Umweltpolitik an der FernUniversität in Hagen

**Sachverständigenrat
für Umweltfragen**

Luisenstraße 46
10117 Berlin
+49 30 263696-0
info@umweltrat.de
www.umweltrat.de

Die Veröffentlichungen des SRU sind auf der Homepage
verfügbar und können über die Geschäftsstelle kostenfrei
bestellt werden.