

Stellungnahme für das Bundesverfassungsgericht

zu den Verfassungsbeschwerden 1 BvR 1699/24, 1 BvR 2098/24 und 1 BvR 2113/24 sowie 1 BvR 2240/24

Prof. Dr. Ottmar Edenhofer, Prof. Dr. Matthias Kalkuhl, Prof. Dr. Gunnar Luderer, Ann-Katrin Schenk

November 2025

Die vier vorliegenden Verfassungsbeschwerden beziehen sich auf die Änderungen im Klimaschutzgesetz, die aus dessen Novellierung im Jahre 2024 resultieren. Eine der Beschwerden beklagt ausschließlich die unzureichenden Emissionsminderungen im Verkehrssektor. Unsere Stellungnahme thematisiert ethische und ökonomische Kriterien für einen wirksamen Klimaschutz in Deutschland, die auch Gültigkeit über die zur Frage stehenden Verfassungsbeschwerden hinaus haben.

1. Der Klimawandel schreitet voran

Der voranschreitende Klimawandel hat weitreichende Auswirkungen auf unser Erdsystem mit gravierenden Folgen für die Artenvielfalt, Extremwetterereignisse und die menschliche Gesundheit. Dabei sind die Auswirkungen des Klimawandels nicht linear. Sogenannte Kipppunkte, d.h. zentrale, großskalige Elemente des Erdsystems, weisen ein Schwellenverhalten auf. Bei der Überschreitung eines spezifischen Schwellenwertes können diese Elemente sprunghaft oder graduell in einen qualitativ neuen Zustand „kippen“, mit zum Teil weitreichenden und irreversiblen Auswirkungen auf das Erdsystem. Der Global Tipping Points-Report 2023 (Lenton et al., 2023), entstanden unter Mitarbeit von Forschenden des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK), und in der Verfassungsbeschwerde vom 13.09.2024 zitiert, identifiziert 25 solcher Kipppunkte. Zu ihnen gehören beispielsweise das Abschmelzen der Eisschilde und das Absterben der Korallenriffe. In der aktuellen Ausgabe des Berichts wird festgestellt, dass mit großer Wahrscheinlichkeit die Überschreitung des ersten Kipppunktes, das Absterben der Korallenriffe, erreicht werden wird (Lenton et al., 2025).

Im Jahre 2015 verpflichteten sich 195 Staaten im Pariser Klimaabkommen, die Erderwärmung dauerhaft auf deutlich unter 2° Celsius, möglichst aber auf 1,5°Celsius, zu begrenzen und

entsprechende Maßnahmen zur Emissionsminderung zu ergreifen. Trotz des Abkommens und weiterer politischer Bemühungen, wurde im Jahr 2024 ein globaler Höchststand der weltweiten Emissionen, sowie die erstmalige Erwärmung des Klimas über der im Pariser Abkommen genannten 1,5° Schwelle festgestellt (Friedlingstein et al., 2025; Global Carbon Project, 2024). Selbst bei hohen internationalen Klimaschutzanstrengungen ist es wahrscheinlich, dass die 1,5°-Schwelle zumindest für mehrere Jahrzehnte überschritten werden wird.

2. Intergenerationelle Gerechtigkeit von Klimapolitik

Insbesondere die kommenden Generationen werden die Folgen des Klimawandels spüren und dadurch in ihrer Freiheit beschnitten. Die intertemporalen Freiheitsrechte werden durch zwei Faktoren bestimmt: Zum einen die noch auftretenden Klimaschäden und Risiken, die den Lebensstandard und die Rechte zukünftiger Generationen beeinträchtigen. Zum anderen die Kosten der Emissionsminderungen, die die gegenwärtigen Generationen und auch zukünftige Generationen betreffen. Die Klimapolitik legt explizit oder implizit die Lastenverteilung zwischen den Generationen fest. Ob ein bestimmter Emissionspfad zukünftige Generationen übermäßig zugunsten heute lebender Generationen belastet, lässt sich nur im Rahmen einer Güterabwägung beurteilen, deren Kriterien durch Konzepte intergenerationeller Gerechtigkeit bestimmt werden. Wir stellen hier die wesentlichen Grundsätze einer solchen Abwägung vor.

Die Quantifizierung der zukünftigen Klimaschäden ist unsicher und unvollständig, da noch nicht alle möglichen Folgen und Risiken bisher monetär quantifiziert wurden. Dennoch kann nach heutigem Wissensstand und in einer konservativen Quantifizierung für jede im Jahr 2025 ausgestoßene Tonne CO₂ ein Gegenwartswert von 229 Euro (EUR) als Kosten der globalen Klimaschäden (engl. Social Cost of Carbon, SCC) angesetzt werden. Diese Zahl beruht auf einem umfangreichen, sorgfältigen und transparenten Bewertungsprozess der US Umweltschutzbehörde (EPA, 2023), der auf zuvor entwickelten Leitlinien der amerikanischen Akademie der Wissenschaften basiert (NAS, 2017).¹ Der Gegenwartswert deckt sich mit wissenschaftlichen Studien, die die Leitlinien der Akademie der Wissenschaften ebenfalls verwendet haben (Rennert et al., 2022) und auf eine breite Evidenz von Einzelstudien setzen.

Die deutschen Treibhausgas (THG)-Emissionen von derzeit 649 Megatonnen (Mt) CO₂-Äquivalenten verursachen somit jährlich einen Vermögensschaden von 148 Mrd. EUR. Emissionen, die weiter in der Zukunft liegen, verursachen deutlich höhere Schäden, da diese eine dann bereits erfolgte Erwärmung weiter verstärken. So führt eine im Jahr 2045 ausgestoßene Tonne CO₂ bereits zu einem Schaden von 310 Euro (im Vergleich zu 229 Euro im Jahr 2025, siehe EPA). Ein Verschieben von Emissionsminderungen auf einen späteren Zeitpunkt führt dementsprechend zu höheren Klimaschäden, selbst wenn ein kumulatives CO₂-Budget dabei eingehalten wird. Das kumulative CO₂-Budget kann jedoch als pragmatische Näherung dazu dienen, Klimaziele und klimapolitische Anstrengungen zu messen, die letztlich Schaden von zukünftigen Generationen abwenden sollen.

Aus den Klimazielen, etwa als kumulatives CO₂-Budget, und den Klimaschäden allein können die Jahresemissionsmengen, die aus einer intergenerationellen Gerechtigkeitsperspektive erfolgen

¹ Die von der EPA (2023) ermittelte Zahl für die „Social Cost of Carbon“ für eine im Jahr 2025 ausgestoßene Tonne CO₂ beträgt 212 USD in 2020 Preisen (Szenario einer mittleren kurzfristigen Diskontrate von 2%, die sich am Marktzins orientiert). Sie wurde für diese Stellungnahme mit dem USD-EUR Wechselkurs in 2020 umgerechnet und anschließend mit der Inflationsrate in der Eurozone auf das heutige Preisniveau korrigiert.

sollten, jedoch nicht berechnet werden. Dafür bedarf es einer Abwägung der Klimaschäden und Risiken gegenüber den entstehenden Kosten zur Absenkung der Emissionen. Auf dieser Basis kann ein Emissionspfad ermittelt werden, der den Kriterien intergenerationaler Gerechtigkeit genügt.

Die intergenerationelle Wohlfahrt ist dann optimal, wenn die Grenzvermeidungskosten den gesellschaftlichen Kosten einer CO₂-Emission (SCC) entsprechen.² Die Grenzvermeidungskosten messen dabei Kosten einer zusätzlichen Emissionsreduktion und steigen typischerweise im Ambitionsniveau. Wie bereits dargestellt, resultieren SCC von 229 Euro pro Tonne aus einer konservativen, unteren Abschätzung. Würde das Wohlergehen zukünftiger Generationen gleich stark gewichtet wie das Wohlergehen der aktuellen Generation, dürften zukünftige Klimaschäden nicht mit dem relativ hohen Marktzins bewertet werden, sondern mit einer niedrigeren Diskontrate. Der Gegenwartswert der Klimaschäden erhöht sich damit, weil die Lasten für die kommenden Generationen stärker gewichtet werden.³ Die EPA gibt für die Wahl einer niedrigeren Diskontrate SCC von 388 Euro an.⁴ Darüber hinaus sind zahlreiche Schäden, wie etwa der Verlust der Artenvielfalt, die Versauerung der Ozeane, die Auswirkungen von Extremereignissen und dem Überschreiten von Kippelementen, Auswirkungen auf Wasserversorgung, Ausbreitung von Infektionskrankheiten, Wald und Holzproduktion, Tourismus, Migrationswellen oder die Stabilität des Handelssystems in der EPA-Abschätzung noch gar nicht enthalten (siehe Tab. 3.2.1 in EPA, 2023).

Nach dem Vorsorgeprinzip sollte daher auf die empirisch bisher robust quantifizierbaren SCC ein (vorläufiger) Risikoaufschlag addiert werden, um diese Schäden zumindest grob zu berücksichtigen. Da bisher nicht einmal die Hälfte der bekannten Klimaschadensarten in die EPA-Berechnung Eingang gefunden haben, kann eine erhebliche Steigerung der SCC - etwa eine Verdoppelung oder Verdreifachung - durch verbesserte monetäre Abschätzungen nicht ausgeschlossen werden.

Den Kosten für die durch den Klimawandel induzierten Schäden stehen die Vermeidungskosten der Klimaschäden gegenüber. Die Grenzvermeidungskosten für das deutsche Klimaneutralitätsziel 2045 sind hochgradig unsicher. In den Klimaschutzszenarien des Kopernikus-Projekts Ariadne belaufen sich diese Grenzkosten, also die Kosten der letzten und teuersten Emissionsreduktion für die

² Dieses Optimalitätskriterium resultiert aus einer intuitiven Überlegung, lässt sich aber auch formal beweisen: Wenn die Grenzvermeidungskosten unterhalb der SCC liegen, würde eine zusätzliche Erhöhung der Vermeidungsbemühungen weniger Kosten verursachen als sie an Nutzen (=vermiedene Klimaschäden, gemessen mit den SCC) brächte. Die Klimapolitik wäre damit aus einer Kosten-Nutzen-Perspektive nicht ambitioniert genug. Umgekehrt gilt, wenn die Grenzvermeidungskosten oberhalb der SCC liegen, würde eine Verringerung der Vermeidungsbemühungen mehr Kosten sparen, als sie Nutzen stiften würde. Nur wenn die Grenzvermeidungskosten gleich den SCC sind, lässt sich der Netto-Nutzen durch eine Verringerung oder Erhöhung der Emissionen nicht mehr vergrößern; die Emissionsmenge ist dann optimal.

³ Die Frage der Bewertung (Abdiskontierung bzw. Abzinsung) von Klimaschäden, die in der fernen Zukunft auftreten, ist Gegenstand kontroverser Debatten. Die Orientierung am Marktzins entspricht dabei näherungsweise Kosten-Nutzen-Überlegungen der heute lebenden Menschheit, die letztlich jedoch zukünftig lebenden Generationen ein geringeres Gewicht in einer intertemporalen Wohlfahrtsbetrachtung einräumen würde. Eine Gleichbehandlung von Generationen würde dabei jeder Generation grundsätzlich ein gleiches „Gewicht“ in der intertemporalen Wohlfahrt einräumen, das allenfalls um das Risiko korrigiert werden kann, dass zukünftige Generationen aus anderen Gründen nicht mehr existieren (Aussterberisiko, siehe Stern, 2008). Eine derartige Gleichbehandlung impliziert, dass zukünftige Schäden tendenziell mit einer geringeren Rate als dem Marktzins bewertet werden und damit zu einem höheren Gegenwartswert führen. Die SCC steigt damit.

⁴ Im Fall der US EPA Berechnung entspricht dies der SCC mit einer kurzfristigen Diskontrate von 1,5%, der eine reine Zeitpräferenzrate (oder Nutzendiskontrate) von 0,01% zugrunde liegt. Dies entspricht einer Gleichgewichtung des Wohlergehens zwischen Generationen, die lediglich um eine geringe Aussterbewahrscheinlichkeit korrigiert wird.

Erreichung der Klimaneutralität im Jahr 2045, auf 400-870 €/t CO₂ (Luderer et al., 2025). Eine Gegenüberstellung der Grenzvermeidungskosten mit den um einen Risikoaufschlag korrigierten SCC legt nahe, dass das deutsche Klimaneutralitätsziel im Rahmen einer intergenerationellen Wohlfahrtsbetrachtung gerechtfertigt werden kann. Das gilt insbesondere, wenn für die SCC ein generationeller Gleichheitsgrundsatz verwendet würde (SCC von 388 Euro/t ohne Risikoaufschlag).

Den hohen nationalen Grenzvermeidungskosten sind jedoch nicht nur die SCC gegenüber zu stellen, sondern auch die nationalen Zusatznutzen (Co-Benefits): Mit der Reduktion fossiler Energien sind erhebliche gesellschaftliche Co-Benefits verbunden. Die Reduktion der Ölnachfrage hat in Deutschland durch verringerte Luft- und Umweltverschmutzung und damit verbundene Gesundheitskosten einen Nutzen von umgerechnet 104 Euro/t CO₂.⁵ Die verringerten Öl- und Gasimporte durch eine Energiewende bewirken eine Reduktion der internationalen Rohstoffpreise und entlasten damit europäische Konsumenten. Dieser Nutzen beträgt etwa 35 €/t CO₂ (Edenhofer et al., 2025b). Der verringerte Öl-Konsum der EU reduziert zudem durch Weltmarktpreiseffekte die Einnahmen Russlands aus dem Ölexport, die wiederum maßgeblich zur Finanzierung des Angriffskrieges in der Ukraine verwendet werden; dieser Nutzen beträgt für die EU etwa 54 €/t CO₂ (Beaufils et al., 2025). Für eine korrekte Gegenüberstellung der Kosten und Nutzen müssten daher diese Co-Benefits von den Grenzvermeidungskosten abgezogen werden.

Nationale Grenzvermeidungskosten, die die SCC überschreiten, lassen sich aus der Perspektive internationaler Verantwortung rechtfertigen. Es ist in der ökonomischen Theorie grundsätzlich anerkannt, dass arme und reiche Staaten nicht gleichermaßen zum Klimaschutz verpflichtet sind. Diesen unterschiedlichen Verpflichtungen kann entweder durch internationale Transfers, oder durch unterschiedliche Verpflichtungen zur Emissionsminderung nachgekommen werden. Wenn es keinen Finanzausgleich zwischen Staaten gibt, um die unterschiedlichen Kosten und Nutzen der Klimapolitik fair zu verteilen, müssten normative Überlegungen zur globalen Kosten- und Nutzenverteilung in die Berechnung der SCC durch sogenannte Wohlfahrtsgewichte (Equity Weights) berücksichtigt werden. Derartige Berechnungen legen deutlich höhere SCC für reichere Länder zugrunde, weil die Kosten des Klimaschutzes in reichen Ländern normativ ‚weniger‘ ins Gewicht fallen als der Nutzen durch vermiedene Klimaschäden in ärmeren Ländern (Anthoff & Emmerling, 2019).

2.1 Die CO₂-Entnahme sollte in ihren Möglichkeiten zur Sicherung der intertemporalen Freiheitsrechte genutzt werden

Je nach zugrunde gelegtem Maßstab der Generationengerechtigkeit und den berücksichtigten Risikoaufschlägen, können im Jahr 2025 auch Vermeidungsoptionen mit Kosten von mehreren Hundert Euro pro Tonne eingespartem CO₂ als gerechtfertigt gelten. Dazu gehört auch die großskalige CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre, die grundsätzlich nach dem gleichen Prinzip wie die Emissionsvermeidung behandelt werden sollte: Lässt sich durch ein bestimmtes Verfahren eine Tonne CO₂ aus der Atmosphäre entnehmen und dauerhaft zu Kosten unterhalb der SCC speichern,

⁵ Diese Zahl ergibt sich aus den Co-Benefits verringerter Feinstaub- und Stickstoff-Emissionen im Verkehrssektor (31 bn EUR) relativ zu den verringerten CO₂-Reduktionen (344 Mt CO₂), die als Auswirkungen der sozial-ökologischen Steuerreform empirisch ermittelt wurden (Basaglia et al., 2023). Die Co-Benefits wurden anhand der Inflation von 2022, auf September 2025 Preise konvertiert. Sie bewegen sich im Rahmen üblicher Abschätzungen wie etwa dem UBA (2020) oder dem International Monetary Fund (Black et al., 2023).

so sind diese Maßnahmen aus intergenerationaler Wohlfahrtsperspektive zu ergreifen.⁶ Mit ansteigenden SCC erhöhen sich auch die Kosten für die dann notwendigen ambitionierteren Vermeidungsmaßnahmen. Auch die CO₂-Entnahme müsste dann über teurere Verfahren in Betracht gezogen werden.

Die Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre und dessen langfristige Speicherung ist, neben der Emissionsreduktion und einer Anpassung an die voranschreitende Klimaerwärmung, die dritte Säule des Klimaschutzes. Sie ist Bestandteil aller Szenarien, die eine weltweite Begrenzung der Erderwärmung auf die Klimaziele des Pariser Abkommens annehmen (Smith et al., 2025). Die CO₂-Entnahme erfolgt durch Landsenken (zum Beispiel Aufforstung) oder technische Verfahren (zum Beispiel durch Luftfilter und anschließende geologische Speicherung). Derzeit befinden sich die technischen CO₂-Entnahmemethoden in verschiedenen Entwicklungsstufen und weisen unterschiedliche Potenziale, Speicherdauern und Kosten auf. Hierbei ist zu beachten, dass die CO₂-Aufnahme in Landsenken zwar derzeit den größten Beitrag zur CO₂-Entnahme leistet, gleichzeitig aber nur ein begrenztes Potenzial hat und nicht irreversibel ist: Beispielsweise können Rodung oder Waldbrände den Klimaschutzeffekt von Aufforstungsprojekten zunichtemachen. Technische CO₂-Senken befinden sich hingegen noch in einem sehr frühen Entwicklungsstadium, sind ressourcenintensiv und kostspielig (Smith et al., 2025; Minx et al., 2018). Es ist daher damit zu rechnen, dass diese erst ab ca. 2040 nennenswert zum Klimaschutz beitragen können (Kazlou et al., 2024; Rodrigues et al., 2023; Luderer et al., 2025)

Die CO₂-Entnahme kann sowohl kurzfristig die Netto-Treibhausgasemissionen und damit die Klimaerwärmung begrenzen, als auch mittelfristig einen Ausgleich verbleibender Emissionen zur Erreichung von Netto-Null-Emissionen bewirken und damit die Klimaerwärmung stoppen. In einer langfristigen Perspektive kann die CO₂-Entnahme über netto-Negativemissionen eine Umkehrung der bereits erfolgten Klimaerwärmung bewirken (European Scientific Advisory Board on Climate Change, 2025).

Im Rahmen der verfügbaren Potenziale stellt die CO₂-Entnahme eine zentrale Möglichkeit der intertemporalen Freiheitssicherung dar, weil sie es erlaubt, den bereits eingetretenen Schaden zumindest teilweise rückgängig zu machen, in dem die Temperaturkurve zurückgebogen wird. Obwohl die Vermeidung von CO₂-Emissionen weiterhin unbestrittene Priorität genießen muss um die Klimaerwärmung zu begrenzen, ermöglicht es die CO₂-Entnahme, in gewissem Umfang die bereits eingetretenen Versäumnisse im Klimaschutz zu einem späteren Zeitpunkt zu korrigieren. Dies ist selbst dann sinnvoll, wenn die CO₂-Entnahme auch zukünftig deutlich kostspieliger sein wird, als die meisten Vermeidungsoptionen für weiteren CO₂-Ausstoß. Ihre Skalierung bietet jedoch eine Flexibilisierungsoption, die zu einer Sicherung der Freiheit künftiger Generationen genutzt werden sollte.

⁶ Eine Ausnahme von dieser Regel stellen Co-Benefits bzw. weitere externe Kosten der CO₂-Entnahme dar, die analog zu den Überlegungen hinsichtlich der Co-Benefits von Emissionsvermeidung mit den Entnahmekosten verrechnet werden müssen (Edenhofer & Kalkuhl, 2024).

2.2 Wann eine Verschiebung der Lasten auf die kommenden Generationen gerechtfertigt sein kann – Die grün-goldene Regel

Die Wohlfahrtsökonomie zeigt, dass erhebliche Anstrengungen unternommen und entsprechende Maßnahmen möglichst unverzüglich umgesetzt werden müssen. Daher stellt sich aus normativer Perspektive die Frage, in welchem Umfang eine stärkere Belastung der kommenden Generationen durch eine zusätzliche Verschuldung gerechtfertigt sein kann.

Regierungen, die sich im politischen Wettbewerb behaupten müssen, sind tendenziell versucht, die Zielerreichung zulasten zukünftiger Regierungen aufzuschieben. Neben der Beschränkung durch grundgesetzliche Rahmenbedingungen bieten sich jedoch auch ökonomische Anreize zur Überwindung der Kurzfristorientierung von Regierungen an. Ein Beispiel dafür stellt die im Rahmen des Kopernikus-Projekts Ariadne entwickelte grün-goldene Regel zur Staatsverschuldung dar (Edenhofer et al., 2025a). Hierbei wird die zulässige Schuldenaufnahme, über die bisher geltenden Verschuldungsgrenzen hinaus, an die erfolgten oder prognostizierten Emissionsminderungen geknüpft. Die Regel vermeidet missbräuchliche Schuldenaufnahme für Maßnahmen mit unklarer Emissionswirkung und stellt sicher, dass zukünftige Generationen durch die Schuldentilgung nicht stärker belastet werden, als sie von vermiedenen Klimaschäden profitieren. Eine derartige Verknüpfung von Verschuldung und Emissionsminderung verschiebt die Kosten der Klimapolitik auf zukünftige Generationen. Dies kann jedoch gerade dann im Sinne zukünftiger Generationen sein, wenn ohne eine derartige Möglichkeit zu wenig Klimaschutz durch die gegenwärtige Generation betrieben wird. Sie ist somit ein Instrument, das die Kurzfristorientierung von Regierungen überwinden kann. Die grün-goldene Regel bietet zudem auch einen attraktiven Compliance-Mechanismus, da sie einer Regierung finanzielle Anreize zur Emissionsreduktion setzt.

2.3 Für eine gerechte Lastenteilung sollten internationale Kooperation gestärkt werden

Die hier dargestellten wohlfahrtsökonomischen Überlegungen gelten insbesondere dann, wenn die Staatengemeinschaft einen gemeinsamen Weg zur Lösung des Klimaproblems einschlägt und staatliches Handeln durch Kooperation gekennzeichnet ist. Kooperative Staaten sollten die Klimaschäden, die ihre Emissionen für andere Staaten verursachen, genauso berücksichtigen wie die Klimaschäden, die auf ihrem Territorium anfallen. Wenn dieser Grundsatz von allen befolgt würde – also jeder Staat die globalen SCC als Maßstab für die Klimaschäden nähme – wäre auch das internationale Ambitionsniveau im Klimaschutz ausreichend hoch.

Es besteht hier jedoch ein grundlegendes Problem der internationalen Klimapolitik, das bislang nicht zufriedenstellend gelöst ist: Obwohl sich die Staaten zum globalen Klimaziel verpflichtet haben, reichen die nationalen Ankündigungen für diese Ziele nicht aus (UNEP, 2025). Staatliches Handeln ist also durch ein gewisses Maß an Trittbrettfahrerverhalten gekennzeichnet. Hieraus ergibt sich ein Dilemma: Selbst, wenn einzelne Staaten wie Deutschland oder die EU die Wahrung der Freiheitsrechte zukünftiger Generationen sichern wollen, so sind sie auf die anderen Staaten angewiesen. Würden sie uneigennützig die globalen SCC als Maßstab ihres Handels anlegen, bürdeten sie ihrer Bevölkerung überproportional hohe Kosten auf, wenn andere Staaten in zu geringem Ausmaß zur Emissionsminderung und damit zur Minderung der globalen Schäden beitragen.

Daraus lässt sich für Deutschland und die EU die Verpflichtung ableiten, Maßnahmen zu ergreifen, um die internationale Kooperation zu vertiefen und zu verbreitern. Es muss somit ein essenzielles Anliegen der Bundesregierung wie auch der Europäischen Kommission sein, Trittbrettfahrerverhalten

anderer Staaten durch geschickte Mechanismen und Anreizsysteme zu reduzieren. Der Einsatz für Generationengerechtigkeit verlangt daher, sich mit Vehemenz dem internationalen Kooperationsproblem zu widmen. Vielversprechende Ansätze reichen dabei von Klimaclubs (Lessmann et al., 2009; Nordhaus, 2015) und CO₂-Grenzausgleichsmechanismen (Beaufils et al., 2024) bis hin zu Finanzierungsclubs (Kornek & Edenhofer, 2020; Edenhofer et al., 2025).

Die Möglichkeiten zur Verbesserung der internationalen Kooperation sind derzeit unzulänglich genutzt. Im Falle einer realistischen Aussicht auf Verringerung oder gar Überwindung der internationalen Trittbrettfahrdynamik kann auch eine Orientierung der nationalen Ziele an den dargestellten Gerechtigkeitsüberlegungen einer global kooperativen Klimapolitik sinnvoll sein.

Zusammenfassend lässt sich festhalten: Das deutsche Klimaziel zum Erreichen der Klimaneutralität bis 2045 sichert die intertemporalen Freiheitsrechte bei einer hohen Gewichtung des Vorsichtsprinzips, der Co-Benefits, der Möglichkeit der Emissionsentnahme und einer Vertiefung und Verbreiterung internationaler Verantwortung. Eine zusätzliche Staatsverschuldung – und damit eine Verminderung der Lasten der heutigen Generation – ist klimapolitisch dann gerechtfertigt, wenn sie an eine erfolgreiche Emissionsminderung geknüpft ist.

3. Eine kosteneffiziente Erreichung der Klimaneutralität 2045 erfordert eine tiefgreifende Transformation von Energiebereitstellung und -nutzung

In der Novellierung des Klimaschutzgesetzes (KSG) von 2021 wurden die angestrebten Emissionsreduktionen mit Zielen von 65% Minderung bis 2030 und der Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 in Deutschland festgeschrieben. Diese nationalen Ziele sind eingebettet in die europäischen Klimaschutzziele von 55% Emissionsminderung bis 2030 und der Erreichung der Klimaneutralität bis 2050. Sie stehen somit in einer Wechselwirkung mit den europäischen Klimaschutzbemühungen und werden durch europaweit wirkende Politikinstrumente, wie das Emissionshandelssystem, geprägt.

In den vergangenen Jahren wurden einige Klimaneutralitätsszenarien vorgelegt, die zeigen, dass die Klimaneutralität bis 2045 grundsätzlich erreichbar ist (Schaefer et al., 2024; Agora Think Tanks, 2024; Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2024), wenn auch nur unter großen Anstrengungen. Auch das Kopernikus-Projekt Ariadne hat einen großen Szenarien- und Modellvergleich zur Erreichung der Klimaziele Deutschlands durchgeführt (Luderer et al., 2025). Alle Szenarienanalysen zeigen übereinstimmend, dass für die Erreichung von Netto-Null Emissionen bis 2045 in Deutschland der sofortige Umbau des vorhandenen Kapitalstocks von emissionsintensiven, fossil geprägten hin zu emissionsarmen Technologien und Infrastrukturen nötig ist (Expertenrat für Klimafragen, 2022). Der Umbau betrifft sowohl die Angebotsseite, also die Energiewirtschaft, als auch die Nachfrageseite, insbesondere Energieverbräuche in den Endnutzungssektoren Verkehr, Gebäudewärme und Industrie.

Aufgrund unterschiedlicher Nutzungsdauern und Lebenszyklen von emissionsintensiven Gütern gilt es, eine Bestandsträgheit zu berücksichtigen und frühzeitig Investitionen in emissionsarme Technologien umzulenken. Diese zeitige Investitionslenkung ist einerseits zentral, um zukünftige Emissionen zu vermeiden. Andererseits wird somit eine kosteneffiziente Transformation ermöglicht. Die für die Erreichung der Klimaneutralität notwendigen Investitionen liegen nach Berechnungen des Kopernikus-Projekts Ariadne je nach Szenario zwischen circa 116–131 Mrd. EUR pro Jahr (etwa 3,5

% des Bruttoinlandsproduktes 2024). Derzeit werden durch klimapolitische Maßnahmen bereits jährliche Investitionen von 95 Mrd. EUR induziert, die aber eine Erreichung der Klimaneutralität nicht sicherstellen. Der Nettomehraufwand für eine wahrscheinliche Zielerreichung liegt entsprechend bei 21-36 Mrd. EUR jährlich (Luderer et al., 2025).

3.1 Der bisherige Transformationsfortschritt ist unzureichend für die Erreichung der mittel- bis langfristigen Klimaziele

Die Erreichung der Emissionsminderungsziele ist laut Klimaschutzgesetz Gegenstand des Projektionsberichtes des Umweltbundesamts (UBA, 2025). Dieser schätzt die zu erwartenden Emissionsminderungen durch die bisher implementierten und geplanten klimapolitischen Instrumente und Maßnahmen bis 2030 auf 63% gegenüber 1990, was einer Zielverfehlung von zwei Prozentpunkten entspricht. Der Expertenrat für Klimafragen der Bundesregierung bestätigte in seinem Prüfbericht die drohende Zielverfehlung (Expertenrat für Klimafragen, 2025).

Während die Sektoren Energiewirtschaft und Industrie die Emissionsminderungsziele bis 2030 voraussichtlich übererfüllen, werden laut Projektionsbericht für die Sektoren Verkehr und Gebäude deutliche Überschreitungen der Jahresemissionsmengen erwartet (UBA, 2025). Der maßgebliche Grund für die Übererfüllung in der Energiewirtschaft ist die Lenkungswirkung der CO₂-Bepreisung durch das europäische Emissionshandelssystem. Zudem haben flankierende Instrumente zur Förderung der Erneuerbaren Energien den Anteil dieser Energien an der Stromproduktion rasch voranschreiten lassen. Konjunkturelle Faktoren haben die Nachfrage nach Industriegütern und Elektrizität zusätzlich reduziert und so zu weiteren Emissionsminderungen beigetragen.

In den Sektoren Gebäude und Verkehr schreitet die Transformation zur Klimaneutralität hingegen deutlich langsamer voran. Entsprechend des Projektionsberichtes wird der Verkehrssektor die KSG-Jahresemissionsmenge für 2030 um 28 Mt CO₂ überschreiten. Im Gebäudesektor beträgt die projizierte Zielverfehlung 24 Mt CO₂. Bei einem Vergleich der Transformationsdynamik in Klimaschutzszenarien, die am Ziel der Klimaneutralität 2045 ausgerichtet sind, mit real erzielten Transformationsfortschritten zeigt sich: Neben der kurzfristigen Zielverfehlung weisen diese Sektoren einen zu langsamen Systemumbau auf, um die Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen. Beispielsweise wurden in den vergangenen Jahren deutlich weniger Wärmepumpen und andere nicht-fossile Heizungssysteme zugebaut, als in den Pfaden berechnet, die auf die Klimaneutralität 2045 ausgerichtet sind.⁷ Gleichzeitig ist die Zahl der in den letzten Jahren zugebauten fossilen Heizungssysteme und verkauften Verbrennerfahrzeuge deutlich höher als in den Klimaneutralitätsszenarien.

Sowohl Heizungssysteme als auch Kraftfahrzeuge zeichnen sich durch eine lange Nutzungsdauer aus. Heizungen sind typischerweise 20-30 Jahre in Betrieb (Herkel et al., 2025), während die durchschnittliche Nutzungsdauer eines Pkw 17 Jahre beträgt (Held et al., 2021). Daraus folgt, dass die aktuell zu langsame Transformationsdynamik bei Gebäudewärme und Verkehr weit über 2030 hinaus Emissionsminderungen erschweren wird. Mit anderen Worten: Neuanschaffungen im Zeitraum bis 2030 müssen an den langfristigen Klimazielen ausgerichtet werden, da sonst die Emissionsminderungsziele für den Zeitraum 2030-2045 nur zu höheren Kosten erreichbar sind. Darüber hinaus steigt das Risiko, dass die für 2045 angestrebte Klimaneutralität nicht erreicht werden kann.

⁷ Vergleich: Ariadne-Transformationstracker. Abrufbar hier: <https://tracker.ariadneprojekt.de/de/>

4. Für die Erreichung der Klimaneutralität bedarf es einer transparenten, wirksamen und vorausschauenden Klima-Governance

In den Leitsätzen seines Beschlusses zu einer ersten Klage mit Bezug auf das vormalig geltende KSG aus dem Jahr 2021, führte der erste Senat des Bundesverfassungsgerichts aus: *„Die Schonung künftiger Freiheit verlangt auch, den Übergang zu Klimaneutralität rechtzeitig einzuleiten. Konkret erfordert dies, dass frühzeitig transparente Maßgaben für die weitere Ausgestaltung der Treibhausgasreduktion formuliert werden, die für die erforderlichen Entwicklungs- und Umsetzungsprozesse Orientierung bieten und diesen ein hinreichendes Maß an Entwicklungsdruck und Planungssicherheit vermitteln“* (Bundesverfassungsgericht, 2021).

Für die Klimapolitik in Deutschland folgt daraus, dass die derzeitigen Maßnahmen zu einer THG-Minderung von mindestens 65% bis 2030 führen müssen. Des Weiteren muss der Strukturwandel weit genug vorangebracht werden, um die über 2030 hinaus notwendigen zusätzlichen Emissionsminderungen zur Erreichung der Klimaneutralität 2045 unter zumutbaren Anstrengungen zu ermöglichen.

In der Novellierung des KSGs im Jahr 2024 ersetzte die damalige Bundesregierung die rückwirkende Betrachtung der Emissionsentwicklungen in seiner sektoralen Logik durch einen sektorübergreifenden und mehrjährigen Blick auf die künftigen prognostizierten Emissionsminderungen. Die aktuellen Verfassungsbeschwerden richten sich vor allem gegen diese Änderungen, die als weniger verbindlich wahrgenommen werden.

Für eine transparente, verbindliche und wirksame Klima-Governance identifizieren wir drei wesentliche funktionale Anforderungen. Erstens sollte es eine vorausschauende Perspektive auf die erwartete Entwicklung der Emissionen bis 2045 mit einer ex-post Evaluierung der beschlossenen Maßnahmen geben. Zweitens sollte die Bewertung durch die Auswertung von Echtzeit-Indikatoren erfolgen, die Fortschritte in der Erreichung der Klimaneutralität und den dazugehörigen Umbau des Kapitalstocks mess- und vergleichbar mit Transformationspfaden machen. Drittens bedarf es einer klaren Anreiz- und Verantwortungsstruktur innerhalb der Bundesregierung. Diese Anforderungen werden im Weiteren detaillierter ausgeführt.

4.1 Zusammenspiel aus ex-ante Projektionen der Emissionsentwicklungen ex-post Evaluationen des tatsächlichen Emissionsgeschehens

Eine wesentliche Neuerung der KSG-Novelle in 2024 war die Umstellung von einer ex-post Betrachtung der Emissionsziele aus dem Vorjahr zu einer ex-ante Betrachtung auf zukünftige Emissionsmengen. Grundsätzlich stellt diese vorausschauende Perspektive eine wichtige Verbesserung dar, insbesondere da Emissionen konjunkturellen Schwankungen stark unterliegen und damit Zielerreichung bzw. Verfehlung teilweise außerhalb des Gestaltungsspielraums einer Regierung liegen kann. Eine ex-ante Perspektive auf die Zielerreichung bis 2040 oder 2045 hätte insbesondere in den letzten Jahren schon dazu beitragen können, notwendige Zukunftsentscheidungen zu treffen: Da die jährlichen Emissionsziele der letzten Jahre erreicht wurden, dies jedoch teilweise auf Einbrüche der Konjunktur zurückzuführen war, wurden keine Maßnahmen ergriffen. Die ex-post Betrachtung hat hingegen den Blick auf einen zu langsamen Strukturwandel verstellt.

Die sinnvolle ex-ante Betrachtung wird in ihrer Wirksamkeit jedoch dadurch beschränkt, dass sie lediglich die laufende Dekade in den Blick nimmt: So müssen bis 2029 nur die jährlichen Emissionen bis 2030 und darüber hinaus beschränkt auf einige Zieljahre durch das Umweltbundesamt abgeschätzt und bereitgestellt werden. Erst ab 2029 wird der Zeithorizont bis 2040 verlängert. Weiterhin sieht das KSG bis 2029 nur eine Nachsteuerung für eine kurzfristige prognostizierte Zielverfehlung, im Zeitraum bis 2030, vor. In den aktuellen Projektionen des Umweltbundesamts zeigt sich jedoch, dass die Klimaziele in der Dekade 2030-2040 nach jetzigem Stand nicht erreicht werden. Aufgrund der oben dargestellten Trägheit des Kapitalstocks ist jedoch bereits jetzt ein rechtzeitiges Umsteuern geboten um Fehlinvestitionen zu vermeiden, da spätere Emissionssenkungen nur zu höheren Kosten erreicht werden können.

Der Abgleich mit Emissions- und Investitionspfaden aus bestehenden Modellen und Szenarienrechnungen verdeutlicht, dass die tatsächlichen Entwicklungen gravierend von den Szenarien abweichen. Sollen die selbstgesetzten Klimaziele erreicht werden, weist dies auf einen erhöhten Handlungsdruck hin. Für eine wirksame Nachsteuerung im KSG wäre es daher essenziell, den Nachsteuerungsmechanismus für langfristige Zielverfehlungen im Zeitraum 2030-2040 bereits jetzt wirksam werden zu lassen. Eine langfristige vorausschauende Perspektive – idealerweise bis 2045 oder gar 2050 – ist eine Vorbedingung, um frühzeitig Investitionen in klimafreundliche Technologien zu lenken.

Nach derzeit geltendem Recht des KSGs, greift der Nachsteuerungsmechanismus zudem erst nach zwei aufeinanderfolgenden Jahren der prognostizierten Zielverfehlung. Diese Regelung verzögert die Nachsteuerung ohne erkennbaren Grund um ein Jahr. Hier wäre es vorteilhafter, unmittelbar nach einer ersten prognostizierten Zielverfehlung die Nachsteuerung einzuleiten, gegebenenfalls jedoch mehr als eine einjährige Frist zur Erarbeitung zielkonsistenter Maßnahmen einzuräumen. Die Nachsteuerungsmaßnahmen sollten, basierend auf Folgenabschätzung, sorgfältig konzipiert und zwischen den Ressorts der Bundesregierung abgestimmt werden, was gegebenenfalls mehr Zeit erfordert.

Zusätzlich zu der ex-ante Betrachtung auf zukünftige Emissionen ist eine ex-post Betrachtung der bereits implementierten Maßnahmen zentral. Diese Analyse wäre hilfreich, um die Wirkung, den Nutzen und die Kosten von einzelnen Maßnahmen zu verstehen und diese künftig zu verbessern. Solche ex-post Analysen sollten für die politischen Entscheidungstragenden Informationen darüber enthalten, wie und warum die Maßnahmen erfolgreich waren bzw. warum sie ggf. ihre Wirksamkeit verfehlten.

4.2 Indikatoren für eine präzise und umfassende Betrachtung der Transformationsdynamik

Die relevante Zielgröße und der Untersuchungsgegenstand in den Prüfberichten waren die erfolgten oder bis 2030 prognostizierten Emissionsminderungen. Dieser Indikator allein ist jedoch nicht aussagekräftig für das künftige Emissionsminderungspotential bis 2045, da heutige Investitionen erst in der Zukunft zu Emissionsminderungen führen. Der höhere Absatz von Elektrofahrzeugen beispielsweise, wird erst über die Lebensdauer der Fahrzeuge hinweg die tatsächlich messbare Emissionsminderung zur Folge haben. Um Fortschritte im Umbau des Kapitalstocks mess- und vergleichbar zu machen und etwaige Zielverfehlungen rechtzeitig zu erkennen, sollten spezifische Echtzeit-Indikatoren entwickelt und hinzugezogen werden. Solche Echtzeit-Indikatoren zum Umbau des Kapitalstocks, die einfach und transparent zu erfassen sind, sollten komplementär zu langfristigen Emissionsprojektionen des Umweltbundesamtes, die zusätzlich Auswirkungen von Politikmaßnahmen explizit berücksichtigen, dienen.

Derartige Echtzeit-Indikatoren könnten etwa den Absatz oder Bestand von Wärmepumpen oder Elektroautos oder die Änderung der Emissionsintensität im Gebäudesektor messen und darüber einen konkreten Aufschluss über die Umstrukturierung des Kapitalstocks geben. Die genaue Bestimmung der Indikatoren sollte wissenschaftlich begleitet erfolgen. Im Industriesektor beispielsweise ist der Anlagenpark sehr heterogen, was eine branchenspezifische Betrachtung erfordert. Als Beispiel für derartige Echtzeit-Indikatoren kann der im Kopernikus-Projekt Ariadne entwickelte Transformationstracker dienen.⁸ Er gibt transparent Aufschluss darüber, welche Transformationsdynamik in den einzelnen Sektoren, aber auch übergreifend vorherrscht, wie diese sich zum Zielpfad verhält und wie sie sich in den kommenden Jahren entwickeln muss, um die Erreichung der Klimaziele sicherzustellen.

4.3 Eine klare Anreiz- und Verantwortungsstruktur innerhalb der Bundesregierung

Klimapolitik ist als Querschnittsthema in mehreren Ressorts der Bundesregierung verankert, deren Zuschnitte oftmals bei einem Regierungswechsel angepasst werden. Die enge Verzahnung von klimapolitischen Maßnahmen mit anderen Politikfeldern erschwert bisweilen ihre trennscharfe Betrachtung und erfordert zusätzlich eine Zusammenarbeit über das Mehrebenensystem des Föderalismus. Das Ressortprinzip und die parteipolitische Führung der einzelnen Ministerien in Regierungen, die aus Koalitionen von zwei oder drei Parteien bestehen, wirkt zudem verstärkend auf das Kooperations- und Koordinationsproblem innerhalb der Bundesregierung. In der Klimapolitik hat dies zu einer erschwerten Erreichung der nötigen Emissionsminderungen beigetragen (Flachsland & Levi, 2021).

Im klimapolitischen Kontext gilt es, eine effektive Kombination von Instrumenten zu finden, die einerseits aus sektorübergreifenden Instrumenten (wie beispielsweise dem Emissionshandel), und andererseits aus sektorspezifischen Instrumenten (z.B. Förderprogrammen, Standards) bestehen kann. Der Emissionshandel kann die Politik von der Detailsteuerung entlasten: Durch hohe CO₂-Preise ergibt sich ein technologieneutraler Anreiz in allen von der CO₂-Bepreisung umfassten Sektoren, Emissionen einzusparen. Hohe CO₂-Preise helfen auch bei der Planung von CO₂-armen Infrastrukturen (Fernwärmenetze, Ladeinfrastruktur), machen derartige Investitionen betriebswirtschaftlich rentabel und erleichtern ihre Finanzierung. Sind CO₂-Preise zu niedrig oder entwickeln sich Investitionen in klimafreundliche Technologien trotz hoher CO₂-Preise zu langsam, so kann ggf. mit sektorspezifischen Einzelmaßnahmen nachgesteuert werden.

Die Findung wirksamer Maßnahmenpakete sollte aus einem kooperativen Aushandlungsprozess der Ressorts und einem gemeinsamen Beschluss hervorgehen. Ein einseitig auf ein Ressort wirkender Sanktionsmechanismus, wie die bis zur Novelle des Klimaschutzgesetzes in 2024 gültigen sektoralen Sofortprogramme, kann somit auch zu weniger effektiven Maßnahmen führen, weil geringe Anreize zur Kooperation in anderen Ressorts bestehen.

In der Novellierung des Klimaschutzgesetzes wurde es zudem versäumt, Prozesse zu etablieren, die sektorübergreifende Maßnahmen systematisch koordinieren, bewerten und priorisieren – etwa verbindliche Kriterien für die Ausarbeitung und Evaluierung von Programmen, regelmäßige interministerielle Abstimmungsrunden oder transparente Analysen der Kosten und Verteilungswirkungen. Eine Verschiebung der Verantwortung für die Erreichung der Klimaziele auf ein Umwelt- oder Klimaministerium, das keine starke Durchsetzungskraft gegenüber anderen Ministerien hat, ist ebenfalls nicht zielführend. Es bedarf daher eines besseren regierungsinternen

⁸ Abrufbar hier: <https://tracker.ariadneprojekt.de/de/>

Koordinationsmechanismus, bei dem verschiedene Politikmaßnahmen und Alternativen mit ihren Kosten und Emissionswirkungen geprüft und abgewogen werden können. Vorschläge für eine wirksame gemeinsame Verantwortungsstruktur innerhalb einer Bundesregierung wurden unter anderem im Kopernikus-Projekt Ariadne erarbeitet (Flachsland & Levi, 2021; Zwar et al., 2023; Flachsland et al., 2021).

5. Auf den Punkt

Der voranschreitende Klimawandel stellt eine Belastung für die gegenwärtigen, wie auch zukünftigen Generationen dar. Während seine Schäden schon heute hoch sind, werden diese bei einer ungebremsten Erwärmung weiter in großem Ausmaß zunehmen.

Das deutsche Klimaziel, einschließlich der Verwendung großskaliger Verfahren zur CO₂-Entnahme, kann aus einer intergenerationellen Perspektive gerechtfertigt werden, wenn man die Schäden für die zukünftigen Generationen ausreichend einpreist, aus dem Vorsichtsprinzip Risikoaufschläge vornimmt, die Co-Benefits der Klimapolitik berücksichtigt und die internationale Verantwortung hoch gewichtet.

In einer übergreifenden Perspektive müssen Deutschland und die EU sich stärker um internationale Kooperation in der Klimapolitik bemühen, damit auch andere Staaten ihre Emissionen senken und das Trittbrettfahrerproblem vermindert oder gar gelöst wird. Die grün-goldene Regel zur Schuldenfinanzierung von Klimapolitik erlaubt eine Verlagerung der heutigen finanziellen Lasten auf die kommenden Generationen und kann damit intergenerationelle Verteilungskonflikte reduzieren sowie Anreizprobleme kurzfristorientierter Regierungen lösen.

Das Ziel, die Klimaneutralität bis 2045 in Deutschland zu erreichen, ist sehr ambitioniert, jedoch grundsätzlich möglich, wie verschiedene Szenarienstudien verdeutlichen. Für eine kosteneffiziente Zielerreichung bis 2045 bedarf es einer sofortigen Umlenkung der Investitionen zu Gunsten emissionsarmer Technologien in allen Sektoren.

Das Klimaschutzgesetz stellt die zentrale Regulierung für die deutsche Klimapolitik, eingebettet in einen europäischen Rahmen, dar. Seine Ausgestaltung für wirksamen, vorausschauenden und umfassenden Klimaschutz ist daher zentral. Eine vorausschauende und mithilfe spezifischer Indikatoren differenzierte Betrachtung der Emissions- und Investitionsentwicklung kann eine umfassende Bewertung der Klimaschutzbemühungen und der Machbarkeit der Zielerreichung ergeben. Um eine wirksame Nachsteuerung zu befördern, sollte zudem das Anreiz- und Kooperationsproblem in der Bundesregierung gelöst werden.

Im Klimaschutzgesetz von 2024 bestehen folgende Defizite: Der Zeitraum der ex-ante Betrachtung erstreckt sich nur über die laufende Dekade - er sollte jedoch bis zur Jahrhundertmitte ausgedehnt werden und bereits heute eine Nachsteuerung erzwingen, wenn die langfristige Zielerreichung gefährdet ist. Eine Aktivierung des Nachsteuerungsmechanismus wäre bereits nach einmalig festgestellter Zielverfehlung geboten. Die ex-ante Betrachtung durch das UBA sollte um Echtzeit-Indikatoren, die den Fortschritt beim Umbau des Kapitalstocks messen, ergänzt werden. Eine Reform der Governance müsste Verantwortlichkeiten und Anreize für den Kanzler und die Ressorts festlegen. Damit kann die Aushandlung, der Beschluss und die Umsetzung eines effektiven und gut abgestimmten Maßnahmenpakets - bestehend aus sektorübergreifenden wie sektoralen Einzelmaßnahmen - erleichtert werden.

Der Klimawandel bleibt eine der größten gesamtgesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit. Politische Entscheidungsträger werden sich daran messen lassen müssen, wie glaubwürdig und wirksam die institutionellen Rahmenbedingungen sind, die sie schaffen, um die Freiheitsrechte heutiger und künftiger Generationen zu gewährleisten.

Quellenverzeichnis

- Agora Think Tanks (2024): Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung. Abrufbar unter: <https://www.agora-energiewende.de/publikationen/klimaneutrales-deutschland-studie>
- Anthoff, D., Emmerling, J. (2019): Inequality and the Social Cost of Carbon, *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, Band 6, Ausgabe 2, S. 243-273.
- Basaglia, P., Behr, S. M., Drupp M. A. (2023): De-Fueling Externalities: Causal Effects of Fuel Taxation and Mediating Mechanisms for Reducing Climate and Pollution Costs. Abrufbar unter: https://www.ifo.de/DocDL/cesifo1_wp10508.pdf
- Beaufils, T., Jakob, M., Kalkuhl, M., Richter, P. M., Spiro, D., Stern, L., Wanner, J. (2025): Die sicherheitspolitische Dividende von Klimapolitik. Abrufbar unter: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/315746/1/1923353047.pdf>
- Beaufils, T., Wanner, J., Wenz, L. (2024): The Potential of Carbon Border Adjustments to Foster Climate Cooperation. Abrufbar unter: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5042717
- Black, S., Liu, A. A., Parry, I. W. H. (2023): IMF Fossil Fuel Subsidies Data: 2023 Update. Abrufbar unter: <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/08/22/IMF-Fossil-Fuel-Subsidies-Data-2023-Update-537281>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Abrufbar unter: <https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/>
- Copernicus (2025): Global Climate Highlights 2024. Abrufbar unter: <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024>
- Bundesverfassungsgericht (2021). Leitsätze zum Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021. Abrufbar unter: https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Entscheidungen/DE/2021/03/rs20210324_1bvr265618.html
- Edenhofer, O., Eydam, U., Heinemann, M., Kalkuhl, M., Moretti, N. (2025a): Rechtfertigt Klimapolitik eine Erhöhung der Verschuldung? Plädoyer für eine grün-goldene Regel, *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, Band 26, Ausgabe 2, S. 220-233. Abrufbar unter: <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/pwp-2025-0010/html>
- Edenhofer, O., Kalkuhl, M. (2024): Planetarische Müllabfuhr – Gamechanger der Klimapolitik? Thünen-Vorlesung 2024. Abrufbar unter: <https://doi.org/10.1515/pwp-2024-0028>
- Edenhofer, O., Kalkuhl, M., Stern, L. (2025b): How to Scale Up Effective International Climate Finance by the EU? Tax Coalitions and Jurisdictional Reward Funds for the Case of Fossil Fuel. Abrufbar unter: <https://www.kielinstitut.de/publications/how-to-scale-up-effective-international-climate-finance-by-the-eu-tax-coalitions-and-jurisdictional-reward-funds-for-the-case-of-fossil-fuel-18265/>
- European Scientific Advisory Board on Climate Change (2025): Scaling up carbon dioxide removals – Recommendations for navigating opportunities and risks in the EU. Abrufbar unter: <https://climate-advisory-board.europa.eu/reports-and-publications/scaling-up-carbon-dioxide-removals-recommendations-for-navigating-opportunities-and-risks-in-the-eu>

Expertenrat für Klimafragen (2022): Zweijahresgutachten 2022. Gutachten zu bisherigen Entwicklungen der Treibhausgasemissionen, Trends der Jahresemissionsmengen und Wirksamkeit von Maßnahmen (gemäß § 12 Abs. 4 Bundes-Klimaschutzgesetz). Abrufbar unter: <https://expertenrat-klima.de/zweijahresgutachten-2022>

Expertenrat für Klimafragen (2025): Prüfbericht zur Berechnung der deutschen Treibhausgasemissionen für das Jahr 2024 und zu den Projektionsdaten 2025. Prüfung und Bewertung der Emissionsdaten sowie der Projektionsdaten gemäß § 12 Abs. 1 Bundes-Klimaschutzgesetz. Abrufbar unter: <https://expertenrat-klima.de/pruefbericht-zur-berechnung-der-deutschen-treibhausgasemissionen-fuer-das-jahr-2024-und-zu-den-projektionsdaten-2025-1>

Flachsland, C., aus dem Moore, N., Müller, T., Kemmerzell, J., Edmondson, D., Görlach, B., Kalkuhl, M., Knodt, M., Knopf, B., Levi, S., Luderer, G., Pahle, M. (2021): Wie die Governance der deutschen Klimapolitik gestärkt werden kann. Abrufbar unter: <https://ariadneprojekt.de/publikation/governance-der-deutschen-klimapolitik/>

Flachsland, C., Levi, S. (2021): Das deutsche Klimaschutzgesetz: Möglichkeiten einer sektorübergreifenden Klimagovernance. Abrufbar unter: https://ariadneprojekt.de/media/2021/11/Ariadne-Hintergrund_Klimaschutzgesetz_November2021.pdf

Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Hauck, J., Landschützer, P., Le Quéré, C., Li, H., Luijkx, I. T., Olsen, A., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Schwingshackl, C., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., Arneeth, A., Arora, V., Bates, N. R., Becker, M., Bellouin, N., Berghoff, C. F., Bittig, H. C., Bopp, L., Cadule, P., Campbell, K., Chamberlain, M. A., Chandra, N., Chevallier, F., Chini, L. P., Colligan, T., Decayeux, J., Djeutchouang, L. M., Dou, X., Duran Rojas, C., Enyo, K., Evans, W., Fay, A. R., Feely, R. A., Ford, D. J., Foster, A., Gasser, T., Gehlen, M., Gkritzalis, T., Grassi, G., Gregor, L., Gruber, N., Gürses, Ö., Harris, I., Hefner, M., Heinke, J., Hurtt, G. C., Iida, Y., Ilyina, T., Jacobson, A. R., Jain, A. K., Jarníková, T., Jersild, A., Jiang, F., Jin, Z., Kato, E., Keeling, R. F., Klein Goldewijk, K., Knauer, J., Korsbakken, J. I., Lan, X., Lauvset, S. K., Lefèvre, N., Liu, Z., Liu, J., Ma, L., Maksyutov, S., Marland, G., Mayot, N., McGuire, P. C., Metzl, N., Monacchi, N. M., Morgan, E. J., Nakaoka, S.-I., Neill, C., Niwa, Y., Nützel, T., Olivier, L., Ono, T., Palmer, P. I., Pierrot, D., Qin, Z., Resplandy, L., Roobaert, A., Rosan, T. M., Rödenbeck, C., Schwinger, J., Smallman, T. L., Smith, S. M., Sospedra-Alfonso, R., Steinhoff, T., Sun, Q., Sutton, A. J., Séférian, R., Takao, S., Tatebe, H., Tian, H., Tilbrook, B., Torres, O., Tourigny, E., Tsujino, H., Tubiello, F., van der Werf, G., Wanninkhof, R., Wang, X., Yang, D., Yang, X., Yu, Z., Yuan, W., Yue, X., Zaehle, S., Zeng, N., Zeng, J. (2025): Global Carbon Budget 2024, Earth System Science Data, Band 17, S. 965-1039. Abrufbar unter: <https://essd.copernicus.org/articles/17/965/2025/essd-17-965-2025.html>

Global Carbon Project (2024). Fossil fuel CO₂ emissions increase again in 2024. Daten abrufbar unter: https://drive.google.com/drive/folders/1yJ0hW9nQFih_3mmjAOKtRaMDi2mq1lvo

Held, M., Rosat, N., Georges, G., Pengg, H., Boulouchos, K. (2021): Lifespans of Passenger Cars in Europe: Empirical Modelling of Fleet Turnover Dynamics, European Transport Research Review Band 13, Ausgabe 1. Abrufbar unter: <https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-020-00464-0>

Herkel, S., Billerbeck, A., Bürger, V., Epp, J., Hasse, R., Henger, R., Köhler, B., Kost, C., Thomsen, J. (2025): Wärmewende jetzt – Impulse aus der Wissenschaft. Abrufbar unter: https://publications.pik-potsdam.de/pubman/faces/ViewItemOverviewPage.jsp?itemId=item_32092

Kazlou, T., Cherp, A., Jewell, J. (2024): Feasible deployment of carbon capture and storage and the requirements of climate targets, *Nature Climate Change*, Band 14, Ausgabe 10, S. 1047-1055.
Abrufbar unter: <https://www.nature.com/articles/s41558-024-02104-0>

Kornek, U., Edenhofer, O. (2020): The Strategic Dimension of Financing Global Public Goods, *European Economic Review*, Band 127. Abrufbar unter:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014292120300556?via%3Dihub>

Lenton, T. M., Armstrong McKay, D. I., Loriani, S., Abrams, J. F., Lade, S. J., Donges, J. F., Milkoreit, M., Powell, T., Smith, S. R., Zimm, C., Buxton, J. E., Bailey, E., Laybourn, L., Ghadiali, A., Dyke, J. G. (2023): The Global Tipping Points Report 2023. Abrufbar unter: <https://report-2023.global-tipping-points.org/download/4608/>

Lenton, T. M., Milkoreit, M., Willcock, S., Abrams, J. F., Armstrong, McKay, D. I., Buxton, J. E., Donges, J. F., Loriani, S., Wunderling, N., Alkemade, F., Barrett, M., Constantino, S., Powell, T., Smith, S. R., Boulton, C. A., Pinho, P., Dijkstra, H. A. Pearce-Kelly, P., Roman-Cuesta, R. M., Dennis, D. (2025): The Global Tipping Points Report 2025. Abrufbar unter: <https://global-tipping-points.org/>

Lessmann, K., Marschinski, R., Edenhofer, O. (2009): The Effects of Tariffs on Coalition Formation in a Dynamic Global Warming Game, *Economic Modelling*, Band 26, Ausgabe 3, S. 641-649.

Luderer, G. (Hrsg.), Bartels, F. (Hrsg.), Brown, T. (Hrsg.), Aulich, C., Benke, F., Fleiter, T., Frank, F., Ganai, H., Geis, J., Gerhardt, N., Gnann, T., Gunnemann, A., Hasse, R., Herbst, A., Herkel, S., Hoppe, J., Kost, C., Krail, M., Lindner, M., Neuwirth, M., Nolte, H., Pietzcker, R., Plötz, P., Rehfeldt, M., Schreyer, F., Seibold, T., Senkpiel, C., Sörgel, D., Speth, D., Steffen, B., Verpoort, P. C. (2025): Die Energiewende kosteneffizient gestalten: Szenarien zur Klimaneutralität 2045. Abrufbar unter: <https://ariadneprojekt.de/publikation/report-szenarien-zur-klimaneutralitaet-2045/>

Minx, J., Lamb, W., Callaghan, M., Fuss, S., Hilaire, J., Creutzig, F. Amann, T., Beringer, T., Wagner de Oliveira Garcia, Hartmann, J., Khanna T., Lenzi, D. Luderer, G., Nemet, G., Rogelj, J., Smith, P., Viente Vicente, J., Wilcox, J., del Mar Zamora Dominguez, M. (2018): Negative emissions—Part 1: Research landscape and synthesis. Abrufbar unter: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aabf9b/meta>

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2017): Valuing Climate Damages. Updating Estimation of the Social Cost of Carbon Dioxide. Abrufbar unter:
<https://nap.nationalacademies.org/catalog/24651/valuing-climate-damages-updating-estimation-of-the-social-cost-of>

Nordhaus, W., (2015): Climate Clubs: Overcoming Free-Riding in International Climate Policy, *American Economic Review*, Band 105, Ausgabe 4, S. 1339-1370. Abrufbar unter:
<https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.15000001>

Rennert, K., Errickson, F., Prest, B. C., Rennels, L., Newell R. G., Pizer, W., Kingdon, C., Wingenroth, J., Cooke, R., Parthum, B., Smith, D., Cromar, K., Diaz, D., Moore, F. C., Müller, U. K., Plevin, R. J., Raftery, A. E., Ševčíková, H., Sheets, H., Stock, J. H., Tan, T., Watson, M., Wong, T. E., Anthoff, D. (2022): Comprehensive Evidence Implies a Higher Social Cost of CO₂, *Nature*, Band 610, Ausgabe 7933, S. 687-692. Abrufbar unter: <https://www.nature.com/articles/s41586-022-05224-9>

Rodrigues, R., Pietzcker, R., Sitarz, J., Merfort, A., Hasse, R., Hoppe, J., Pehl, M., Ershad, A. M., Baumstark, L., Luderer, G. (2023): 2040 Greenhouse Gas Reduction Targets and Energy Transitions in Line with the EU Green Deal. Abrufbar unter: <https://www.researchsquare.com/article/rs-3192471/v1>

Schaefer, T., Goecke, H., Hönig, T., Küper, M., BCG, BDI (2024): Transformationspfade für das Industrieland Deutschland. Gutachten in Kooperation des Instituts der deutschen Wirtschaft mit der Boston Consulting Group und dem Bundesverband der deutschen Industrie, Berlin/Köln. Abrufbar unter: <https://www.iwkoeln.de/studien/henry-goecke-tillman-hoenig-malte-kueper-thilo-schaefer-transformationpfade-fuer-das-industrieland-deutschland.html>

Smith, S. M., Geden, O., Gidden, M. J., Lamb, W. F., Nemet, G. F., Minx, J. C., Buck, H., Burke, J., Cox, E., Edwards, M. R., Fuss, S., Johnstone, I., Müller-Hansen, F., Pongratz, J., Probst, B. S., Roe, S., Schenuit, F., Schulte, I., Vaughan, N. E. (2024): The State of Carbon Dioxide Removal. 2nd Edition. Abrufbar unter: <https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/19787/1/The-State-of-Carbon-Dioxide-Removal-2Edition.pdf>

Stern, N. (2008): The Economics of Climate Change, American Economic Review 98 (2), S. 1-37. Abrufbar unter: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.98.2.1>

Umweltbundesamt (2020): Methodological Convention 3.1 for the Assessment of Environmental Costs Value Factors. Abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023-03-16_methodological-convention-3-1_value-factors_2020_bf.pdf

Umweltbundesamt (2025): Treibhausgas-Projektionen 2025 für Deutschland (Projektionsbericht 2025). Abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgas-projektionen-2025-fuer-deutschland>

United Nations Environment Programme (2025): Emissions Gap Report 2025: Off Target. Abrufbar unter: <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2025>

United States Environmental Protection Agency (2023): Report on the Social Cost of Greenhouse Gases: Estimates Incorporating Recent Scientific Advances. Abrufbar unter: https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-12/epa_scghg_2023_report_final.pdf

Zwar, C., Edenhofer, J., Ruzelyte, V., Edmondson, D., Flachslund, C. (2023): Die Klimaschutznovelle und Reformoptionen für Klimainstitutionen in Deutschland. Kapitel 5: Die Klimaschutznovelle und Reformoptionen für Klimainstitutionen in Deutschland. Kopernikus-Projekt Ariadne. Abrufbar unter: <https://ariadneprojekt.de/publikation/report-klimainstitutionen-in-vergleichender-perspektive/>

Kontakt:

Prof. Dr. Ottmar Edenhofer
Direktor und Chefökonom
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)
T +49 (0)331 288 2565
ottmar.edenhofer@pik-potsdam.de
P.O. Box 60 12 03
14412 Potsdam