

Paris-kompatible CO₂-Emissionsziele basierend auf dem **Extended Smooth Pathway Model** am Beispiel der EU

Stand: 12.04.2026

Andreas Wolfsteiner

Das hier verwendete Extended Smooth Pathway Model (ESPM) bietet einen Rahmen, um Paris-kompatible nationale Emissionspfade herzuleiten. Am Beispiel der EU werden exemplarische Emissionsziele abgeleitet. Die Analyse zeigt, dass die Bewertung von Paris-Kompatibilität im Spannungsfeld von drei Dimensionen erfolgt: globalem Ambitionsniveau, Verteilungslogik und realwirtschaftlicher Umsetzbarkeit. Hinzu kommt, dass zentrale Festlegungen unter erheblicher Unsicherheit getroffen werden müssen.

Gleichwohl ermöglicht eine explizite Ableitung nationaler Ziele aus globalen CO₂-Budgets einen konsistenten Referenzrahmen und kann damit dazu beitragen, in Summe Paris-kompatible NDCs zu erreichen.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	3
Einleitung	4
Globale CO ₂ -Budgets	5
Das Extended Smooth Pathway Model (ESPM)	7
Bestimmung nationaler Budgets	7
Bestimmung nationaler Emissionspfade	8
Die RM-Szenariotypen	8
Mengen-Overshoot.....	11
Szenariotypen aus einer klimapolitischen Gesamtschau.....	11
Einordnung RM-Szenariotypen im Kontext zu integrierten Bewertungsmodellen (IAMs)	12
Exemplarische Emissionsziele für die EU	14
Globales Budget und Gewichtung Bevölkerung.....	14
Startveränderungssatz.....	14
Overshoot	14
Exemplarische Ergebnisse.....	15
Einordnung der Ziele der EU	16
Zielkonflikte zwischen Ambition, Verteilung und Umsetzbarkeit.....	17
Roadmap zu Paris-kompatiblen NDCs.....	19
Zusammenfassung	21
Literaturverzeichnis.....	22
Anhang: Tools zum ESPM.....	25

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Exemplarische jährliche Veränderungssätze der RM-Szenariotypen.....	9
Abb. 2: Exemplarische Emissionspfade der RM-Szenariotypen.....	9
Abb. 3: Exemplarische Verläufe EU.....	15

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Verbleibende globale CO ₂ -Budgets ab 2020 bei einer Einhaltungswahrscheinlichkeit von 83%	5
Tab. 2: Übersicht RM-Szenariotypen.....	10
Tab. 3: Exemplarische CO ₂ -Budgets EU bei einem globalen Budget von 650 Gt.....	14
Tab. 4: Exemplarische Emissionsziele EU – globales Budget 650 Gt / Bevölkerung 50%	15
Tab. 5: Abgleich mit Klimazielen der EU.....	16
Tab. 6: Daten der sechs größten Emittenten.....	20

Einleitung

CO₂ reichert sich in der Atmosphäre an. Daher ist die Summe der CO₂-Emissionen entscheidend für die Einhaltung bestimmter Grenzen der Erderwärmung (Budgeteigenschaft von CO₂). Daher sollten sich NDCs¹ an einem verbleibenden globalen CO₂-Budget orientieren.

Bei der Umsetzung stellen sich jedoch folgende Fragen, die zwar wissenschaftlich basiert, aber letztendlich politisch beantwortet werden müssen:

1. An welchem global verbleibenden CO₂-Budget sollen sich Staaten bei ihren NDCs orientieren (im Rahmen des derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstandes)?
2. An welcher Aufteilung eines globalen CO₂-Budgets sollen sich Staaten bei ihren NDCs orientieren (beinhaltet auch normative Entscheidungen)?
3. Wie kann ein daraus resultierendes national verbleibendes CO₂-Budget in einen sinnvollen Emissionspfad übersetzt werden?

Das Extended Smooth Pathway Model ([ESPM](#)) bietet einen Rahmen, in dem diese Fragen mit nachvollziehbaren Ergebnissen beantwortet werden können.

¹ Das Konzept der Nationally Determined Contributions (NDCs) wurde im Artikel 4 des Pariser Abkommens eingeführt (Bottom-up-Ansatz). Im Rahmen des [Pariser-Ambitionsmechanismus](#) sollen die Staaten immer ehrgeizigere NDCs vorlegen, bis diese in Summe Paris-kompatibel sind.

Die NDCs sind bisher weit davon entfernt, in Summe Paris-kompatibel zu sein. Siehe dazu beispielsweise den aktuellen Synthesereport zu den eingereichten NDCs des UNFCCC, den Emissions Gap Reports der UNEP und den [ClimateActionTracker](#).

Globale CO₂-Budgets²

Zu den verbleibenden globalen CO₂-Budgets hat der IPCC in seinem Sechsten Sachstandsbericht 2021 (Arbeitsgruppe I) folgende Zahlen veröffentlicht:

Warming	Remaining carbon budgets
[°C]	[GtCO ₂ from 2020 on]
1.5	300
1.6	400
1.7	550
1.8	650

Tab. 1: Verbleibende globale CO₂-Budgets ab 2020 bei einer Einhaltungswahrscheinlichkeit von 83%³

Die Notwendigkeit der Bewertung sozioökonomischer Folgen bei der Geschwindigkeit der Dekarbonisierung, die angegebenen Wahrscheinlichkeiten, die Szenariovariation bei den Nicht-CO₂-Treibhausgasen, geophysikalische Unsicherheiten und der Sachverhalt, dass der naturwissenschaftliche Kenntnisstand nicht statisch ist, machen deutlich, dass die Entscheidung über ein globales CO₂-Budget, an dem sich NDCs orientieren, zwar wissenschaftlich basiert, aber letztendlich eine politische sein muss.

Das deutsche Bundesverfassungsgericht hat in seinem wegweisenden Urteil 2021 hierbei klargestellt: Klimapolitik muss sich an verbleibenden CO₂-Restbudgets orientieren (vgl. BVerfG, 2021).⁴

² Hinweis: Zahlen werden in diesem Papier in englischer Schreibweise wieder gegeben.

³ Grundlagen für Tab. 1 ist die Tabellen SPM.2 im Sechsten Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe I des IPCC (vgl. IPCC, 2021).

[Hier](#) ein weitere Kurzzusammenfassung der Aussagen des IPCC (Wolfsteiner, 2025).

Hier werden nur die Budgets bis zu einer Erderwärmung von 1,8 °C angegeben, da das Pariser Abkommen eine **deutliche Unterschreitung** der 2 °C-Grenze vorsieht.

Zu den weiteren naturwissenschaftlichen Hintergründen wird auf den IPCC-Bericht verwiesen.

Die **globalen CO₂-Emissionen** werden in 2025 auf **42.2 Gt** geschätzt (GCP, 2025).

Hier eine Webanwendung zur Bestimmung linearer globaler Emissionspfade, die ein vorzuziehendes CO₂-Budget einhalten, wobei ein temporärer Overshoot möglich ist: <https://global-paths.climate-calculator.info>.

⁴ Auszug aus den wesentlichen Erwägungen des Bundesverfassungsgerichts (BVerfG, 2021):

“Die verfassungsrechtlich maßgebliche Temperaturschwelle von deutlich unter 2 °C und möglichst 1,5 °C kann prinzipiell in ein globales CO₂-Restbudget umgerechnet werden, das sich dann auf die Staaten verteilen lässt. Der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) hat für verschiedene Temperaturschwellen und verschiedene Eintrittswahrscheinlichkeiten aufgrund eines qualitätssichernden Verfahrens unter Offenlegung der verbleibenden Unsicherheit konkrete globale CO₂-Restbudgets benannt. Auf dieser Grundlage hat der Sachverständigenrat für Umweltfragen auch für Deutschland ein ab 2020 verbleibendes konkretes nationales Restbudget ermittelt, das mit dem Paris-Ziel vereinbar wäre. Aufgrund der hierin enthaltenen Ungewissheiten und Wertungen kann die ermittelte Budgetgröße zwar derzeit kein zahlengenaues Maß für die verfassungsgerichtliche Kontrolle bieten. Dem Gesetzgeber bleibt Entscheidungsspielraum. Diesen darf er jedoch nicht nach politischem Belieben ausfüllen. Besteht wissenschaftliche Ungewissheit über umweltrelevante Ursachenzusammenhänge, erlegt Art. 20a GG dem Gesetzgeber eine besondere Sorgfaltspflicht auf. Danach müssen bereits belastbare Hinweise auf die Möglichkeit gravierender oder irreversibler Beeinträchtigungen berücksichtigt werden. Derzeit kann ein Verstoß gegen diese Sorgfaltspflicht nicht festgestellt werden.

Dies ergibt sich aus der physikalisch gegebenen Budgeteigenschaft von CO₂. Es gibt kein Entrinnen aus der Notwendigkeit, Entscheidungen unter Unsicherheit treffen zu müssen.

Wenn die Vertragsstaaten bei ihren NDCs ein dahinterstehendes globales CO₂-Budget und einen dahinterstehenden Verteilungsschlüssel transparent machen bzw. dies von ihnen vermehrt eingefordert wird, kann dies einen Diskurs in Gang setzen, der zu konvergierenden globalen Orientierungsgrößen führt und damit zu einmal in Summe Paris-kompatiblen NDCs beiträgt.

Zwar folgt daraus, dass Schätzungen des IPCC zur Größe des verbleibenden globalen CO₂-Restbudgets zu berücksichtigen sind, obwohl darin Ungewissheiten enthalten sind. Durch die in § 4 Abs. 1 Satz 3 KSG [Bundes-Klimaschutzgesetz] in Verbindung mit Anlage 2 geregelten Emissionsmengen würde das vom Sachverständigenrat für Umweltfragen auf der Grundlage der Schätzungen des IPCC ermittelte Restbudget bis zum Jahr 2030 weitgehend aufgebraucht. Das Maß an Verfehlung bildete jedoch verglichen mit den derzeit in der Berechnung des Restbudgets enthaltenen Unsicherheiten keine hinreichende Grundlage für eine verfassungsgerichtliche Beanstandung.“

In einer im Januar 2022 neu eingereichten Verfassungsbeschwerde wird u. a. hinterfragt, wie mit den „enthaltenen Unsicherheiten“ umzugehen ist (Geulen & Klinger (RA), 2022).

Das Urteil des Europäischen Gerichtshofs für Menschenrechte April 2024 kritisiert ebenfalls, dass in diesem Fall die Schweiz ihren Anteil der Verantwortung an dem global Notwendigen nicht ausreichend z. B. über ein CO₂-Budget quantifiziert hat (cf. European Court of Human Rights, 2024).

Das Extended Smooth Pathway Model (ESPM)

Das ESPM besteht aus zwei Teilschritten: Im ersten Schritt werden nationale Budgets bestimmt. Im zweiten Schritt werden von diesen Budgets plausible nationale Emissionspfade abgeleitet.⁵

Bestimmung nationaler Budgets

Es sind viele Kriterien denkbar, um nationale Budgets von einem globalen Budget abzuleiten. Peters et al. betonen die besondere Aussagekraft der Kombination der Kriterien „Bevölkerung“ und „Emissionen“: *“these two alternatives act as bounds to a range of blended options, and demonstrate how national quotas can be allotted using any mix of the two alternatives”* (Peters, et al., 2015, p. 3). Dabei kann über die „Emissionen“ die **derzeitige Realität** und über die „Bevölkerung“ das Thema **Klimagerechtigkeit** adressiert werden. Damit werden die beiden wichtigsten Kriterien abgebildet. Zur Diskussion der Verwendung **weiterer Kriterien** sei ausdrücklich auf den entsprechenden Exkurs [in](#) (Sargl, et al., 2026) verwiesen.⁶

Im Folgenden wird dieser gewichtete Verteilungsschlüssel verwendet, der je nach Gewichtung alle Kombinationen der beiden Kriterien abbildet:⁷

$$B^i = \left(C * \frac{P_{BY}^i}{P_{BY}} + (1 - C) * \frac{E_{BY}^i}{E_{BY}} \right) * B$$

Dabei sind:

E_{BY} bzw. E_{BY}^i globale Emissionen bzw. Emissionen des Landes i im Basisjahr; hier: $BY = 2019$

P_{BY} bzw. P_{BY}^i globale Bevölkerung bzw. Bevölkerung des Landes i im Basisjahr

B bzw. B^i verbleibendes globales bzw. nationales CO₂-Budget des Landes i ; hier ab 2020

C Gewichtung der Bevölkerung

Diese Gewichtungsformel ermöglicht es, einen Kompromiss zu finden zwischen Gerechtigkeitsaspekten und der Machbarkeit der sich ergebenden Ziele (cf. Sargl, et al., 2026; European Scientific Advisory Board on Climate Change, 2023; Sargl, et al., 2021; Wiegand, et al., 2021; Wolfsteiner, 2026).

Das Jahr 2019 wird als Basisjahr für den Verteilungsschlüssel gewählt, da vielfach darauf verwiesen wurde, dass die globalen Emissionen etwa um das Jahr 2020 ihren Höhepunkt erreichen müssten,

⁵ Diese Vorgehensweise ist inspiriert von (Raupach, et al., 2014). In Modellen mit konvergierenden Pro-Kopf-Emissionen wird dagegen ein globaler Pfad auf Länder aufgeteilt (cf. Sargl, et al., 2017; Sargl, et al., 2024a; Wittmann & Wolfsteiner, 2023).

⁶ Folgende Prinzipien lassen sich grundsätzlich unterscheiden: historische Verantwortung, ökonomische Leistungsfähigkeit, Gleichheit, derzeitige Realität (Grandfathering) und Kosteneffizienz. Die hier verwendete Gewichtungsformel bildet die Prinzipien „Gleichheit“ und „Grandfathering“ ab.

⁷ Andere Ansätze zur Ermittlung eines nationalen Budgets lassen sich ebenfalls ins ESPM integrieren.

um die 1,5 °C-Grenze einzuhalten (cf. e.g. UNEP, 2017, p. 3). Die Folgejahre sind hingegen durch außergewöhnliche externe Schocks beeinflusst und daher weniger geeignet als Referenz.

Bestimmung nationaler Emissionspfade

Um Emissionspfade abzuleiten, die ein bestimmtes Budget einhalten, werden bisher vor allem folgende Methoden verwendet:

(1) Linearer Reduktionspfad (Emissionspfad ist eine Gerade)

Dabei werden die Jahre bis zur Erreichung der Emissionsneutralität oft mit folgender vereinfachten Formel berechnet: $2 * B^i / E_{BY}^i$ (cf. e.g. SRU, 2020).

(2) Konstanter jährlicher Reduktionssatz (Emissionspfad ist konvex)

Dabei wird iterativ berechnet, mit welchem konstanten jährlichen Reduktionssatz das vorgegebene Budget bzw. Klimaziel eingehalten werden kann (cf. e.g. UNEP, 2019).

Aus einer klimapolitischen Gesamtschau heraus können jedoch andere Verläufe der Emissionspfade und insbesondere der jährlichen Veränderungssätze sinnvoller sein (siehe Kapitel „Szenariotypen aus einer klimapolitischen Gesamtschau“). Daher haben wir die RM-Szenariotypen entwickelt.

Die RM-Szenariotypen

Unsere Tools bieten sechs idealtypische Szenariotypen an.

Dabei unterscheiden sich die Szenariotypen RM 1 – 5 in der Annahme über den Verlauf der jährlichen Veränderungssätze.⁸ Jährliche Veränderungssätze werden in vielen Bereichen verwendet (z. B. Wirtschaftswachstum, Inflation, Geschäftsentwicklung etc.) und sind besonders gut geeignet, um einen sinnvollen Verlauf über die Zeit hinweg zu beschreiben.

RM-6 geht dagegen von einem konstanten jährlichen Reduktionsbetrag aus (der Emissionspfad ist damit eine Gerade).

Die Emissionspfade ergeben sich damit indirekt über die Bestimmung der jährlichen Veränderungssätze (RM 1 – 5) bzw. des jährlichen Reduktionsbetrages (RM-6).

Abb. 1 und Abb. 2 zeigen anhand globaler Pfade grafisch die Unterschiede zwischen den Szenariotypen.⁹

⁸ Da RM-2-exp in den Ergebnissen nahezu äquivalent zu RM-4-quadr ist, wird RM-2 in diesem Papier nicht miteinbezogen (cf. Wolfsteiner & Wittmann, 2024).

⁹ Bei den globalen Pfaden wurde ein globales CO₂-Budget ab 2020 von 650 Gt zugrunde gelegt. Als Starveränderungssatz 2020 wurde +0,5% gewählt. Als Minimumwert für die jährlichen Emissionen wurden -0,8 Gt vorgegeben (-2% der

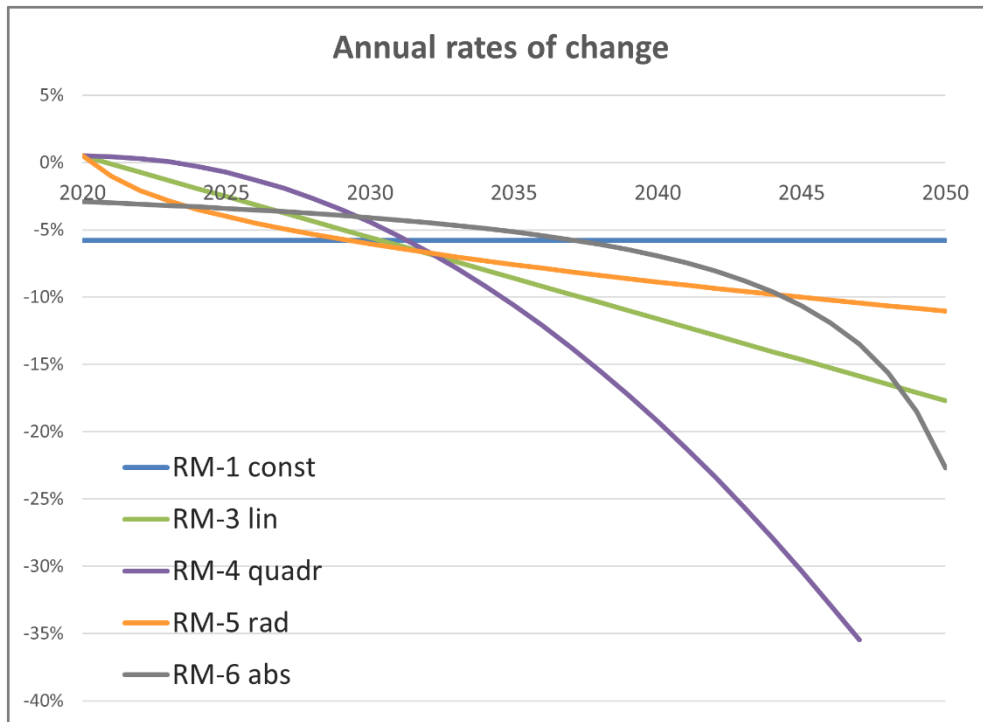


Abb. 1: Exemplarische jährliche Veränderungssätze der RM-Szenariotypen

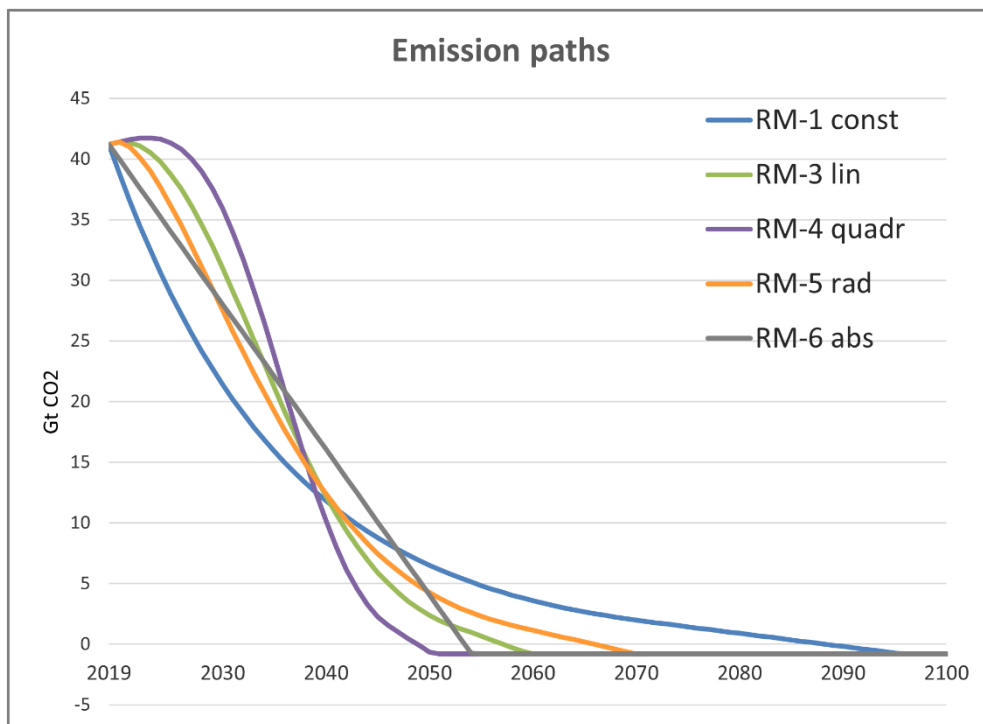







Abb. 2: Exemplarische Emissionspfade der RM-Szenariotypen

Emissionen in 2019). Bereits bekannte Ist-Emissionen nach 2019 wurden hier nicht berücksichtigt. Verwendetes Tool: (Wolfsteiner & Wittmann, 2026a).

Tab. 2 gibt einen Überblick über die Eigenschaften der RM-Szenariotypen.¹⁰ Für eine umfassende mathematische Beschreibung der RM-Szenariotypen wird [auf](#) (Wolfsteiner & Wittmann, 2024) verwiesen.

Szenariotyp	Verlauf der jährlichen Veränderungssätze (siehe Abb. 1)		Mathematische Modellierung der Veränderungssätze	Verlauf der jährlichen Veränderungsbeträge	Verlauf der Emissionspfade (siehe Abb. 2)
RM-1-const	konstant		$y = \textit{konstant}$	konkav	konvex
RM-3-lin	linear		$y = ax + b$	u-förmig	s-förmig ¹¹ (erst konkav dann konvex)
RM-4-quadr	konkav		$y = ax^2 + b$	u-förmig	
RM-5-rad	konvex		$y = a\sqrt{x} + b$	u-förmig	
RM-6-abs	konkav		-	konstant	linear

Tab. 2: Übersicht RM-Szenariotypen

In Bezug auf den Anstieg¹² der jährlichen Reduktionssätze bei monotonem Verlauf können folgende vier Grundtypen unterschieden werden:

- (1) Konstant: konstanter jährlicher Reduktionssatz (RM-1-const)
- (2) Linear: linearer Anstieg (RM-3-lin)
- (3) Konkav: anfangs unterproportionaler Anstieg (RM-4-quadr, RM-6-abs)
- (4) Konvex: anfangs überproportionaler Anstieg (RM-5-rad)

Der Szenariotyp RM-1-const liefert mit dem konstanten jährlichen Reduktionssatz einen wertvollen Hinweis auf die Größe der Herausforderung. Für die politische Bestimmung eines Emissionspfades ist er weniger geeignet, wenn der sich ergebende Reduktionssatz insbesondere am Anfang als unrealistisch eingeschätzt wird. Auch beim Szenariotyp RM-6-abs kann der anfängliche Reduktionssatz nicht auf der Basis einer realistischen Einschätzung vorgegeben werden, sondern ergibt sich wie bei RM-1 endogen. Bei RM 3 – 5 hingegen ist der Startveränderungssatz ein zu wählender Parameter, der damit auf einer realistischen Basis vorgegeben werden kann.

Da die Reduktionssätze bei den Szenariotypen RM-4-quadr und RM-6-abs anfangs nur langsam steigen, ist später ein starker Anstieg der jährlichen Reduktionssätze notwendig (siehe Abb. 1). Der

¹⁰ Die Abkürzung „RM“ steht für Regensburger Modell, in dem die RM-Szenariotypen zur Bestimmung von globalen Pfaden verwendet werden. Beim Regensburger Modell handelt es sich um einen Konvergenzansatz, bei dem sich die Pro-Kopf-Emissionen schrittweise bis zur vollständigen Konvergenz angleichen (cf. Sargl, et al., 2017; Sargl, et al., 2024b). Das ESPM und das RM können unter Resource Sharing Models subsumiert werden (cf. Sargl, et al., 2024a; Wittmann & Wolfsteiner, 2023).

¹¹ Abhängig von den Rahmendaten (v. a. Startveränderungssatz und Budget) kann der konkave Teil mehr oder weniger ausgeprägt sein.

¹² Folgend wird statt von „Veränderungssätzen“ meist von „Reduktionssätzen“ gesprochen unter Nichtberücksichtigung, dass bei den Szenariotypen RM 3 – 5 auch ein positiver Startveränderungssatz 2020 zugrunde gelegt werden kann. „Anstieg“ bezieht sich hier auf den Absolutbetrag der Reduktionssätze.

Szenariotyp RM-5-rad ist dagegen gekennzeichnet durch anfangs relativ schnell steigende jährliche Reduktionssätze, womit die Reduktionssätze später weniger deutlich steigen müssen. Der Szenariotyp RM-3-lin stellt durch seinen linearen Anstieg der Reduktionssätze eine Art Kompromiss zwischen den konvexen und konkaven Szenariotypen dar.

Die hier vorgestellten idealtypischen Szenariotypen decken die Bandbreite plausibler Möglichkeiten gut ab. Das ESPM ist jedoch offen für weitere Szenariotypen.

In der Realität werden die Reduktionssätze nicht die idealtypischen Verläufe aufweisen, da Krisen, konjunkturelle Auf- oder Abschwünge, technische und politische Entwicklungen etc. den Verlauf mitbestimmen werden.¹³ Die Szenariotypen sollen aber auch nicht der Prognose dienen, sondern helfen, anstehende politische Entscheidungen vorzubereiten und zu fundieren.

Mengen-Overshoot

Mit den RM-Szenariotypen können auch netto negative Emissionen abgebildet werden.

Dafür wird der Minimumwert der Emissionen bis 2100 vorgegeben. Ist dieser Wert negativ, so kann das vorgegebene Budget zeitweise überschritten werden. Dieser Mengen-Overshoot wird dann bis 2100 durch netto negative Emissionen ausgeglichen.

Zu den Limitierungen und Risiken eines Mengen-Overshoots [siehe](#) (Wolfsteiner & Wittmann, 2025).

Zu beachten ist, dass weitere netto negative CO₂-Emissionen notwendig sind, um Klimaneutralität zu erreichen. So müssen z. B. nicht vermeidbare Lach- und Methangasemissionen aus der Landwirtschaft zusätzlich durch negative CO₂-Emissionen kompensiert werden. Außerdem können auch vor Erreichung von CO₂-Neutralität negative CO₂-Emissionen sinnvoll sein.

Szenariotypen aus einer klimapolitischen Gesamtschau

Wir halten es für notwendig, einen wissenschaftlich basierten Diskurs darüber zu forcieren, welcher Verlauf der jährlichen Reduktionssätze klimapolitisch sinnvoll ist.¹⁴

¹³ Werden die nationalen Ziele mit einem **Emissionshandelssystem** mit **bindendem Cap** umgesetzt, kann der politisch festgelegte Verlauf weitgehend eingehalten werden (cf. Expertenrat für Klimafragen, 2022, p. 17).

¹⁴ Auch das deutsche Bundesverfassungsgericht hat in seinem Urteil 2021 klargestellt, dass die Politik sich der Frage stellen muss, welche Reduktionen wir heute schon erbringen müssen und welches Ausmaß an Reduktionen wir in die Zukunft verschieben können, ohne die Freiheit zukünftiger Generationen über Gebühr zu beschränken.

Auszug aus den wesentlichen Entscheidungsgründen des Bundesverfassungsgerichtes (BVerfG, 2021):

“Als intertemporale Freiheitsicherung schützen die Grundrechte die Beschwerdeführenden (...) vor einer umfassenden Freiheitsgefährdung durch einseitige Verlagerung der durch Art. 20a GG aufgegebenen Treibhausgasminderungslast

Dabei stellen sich folgende zentrale Fragen:

- (1) Welche jährlichen Reduktionssätze sind wann realistisch?
- (2) Implizieren anfänglich langsam steigende Reduktionssätze (\approx RM-4 und RM-6) eine nicht vertretbare Hypothek für die Zukunft, da diese später sehr hohe Reduktionssätze erfordern?
- (3) Oder sind spätere hohe Reduktionssätze wie in RM-4 oder RM-6 sogar sinnvoll, weil dadurch ein größerer zeitlicher Vorlauf für die notwendigen Investitionen besteht?¹⁵
- (4) Vermitteln anfangs schnell steigende Reduktionssätze (\approx RM-3 und RM-5) eine glaubwürdigere Klimaschutzpolitik, die Planungssicherheit für öffentliche und private Investitionen in eine fossilfreie Zukunft schafft?

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) empfiehlt z. B. „von einem linearen Reduktionspfad abzusehen. Eine frühzeitige überproportionale Reduktion bis 2030 erlaubt langfristig noch Spielraum, erfordert aber, dass erhebliche Maßnahmen jetzt angestoßen werden. Ein langsamer Einstieg, der auf steile Emissionsreduktionen in späteren Jahren hofft, gefährdet die Einhaltung des Budgets und der Klimaziele“ (SRU, 2020, p. 56).

Emissionspfade mit später stark ansteigenden jährlichen Reduktionsraten setzen voraus, dass die eingesetzten Klimaschutzinstrumente und die dahinterstehende Klimapolitik eine sehr hohe Glaubwürdigkeit aufweisen, sodass die Wirtschaftsakteure tatsächlich die notwendigen hohen Reduzierungen in der Zukunft antizipieren. Diese Glaubwürdigkeit zu erreichen, stellt eine große Herausforderung dar.

Einordnung RM-Szenariotypen im Kontext zu integrierten Bewertungsmodellen (IAMs)

Im Unterschied zu IAM-basierten Emissionspfaden, in denen Annahmen über Kostenstrukturen, Diskontierung und gesellschaftliche Präferenzen in die Optimierung eingehen, machen die RM-Szenariotypen die zeitliche Verteilung der Emissionsminderungen zu einer expliziten Modellierungsentscheidung. Zwar beruhen viele Kostenannahmen auf empirischen Daten, doch zentrale Elemente der Optimierung – insbesondere die Wahl des Diskontsatzes, die Gewichtung von Kosten

in die Zukunft. (...) Ein umfangreicher Verbrauch des CO₂-Budgets schon bis 2030 verschärft (...) das Risiko schwerwiegender Freiheitseinbußen, weil damit die Zeitspanne für technische und soziale Entwicklungen knapper wird, mit deren Hilfe die Umstellung von der heute noch umfassend mit CO₂-Emissionen verbundenen Lebensweise auf klimaneutrale Verhaltensweisen freiheitsschonend vollzogen werden könnte. (...) Danach darf nicht einer Generation zugestanden werden, unter vergleichsweise milder Reduktionslast große Teile des CO₂-Budgets zu verbrauchen, wenn damit zugleich den nachfolgenden Generationen eine radikale Reduktionslast überlassen und deren Leben umfassenden Freiheitseinbußen ausgesetzt würde“.

¹⁵ Die notwendigen Investitionen könnten mehr im Rahmen normaler Investitionszyklen vonstattengehen. Die Notwendigkeit der Entwertung bestehender Investitionen könnte durch die Verschiebung der hohen Reduzierungen nach hinten minimiert werden.

über die Zeit sowie die zugrunde liegende Zielfunktion – sind nicht rein wissenschaftlich bestimmbar, sondern enthalten sowohl normative Setzungen als auch Annahmen unter Unsicherheit, etwa hinsichtlich der Bewertung heutiger gegenüber zukünftigen Belastungen.

Während IAMs leistungsfähige Werkzeuge zur Analyse kostenoptimaler Transformationspfade sind, sind diese normativen Annahmen sowie die resultierenden Wirkungszusammenhänge für politische Entscheidungsträger oft nur eingeschränkt nachvollziehbar. Der Modellierungsprozess wirkt damit aus Entscheidungsperspektive teilweise wie eine „Blackbox“, da zentrale Annahmen und Wirkungszusammenhänge nicht unmittelbar transparent sind. Gleichzeitig liefern IAMs jedoch wertvolle Hinweise auf plausible zeitliche Verläufe von Emissionsminderungen unter realistischen Annahmen zu Technologie und Kosten und können damit zur Einordnung und Auswahl geeigneter Szenariotypen beitragen.

Der ESPM-Ansatz setzt hier bewusst an, indem er zentrale Annahmen transparent macht und direkt variierbar hält. Dadurch wird es möglich, Fragen der Verteilung (Allokation von CO₂-Budgets) von Fragen der Umsetzbarkeit (Form der Emissionspfade) klar zu trennen. Dies erhöht die Transparenz bei der Bewertung Paris-kompatibler Emissionsziele und ermöglicht eine gezielte Analyse unterschiedlicher klimapolitischer Strategien.

Das ESPM und die dort eingebetteten RM-Szenariotypen sind dabei nicht als Ersatz für integrierte Bewertungsmodelle zu verstehen, sondern als komplementärer Ansatz, der insbesondere die Transparenz von Annahmen und deren Implikationen für nationale Zielpfade erhöht.

Exemplarische Emissionsziele für die EU¹⁶

Globales Budget und Gewichtung Bevölkerung

Für die folgenden **exemplarischen** Emissionsziele für die EU wird ein verbleibendes globales CO₂-Budget ab 2020 von 650 Gt zugrunde gelegt. Dieses korrespondiert laut 6. Sachstandsberichts des IPCC mit der Begrenzung der Erderwärmung auf 1.8 °C mit einer Einhaltungswahrscheinlichkeit von 83% (siehe Tab. 1).

Dabei ergeben sich folgende exemplarische verbleibenden CO₂-Budgets ab 2020:

Gewichtung Bevölkerung	100%	75%	50%	25%	0%
Verbleibende CO ₂ -Budgets ab 2020 in Gt	36.3	38.1	39.9	41.7	43.5

Tab. 3: Exemplarische CO₂-Budgets EU bei einem globalen Budget von 650 Gt¹⁷

Startveränderungssatz

Bei den folgenden exemplarischen Emissionszielen wurde bei den Szenariotypen RM 3 – 5 ein Startveränderungssatz für die EU von -3.9% für 2025 unterstellt. Dies ist der Mittelwert der Ist-Veränderungssätze aus 2019 (-5.3%) und 2024 (-2.6%).¹⁸ Da der Startveränderungssatz als Ausgangsbasis dient für alle folgenden, muss ein normalisierter Wert verwendet werden. Die Werte dazwischen waren geprägt durch die Pandemie und den Ausbruch des Ukrainekrieges.

Bei der EU ist die Besonderheit, dass dieser Startveränderungssatz sehr nahe an den sich endogen ergebenden Veränderungssatz für 2025 im Szenariotyp RM-6 (-4.3%) liegt. Damit fällt der Vorteil bei den Szenariotypen RM 3 - 5 eines realistisch festlegbaren Startveränderungssatzes weniger ins Gewicht.

Overshoot

Es wird nicht von einem Mengen-Overshoot im Sinne des ESPM ausgegangen. Die EU muss dennoch negative CO₂-Emissionen realisieren, um nicht vermeidbare Rest-CO₂-Emissionen und andere Treibhausgase zu kompensieren, um Klimaneutralität zu erreichen. CO₂-Neutralität muss daher vor Klimaneutralität erreicht werden. Nach der Erreichung der Klimaneutralität sind netto negative

¹⁶ In der [Vorgängerversion](#) dieses Papiers werden auch exemplarische Ergebnisse für Deutschland berechnet (Sargl, et al., 2025).

¹⁷ Anteil der EU an globalen Werten Emissionen / Bevölkerung in 2019: 6.90% / 5.75%.

Verbleibende Budgets für die EU bei einem anderen globalen Budget und anderer Gewichtung der Bevölkerung können mit dieser Webanwendung ermittelt werden: <https://GCP.national-budgets.climate-calculator.info>.

Aus den Zielen der EU lässt sich auch ein **implizites CO₂-Budget** ableiten. Hier ein Webanwendung dazu: <https://ib-iwp.climate-calculator.info>.

¹⁸ Mit der Webanwendung: <https://paths.climate-calculator.info> können auch andere Startveränderungssätze verwendet und die Auswirkungen auf die Ergebnisse beobachtet werden. Siehe Fußnote 30 zu den dort benötigten Daten.

CO₂-Emissionen notwendig. Aus den Verlautbarungen der EU ist jedoch bisher nicht schließbar, dass ein Mengen-Overshoot bei den CO₂-Emissionen eingeplant ist.

Exemplarische Ergebnisse

Scenario type:	RM-1-const	RM-5-rad	RM-3-lin	RM-4-quadr	RM-6-abs
Target year	Reduction rates compared with emissions in the reference year 1990				
2019	-25% (actual value)				
2025	-43%	-40%	-40%	-40%	-41%
2030	-62%	-57%	-55%	-53%	-54%
2035	-75%	-72%	-70%	-67%	-67%
2040	-84%	-83%	-83%	-82%	-80%
2045	-89%	-91%	-91%	-94%	-93%
2050	-93%	-95%	-96%	-100%	-100%
Year of CO₂ neutrality	2072	2063	2057	2051	2048
Overshoot in Gt	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CO ₂ Budget 2030–2050 in Gt	15.1	15.7	16.1	16.4	16.5

Tab. 4: Exemplarische Emissionsziele EU – globales Budget 650 Gt / Bevölkerung 50%¹⁹

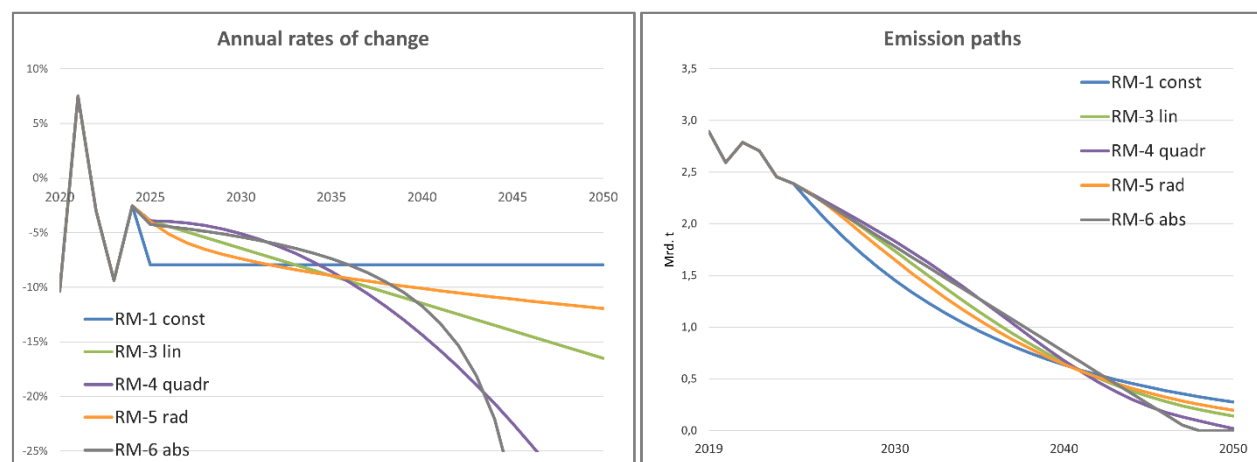


Abb. 3: Exemplarische Verläufe EU

¹⁹ **Datengrundlage**

Die verwendete Datenbank (GCP, 2025) enthält bei den Länderemissionen nicht die Emissionen aufgrund der internationalen Schiff- und Luftfahrt (ISA). Daher wurde auf globaler Ebene ein Budget von 3% reserviert. Dies entspricht dem Anteil dieser Emissionen an den globalen Emissionen in 2019.

Ist-Emissionen werden bis einschließlich 2024 berücksichtigt.

Die Berechnung der Budgets und die zugrundeliegenden Daten können mit auch mit diesem [Excel-Tool](#) (Wolfsteiner & Wittmann, 2026c) nachvollzogen werden.

Einschränkung bei den Ergebnissen: GCP gibt die Emissionen für Land-use change (LUC) aus drei verschiedenen Quellen an, die sich deutlich unterscheiden. Hier wird der Durchschnittswert dieser drei Quellen verwendet. Werte der drei Quellen in 2019: -0.052, -0.003 und +0.024 Gt (GCP, 2025). Der Anteil dieser Emissionen an den Gesamtemissionen von 2.9 Gt ist jedoch bei der EU gering.

Bei den hier unterlegten Rahmendaten müsste die EU z. B. im Szenariotyp RM-6 (linearer Emissionspfad²⁰) ihre CO₂-Emissionen bis 2030 um 54% gegenüber 1990 senken und 2048 CO₂-Neutralität erreichen.²¹

Bis 2025 müssten die CO₂-Emissionen um 41% sinken, wobei bis 2024 bereits -38% erreicht wurden. Bis 2040 müssten die CO₂-Emissionen der EU um 80% reduziert werden und für den Zeitraum 2030 – 2050 ergäbe sich ein CO₂-Budget²² von 16.5 Gt.

Einordnung der Ziele der EU

	EU climate targets (GHG)	Tab. 4 / RM-6 (CO ₂)
Target year	Reduction compared with 1990	
2030	55%	54%
2035	66.25% – 72.5%	67%
2040	85% (domestic)	80%
	CO ₂ neutrality	2048
2050	Climatic neutrality	

Tab. 5: Abgleich mit Klimazielen der EU²³

²⁰ Die EU arbeitet sowohl im EU-ETS 1 als auch im EU-ETS 2 mit linearen Reduktionsfaktoren (LRF), die sich auf einen Basisjahr beziehen. Damit ergeben sich grundsätzlich abschnittsweise lineare Emissionspfade.

²¹ Hier verwendete Definition für das Jahr der CO₂-Neutralität: Erstes Jahr, in dem die Gesamtemissionen gleich null oder netto negativ sind.

²² Das **European Scientific Advisory Board on Climate Change** hatte folgende **Empfehlung** zu den gesamten Treibhausgasen gegeben (European Scientific Advisory Board on Climate Change, 2023):

„2030-2050 carbon budget and the 2040 climate target

The report recommends keeping the EU's greenhouse gas emissions budget (i.e. cumulative emissions) for the period 2030 to 2050 within a limit of 11-14 Gt CO₂e, in line with limiting global warming to 1.5 °C (with no or only limited and temporary exceedance of that temperature).

To achieve this, the EU must strive for net emissions reductions of 90-95% by 2040, relative to 1990 levels. These reductions are essential for mitigating climate risks and achieving a sustainable future.“

²³ **Einschränkungen:**

- Hier wird vereinfachend unterstellt, dass die CO₂-Emissionen mit gleicher Geschwindigkeit wie alle Treibhausgase reduziert werden sollen.
- Die Ziele der EU basieren auf LULUCF. GCP stellt auf LUC ab (s. a. Fußnote 19). Siehe z. B. (Sargl, et al., 2026) zur Erläuterung der Unterschiede zwischen LULUCF und LUC.

Ohne Berücksichtigung, dass die Ziele der EU sich auf alle Treibhausgase beziehen, resultiert aus den Zielen eine Senkung der CO₂-Emissionen bis **2030 gegenüber 2019** (statt gegenüber 1990) für die EU um **41%**.

Die **Ziele** der EU können als **Paris-kompatibel** bezeichnet werden, wenn beispielsweise eine **Gewichtung** der **Bevölkerung** mit **50%** und ein **globales CO₂-Budget** ab 2020 von **650 Gt** als vertretbar angesehen werden (siehe Tab. 5).²⁴

Wenn die EU ihre Ziele transparent von globalen Rahmendaten ableiten würde, könnte sich der Druck auf andere erhöhen, ambitioniertere Ziele vorzulegen bzw. die EU wäre dann legitimiert zu fragen, wie andere ihr NDC vom global Notwendigen ableiten.

Damit verbunden sind grundlegende gesellschaftliche Entscheidungen darüber, an welchem globalen CO₂-Budget sich orientiert werden soll und welche Verteilungslogik als sinnvoll und ethisch vertretbar angesehen wird. Vor diesem Hintergrund hängt die Bewertung der Paris-Kompatibilität bestehender EU-Ziele maßgeblich von normativen Annahmen und auch von Entscheidungen unter Unsicherheiten ab.

Zielkonflikte zwischen Ambition, Verteilung und Umsetzbarkeit

In der klimapolitischen Praxis werden nationale Emissionsziele bislang in der Regel nicht konsistent aus globalen CO₂-Budgets abgeleitet. Ein wesentlicher Grund hierfür liegt in den politischen Implikationen einer solchen Herleitung. Die explizite Ableitung nationaler Budgets erfordert Entscheidungen über Verteilungsprinzipien, die normativ umstritten sind und unmittelbare Verteilungswirkungen zwischen Staaten implizieren. Ein anderer Grund ist, dass die Entscheidung für ein globales CO₂-Budget, an dem sich orientiert werden soll, eine Entscheidung unter erheblichen Unsicherheiten ist (siehe Kapitel „Globale CO₂-Budgets“).

Besonders deutlich wird dies bei der Kombination eines ambitionierten globalen Temperaturziels – etwa der Begrenzung auf 1,5 °C – mit einer strikt Pro-Kopf-basierten Verteilungslogik. Diese Kombination hat sich in weiten Teilen der klimapolitischen Debatte als impliziter Referenzrahmen etabliert, führt jedoch für viele Industrieländer sowie große Emittenten wie China zu verbleibenden

²⁴ **Stand NDC EU**

Die Europäische Union reicht im Rahmen des UNFCCC ein gemeinsames Nationally Determined Contribution (NDC) für alle Mitgliedstaaten ein.

Formal existiert somit jeweils nur ein gültiges EU-NDC, das im Zeitverlauf fortgeschrieben wird. Das derzeit maßgebliche NDC wurde im November 2025 eingereicht und enthält ein verbindliches Minderungsziel von mindestens –55% bis 2030 gegenüber 1990 sowie ergänzend ein indikatives Ziel für 2035 (abgeleitet aus dem noch nicht final beschlossenen 2040-Klimaziel der EU). Letzteres ist bislang nicht vollständig rechtlich unterlegt und daher in seiner Verbindlichkeit von dem für 2030 bestehenden Ziel zu unterscheiden.

In der praktischen Anwendung empfiehlt es sich daher, EU-Zielwerte bis 2030 als rechtlich operationalisiert, weitergehende Zieljahre (z. B. 2035) hingegen als politisch gesetzte, aber noch nicht vollständig implementierte Orientierungsgrößen zu interpretieren.

Emissionsbudgets, die unter realistischen Annahmen zur Transformationsgeschwindigkeit und zu internationalen Transfers nicht umsetzbar erscheinen (cf. Sargl, et al., 2026).

Eine offene Abweichung von etablierten Referenzannahmen erfordert eine aktive Begründung und ist mit politischen Risiken verbunden. Gleichzeitig bedeutet dies jedoch nicht, dass alternative, konsistentere Zielableitungen grundsätzlich nicht vermittelbar wären; vielmehr könnte eine transparente Darstellung der zugrunde liegenden Annahmen und Zielkonflikte (globales Ambitionsniveau, Verteilungslogik und realweltliche Umsetzbarkeit) zur Versachlichung der Debatte beitragen.

Roadmap zu Paris-kompatiblen NDCs

Die exemplarischen Ergebnisse für die EU zeigen, wie wichtig es ist, globale Rahmendaten als Grundlage für nationale Ziele zu thematisieren. Den globalen Rahmendaten liegen dabei Fragestellungen zugrunde, die letztendlich politisch entschieden werden müssen.

Daher wird hier folgende politische Agenda für alle Vertragsstaaten des Pariser Abkommens vorgeschlagen:

- Rahmendaten in Bezug auf CO₂ auf Basis des derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstands konkretisieren; insbesondere was das globale CO₂-Budget²⁵ und den Umfang der Berücksichtigung von netto negativen CO₂-Emissionen²⁶ betrifft.
- Auf dieser Basis nationale CO₂-Budgets ableiten, die einer fairen und ökonomisch sinnvollen Aufteilung eines globalen CO₂-Budgets gerecht werden.²⁷
- Sich bei den nationalen Emissionszielen bzw. beim nationalen Emissionspfad an einem klimapolitisch sinnvollen Verlauf der jährlichen Veränderungssätze orientieren.²⁸
- Die Rahmendaten und Reduktionsziele regelmäßig auf der Basis neuerer wissenschaftlicher Erkenntnisse und technischer/realer Entwicklungen nachsteuern.
- Ziele instrumentell so unterlegen, dass sie auch eingehalten werden. Ein sehr effektiver Weg sind hierbei harte Emissionsobergrenzen in Emissionshandelssystemen (cf. Expertenrat für Klimafragen, 2022, p. 17).

Eine transparente Herleitung eines NDC kann dazu führen, dass andere diesem Beispiel folgen und damit auch ein Diskurs über konkrete globale Rahmendaten in Gang kommt, der wesentlich dazu beitragen kann, dass in Summe Paris-kompatible NDCs entstehen – auch ohne, dass es eine globale Einigung auf bestimmte Rahmendaten gibt.

Entscheidend ist jetzt, dass die großen Emittenten (siehe Tab. 6) ein Verhandlungsformat finden, um verbindliche Paris-kompatible Ziele zu vereinbaren und damit auch eine Führungsrolle zu übernehmen. Siehe dazu auch ein Papier zur Berechnung Paris-kompatibler Ziele für die [sechs größten Emittenten](#) (Sargl, et al., 2026). Die UN-Klimakonferenzen sind auch aufgrund ihrer

²⁵ Siehe Kapitel „Globale CO₂-Budgets“, S. 5.

²⁶ Zum Potenzial und Limitierungen siehe (Wolfsteiner & Wittmann, 2025).

²⁷ Siehe Kapitel „Bestimmung nationaler Budgets“, S. 7.

²⁸ Siehe Kapitel „Szenariotypen aus einer klimapolitischen Gesamtschau“, S. 11.

Einstimmigkeitsregel mit über 190 Vertragsstaaten dafür nicht der passende Verhandlungsort (cf. Edenhofer, 2022).

Aber für alle Vertragsstaaten muss der Erwartungsdruck im Rahmen des Ambitionsmechanismus (Ratchet Mechanism) zunehmen, Paris-kompatible NDCs vorzulegen. Vertragsstaaten, die ihr NDC nachvollziehbar als Paris-kompatibel begründen können, gewinnen dadurch an Glaubwürdigkeit und Einfluss im internationalen Diskurs. Da der Pariser Ambitionsmechanismus im Kern auf einem „naming and shaming“-Ansatz beruht, wird dieser Prozess umso wirksamer, je transparenter und fundierter nationale Ziele hergeleitet sind.

	emissions in Gt				per capita 2019 in t	share in global emissions 2019	share in global population 2019
	1990	2010	2019	2024			
China	2.4	9.1	11.8	13.1	8.3	32%	18%
United States	5.0	5.5	5.0	4.6	15.1	14%	4%
EU27	3.8	3.4	2.9	2.5	6.6	8%	6%
India	0.6	1.7	2.6	3.2	1.9	7%	18%
Russia	2.4	1.7	1.9	2.0	12.9	5%	2%
Japan	1.2	1.2	1.1	1.0	8.9	3%	2%
Sum	15.4	22.7	25.2	26.4		69%	50%
Global	22.0	32.8	36.7	39.6	4.8	100%	

Tab. 6: Daten der sechs größten Emittenten²⁹

²⁹ Es handelt sich um CO₂-Emissionen durch die Nutzung fossiler Brennstoffe und prozessbedingter Emissionen bei der Zementherstellung (EDGAR, 2025). Nicht enthalten sind internationale Schiff- und Luftfahrt (ISA) und CO₂-Emissionen durch Landnutzungsänderungen (LUC). Die hier verwendeten Daten für die EU decken dagegen LUC ab.

Zusammenfassung

Diese Arbeit zeigt, dass die Bewertung der Paris-Kompatibilität nationaler Klimaziele maßgeblich von zugrunde liegenden Annahmen abhängt, insbesondere hinsichtlich des globalen Ambitionsniveaus, der Aufteilung verbleibender CO₂-Budgets sowie der Umsetzbarkeit von Emissionsminderungspfaden unter realen Bedingungen.

In der politischen Praxis wird dieses Spannungsfeld häufig nicht explizit gemacht. Nationale Ziele werden in der Regel nicht konsistent aus globalen CO₂-Budgets abgeleitet, wodurch u. a. eine explizite Positionierung zu umstrittenen Verteilungsfragen vermieden wird.

Es könnte jedoch durchaus sinnvoll sein, die Zielkonflikte explizit zu machen und gesellschaftlich auszuhandeln.

Eine transparente Darstellung der zugrunde liegenden Annahmen kann die Nachvollziehbarkeit klimapolitischer Entscheidungen erhöhen, Zielkonflikte sichtbar machen und eine konsistentere sowie langfristig tragfähigere Ausgestaltung der Klimapolitik unterstützen.

Auch auf globaler Ebene kann eine nachvollziehbare Ableitung von nationalen Zielen vom global Notwendigen dazu beitragen, zu einmal in Summe Paris-kompatiblen NDCs zu kommen.

Das hier verwendete ESPM bietet hierfür einen geeigneten analytischen Rahmen, da es unterschiedliche Annahmekombinationen systematisch offenlegt und deren Implikationen für nationale Emissionspfade transparent macht und damit eine Grundlage für eine konsistente Ableitung und Bewertung nationaler Klimaziele bietet.

Literaturverzeichnis

BVerfG, 2021. *Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021- 1 BvR 2656/18 -, Rn. 1-270.*

[Online]

Available at: http://www.bverfg.de/e/rs20210324_1bvr265618.html

Edenhofer, O., 2022. *COP27: Climate expert Edenhofer dampens expectations; we need new negotiating formats (Interview).* [Online]

Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7419448>

EDGAR, 2025. *European Commission, Joint Research Centre (JRC)/PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR).* [Online]

Available at: <https://edgar.jrc.ec.europa.eu/>

[Accessed 09 09 2025].

European Court of Human Rights, 2024. *Grand Chamber rulings in the climate change cases.*

[Online]

Available at: <https://www.echr.coe.int/w/grand-chamber-rulings-in-the-climate-change-cases>

European Scientific Advisory Board on Climate Change, 2023. *Scientific advice for the determination of an EU-wide 2040 climate target and a greenhouse gas budget for 2030–2050.*

[Online]

Available at: <https://climate-advisory-board.europa.eu/reports-and-publications/scientific-advice-for-the-determination-of-an-eu-wide-2040>

Expertenrat für Klimafragen, 2022. *Zweijahresgutachten 2022 - Gutachten zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen, Trends der Jahresemissionsmengen und zur Wirksamkeit von Maßnahmen.* [Online]

Available at: <https://www.expertenrat-klima.de/publikationen/>

GCP, 2025. [Online]

Available at: <https://globalcarbonbudget.org>

[Accessed 13 11 2025].

Geulen & Klinger (RA), 2022. *Verfassungsbeschwerde gegen das Klimaschutzgesetz 2021.*

[Online]

Available at: <https://www.duh.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung/deutsche-umwelthilfe-reicht-mit-kindern-und-jungen-erwachsenen-beschwerde-vor-dem-bundesverfassungsg/>

IPCC, 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Online] Available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

Peters, G. P., Andrew, R. M., Solomon, S. & Friedlingstein, P., 2015. Measuring a fair and ambitious climate agreement using cumulative emissions. *Environmental Research Letters*, 15 October, Band 10.

Raupach, M. R. et al., 2014. Sharing a quota on cumulative carbon emissions. *Nature Climate Change*, Volume 4, pp. 873 - 879.

Sargl, M., Wiegand, D., Wittmann, G. & Wolfsteiner, A., 2021. Berechnung Paris-kompatibler Emissionsziele für die sechs größten Emittenten mit dem ESPM. *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht*, Issue 3/2021, pp. 269 - 286.

Sargl, M., Wiegand, D., Wittmann, G. & Wolfsteiner, A., 2024a. *Distribution of a Global CO2 Budget - A Comparison of Resource Sharing Models*. [Online] Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4603032>

Sargl, M., Wiegand, D., Wittmann, G. & Wolfsteiner, A., 2025. *Berechnung Paris-kompatibler Emissionspfade mit dem ESPM am Beispiel Deutschlands und der EU*. [Online] Available at: <https://zenodo.org/records/15234428>

Sargl, M., Wiegand, D., Wittmann, G. & Wolfsteiner, A., 2026. *Calculation of Paris-compatible emission targets for the six largest emitters with the ESPM*. [Online] Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4764408>

Sargl, M., Wittmann, G. & Wolfsteiner, A., 2024b. *Calculation of Paris-compatible emission targets and CO2 budgets for the six largest emitters with the Regensburg Model*. [Online] Available at: <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.6504452>

Sargl, M., Wolfsteiner, A. & Wittmann, G., 2017. The Regensburg Model: reference values for the (I)NDCs based on converging per capita emissions. *Climate Policy*, 17(5), p. 664 – 677.

SRU, 2020. *Umweltgutachten 2020*. [Online] Available at: <https://www.umweltrat.de>

UNEP, 2017. *Emissions Gap Report 2017*. [Online] Available at: <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2017>

UNEP, 2019. *Emissions Gap Report 2019*. [Online] Available at: <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2019>

Wiegand, D. et al., 2021. Berechnung Paris-kompatibler Emissionspfade mit dem ESP-Modell am Beispiel der EU. *Wirtschaftsdienst*, 20 2, pp. 127 - 133.

Wittmann, G. & Wolfsteiner, A., 2023. *Resource Sharing Models – A Mathematical Description*. [Online]

Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4405448>

Wolfsteiner, A., 2025. *What does the IPCC say about the remaining CO2 budgets?*. [Online]

Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16731850>

Wolfsteiner, A., 2026. *A Feasibility Stress Test of Collectively Paris-Compatible National CO₂ Targets*. [Online]

Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17856181>

Wolfsteiner, A. & Wittmann, G., 2024. *Mathematical Description of the Regensburg Model Scenario Types RM 1 – 6*. [Online]

Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4540475>

Wolfsteiner, A. & Wittmann, G., 2025. *Treatment of the topics LUC and net negative emissions in the RM and ESPM tools*. [Online]

Available at: <http://luc.climate-calculator.info>

Wolfsteiner, A. & Wittmann, G., 2026a. *Tool for the Calculation of Emission Paths with the RM Scenario Types*. [Online]

Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4568839>

Wolfsteiner, A. & Wittmann, G., 2026b. *Tool for the Calculation of Paris-compatible Emission Paths with the ESPM*. [Online]

Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4580310>

Wolfsteiner, A. & Wittmann, G., 2026c. *Paris-compatible national CO₂ budgets*. [Online]

Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5837866>

Anhang: Tools zum ESPM

- **Webanwendungen** zur Berechnung Paris-kompatible Ziele:
 - CO₂-Budgets für alle Länder der Welt: <https://GCP.national-budgets.climate-calculator.info>.
 - Emissionspfade, die ein vorzugebendes Budget einhalten: <https://paths.climate-calculator.info>.³⁰
 - Datenbasis EEA:³¹
 - CO₂-Budgets und lineare Emissionspfade für die EU und für EU-Mitgliedsländer: <https://eu.national-budgets.climate-calculator.info>.
 - CO₂-Budgets und Emissionspfade für die EU: <https://eu.climate-calculator.info>.
 - Lineare globale Emissionspfade: <https://global-paths.climate-calculator.info>.
 - Übersicht Webanwendungen: <https://climate-calculator.info>.
- Auf der Webseite <http://downloads.save-the-climate.info> stellen wir **Excel-Tools** zur Verfügung, mit denen für jedes Land der Welt Referenzwerte u. a. mit dem ESPM berechnet werden können:
 - Zur Berechnung der exemplarischen Emissionsziele für die EU in diesem Papier wurde das universell anwendbare Excel-Tool ‚[Paths_RM_ST](#)‘ verwendet (Wolfsteiner & Wittmann, 2026a).
 - Das Excel-Tool ‚[ESPM](#)‘ enthält eine Datenbank mit den Emissionsdaten aufgrund der Nutzung fossiler Brennstoffe (ohne ISA) und Zementherstellung (Wolfsteiner & Wittmann, 2026b).
 - Excel-Tool: ‚[Paris-compatible national CO2 budgets](#)‘ (Wolfsteiner & Wittmann, 2026c).
Basierend auf dem hier verwendeten gewichteten Verteilungsschlüssels (s. o.) kann dieses Excel-Tool verwendet werden, um nationale CO₂-Budgets auf der Grundlage einer vorzugebenden Gewichtung des Bevölkerungsschlüssels zu berechnen (s. a. vereinfachte [Webanwendung](#)). Damit kann dieses Tool auch die Datenbasis liefern für die universelle [Webanwendung](#) zur Bestimmung von Emissionspfaden (s. o.) und für das [Excel-Tool](#) ‚[Paths_RM_ST](#)‘ (s. o.).

³⁰ Daten für diese [Webanwendung](#), die den exemplarischen Ergebnissen in diesem Papier zugrunde liegen:

- Start year of budget period: 2025
- Emission budget between 2025 and 2100: 27 Gt
- Base year (2024) emissions: 2.39 Gt
- Reference year (1990) emissions: 2.89 Gt
- Percental emissions change between 2024 vs. 2025 (start change rate): -3.9%
- Minimum annual emissions: -0.03 Gt

Die Daten bei anderen Rahmendaten können mit diesem Tool ermittelt werden: <https://GCP.national-budgets.climate-calculator.info>.

³¹ Einschränkung: EEA berichtet LULUCF. Diese Emissionen werden dort mit globalen Emissionen laut GCP ins Verhältnis gesetzt, die statt dessen LUC-Emissionen enthalten. Siehe z. B. (Sargl, et al., 2026) zur Erläuterung des Unterschieds.