

Paris-kompatible Emissionsziele für die sechs größten Emittenten

Stand: 04.07.2021

DOI 10.5281/zenodo.5068390

published on [zenodo](https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.5068390)

Prof. Manfred Sargl

M.Sc. M.A. Dr. Daniel Wiegand

Diplom-Mathematiker Günter Wittmann

Diplom-Volkswirt Andreas Wolfsteiner

www.save-the-climate.info

save-the-climate@online.ms

Abstract

Was sind realistische Emissionsziele für die sechs größten Emittenten der Welt, die in Summe Paris-kompatibel sind? Zur Untersuchung dieser Frage werden in diesem Papier zentrale Rahmendaten zum verfügbaren Budget und dessen Aufteilungsmechanismus variiert und Top-down nationale Emissionsziele mit Hilfe des Extended Smooth Pathway Model (ESPM) berechnet. Der Pariser Ambitionsmechanismus¹ sieht eine Kombination aus Top-down und Bottom-up vor. Die einzelnen Staaten müssen sich deshalb fragen lassen inwieweit ihre Bottom-up Ziele mit den globalen Erfordernissen zusammen passen. Dies kann einen zielorientierten Diskurs über die globalen Rahmendaten in Gang setzen, der zu in Summe Paris-kompatiblen NDCs beiträgt.

¹ Zur Beschreibung des Ambitionsmechanismus siehe (BMU, 2019). Eigentlich hätten die Vertragsstaaten in 2020 ihre nachgebesserten NDCs einreichen müssen. Inoffiziell wurde diese erste Nachbesserungsrunde bis zum coronabedingt verschobenen Klimakonferenz in Glasgow (COP26) im November 2021 verlängert. Bis dahin will das UNFCCC auch einen aktualisierten Synthesbericht vorlegen (cf. UNFCCC, 2021). Falls die erste Nachbesserungsrunde nicht zu in Summe Paris-kompatiblen Zielen führen sollte, erscheint die für 2025 vorgesehene zweite Nachbesserungsrunde im Angesicht der schon bis 2030 notwendigen Reduktionen als spät angesetzt. In 2023 sieht das Pariser Abkommen eine globale Bestandsaufnahme (Global Stocktake) über die Fortschritte zur Erreichung der Pariser Klimaziele vor.

Inhalt

Abstract	1
1 Globale CO ₂ -Budgets	3
2 Hier verwendete Grundlagen zur Berechnung nationaler Emissionsziele	5
3 Aktuelle Emissionsziele und Ausgangsdaten der sechs größten Emittenten	7
4 Exemplarische nationale Emissionsziele für die sechs größten Emittenten.....	8
4.1 Variation des globalen Budgets und der Gewichtung der Bevölkerung	8
4.2 Einkalkulation eines Mengen-Overshoots	12
4.3 Einkalkulation eines negativen LUC-Budgets	13
5 Schlussfolgerungen	15
6 Tools und weitere exemplarische Ergebnisse.....	17
7 Exkurse.....	18
Literaturverzeichnis.....	20
Anhang: Exemplarische Länderbudgets bei unterschiedlichen globalen Rahmendaten	22

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Verbleibende globale CO ₂ -Budgets ab 2018.....	3
Tab. 2: Berechnungsschema des hier zu verteilenden globalen Budgets	6
Tab. 3: Ausgangsdaten der sechs größten Emittenten plus Nigeria	7
Tab. 4: Aktuelle Emissionsziele der sechs größten Emittenten.....	7
Tab. 5: Referenzwerte - B420 / LUC0 / P100 / NNE0.....	8
Tab. 6: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P100 / NNE0.....	9
Tab. 7: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P50 / NNE0.....	9
Tab. 8: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P15 / NNE0.....	10
Tab. 9: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P15 / NNE0 - individuelle Basisjahre	10
Tab. 10: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P0 / NNE0.....	11
Tab. 11: Referenzwerte - B680 / LUC0 / P50 / NNE0.....	11
Tab. 12: Referenzwerte - B680 / LUC0 / P15 / NNE0.....	12
Tab. 13: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P50 / NNE2.....	13
Tab. 14: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P15 / NNE2.....	13
Tab. 15: Referenzwerte - B420 / LUC100 / P50 / NNE2.....	14
Tab. 16: Referenzwerte - B420 / LUC100 / P15 / NNE2.....	14
Tab. 17: Länderbudgets bei unterschiedlichen globalen Rahmendaten.....	22

Verzeichnis Exkurse

Exkurs 1: Regensburger-Modell-Szenariotypen	18
Exkurs 2: Zusammenhang Gewichtung Bevölkerung und Potential zur Generierung von Zertifikaten.....	19

1 Globale CO₂-Budgets

CO₂ reichert sich in der Atmosphäre an. Daher ist die Summe an CO₂-Emissionen entscheidend für die Einhaltung bestimmter Grenzen der Erderwärmung. Zu den verbleibenden globalen CO₂-Budgets hat der IPCC in seinem Sonderbericht 2018 folgende Zahlen veröffentlicht:

Approximate Warming since 1850 – 1900	Remaining Carbon Budgets		Key Uncertainties and Variations					
			Earth System Feedbacks	Non-CO ₂ scenario variation	Non-CO ₂ forcing and response uncertainty	TCRE distribution uncertainty	Historical temperature uncertainty	Recent emissions uncertainty
<i>Probabilities:</i>	50%	67%						
[°C]	[GtCO ₂ from 2018 on]		[GtCO ₂]	[GtCO ₂]	[GtCO ₂]	[GtCO ₂]	[GtCO ₂]	[GtCO ₂]
~ 1.50	580	420	Budgets on the left are reduced by about –100 on centennial time scales	±250	-400 to +200	+100 to +200	±250	±20
~ 1.57	710	530						
~ 1.60	770	570						
~ 1.67	900	680						
~ 1.75	1040	800						

Tab. 1: Verbleibende globale CO₂-Budgets ab 2018²

In der Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger führt der IPCC dazu aus:

“C.1.3 Limiting global warming requires limiting the total cumulative global anthropogenic emissions of CO₂ since the preindustrial period, that is, staying within a total carbon budget (high confidence). (...) The associated remaining budget is being depleted by current emissions of 42 ± 3 GtCO₂ per year (high confidence). (...) Using global mean surface air temperature (...) gives an estimate of the remaining carbon budget [from 2018] of 580 GtCO₂ for a 50% probability of limiting warming to 1.5°C, and 420 GtCO₂ for a 66% probability (medium confidence). (...) Uncertainties in the size of these estimated remaining carbon budgets are substantial and depend on several factors. (...)” (IPCC, 2018b, p. 14).³

Die Notwendigkeit der Bewertung sozioökonomischer Folgen bei der Geschwindigkeit der Dekarbonisierung und die Wahrscheinlichkeiten/Bandbreiten bei den vom IPCC genannten Budgets machen eine politische Entscheidung auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse darüber notwendig, an welchem globalen CO₂-Budget sich national festgelegte Beiträge (NDCs) orientieren. Das deutsche Bundesverfassungsgericht hat in seinem wegweisenden Urteil 2021 dabei klar gestellt: Klimapolitik muss sich an verbleibenden CO₂-Restbudgets orientieren (vgl. BVerfG, 2021).⁴

² Grundlage für Tab. 1 ist die Tabelle 2.2 im IPCC Sonderbericht 2018, die hier nicht eins zu eins wieder gegeben wird (cf. IPCC, 2018a). Die angegebenen Wahrscheinlichkeiten geben an, in wie viel Prozent der untersuchten Szenarien das Temperaturziel eingehalten wurde (cf. MCC, 2020). Zu den weiteren naturwissenschaftlichen Hintergründen wird auf den IPCC-Bericht verwiesen.

³ Hervorhebungen und [from 2018] nicht im Original.

⁴ Auszug aus den wesentlichen Erwägungen des Bundesverfassungsgerichts:

“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. Zwar folgt daraus, dass Schätzungen

Wenn die Vertragsstaaten bei ihren NDCs ein dahinterstehendes globales CO₂-Budget und dessen Aufteilung transparent machen, könnte dies zudem einen Diskurs in Gang setzen, der schließlich zu konvergierenden globalen Orientierungsgrößen führt.

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 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” (BVerfG, 2021).

2 Hier verwendete Grundlagen zur Berechnung nationaler Emissionsziele

Für die Berechnung konkreter nationaler Emissionsziele auf der Grundlage globaler Rahmendaten für die sechs größten Emittenten, wird folgend das Extended Smooth Pathway Model (ESPM) verwendet, das aus zwei Berechnungsschritten besteht (cf. Wiegand, et al., 2021):

(1) Bestimmung nationaler Budgets

Um von einem globalen Budget Länderbudgets ableiten zu können, wird ein **Verteilungsschlüssel** benötigt.⁵ Bei den folgenden exemplarischen nationalen Emissionszielen wird ein gewichteter Schlüssel verwendet, in den der Anteil eines Landes an den globalen Emissionen und dessen Anteil an der globalen Bevölkerung in 2019 einfließt. Durch diesen mehrdimensionalen Verteilungsschlüssel kann sowohl die Realität mit den derzeitigen *Emissionen* als auch das Thema Klimagerechtigkeit mit der *Bevölkerung* abgebildet werden (cf. Raupach, et al., 2014).⁶ In unseren Tools (siehe Kapitel 6) können teilweise auch anders ermittelte nationale Budgets zu Grunde gelegt werden.

(2) Ableitung nationaler Emissionspfade

Es werden plausible Emissionspfade abgeleitet, die das nationale Budget einhalten. Mit den Regensburger-Modell-Szenariotypen (siehe Exkurs 1) bieten wir die gesamte Bandbreite plausibler Möglichkeiten an. Aus Vereinfachungsgründen wird folgend ein linearer Verlauf der **Emissionspfade** unterstellt.

Die EU-Datenbank EDGAR stellt für alle Länder der Welt die CO₂-Emissionen ohne Emissionen durch Änderungen bei der Landnutzung (**LUC**) und internationale Schiff- und Luftfahrt (**ISA**) zur Verfügung (cf. EDGAR, 2020).

Ehe auf dieser Datenbasis Länderbudgets berechnet werden können, müssen vom globalen Budget Budgets für LUC- und ISA-Emissionen abgezogen werden (siehe beispielhafte Berechnungen in Tab. 2).

Die von diesem globalen CO₂-Budget abgeleiteten Länderbudgets umfassen damit CO₂-Emissionen durch die Nutzung fossiler Brennstoffe (außer ISA) und durch die Zementherstellung. Da sich die in Tab. 4 aufgeführten aktuellen Emissionsziele der sechs größten Emittenten in der Regel auf

⁵ Bei Konvergenzmodellen, wie z. B. dem Regensburger Modell, wird dagegen ein globaler Pfad auf Länder aufgeteilt, wobei die Pro-Kopf-Emissionen konvergieren (cf. Sargl, et al., 2017). Sowohl das ESPM als auch Konvergenzmodelle können den Resource Sharing Models zugerechnet werden (cf. Sargl, et al., 2021).

⁶ Als weitere Kriterien kämen z. B. in Frage: die Verantwortung für historische Emissionen und die ökonomische Leistungsfähigkeit eines Landes (z. B. in Form des Pro-Kopf-Einkommens). Die Einbeziehung der historischen Verantwortung würde jedoch zu unrealistischeren Ergebnissen führen; macht aber die Verantwortung der „alten“ Industrieländer für den Dekarbonisierungsprozess deutlich. Die 10 Länder mit den höchsten Pro-Kopf-Einkommen laut Weltbank haben einen Anteil von knapp 2% an den globalen Emissionen (eigene Berechnung). Die Einbeziehung der Pro-Kopf-Einkommens würde daher für die sechs größten Emittenten nicht zu signifikant anderen Ergebnissen führen.

alle Treibhausgase beziehen, sind die im nächsten Kapitel gezeigten Referenzwerte nur eingeschränkt direkt vergleichbar.

Die Annahme über das globale LUC-Budget kann sich signifikant auf die konkreten Emissionsziele für Länder auswirken. Für das LUC-Budget könnten z. B. die illustrativen Modellpfade P1 – P4 des IPCC aus seinem Sonderbericht 2018 als Referenz herangezogen werden (cf. Wolfsteiner & Wittmann, 2021c). Die Bandbreite für die kumulierten LUC-Emissionen reicht dort jedoch von +144 Gt bis -222 Gt für den Zeitraum 2018 – 2100.⁷

Bei den folgenden Berechnungen der Referenzwerte für die sechs größten Emittenten wird exemplarisch für das **LUC-Budget** ein Wert von **Null** angesetzt (außer in Tab. 15 und in Tab. 16). Dies impliziert, dass bis 2100 auftretende jährliche netto positive LUC-Emissionen durch entsprechende jährliche netto negative LUC-Emissionen kompensiert werden.

Für ISA wird ein Budget von 3% des globalen Budgets reserviert, was ungefährer dem derzeitigen Anteil an den globalen CO₂-Emissionen entspricht. Im verwendeten Excel-Tool (Wolfsteiner & Wittmann, 2021b) können jedoch für ISA-Emissionen auch ein anderer Wert verwendet werden.

Um die Länderbudgets für den Zeitraum 2020 – 2100 berechnen zu können, sind vom globalen Gesamtbudget ab 2018 noch die globalen Emissionen der Jahre 2018 und 2019 abzuziehen (cf. EDGAR, 2020).

	Gt	Gt	Gt
LUC budget 2018 – 2100	-100	0	100
global CO2 budget 2018 - 2100	680	680	680
- LUC budget 2018 - 2100	-100	0	100
- ISA budget 2018 - 2100	20	20	20
- global CO2 emissions 2018 - 2019 excluding LUC/ISA	73	73	73
= global CO2 budget 2020 - 2100 to be distributed	687	587	487

Tab. 2: Berechnungsschema des hier zu verteilenden globalen Budgets⁸

⁷ Derzeit wird von jährlich rund +7 Gt LUC-Emissionen ausgegangen (cf. Global Carbon Project, 2021).

⁸ Beispielhafte Berechnung für Spalte 2: $680 - (-100) - 20 - 73 = 687$.

3 Aktuelle Emissionsziele und Ausgangsdaten der sechs größten Emittenten

Tab. 3 gibt die Ausgangsdaten der sechs größten Emittenten in 2019 wieder. Als Beispiel für ein Land mit niedrigen Pro-Kopf-Emissionen und einem niedrigen Anteil an den globalen Emissionen haben wir Nigeria ausgewählt.

	emissions 2019 in Gt	per capita 2019 in t	share in global emissions 2019	accu- mulated share	share in global population 2019	accu- mulated share
China	11.5	8.0	31.5%	31%	18.6%	19%
United States	5.1	15.5	13.9%	45%	4.3%	23%
EU27	2.9	6.6	8.0%	53%	5.8%	29%
India	2.6	1.9	7.1%	61%	17.7%	46%
Russia	1.8	12.3	4.9%	65%	1.9%	48%
Japan	1.2	9.1	3.1%	69%	1.6%	50%
Nigeria	0.1	0.5	0.3%		2.6%	

Tab. 3: Ausgangsdaten der sechs größten Emittenten plus Nigeria

Es handelt sich hierbei um die CO₂-Emissionen aufgrund der Nutzung fossiler Brennstoffe (außer internationale Schiff- und Luftfahrt; ISA) und der Zementherstellung. Die korrespondierenden globalen Pro-Kopf-Emissionen betragen 2019 4,8 t (cf. EDGAR, 2020).

Auf dem vom US-Präsidenten Biden anberaumten Klimagipfel April 2021 wurden u. a. folgende - teilweise neuen - Zusagen der sechs größten Emittenten gemacht, die zusammen derzeit rund 70% der jährlichen globalen CO₂-Emissionen zu verantworten haben:

Land	Zieljahr 2030	Referenzjahr (Basisjahr)	Langfristziel
United States	-50%	2005	Klimaneutralität bis 2050
EU	-55%	1990	
Japan	-46%	2013	
India	33 bis 35% geringere Emissionsintensität bezogen auf das Sozialprodukt	2005	Pro-Kopf-Emissionen sollen nie die der entwickelten Welt übersteigen
Russia	-25% bis -30%	1990	Emissionen bis 2050 signifikant verringern
China	Wendepunkt CO ₂ -Emissionen vor 2030	-	CO ₂ -Neutralität vor 2060

Tab. 4: Aktuelle Emissionsziele der sechs größten Emittenten⁹

Reichen diese Zusagen insbesondere für das Zieljahr 2030 aus, um die Pariser Klimaziele einzuhalten? Um sich der Beantwortung dieser Frage zu nähern, besteht eine Möglichkeit darin, nationale Emissionsziele als Referenzwerte zu berechnen, die sich Top-down bei unterschiedlichen globalen Rahmendaten ergeben.

⁹ Quellen: Climate Action Tracker (<https://climateactiontracker.org>) und aktuelle Berichterstattung. Diese Ziele beziehen sich i. d. R. auf alle Treibhausgase.

4 Exemplarische nationale Emissionsziele für die sechs größten Emittenten

Für die exemplarischen nationalen Emissionsziele werden folgende globalen Rahmendaten variiert:

- (1) Globales CO₂-Budget 2018 – 2100
- (2) Gewichtung der Bevölkerung bei der Ermittlung der nationalen Budgets
- (3) Einkalkulation eines nationalen Mengen-Overshoots im Nicht-LUC-Bereich
- (4) Einkalkulation eines negativen globalen LUC-Budgets

4.1 Variation des globalen Budgets und der Gewichtung der Bevölkerung

Als Ausgangswert für das verbleibende globale CO₂-Budget ab 2018 werden 420 Gt verwendet. Aufgrund der historischen Verantwortung der „alten“ Industrieländer für die bisherigen Emissionen spricht Vieles dafür, das verbleibende globale CO₂-Budget auf die Länder gemäß ihrer Einwohnerzahl aufzuteilen (Gewichtung Bevölkerung 100%). Dies würde zu folgenden Emissionszielen für 2030 und 2050 führen:

global CO ₂ budget 2018 - 2100 in Gt				420	minimum annual emissions			0%
weighting population				100%	LUC budget 2018 - 2100 in Gt			0
reference values (linear emission paths)					budget 2020 - 2100 in Gt	scope years	temporary overshoot in Gt	reduction rate 2020
target year:	2030		2050					
reference year:	1990	2010	1990	2010				
China	-69%	-92%	-100%	-100%	62	5	0.0	-8.5%
United States	-100%	-100%	-100%	-100%	14	3	0.0	-15.3%
EU27	-83%	-81%	-100%	-100%	19	7	0.0	-7.1%
India	231%	13%	45%	-51%	59	23	0.0	-2.1%
Russia	-100%	-100%	-100%	-100%	6	4	0.0	-12.4%
Japan	-100%	-100%	-100%	-100%	5	5	0.0	-9.5%
Nigeria	37%	13%	41%	17%	9	87	0.0	0.2%

Tab. 5: Referenzwerte - B420 / LUC0 / P100 / NNE0¹⁰

Wird hingegen von einem globalen CO₂-Budget von 570 Gt ausgegangen, ergeben sich diese Ergebnisse:

¹⁰ Aufbau der Referenzwertetabellen:

Für die beiden Zieljahre 2030 und 2050 wird die Veränderungen der Emissionen in Prozent gegenüber den Referenzjahren (Basisjahren) 1990 und 2010 angegeben. Der angegebene Prozentsatz beim Minimum der jährlichen Emissionen wird auf die Emissionen des Landes in 2019 angewendet. 0% bedeutet daher ein Minimum von Netto-Null bis 2100. Das Budget für den Zeitraum 2020 – 2100 ergibt sich durch die Anwendung des gewichteten Verteilungsschlüssels des Landes auf das hier zu verteilende globale Budget (siehe Berechnungslogik Tab. 2). Die Reichweite in Jahren ergibt sich durch die Division des nationalen Budgets durch die Emissionen des Landes in 2019 (siehe Tab. 3). Der Reduktionssatz in 2020 ergibt sich bei diesem Szenariotyp (linearer Emissionspfad; RM-6) endogen. Bei anderen Szenariotypen (RM 2 – 5) ist der Startveränderungssatz ein Eingabewert (cf. Wolfsteiner & Wittmann, 2021a).

global CO2 budget 2018 - 2100 in Gt				570	minimum annual emissions			0%
weighting population				100%	LUC budget 2018 - 2100 in Gt			0
reference values (linear emission paths)					budget 2020 - 2100 in Gt	scope years	temporary overshoot in Gt	reduction rate 2020
target year:	2030		2050					
reference year:	1990	2010	1990	2010				
China	59%	-58%	-100%	-100%	89	8	0.0	-6.1%
United States	-100%	-100%	-100%	-100%	20	4	0.0	-11.1%
EU27	-66%	-62%	-100%	-100%	28	9	0.0	-5.0%
India	261%	23%	131%	-21%	85	33	0.0	-1.5%
Russia	-99%	-99%	-100%	-100%	9	5	0.0	-9.0%
Japan	-75%	-76%	-100%	-100%	8	7	0.0	-6.8%
Nigeria	53%	27%	89%	56%	13	125	0.0	1.3%

Tab. 6: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P100 / NNE0

Es ist erkennbar, dass die hier unterlegten Rahmendaten nicht realistisch sind. Dies zeigt sich insbesondere in den Ergebnissen für Länder mit hohen Pro-Kopf-Emissionen, wie die USA und Russland.

Werden die Faktoren *Bevölkerung* und *Emissionen* mit jeweils 50% gewichtet, führt dies zu folgenden Ergebnissen:

global CO2 budget 2018 - 2100 in Gt				570	minimum annual emissions			0%
weighting population				50%	LUC budget 2018 - 2100 in Gt			0
reference values (linear emission paths)					budget 2020 - 2100 in Gt	scope years	temporary overshoot in Gt	reduction rate 2020
target year:	2030		2050					
reference year:	1990	2010	1990	2010				
China	138%	-38%	-100%	-100%	120	10	0.0	-4.6%
United States	-60%	-64%	-100%	-100%	44	9	0.0	-5.5%
EU27	-59%	-54%	-100%	-100%	33	11	0.0	-4.3%
India	231%	13%	46%	-50%	60	23	0.0	-2.1%
Russia	-68%	-56%	-100%	-100%	16	9	0.0	-5.2%
Japan	-52%	-54%	-100%	-100%	11	10	0.0	-4.8%
Nigeria	29%	6%	19%	-2%	7	69	0.0	-0.4%

Tab. 7: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P50 / NNE0¹¹

Auch hier kann bezweifelt werden, ob es realistisch ist, dass China seine Emissionen bis 2030 gegenüber 2010 um fast 40% und die USA um fast 65% senken. Auch die Ergebnisse für Russland und Japan erscheinen wenig realistisch.

Bei einer Gewichtung der Bevölkerung mit lediglich 15% ergäben sich folgende Ergebnisse:

¹¹ Tab. 17 im Anhang zeigt beispielhaft auch die aus diesen Rahmendaten resultierenden 60 höchsten Länderbudgets.

global CO2 budget 2018 - 2100 in Gt				570	minimum annual emissions			0%
weighting population				15%	LUC budget 2018 - 2100 in Gt			0
reference values (linear emission paths)					budget 2020 - 2100 in Gt	scope years	temporary overshoot in Gt	reduction rate 2020
target year:	2030		2050					
reference year:	1990	2010	1990	2010				
China	173%	-28%	-100%	-100%	142	12	0.0	-3.9%
United States	-45%	-50%	-100%	-100%	60	12	0.0	-4.1%
EU27	-56%	-50%	-100%	-100%	37	13	0.0	-3.8%
India	189%	-2%	-73%	-91%	42	16	0.0	-3.0%
Russia	-58%	-42%	-100%	-100%	21	12	0.0	-4.0%
Japan	-43%	-46%	-100%	-100%	14	12	0.0	-4.0%
Nigeria	10%	-9%	-34%	-46%	3	30	0.0	-1.6%

Tab. 8: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P15 / NNE0

Auf der Grundlage dieser Rahmendaten ergeben sich folgende Resultate für 2030 in Bezug auf die von den USA, der EU, Russland und Japan jeweils genannten individuellen Referenzjahre:

Land	Aktuelle Ziele (siehe Tab. 4)		Rahmendaten Tab. 8
	Zieljahr 2030	Referenzjahr (Basisjahr)	2030 vs. Basisjahr
United States	-50%	2005	-53%
EU	-55%	1990	-56%
Russia	-25% bis 30%	1990	-58%
Japan	-46%	2013	-50%

Tab. 9: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P15 / NNE0 - individuelle Basisjahre

Wird vernachlässigt, dass sich die Ziele der Länder in der Regel auf alle Treibhausgase beziehen, dann könnten mit diesen globalen Rahmendaten die aktuellen Ziele der EU, USA und Japan für 2030 relativ gut abgebildet werden. China müsste seine Emissionen gegenüber 2010 bis 2030 jedoch um fast 30% senken. Selbst Indien müsste bei einer Gewichtung der Bevölkerung mit 15% seine Emissionen bis 2030 gegenüber 2010 bereits reduzieren; trotz niedriger Pro-Kopf-Emissionen in 2019.¹²

Auch wenn die Bevölkerung mit 0% gewichtet wird (Grandfathering), müsste China seine Emissionen bis 2030 noch signifikant senken. Indien und z. B. Nigeria müssten ihre Emissionen bis 2030 gegenüber 2010 deutlich reduzieren:

¹² Es sei darauf hingewiesen, dass die vorgelegten aktuellen Ziele der USA, EU und Japan auch durch eine andere Kombination der Rahmendaten abgebildet werden kann.

global CO2 budget 2018 - 2100 in Gt				570	minimum annual emissions			0%
weighting population				0%	LUC budget 2018 - 2100 in Gt			0
reference values (linear emission paths)					budget 2020 - 2100 in Gt	scope years	temporary overshoot in Gt	reduction rate 2020
target year:	2030		2050					
reference year:	1990	2010	1990	2010				
China	186%	-25%	-100%	-100%	151	13	0.0	-3.7%
United States	-40%	-45%	-100%	-100%	67	13	0.0	-3.7%
EU27	-54%	-49%	-100%	-100%	38	13	0.0	-3.7%
India	158%	-12%	-100%	-100%	34	13	0.0	-3.7%
Russia	-55%	-38%	-100%	-100%	23	13	0.0	-3.7%
Japan	-40%	-43%	-100%	-100%	15	13	0.0	-3.7%
Nigeria	-20%	-34%	-100%	-100%	1	13	0.0	-3.7%

Tab. 10: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P0 / NNE0

Bei einer weiteren Anhebung des globalen Budgets auf 680 Gt und einer Gewichtung der Bevölkerung mit 50% ergeben sich folgende Ergebnisse:

global CO2 budget 2018 - 2100 in Gt				680	minimum annual emissions			0%
weighting population				50%	LUC budget 2018 - 2100 in Gt			0
reference values (linear emission paths)					budget 2020 - 2100 in Gt	scope years	temporary overshoot in Gt	reduction rate 2020
target year:	2030		2050					
reference year:	1990	2010	1990	2010				
China	180%	-26%	-100%	-100%	147	13	0.0	-3.8%
United States	-50%	-54%	-100%	-100%	53	10	0.0	-4.6%
EU27	-53%	-47%	-100%	-100%	40	14	0.0	-3.5%
India	249%	19%	98%	-33%	73	28	0.0	-1.8%
Russia	-61%	-46%	-100%	-100%	20	11	0.0	-4.3%
Japan	-43%	-45%	-100%	-100%	14	12	0.0	-3.9%
Nigeria	35%	12%	38%	14%	8	84	0.0	0.1%

Tab. 11: Referenzwerte - B680 / LUC0 / P50 / NNE0

Bei einer Gewichtung der Bevölkerung mit 15% ergeben sich dafür diese Ergebnisse:

global CO2 budget 2018 - 2100 in Gt				680	minimum annual emissions			0%
weighting population				15%	LUC budget 2018 - 2100 in Gt			0
reference values (linear emission paths)					budget 2020 - 2100 in Gt	scope years	temporary overshoot in Gt	reduction rate 2020
target year:	2030		2050					
reference year:	1990	2010	1990	2010				
China	210%	-19%	-99%	-100%	173	15	0.0	-3.2%
United States	-37%	-42%	-100%	-100%	73	14	0.0	-3.4%
EU27	-50%	-44%	-98%	-98%	45	15	0.0	-3.2%
India	215%	7%	-1%	-66%	51	20	0.0	-2.5%
Russia	-53%	-34%	-100%	-100%	26	15	0.0	-3.3%
Japan	-36%	-38%	-100%	-100%	17	15	0.0	-3.3%
Nigeria	14%	-6%	-22%	-36%	4	36	0.0	-1.4%

Tab. 12: Referenzwerte - B680 / LUC0 / P15 / NNE0

Tab. 17 im Anhang zeigt die 60 höchsten Länderbudgets bei einem globalen Budget von 680 Gt und einer Gewichtung der Bevölkerung mit 50% bzw. 15% (s. a. Exkurs 2: Zusammenhang Gewichtung Bevölkerung und Potential zur Generierung von Zertifikaten).

4.2 Einkalkulation eines Mengen-Overshoots

Ein **Mengen-Overshoot** bedeutet im ESPM ein zeitweises Überschreiten eines vorher festgelegten CO₂-Budgets. Diese überschießende Menge (Spalte „temporary overshoot“ in den Referenzwertetabellen) wird durch entsprechende Netto-Negativ-Emissionen bis 2100 ausgeglichen.¹³ Das Potential an Netto-Negativ-Emissionen wird folgend ausgedrückt durch einen Prozentsatz, der auf die Emissionen des Landes in 2019 angewendet wird.¹⁴ Das Ergebnis stellt das Minimum der Emissionen bis 2100 dar. Je nach vorgegebenem Potential für Netto-Negativ-Emissionen fällt der Mengen-Overshoot höher oder geringer aus.

Dabei sind jedoch zwei Aspekte zu beachten:

- (1) Derzeit ist das Potential von Negativ-Emissionen technisch und wirtschaftlich noch sehr unsicher (cf. SRU, 2020).
- (2) Auch wenn rechnerisch ein Budget eingehalten wird, das mit der angestrebten Begrenzung der Erderwärmung korrespondiert, kann ein Mengen-Overshoot zur Überschreitung von Kipppunkten im Klimasystem (cf. PIK, 2018) führen.

¹³ Um Klimaneutralität erreichen zu können, müssen z. B. nicht vermeidbare Methan- und Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft durch negative CO₂-Emissionen kompensiert werden. Diese müssen zusätzlich zu den hier unterstellten netto negativen CO₂-Emissionen erbracht werden.

¹⁴ Dies bedeutet, dass Länder mit hohen heutigen Emissionen auch hohe Netto-Negativ-Emissionen realisieren bzw. finanzieren müssten. Da hier auf globaler Ebene ein Budget für LUC vorgesehen ist, beziehen sich hier auf Länderebene negative Emissionen auf die Nicht-LUC-Bereiche.

Wird ein Potential für Netto-Negativ-Emissionen von -2% zu Grunde gelegt, ergeben sich folgende Ergebnisse bei einem globalen CO₂-Budget von 570 Gt:¹⁵

global CO ₂ budget 2018 - 2100 in Gt				570	minimum annual emissions			-2%
weighting population				50%	LUC budget 2018 - 2100 in Gt			0
reference values (linear emission paths)				budget 2020 - 2100 in Gt	scope years	temporary overshoot in Gt	reduction rate 2020	
target year:	2030		2050					
reference year:	1990	2010	1990	2010				
China	161%	-32%	-110%	-103%	120	10	13.1	-4.1%
United States	-53%	-57%	-102%	-102%	44	9	6.2	-4.9%
EU27	-56%	-51%	-102%	-102%	33	11	3.3	-3.9%
India	234%	14%	54%	-48%	60	23	1.7	-2.1%
Russia	-63%	-49%	-101%	-102%	16	9	2.1	-4.6%
Japan	-47%	-49%	-102%	-102%	11	10	1.3	-4.3%
Nigeria	29%	6%	19%	-2%	7	69	0.0	-0.4%

Tab. 13: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P50 / NNE2

Eine Gewichtung der Bevölkerung mit 15%, führt zu diesen Ergebnissen:

global CO ₂ budget 2018 - 2100 in Gt				570	minimum annual emissions			-2%
weighting population				15%	LUC budget 2018 - 2100 in Gt			0
reference values (linear emission paths)				budget 2020 - 2100 in Gt	scope years	temporary overshoot in Gt	reduction rate 2020	
target year:	2030		2050					
reference year:	1990	2010	1990	2010				
China	189%	-24%	-110%	-103%	142	12	12.3	-3.6%
United States	-41%	-46%	-102%	-102%	60	12	5.6	-3.8%
EU27	-53%	-48%	-102%	-102%	37	13	3.1	-3.5%
India	197%	1%	-51%	-83%	42	16	2.4	-2.9%
Russia	-56%	-39%	-101%	-102%	21	12	1.9	-3.7%
Japan	-40%	-42%	-102%	-102%	14	12	1.2	-3.6%
Nigeria	10%	-9%	-34%	-45%	3	30	0.0	-1.6%

Tab. 14: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P15 / NNE2

Der durch netto negative Emissionen auszugleichende temporäre Mengen-Overshoot würde ungefähr den derzeitigen jährlichen Emissionen der großen Emittenten entsprechen (vgl. Tab. 3 mit Tab. 13 und Tab. 14).

4.3 Einkalkulation eines negativen LUC-Budgets

Das Einrechnen eines **negativen LUC-Budgets**, würde das hier zu verteilende globale CO₂-Budget erhöhen (siehe Berechnungslogik in Tab. 2). Allerdings ist fraglich, wer dann dafür zu sorgen hat,

¹⁵ Als Referenz könnten die illustrativen Modellpfade des IPCC aus dem Sonderbericht 2018 herangezogen werden. Die korrespondierenden Werte weisen jedoch eine große Spannweite von +2% bis -55% auf (cf. Wolfsteiner & Wittmann, 2021c).

dass dieses negative LUC-Budget tatsächlich auch realisiert wird. Außerdem gibt es große Zweifel an der Dauerhaftigkeit von negativen LUC-Emissionen.¹⁶ Falls trotz dieser Bedenken z. B. ein LUC-Budget von -100 Gt zu Grunde gelegt wird, ergäben sich bei einem globalen Budget von 420 Gt folgende Zahlen:

global CO2 budget 2018 - 2100 in Gt				420	minimum annual emissions			-2%
weighting population				50%	LUC budget 2018 - 2100 in Gt			-100
reference values (linear emission paths)								
target year:	2030		2050		budget 2020 - 2100 in Gt	scope years	temporary overshoot in Gt	reduction rate 2020
reference year:	1990	2010	1990	2010				
China	142%	-36%	-110%	-103%	109	9	13.6	-4.5%
United States	-58%	-61%	-102%	-102%	40	8	6.3	-5.3%
EU27	-59%	-54%	-102%	-102%	30	10	3.4	-4.2%
India	225%	11%	28%	-57%	54	21	1.9	-2.3%
Russia	-67%	-54%	-101%	-102%	15	8	2.2	-5.0%
Japan	-51%	-53%	-102%	-102%	10	9	1.4	-4.7%
Nigeria	26%	4%	11%	-9%	6	62	0.0	-0.6%

Tab. 15: Referenzwerte - B420 / LUC100 / P50 / NNE2

Bei einer Gewichtung der Bevölkerung mit 15% ergeben sich folgende Ergebnisse:

global CO2 budget 2018 - 2100 in Gt				420	minimum annual emissions			-2%
weighting population				15%	LUC budget 2018 - 2100 in Gt			-100
reference values (linear emission paths)								
target year:	2030		2050		budget 2020 - 2100 in Gt	scope years	temporary overshoot in Gt	reduction rate 2020
reference year:	1990	2010	1990	2010				
China	173%	-28%	-110%	-103%	128	11	12.9	-3.9%
United States	-44%	-49%	-102%	-102%	54	11	5.8	-4.1%
EU27	-56%	-51%	-102%	-102%	33	11	3.2	-3.9%
India	184%	-3%	-87%	-95%	38	15	2.5	-3.1%
Russia	-58%	-42%	-101%	-102%	19	11	2.0	-4.0%
Japan	-43%	-46%	-102%	-102%	13	11	1.3	-4.0%
Nigeria	8%	-11%	-40%	-51%	3	27	0.0	-1.8%

Tab. 16: Referenzwerte - B420 / LUC100 / P15 / NNE2

¹⁶ So kann z. B. ein aufgeforsteter Wald auch durch den Klimawandel wieder vernichtet werden.

5 Schlussfolgerungen

Es konnten und sollten hier nur exemplarische Emissionsziele für die sechs größten Emittenten der Welt gezeigt werden, da wichtige Rahmendaten politisch noch eingehender diskutiert und entschieden werden müssen.

Daher schlagen wir folgende politische Agenda vor:

- Globale Rahmendaten auf Basis des wissenschaftlichen Kenntnisstands konkretisieren, insbesondere was das globale CO₂-Budget und den Umfang von negativen Emissionen betrifft.
- Auf dieser Basis nationale CO₂-Budgets ableiten, die einer fairen und ökonomisch sinnvollen Aufteilung eines globalen CO₂-Budgets gerecht werden.
- Sich bei Emissionszielen an einem klimapolitisch sinnvollen Verlauf der jährlichen Veränderungssätze orientieren (siehe Exkurs 1: Regensburger-Modell-Szenariotypen).
- Die Rahmendaten und Reduktionsziele regelmäßig auf der Basis neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und technischer/realer Entwicklungen nachsteuern.

Die exemplarischen Ergebnisse geben jedoch wichtige Hinweise, was in dem hier vorgestellten ESPM-Ansatz noch als realistisch angesehen werden kann und wo es schwierig wird.

Es erscheint sehr unwahrscheinlich, dass die sechs größten Emittenten (außer Indien) ihren Teil an der Einhaltung eines globalen CO₂-Budgets von 420 Gt erreichen können, wenn die Bevölkerung mit einer Gewichtung von 50% oder mehr bei der Berechnung der Länderbudgets eingeht. Um realistische Emissionsziele zu erhalten, wäre ein deutlich höheres globales CO₂-Budget, umfangreiche negative LUC-Emissionen bzw. Mengen-Overshoots im Nicht-LUC-Bereich notwendig. Wenn man das nicht will, bleibt als Alternative nur, Klimagerechtigkeit geringer zu gewichten und Entwicklungs- und Schwellenländer dafür beim Aufbau einer fossilfreien Wirtschaft zu unterstützen.

Die Berechnungen zeigen auch, dass China seine Emissionen vor 2030 signifikant senken müsste, damit die 1,5°C-Grenze erreichbar bleibt. Das ist für China eine große Herausforderung, insbesondere da es an den historischen Emissionen einen relativ geringen Anteil hat. Trotzdem zeigen die Zahlen deutlich, dass es ohne einen baldigen umfangreichen Beitrag des mit Abstand größten Emittenten (siehe Tab. 3) nicht gehen kann.

Der ESPM-Ansatz stellt eine hilfreiche Ergänzung anderer Ansätze wie z. B. den Integrated Assessment Models (IAMs) dar, mit denen global kosteneffiziente nationale Emissionspfade identifiziert werden können (cf. van Soest, et al., 2021). Die Ergebnisse von IAMs beruhen jedoch auf vielen

speziellen naturwissenschaftlichen, ökonomischen und technischen Annahmen. Folglich haben zum einen deren Ergebnisse eine große Schwankungsbreite und zum anderen ist deren Zustandekommen für Gesellschaft und Entscheidungsträger eine Art „Black Box“. In unserem Ansatz hingegen sind nur wenige politisch zu entscheidende Rahmendaten nötig und die daraus resultierenden Emissionspfade und Emissionsziele sind einfach nachvollziehbar und es lässt sich Klimagerechtigkeit explizit berücksichtigen. Indirekt können IAMs jedoch auch im ESPM-Ansatz bei der letztendlich politischen Festlegung der Rahmendaten wertvolle Hinweise geben, was z. B. die sinnvolle Gewichtung der Bevölkerung oder den sinnvollen Verlauf von jährlichen Veränderungsdaten betrifft. Der Verlauf der Veränderungsdaten wird im ESPM über die Wahl eines Szenariotyps vorgegeben, wobei die gesamte Bandbreite plausibler Möglichkeiten angeboten wird (siehe Exkurs 1).

6 Tools und weitere exemplarische Ergebnisse

Auf unserer Webseite <http://www.save-the-climate.info> stellen wir Excel-Tools zur Verfügung, mit denen für jedes Land der Welt Referenzwerte bei unterschiedlichen Rahmendaten berechnet werden können. Für die Berechnung der hier verwendeten Beispiele, wurde das Excel-Tool „ESPM“ genutzt (Wolfsteiner & Wittmann, 2021b).

Unter <http://eu.climate-calculator.info> bieten wir eine Webanwendung für die EU an, die LUC- und ISA-Emissionen umfasst.

Unter <http://espm.climate-calculator.info> bieten wir eine universell einsetzbare Webanwendung an, um von einem vorzugebenden Budget plausible Emissionspfade abzuleiten.

Unter https://www.klima-retten.info/results_espm.html zeigen wir weitere exemplarische Ergebnisse für die sechs größten Emittenten bei unterschiedlichen Rahmendaten und unterschiedlichen Szenariotypen.

7 Exkurse

Exkurs:

Regensburger-Modell-Szenariotypen (cf. Wolfsteiner & Wittmann, 2021a)

Aus einer klimapolitischen Gesamtschau heraus können andere Verläufe als ein linearer Emissionspfad (Gerade) sinnvoller sein (cf. Wiegand, et al., 2021). Zusätzliche Szenariotypen bieten zudem die Möglichkeit, länderspezifische Besonderheiten zu berücksichtigen.

Die Regensburger-Modell-Szenariotypen 1 – 5 setzen beim Verlauf der jährlichen Reduktionssätze an. In Bezug auf den Anstieg der jährlichen Reduktionssätze bei monotonem Verlauf, können folgende vier Grundtypen unterschieden werden:

- (1) **Konstant**: konstanter jährlicher Reduktionssatz (RM-1)
- (2) **Linear**: linearer Anstieg (RM-3)
- (3) **Konkav**: anfangs unterproportionaler Anstieg (RM-4, RM-2)
- (4) **Konvex**: anfangs überproportionaler Anstieg (RM-5)

Zusätzlich bieten wir den Szenariotyp RM-6 an, der lineare Emissionspfade (konstanter jährlicher Reduktionsbetrag) abbildet. Die jährlichen Reduktionssätze haben bei RM-6 einen konkaven Verlauf.

Mit unserer **Webanwendung** für die EU <http://eu.climate-calculator.info> können die unterschiedlichen Szenariotypen grafisch nachvollzogen werden.

Folgende Fragen können bei der Beurteilung eines sinnvollen Szenariotyps eine Rolle spielen:

- (1) Welche Reduktionssätze sind wann realistisch?
- (2) Implizieren anfänglich langsam steigende Reduktionssätze (RM-4) eine nicht vertretbare Hypothek für die Zukunft, da diese später sehr hohe Reduktionssätze erfordern?
- (3) Oder sind hohe spätere Reduktionssätze (RM-4) sogar sinnvoll, weil dadurch ein größerer zeitlicher Vorlauf für die notwendigen Investitionen besteht? Die notwendigen Investitionen könnten dann mehr im Rahmen normaler Investitionszyklen vonstattengehen. Allerdings würde dies eine sehr glaubwürdige Klimapolitik mit wirksamen Instrumenten bedingen.
- (4) Vermitteln anfangs schnell steigende Reduktionssätze (RM-3 und RM-5) eine glaubwürdigere Klimaschutzpolitik, die Planungssicherheit für öffentliche und private Investitionen in eine fossilfreie Zukunft schafft?

Der Sachverständigen Rat für Umweltfragen der deutschen Bundesregierung (SRU) empfiehlt von linearen Emissionspfaden abzusehen: „*Ein langsamer Einstieg, der auf steile Emissionsreduktionen in späteren Jahren hofft, gefährdet die Einhaltung des Budgets und der Klimaziele*“ (SRU, 2020, p. 56). Dies würde neben RM-6 auch für die Szenariotypen RM-2/4 zutreffen.

Auch das Urteil des Bundesverfassungsgerichts in Deutschland April 2021 zum Klimaschutzgesetz stellt implizit die Frage, welche jährlichen Reduktionssätze wir heute schon erbringen müssen und welche wir der Gesellschaft in den 30er oder 40er Jahren zumuten können (cf. BVerfG, 2021). Auszug aus den Leitsätzen der Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts: *"Das Grundgesetz verpflichtet unter bestimmten Voraussetzungen zur Sicherung grundrechtsgeschützter Freiheit über die Zeit und zur verhältnismäßigen Verteilung von Freiheitschancen über die Generationen. Subjektivrechtlich schützen die Grundrechte als intertemporale Freiheitssicherung vor einer einseitigen Verlagerung der durch Art. 20a GG aufgegebenen Treibhausgasminde­rungs­last in die Zukunft. Auch der objektivrechtliche Schutzauftrag des Art. 20a GG schließt die Notwendigkeit ein, mit den natürlichen Lebensgrundlagen so sorgsam umzugehen und sie der Nachwelt in solchem Zustand zu hinterlassen, dass nachfolgende Generationen diese nicht nur um den Preis radikaler eigener Enthalt­samkeit weiter bewahren könnten. 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."*

Um sehr hohe jährliche Reduktionssätze in späteren Jahren zu vermeiden, bieten sich die Szenariotypen RM-5 und RM-3 an (die Grafiken in unserer Webanwendung dürfte dies verdeutlichen: <http://eu.climate-calculator.info>).

Für die Vergleiche von Emissionszielen für die sechs größten Emittenten in diesem Papier wird aus Vereinfachungsgründen trotzdem auf lineare Emissionspfade (RM-6) zurückgegriffen, da hier die Unterschiede zwischen den Szenariotypen nicht im Fokus liegen. Bei der Anwendung der Szenariotypen RM-5 oder RM-3, würden die Emissionsziele für 2030 für alle ambitionierter ausfallen (siehe dazu [hier](#) unsere weiteren exemplarischen Ergebnisse auf unserer Website).

Exkurs 1: Regensburger-Modell-Szenariotypen

Exkurs:

Zusammenhang Gewichtung Bevölkerung und Potential zur Generierung von Zertifikaten

Die beispielhaften 60 Länderbudgets, die sich bei einem globalen Budget von 680 Gt und einer Gewichtung der Bevölkerung mit 50% bzw. mit 15% ergeben (siehe Tab. 17 im Anhang) zeigen: Je geringer die Gewichtung der Bevölkerung, desto geringer sind die Spielräume für Schwellen- und Entwicklungsländer, Zertifikate im Rahmen eines internationalen Emissionshandels nach Artikel 6 (2) des Pariser Abkommens generieren zu können. Als ein Maß für diesen Spielraum können die angegebenen Reichweiten der Länderbudgets dienen. Bei einer geringeren Gewichtung der Bevölkerung könnten sich allerdings aus den neuen Zusagen der EU, USA und Japan Spielräume ergeben, beispielsweise China mit Zertifikaten auszuheilen. Je höher die Gewichtung der Bevölkerung, desto höher wäre der Bedarf der bisher wenig ambitionierten Industrieländer plus China an Zertifikaten. Ein Emissionshandel allein löst daher nicht das Grundproblem, des äußerst knappen globalen CO₂-Budgets.

Auf den Verhandlungs- und Umsetzungsstand zu Artikel 6 der Pariser Abkommens bzw. der flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls wird hier nicht eingegangen. Grundsätzlich muss bei einem internationalen Emissionshandel sichergestellt sein, dass es zu keinen Doppelanrechnungen kommt. Das Funktionieren eines **Emissionshandels zwischen Staaten** könnte insbesondere damit sichergestellt werden, wenn zuerst eine Einigung über die verbindliche Aufteilung eines globalen CO₂-Budgets auf Länder möglich wäre und erst dann ein Emissionshandel zwischen Staaten zugelassen würde. Allerdings erscheint eine solche (globale) Einigungsmöglichkeit im Moment als eher unwahrscheinlich. Eine andere Möglichkeit wäre, auf der Basis vorliegender NDCs, die in Summe Paris-kompatibel sind, einen Emissionshandel zuzulassen. Aber auch dies setzt voraus, dass in den NDCs nationale CO₂-Budgets festgelegt wurden, was zurzeit nicht auf der politischen Tagesordnung steht. Sind die nationalen CO₂-Budgets nicht vor einem Emissionshandel festgelegt, ist es sehr schwer, die Integrität eines Emissionshandels sicher zu stellen.

Exkurs 2: Zusammenhang Gewichtung Bevölkerung und Potential zur Generierung von Zertifikaten

Literaturverzeichnis

BMU, 2019. *Hintergrundpapiere zum 10. Petersberger Klimadialog*. [Online]

Available at: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/ambitionsmechanismus_pariser_abkommen_bf.pdf
[Accessed 20 04 2020].

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

EDGAR, 2020. *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 30 09 2020].

Global Carbon Project, 2021. [Online]

Available at: <https://www.globalcarbonproject.org/>

IPCC, 2018a. *Special Report 1.5°C. Chapter 2: Mitigation pathways compatible with 1.5°C in the context of sustainable development*. [Online]

Available at: <https://www.ipcc.ch/sr15>

IPCC, 2018b. *Special Report 1.5°C. Summary for Policymakers*. [Online]

Available at: <https://www.ipcc.ch/sr15>

MCC, 2020. *That's how fast the carbon clock is ticking*. [Online]

Available at: <https://www.mcc-berlin.net/forschung/co2-budget.html>
[Accessed 21 12 2020].

PIK, 2018. *Auf dem Weg in die "Heißzeit"? Planet könnte kritische Schwelle überschreiten*. [Online]

Available at: <https://www.pik-potsdam.de/aktuelles/pressemitteilungen/auf-dem-weg-in-die-heisszeit-planet-koennte-kritische-schwelle-ueberschreiten>
[Accessed 25 06 2019].

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. *Distribution of a Global CO2 Budget - A Comparison of Resource Sharing Models*. [Online]

Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4603032>

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. *Environmental Report 2020 - Chapter 2: Using the CO2 budget to meet the Paris climate targets*. [Online]

Available at: <https://www.umweltrat.de>

UNFCCC, 2021. *NDC Synthesis Report*. [Online]

Available at: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/nationally-determined-contributions-ndcs/ndc-synthesis-report>

van Soest, H. L., den Elzen, M. G. J. & van Vuuren, D. P., 2021. Net-zero emission targets for major emitting countries consistent with the Paris Agreement. *Nat Commun* 12.

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

Wolfsteiner, A. & Wittmann, G., 2021a. *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., 2021b. *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., 2021c. *Tool for the Calculation of Paris-compatible Global Emission Paths with the RM Scenario Types.*

[Online]

Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4584562>

Anhang: Exemplarische Länderbudgets bei unterschiedlichen globalen Rahmendaten

global budget 2018 - 2100 in Gt					global budget 2018 - 2100 in Gt					global budget 2018 - 2100 in Gt				
weighting population					weighting population					weighting population				
50%					680					680				
LUC budget					LUC budget					LUC budget				
0					0					0				
sorted by national budget	national budget	weighted	emissions	scope	sorted by national budget	national budget	weighted	emissions	scope	sorted by national budget	national budget	weighted	emissions	scope
	2020 - 2100	key	2019	years		2020 - 2100	key	2019	years		2020 - 2100	key	2019	years
	Gt		Gt			Gt		Gt			Gt		Gt	
China	120,1	25,0%	11,535	10	China	146,8	25,0%	11,535	13	China	173,2	29,5%	11,535	15
India	59,5	12,4%	2,597	23	India	72,7	12,4%	2,597	28	United States	73,2	12,5%	5,107	14
United States	43,7	9,1%	5,107	9	United States	53,4	9,1%	5,107	10	India	50,9	8,7%	2,597	20
EU27	33,1	6,9%	2,939	11	EU27	40,4	6,9%	2,939	14	EU27	45,1	7,7%	2,939	15
Russia	16,3	3,4%	1,792	9	Russia	19,9	3,4%	1,792	11	Russia	26,0	4,4%	1,792	15
Indonesia	12,5	2,6%	0,626	20	Indonesia	15,3	2,6%	0,626	24	Japan	17,1	2,9%	1,154	15
Japan	11,5	2,4%	1,154	10	Japan	14,1	2,4%	1,154	12	Indonesia	11,6	2,0%	0,626	19
Brazil	9,7	2,0%	0,478	20	Brazil	11,9	2,0%	0,478	25	Germany	10,5	1,8%	0,703	15
Pakistan	8,2	1,7%	0,224	37	Pakistan	10,0	1,7%	0,224	45	Iran	10,5	1,8%	0,702	15
Germany	7,2	1,5%	0,703	10	Germany	8,8	1,5%	0,703	13	South Korea	9,5	1,6%	0,652	14
Iran	7,2	1,5%	0,702	10	Iran	8,8	1,5%	0,702	12	Brazil	8,9	1,5%	0,478	19
Mexico	7,1	1,5%	0,485	15	Mexico	8,7	1,5%	0,485	18	Saudi Arabia	8,8	1,5%	0,615	14
Nigeria	6,9	1,4%	0,100	69	Nigeria	8,4	1,4%	0,100	84	Canada	8,4	1,4%	0,585	14
South Korea	5,9	1,2%	0,652	9	South Korea	7,2	1,2%	0,652	11	Mexico	8,1	1,4%	0,485	17
Bangladesh	5,8	1,2%	0,110	53	Bangladesh	7,1	1,2%	0,110	64	South Africa	7,4	1,3%	0,495	15
Turkey	5,3	1,1%	0,416	13	Turkey	6,5	1,1%	0,416	16	Turkey	6,6	1,1%	0,416	16
Saudi Arabia	5,1	1,1%	0,615	8	Saudi Arabia	6,2	1,1%	0,615	10	Australia	6,2	1,1%	0,433	14
South Africa	5,1	1,1%	0,495	10	South Africa	6,2	1,1%	0,495	13	United Kingdom	5,7	1,0%	0,365	16
Vietnam	5,0	1,0%	0,305	16	Vietnam	6,1	1,0%	0,305	20	Pakistan	5,5	0,9%	0,224	25
Canada	5,0	1,0%	0,585	10	Canada	6,1	1,0%	0,585	10	Vietnam	5,3	0,9%	0,305	17
Egypt	4,8	1,0%	0,255	19	Egypt	5,9	1,0%	0,255	23	Italy, San M. a. t. H. S.	5,2	0,9%	0,332	16
United Kingdom	4,5	0,9%	0,365	12	United Kingdom	5,5	0,9%	0,365	15	France and Monaco	5,0	0,9%	0,315	16
Philippines	4,3	0,9%	0,151	29	Philippines	5,3	0,9%	0,151	35	Poland	4,8	0,8%	0,318	15
France and Monaco	4,1	0,9%	0,315	13	France and Monaco	5,0	0,9%	0,315	16	Egypt	4,6	0,8%	0,255	18
Italy, San M. a. t. H. S.	4,1	0,8%	0,332	12	Italy, San M. a. t. H. S.	5,0	0,8%	0,332	15	Thailand	4,5	0,8%	0,275	16
Thailand	4,0	0,8%	0,275	14	Thailand	4,8	0,8%	0,275	18	Spain and Andorra	4,1	0,7%	0,259	16
Australia	3,6	0,8%	0,433	8	Australia	4,4	0,8%	0,433	10	Taiwan	4,0	0,7%	0,277	15
Ethiopia	3,6	0,8%	0,018	198	Ethiopia	4,4	0,8%	0,018	241	Kazakhstan	4,0	0,7%	0,277	14
Poland	3,3	0,7%	0,318	10	Poland	4,0	0,7%	0,318	13	Malaysia	3,7	0,6%	0,249	15
Spain and Andorra	3,2	0,7%	0,259	12	Spain and Andorra	3,9	0,7%	0,259	15	Nigeria	3,7	0,6%	0,100	36
Dem. Rep. of the Congo	2,7	0,6%	0,003	911	Dem. Rep. of the Congo	3,3	0,6%	0,003	1.114	Bangladesh	3,4	0,6%	0,110	30
Argentina	2,7	0,6%	0,199	14	Argentina	3,3	0,6%	0,199	17	Philippines	3,3	0,6%	0,151	22
Ukraine	2,7	0,6%	0,196	14	Ukraine	3,2	0,6%	0,196	17	Argentina	3,2	0,5%	0,199	16
Malaysia	2,6	0,5%	0,249	11	Malaysia	3,2	0,5%	0,249	13	Ukraine	3,2	0,5%	0,196	16
Taiwan	2,6	0,5%	0,277	9	Taiwan	3,1	0,5%	0,277	11	United Arab Emirates	3,1	0,5%	0,223	14
Algeria	2,5	0,5%	0,181	14	Algeria	3,1	0,5%	0,181	17	Iraq	3,1	0,5%	0,198	16
Iraq	2,5	0,5%	0,198	13	Iraq	3,1	0,5%	0,198	16	Algeria	2,9	0,5%	0,181	16
Kazakhstan	2,4	0,5%	0,277	9	Kazakhstan	2,9	0,5%	0,277	11	Netherlands	2,3	0,4%	0,156	15
Colombia	2,1	0,4%	0,087	25	Colombia	2,6	0,4%	0,087	30	Venezuela	1,8	0,3%	0,110	17
Myanmar/Burma	2,0	0,4%	0,048	41	Myanmar/Burma	2,4	0,4%	0,048	51	Colombia	1,8	0,3%	0,087	20
Tanzania	1,9	0,4%	0,013	142	Tanzania	2,3	0,4%	0,013	173	Uzbekistan	1,7	0,3%	0,095	18
Sudan and South Sudan	1,8	0,4%	0,023	81	Sudan and South Sudan	2,2	0,4%	0,023	99	Czechia	1,6	0,3%	0,106	15
Kenya	1,8	0,4%	0,020	89	Kenya	2,2	0,4%	0,020	109	Belgium	1,6	0,3%	0,104	15
United Arab Emirates	1,8	0,4%	0,223	8	United Arab Emirates	2,2	0,4%	0,223	10	Ethiopia	1,5	0,3%	0,018	84
Uzbekistan	1,6	0,3%	0,095	17	Uzbekistan	2,0	0,3%	0,095	21	Qatar	1,5	0,3%	0,107	14
Morocco	1,6	0,3%	0,074	22	Morocco	2,0	0,3%	0,074	27	Chile	1,4	0,2%	0,090	16
Venezuela	1,6	0,3%	0,110	15	Venezuela	2,0	0,3%	0,110	18	Morocco	1,4	0,2%	0,074	19
Netherlands	1,6	0,3%	0,156	10	Netherlands	1,9	0,3%	0,156	12	Kuwait	1,4	0,2%	0,099	14
Uganda	1,4	0,3%	0,005	264	Uganda	1,7	0,3%	0,005	323	Oman	1,3	0,2%	0,093	14
Peru	1,4	0,3%	0,056	25	Peru	1,7	0,3%	0,056	30	Turkmenistan	1,3	0,2%	0,091	14
Afghanistan	1,3	0,3%	0,011	114	Afghanistan	1,5	0,3%	0,011	140	Romania	1,3	0,2%	0,079	16
Chile	1,2	0,2%	0,090	13	Chile	1,4	0,2%	0,090	16	Myanmar/Burma	1,3	0,2%	0,048	26
Angola	1,2	0,2%	0,026	45	Angola	1,4	0,2%	0,026	55	Peru	1,1	0,2%	0,056	20
Romania	1,1	0,2%	0,079	14	Romania	1,4	0,2%	0,079	17	Austria	1,1	0,2%	0,072	15
North Korea	1,1	0,2%	0,042	25	North Korea	1,3	0,2%	0,042	31	Israel and Palestine, S. of	1,1	0,2%	0,068	16
Ghana	1,1	0,2%	0,017	63	Ghana	1,3	0,2%	0,017	77	Serbia and Montenegro	1,1	0,2%	0,071	15
Belgium	1,0	0,2%	0,104	10	Belgium	1,3	0,2%	0,104	12	Dem. Rep. of the Congo	1,0	0,2%	0,003	345
Czechia	1,0	0,2%	0,106	10	Czechia	1,3	0,2%	0,106	12	Greece	1,0	0,2%	0,066	15
Mozambique	1,0	0,2%	0,009	109	Mozambique	1,2	0,2%	0,009	133	Belarus	1,0	0,2%	0,066	15
Nepal	1,0	0,2%	0,015	66	Nepal	1,2	0,2%	0,015	80	Sudan and South Sudan	0,9	0,2%	0,023	41
sum without EU	439		34		sum without EU	536		34		sum without EU	551		35	

Tab. 17: Länderbudgets bei unterschiedlichen globalen Rahmendaten¹⁷¹⁷ 59 Länder plus EU mit den höchsten sich jeweils ergebenden Budgets.