

# Paris-kompatible Emissionsziele für die sechs größten Emittenten

---

Prof. Manfred Sargl  
 M.Sc. M.A. Dr. Daniel Wiegand  
 Diplom-Mathematiker Günter Wittmann  
 Diplom-Volkswirt Andreas Wolfsteiner

[www.save-the-climate.info](http://www.save-the-climate.info) • [save-the-climate@online.ms](mailto:save-the-climate@online.ms) • DOI [10.5281/zenodo.4881058](https://doi.org/10.5281/zenodo.4881058)

## Inhalt

Abstract .....	2
Globale CO2-Budgets .....	2
Aktuelle Emissionsziele der sechs größten Emittenten .....	3
Hier verwendete Grundlagen zur Berechnung nationaler Emissionsziele.....	3
Exemplarische nationale Emissionsziele für die sechs größten Emittenten .....	6
Schlussfolgerungen.....	13
Tools und weitere exemplarische Ergebnisse.....	14
Literaturverzeichnis.....	15
Anhang: Exemplarische Länderbudgets bis 1 Gt bei unterschiedlichen Rahmendaten .....	16

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Verbleibende globale CO2-Budgets ab 2018 .....	2
Tab. 2: Aktuelle Emissionsziele der sechs größten Emittenten .....	3
Tab. 3: Berechnungsschema des hier zu verteilenden globalen Budgets.....	6
Tab. 4: Ausgangsdaten der sechs größten Emittenten plus Nigeria .....	6
Tab. 5: Referenzwerte - B420 / LUC0 / P100 / NNE0 .....	7
Tab. 6: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P100 / NNE0 .....	7
Tab. 7: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P50 / NNE0 .....	8
Tab. 8: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P15 / NNE0 .....	8
Tab. 9: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P15 / NNE0 - individuelle Basisjahre .....	9
Tab. 10: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P0 / NNE0 .....	9
Tab. 11: Referenzwerte - B680 / LUC0 / P50 / NNE0 .....	10
Tab. 12: Referenzwerte - B680 / LUC0 / P15 / NNE0 .....	10
Tab. 13: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P50 / NNE2 .....	11
Tab. 14: Referenzwerte - B570 / LUC0 / P15 / NNE2 .....	12
Tab. 15: Referenzwerte - B420 / LUC100 / P50 / NNE2 .....	12
Tab. 16: Referenzwerte - B420 / LUC100 / P15 / NNE2 .....	13
Tab. 17: Länderbudgets - globales Budget 570 Gt / LUC 0 / Gewichtung Bevölkerung 50% .....	16
Tab. 18: Länderbudgets - globales Budget 680 Gt / LUC 0 / Gewichtung Bevölkerung 50% .....	17
Tab. 19: Länderbudgets - globales Budget 680 Gt / LUC 0 / Gewichtung Bevölkerung 15% .....	18

## Abstract

Was sind realistische Emissionsziele für die sechs größten Emittenten, die in Summe Paris-kompatibel sind? Zur Untersuchung dieser Frage werden zentrale Rahmendaten zum verfügbaren Budget und dessen Aufteilungsmechanismus variiert und Top-down nationale Emissionsziele berechnet. Der Pariser Ambitionsmechanismus<sup>1</sup> 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.

## Globale CO<sub>2</sub>-Budgets

CO<sub>2</sub> reichert in sich der Atmosphäre an. Daher ist die Summe an CO<sub>2</sub>-Emissionen entscheidend für die Einhaltung bestimmter Grenzen der Erderwärmung. Zu den verbleibenden globalen CO<sub>2</sub>-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 <sub>2</sub> scenario variation	Non-CO <sub>2</sub> forcing and response uncertainty	TCRE distribution uncertainty	Historical temperature uncertainty	Recent emissions uncertainty
Probabilities:	50%	67%						
[°C]	[GtCO <sub>2</sub> from 2018 on]		[GtCO <sub>2</sub> ]	[GtCO <sub>2</sub> ]	[GtCO <sub>2</sub> ]	[GtCO <sub>2</sub> ]	[GtCO <sub>2</sub> ]	
~ 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 CO<sub>2</sub>-Budgets ab 2018<sup>2</sup>

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 CO<sub>2</sub> 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  $42 \pm 3$  GtCO<sub>2</sub> per year (high confidence). (...) Using global mean surface air temperature (...) gives an estimate of the remaining carbon budget [from 2018] of 580 GtCO<sub>2</sub> for a 50% probability of limiting warming to 1.5°C, and 420 GtCO<sub>2</sub> 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).<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Zur Beschreibung des Ambitionsmechanismus siehe (BMU, 2019). Eigentlich hätten die Vertragsstaaten in 2020 ihre nachgebeserten 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 Synthesebericht 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 über die Fortschritte zur Erreichung der Pariser Klimaziele vor.

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> Hervorhebungen und [from 2018] nicht im Original.

Die Notwendigkeit der Bewertung gesellschaftlicher 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 CO<sub>2</sub>-Budget sich national festgelegte Beiträge (NDCs) orientieren.

Wenn die Vertragsstaaten bei ihren NDCs ein dahinterstehendes globales CO<sub>2</sub>-Budget und dessen Aufteilung transparent machen, könnte dies einen Diskurs in Gang setzen, der schließlich zu konvergierenden globalen Orientierungsgrößen führt.

### Aktuelle Emissionsziele der sechs größten Emittenten

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 CO<sub>2</sub>-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 <sub>2</sub> -Emissionen vor 2030	-	CO <sub>2</sub> -Neutralität vor 2060

Tab. 2: Aktuelle Emissionsziele der sechs größten Emittenten<sup>4</sup>

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.

### 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.<sup>5</sup> Bei den folgenden exemplarischen nationalen Emissionszielen wird ein gewichteter Schlüssel verwendet, in den der Anteil eines Landes an

<sup>4</sup> Quellen: Climate Action Tracker (<https://climateactiontracker.org>) und aktuelle Berichterstattung.

<sup>5</sup> 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).

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).<sup>6</sup> In unseren Excel-Tools können aber auch anders ermittelte nationale Budgets zu Grunde gelegt werden.

## (2) Ableitung nationaler Emissionspfade

Es werden plausible Emissionspfade abgeleitet, die das Budget einhalten. Mit den Regensburger Modell Szenariotypen bieten wir die gesamte Bandbreite plausibler Möglichkeiten an. Aus Vereinfachungsgründen wird folgend ein linearer Verlauf der **Emissionspfade** (RM-6) unterstellt.

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 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 verschärft auch für die Szenariotypen RM-2/4 gelten.

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

<sup>6</sup> 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.

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 grundrechtlich geschützter 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 Treibhausgasreduzierungslast 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 Enthaltensamkeit 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 oder auch RM-3 an (die Grafiken in unserer Webanwendung dürfte dies verdeutlichen: <http://eu.climate-calculator.info>).

Für die folgenden Vergleiche von Emissionszielen für die sechs größten Emittenten wird aus Vereinfachungsgründen trotzdem auf lineare Emissionspfade 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*

Die EU-Datenbank EDGAR stellt für alle Länder der Welt die CO<sub>2</sub>-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. 3).

Die von diesem globalen CO<sub>2</sub>-Budget abgeleiteten Länderbudgets umfassen damit CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Nutzung fossiler Brennstoffe (außer ISA) und durch die Zementherstellung. Da sich die in Tab. 2 aufgeführten aktuellen Emissionsziele der sechs größten Emittenten in der Regel auf 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.<sup>7</sup>

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 jährliche netto negative LUC-Emissionen kompensiert werden.

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

Für ISA wird ein Budget von 3% des globalen Budgets reserviert, was ungefährer dem derzeitigen Anteil an den globalen CO<sub>2</sub>-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.

	Gt	Gt	Gt
LUC budget 2018 – 2100	-100	0	100
<b>global CO<sub>2</sub> budget 2018 - 2100</b>	<b>680</b>	<b>680</b>	<b>680</b>
- LUC budget 2018 - 2100	-100	0	100
- ISA budget 2018 - 2100	20	20	20
- global CO <sub>2</sub> emissions 2018 - 2019 excluding LUC/ISA	73	73	73
= global CO <sub>2</sub> budget 2020 - 2100 to be distributed	687	587	487

Tab. 3: Berechnungsschema des hier zu verteilenden globalen Budgets

### Exemplarische nationale Emissionsziele für die sechs größten Emittenten

Tab. 4 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. 4: Ausgangsdaten der sechs größten Emittenten plus Nigeria<sup>8</sup>

Für die exemplarischen nationalen Emissionsziele werden folgende globalen Rahmendaten variiert:

- (1) Globales CO<sub>2</sub>-Budget 2020 – 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

<sup>8</sup> Es handelt sich um die CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgrund der Nutzung fossiler Brennstoffe (außer internationale Schiff- und Luftfahrt; ISA) und der Zementherstellung.

Als Ausgangswert für das verbleibende globale CO<sub>2</sub>-Budget ab 2018 werden 420 Gt verwendet. Aufgrund der historischen Verantwortung der „alten“ Industrieländer für die bisherigen Emissionen spricht Vieles dafür, das verbleibende globale CO<sub>2</sub>-Budget auf die Länder gemäß ihrer Einwohnerzahl aufzuteilen (Gewichtung Bevölkerung 100%).<sup>9</sup> Dies würde zu folgenden Emissionszielen für 2030 und 2050 führen:

global CO <sub>2</sub> 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 / NNE0<sup>10</sup>

Wird hingegen von einem globalen CO<sub>2</sub>-Budget von 570 Gt ausgegangen, ergeben sich diese Ergebnisse:

global CO <sub>2</sub> 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

<sup>9</sup> Die korrespondierenden globalen Pro-Kopf-Emissionen betragen 2019 4,8 t (cf. EDGAR, 2020).

<sup>10</sup> 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 im Basisjahr 2019 angewendet. Ein temporärer Overshoot ergibt sich, wenn der Minimumwert bis 2100 negativ ist. Das Budget für den Zeitraum 2020 – 2100 ergibt sich durch die Anwendung des gewichteten Verteilungsschlüssels auf das hier zu verteilende globale Budget (siehe Berechnungslogik Tab. 3). Die Reichweite in Jahren ergibt sich durch die Division des nationalen Budgets durch die Emissionen des Landes in 2019 (siehe Tab. 4). Der Reduktionsatz in 2020 ergibt sich bei diesem Szenariotyp (RM-6) endogen. Bei anderen Szenariotypen (RM 2 – 5) ist der Startveränderungssatz ein Eingabewert (cf. Wolfsteiner & Wittmann, 2021a).

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)								
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	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 / NNE0<sup>11</sup>

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:

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)								
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%	-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 Referenzjahre (siehe Tab. 2):

<sup>11</sup> Tab. 17 im Anhang zeigt beispielhaft die aus diesen Rahmendaten resultierenden Länderbudgets für Länder bis zu einer Gt.

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

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 im Basisjahr 2019.<sup>12</sup>

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:

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:

<sup>12</sup> 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					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

Exkurs:

#### Zusammenhang Gewichtung Bevölkerung und Potential zur Generierung von Zertifikaten

Die sich bei Rahmendaten in Tab. 11 und Tab. 12 ergebenden Länderbudgets (siehe Tab. 18 und Tab. 19 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.<sup>13</sup> 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.

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

<sup>13</sup> 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

Ein **Mengen-Overshoot** bedeutet im ESPM ein zeitweises Überschreiten eines vorher festgelegten CO<sub>2</sub>-Budgets. Diese überschießende Menge wird durch Netto-Negativ-Emissionen bis 2100 ausgeglichen.<sup>14</sup> Das Potential an Netto-Negativ-Emissionen wird folgend ausgedrückt durch einen Prozentsatz, der auf die Emissionen des Landes in 2019 angewendet wird.<sup>15</sup> Das Ergebnis stellt das Minimum der Emissionen bis 2100 dar. Je nach vorgegebenem Potential für Netto-Negativ-Emissionen kann der Mengen-Overshoot (Spalte „temporary overshoot“ in den Referenzwertetabellen) höher oder geringer ausfallen.

Dabei sind zwei Aspekte zu beachten:

- (1) Derzeit ist das Potential von Negativ-Emissionen technisch, wirtschaftlich und in Bezug auf deren Dauerhaftigkeit 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 Kippunkten im Klimasystem (cf. PIK, 2018) führen.

Wird ein Potential für Netto-Negativ-Emissionen von -2% zu Grunde gelegt, ergeben sich folgende Ergebnisse bei einem globalen CO<sub>2</sub>-Budget von 570 Gt:<sup>16</sup>

global CO <sub>2</sub> 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)										
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	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:

wurden, was zurzeit nicht auf der politischen Tagesordnung steht. Sind die nationalen CO<sub>2</sub>-Budgets nicht vor einem Emissionshandel festgelegt, ist es sehr schwer, die Integrität eines Emissionshandels sicher zu stellen.

<sup>14</sup> Um Klimaneutralität erreichen zu können, müssen z. B. nicht vermeidbare Methan- und Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft durch negative CO<sub>2</sub>-Emissionen kompensiert werden. Diese müssen zusätzlich zu den hier unterstellten netto negativen CO<sub>2</sub>-Emissionen erbracht werden.

<sup>15</sup> Dies bedeutet, dass Länder mit hohen heutigen Emissionen auch hohe Netto-Negativ-Emissionen realisieren bzw. finanzieren müssen. Da hier auf globaler Ebene ein Budget für LUC vorgesehen ist, beziehen sich hier auf Länderebene negative Emissionen auf die Nicht-LUC-Bereiche.

<sup>16</sup> 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).

global CO2 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 Mengen-Overshoot würde ungefähr den derzeitigen jährlichen Emissionen der großen Emittenten entsprechen.

Das Einrechnen eines **negativen LUC-Budgets**, würde das hier zu verteilende globale CO2-Budget erhöhen (siehe Berechnungslogik in Tab. 3). Allerdings ist fraglich, wer dann dafür zu sorgen hat, dass dieses negative LUC-Budget tatsächlich auch realisiert wird. Außerdem gibt es große Zweifel zur Dauerhaftigkeit von negativen LUC-Emissionen.<sup>17</sup> 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)					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	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:

<sup>17</sup> So kann z. B. ein aufgeforsteter Wald auch durch den Klimawandel wieder vernichtet werden.

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

## Schlussfolgerungen

Es konnten und sollten hier nur exemplarische Emissionsziele für die sechs größten Emittenten gezeigt werden, da wichtige Rahmendaten politisch noch eingehend 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 neuerer 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. 4) 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 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 transparent, 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 Veränderungsraten betrifft. Der Verlauf der Veränderungsraten wird im ESPM über die Wahl eines Szenariotyps vorgegeben, wobei die gesamte Bandbreite plausibler Möglichkeiten angeboten wird (siehe Exkurs 1).

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

## 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](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](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 bis 1 Gt bei unterschiedlichen Rahmendaten**

sorted by 'budget' - in Mill. t	budget 2020 - 2100	weighted key	emissions 2019	scope years
China	120,104	25.0%	11,535	10.4
India	59,506	12.4%	2,597	22.9
United States	43,665	9.1%	5,107	8.5
EU28	37,569	7.8%	3,304	11.4
EU27	33,080	6.9%	2,939	11.3
Russia	16,267	3.4%	1,792	9.1
Indonesia	12,514	2.6%	626	20.0
Japan	11,498	2.4%	1,154	10.0
Brazil	9,695	2.0%	478	20.3
Pakistan	8,201	1.7%	224	36.7
Germany	7,197	1.5%	703	10.2
Iran	7,174	1.5%	702	10.2
Mexico	7,143	1.5%	485	14.7
Nigeria	6,907	1.4%	100	68.9
South Korea	5,860	1.2%	652	9.0
Bangladesh	5,793	1.2%	110	52.6
Turkey	5,317	1.1%	416	12.8
Saudi Arabia	5,089	1.1%	615	8.3
South Africa	5,061	1.1%	495	10.2
Vietnam	4,999	1.0%	305	16.4
Canada	4,992	1.0%	585	8.5
Egypt	4,794	1.0%	255	18.8
United Kingdom	4,489	0.9%	365	12.3
Philippines	4,349	0.9%	151	28.9
France and Monaco	4,087	0.9%	315	13.0
Italy, San Marino and the Holy See	4,055	0.8%	332	12.2
Thailand	3,966	0.8%	275	14.4
Australia	3,621	0.8%	433	8.4
Ethiopia	3,606	0.8%	18	197.6
Poland	3,258	0.7%	318	10.3
Spain and Andorra	3,154	0.7%	259	12.2
Democratic Republic of the Congo	2,719	0.6%	3	911.3
Argentina	2,698	0.6%	199	13.5
Ukraine	2,654	0.6%	196	13.5
Malaysia	2,623	0.5%	249	10.5
Taiwan	2,551	0.5%	277	9.2
Algeria	2,521	0.5%	181	14.0
Iraq	2,516	0.5%	198	12.7
Kazakhstan	2,393	0.5%	277	8.6
Colombia	2,132	0.4%	87	24.6
Myanmar/Burma	1,997	0.4%	48	41.3
Tanzania	1,892	0.4%	13	141.8
Sudan and South Sudan	1,824	0.4%	23	80.8
Kenya	1,765	0.4%	20	89.1
United Arab Emirates	1,761	0.4%	223	7.9
Uzbekistan	1,648	0.3%	95	17.3
Morocco	1,618	0.3%	74	21.9
Venezuela	1,607	0.3%	110	14.6
Netherlands	1,556	0.3%	156	9.9
Uganda	1,412	0.3%	5	264.5
Peru	1,380	0.3%	56	24.5
Afghanistan	1,255	0.3%	11	114.1
Chile	1,178	0.2%	90	13.1
Angola	1,159	0.2%	26	44.9
Romania	1,117	0.2%	79	14.2
North Korea	1,074	0.2%	42	25.5
Ghana	1,056	0.2%	17	62.7
Belgium	1,042	0.2%	104	10.0
Czechia	1,024	0.2%	106	9.7
Mozambique	1,005	0.2%	9	108.6

Tab. 17: Länderbudgets - globales Budget 570 Gt / LUC 0 / Gewichtung Bevölkerung 50%

sorted by 'budget' - in Mill. t	budget 2020 - 2100	weighted key	emissions 2019	scope years
China	146,808	25.0%	11,535	12.7
India	72,737	12.4%	2,597	28.0
United States	53,374	9.1%	5,107	10.5
EU28	45,922	7.8%	3,304	13.9
EU27	40,435	6.9%	2,939	13.8
Russia	19,884	3.4%	1,792	11.1
Indonesia	15,296	2.6%	626	24.4
Japan	14,054	2.4%	1,154	12.2
Brazil	11,850	2.0%	478	24.8
Pakistan	10,024	1.7%	224	44.8
Germany	8,797	1.5%	703	12.5
Iran	8,769	1.5%	702	12.5
Mexico	8,731	1.5%	485	18.0
Nigeria	8,443	1.4%	100	84.2
South Korea	7,163	1.2%	652	11.0
Bangladesh	7,081	1.2%	110	64.3
Turkey	6,499	1.1%	416	15.6
Saudi Arabia	6,220	1.1%	615	10.1
South Africa	6,186	1.1%	495	12.5
Vietnam	6,110	1.0%	305	20.0
Canada	6,102	1.0%	585	10.4
Egypt	5,860	1.0%	255	22.9
United Kingdom	5,487	0.9%	365	15.0
Philippines	5,316	0.9%	151	35.3
France and Monaco	4,996	0.9%	315	15.9
Italy, San Marino and the Holy See	4,956	0.8%	332	14.9
Thailand	4,848	0.8%	275	17.6
Australia	4,426	0.8%	433	10.2
Ethiopia	4,408	0.8%	18	241.5
Poland	3,982	0.7%	318	12.5
Spain and Andorra	3,855	0.7%	259	14.9
Democratic Republic of the Congo	3,324	0.6%	3	1,113.9
Argentina	3,298	0.6%	199	16.5
Ukraine	3,244	0.6%	196	16.5
Malaysia	3,206	0.5%	249	12.9
Taiwan	3,118	0.5%	277	11.3
Algeria	3,082	0.5%	181	17.1
Iraq	3,076	0.5%	198	15.6
Kazakhstan	2,925	0.5%	277	10.5
Colombia	2,607	0.4%	87	30.1
Myanmar/Burma	2,442	0.4%	48	50.5
Tanzania	2,312	0.4%	13	173.3
Sudan and South Sudan	2,229	0.4%	23	98.8
Kenya	2,158	0.4%	20	108.9
United Arab Emirates	2,153	0.4%	223	9.7
Uzbekistan	2,014	0.3%	95	21.2
Morocco	1,978	0.3%	74	26.8
Venezuela	1,965	0.3%	110	17.9
Netherlands	1,902	0.3%	156	12.2
Uganda	1,726	0.3%	5	323.3
Peru	1,687	0.3%	56	30.0
Afghanistan	1,534	0.3%	11	139.5
Chile	1,440	0.2%	90	16.0
Angola	1,417	0.2%	26	54.9
Romania	1,365	0.2%	79	17.4
North Korea	1,313	0.2%	42	31.1
Ghana	1,291	0.2%	17	76.7
Belgium	1,274	0.2%	104	12.2
Czechia	1,252	0.2%	106	11.8
Mozambique	1,229	0.2%	9	132.7
Nepal	1,208	0.2%	15	80.4
Yemen	1,196	0.2%	11	109.8
Côte d'Ivoire	1,086	0.2%	14	80.1
Cameroon	1,065	0.2%	10	105.4
Israel and Palestine, State of	1,060	0.2%	68	15.5
Madagascar	1,059	0.2%	4	252.2
Sri Lanka	1,031	0.2%	28	37.4

Tab. 18: Länderbudgets - globales Budget 680 Gt / LUC 0 / Gewichtung Bevölkerung 50%

sorted by 'budget' - in Mill. t	budget 2020 - 2100	weighted key	emissions 2019	scope years
China	173,248	29.5%	11,535	15.0
United States	73,218	12.5%	5,107	14.3
India	50,914	8.7%	2,597	19.6
EU28	50,784	8.7%	3,304	15.4
EU27	45,051	7.7%	2,939	15.3
Russia	26,037	4.4%	1,792	14.5
Japan	17,139	2.9%	1,154	14.9
Indonesia	11,597	2.0%	626	18.5
Germany	10,509	1.8%	703	15.0
Iran	10,494	1.8%	702	14.9
South Korea	9,451	1.6%	652	14.5
Brazil	8,911	1.5%	478	18.6
Saudi Arabia	8,750	1.5%	615	14.2
Canada	8,381	1.4%	585	14.3
Mexico	8,052	1.4%	485	16.6
South Africa	7,399	1.3%	495	15.0
Turkey	6,607	1.1%	416	15.9
Australia	6,182	1.1%	433	14.3
United Kingdom	5,733	1.0%	365	15.7
Pakistan	5,512	0.9%	224	24.6
Vietnam	5,252	0.9%	305	17.2
Italy, San Marino and the Holy See	5,201	0.9%	332	15.7
France and Monaco	5,024	0.9%	315	16.0
Poland	4,753	0.8%	318	15.0
Egypt	4,618	0.8%	255	18.1
Thailand	4,535	0.8%	275	16.5
Spain and Andorra	4,061	0.7%	259	15.7
Taiwan	4,036	0.7%	277	14.6
Kazakhstan	3,984	0.7%	277	14.4
Malaysia	3,749	0.6%	249	15.1
Nigeria	3,656	0.6%	100	36.5
Bangladesh	3,358	0.6%	110	30.5
Philippines	3,282	0.6%	151	21.8
Argentina	3,223	0.5%	199	16.2
Ukraine	3,173	0.5%	196	16.2
United Arab Emirates	3,139	0.5%	223	14.1
Iraq	3,136	0.5%	198	15.9
Algeria	2,947	0.5%	181	16.3
Netherlands	2,322	0.4%	156	14.8
Venezuela	1,822	0.3%	110	16.6
Colombia	1,751	0.3%	87	20.2
Uzbekistan	1,668	0.3%	95	17.6
Czechia	1,559	0.3%	106	14.8
Belgium	1,552	0.3%	104	14.9
Ethiopia	1,527	0.3%	18	83.6
Qatar	1,481	0.3%	107	13.9
Chile	1,439	0.2%	90	16.0
Morocco	1,421	0.2%	74	19.2
Kuwait	1,394	0.2%	99	14.1
Oman	1,319	0.2%	93	14.2
Turkmenistan	1,299	0.2%	91	14.3
Romania	1,290	0.2%	79	16.4
Myanmar/Burma	1,274	0.2%	48	26.4
Peru	1,136	0.2%	56	20.2
Austria	1,086	0.2%	72	15.0
Israel and Palestine, State of	1,083	0.2%	68	15.9
Serbia and Montenegro	1,069	0.2%	71	15.1
Democratic Republic of the Congo	1,031	0.2%	3	345.4
Greece	1,011	0.2%	66	15.4
Belarus	1,010	0.2%	66	15.2

Tab. 19: Länderbudgets - globales Budget 680 Gt / LUC 0 / Gewichtung Bevölkerung 15%