

# CO<sub>2</sub>-Emissionen und Erderwärmung

## Wissenstext

### Erhöhung der globalen Oberflächentemperatur

Der menschengemachte Klimawandel beruht auf der Tatsache, dass durch menschliche Aktivitäten in die Atmosphäre entlassene Gase (sogenannte Treibhausgase) den Strahlungsantrieb erhöhen. Damit ist gemeint, dass diese Gase für die von der Sonne eingestrahlte Strahlung durchlässiger sind als die von der Erde emittierte elektromagnetische Strahlung. Als Folge davon wird ein Teil der Strahlung aufgehalten und zur Erde zurückgeschickt.

Wie sich dieser erhöhte Strahlungsantrieb in erhöhte Oberflächentemperaturen übersetzt, hängt von vielen verschiedenen Wechselwirkungen ab, die auf unterschiedlichen Zeitskalen operieren. Aufgrund der Komplexität dieser Wechselwirkungen und ihrer zumindest teilweisen gegenseitigen Beeinflussung besteht nach wie vor grosse physikalische Unsicherheit, wie sich Erhöhungen von Treibhausgaskonzentrationen in Veränderungen der durchschnittlichen globalen Oberflächentemperatur übersetzen. Trotzdem gibt es einen relativ einfachen Zusammenhang zwischen dieser Temperaturzunahme und den *zeitlich und global aggregierten* CO<sub>2</sub>-Emissionen, den sogenannten Kohlenstoffbudget-Ansatz.

Was versteht man unter dem Kohlenstoffbudget-Ansatz (engl. carbon budget approach)? Wie viel CO<sub>2</sub> dürfen wir weltweit noch ausstossen, um das 1,5-°C- bzw. 2-°C-Ziel zu erreichen? Und was impliziert die Notwendigkeit globaler Netto-Null-Emissionen für die Weltgemeinschaft und konkret für die Schweiz?

### Kohlenstoffbudget-Ansatz

Die Erhöhung der durchschnittlichen globalen Oberflächentemperatur ist in guter Näherung linear zur Menge der über die Zeit aggregierten Emissionen von CO<sub>2</sub> (dem mit Abstand wichtigsten Treibhausgas des menschengemachten Klimawandels). Dies kommt daher, dass die Temperaturerhöhung einer zu einem bestimmten Zeitpunkt ausgestossenen CO<sub>2</sub>-Nettoemission durch eine Stufenfunktion beschrieben wird.

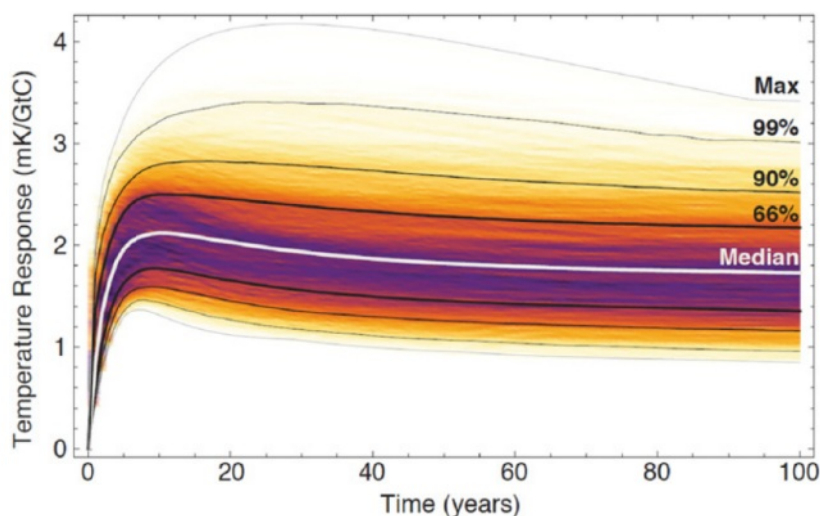


Abbildung 1: Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur durch eine Erhöhung der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration von 1GtC über die Zeit. Quelle: Ricke & Caldera 2014.

Das heisst, die in die Atmosphäre entlassenen CO<sub>2</sub>-Emissionen führen fast unmittelbar zu einer entsprechenden Temperaturerhöhung und diese bleibt auf einer Zeitskala von Jahrhunderten sehr konstant. Im Mittel beträgt diese Temperaturerhöhung 2 Tausendstel Grad pro GtC<sup>[1]</sup>. Allerdings sieht man in Abbildung 1 auch, dass es nach wie vor eine gewisse Unsicherheit über das Ausmass der entsprechenden Temperaturerhöhung gibt.

Diese Erkenntnis ist die Grundlage des sogenannten Kohlenstoffbudget-Ansatzes. Um die globale Erderwärmung auf einen bestimmten Wert zu beschränken, dürfen die seit 1870 in die Erdatmosphäre entlassenen globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen einen bestimmten Wert nicht überschreiten. Zieht man von diesem Wert die bereits emittierten CO<sub>2</sub>-Emissionen ab, erhält man das sogenannte Kohlenstoffbudget. Also die Menge an CO<sub>2</sub>, die man bis zur Erreichung von globalen Netto-Null-Emissionen noch in die Atmosphäre entlassen darf. Im Mittel ist pro 500 Gigatonnen emittiertem Kohlenstoff eine Temperaturerhöhung von circa 1 °C gegenüber 1870 zu erwarten. Von 1870 bis Ende 2017 wurden rund 550–600 GtC global emittiert, was sehr gut mit der derzeit beobachteten Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur von circa 1,1 °C übereinstimmt.

### Verbleibendes Kohlenstoffbudget für das 1,5-°C- bzw. 2-°C-Ziel

Das seit Anfang 2018 verbleibende weltweite Kohlenstoffbudget liegt für eine Eindämmung der Erwärmung unter 2 °C bei circa 410 GtC bzw. für das 1,5-°C-Ziel bei 160 GtC (IPCC 2018). Tatsächlich können die entsprechenden Budgets mit Eintrittswahrscheinlichkeiten in Zusammenhang gebracht werden (siehe Tabelle 1).

	Eintrittswahrscheinlichkeit		
	33%	50%	67%
1,5-°C-Ziel	230 GtC	160 GtC	115 GtC
2,0-°C-Ziel	555 GtC	410 GtC	320 GtC

Tabelle 1: Verbleibende Kohlenstoffbudgets für entsprechende Eintrittswahrscheinlichkeiten des 1,5-°C- und des 2-°C-Ziels ab Anfang 2018. Quelle IPCC (2018)

Tabelle 1 ist wie folgt zu lesen: Ab Anfang 2018 verbleibt ein Kohlenstoffbudget von 160 GtC, um mit 50%iger Wahrscheinlichkeit die Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur auf maximal 1,5 °C zu beschränken. Um das 1,5-°C-Ziel sogar mit einer Wahrscheinlichkeit von 67% zu erreichen, verringert sich das Kohlenstoffbudget auf 115 GtC. Derzeit werden pro Jahr weltweit ungefähr 10 GtC emittiert. Das heisst, von den Werten aus Tabelle 1 sind circa 30 GtC abzuziehen, um das verbleibende Kohlenstoffbudget ab Anfang 2021 zu erhalten.

### Allgemeine klimapolitische Implikationen

Der Kohlenstoffbudget-Ansatz zeigt sehr eindrücklich die Dringlichkeit der Eindämmung des globalen Klimawandels. Bei derzeitigen Emissionsraten wird das Kohlenstoffbudget im Mittel in weniger als 15 Jahren für das 1,5-°C-Ziel und in weniger als 40 Jahren für das 2-°C-Ziel aufgebraucht sein. Darüber hinaus zeigt der Ansatz auch die *mittelfristige Unausweichlichkeit* der Reduktion der Nettoemissionen auf global null. Die Oberflächentemperatur der Erde wird, unabhängig vom zu erreichenden Temperaturziel, weiter steigen, solange Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Atmosphäre entlassen werden. Die zu erwartende Temperaturerhöhung und damit auch die Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels hängen in erster Linie davon ab, bis wann globale Netto-Null-Emissionen erreicht worden sind und wie viel CO<sub>2</sub> bis dahin in die Atmosphäre emittiert worden ist. Daher ist die einzige klimapolitisch relevante Frage, *nicht ob*, sondern *bis wann* weltweit Netto-Null-Emissionen erreicht werden.

Einige Länder haben sich verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen bis 2050 (unter anderem die EU, die USA, Kanada und die Schweiz) bzw. bis 2060 (China) auf Netto-Null abzusenken. Nähme man global eine lineare Absenkung der derzeitigen globalen Emissionen von ca. 10 GtC pro Jahr auf Netto-Null bis zum Jahr 2050 bzw. 2060 an, würden über diesen verbleibenden Zeithorizont von 30 bzw. 40 Jahren insgesamt ca. 150–200 GtC in die Atmosphäre entlassen (siehe Abbildung 2).

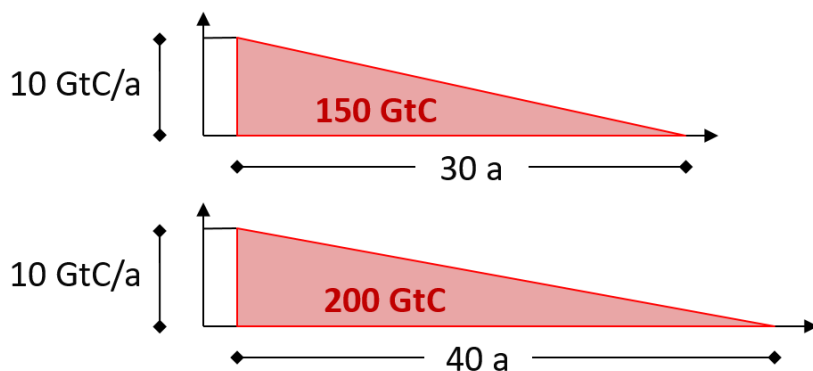


Abbildung 2: Globale über die Zeit kumulierte CO<sub>2</sub>-Emissionen für eine Absenkung der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Netto-Null über einen Zeitraum von 30 Jahren (oben) bzw. 40 Jahren (unten) unter der Annahme eines linearen Emissionsrückgangs.

Gemäss Tabelle 1 würde das wohl nicht reichen, um das 1,5-°C-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% oder mehr zu erreichen, allerdings würde man damit die globale Erderwärmung mit sehr grosser Sicherheit bei weniger als 2 °C eindämmen.

## Klimapolitische Implikationen für die Schweiz

Die Notwendigkeit mittel- bis langfristiger globaler Netto-Null-Emissionen impliziert nicht zwingend Netto-Null-Emissionen jedes einzelnen Landes. Vorausgesetzt, es gibt einige Länder, die derart grosse CO<sub>2</sub>-Senkenkapazitäten besitzen, dass sie diese nicht selbst ausschöpfen. Dies scheint aber zumindest langfristig unrealistisch, da die Aufnahme und die Speicherung von CO<sub>2</sub> insbesondere über die Ausweitung von Ökosystemen geschehen (z. B. durch Aufforstung). Die Ausweitung und damit die Speicherkapazität von Ökosystemen sind jedoch langfristig begrenzt. Global ist derzeit eher der umgekehrte Trend zu beobachten: In terrestrischen Ökosystemen gebundenes CO<sub>2</sub> wird durch die Zerstörung dieser Systeme in die Atmosphäre entlassen.

Von daher sollte sich auch die Schweiz darauf einstellen, dass ein langfristiges Netto-Null-Emissionsziel im eigenen Land realisiert werden muss. Insbesondere heisst dies, dass die Verlagerung von Treibhausgas-Emissionsreduktionen ins Ausland nur kurzfristig eine sinnvolle klimapolitische Strategie für die Schweiz sein kann. Daher ist auch für die Schweiz ein mittel- bis langfristiges Netto-Null-Emissionsziel alternativlos, um die Erderwärmung durch den menschengemachten Klimawandel zu stoppen.

### Fussnoten:

---

<sup>[1]</sup> GtC steht für «gigaton of carbon», also 1 Milliarde Tonnen Kohlenstoff. Das entspricht 3,67 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub>.