

Klimawirkung und CO₂-Äquivalent-Emissionen von kurzlebigen Substanzen



IMPRESSUM

HERAUSGEBERIN UND KONTAKT

Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT)
ProClim – Forum für Klima und globalen Wandel
Haus der Akademien • Laupenstrasse 7 • Postfach • 3001 Bern • Schweiz
+41 31 306 93 50 • proclim@scnat.ch • proclim.scnat.ch [@scnatCH](https://twitter.com/scnatCH)

ZITIERVORSCHLAG

Neu U (2022) Klimawirkung und CO₂-Äquivalent-Emissionen von kurzlebigen Substanzen.
Swiss Academies Communications 17 (5).

AUTOR UND REDAKTION

Urs Neu, ProClim – Forum für Klima und globalen Wandel der SCNAT

BEITRAGENDE

Fortunat Joos, Universität Bern • Cyril Brunner, ETH Zürich • Marcel Bühler, HAFL/BFH •
Erich Fischer, ETH Zürich • Thomas Kupper HAFL/BFH • Ivo Wallimann-Helmer, Universität Fribourg •
Axel Michaelowa, Universität Zürich • Adrian Müller, FiBL • Christian Schader, FiBL • Philippe Thalmann, EPFL

LEKTORAT

Martin Läubli • Andres Jordi, SCNAT

LAYOUT

Olivia Zwygart

TITELFOTO

[photoprojektrm/stock.adobe.com](https://www.photoprojektrm.com/stock.adobe.com)

Dieser Bericht wurde mit der finanziellen Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) erarbeitet.

1. Auflage, 2022 (online)

Bericht in elektronischer Version unter proclim.ch/id/MneaW

ISSN (online) 2297-1807

DOI: doi.org/10.5281/zenodo.6328287



Mit dieser Publikation leistet die Akademie der Naturwissenschaften Schweiz einen Beitrag zur SDG 13.

> sustainabledevelopment.un.org

> eda.admin.ch/agenda2030/de/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung.html

Inhalt

1	Einleitung und Hintergrund	5
1.1	Internationale Klimaziele	5
1.2	Internationale Klimapolitik	5
2	Emissionsszenarien und Folgen für das Klima	5
2.1	Klimamodellrechnungen	5
2.2	Bedingungen für die Einhaltung der Klimaziele	5
3	Unterschiedliche Klimawirkung langlebiger und kurzlebiger Substanzen	6
3.1	Unterschiede in der Klimawirkung	6
3.2	Vergleich der Klimawirkung	7
4	Unterschiedliche Vergleichsmetriken	7
4.1	Zweck einer Vergleichsmetrik	7
4.2	Klimawirkung von Emissionspulsen	7
4.3	Klimawirkung von Emissionsverläufen	9
4.4	Problematik der etablierten Metrik bei Emissionsverläufen	9
4.5	Entwicklung einer neuen Metrik für kurzlebige Substanzen	10
5	Wahl der Metrik	11
6	Auswirkung der Wahl der Metrik im internationalen/globalen Kontext	12
7	Auswirkung der Wahl der Metrik für die Schweiz	12
8	Literatur	13

Das Wichtigste in Kürze

Klimawirkung kurzlebiger Substanzen

- Die Klimawirkung von langlebigen Substanzen wie CO₂ und kurzlebigen Substanzen wie Methan unterscheiden sich sehr stark in ihrem zeitlichen Verlauf: Die Klimawirkung eines **Emissionspulses** (das heisst einer bestimmten einmal emittierten Menge¹) von CO₂ bleibt über lange Zeit praktisch konstant, beim Methan ist hingegen die Wirkung unmittelbar nach der Emission sehr hoch und nimmt dann relativ rasch ab. Grund dafür ist, dass Methan in der Atmosphäre relativ rasch chemisch abgebaut wird. (Kap. 3.1, 4.2, Abb. 1)
- Bleiben die Emissionen von Methan oder anderer kurzlebiger Substanzen über längere Zeit konstant, so bleibt auch deren Klimawirkung nahezu konstant, das heisst, es wird fast gleich viel Methan abgebaut wie emittiert wird. Es gibt kaum eine zusätzliche Erwärmung. (Kap. 3.1)
- Eine dauerhafte Senkung der **Emissionsrate** (das heisst der regelmässigen Emissionen) von Methan hat die gleiche Klimawirkung wie ein «negativer» CO₂-Emissionspuls (Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre). Eine dauerhafte Erhöhung der Emissionsrate von Methan hat die gleiche Klimawirkung wie ein positiver Emissionspuls von CO₂. (Kap. 3.1)
- Die Senkung der Emissionsrate von Methan ist ein wichtiges und kurzfristig hochwirksames Mittel für die Einhaltung von Temperaturzielen (1,5 oder 2 °C). Es gibt kein denkbare Szenario für die Erreichung dieser Ziele ohne eine substanzielle Reduktion der Methanemissionen. (Kap. 3.1, 7)
- Für die Erreichung der Klimaziele müssen die Methanemissionen nicht auf netto null reduziert werden. D. h. verbleibende Methanemissionen müssen nicht durch entsprechende negative CO₂-Emissionen kompensiert werden. (Kap. 3.1, 8)

Umrechnung in CO₂-Äquivalente

- Um in einer Gesamtbetrachtung die unterschiedliche Klimawirkung der Treibhausgase zu berücksichtigen, werden die Emissionen verschiedener Substanzen in so genannten **CO₂-Äquivalent-Emissionen** (CO_{2eq}) zusammengefasst. In der Klimakonvention UNFCCC wurde dazu eine Umrechnungsmetrik festgelegt, welche die Summe der Klimawirkung eines Emissionspulses einer Substanz über 100 Jahre abbildet («Global Warming Potential» über 100 Jahre, GWP₁₀₀). Die Verwendung von GWP₁₀₀ hat sich etabliert und wird von allen Ländern angewendet. (Kap. 1.2, 4.1)
- Mit der Verwendung von GWP₁₀₀ wird der Veränderung der Klimawirkung von Methan im Verlauf der Zeit nicht Rechnung getragen: Die Klimawirkung von Methan wird kurzfristig (nächste Jahrzehnte) stark unterschätzt, längerfristig jedoch überschätzt. (Kap. 4.4; Abb. 3, 4)
- Die Verwendung von GWP₁₀₀ als Metrik liefert für die Klimawirkung von Methan bei der Betrachtung von Emissionsreduktionspfaden oder der Einhaltung von Temperaturzielen während dem 21. Jahrhundert kein adäquates Bild. (Kap. 4.4; Abb. 3, 4)
- Die Reduktion von Methanemissionen kann wesentlich stärker dazu beitragen, die globale Erwärmung in den kommenden Jahrzehnten zu bremsen oder das Überschreiten bestimmter Temperaturniveaus zu verhindern als aufgrund der CO₂-Äquivalent-Emissionen nach derzeitiger Berechnungsweise in den Treibhausgasinventaren erwartet würde. (Kap. 4.4)
- Die Klimawissenschaft hat kürzlich eine neue Metrik entwickelt (GWP*), welche die Klimawirkung von kurzlebigen Substanzen im Zeitverlauf deutlich besser repräsentiert als die bisher verwendete Metrik GWP₁₀₀. Damit kann ein wesentlich realistischeres Bild der Wirkung von Emissionsreduktionsmassnahmen gewonnen werden. (Kap. 4.5)
- Die Wahl der Umrechnungsmetrik hängt von der Fragestellung ab: Für Fragen der Klimawirkung von Emissionspulsen (z. B. Klimawirkung des Konsums eines einzelnen Produkts) sollte GWP verwendet werden. Für die Berücksichtigung der kurzfristigen Klimawirkung ist GWP₂₀ geeignet, für die langfristige Wirkung GWP₁₀₀. (Kap. 5)
- Im Zusammenhang mit Emissionsreduktionspfaden, der Einhaltung von Temperaturzielen oder verbleibenden Emissionsbudgets ist aus wissenschaftlicher Sicht die Verwendung von GWP* empfehlenswert. (Kap. 5)
- Sowohl die Zielsetzung, die Bewertung von Massnahmen und die Überprüfung der Zielerreichung der nationalen Klimapolitik orientieren sich an den Vorgaben der Klimakonvention (UNFCCC). Eine Anpassung der Metrik bedarf eines koordinierten Vorgehens. (Kap. 6)
- Die Formulierung des langfristigen Klimaziels der Schweiz, die Treibhausgasemissionen bis 2050 auf netto null zu senken, müsste präzisiert werden. Abhängig davon, mit welcher Metrik CO₂-Äquivalent-Emissionen berechnet werden, sind unterschiedlich grosse Mengen negativer CO₂-Emissionen nötig, um netto null zu erreichen. Um die effektive Klimawirkung der Methanemissionen darzustellen, wäre eine Umrechnung mit GWP* angemessen. (Kap. 7)

¹ Als Emissionspuls bezeichnet man die über eine bestimmte Zeit kumulierte, aus einer oder mehreren Quellen stammende Emissionsmenge (beispielsweise die an einem bestimmten Tag an einem bestimmten Ort emittierte Menge CO₂). Ein «negativer» Emissionspuls bezeichnet die Entfernung einer bestimmten Menge von CO₂ aus der Atmosphäre.

1 Einleitung und Hintergrund

1.1 Internationale Klimaziele

Die internationale Gemeinschaft hat in der UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC) und im Klimaabkommen von Paris Klimaziele definiert: Diese wurden aus wissenschaftlichen Erkenntnissen abgeleitet, insbesondere aus den Sachstands- und Spezialberichten des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen IPCC. Die Klimaziele beziehen sich primär auf die globale Temperaturveränderung, das heisst auf die Beschränkung der globalen Erwärmung auf ein bestimmtes Erwärmungsniveau (1,5 °C oder deutlich unter 2 °C).

Die Einhaltung von Temperaturzielen ist abhängig von der akkumulierten Temperaturwirkung aller Emissionen klimawirksamer Substanzen. Um das Klimaziel zu erreichen, wurde deshalb sekundär auch ein Emissionsziel im Klimaübereinkommen von Paris definiert:

«Ein Gleichgewicht zwischen den anthropogenen Emissionen aus Quellen und dem Abbau von Treibhausgasen durch Senken in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts soll erreicht werden» (Art. 4.1).

Viele Staaten, aber auch Unternehmen, Kantone oder Gemeinden haben daraus das Ziel «Netto-Null Treibhausgasemissionen bis 2050» abgeleitet.

1.2 Internationale Klimapolitik

Gewisse Rahmenbedingungen für die operative Umsetzung der Abkommen sind bereits im Kyoto-Protokoll festgelegt worden:

- Jedem Land werden nur die Emissionen innerhalb des eigenen Landes angerechnet. Die Emissionen des internationalen Flug- und Schiffsverkehrs werden zwar von jedem Land nach dem Absatzprinzip berechnet und zur Information ausgewiesen, aber keinem Land als Emission angelastet.
- Es werden nur die Emissionen der wichtigsten Treibhausgase (CO₂, Methan und Lachgas sowie die wichtigsten synthetischen Gase) berücksichtigt, nicht jedoch weitere klimaaktive Substanzen wie beispielsweise Russ, Aerosole, Kondensstreifen von Flugzeugen oder weitere Kohlenwasserstoffe.
- Um der unterschiedlichen Klimawirkung der Treibhausgase und weiterer klimawirksamer Substanzen Rechnung zu tragen, wurde eine Umrechnungs-Metrik definiert, welche die verschiedenen Substanzen über CO₂-Äquivalente normiert (siehe Abschnitt 4.1).

Diese Rahmenbedingungen sind politische Entscheide, die jeweils von den Vertragsstaaten an den Klimakonferenzen beschlossen werden, und sich auf wissenschaftliche Erkenntnisse stützen.

2 Emissionsszenarien und Folgen für das Klima

2.1 Klimamodellrechnungen

Die Sachstandsberichte des IPCC enthalten jeweils die neusten Klimaszenarien aus den Berechnungen der zahlreichen globalen Klimamodelle. Diese Szenarien zeigen die erwartete Veränderung der globalen Temperatur, die sich durch bestimmte Emissionsverläufe der klimawirksamen Substanzen sowie durch die Wirkung natürlicher Quellen und Senken ergibt. Mit einberechnet werden dabei auch Substanzen und Quellen, die in den internationalen Klimaabkommen nicht erfasst werden, wie beispielsweise Luftpartikel (Aerosole) oder die gesamte Klimawirkung des internationalen Schiffs- und Luftverkehrs.

In den Klimamodellrechnungen werden die unterschiedlichen Klimawirkungen der einzelnen Substanzen direkt aus deren Konzentrationen in der Atmosphäre berechnet, unter Berücksichtigung allfälliger chemischer Folgereaktionen. Aus diesen Rechnungen können die Klimawirkungen der einzelnen Substanzen sowohl für die Vergan-

genheit als auch – bei vorgegebenen Emissionsverläufen – für die Zukunft direkt miteinander verglichen werden (IPCC AR6 WGI, Abbildung 2). Die oben erwähnten Rahmenbedingungen der Klimaabkommen (Auswahl berücksichtigter Substanzen, Anrechnung der Emissionen an einzelne Länder, Umrechnungsmetriken) spielen bei diesen Berechnungen keine Rolle.

2.2 Bedingungen für die Einhaltung der Klimaziele

Alle Klimaszenarien, welche die 1,5 °C bzw. die 2°C-Erwärmungsschwelle unterschreiten, schliessen die Erreichung von netto null CO₂-Emissionen ungefähr um das Jahr 2050 für 1,5 °C bzw. 2075 für 2 °C ein sowie eine massive Reduktion der Nicht-CO₂-Emissionen, insbesondere von Methan sowie von Luftschadstoffen wie Schwefeldioxid, die zur Aerosolbildung und einer Abkühlung beitragen. Die Wissenschaft rechnet damit, dass mit der Reduktion der energiebedingten CO₂-Emissionen auch

die Aerosolkonzentration sinkt und deren abkühlender Effekt entfällt. Der Wegfall abkühlender Aerosole muss deshalb durch eine zusätzliche Reduktion erwärmender

Substanzen kompensiert werden. Auch dieser Effekt ist in den Klimamodell-Szenarien berücksichtigt.

3 Unterschiedliche Klimawirkung langlebiger und kurzlebiger Substanzen

3.1 Unterschiede in der Klimawirkung

Die Klimawirkung einer Substanz wird anhand der Wirkung einer Erhöhung von deren Konzentration in der Atmosphäre auf die globale Temperatur bestimmt (Erwärmung oder Abkühlung). Die Klimawirkung der verschiedenen Substanzen wird mit Hilfe von Klimamodellen berechnet. Sie hängt von der Verweilzeit und der Konzentration in der Atmosphäre und der relativen Treibhauswirkung ab:

- Die Erhöhung der Konzentration einer Substanz in der Atmosphäre aufgrund von Emissionen bleibt unterschiedlich lange erhalten: Bei langlebigen Substanzen, darunter die Treibhausgase CO₂, Lachgas und viele synthetische Gase, bleibt die Konzentration in der Atmosphäre nach einem Emissionspuls über viele Jahrzehnte bis Jahrhunderte deutlich erhöht. Als Emissionspuls bezeichnet man die über eine bestimmte Zeit kumulierte, aus einer oder mehreren Quellen stammende Emissionsmenge (beispielsweise die an einem bestimmten Tag an einem bestimmten Ort emittierte Menge CO₂). Ein «negativer» Emissionspuls bezeichnet die Entfernung einer bestimmten Menge von CO₂ aus der Atmosphäre.
- Kurzlebige Substanzen werden relativ schnell abgebaut und deren Konzentration geht nach einem Emissionspuls relativ rasch wieder in die Nähe des ursprünglichen Wertes zurück, wie beispielsweise bei Methan nach 10 bis 20 Jahren oder bei Aerosolen und Kondensstreifen sogar nach Stunden bis Tagen.
- Langlebige Substanzen akkumulieren sich in der Atmosphäre, d. h. die Klimawirkung ist abhängig von den über die Zeit aufsummierten Emissionen. Bei kurzlebigen Substanzen hingegen ist die Klimawirkung primär abhängig von den Emissionen der nahen Vergangenheit.
- Die Klimawirkung der einzelnen Gase pro Masse ist sehr unterschiedlich. So ist die Klimawirkung von Lachgas auf der Zeitskala von 100 Jahren etwa 270-mal stärker, bei einigen Fluor-Kohlenwasserstoffen über 1000-mal stärker als bei CO₂. Doch hat CO₂ aufgrund der viel grösseren Menge in der Atmosphäre den grössten Erwärmungseffekt.
- Bleiben die Emissionen von Methan oder anderer kurzlebiger Substanzen über längere Zeit konstant, so bleibt auch die Klimawirkung nahezu konstant, d. h. es wird fast gleich viel Methan abgebaut wie emittiert wird und die zusätzliche Erwärmung ist nur gering.

Die unterschiedliche Klimawirkung kurz- und langlebiger Substanzen hat Folgen bei der Festlegung von Emissionsreduktionspfaden, der Einhaltung von Klimazielen oder bei der Berechnung der CO₂-Emissionen, die noch ausgestossen werden dürfen, um ein bestimmtes Erwärmungsniveau nicht zu überschreiten («Emissionsbudget»):

- Eine dauerhafte **Senkung** der Emissionsrate von Methan hat die gleiche Klimawirkung wie ein «negativer» CO₂-Emissionspuls (Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre).
- Eine dauerhafte **Senkung** der Emissionsrate von Methan erhöht das verbleibende Emissionsbudget von CO₂ und bringt damit einen gewissen Zeitgewinn für die Reduktion von CO₂.
- Eine dauerhafte **Erhöhung** der Emissionsrate von Methan hat die gleiche Klimawirkung wie ein positiver Emissionspuls von CO₂.
- Eine dauerhafte **Erhöhung** der Emissionsrate von Methan vermindert hingegen das Emissionsbudget von CO₂.
- Der Ausstoss von CO₂ und anderen langlebigen Treibhausgasen muss für eine Stabilisierung der globalen Temperatur, unabhängig auf welchem Temperaturniveau, gänzlich vermieden oder durch dauerhafte CO₂-Senken wie die biologische oder technische Entfernung von CO₂ aus der Luft ausgeglichen werden («Netto-Null-Emissionen»).
- Eine Reduktion von Methan ist auf globaler Ebene für die Einhaltung der Erwärmungsniveaus von 1,5 °C bzw. 2 °C unabdingbar, da die CO₂-Emissionen nicht genügend rasch gesenkt werden können. Die Senkung der Methanemissionsrate ist deshalb ein wichtiges und kurzfristig hochwirksames Mittel, um die Klimaziele einzuhalten. Die Methanemissionen müssen dabei jedoch nicht auf netto null reduziert werden. Sie müssen nur etwa um ca. 0,3 % pro Jahr sinken (Cain et al. 2019) oder der entsprechende Wert mit negativen Emissionen kompensiert werden, damit sie keine zusätzliche Erwärmung mehr verursachen.

3.2 Vergleich der Klimawirkung

Die Klimawirkung einer Emission von langlebigen Substanzen kann relativ einfach mit derjenigen von CO₂ verglichen werden, da sie sich mit der Zeit nur wenig verändert und damit der beim Vergleich betrachtete Zeithorizont kaum eine Rolle spielt. Damit kann für den Vergleich ein konstanter Faktor verwendet werden. Der Vergleich der Klimawirkung von kurzlebigen Substanzen mit derjenigen von CO₂ hängt jedoch stark vom betrachteten Zeithorizont ab: Je kürzer der betrachtete Zeithorizont, umso

stärker ist die Klimawirkung der kurzlebigen Substanz im Vergleich zum CO₂. So ist die Klimawirkung von Methan über 100 Jahre betrachtet rund 25- bis 30-mal stärker als jene von CO₂, über 20 Jahre betrachtet jedoch etwa 100-mal so gross. Eine universell anwendbare Vergleichsmetrik oder Umrechnungsformel gibt es für Methan und andere kurzlebige Substanzen deshalb nicht. Trotzdem wird bisher in den Klimaabkommen auch für Methan immer die gleiche Metrik verwendet wie für die langlebigen Treibhausgase.

4 Unterschiedliche Vergleichsmetriken

4.1 Zweck einer Vergleichsmetrik

Um ohne aufwändige Modellierung Aussagen zur totalen Klimawirkung mehrerer Substanzen machen zu können, wurden Vergleichsmethoden oder -metriken entwickelt, die eine Umrechnung der Emissionen jeder einzelnen Substanz auf eine gemeinsame Skala erlauben. Als gemeinsame Skala dienen so genannte CO₂-Äquivalent-Emissionen («CO_{2äq}»):

CO₂-Äquivalent-Emissionen (CO_{2äq}) bezeichnen die Menge an CO₂-Emissionen, die es braucht, um die gleiche Klimawirkung zu verursachen wie eine bestimmte Menge eines anderen Treibhausgases. Zum Beispiel entsprechen gemäss der heute in den Treibhausgasinventaren verwendeten Vergleichsmetrik 25 Tonnen CO_{2äq} einer Tonne Methan.

Es wurden verschiedene Metriken entwickelt, die jeweils auf bestimmte Rahmenbedingungen oder Fragestellungen ausgerichtet sind. Eine einzelne Metrik kann aber die Klimawirkung nicht in allen Aspekten genau abbilden. So ist bei einigen Metriken zum Beispiel der betrachtete Zeithorizont sehr wichtig, und sie liefern unterschiedliche Bewertungen von Substanzen je nachdem, ob man die kurz- oder die langfristige Perspektive betrachtet.

Metriken sind ein wichtiges Element in der internationalen Klimapolitik. Sie dienen beispielsweise dazu, die Gesamtemissionen in den nationalen Treibhausgasinventaren der Vertragsstaaten zu quantifizieren, nationale Ziele für die Emissionsreduktion zu formulieren und zu überprüfen, oder handelbare CO₂-Zertifikate auszustellen. Wichtig ist, dass die verwendete Metrik klar definiert ist, um einerseits Konsistenz zwischen den Zielsetzungen und der Überprüfung der Zielerreichung zu gewährleisten und andererseits Standards für den internationalen Emissions- oder Zertifikatshandel festlegen zu können.

Die internationale Gemeinschaft hat im Rahmen der UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC) in den 1990er-Jahren das «Global Warming Potential» über 100 Jahre (GWP₁₀₀) als Metrik für die Berechnung von CO₂-Äquivalent-Emissio-

nen (CO_{2äq}) festgelegt. Diese Methode hat sich seither als pragmatischer Ansatz in der internationalen Klimapolitik etabliert.

Die verbreitete Verwendung von GWP₁₀₀ wird in der Wissenschaft allerdings schon länger kritisiert. Problematisch ist, dass GWP₁₀₀ für kurzlebige Treibhausgase wie Methan vor allem dann nicht repräsentativ ist, wenn man kürzere Zeiträume oder die Entwicklung von Emissionen über die Zeit betrachtet. Da für die Erreichung der Klimaziele die Reduktion der Methanemissionen eine wichtige Rolle spielt, erhielt diese Problematik zusätzliche Bedeutung. Deshalb wurden in den letzten Jahren neue Metriken für die Berechnung von CO_{2äq} entwickelt, die der unterschiedlichen Klimawirkung von kurz- und langlebigen Treibhausgasen besser Rechnung tragen (Allen et al. 2018, Cain et al. 2019).

Im Folgenden werden die wichtigsten Vergleichsmetriken, ihre Eigenschaften sowie ihre Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen erklärt.

4.2 Klimawirkung von Emissionspulsen

Abbildung 1 zeigt schematisch den zeitlichen Verlauf der Klimawirkung als Folge eines Emissionspulses einer kurzlebigen und einer langlebigen Substanz, jeweils im Vergleich zur Wirkung eines Emissionspulses von CO₂. Die durch einen Emissionspuls erhöhte Klimawirkung einer langlebigen Substanz weist einen ähnlichen Verlauf wie CO₂ auf und ist deshalb auch nach 100 Jahren im Vergleich zu CO₂ weitgehend unverändert (gelbe Linie). Bei einem Emissionspuls einer kurzlebigen Substanz hingegen steigt die Klimawirkung zuerst stark an, nimmt dann aber im Vergleich zur Klimawirkung von CO₂ laufend ab und ist dann im Falle von Methan nach 100 Jahren beinahe wieder auf dem Ausgangsniveau (blaue Linie²).

² Da sich Teile des Klimas nur langsam (über Jahrhunderte) an den Strahlungsantrieb anpassen und klimawirksame Substanzen teilweise auch in langlebige umgewandelt werden (bspw. Methan in CO₂), ist die Klimawirkung kurzlebiger Substanzen teilweise auch nach 100 Jahren noch etwas grösser als Null.

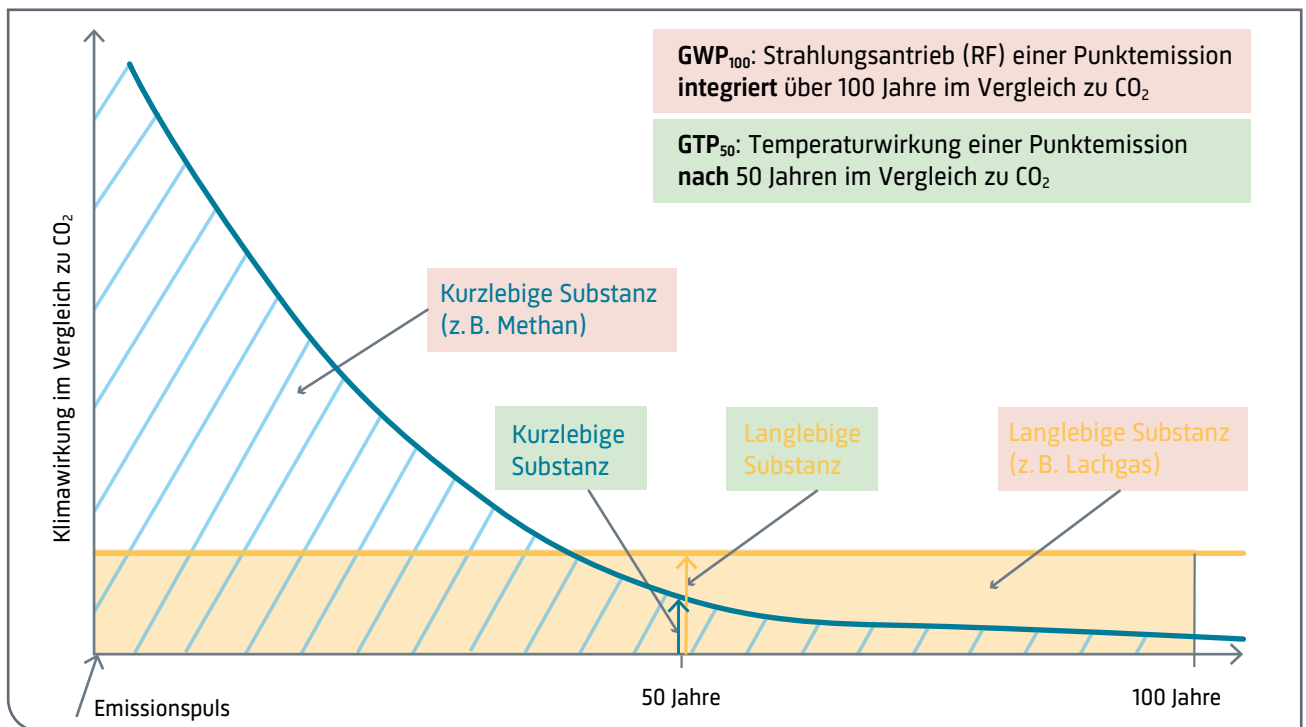


Abbildung 1: Die zeitliche Entwicklung der Klimawirkung eines Emissionspulses von kurzlebigen (am Beispiel von Methan; blaue Linie²) und langlebigen (am Beispiel von Lachgas; gelbe Linie) Treibhausgasen im Vergleich zur Klimawirkung von CO₂. Für die Bestimmung eines Umrechnungsfaktors für CO₂-Äquivalent-Emissionen wird entweder die Fläche unter den Kurven über einen bestimmten Zeitraum integriert («Global Warming Potential» GWP) oder die Klimawirkung zu einem bestimmten Zeitpunkt bestimmt («Global Temperature Potential» GTP; blauer resp. gelber Pfeil).

Die Klimawirkung eines Emissionspulses wird klassischerweise mit zwei Metriken beschrieben (Abbildung 1). Diese Metriken vergleichen die Klimawirkung eines Emissionspulses einer betrachteten Substanz mit der entsprechenden Klimawirkung eines Emissionspulses der gleichen Masse von CO₂ wie folgt:

Das «Global Warming Potential» (GWP) erfasst die über einen bestimmten Zeitraum summierte Klimawirkung. Dies entspricht jeweils der Fläche unter der blauen bzw. gelben Linie in Abbildung 1. Das GWP einer Substanz S ist somit das Verhältnis zwischen diesen Flächen und derjenigen von CO₂. Das GWP von CO₂ ist immer 1. Das GWP₁₀₀ ist das GWP über den Zeitraum von 100 Jahren.

Die CO_{2äq} eines Emissionspulses E_s der Substanz S für den Zeithorizont von 100 Jahren berechnen sich demnach wie folgt:

$$CO_{2äq} = GWP_{100} \times E_s$$

Das «Global Temperature Potential» (GTP) erfasst die durch einen Emissionspuls bewirkte Temperaturänderung zu einem bestimmten Zeitpunkt nach der Emission, beispielsweise nach 50 Jahren (blauer resp. gelber Pfeil in Abb. 1). Das GTP einer Substanz ist die zu diesem Zeitpunkt verursachte Erwärmung im Verhältnis zur entsprechenden Erwärmung durch einen Emissionspuls der gleichen Menge CO₂. Das GTP von CO₂ ist immer 1. Das GTP₅₀ ist das GTP 50 Jahre nach der Emission.

Die CO_{2äq} eines Emissionspulses E_s der Substanz S für den Zeithorizont von 50 Jahren berechnen sich demnach wie folgt:

$$CO_{2äq} = GTP_{50} \times E_s$$

Für langlebige Treibhausgase verändern sich sowohl GWP als auch GTP mit zunehmendem Zeithorizont nur wenig. Bei kurzlebigen Treibhausgasen wie Methan sind jedoch beide Metriken stark vom betrachteten Zeithorizont abhängig. Das GWP von Methan beträgt über 100 Jahre gerechnet nur etwa ein Viertel des GWP über (die ersten) 20 Jahre (siehe Tab. 1).

Tabelle 1: Global Warming Potential (GWP) und Global Temperature Potential (GTP) nach 20, 50 bzw. 100 Jahren (GWP₂₀ bzw. GWP₁₀₀ und GTP₅₀ bzw. GTP₁₀₀) für die Treibhausgase CO₂, Lachgas und Methan (Quelle: IPCC AR6 WGI Kap. 7 Supporting Material). GWP und GTP von CO₂ sind definitionsgemäss immer 1.

Substanz	GWP ₂₀	GWP ₁₀₀	GTP ₅₀	GTP ₁₀₀
CO ₂	1	1	1	1
Lachgas (N ₂ O)	273	273	290	233
Methan (CH ₄) fossil	83	30	13	8
Methan (CH ₄) biogen	81	27	10	5

4.3 Klimawirkung von Emissionsverläufen

Bei zeitlich konstanten Emissionen (schematisch in Abbildung 2a) unterscheiden sich die Klimawirkungen von langlebigen Substanzen (Beispiel CO₂) und kurzlebigen Substanzen (Beispiel Methan) folgendermassen:

- Beim **CO₂** wird die Klimawirkung immer grösser, weil es langfristig in der Atmosphäre bleibt. Bei konstanten Emissionen nimmt die Konzentration und damit auch die verursachte Erwärmung stetig zu.

- Bei **Methan** nimmt hingegen die Klimawirkung nach einer gewissen Zeit nicht mehr zu, da diese Substanzen relativ rasch wieder abgebaut werden. Die Klimawirkung einer konstanten Emission von Methan zeigt den gleichen Verlauf wie die Klimawirkung eines Emissionspulses von CO₂, wie in Abbildung 2a ersichtlich ist:

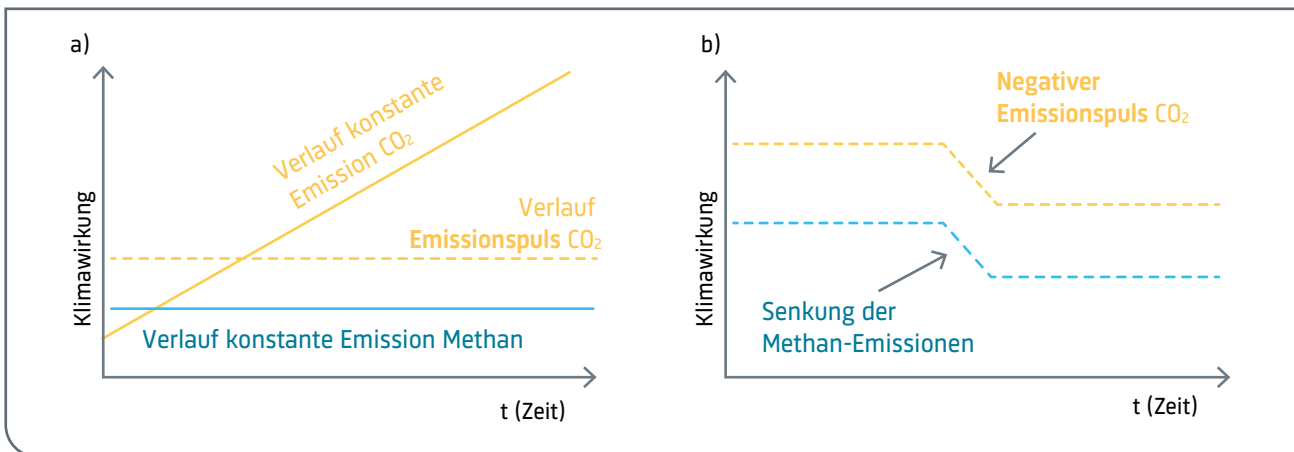


Abbildung 2: Vergleich der Klimawirkung von Emissionsverläufen langlebiger Substanzen (am Beispiel CO₂) und kurzlebiger Substanzen (am Beispiel Methan): a) bei konstanten Emissionen und b) bei einer Emissionsreduktion.

Entsprechend hat eine dauerhafte Reduktion der Emissionen von Methan die gleiche Klimawirkung wie die Reduktion eines Emissionspulses von CO₂ (Abbildung 2b):

- Bei **Methan** führt eine dauerhafte Senkung der Emissionen zu einer dauerhaft reduzierten Klimawirkung.
- Bei **CO₂** führt ein negativer Emissionspuls (Entnahme einer bestimmten Menge aus der Atmosphäre), ebenfalls zu einer dauerhaft reduzierten Klimawirkung.

Umgekehrt führt eine dauerhafte Erhöhung der Emissionen von Methan oder ein positiver Emissionspuls von CO₂ gleichermassen zu einer dauerhaft erhöhten Klimawirkung.

4.4 Problematik der etablierten Metrik bei Emissionsverläufen

Die für Emissionspulse entwickelten Metriken GWP und GTP enthalten keine Information über den sich stark verändernden zeitlichen Verlauf der Klimawirkung kurzlebiger Substanzen. Der typische Verlauf mit anfangs hoher und dann rasch abnehmender Klimawirkung von kurzlebigen Substanzen wird bei der Umrechnung in eine zeitlich konstante Klimawirkung umgewandelt (Abbildung 3).

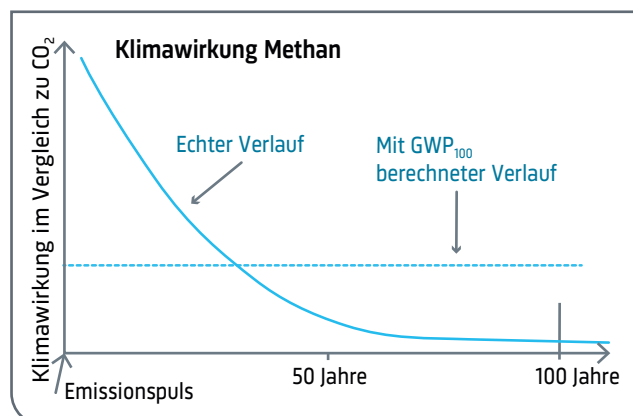


Abbildung 3: Die Berechnung von CO_{2eq} mit der Metrik GWP100 blendet den tatsächlichen zeitlichen Verlauf (durgezogene blaue Linie) der Klimawirkung von kurzlebigen Treibhausgasen aus und «verwandelt» diese sozusagen in ein langlebiges Treibhausgas mit konstanter Wirkung (gestrichelte blaue Linie). Die Information der kurzfristig sehr hohen und später viel tieferen Klimawirkung ist nicht mehr enthalten.

Daraus ergeben sich unter anderem folgende Probleme bei der Verwendung von GWP_{100} :

- Auf einem 20-Jahre-Horizont unterschätzt das GWP_{100} die Klimawirkung einer Erhöhung der Methanemissionen um das Vier- bis Fünffache (Lynch et al. 2020) und zeigt bei einer Senkung der Methanemissionen eine erwärmende statt eine um ein Vielfaches grössere einmalige kühlende Klimawirkung.
- Bei der Berechnung der Klimawirkung von Emissionszenarien für die Begrenzung der Erwärmung bei 1,5-°C wird bei einer Verwendung der Metrik GWP_{100} für die Berechnung von $\text{CO}_{2\text{äq}}$ die Wirkung einer Reduktion der Methanemissionen nicht korrekt abgebildet. Durch die Verwendung von GWP_{100} ergibt sich im zeitlichen Verlauf eine zu starke Erwärmung. Das heisst, dass durch die Verwendung von GWP_{100} das temporäre Überschreiten von Erwärmungsniveaus zum Teil deutlich überschätzt wird (um bis zu 0,17 °C; Denison et al. 2019).

4.5 Entwicklung einer neuen Metrik für kurzlebige Substanzen

Aus diesem Grund wurden in den letzten Jahren Metriken entwickelt, welche die Änderung der Emissionsrate einer kurzlebigen Substanz mit einem Emissionspuls von CO_2 vergleichen (siehe Abschnitt 4.3). Es konnte gezeigt werden, dass mit einer relativ einfachen Formel (GWP^* -Metrik) die Klimawirkung bei einer Änderung der Emissionsrate einer kurzlebigen Substanz mit der Klimawirkung eines Emissionspulses von CO_2 verglichen werden kann (Allen et al. 2018, Cain et al. 2019, Smith et al. 2021).

Die GWP^* -Metrik vergleicht die mittlere Änderung der Emissionsrate der kurzlebigen Substanz über die letzten 20 Jahre³ mit einem Emissionspuls von CO_2 .

Die $\text{CO}_{2\text{äq}}^*$ einer Substanz S werden berechnet aus der Emissionsveränderung ΔE_s der Substanz S über die vorangegangenen 20 Jahre sowie der Emission E_s der Substanz S im betrachteten Jahr:

$$\text{CO}_{2\text{äq}}^* = \text{GWP}_{100} \times [(4,24 \times \Delta E_s) + (0,28 \times E_s)]$$

Für Methan ($\text{GWP}_{100} = 28$):

$$\text{CO}_{2\text{äq}}^* = (120 \times \Delta E_s) + (8 \times E_s)$$

Die Metrik GWP^* ist ziemlich unabhängig vom Zeithorizont und gibt die Klimawirkung von Emissionsverläufen kurzlebiger klimawirksamer Substanzen viel besser wieder als GWP oder GTP (Cain et al. 2019, Denison et al. 2019, Collins et al. 2020, Lynch et al. 2021). Da das GWP_{100} auch in der GWP^* -Metrik verwendet wird, sind die gleichen physikalisch-chemischen Effekte, die im GWP_{100} enthalten sind, auch in der GWP^* -Metrik integriert. Die GWP^* -Metrik fügt hingegen die Informationen aus dem zeitlichen Verlauf und die damit verbundenen Eigenheiten der Klimawirkung von kurzlebigen Substanzen wieder hinzu. Anzumerken bleibt, dass « GWP^* » kein konstanter Faktor ist wie GWP_{100} , sondern die Berechnungsweise der Metrik bezeichnet.

Abbildung 4 zeigt, dass die mit dem GWP^* berechneten kumulierten $\text{CO}_{2\text{äq}}^*$ von Methan den Verlauf der verursachten Erwärmung deutlich besser wiedergeben als eine Berechnung über das «klassische» GWP_{100} .

³ Ein längerer Zeitraum von 10 bis 20 Jahren wurde gewählt, um kurzfristige Einflüsse wie Rezessionen, Pandemien u. ä. auszugleichen.

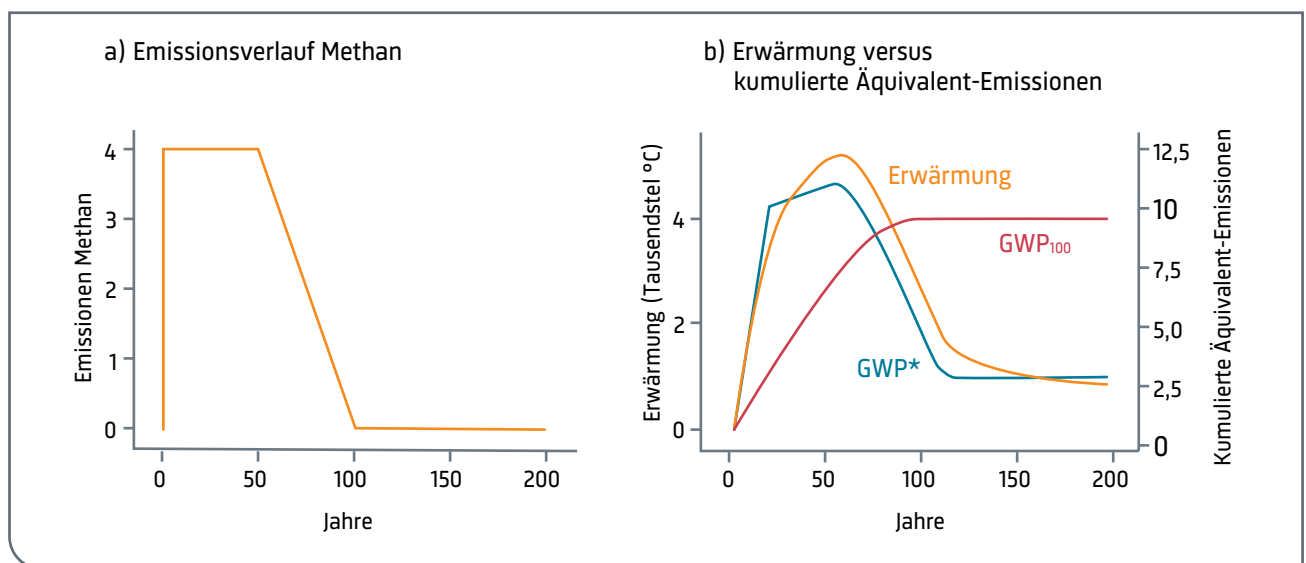


Abbildung 4: Vergleich der Repräsentativität der über GWP_{100} beziehungsweise GWP^* berechneten Klimawirkung eines bestimmten Emissionsverlaufs von Methan: a) angenommener Verlauf der Methanemissionen und b) Verlauf der kumulierten $\text{CO}_{2\text{äq}}$ von Methan, rot bei klassischer Berechnung über das GWP_{100} und blau bei Berechnung über das GWP^* sowie der Verlauf der durch diese Emissionen verursachten tatsächlichen Erwärmung bei einem Emissionsverlauf gemäss a) (Quelle: Lynch et al. 2020)

5 Wahl der Metrik

Es gibt keine universell anwendbare Umrechnungsmetrik für CO₂-Äquivalent-Emissionen für alle Fragestellungen und Betrachtungsweisen. Insbesondere für Methan und andere kurzlebige Substanzen ist die Wahl der Metrik davon abhängig, zu welchem Zweck verschiedene Emissionen miteinander verglichen werden sollen.

Sowohl GWP wie GTP sind Metriken, welche die Wirkung von Emissionspulsen über einen bestimmten Zeithorizont beschreiben, ungeachtet der sonstigen Entwicklung der beteiligten Substanzen. Sie sind beispielsweise anwendbar für die Berechnung von CO₂-Emissionen, die durch den Konsum eines einzelnen Produkts entstehen oder durch eine einzelne Flugreise. Wichtig ist dabei die Wahl des Zeithorizonts. Wenn man vor allem der Klimawirkung in den nächsten Jahrzehnten grosse Bedeutung

zumisst, muss ein entsprechender kurzer Zeithorizont gewählt werden (z. B. GWP₂₀), um die Wirkung kurzlebiger Substanzen zu erfassen.

Im Gegensatz dazu berücksichtigt die GWP*-Metrik die zeitliche Entwicklung der Emissionen. Im Zusammenhang mit Emissionspfaden zur Einhaltung von Klimazielen, wie sie z. B. in der langfristigen Klimastrategie der Schweiz formuliert sind, ist die Verwendung von GWP* angebracht. Diese Metrik ist auch geeignet für die Betrachtung der Wirkung der Entwicklung des individuellen Konsumverhaltens, die zu einer dauerhaften Änderung (Reduktion oder Anstieg) von Emissionen führen kann. Einige konkrete Beispiele zur Wahl der Metrik sind im Kasten aufgeführt.

Anwendungsbeispiele

Die unterschiedliche Anwendung von GWP und GWP* im Zusammenhang mit der Klimawirkung im Konsumbereich wird nachfolgend an zwei Beispielen veranschaulicht:

Beispiel Fleischkonsum:

- Wenn man die gesamte Klimawirkung des Konsums bzw. der Produktion eines Kilogramms Rindfleisch berechnen will (**isoliertes Konsumereignis**), verwendet man für die Methanemissionen das GWP, da es sich um einen Emissionspuls für die Produktion dieses Stücks Fleisch handelt. Allerdings muss man für die Bewertung den Zeithorizont festlegen, für welchen die Klimawirkung berechnet wird. Die Gewichtung von Methan ist umso grösser, je kürzer der Zeithorizont für die Bewertung gewählt wird.
- Will man die Klimawirkung einer dauerhaften Änderung meines Fleischkonsums (zeitliche Entwicklung) berechnen, beispielsweise eine Reduktion von fünf Fleischmahlzeiten auf zwei Fleischmahlzeiten pro Woche, dann verwendet man für die Methanemissionen das GWP*, da es sich um eine dauerhafte Änderung der Emissionsrate handelt.

Beispiel kumulative Emissionen:

Will man die kumulativen Emissionen aus mehreren Aktivitäten regelmässig, beispielsweise monatlich oder jährlich berechnen, ist auch GWP* die geeignete Metrik, da es sich um wiederkehrende Emissionen handelt.

Das folgende Beispiel zeigt den Unterschied der Anwendung von GWP₁₀₀ bzw. GWP* im Falle von Emissionszertifikaten:

Beispiel Emissionshandel:

Eine Firma verhindert mit einer einmaligen technischen Massnahme die Emission von Methan um eine bestimmte Menge M pro Jahr. Nach dem heutigen Verfahren werden die Methanemissionen mit GWP₁₀₀ in die Menge Z CO_{2äq} umgerechnet. Die Firma kann für diese Massnahme jedes Jahr eine Emissionsreduktion im Umfang der Menge Z geltend machen. Berechnet mit GWP* hingegen würde die gleiche Massnahme, wenn sie dauerhaft ist, nur einmal eine Emissionsreduktion der Menge CO_{2äq} von $3,75 \times Z$ generieren. Damit wird die tatsächliche Klimawirkung der Methanreduktion nach knapp 4 Jahren kleiner als die mit dem aktuellen Berechnungssystem angerechnete Emissionsreduktion. Werden für eine Massnahme Emissionsminderungszertifikate ausgestellt, die zur Kompensation von CO₂-Emissionen gebraucht werden, vermag die technische Massnahme von oben die Klimawirkung von CO₂-Emissionen nur knapp 4 Jahre lang auszugleichen. Um in Bezug auf die Klimawirkung möglichst angemessene Zertifikate für Methanreduktionen auszustellen, müsste die GWP*-Metrik für dauerhafte Methanreduktionen verwendet werden. Eine einmalige oder nur vorübergehende Reduktion von Methanemissionen wäre so nicht ausreichend für ein Zertifikat.

6 Auswirkung der Wahl der Metrik im internationalen/globalen Kontext

Durch die Umrechnung von Methanemissionen in $\text{CO}_{2\text{äq}}$ mit GWP_{100} ergeben sich in der internationalen Klimapolitik Differenzen zwischen der aus mit GWP_{100} abgeleiteten und der tatsächlichen Klimawirkung (Abbildung 4). Eine Berechnung von $\text{CO}_{2\text{äq}}^*$ mit der neu entwickelten Metrik GWP^* würde eine deutlich realistischere Einschätzung der Klimawirkung von Massnahmen im Zusammenhang mit kurzlebigen Substanzen ermöglichen. Vor allem die für die Erreichung der Klimaziele wichtige kühlende Wirkung von dauerhaften Reduktionen von Methanemissionen wird mit der heutigen Metrik überhaupt nicht erfasst. Deshalb ist aus wissenschaftlicher Sicht die Verwendung von GWP^* im Zusammenhang mit Emissionspfaden zur Einhaltung von Temperaturzielen zu empfehlen. Eine vertiefte Diskussion über die Auswirkungen verschiedener Metriken für kurzlebige klimawirksame Substanzen liefert der neuste IPCC-Bericht AR6 WGI (IPCC 2021: SPM D1.8; Kap. 7.6.1.4; Kap. 7.6.2; Box 7.3).

Aus wissenschaftlicher Sicht wäre die Einführung von GWP^* gut möglich. Die mit GWP^* berechneten $\text{CO}_{2\text{äq}}^*$ für kurzlebige Treibhausgase können für die aktuellen Emissionen aus den vergangenen Emissionen der letzten 20 Jahre (soweit bekannt oder geschätzt) und für die Zukunft aus den Emissionsszenarien für die verschiedenen Treibhausgase bzw. klimawirksamen Substanzen berechnet werden. Solche Szenarien sind sowieso als Grundlage für die Berechnungen mit Klimamodellen notwendig.

Allerdings müsste eine Änderung der Metrik im Einklang mit dem internationalen klimapolitischen Prozess erfolgen, um einerseits die internationale Vergleichbarkeit zu gewährleisten und andererseits auch weiterhin Marktmechanismen wie den Emissionshandel zu ermöglichen. Eine Einführung der GWP^* -Metrik hat direkte Konsequenzen für die nationalen Treibhausgasinventare, die formulierten Ziele und die Gewichtung der Massnahmen.

Im Zusammenhang mit einer allfälligen Einführung der neuen Metrik GWP^* wurden auch verschiedene Fragen zur Gerechtigkeit, historischen Verantwortung und zu ähnlichen Themen aufgeworfen (z.B. Rogelj et al. 2019). Diese Fragen stellen sich jedoch unabhängig von der verwendeten Metrik für alle klimawirksamen Substanzen und sollten deshalb im Rahmen der internationalen Verhandlungen über angemessene Reduktionsverpflichtungen diskutiert und nicht mit der Wahl der Metrik vermischt werden.

Eine Anpassung der Metrik führt dazu, dass die $\text{CO}_{2\text{äq}}$ von Methan in den Treibhausgasinventaren zwar für viele Länder tiefer liegen als derzeit dargestellt (siehe Beispiel Schweiz unten). Für die Beurteilung von Klimamassnahmen in den nächsten 20 bis 30 Jahren nimmt die Bedeutung von Methan jedoch zu, weil – mindestens auf globaler Ebene – die Reduktion von Methanemissionen für die Erreichung der Temperaturziele unabdingbar ist.

7 Auswirkung der Wahl der Metrik für die Schweiz

Durch die Ratifikation der Klimarahmenkonvention und des Übereinkommens von Paris muss die Schweiz das Treibhausgasinventar entsprechend den Vorgaben und Richtlinien der UNFCCC und des IPCC erstellen. Auf nationaler Ebene kann sie zwar von der vorgegebenen Metrik abweichen, dann müssen aber auch Ziele, Massnahmenwirkung und Zielerreichung jeweils mit beiden Metriken berechnet werden.

Im Gegensatz zur globalen Entwicklung nahmen die Methanemissionen in der Schweiz in den letzten 20 Jahren vor allem dank dem Verbot der Deponierung brennbarer Abfälle und der Sanierung des Erdgasnetzes leicht ab. Hauptquelle ist heute mit einem Anteil von über 80% die Landwirtschaft. Deren Emissionen haben in den letzten 20 Jahren geringfügig abgenommen.

Durch diese Senkung der Emissionen ergibt sich in der Schweiz beim Methan insgesamt eine etwas sinkende Klimawirkung. Wird für das Jahr 2019 die Betrachtungs-

weise der $\text{CO}_{2\text{äq}}^*$ mit GWP^* verwendet, würden die Methanemissionen aus der Landwirtschaft in der Treibhausgasbilanz der Schweiz nur noch 0,6 Mt $\text{CO}_{2\text{äq}}^*$ statt 3,9 Mt $\text{CO}_{2\text{äq}}$ (GWP_{100}) betragen. Eine weitere Reduktion der Methanemissionen könnte entscheidend zur Erreichung der Klimaziele beitragen. Dieser Beitrag ist aber nur ersichtlich, wenn anstelle von GWP_{100} die neue Metrik GWP^* verwendet wird.

Auch im Hinblick auf das Ziel, die Treibhausgasemissionen im Jahr 2050 durch dauerhafte CO_2 -Senkenleistungen auszugleichen, spielt die Metrik zur Umrechnung von Methanemissionen eine bedeutende Rolle und müsste präzisiert werden. Bei einer Verwendung von GWP^* wären wesentlich geringere Mengen negativer Emissionen nötig, um die Klimawirkung der im Jahr 2050 verbleibenden Methanemissionen auszugleichen. Dies würde die tatsächlichen Verhältnisse bezüglich Klimawirkung viel besser widerspiegeln.

8 Literatur

- Allen MR et al. (2018) **A solution to the misrepresentations of CO₂-equivalent emissions of short-lived climate pollutants under ambitious mitigation.** Npj Climate and Atmospheric Science 1: 16. doi:10.1038/s41612-018-0026-8
- Cain M et al. (2019) **Improved calculation of warming-equivalent emissions for short-lived climate pollutants.** Npj Climate and Atmospheric Science 2: 29. doi.org/10.1038/s41612-019-0086-4
- Collins et al. (2019) **Stable climate metrics for emissions of short and long-lived species combining steps and pulses.** Environmental Research Letters, 15(2), doi:10.1088/1748-9326/ab6039
- Denison et al. (2020) **Guidance on emissions metrics for nationally determined contributions under the Paris Agreement.** Environmental Research Letters, 14(12), 124002, doi:10.1088/1748-9326/ab4df4
- IPCC (2021): **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Masson-Delmotte V et al. (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- Lee et al. (2021) Lee DS et al. (2021) **A comprehensive analysis of the contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing in 2018.** Atmospheric Environment 244: 117834. doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117834
- Lynch et al. (2020) **Demonstrating GWP*: a means of reporting warming-equivalent emissions that captures the contrasting impacts of short- and long-lived climate pollutants.** Environmental Research Letters 15: 044023. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab6d7e
- Rogelj J, Schleussner CF (2019) **Unintentional unfairness when applying new greenhouse gas emissions metrics at country level** Environ. Res. Lett. 14 114039. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4928
- Smith MA et al. (2021) **Further improvement of warming-equivalent emissions calculation.** npj Climate and Atmospheric Science 4:19. https://doi.org/10.1038/s41612-021-00169-8

Wer sind wir?

Die **Akademien der Wissenschaften Schweiz** sind ein Verbund der fünf wissenschaftlichen Akademien der Schweiz: der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT), der Schweizerischen Akademie der Geistes- und Sozialwissenschaften (SAGW), der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften (SAMW), der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) und der Jungen Akademie Schweiz JAS. Sie umfassen nebst den Akademien die Kompetenzzentren TA-SWISS und Science et Cité sowie weitere wissenschaftliche Netzwerke. Die Akademien der Wissenschaften Schweiz vernetzen die Wissenschaften regional, national und international. Sie vertreten die Wissenschaftsgemeinschaften disziplinär, interdisziplinär und unabhängig von Institutionen und Fächern. Ihr Netzwerk ist langfristig orientiert und der wissenschaftlichen Exzellenz verpflichtet. Sie beraten Politik und Gesellschaft in wissenschaftsbasierten und gesellschaftsrelevanten Fragen.

SCNAT – vernetztes Wissen im Dienste der Gesellschaft

Die **Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT)** engagiert sich regional, national und international für die Zukunft von Wissenschaft und Gesellschaft. Sie stärkt das Bewusstsein für die Naturwissenschaften als zentralen Pfeiler der kulturellen und wirtschaftlichen Entwicklung. Ihre breite Abstützung macht sie zu einem repräsentativen Partner für die Politik. Die SCNAT vernetzt die Naturwissenschaften, liefert Expertise, fördert den Dialog von Wissenschaft und Gesellschaft, identifiziert und bewertet wissenschaftliche Entwicklungen und legt die Basis für die nächste Generation von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern. Sie ist Teil des Verbundes der Akademien der Wissenschaften Schweiz.

ProClim ist das Forum für Klima und globale Umweltveränderungen der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT). ProClim dient in diesen Themenbereichen als Schnittstelle zwischen Wissenschaft einerseits, und öffentlicher Verwaltung, Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit andererseits und fördert die Kommunikation zwischen diesen Kreisen.