

Naturwissenschaftliche Grundlagen der Klimakrise

KU Green Finance

Dr. Lukas Brunner | Universität Wien

Über mich

- 2009-14: Studium der Physik an der Karl-Franzens Universität Graz
- 2014-18: Doktorat am Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Graz
 - Forschungsaufenthalte an der Universität Edinburgh (UK) und am Center for International Climate Research (Norway)
- 2018-22: PostDoc in der Gruppe für Klimaphysik an der ETH Zürich
- seit 2022: Leitender Wissenschaftler in der Gruppe für Dynamik und Modellierung des Klimasystems an der Universität Wien

Dr. Lukas Brunner
Gruppe für Dynamik und Modellierung des Klimasystems
Inst. für Meteorologie & Geophysik
Universität Wien
Josef-Holaubek-Platz 2, 1090 Wien

Web: <https://lukasbrunner.github.io>
Mail: l.brunner@univie.ac.at

Forschungsschwerpunkte

- Veränderungen im globalen und regionalen Klima in den nächsten Jahren bis Jahrzehnten und ihre Unsicherheiten
 - Fokus auf Österreich im Rahmen der Österreichischen Klimaszenarien ÖKS (<https://klimaszenarien.at/>)
- Evaluierung von Klimamodellen mit Hilfe von statistischen und machine learning Methoden
- Treiber von Temperaturextremen in Europa und ihre Änderungen durch den Klimawandel

Überblick



1 | Das Klimasystem der Erde



2 | Der menschliche Einfluss auf das Klima



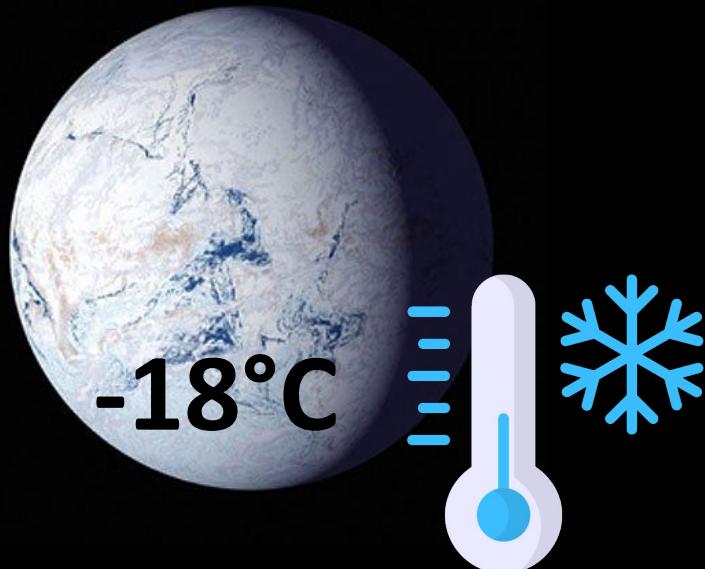
3 | Der Zusammenhang von Emissionen und Temperatur



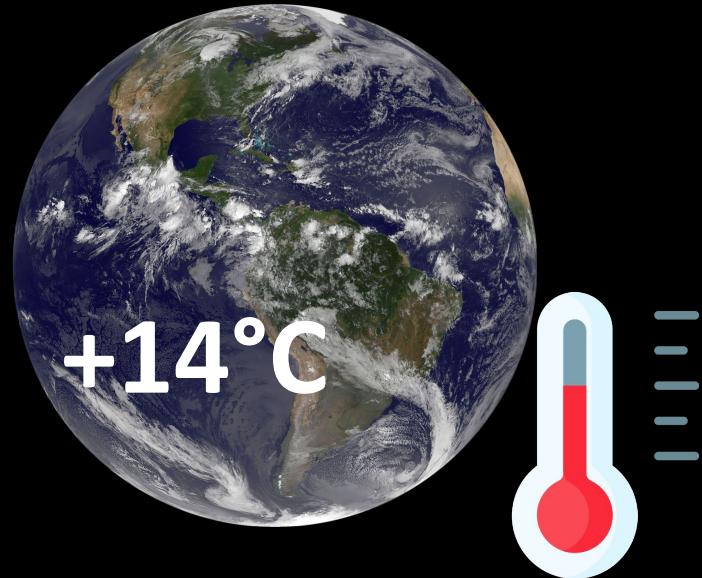
1 | Das Klimasystem der Erde

Temperatur der Erde und (natürlicher) Treibhauseffekt

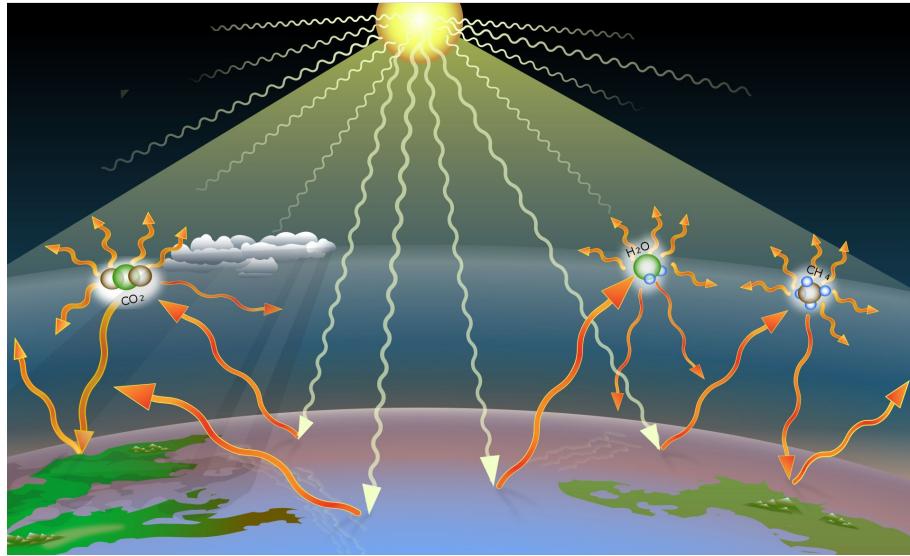
Ohne Treibhausgase



Mit Treibhausgasen



Der natürliche Treibhauseffekt

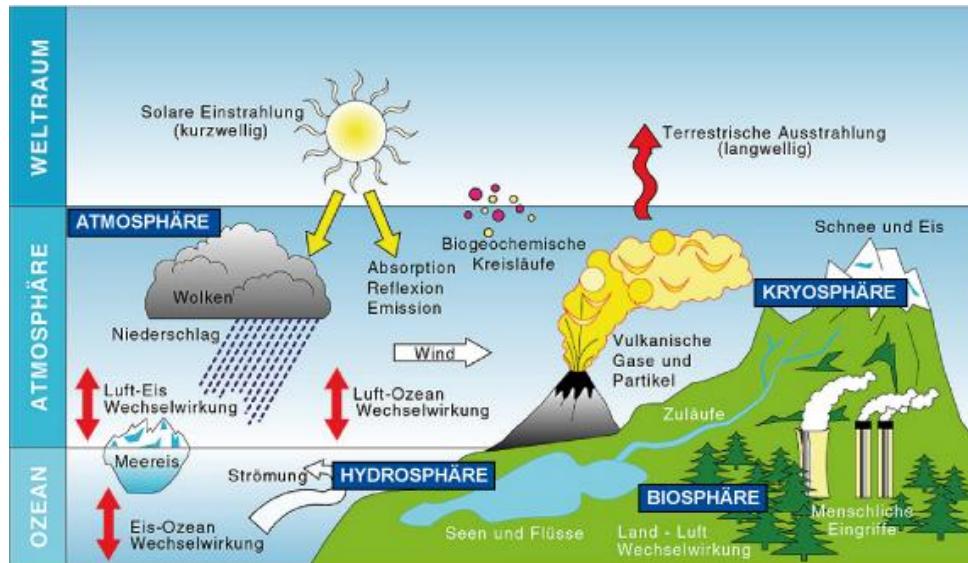


Treibhausgase sind durchlässig für kurzwellige Sonnenstrahlung aber absorbieren die langwellige Strahlung die von der Erde ausgeht

Sie geben selbst dann ebenfalls langwellige Strahlung ab. Ein Teil davon ist zurück zur Erde gerichtet.

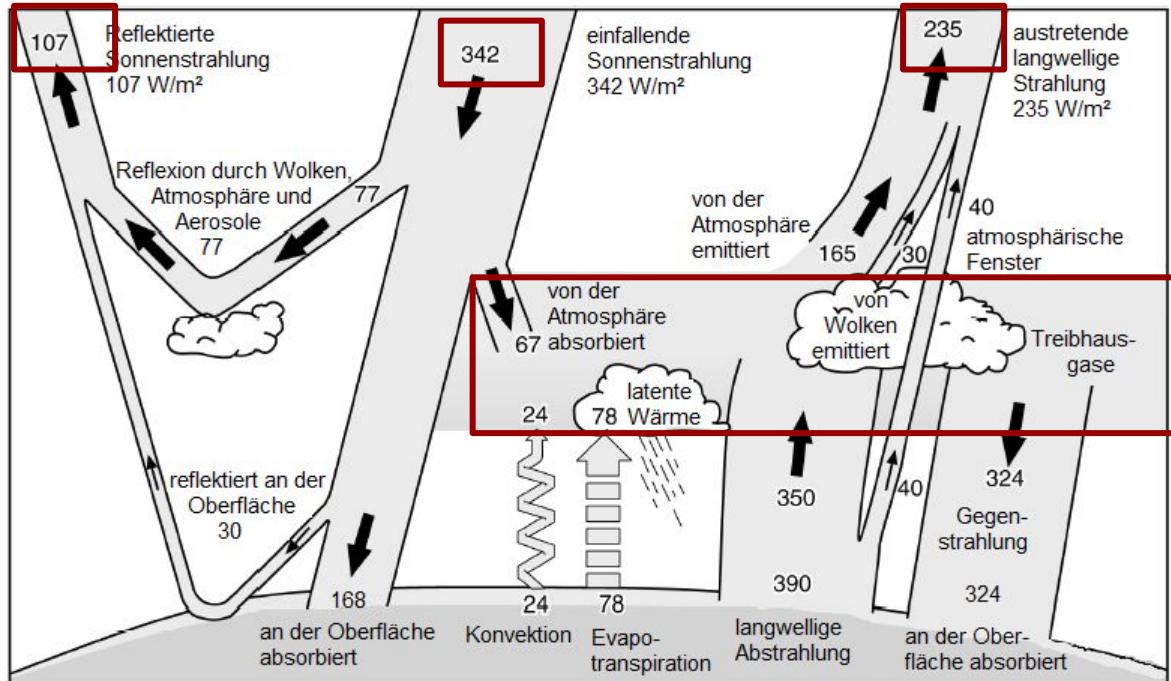
Komponenten des Klimasystems und ihre Einteilung

- Einteilung in Sphären
- Einteilung in interne und externe Einflüsse
- Einteilung in natürliche und menschgemachte Einflüsse



Ohne Störung ist die Energie von Ein- und Ausstrahlung im Klimasystem im Gleichgewicht

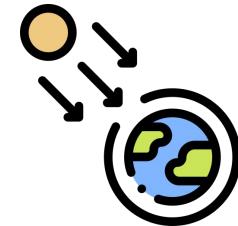
Einfallend (342 W/m^2) = Reflektiert (107 W/m^2) + Austretend (235 W/m^2)



Quelle:
ZAMG

Take Home Messages

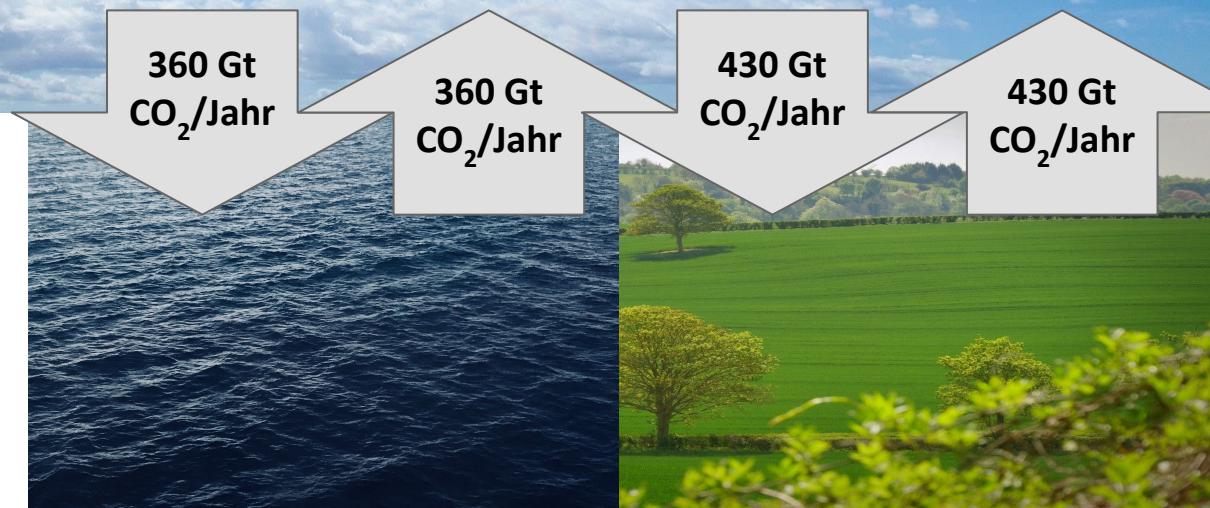
- Treibhausgase in der Atmosphäre sind **durchlässig** für kurzwelliges Sonnenlicht aber **absorbieren** die langwellige Wärmestrahlung der Erde (natürlicher Treibhauseffekt)
- Das **Klimasystem** versucht langfristig ein **Gleichgewicht** zwischen Einstrahlung (von der Sonne) und Ausstrahlung zu erreichen.



2 | Der menschliche Einfluss auf das Klima

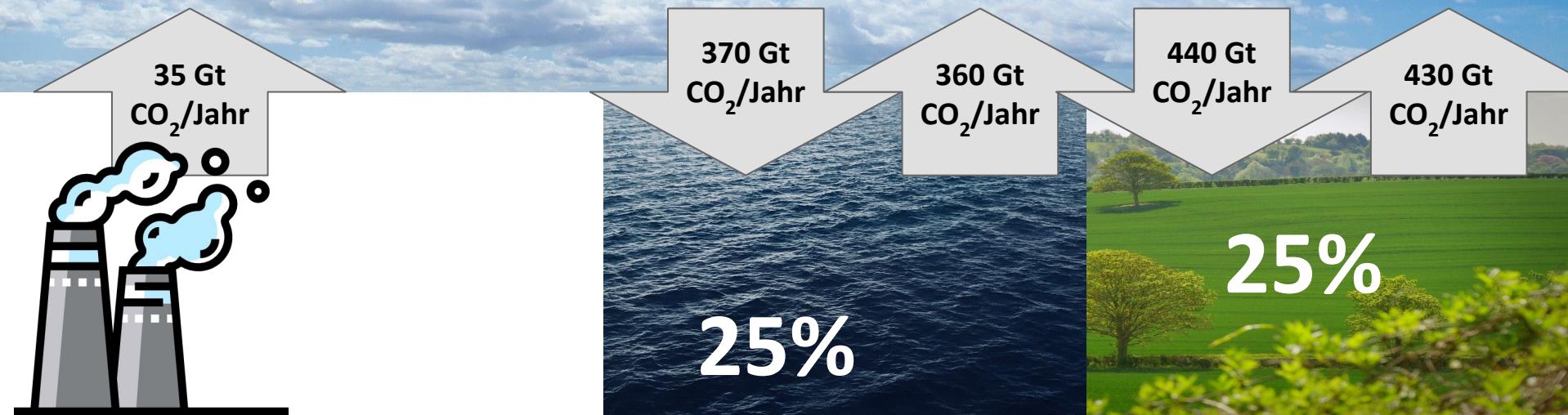


Der natürliche CO₂ Kreislauf

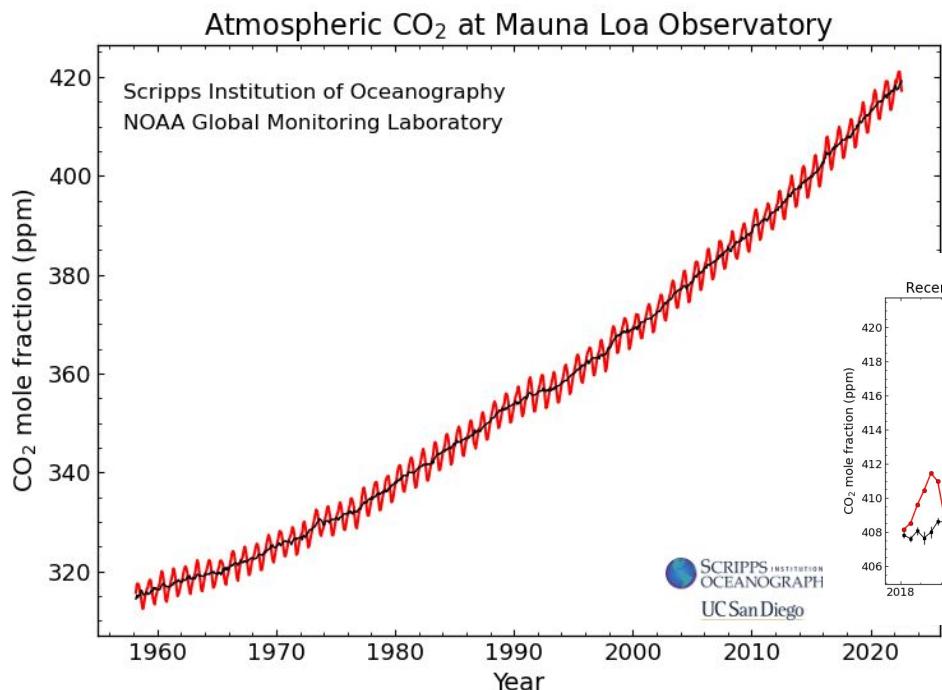


Der natürliche CO₂ Kreislauf und die menschliche Störung

50%

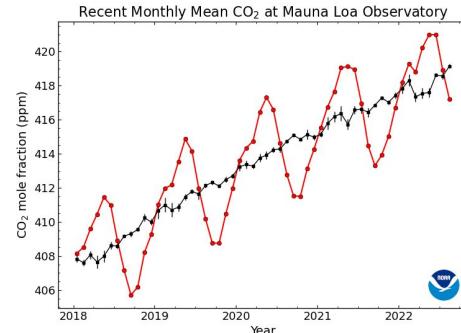


Unsere CO₂ Emissionen führen zu einem Anstieg der CO₂ Konzentrationen in der Atmosphäre



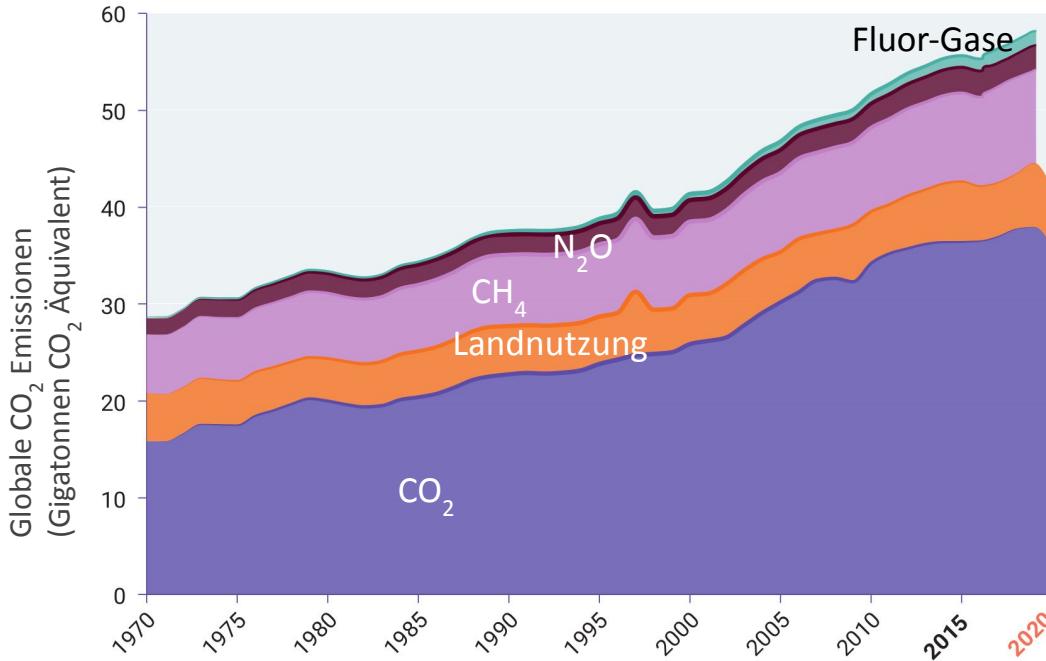
Quelle: [NOAA](#)

Treibhausgase wie CO₂ können **viele Jahrhunderte** in der Atmosphäre bleiben und sammeln sich daher an.



ppm: Teile pro Million Teile

Anteil anderer Treibhausgase im Vergleich zu CO₂

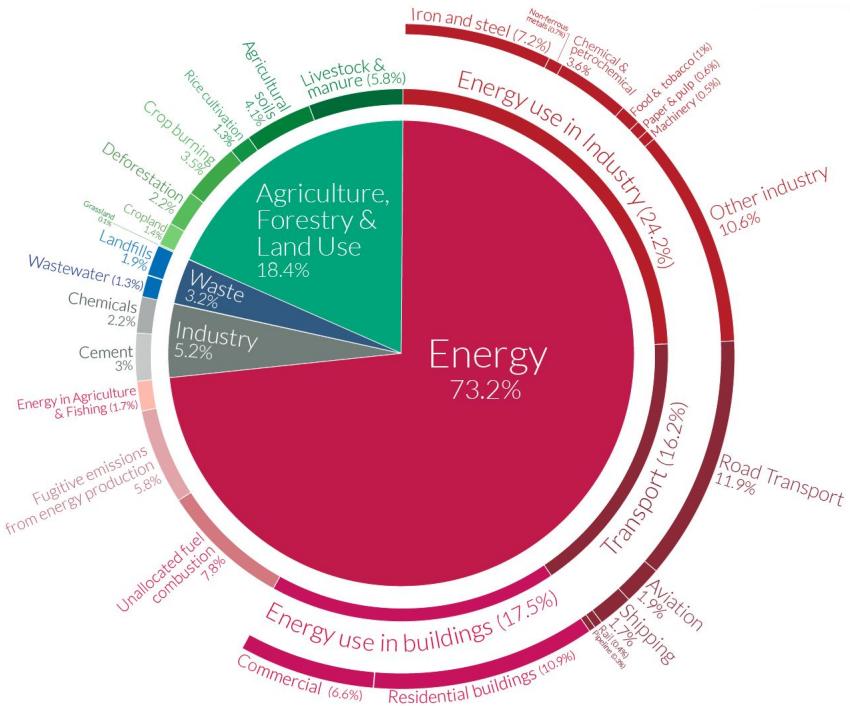


Quelle: [Emissions Gap Report 2021](#)

Ein CO₂ Äquivalent gibt die Wirkung eines Treibhausgases verglichen mit CO₂ an. Als Zeitraum für die Berechnung werden üblicherweise 100 Jahre verwendet.

Eine Gigatonne ist eine Milliarde Tonnen oder eine Billion (10^{12}) Kilogramm

Nebenbemerkung: Woher kommen die globalen Emissionen?

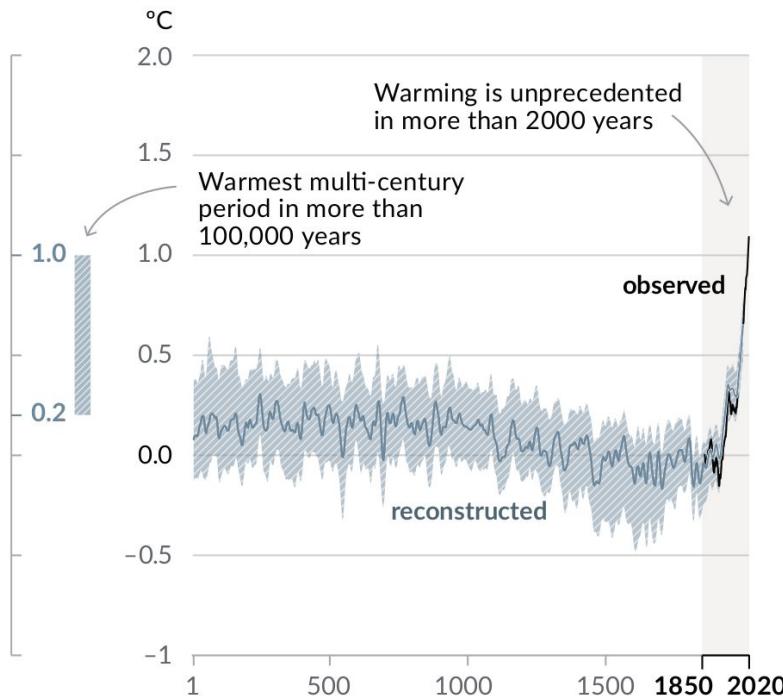


Österreich

Energie: 70%
 Industrie 20%
 Landwirtschaft 9%
 Abfallwirtschaft 2%

Quelle: [Our World in Data](#)

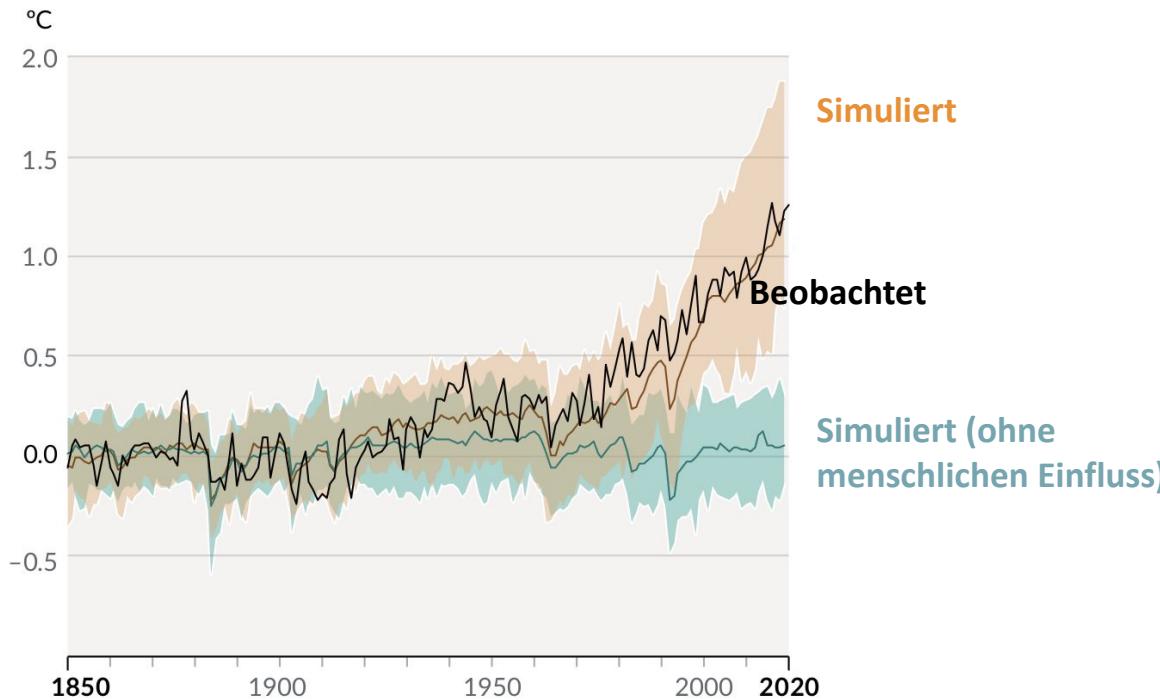
Unsere Emissionen führen zu einer Temperatur die heute höher ist als in den letzten 2000 Jahren



Globale Temperaturänderung relativ zu 1850-1900.

Quelle: [IPCC AR6](#)

Die beobachtete Temperaturänderung kann ohne den menschlichen Einfluss nicht erklärt werden.



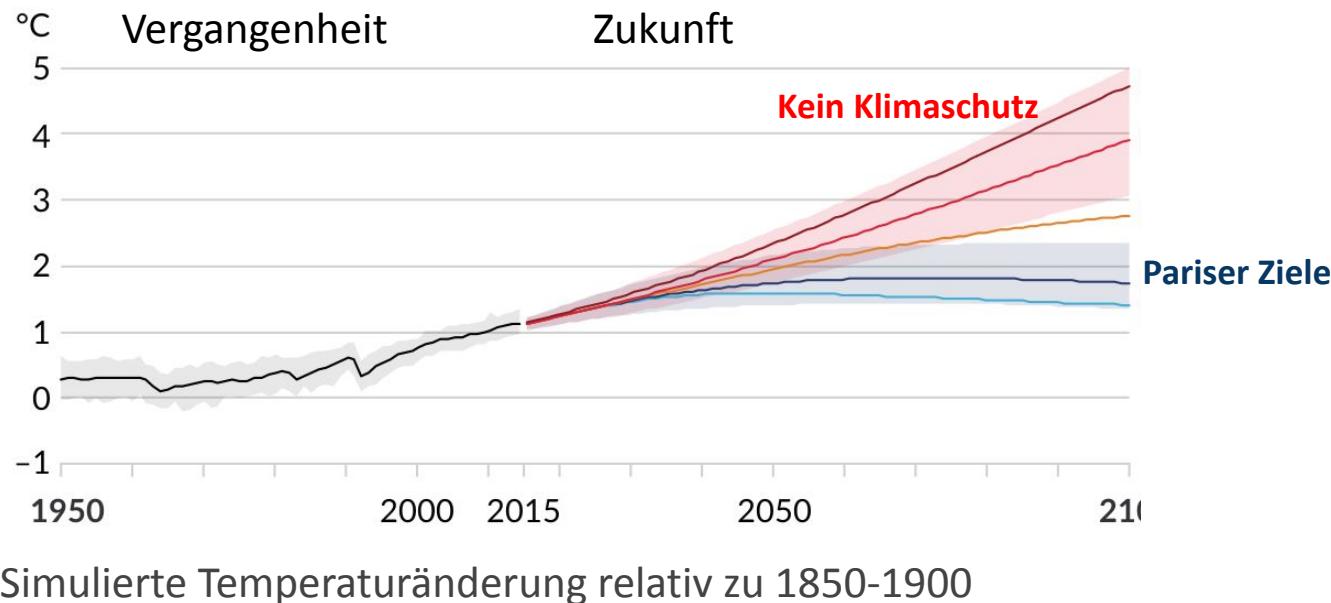
Globale Temperaturänderung relativ zu 1850-1900.

"It is unequivocal that human influence has warmed the atmosphere, ocean and land. Widespread and rapid changes in the atmosphere, ocean, cryosphere and biosphere have occurred."

– IPCC AR6 WG1 SPM

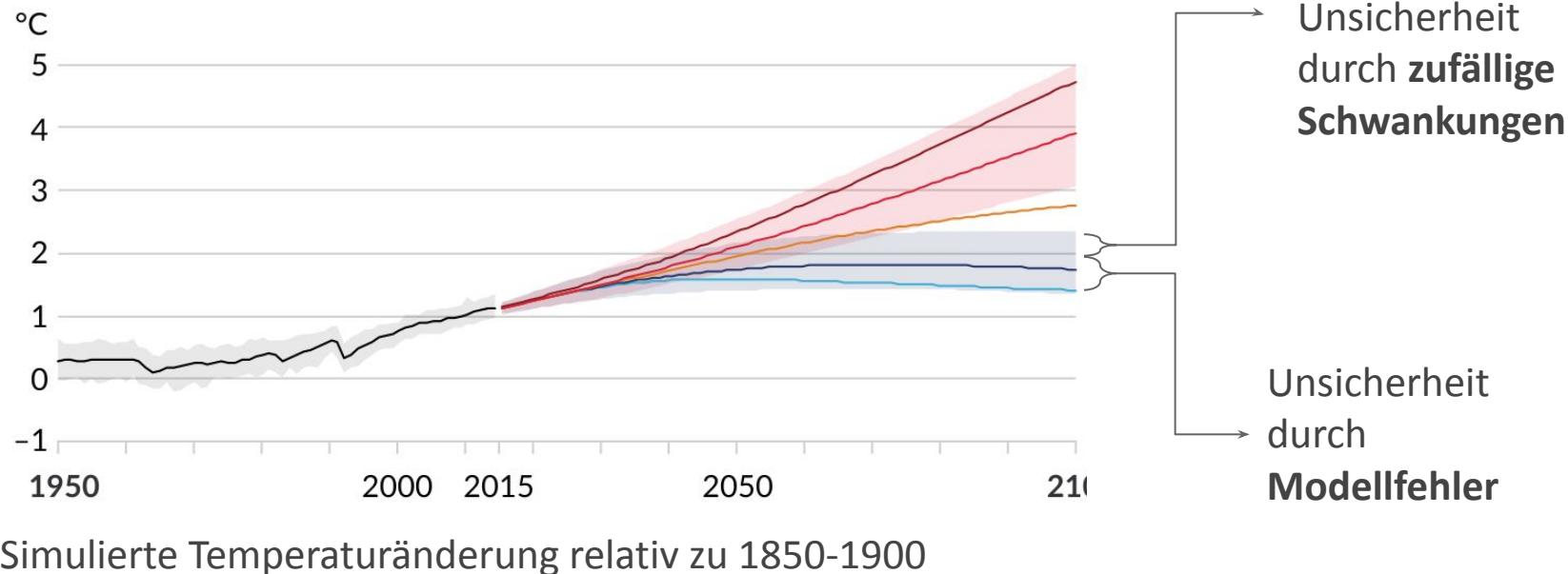
Quelle: [IPCC AR6](#)

Wie die Wissenschaft in die Zukunft schaut: Klimamodell-Simulationen basierend auf Szenarien



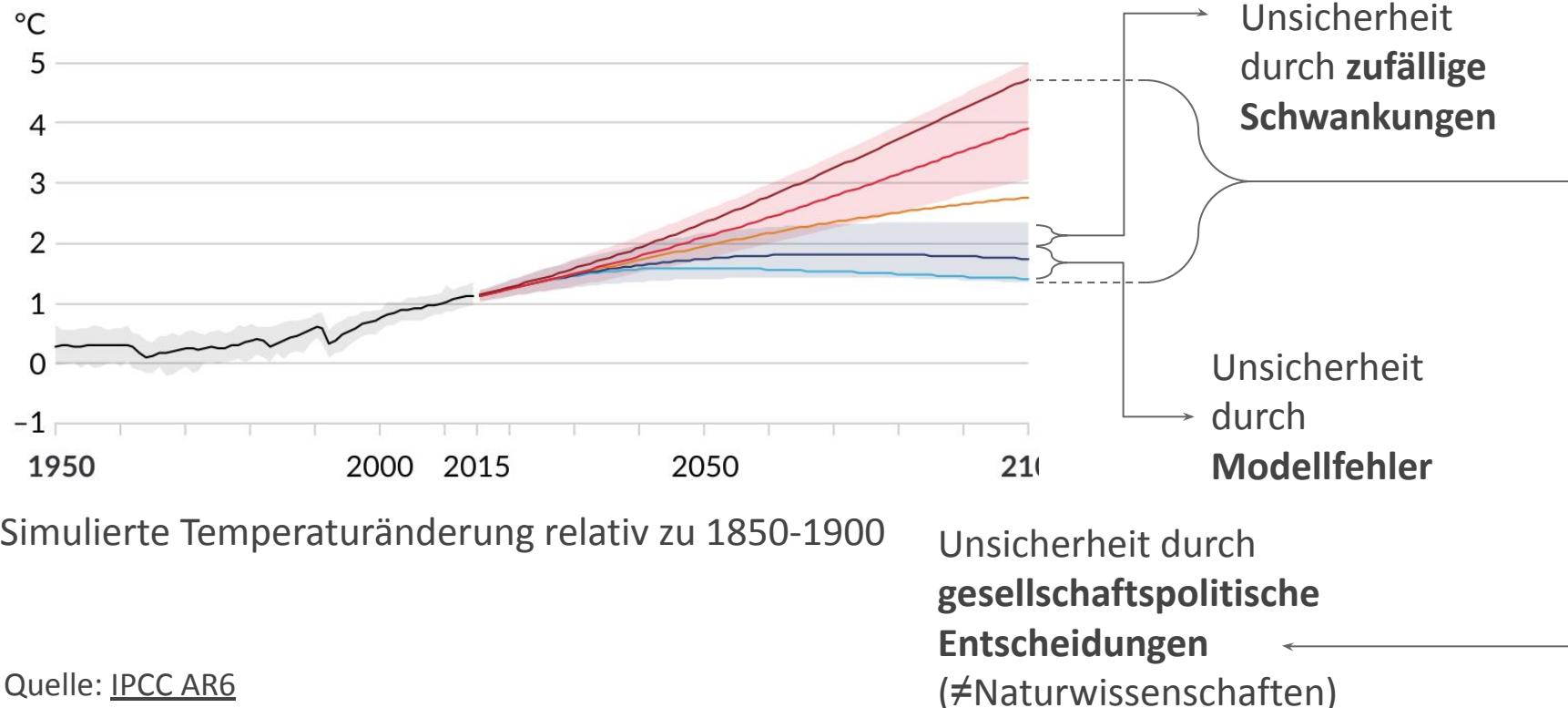
Quelle: [IPCC AR6](#)

Wie die Wissenschaft in die Zukunft schaut: Klimamodell-Simulationen basierend auf Szenarien



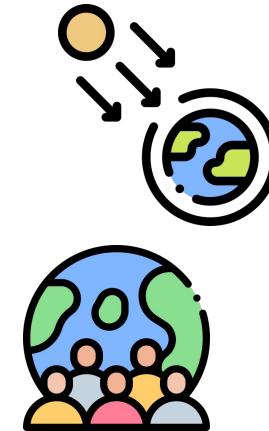
Quelle: [IPCC AR6](#)

Wie die Wissenschaft in die Zukunft schaut: Klimamodell-Simulationen basierend auf Szenarien



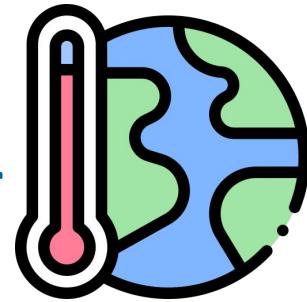
Take Home Messages

- Treibhausgase in der Atmosphäre sind durchlässig für kurzwelliges Sonnenlicht aber absorbieren die langwellige Wärmestrahlung der Erde (natürlicher Treibhauseffekt)
- Das Klimasystem versucht langfristig ein Gleichgewicht zwischen Einstrahlung (von der Sonne) und Ausstrahlung zu erreichen.
- Etwa 50% der menschgemachten Emissionen sammeln sich langfristig in der Atmosphäre an und führen so zu einem Anstieg der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre.
- Der Anstieg der Treibhausgaskonzentration führt zu einem Anstieg der globalen Temperatur von bisher ca. 1.1°C und wird sich in der Zukunft fortsetzen.

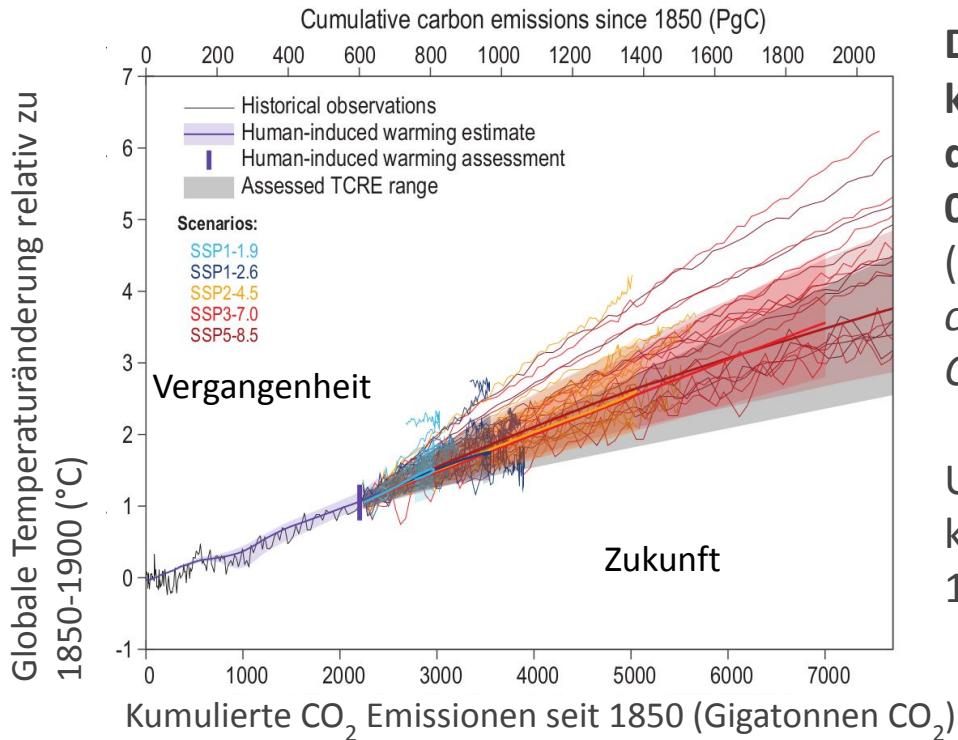


3 | Der Zusammenhang von Emissionen und Temperatur

Und ein kurzer Ausflug in die politische Dimension...



Die Ansammlung von CO₂ in der Atmosphäre ist direkt proportional zur Erwärmung des Klimasystems

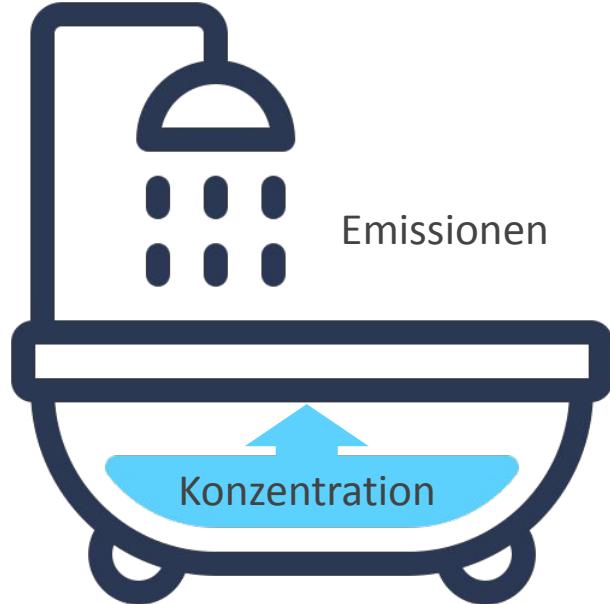


Die Reaktion des Klimas auf kumulierte CO₂ Emissionen ist quasi konstant und beträgt ca. 0,5°C / 1'000 Gt CO₂
 (Englisch: TCRE – *transient climate response to cumulative CO₂ emissions*)

Um das 2°C Ziel zu erreichen, können wir damit noch etwa 1'300 Gt CO₂ ausstoßen.

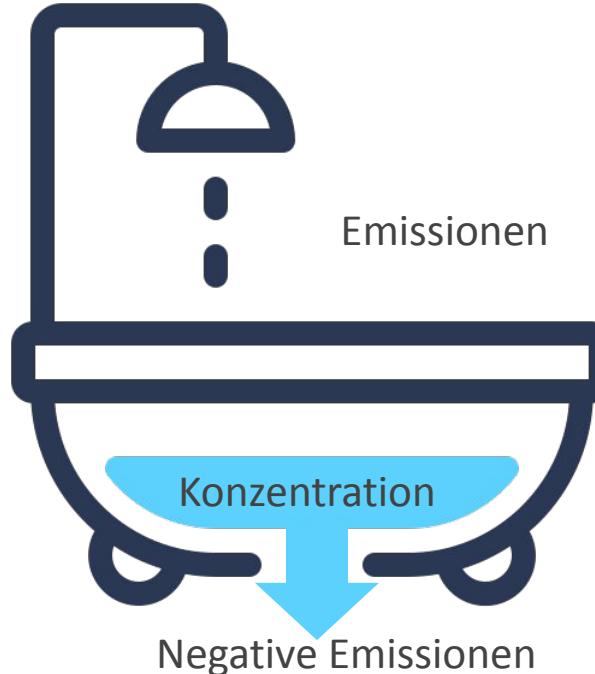
Quelle: [IPCC AR6](#)

Um die Temperatur zu stabilisieren sind Null Emissionen notwendig



Solange wir Treibhausgase emittieren, steigt deren Konzentration in der Atmosphäre und damit die Temperatur!

Um die Temperatur zu stabilisieren sind Netto-Null Emissionen notwendig



Netto-Null beschreibt die menschgemachte Emissionen minus die Treibhausgase, die wieder aus der Atmosphäre entfernt werden (“**Negative Emissionen**”). Unsere Fähigkeit dazu ist aber noch unsicher.



Maschinelles entfernen von CO_2 aus der Atmosphäre

Das Pariser Abkommen der Parteien der UNFCCC

Article 2

1. This Agreement, in enhancing the implementation of the Convention, including its objective, aims to strengthen the global response to the threat of climate change, in the context of sustainable development and efforts to eradicate poverty, including by:

(a) Holding the increase in the global average temperature to well below 2°C above pre-industrial levels and pursuing efforts to limit the temperature increase to 1.5°C above pre-industrial levels, recognizing that this would significantly reduce the risks and impacts of climate change;

Article 3

As nationally determined contributions to the global response to climate change, all Parties are to undertake and communicate ambitious efforts as defined in Articles 4, 7, 9, 10, 11 and 13 with the view to achieving the purpose of this Agreement as set out in Article 2. The efforts of all Parties will represent a progression over time, while recognizing the need to support developing country Parties for the effective implementation of this Agreement.

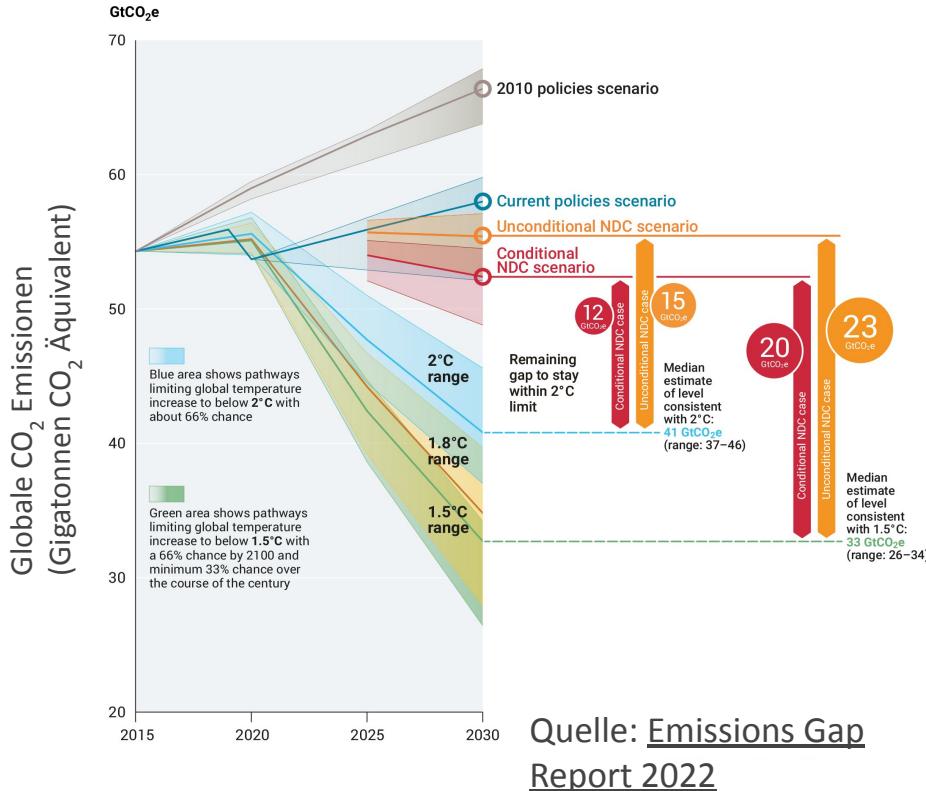
Die Erhöhung der Globaltemperatur soll unter 2°C (1,5°C) gehalten werden.

Merke: das ist ein politisches Ziel kein wissenschaftliches

Die Parteien legen ihren Beitrag selbst fest und berichten darüber.

Mit der Zeit sollen die Beträge der Parteien nachgebessert werden, um das Pariser Ziel zu erreichen.

Die bisher gesetzten Maßnahmen reichen nicht aus um Netto-Null Emissionen rechtzeitig zu erreichen



NDC: nationally determined contribution – Nationale Beiträge der Parteien

Wie wir dem Ziel näherkommen (wollen): die UN-Klimakonferenzen – Conference of the Parties (COP)



Pariser Abkommen: Mit der Zeit sollen die Beträge der Parteien nachgebessert werden, um das Pariser Ziel zu erreichen.

WELTKLIMAKONFERENZ

Gewessler zu COP 27: "Bin enttäuscht vom Ergebnis dieser Konferenz"

Der Unterstützungsfonds für vom Klimawandel betroffene Entwicklungsländer sei ein "Zeichen der Solidarität", aber bei weitem nicht genug, sagt die Ministerin

21. November 2022, 08:22, 859 Postings

Die rund 200 Teilnehmerstaaten der Weltklimakonferenz haben sich darauf geeinigt, einen Fonds zur finanziellen Unterstützung ärmerer Länder einzurichten, die von Folgen der Erderwärmung besonders hart betroffen sind. Bekräftigt wurde zudem die Vorgabe, die Kohlenutzung herunterzufahren. Ein Abschied von sämtlichen fossilen Brennstoffen floss in den Abschlusstext aber nicht ein. Deutliche Kritik gab es daran, dass sich die COP-27-Teilnehmer nicht darauf einigen konnten, die Staaten bei der Reduzierung klimaschädlicher Treibhausgase stärker in die Pflicht zu nehmen.

"Auch ich bin enttäuscht vom Ergebnis dieser Konferenz", sagte Klimaschutzministerin Leonore Gewessler (Grüne) am Montag im Ö1-Morgenjournal. "Wir sind im entscheidenden Punkt der Emissionsreduktion keinen wesentlichen Schritt weitergekommen als letztes Jahr in Glasgow. Das ist eine Enttäuschung, denn wir brauchen im Klimaschutz jetzt mehr Entschlossenheit, mehr Tempo, genau darum geht es bei den Konferenzen."



Klimaschutzministerin Leonore Gewessler (Grüne) ist mit dem Ergebnis der Konferenz nicht glücklich.
Foto: Imagoe / Sepa Media / Michael Indra

"Wir sind [bei] der Emissionsreduktion keinen wesentlichen Schritt weitergekommen als [2021] in Glasgow."

Andere Dimensionen der Klimakrise

- Reduktion von Emissionen (**mitigation**)
- Anpassung an Klimawandel (**adaptation**)
- Historische Verantwortung für Klimaschäden (**loss & damage**)

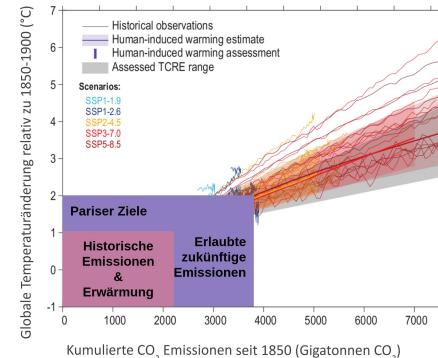
Article 7

1. Parties hereby establish the global goal on adaptation of enhancing adaptive capacity, strengthening resilience and reducing vulnerability to climate change, with a view to contributing to sustainable development and ensuring an adequate adaptation response in the context of the temperature goal referred to in Article 2.

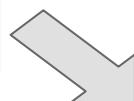
Article 8

1. Parties recognize the importance of averting, minimizing and addressing loss and damage associated with the adverse effects of climate change, including extreme weather events and slow onset events, and the role of sustainable development in reducing the risk of loss and damage.

Quelle: [Paris agreement, Cover decision Scharme El Scheich](#)



Paris agreement: COP21



Loss & Damage at COP27

27. Welcomes the consideration, for the first time, of matters relating to funding arrangements responding to loss and damage associated with the adverse effects of climate change, including a focus on addressing loss and damage, under the Conference of the Parties and the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement

Mit entschlossenem Handeln können wir die globale Erwärmung immer noch auf unter 2°C begrenzen

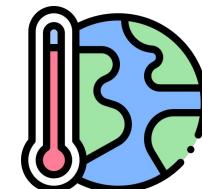
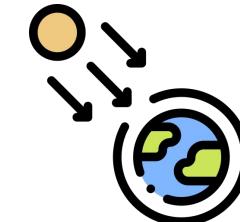


The screenshot shows a news article from DER STANDARD. At the top, there's a navigation bar with links like "Wissenschaft > Natur > Klimawandel", "International", "Inland", "Wirtschaft", "Web", "Sport", "Panorama", "Kultur", "Etat", and "mehr...". Below the navigation is a header with "HOFFNUNG IM KLIMASCHUTZ" and a sub-headline: "Wenn Klimaziele streng eingehalten werden, könnte die Erwärmung unter zwei Grad bleiben". A small note below says: "Die 1,5-Grad-Marke der Erderwärmung wird wohl überschritten. Für das 2-Grad-Ziel sieht es besser aus – wenn alle die Zusagen der Glasgow-Klimakonferenz umsetzen". The main headline is "nature". The article was published on "14. April 2022, 12:37, 170 Postings". The URL is "nature > articles > article". The title of the article is "Realization of Paris Agreement pledges may limit warming just below 2 °C". The authors listed are "Malte Meinshausen, Jared Lewis, Christophe McGlade, Johannes Gütschow, Zebedee Nicholls, Rebecca Burdon, Laura Cozzi & Bernd Hackmann". A caption at the bottom states: "Bei der COP 26 in Glasgow wurde für Klimagerechtigkeit demonstriert. Zumindest das 2-Grad-Ziel dürfte aber noch im Rahmen des Möglichen liegen."

Quellen:
[Meinshausen et al. 2022](#)
[DerStandard](#)

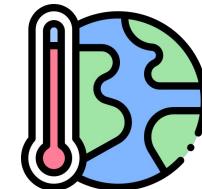
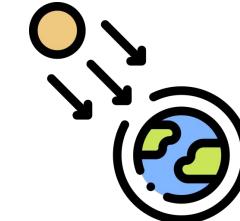
Take Home Messages

- Treibhausgase in der Atmosphäre sind durchlässig für kurzwelliges Sonnenlicht aber absorbieren die langwellige Wärmestrahlung der Erde (natürlicher Treibhauseffekt)
- Das Klimasystem versucht langfristig ein Gleichgewicht zwischen Einstrahlung (von der Sonne) und Ausstrahlung zu erreichen.
- Etwa 50% der menschgemachten Emissionen sammeln sich langfristig in der Atmosphäre an und führen so zu einem Anstieg der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre.
- Der Anstieg der Treibhausgaskonzentration führt zu einem Anstieg der globalen Temperatur von bisher ca. 1.1°C.
- Um den Klimawandel aufzuhalten, müssen wir es schaffen, möglichst bald Netto-Null-Emissionen zu erreichen.
- Das muss durch eine schnelle und deutliche Reduktion unserer Emissionen passieren, unterstützt durch Maßnahmen, die CO₂ aus der Atmosphäre entfernen.
- Die UN-Klimakonferenzen versuchen dieses Ziel (und andere) durch freiwillige Selbstverpflichtungen der Länder zu erreichen



Take Home Messages

- Treibhausgase in der Atmosphäre sind durchlässig für kurzwelliges Sonnenlicht aber **absorbieren die langwellige Wärmestrahlung der Erde** (natürlicher Treibhauseffekt)
- Das **Klimasystem** versucht langfristig ein **Gleichgewicht** zwischen Einstrahlung (von der Sonne) und Ausstrahlung zu erreichen.
- Etwa **50% der menschgemachten Emissionen sammeln sich langfristig in der Atmosphäre an** und führen so zu einem Anstieg der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre.
- Der Anstieg der Treibhausgaskonzentration führt zu einem **Anstieg der globalen Temperatur** von bisher ca. 1.1°C .
- Um den Klimawandel aufzuhalten, müssen wir es schaffen, möglichst bald **Netto-Null-Emissionen** zu erreichen.
- Das muss durch eine **schnelle und deutliche Reduktion unserer Emissionen** passieren, unterstützt durch Maßnahmen, die CO_2 aus der Atmosphäre entfernen.
- Die UN-Klimakonferenzen versuchen dieses Ziel (und andere) durch **freiwillige Selbstverpflichtungen der Länder** zu erreichen



Bildquellen

- Icons. Diese Präsentation verwendet Icons von [Flaticon.com](#).
- Snowball Earth/Earth. CC BY http://www.grundskoleboken.se/wiki/Kolcykeln_och_vulkaner und <https://flickr.com/photos/gsfc/4792764923>
- Treibhauseffekt. Von A loose necktie - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=80356809>
- Energiebilanz: https://www.zamg.ac.at/cms/de/images/klima/bild_ip-klimawandel/klimasystem/umsetzungen/2-3-1_1_energiebilanz
- Klimasystem. CC NY-NC-SA <https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/upload/Klimasystem.jpg>, <https://bildungsserver.hamburg.de/das-klimasystem/2063960/klimasystem-und-subsysteme/>
- Kohlenstoffkreislauf. <https://www.publicdomainpictures.net/en/view-image.php?image=50043&picture=sky>, <https://pxhere.com/nl/photo/134362>,
- <https://www.pexels.com/photo/view-of-calm-ocean-water-2087312/>
- Climworks. <https://www.innaturale.com/wp-content/uploads/2017/06/centrale-raccolta-co2.jpg>
- Was können wir tun. <https://climatevisuals.org/groupitem/19/>, Creative Commons: VitusKonter, Colville-Andersen, Arne List, 10:10, Monty Rakusen / Alamy