

Naturwissenschaftliche Grundlagen der Klimakrise

Dr. Lukas Brunner | Universität Wien

Vorstellung und Kontakt

- Studium Physik an der Karl-Franzens Universität Graz
- Doktorat am Wegener Center für Klima und Globalen Wandel
- Wissenschaftler in der Gruppe für Klimaphysik an der ETH Zürich
- 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

Institut für Meteorologie und Geophysik

Universität Wien

Josef-Holaubek-Platz 2 (UZA II), 1090 Wien

Web: <https://lukasbrunner.github.io/>

Mail: l.brunner@univie.ac.at

Überblick über die nächsten ca. 45 Minuten



1 | Das Klimasystem der Erde



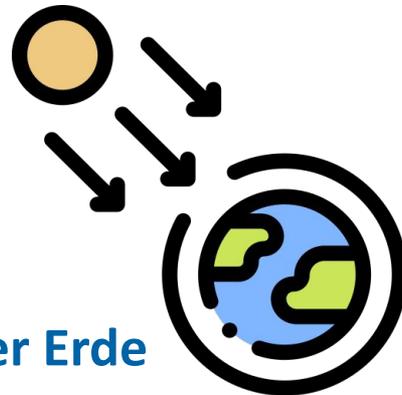
2 | Der menschliche Einfluss auf das Klima



3 | Die Auswirkungen des Klimawandels



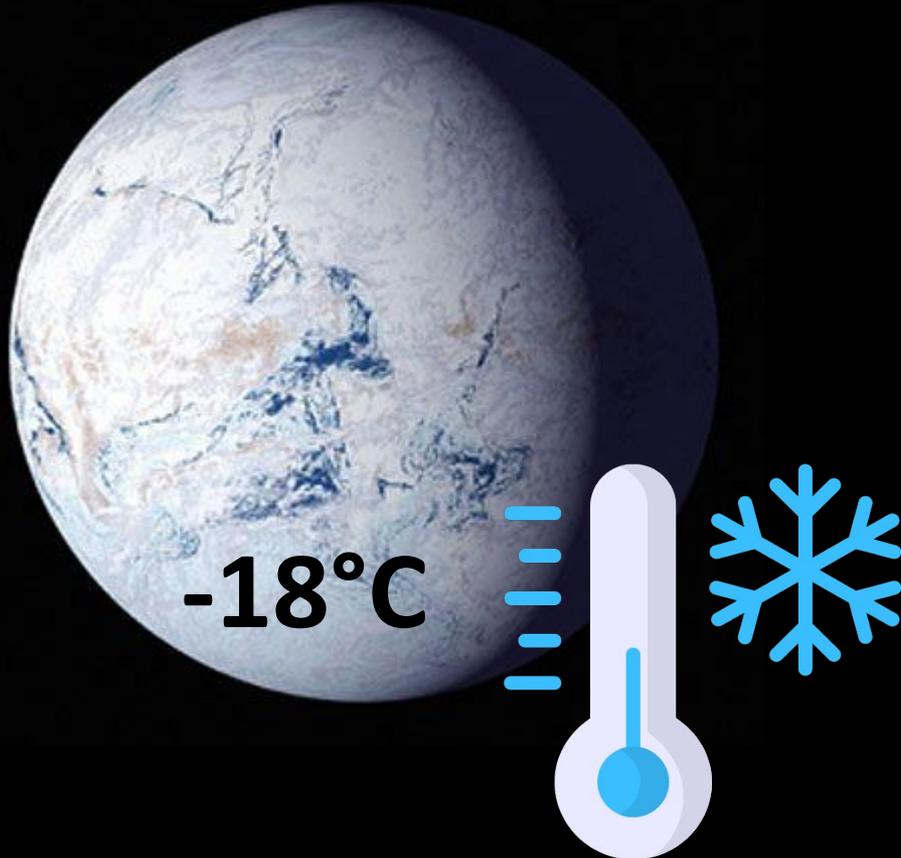
4 | Verschiedene Wege in die Zukunft



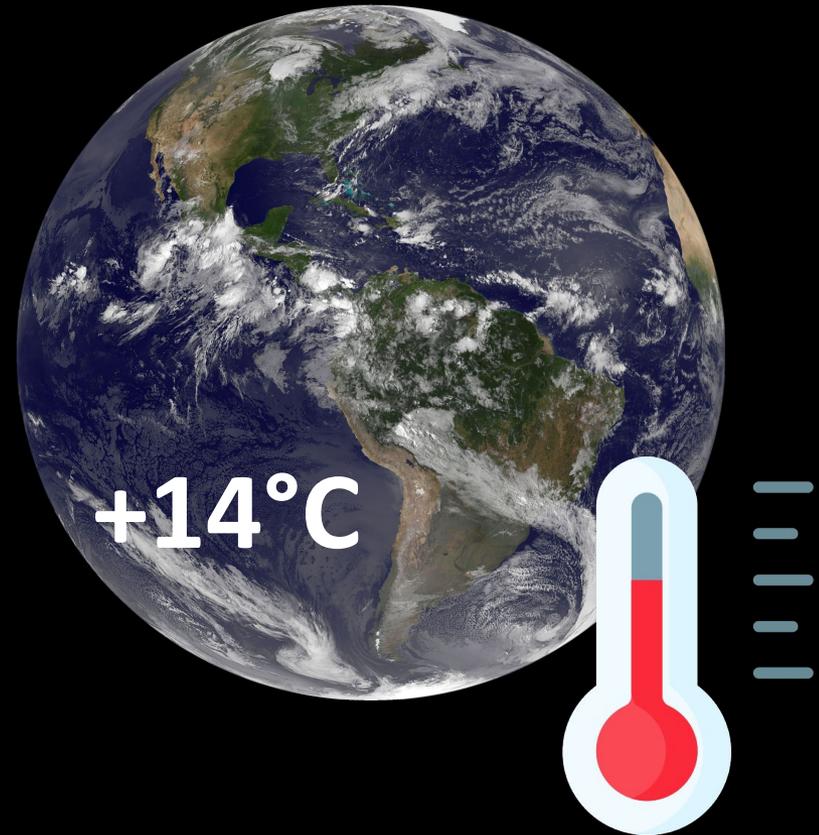
1 | Das Klimasystem der Erde

Temperatur der Erde und (natürlicher) Treibhauseffekt

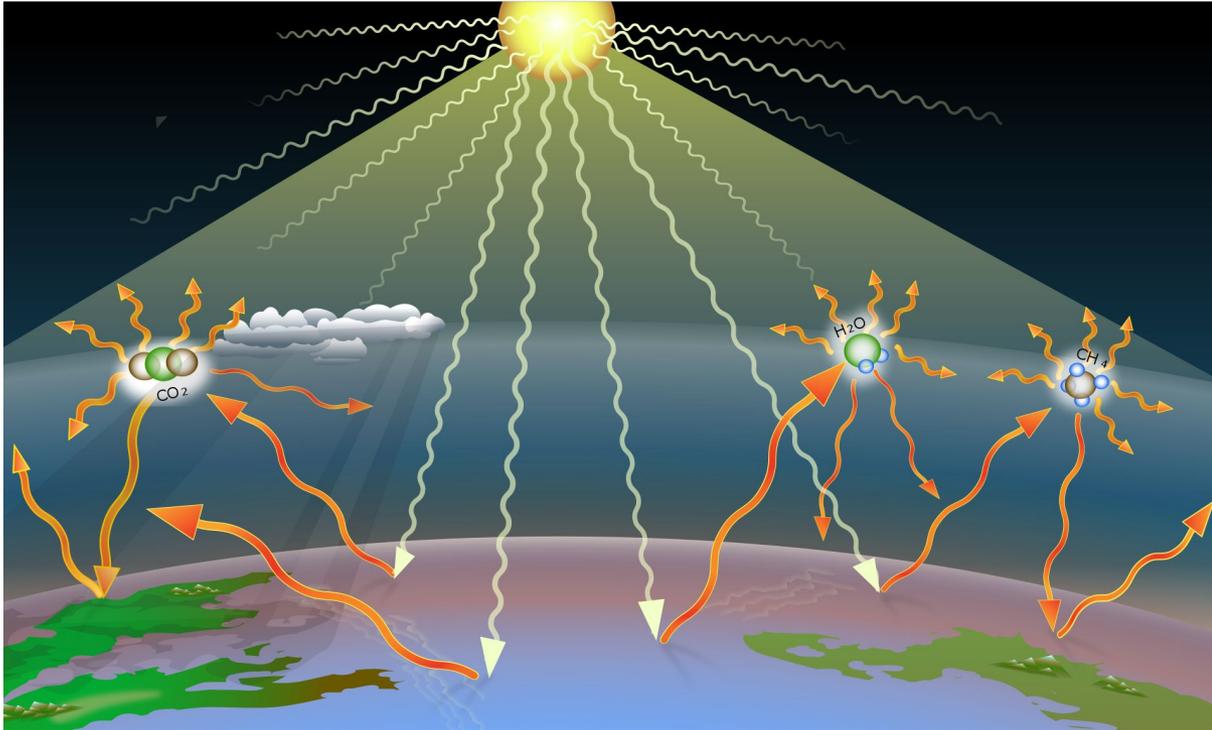
Ohne Treibhausgase



Mit Treibhausgasen



Der natürliche Treibhauseffekt



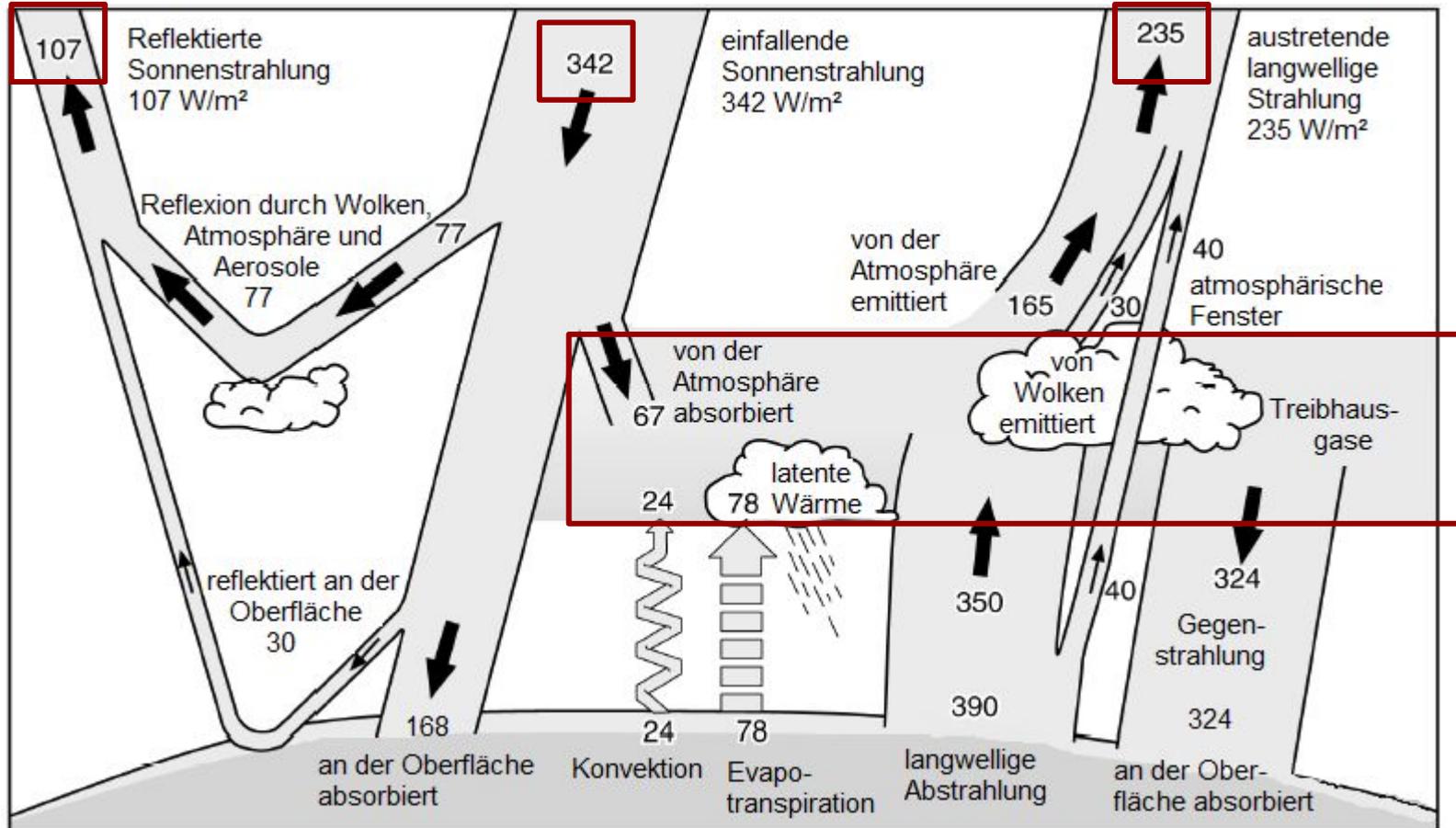
Treibhausgase sind durchlässig für kurzweilig Sonnenstrahlung aber absorbieren die langwellige Strahlung die von der Erde ausgeht

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

Anmerkung: Ein Quellenverzeichnis von allen verwendeten Abbildung befindet sich am Ende der Präsentation.

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

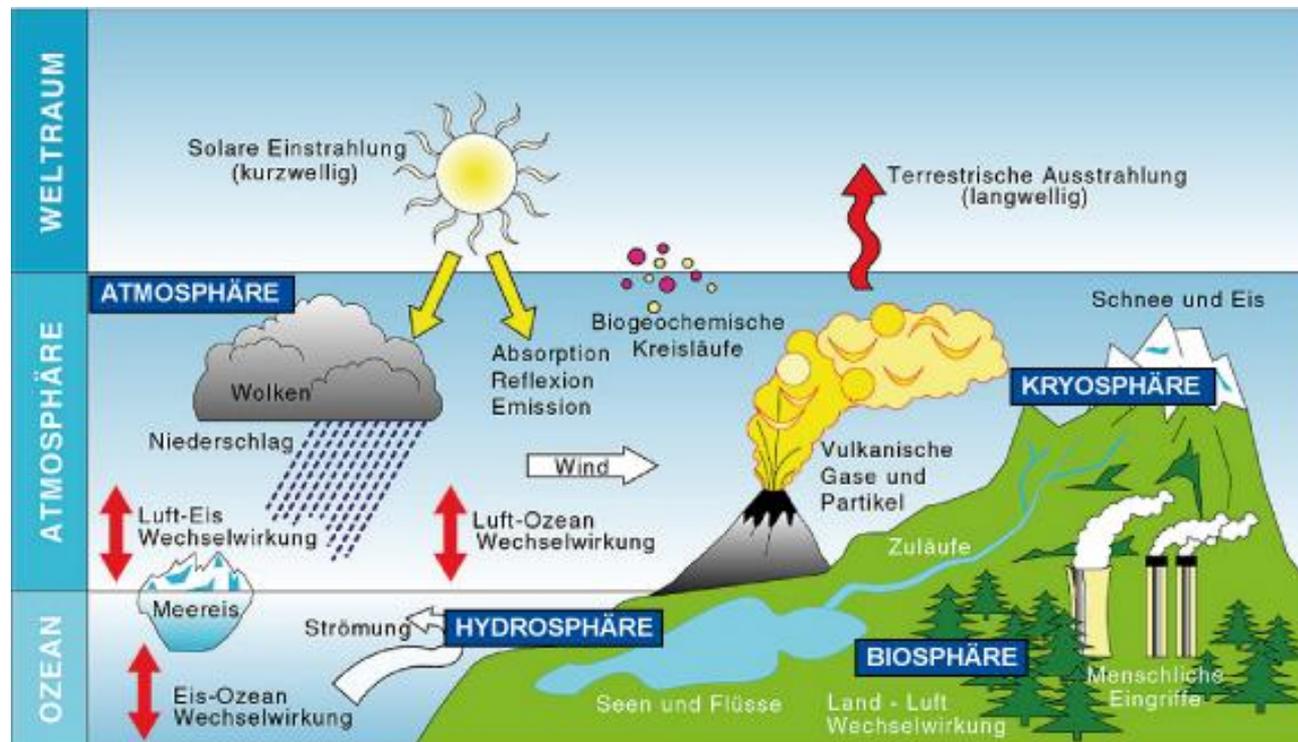
Einfallend (342 W/m^2) = Reflektiert (107 W/m^2) + Austretend (235 W/m^2)



Quelle:
ZAMG

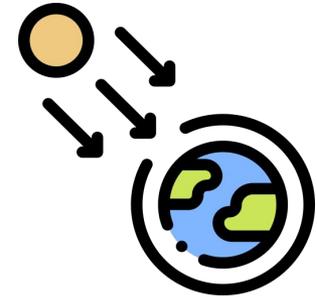
Komponenten des Klimasystems und ihre Einteilung

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



Take Home Messages

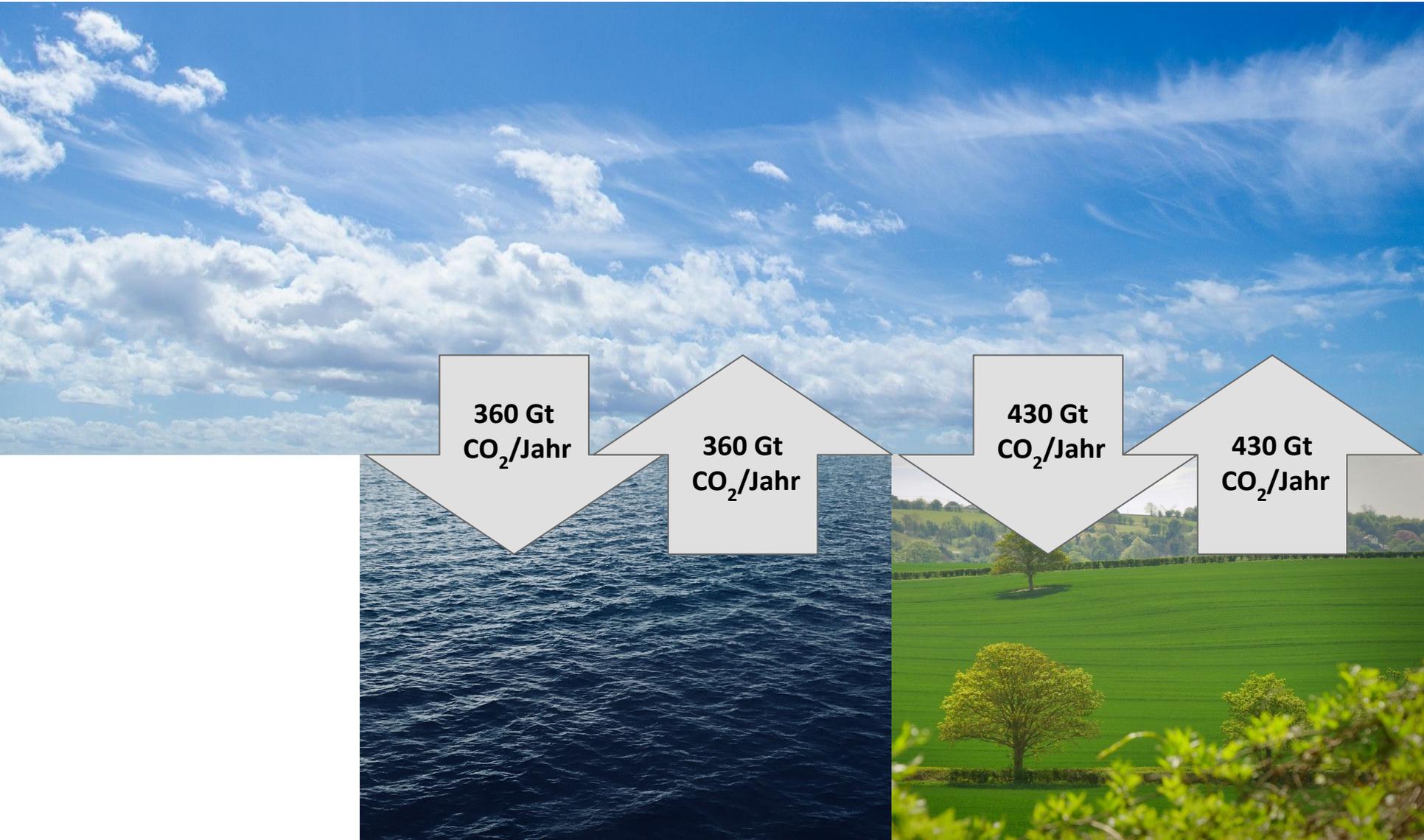
- **Treibhausgase** in der Atmosphäre sind **durchlässig für kurzwelliges Sonnenlicht** aber **absorbieren die langwellige Wärmestrahlung der Erde** (natürlicher Treibhauseffekt)
- Das **Klimasystem** versucht langfristig ein **Gleichgewicht** zwischen Einstrahlung (von der Sonne) aus Ausstrahlung zu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



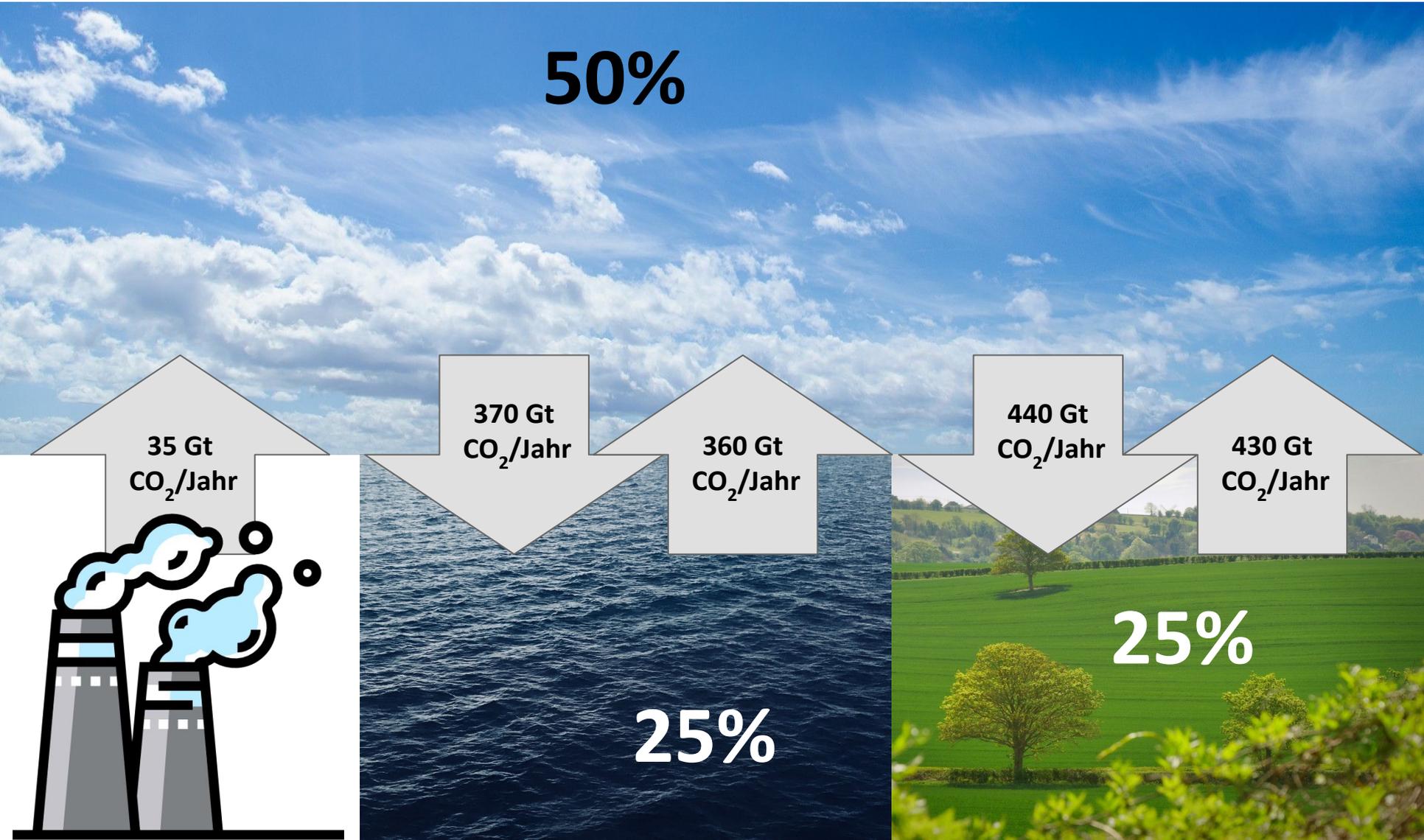
2 | Der Menschliche Einfluss auf das Klima



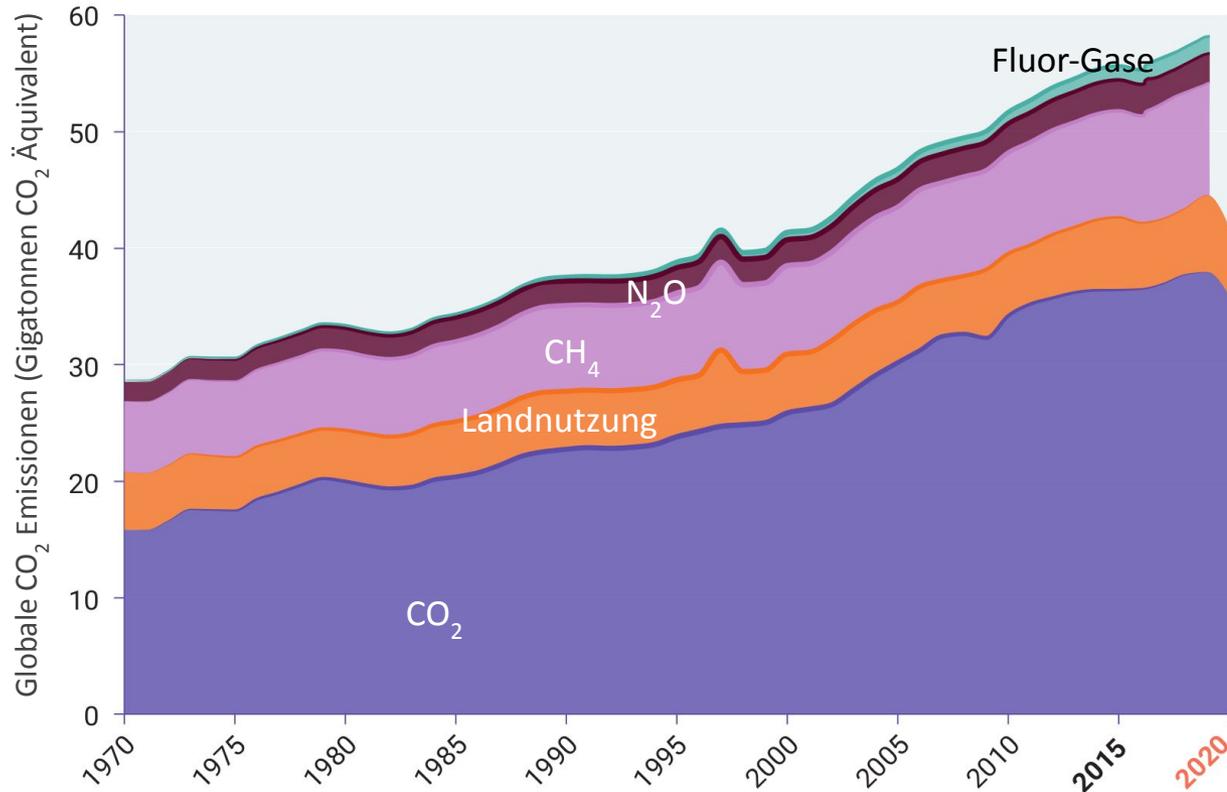
Der natürliche CO₂ Kreislauf



Der natürliche CO₂ Kreislauf und die menschliche Störung



Anteil anderer Treibhausgase im Vergleich zu CO₂



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

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

Quelle: Emissions Gap Report 2021

Woher kommen unsere Emissionen in Österreich?

ENERGIE 54,9 Mio t

INDUSTRIE 15,6 Mio t

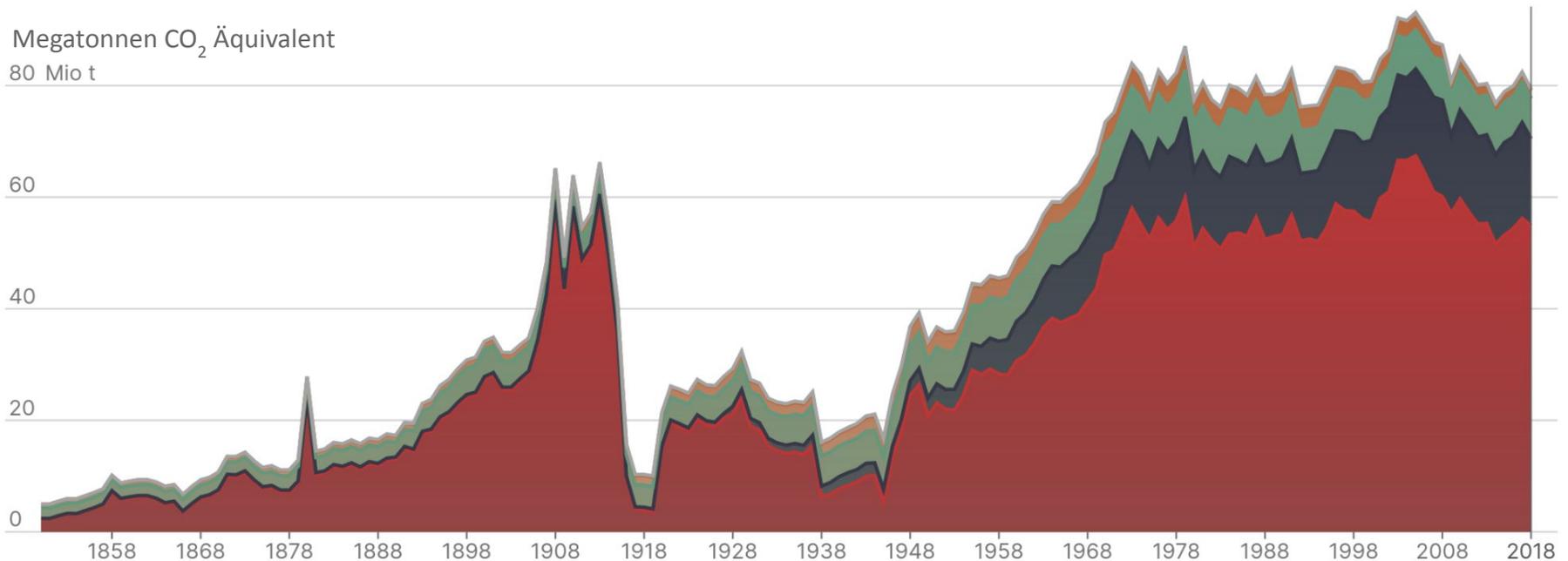
LANDWIRTSCHAFT 7,22 Mio t

ABFALLWIRTSCHAFT 1,42 Mio t

ANDERE 0,23 Mio t

GESAMT 79,37 Mio t

Megatonnen CO₂ Äquivalent
80 Mio t

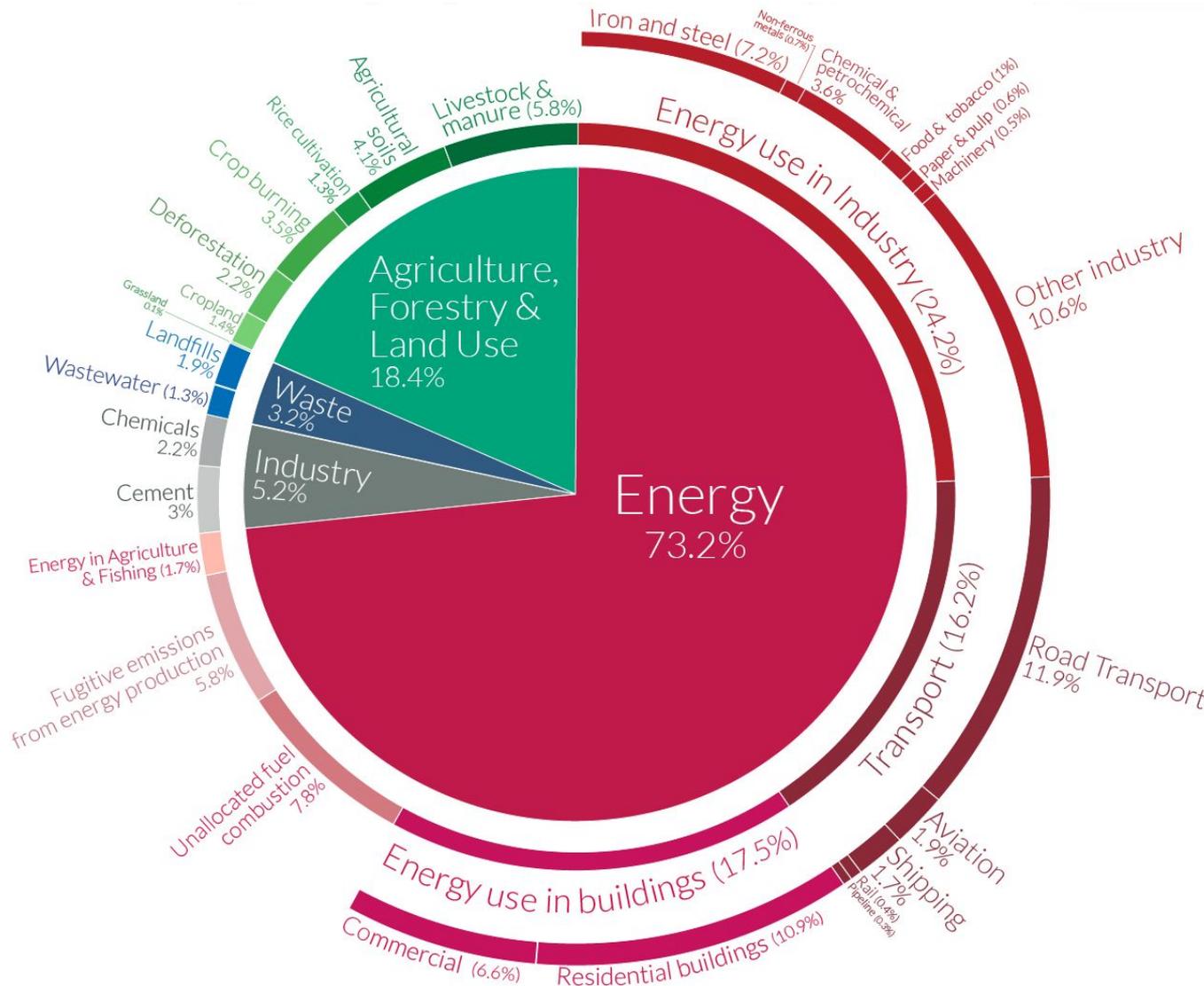


Die **Stromerzeugung** in Österreich basiert zu gut 70% auf erneuerbaren Energieträgern.

Betrachtet man allerdings den **Gesamtenergieverbrauch** sind nur gut 30% aus erneuerbar.

Quellen:
[Klimadashboard](#),
[BMKUEMIT](#)

Woher kommen die Emissionen Global gesehen?



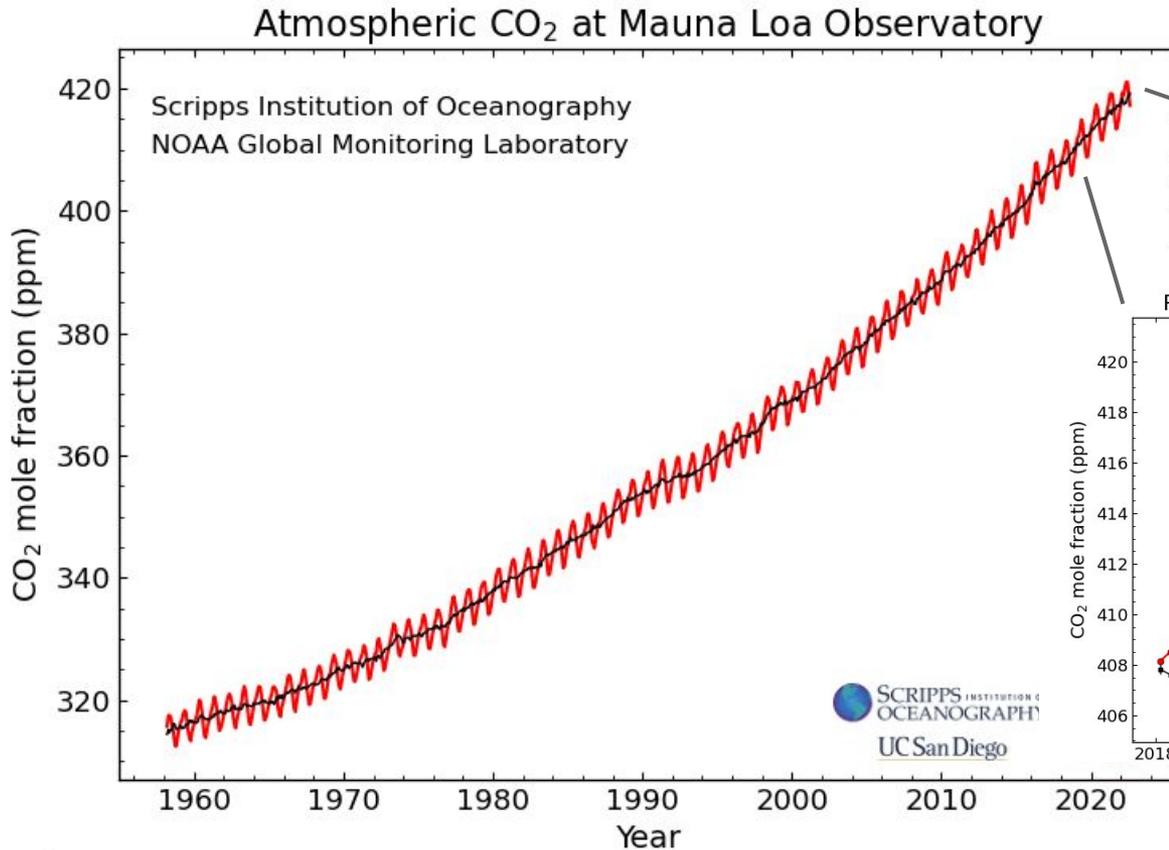
Österreich

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

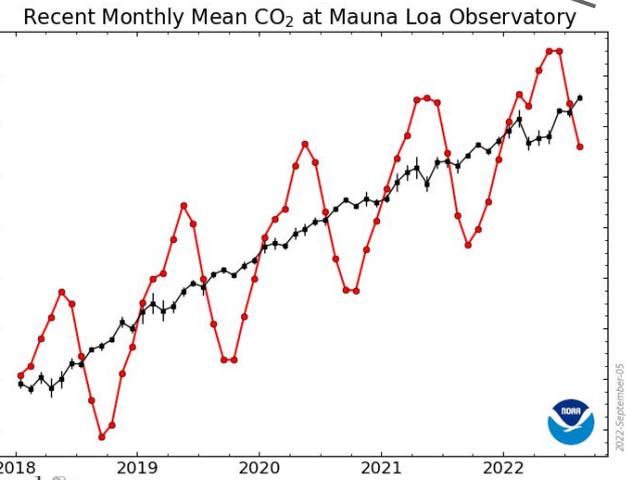
Quelle: [Our Word in Data](#)

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

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

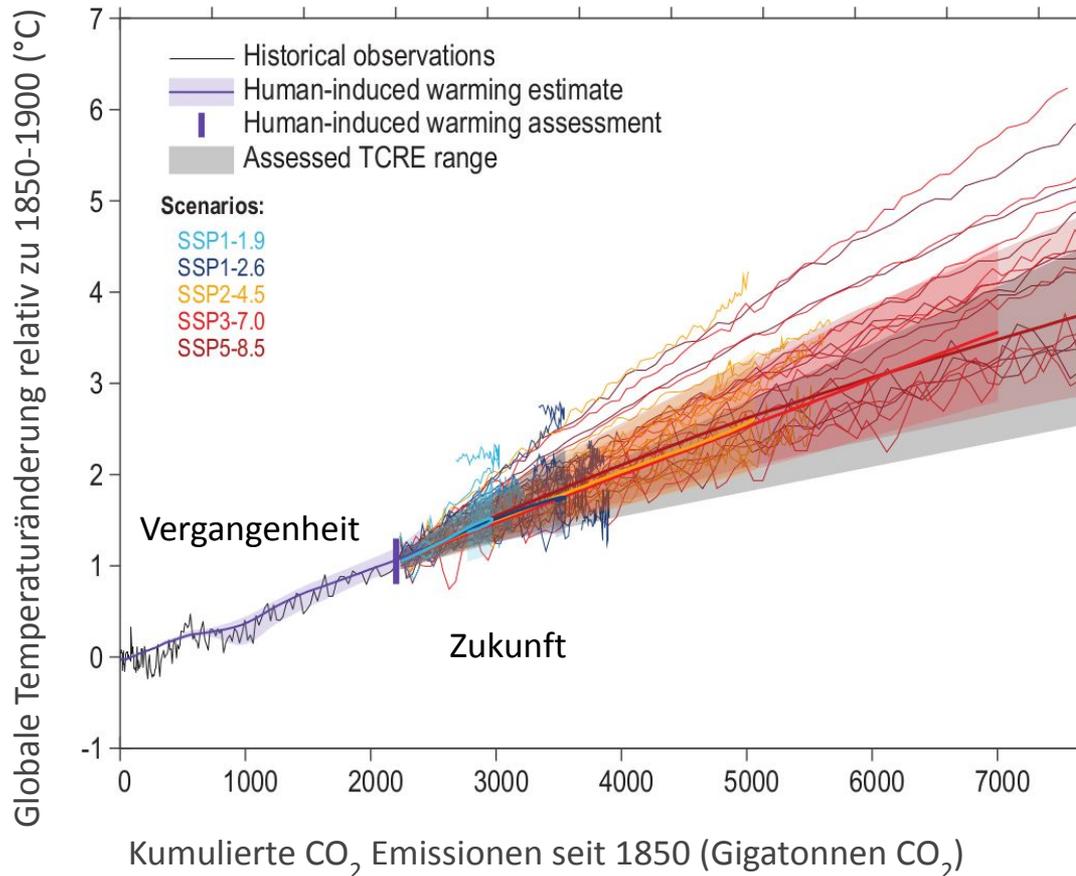


Quelle: NOAA



ppm: Teile pro
Million Teile

Die Ansammlung von CO₂ in der Atmosphäre führt zur Erwärmung des Klimasystems



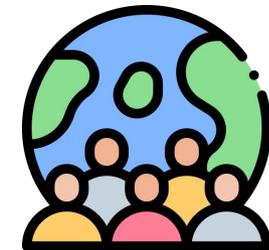
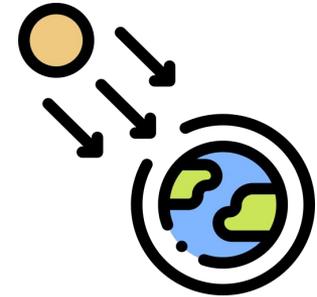
Die **instantane Reaktion des Klimas auf kumulierte CO₂ Emissionen** (Englisch: TCRE – *transient climate response to cumulative CO₂ emissions*) beträgt ca. 0,5°C / 1'000 Gt CO₂

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

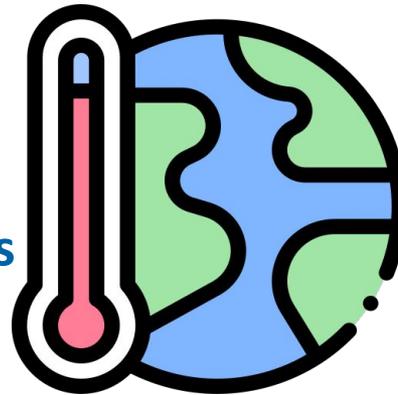
Quelle: IPCC AR6

Take Home Messages

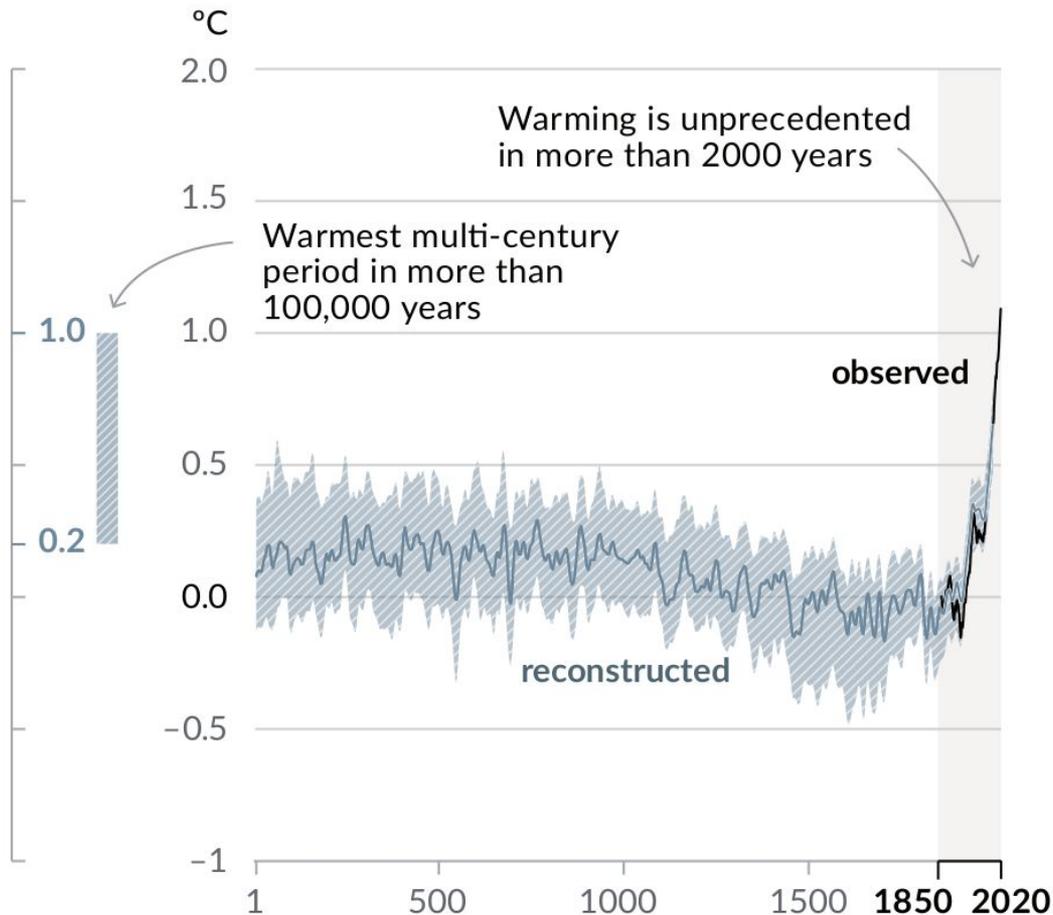
- Treibhausgase in der Atmosphäre sind durchlässig für kurzwelliges Sonnenlicht aber absorbieren die langwellige Wärmestrahlung der Erde (natürlicher Treibhauseffekt)
- Das Klimasystem versucht langfristig ein Gleichgewicht zwischen Einstrahlung (von der Sonne) aus Ausstrahlung zu erreichen.
- Etwa **50% der menschengemachte 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.



3 | Auswirkungen des Klimawandels



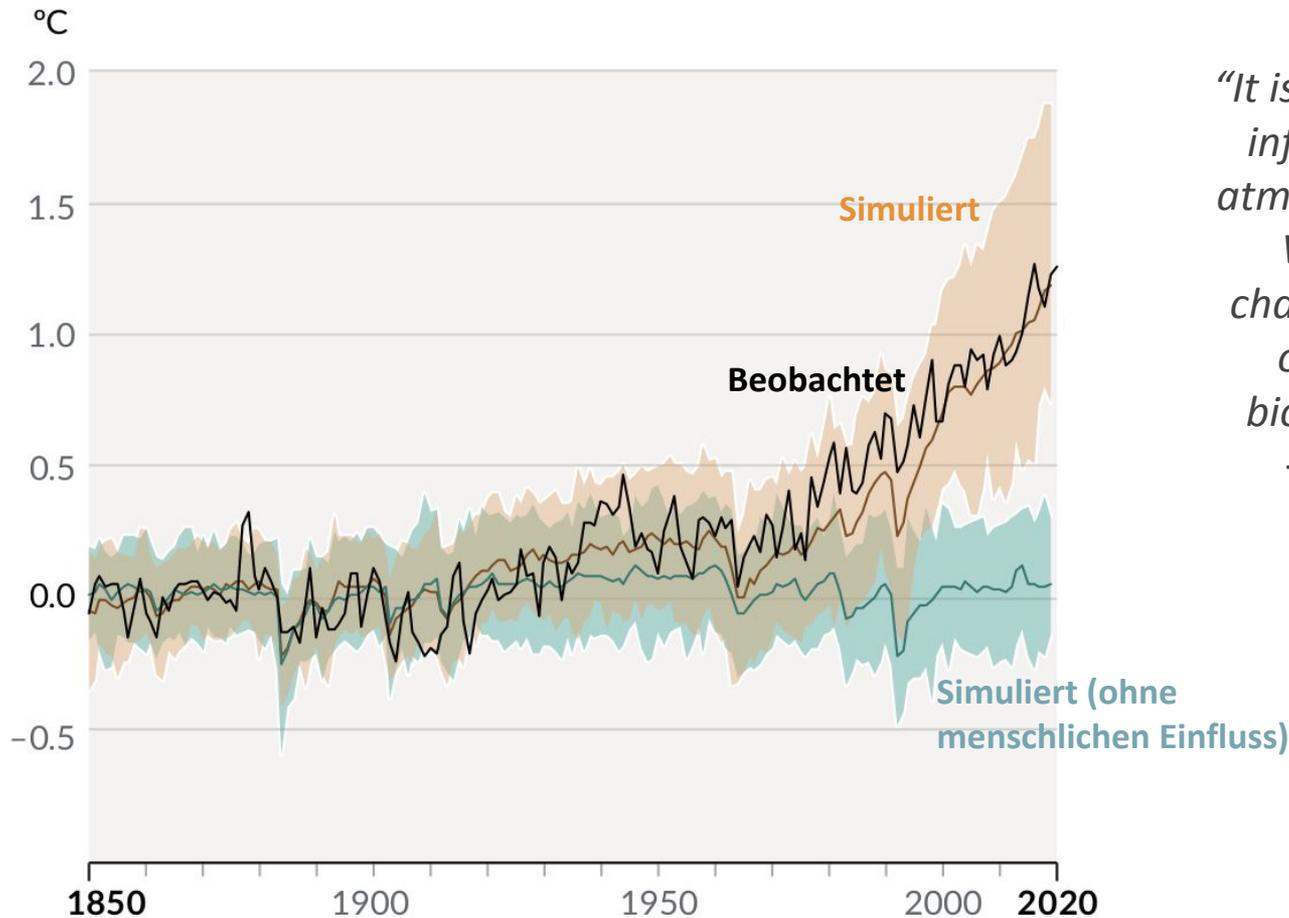
Der Temperatur ist heute höher als in den letzten 2000 Jahren



Globale Temperaturänderung relativ zu 1850-1900.

Quelle: [IPCC AR6](#)

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

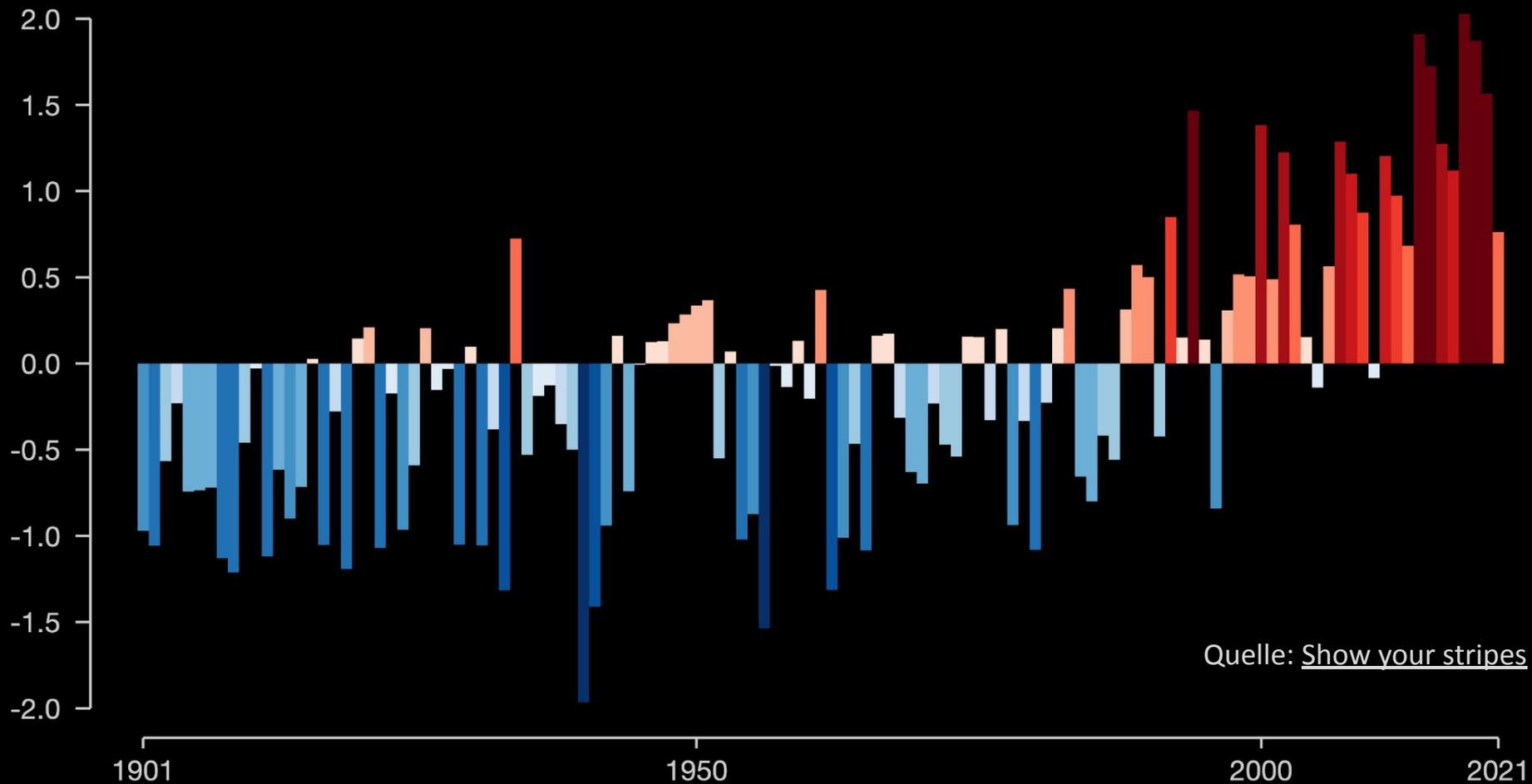


“It is unequivocal that human influence has warmed the atmosphere, ocean and land. Widespread and rapid changes in the atmosphere, ocean, cryosphere and biosphere have occurred.”
– IPCC AR6 WG1 SPM

Globale Temperaturänderung relativ zu 1850-1900.

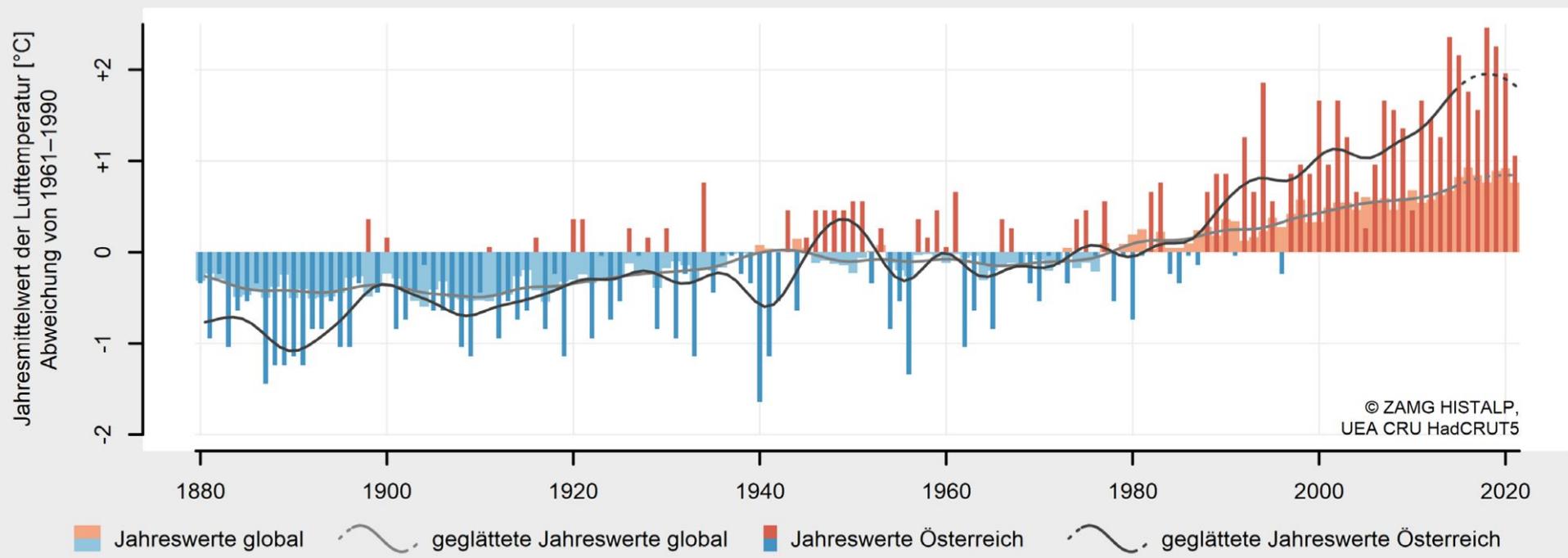
Quelle: [IPCC AR6](#)

Beobachtete Temperaturänderung in Österreich relativ zum Zeitraum 1971-2000 in °C



Quelle: [Show your stripes](#)

Die Temperaturänderung in Österreich ist im Vergleich zur globalen Temperaturänderung überdurchschnittlich stark



Die **Landoberfläche** erwärmt sich schneller als die Meere.

Höhere Breitengrade erwärmen sich schneller als die Tropen.

Quelle: [Klima Status Bericht Österreich 2021](#)

2022 ist bisher das drittwärmste Jahr in Österreich seit mindestens 70 Jahren



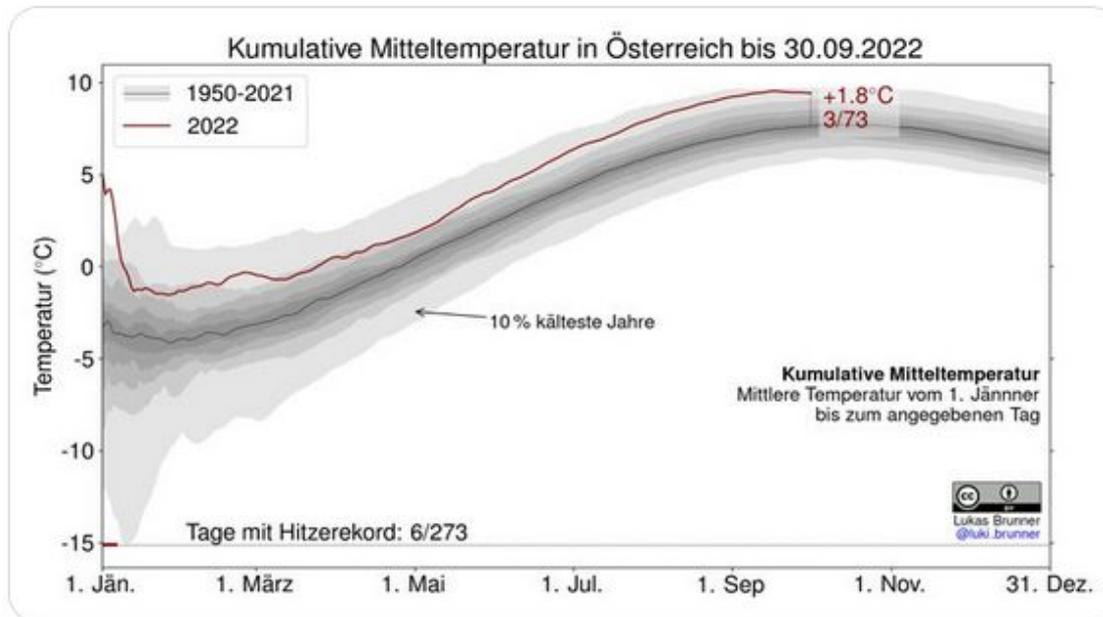
Temperatur Bot

@tas_to_date

...

Kumulative Temperatur in Österreich bis Freitag 30. September 2022

[Translate Tweet](#)



9:05 AM · Oct 7, 2022 · tas_to_date_bot

Auswirkungen des Klimawandels auf lokale Wetter: Wien – Hohe Warte (Stand 7.10. 2022)



Quelle: [Klimadashboard](#)

Auswirkungen des Klimawandels auf Niederschlag und Gewässer in Österreich und Europa

DERSTANDARD

Panorama International Inland Wirtschaft Web Sport Kultur Etat Wissenschaft Lifestyle Diskurs mehr...

69 Postings KLIMAWANDEL

Eine Reise entlang der trockenen Donau in Bildern

Nicht nur Österreich, ganz Europa blickt zurück auf eine nahezu beispiellose Dürreperiode. Hitze und Regenmangel haben in den vergangenen Sommermonaten Flüsse austrocknen lassen

Anna Giulia Fink
19. September 2022, 08:20, 69 Postings



Ausgetrocknetes Flussufer der Donau in Szentendre, Ungarn. Dort misst man Sommer seit 1901.

DERSTANDARD

Wissenschaft > Forschung Spezial International Inland Wirtschaft Web Sport Panorama Kultur Etat mehr...

6 Postings DÜRRE

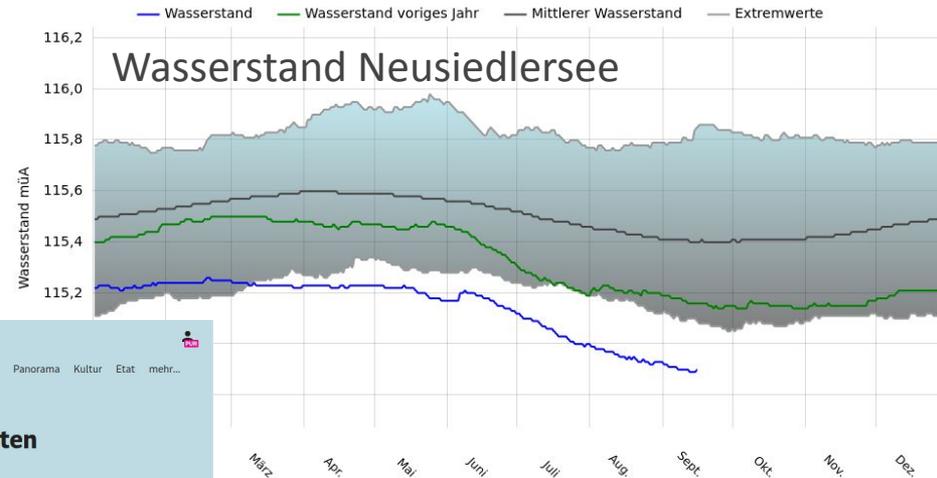
Europa erlebte die schlimmsten Waldbrände seit 15 Jahren

Seit Jahresbeginn sind 750.000 Hektar ein Raub der Flammen geworden. Auch Länder wie Deutschland, Tschechien und Ungarn waren stark betroffen

14. September 2022, 08:00, 6 Postings



Anhaltende Dürre sorgte für die schlimmste Waldbrandsaison seit langem.
Foto: PATRICIA DE MELO MOREIRA / AFP



DERSTANDARD

Panorama > Österreich International Inland Wirtschaft Web Sport Kultur Etat Wissenschaft Lifestyle mehr...

308 Postings UNWETTER

Feuerwehrdauereinsatz nach Starkregen in Westösterreich

In Vorarlberg fielen stellenweise bis zu 120 Liter Regen pro Quadratmeter, weiter im Osten war die Lage vorerst entspannter

19. August 2022, 15:41, 308 Postings

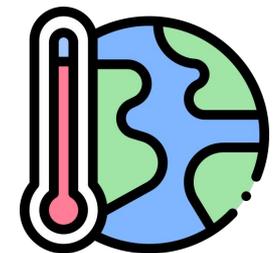
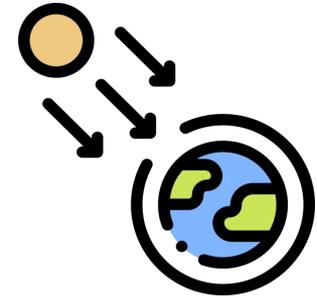


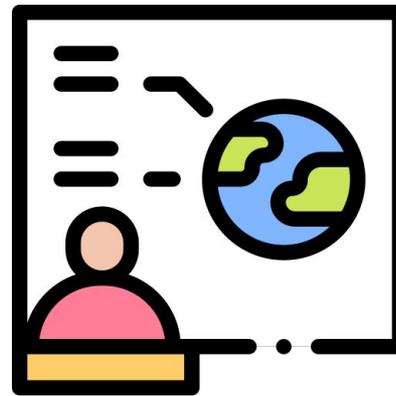
Die Feuerwehren sind auch am Freitag im Unwettereinsatz – hier ein Einsatzfoto der Freiwilligen Feuerwehr Kapfenberg vom Donnerstag.

Quellen:
Wasserportal Burgenland
DerStandard

Take Home Messages

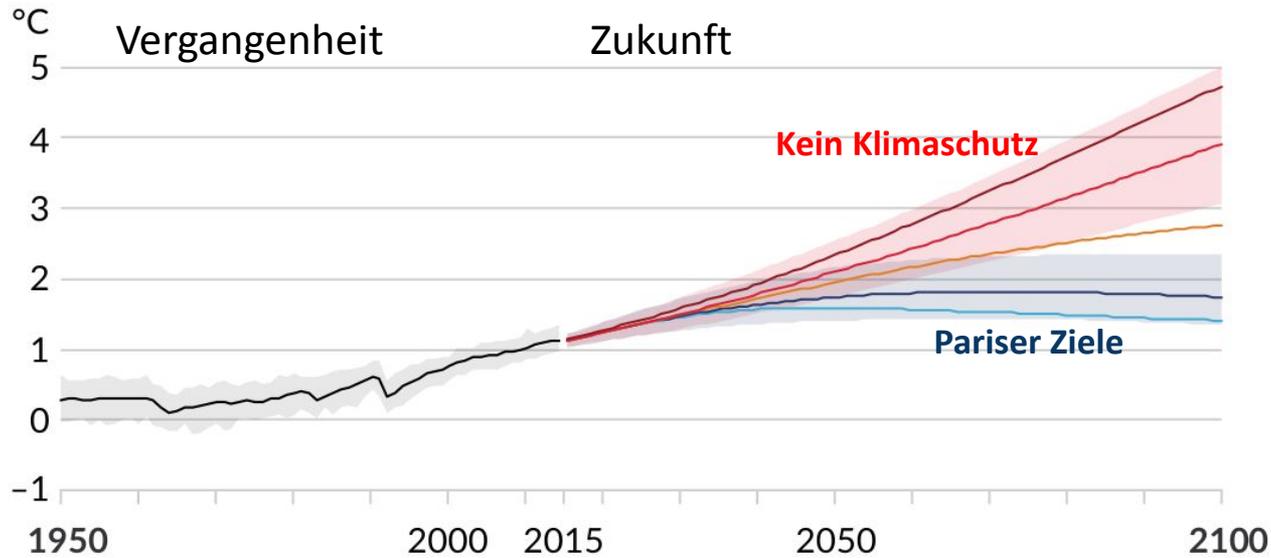
- Treibhausgase in der Atmosphäre sind durchlässig für kurzwelliges Sonnenlicht aber absorbieren die langwellige Wärmestrahlung der Erde (natürlicher Treibhauseffekt)
- Das Klimasystem versucht langfristig ein Gleichgewicht zwischen Einstrahlung (von der Sonne) aus Ausstrahlung zu erreichen.
- Etwa 50% der menschengemachte 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.
- Die Temperatur in Österreich erhöht sich überdurchschnittlich stark und führt zu einer Zunahme von Extremereignissen wie Hitzewellen und Starkniederschlägen.





4 | Verschiedene Wegen in die Zukunft

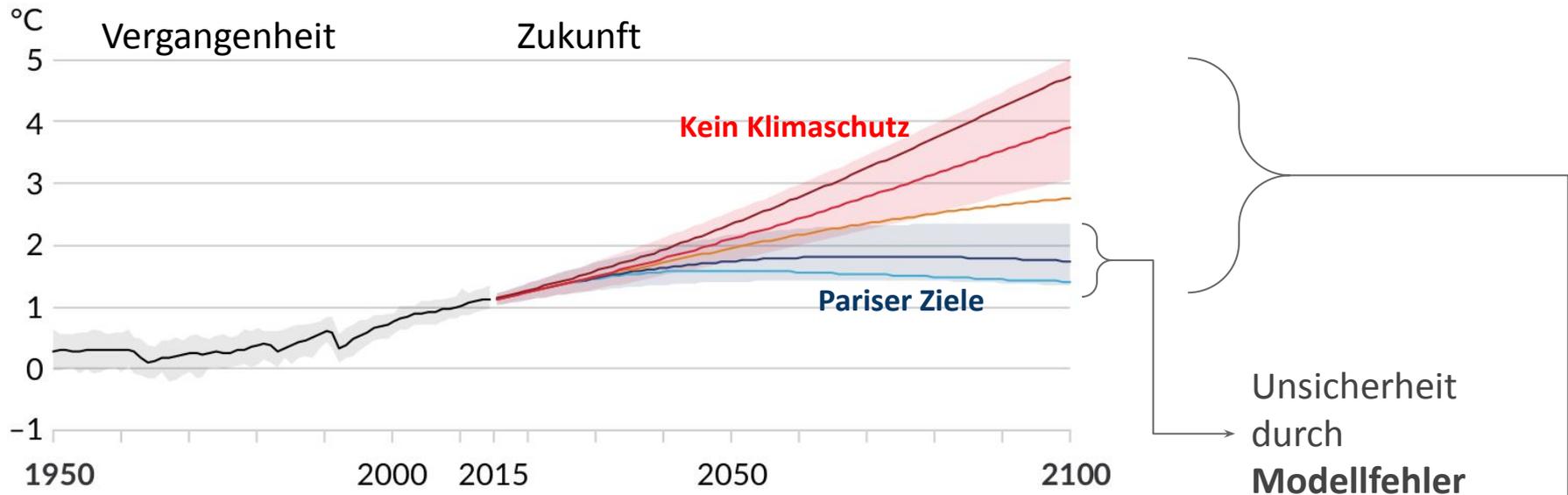
Wie die Wissenschaft in die Zukunft schaut: Klimamodell-Simulationen basierend auf Szenarien



Beobachtete und Simulierte
Temperaturänderung relativ zu 1850-1900

Quelle: [IPCC AR6](#)

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

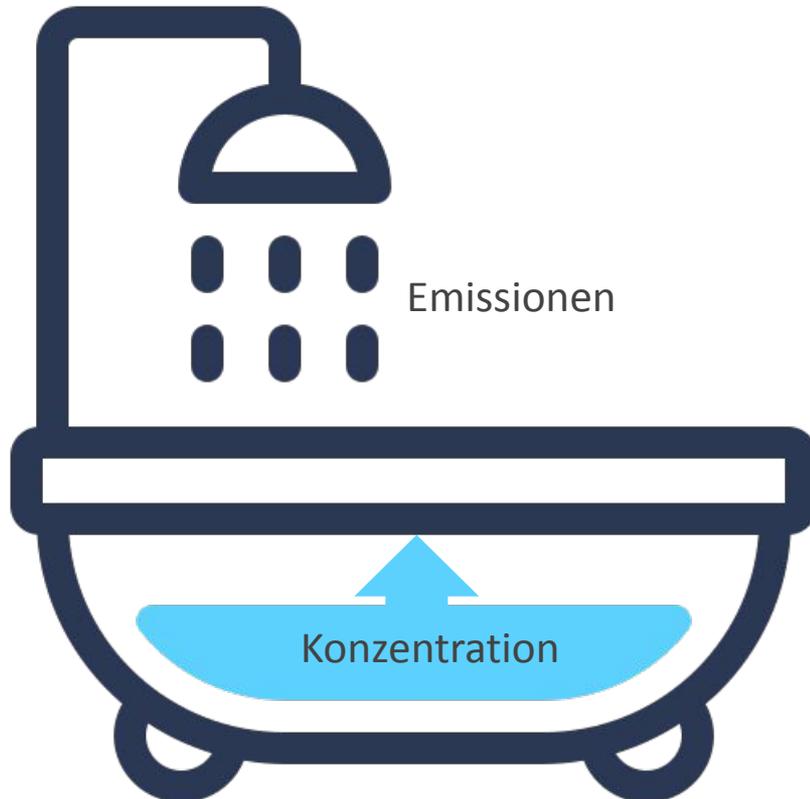


Beobachtete und Simulierte
Temperaturänderung relativ zu 1850-1900

Unsicherheit durch
**gesellschaftspolitische
Entscheidungen**
(≠Naturwissenschaften)

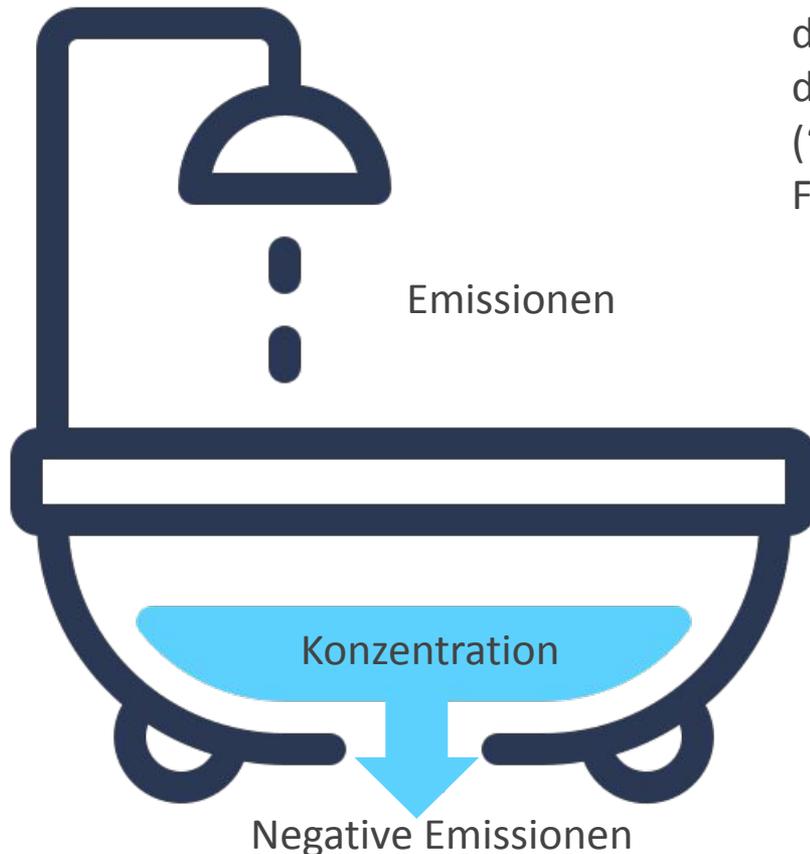
Quelle: IPCC AR6

Zur Erreichung der Pariser Klimaziele sind langfristig Null Emissionen notwendig



Solange wir Treibhausgase
emittieren steigt die
Konzentration in der
Atmosphäre

Zur Erreichung der Pariser Klimaziele sind langfristig Netto-Null Emissionen notwendig

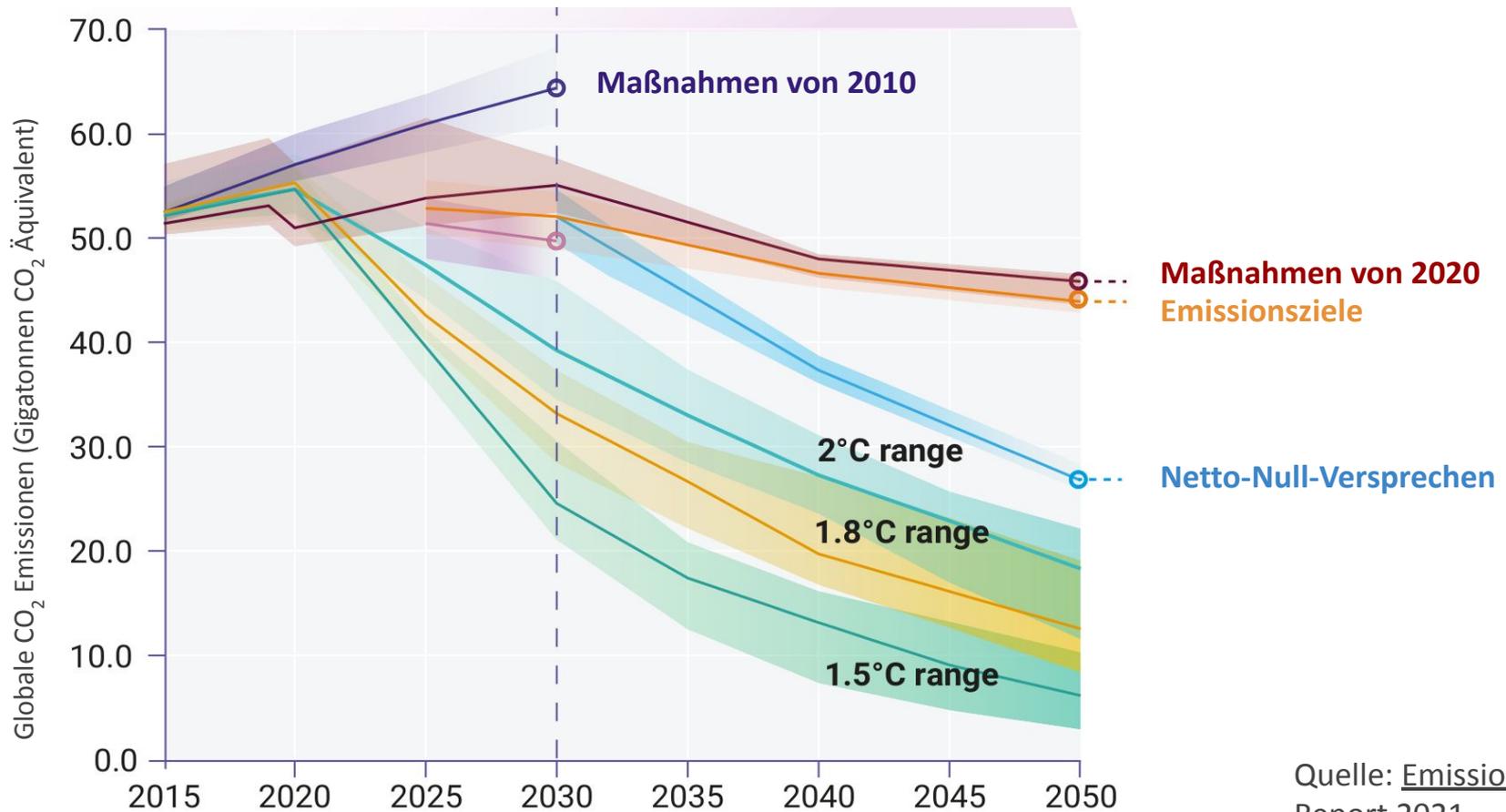


Netto-Null beschreibt die menschengemachte Emissionen minus der Treibhausgase, die wieder aus der Atmosphäre entfernt werden (“**Negative Emissionen**”). Unsere Fähigkeit dazu ist aber noch unsicher.



Maschinelles entfernen von CO₂ aus der Atmosphäre

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



Quelle: Emissions Gap Report 2021

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



The image shows two overlapping screenshots. The top one is from the Austrian newspaper DER STANDARD, and the bottom one is from the journal Nature.

DER STANDARD (top screenshot):

- Navigation: Wissenschaft > Natur > Klimawandel
- Section: HOFFNUNG IM KLIMASCHUTZ
- Headline: **Wenn Klimaziele streng eingehalten werden, könnte die Erwärmung unter zwei Grad bleiben**
- Text: 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...
- Date: 14. April 2022, 12:30

Nature (bottom screenshot):

- Navigation: nature > articles > article
- Article | Published: 13 April 2022
- Headline: **Realization of Paris Agreement pledges may limit warming just below 2 °C**
- Authors: [Malte Meinshausen](#), [Jared Lewis](#), [Christophe McGlade](#), [Johannes Gütschow](#), [Zebedee Nicholls](#), [Rebecca Burdon](#), [Laura Cozzi](#) & [Bernd Hackmann](#)

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

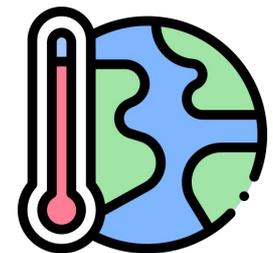
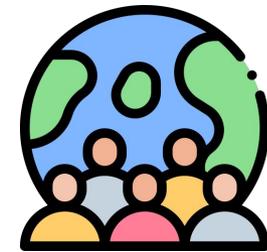
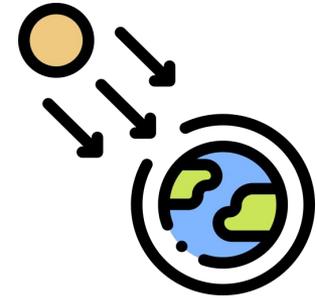
Was können wir tun?

- Österreich ist klein aber pro Person ist unser Treibhausgasausstoß über dem globalen Durchschnitt.
- Klimaschutz braucht breite politische Maßnahmen aber auch die Unterstützung der Gesellschaft und damit die Mithilfe von uns allen → **Vorbildwirkung!**
- Wir haben noch die Chance die Pariser Klimaziele zu erreichen und negativen Auswirkungen auf ein Minimum zu beschränken.
- Österreich kann sich an den vorhandenen Klimawandel anpassen und anderen Staaten und Regionen helfen dasselbe zu tun.



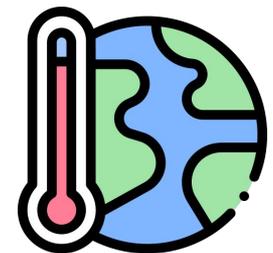
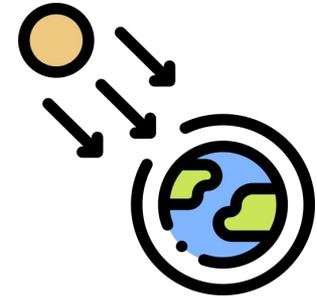
Take Home Messages

- **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) aus Ausstrahlung zu erreichen.
- Etwa **50% der menschengemachte 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.
- Die **Temperatur in Österreich erhöht sich überdurchschnittlich stark** und führt zu einer Zunahme von Extremereignissen wie Hitzewellen und Starkniederschlägen.
- Um den Klimawandel aufzuhalten müssen wir es schaffen möglichst bald **Netto-Null Emissionen** zu erreichen.
- **Wir haben bereits einiges Erreicht und können es schaffen den Klimawandel aufzuhalten wenn wir entschlossen handeln.**



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) aus Ausstrahlung zu erreichen.
- Etwa **50% der menschengemachte 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.
- Die **Temperatur in Österreich erhöht sich überdurchschnittlich stark** und führt zu einer Zunahme von Extremereignissen wie Hitzewellen und Starkniederschlägen.
- Um den Klimawandel aufzuhalten müssen wir es schaffen möglichst bald **Netto-Null Emissionen** zu erreichen.
- **Wir haben bereits einiges Erreicht und können es schaffen den Klimawandel aufzuhalten wenn wir entschlossen handeln.**



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/gsfrc/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/umsetzung/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