

# Anpassung an die Folgen des Klimawandels

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit  
und Verbraucherschutz

Aktionsprogramm  
Natürlicher Klimaschutz  
Natur stärken – Klima schützen

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Wer sind wir?

- Björn Heiden

bjoern.heiden (at) htwk-leipzig.de  
Institut für Betonbau  
Bauingenieur / Nachhaltiges Bauen



- Mario Stelzmann

mario.stelzmann (at) htwk-leipzig.de  
Institut für Betonbau an der HTWK  
Bauingenieur / Bauphysiker



# Studium Generale

- Studium Generale WS 2024
  - Ziel: Förderung von Schlüsselkompetenzen und interdisziplinärem Denken
  - Angebot für alle Studierenden, unabhängig vom Studiengang
- Hausarbeit als Prüfungsvorleistung
  - Es wird eine Hausarbeit als Gruppenarbeit geben
  - Darin wird es um die Anpassung an den Klimawandel in Leipzig gehen
- Die aktive Teilnahme ist die Prüfungsleistung
  - Definition der aktiven Teilnahme: Diskussionen, Gruppenarbeiten, Präsentationen
  - Bedeutung der regelmäßigen Teilnahme und aktiven Mitgestaltung der Vorlesungen (Anwesenheitslisten)
  - Wer schwänzt, bekommt die ECTS nicht...



Quelle: HTWK Leipzig, <https://www.htwk-leipzig.de/studieren/im-studium/studium-generale>

- Einschreibung in Kurs (manuell oder per Gruppenübertrag)

177 Stadtklima Leipzig

- Einschreibung zur Teilnahme
- Stadtklima Leipzig
  - Ablauf, Termine und Links
  - Mitteilungen
  - Lehrmaterialien
  - Particify
  - E-Mail an Studierende
  - Kontakt zu Dozenten
- Bewertung

Gruppen

- Mitglieder
- Gebäude
  - E-Mail
- Stadtklima Leipzig WiSe 2024/2025
  - E-Mail
- Wasser

HTWK Leipzig | semesterübergreifend

## 177 Stadtklima Leipzig

Verantwortliche/r: [Elke Pietsch](#) | [Björn Heiden](#) | [Dr.-Ing. Mario Stelzmann](#)

Modul 1210

[Weitere Informationen anzeigen](#)

**Einschreibung zur Teilnahme**

Bitte schreiben Sie sich nach erfolgter Anmeldung über das Studium Generale noch in den Kursbaustein ein, um auf die Modulinhalte zugreifen zu können. Danke.

Stadtklima Leipzig

- Ablauf, Termine und Links
- Mitteilungen
- Lehrmaterialien
- Particify
- E-Mail an Studierende

# Ablauf des Moduls

Nr.	KW	Datum	Ort	Thema Vorlesung/Vortrag	Dozent
1	43	Mi 23.10.24 13:45 - 17:00 Uhr	LI204	Modulvorstellung und Einführung zum Klimawandel	Dr.-Ing. Mario Stelzmann
2	44	Mi 30.10.24 13:45 - 17:00 Uhr	LI204	Folgen des Klimawandels	Dr.-Ing. Mario Stelzmann
3	45	Mi 06.11.24 13:45 - 17:00 Uhr	LI119	Anpassung an den Klimawandel	Dr.-Ing. Mario Stelzmann
4.1	46	Mi 13.11.24 13:45 - 17:00 Uhr	GU114	Themenschwerpunkt: "Anpassungsmaßnahmen am Gebäude"	Dr.-Ing. Mario Stelzmann
4.2	46	Mi 13.11.24 13:45 - 17:00 Uhr	GU115	Themenschwerpunkt: "Wasser - zwischen zu viel und zu wenig"	Björn Heiden, M. Sc.
5.1	48	Mi 27.11.24 14:15 Uhr, Treffpkt. vor Ort	Arthur-Nagel-Str. 2, 04249 Leipzig (bei Ausfall LI310)	1. Exkursion zum Themenschwerpunkt "Gebäude" Campus Arthur-Nagel-Str.	Dr.-Ing. Mario Stelzmann
5.2	49	Mi 04.12.24 - Treffpkt. 13:45 Uhr Innenhof Trefftz-Bau	Markt 16/ 17, 04668 Grimma (bei Ausfall LI207)	1. Exkursion zum Themenschwerpunkt "Wasser" Hochwasserschutzanlage Grimma	Björn Heiden, M. Sc.
6.1	50	Mi 11.12.24 14:15 Uhr, Treffpkt. vor Ort Eingang zu den Gewächshäusern	Linnéstraße 1, 04103 Leipzig (bei Ausfall LI310)	2. Exkursion zum Themenschwerpunkt "Gebäude" Versuchsgründächer im botanischen Garten und Forschungszentrum Eilenburger Straße	Dr.-Ing. Mario Stelzmann
6.2	51	Mi 18.12.24 - Treffpkt. 13:45 Uhr Innenhof Trefftz-Bau	Zwenkauer See (bei Ausfall LI211)	2. Exkursion zum Themenschwerpunkt "Wasser" Hochwasserschutz im ehemaligen Tagebauegebiet	Björn Heiden, M. Sc.
7	55	Mi 15.01.25 13:45 - 17:00 Uhr	LI211	Abschlussveranstaltung und Austausch zur Projektarbeit	Dr.-Ing. Mario Stelzmann

# Hausarbeit



Quelle: Andrea Piacquadio, <https://www.pexels.com/de-de/@olly/>

- Arbeit in Gruppen von 2 bis 3 Personen
- Erarbeitung von je einem Beitrag zu einer der vier Exkursionen
- Unterschiedliche Methoden
  - Wissenschaftliches Plakat + Vortrag
  - Bericht ca. 8 Textseiten + Vortrag
  - Video 5 Minuten
  - Podcast 8 Minuten
- Gruppeneinteilung in den kommenden Veranstaltungen
- Vorstellung der Hausarbeit in einem Vortrag von ca. 15 Minuten in der letzten Veranstaltung am 15.01.2025

# Und Sie so? – kurzes Kennenlernen

- Ziel: Untereinander kennenlernen und austauschen zu Erfahrungen und Erwartungen zum Thema.
- Aufgabe 1:

20  
min

Nehmen Sie sich einen Zettel mit der für Ihre Fakultät zugehörigen Farbe:

Architektur und Soziales (AS),  
Fakultät Bauwesen (B),  
Digitale Transformation (DIT),  
Ingenieurwissenschaften (ING),  
Informatik und Medien (IM),  
Wirtschaftswissenschaft und Wirtschaftsingenieurwesen (WW)



- Aufgabe 2:

Tauschen Sie den Zettel mit einer benachbarten Person.

Erfragen Sie die folgenden Punkte und schreiben Sie diese bitte wie folgt auf den Zettel.

6  
min

Vorname Name

Studiengang und Fachsemester

Weiteres, wie z.B.  
vorherige Ausbildung, Nebenjob,  
Vereine oder Freiwilligendienste

# Und Sie so? – kurzes Kennenlernen

- Aufgabe 3:

Tauschen Sie die Zettel zurück und bringen Sie Ihren Zettel dann in der Nähe Ihres Heimatortes unter.

Markieren Sie dafür die rechte Ecke des Zettels.

- Aufgabe 4 - Austausch:

Wie sind die jeweiligen Fakultäten vertreten?

Ist der Klimawandel an der Fakultät / im Studiengang ein Thema?  
In welchen Modulen werden welche Themen behandelt?

Beteiligte Fachsemester.

Haben Sie sich bereits im Vorfeld mit dem Klimawandel beschäftigt  
z.B. in der schulischen Ausbildung oder haben Sie es demnächst vor  
z.B. in der Mastertiefung?

Welche Bezugspunkte zum Thema haben Sie ggf. über das Studium  
hinaus z.B. über das auf dem Zettel unter „Weiteres“ Notierte.



Quelle: veggiewombat, <https://pixabay.com/de/users/veggiewombat-5842/>

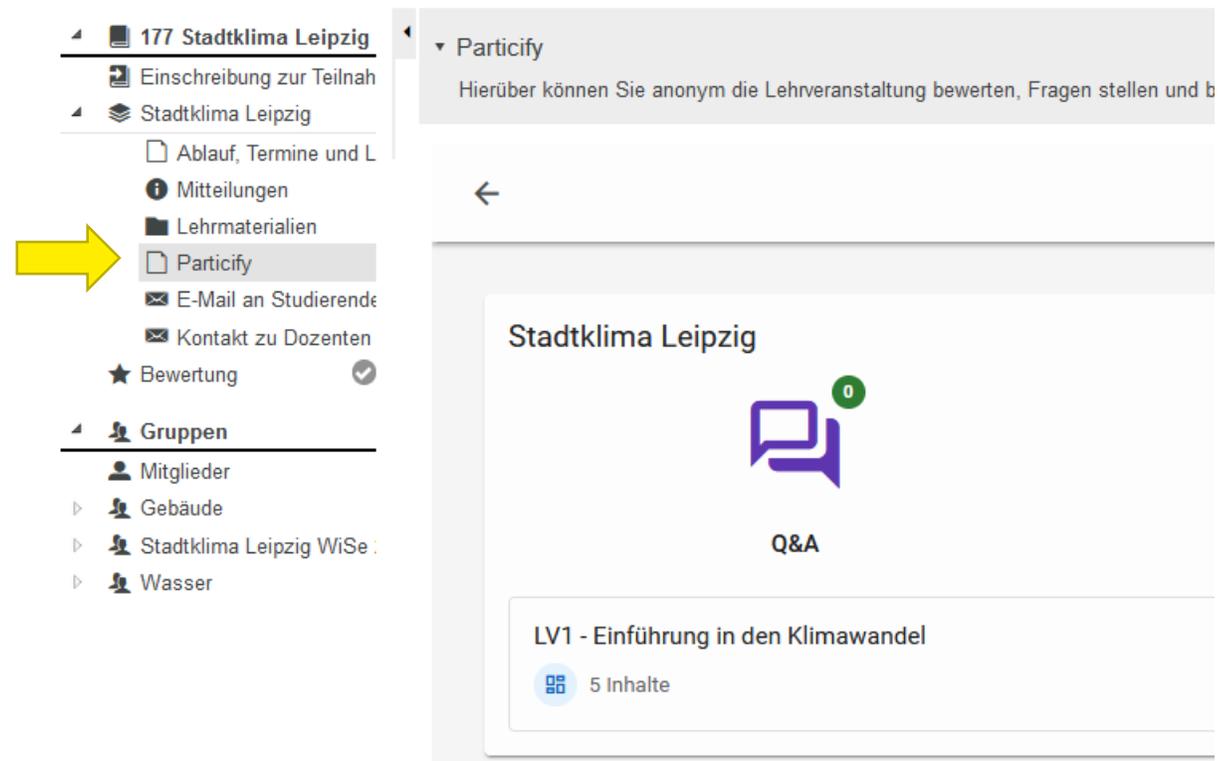
# Particify

- Veranstaltungsbegleitende Fragen und Aufgaben:

- Zugang über OPAL

oder

<https://partici.fi/06194160>



The screenshot shows the OPAL interface. On the left, a navigation menu lists various options under '177 Stadtklima Leipzig'. A yellow arrow points to the 'Particify' option. The main content area shows the 'Particify' section with a description: 'Hierüber können Sie anonym die Lehrveranstaltung bewerten, Fragen stellen und b...'. Below this, there is a 'Q&A' section for the course 'LV1 - Einführung in den Klimawandel', which has 5 contents.



# Particify

- Veranstaltungsbegleitende Fragen und Aufgaben:
  1. Wie geht es Ihnen zum Semesterstart?
  2. Mit dem Thema Klimawandel kenne ich mich aus...
  3. Was ist Ihrer Meinung nach die größte Herausforderung bei der Bewältigung des Klimawandels?
  4. Haltungsabfrage: Welche Antworten treffen im Hinblick auf die Probleme des Klimawandels und deren Bewältigung auf Sie zu?
  5. Wie gut fühlen Sie sich vorbereitet, um an der Lösung von Klimawandelproblemen mitzuwirken?

<https://partici.fi/06194160>



# Ziel der Veranstaltung

- Klimawandel und dessen Folgen kennen und verstehen
  - Fundierten Wissens über die Grundlagen
  - Analyse der Folgen des Klimawandels weltweit und lokal
- Wissen, was uns in der Zukunft erwartet.
  - Mögliche langfristige Veränderungen und deren Auswirkungen auf verschiedene Lebensbereiche
- Wie können wir damit umgehen?
  - Strategien zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen (Mitigation)
- Wie können wir uns vorbereiten?
  - Strategien zur Anpassung an die weitreichenden Folgen

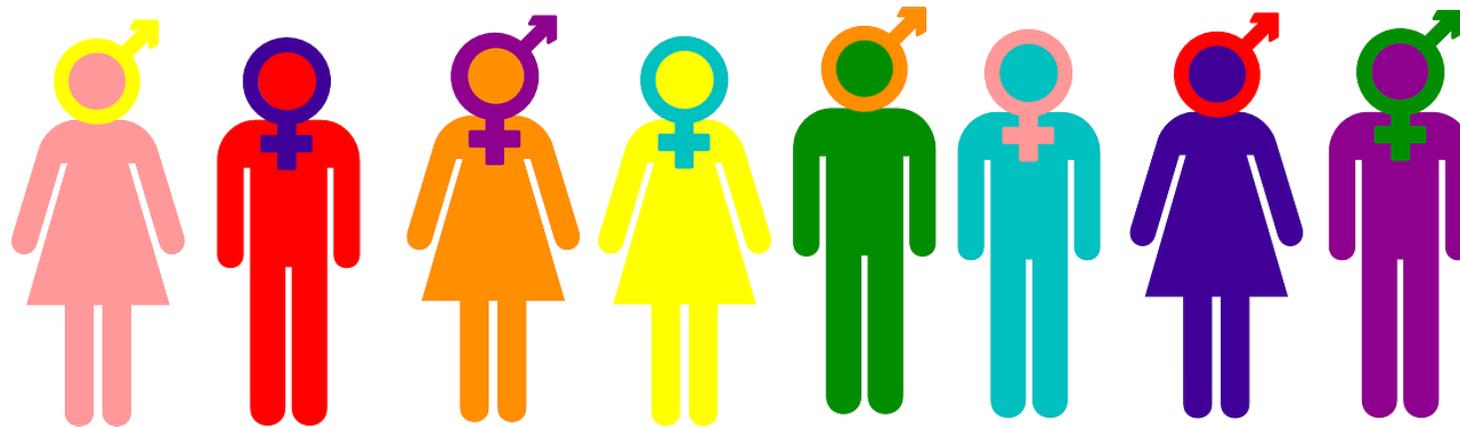
Quelle: Mikhail Nilov, <https://www.pexels.com/de-de/@mikhail-nilov/>



# Sprachform

Aus Gründen der besseren Verständlichkeit und Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet.

Sämtliche verwendete Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Formen von Identitäten und sexueller Orientierung.



Grafik: OpenClipart-Vectors <https://pixabay.com/de/vectors/frauen-m%C3%A4nner-menschen-mensch-149577/>

# Der Klimawandel

- Ursachen des Klimawandels
  - CO<sub>2</sub> und Klima in der Erdgeschichte
  - Klimamodelle
- 
- Politik
  - Gesellschaft
  - Die Klimadebatte in den Medien
  - Zusammenfassung und Diskussion



# Der Klimawandel

Er ist real.

Wir sind die Ursache.

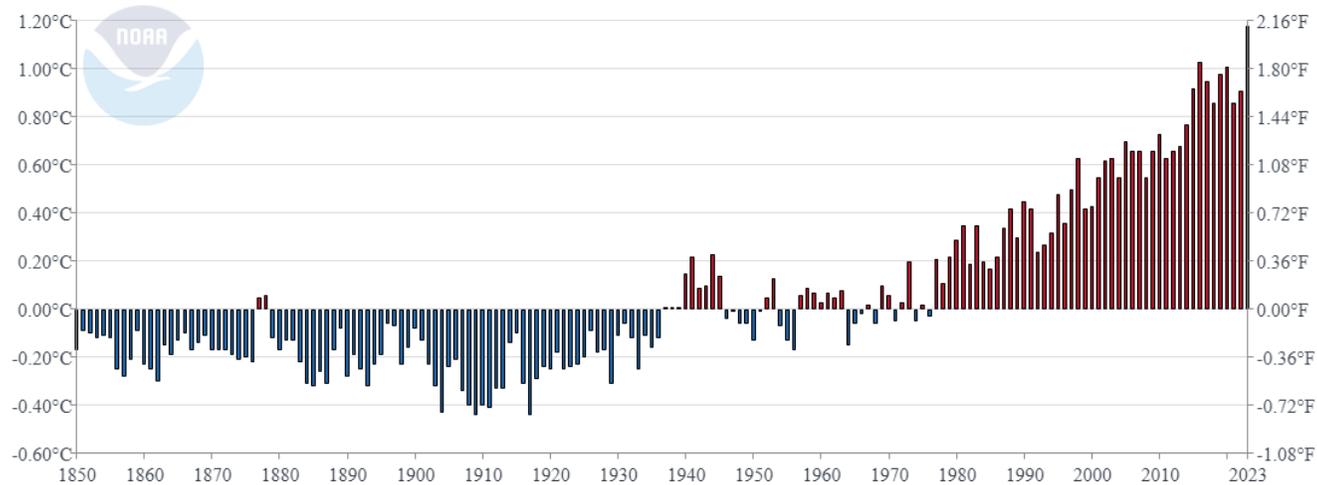
Er ist gefährlich.

Die Fachleute sind sich einig.

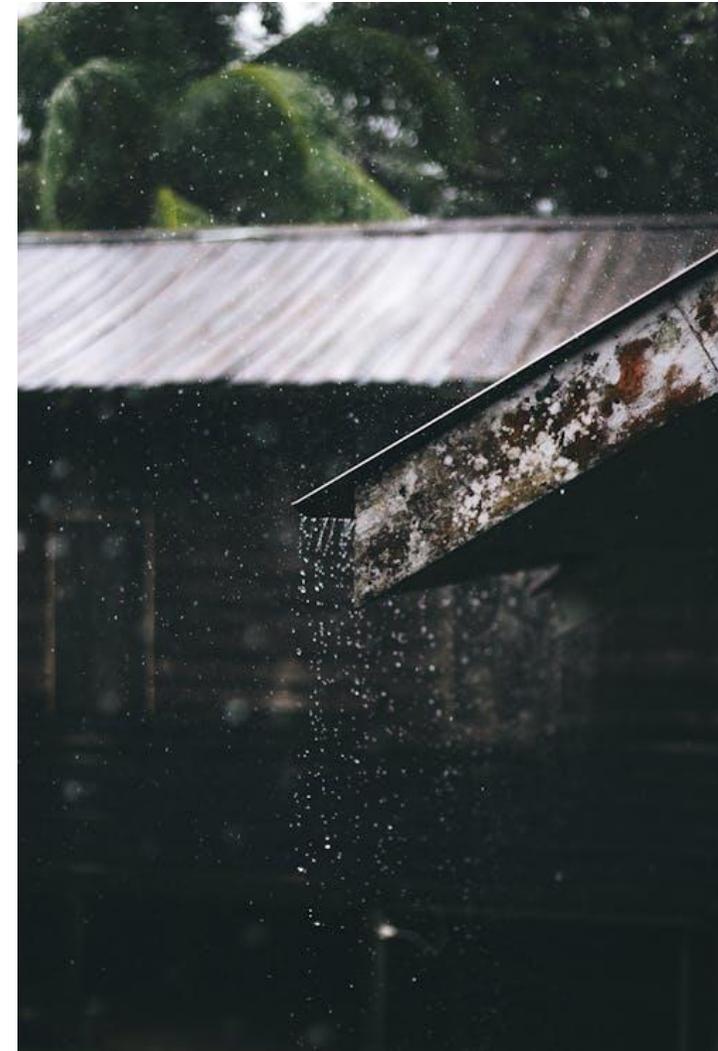
Wir können noch etwas tun.

# Unterschied zwischen Wetter und Klima

Global Land and Ocean  
January-December Temperature Anomalies

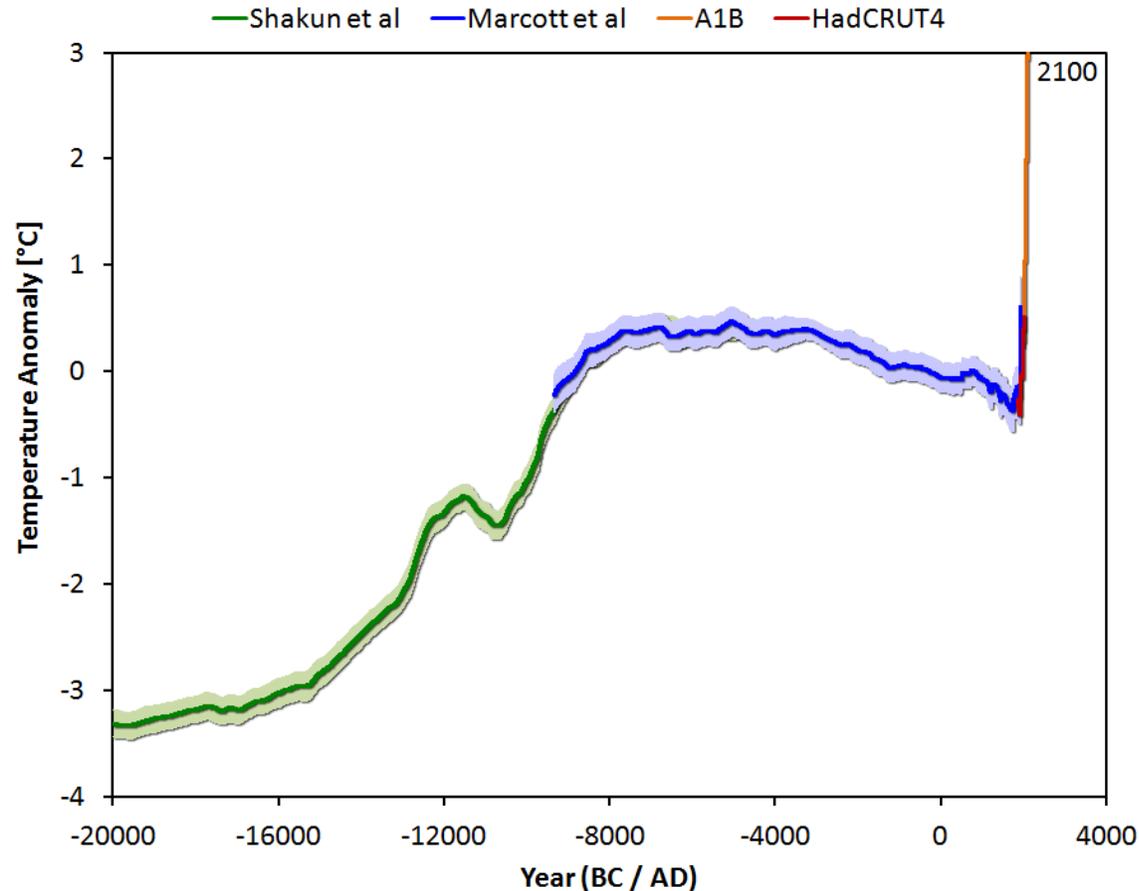


Globale mittlere Temperaturen seit 1850, Quelle: NOAA National Centers for Environmental Information, Monthly Global Climate Report for Annual 2023, published online January 2024, retrieved on May 27, 2024 from <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202313>



Quelle: Nur Andi Ravsanjani Gusma,  
<https://www.pexels.com/de-de/@andiravsanjani/>

# Es wird wärmer, es wird sehr schnell wärmer



Globale mittlere Temperaturen seit Ende der letzten Eiszeit (in Grad Celsius):  
Eine globale Erwärmung um 1,1 Grad in einer Zeitspanne von rund 150 Jahren  
ist beispiellos in der menschlichen Zivilisationsgeschichte.

Quelle: Jos Hagelaars, <https://www.antarcticglaciers.org/glaciers-and-climate/climate-change/>

- Die menschliche Zivilisation hat sich seit der letzten Eiszeit vor rund 12.000 Jahren unter relativ konstanten klimatischen Bedingungen entwickelt.
- Mit der aktuellen Erwärmung verlassen wir diese vertraute Welt.
- Seit rund 150 Jahren verändern sich die klimatischen Grundlagen unseres Lebens massiv und erdgeschichtlich rasant.
- Wir begeben uns auf einen riskanten Weg, für den es in unserer Zivilisationserfahrung keine historischen Vorbilder gibt.

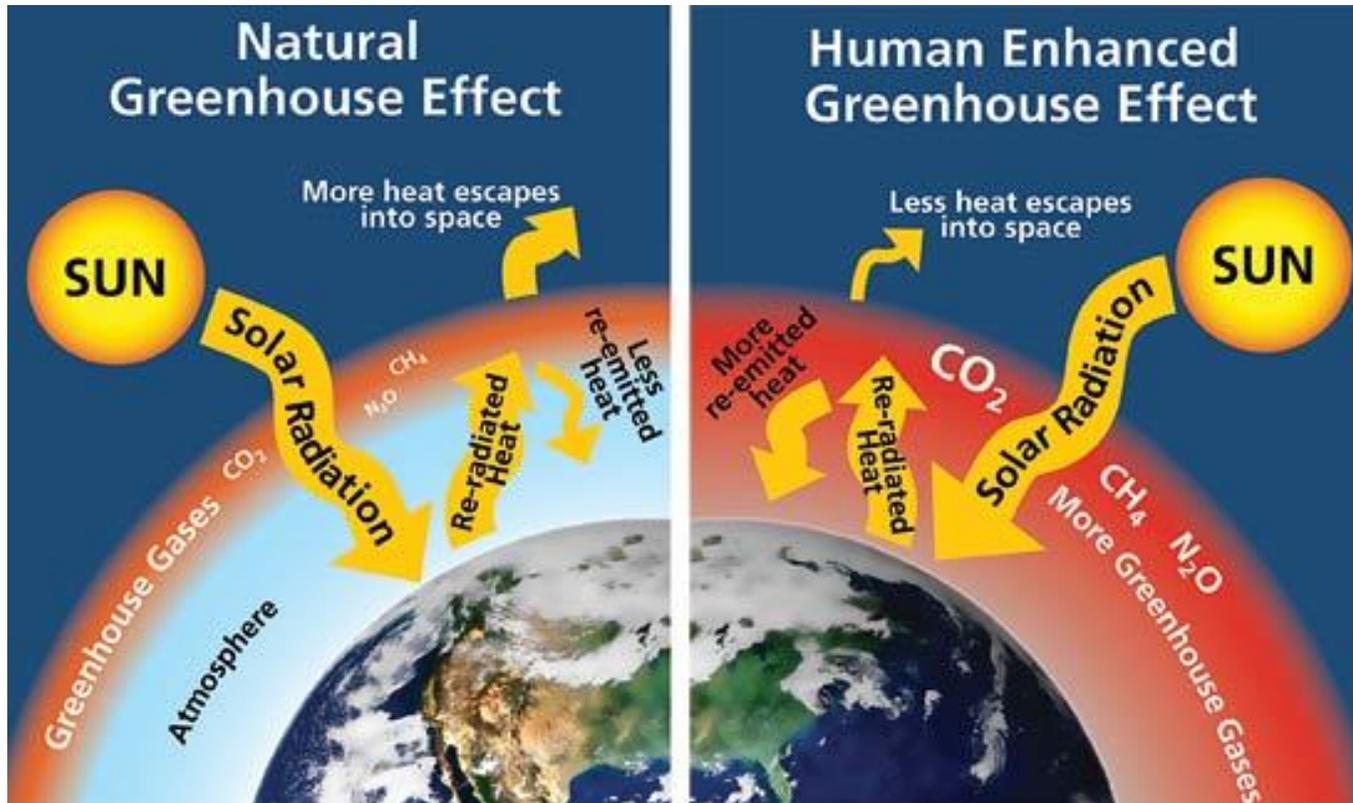
# Der Klimawandel

- **Ursachen des Klimawandels**
  - CO<sub>2</sub> und Klima in der Erdgeschichte
  - Klimamodelle
- 
- Politik
  - Gesellschaft
  - Die Klimadebatte in den Medien
  - Zusammenfassung und Diskussion



## Ursachen des Klimawandels

# Der Treibhauseffekt



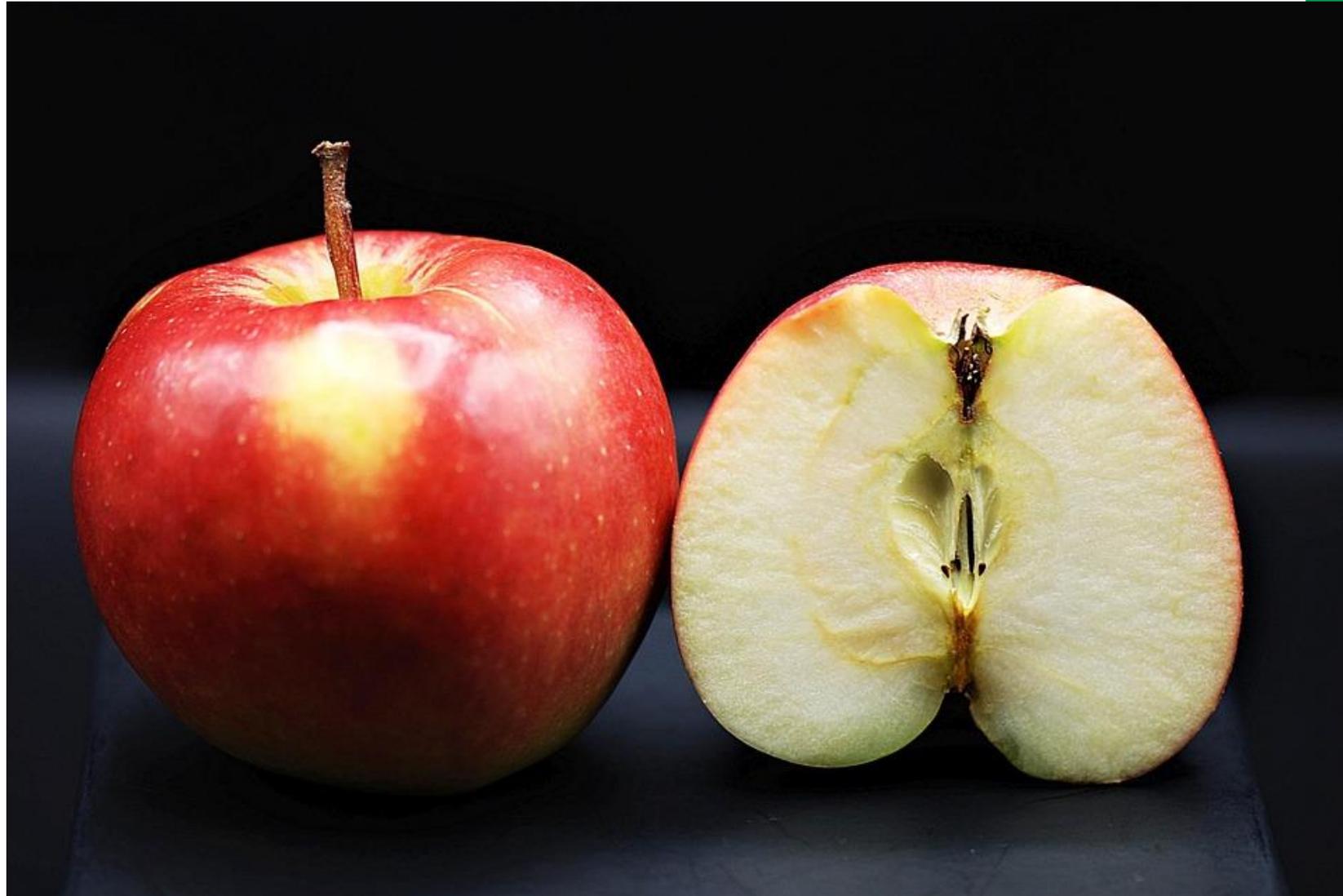
- Der Mensch verursacht die heutige globale Erwärmung: Durch das Verbrennen fossiler Energieträger wie Kohle, Erdöl oder Erdgas entsteht das Treibhausgas Kohlendioxid, kurz  $\text{CO}_2$
- Trifft das kurzwellige Sonnenlicht auf unseren Planeten, wird langwellige Wärme ins Weltall zurückgestrahlt. Kohlendioxid und andere Treibhausgase in der Atmosphäre blockieren teilweise die Wärmeabstrahlung. Dieser „Treibhauseffekt“ machte die Erde erst bewohnbar. Ohne ihn wäre sie zu kalt für höheres Leben.
- Mit der zunehmenden Industrialisierung seit rund 150 Jahren gelangen aber immer mehr Treibhausgase in die Atmosphäre.
- 2020 lag die  $\text{CO}_2$ -Konzentration im Jahresmittel fast 50 Prozent höher als vor Beginn der Industrialisierung. Wir heizen die Erde auf

## Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt der Erde

Quelle: William Elder, National Park Service. Rahman, F. A., Aziz, M. M. A., Saidur, R., Bakar, W. A. W. A., Hainin, M. R., Putrajaya, R., & Hassan, N. A. (2017). Pollution to solution: Capture and sequestration of carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) and its utilization as a renewable energy source for a sustainable future. In Renewable and Sustainable Energy Reviews (Vol. 71, pp. 112–126). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.011>

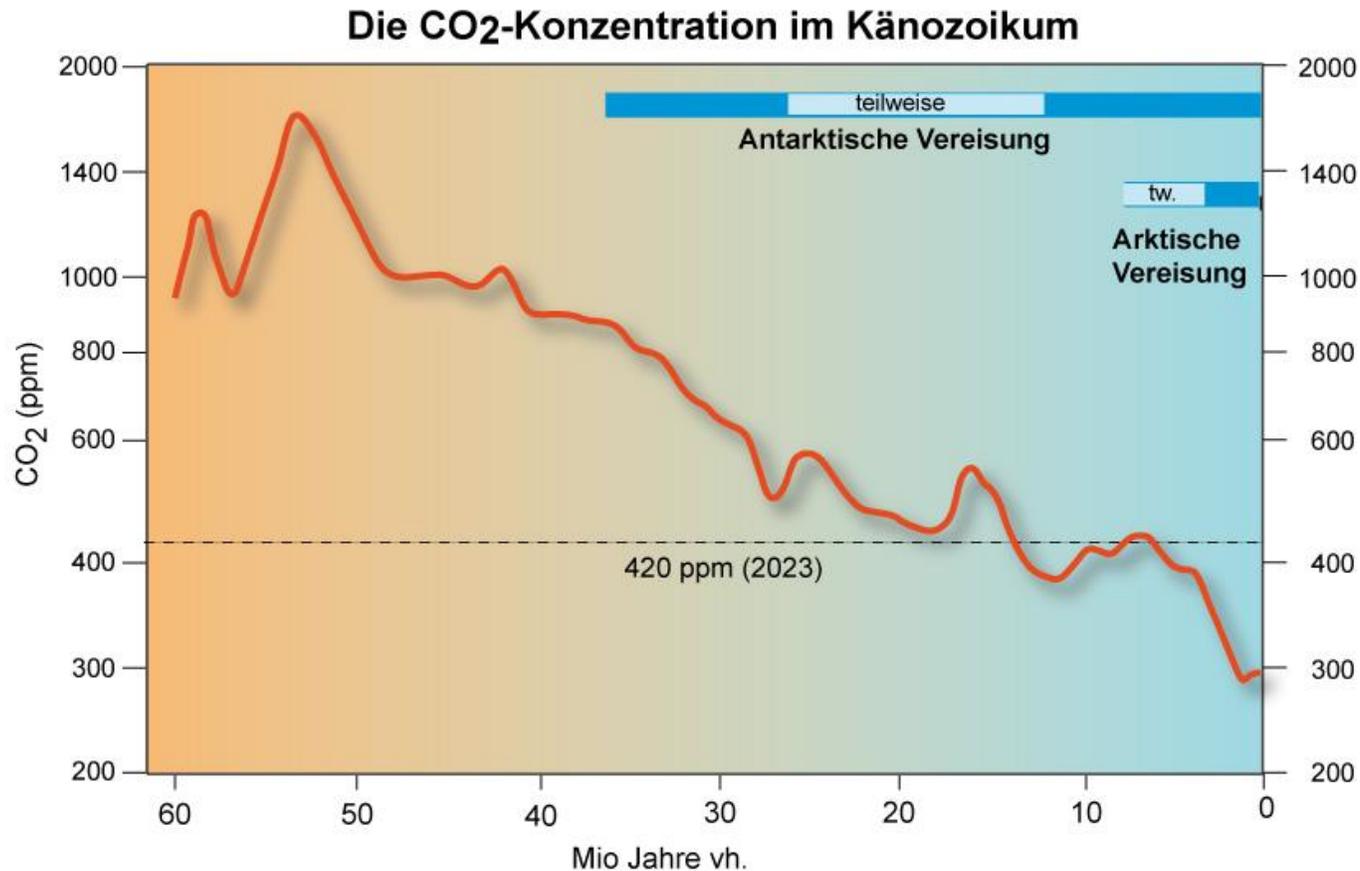
# Der Treibhauseffekt

- Im Vergleich zum Durchmesser der Erde ist diese Hülle ziemlich dünn:
  - Wäre die Erde so groß wie ein Apfel, dann hätte die Atmosphäre etwa die Dicke seiner Schale.
- Ohne die Atmosphäre gäbe es auf diesem Planeten kein Leben, denn Pflanzen, Tiere und Menschen benötigen Luft zum Atmen.



Quelle: HOerwin56, <https://pixabay.com/users/hoerwin56-2108907/>

# Ursachen des Klimawandels

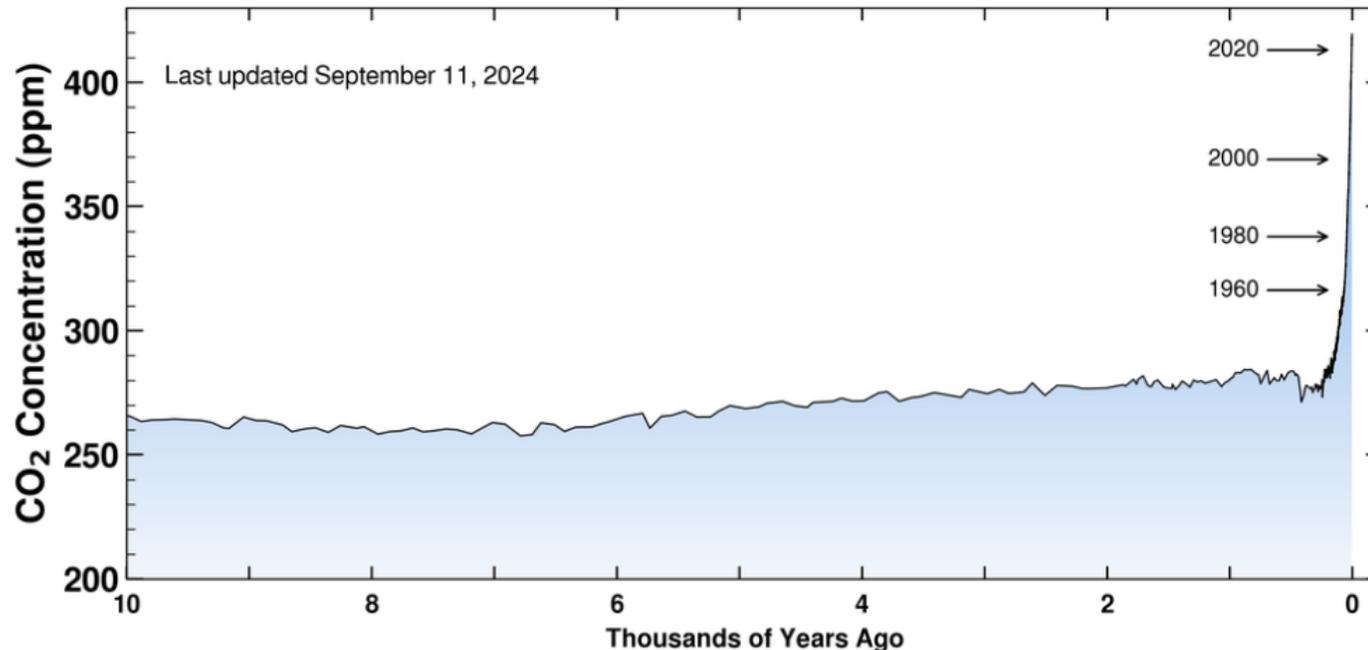


- Über Jahrtausende wurde durch natürliche Prozesse Kohlenstoff in der Erde eingelagert
- Dabei wurde Biomaterial unter Luftabschluss in den Sedimentschichten abgelagert.
- Ablagerungen und Sedimentschichten erhöhten den Druck in diesen Schichten.
- Unter Druck und Hitze bildeten sich so Kohle, Erdöl oder Erdgas.
- Durch deren Verbrennung wurden seit dem Beginn der industriellen Revolution ab etwa 1850 große Mengen an Kohlenstoff in den Kohlenstoffkreislauf der Erde zugeführt.
- Insbesondere das bei der Verbrennung entstehende CO<sub>2</sub> verstärkt den natürlichen Treibhauseffekt der Atmosphäre.

Änderung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in den letzten 60 Mio. Jahren (Känozoikum)

Quelle: Darstellung angelehnt an IPCC: (2021): Climate Change 2021, Working Group I: Technical Summary, TS, Figure 1 (CO<sub>2</sub>-Kurve), Hansen, J., M. Sato, G. Russell, and P. Kharecha (2013): Climate sensitivity, sea level and atmospheric carbon dioxide [http://www.columbia.edu/~jeh1/2008/TargetCO2\\_20080407.pdf](http://www.columbia.edu/~jeh1/2008/TargetCO2_20080407.pdf) und Rae, J. W. B., Zhang, Y. G., Liu, X., Foster, G. L., Stoll, H. M., & Whiteford, R. D. M. (2021). Atmospheric CO<sub>2</sub> over the Past 66 Million Years from Marine Archives. In Annual Review of Earth and Planetary Sciences (Vol. 49, Issue 1, pp. 609–641). Annual Reviews. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-082420-063026>

# Ursachen des Klimawandels



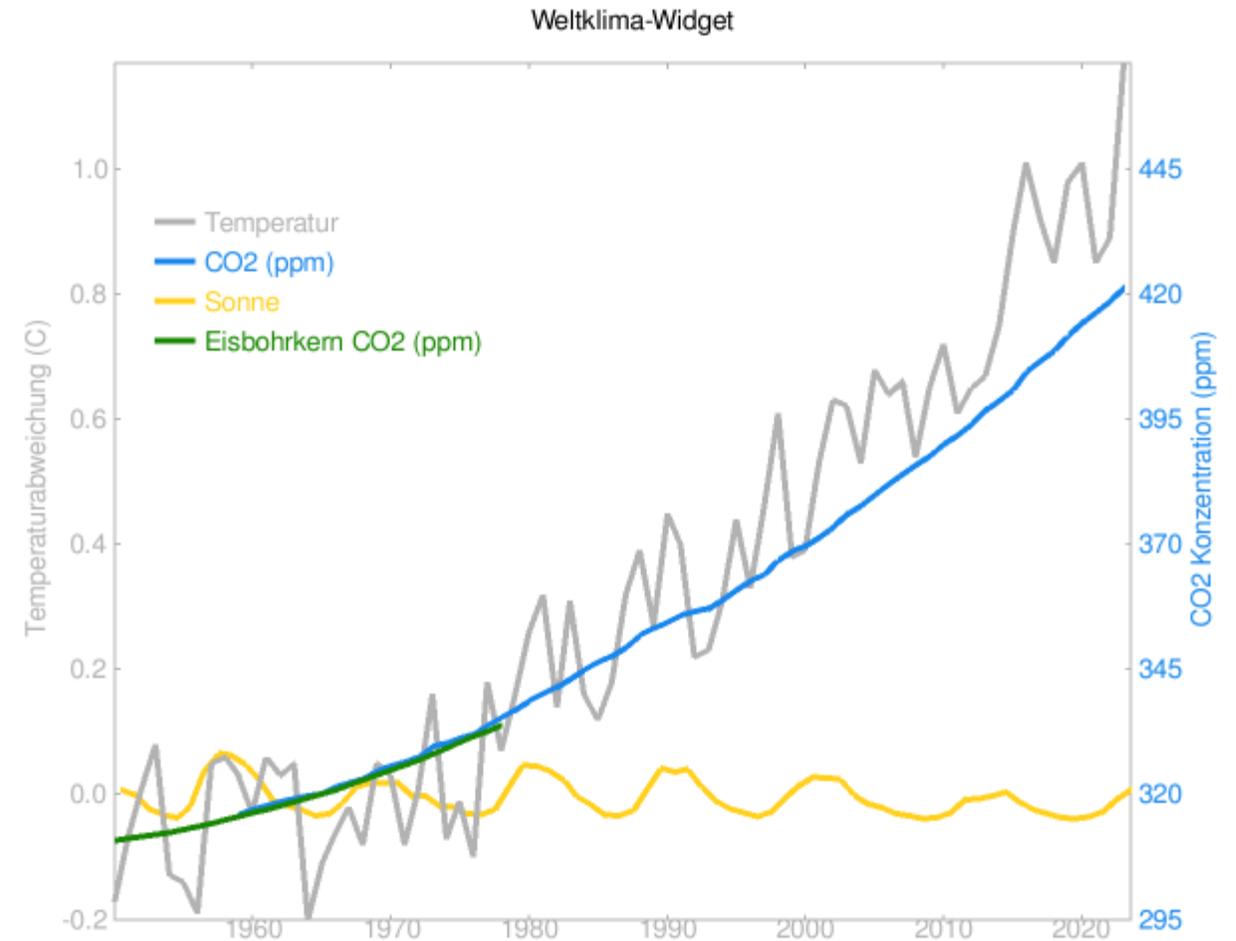
Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Erdatmosphäre

Quelle: Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego; <https://keelingcurve.ucsd.edu/> Screenshot: HTWK Leipzig

- Der Mensch verursacht die heutige globale Erwärmung: Durch das Verbrennen fossiler Energieträger wie Kohle, Erdöl oder Erdgas entsteht das Treibhausgas Kohlendioxid, kurz CO<sub>2</sub>
- Trifft das kurzwellige Sonnenlicht auf unseren Planeten, wird langwellige Wärme ins Weltall zurückgestrahlt. Kohlendioxid und andere Treibhausgase in der Atmosphäre blockieren teilweise die Wärmeabstrahlung. Dieser „Treibhauseffekt“ machte die Erde erst bewohnbar. Ohne ihn wäre sie zu kalt für höheres Leben.
- Mit der zunehmenden Industrialisierung seit rund 150 Jahren gelangen aber immer mehr Treibhausgase in die Atmosphäre.
- 2020 lag die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Jahresmittel fast 50 Prozent höher als vor Beginn der Industrialisierung. Wir heizen die Erde auf

# Ursachen des Klimawandels

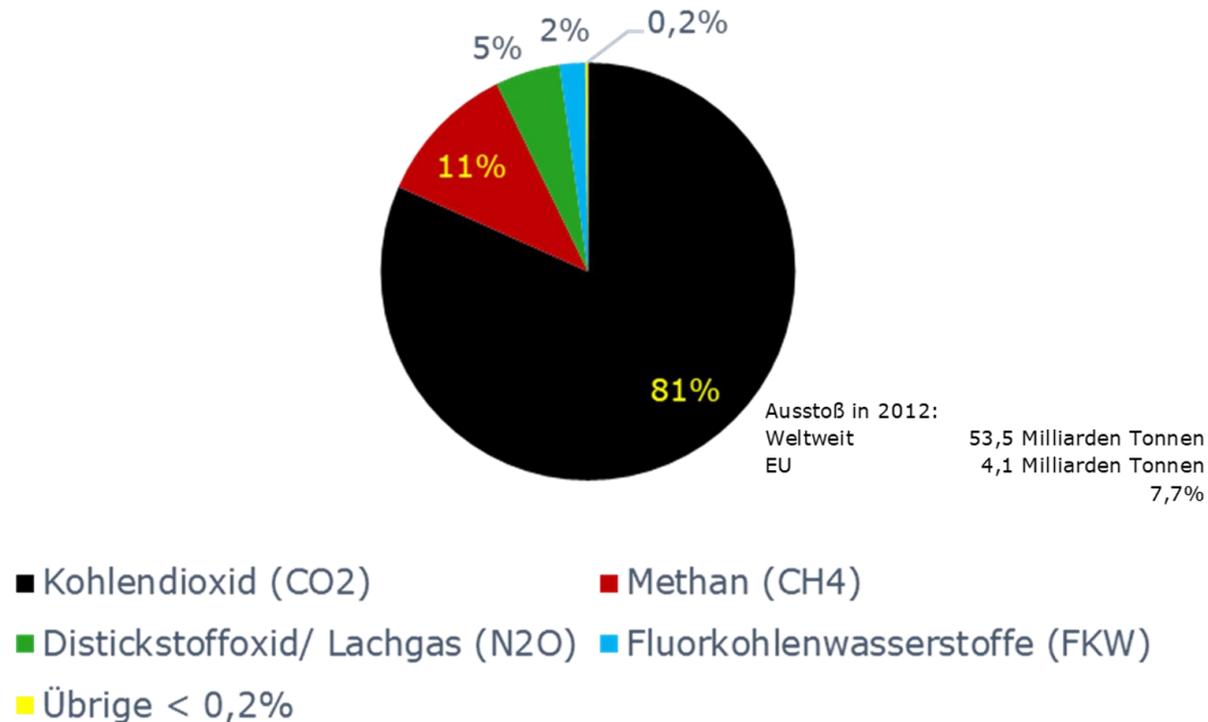
- Treibhausgase in der Atmosphäre absorbieren und emittieren Infrarotstrahlung, was zur Erwärmung der Erdoberfläche führt.
- Ohne diesen Effekt wäre die Erde wesentlich kälter, aber durch erhöhte Konzentrationen von Treibhausgasen wird dieser Effekt verstärkt.
- Korrelation zwischen Emissionen und Temperaturanstieg:
  - Grafische Darstellung zeigt, dass mit steigendem CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre auch die globalen Temperaturen steigen.



Gegenüberstellung CO<sub>2</sub> und globale Mitteltemperatur  
Quelle: Bernd Herd, <https://herdsoft.com/climate/widget/>

# Ursachen des Klimawandels

Weltweite Emissionen nach Schadstoffen 2017



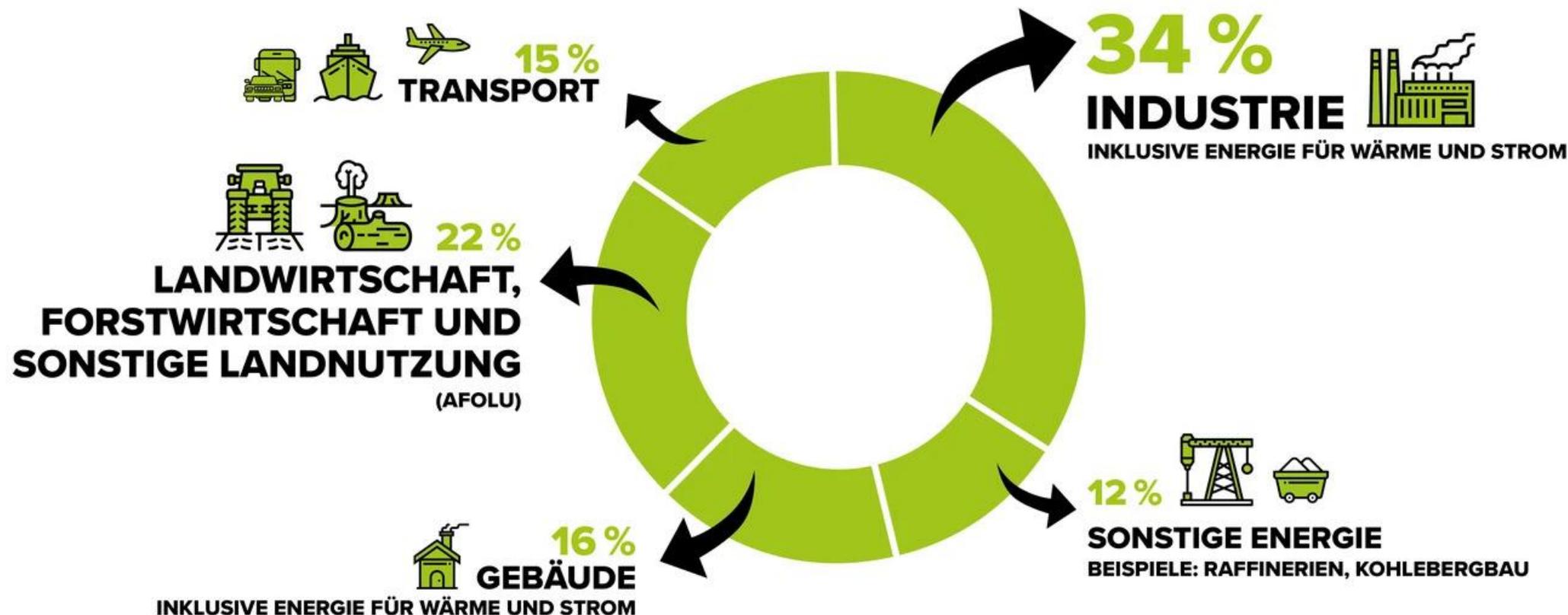
Verteilung der weltweiten CO<sub>2</sub>\_eq Emissionen in 2017 nach der Art der Schadstoffe

Quelle: Europäisches Parlament,

<https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20180301STO98928/treibhausgasemissionen-nach-landern-und-sektoren-infografik>

- CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid) trägt am stärksten zum Klimawandel bei, da es durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, Entwaldung und industrielle Prozesse in großen Mengen freigesetzt wird und lange in der Atmosphäre verbleibt.
- CH<sub>4</sub> (Methan) und N<sub>2</sub>O (Lachgas) sind zwar in geringeren Mengen vorhanden, haben jedoch eine wesentlich höhere Treibhauswirkung pro Molekül als CO<sub>2</sub>, wobei Methan hauptsächlich aus der Landwirtschaft und der Erdgasproduktion stammt und Lachgas aus landwirtschaftlichen Aktivitäten und industriellen Prozessen freigesetzt wird.

# TREIBHAUSGASVERURSACHER NACH SEKTOREN (GLOBAL)



Infografik © Land schafft Leben 2023

Zahlen für 2019; Emissionen aus Strom- und Wärmeenergiebereitstellung wurden dem jeweils verbrauchenden Sektor zugeschlagen;  
Quelle: IPCC (2022): 6. Sachstandsbericht Working Group III, S. 237; Darstellung auf Basis gerundeter Werte

Quelle: <https://www.landschaftleben.at/hintergruende/landwirtschaft-ernaehrung-klima/daten>

# Ursachen des Klimawandels

- Zwischen 1850 und 2022 haben die Verbrennung fossiler Rohstoffe (Kohle, Öl und Gas) und Veränderungen in der Landnutzung (vor allem die Umwandlung von Wald in landwirtschaftliche Nutzfläche) etwa 680 GtC (=2492 GtCO<sub>2</sub>) in die Atmosphäre freigesetzt.
- Jedes Jahr kommt etwas hinzu, was den Globalen Treibhauseffekt weiter verstärkt
- Die CO<sub>2</sub>-Emissionen seit 1850 entsprechen einem Würfel CO<sub>2</sub> (Gasvolumen bei Atmosphärendruck) mit einer Kantenlänge von 106 km.



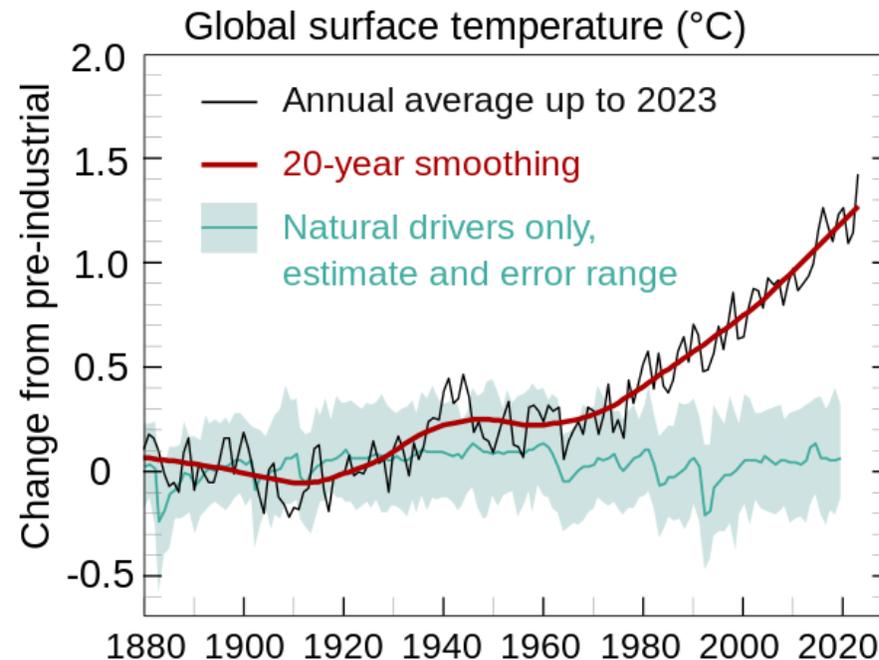
Quelle: Google Earth, [https://www.google.com/intl/de\\_in/earth/](https://www.google.com/intl/de_in/earth/)



Das Objekt wäre noch in einer Entfernung von ca. 1300 km sichtbar  
Quelle: Umkreissuche, <https://motjet.de/umkreis-maps/>

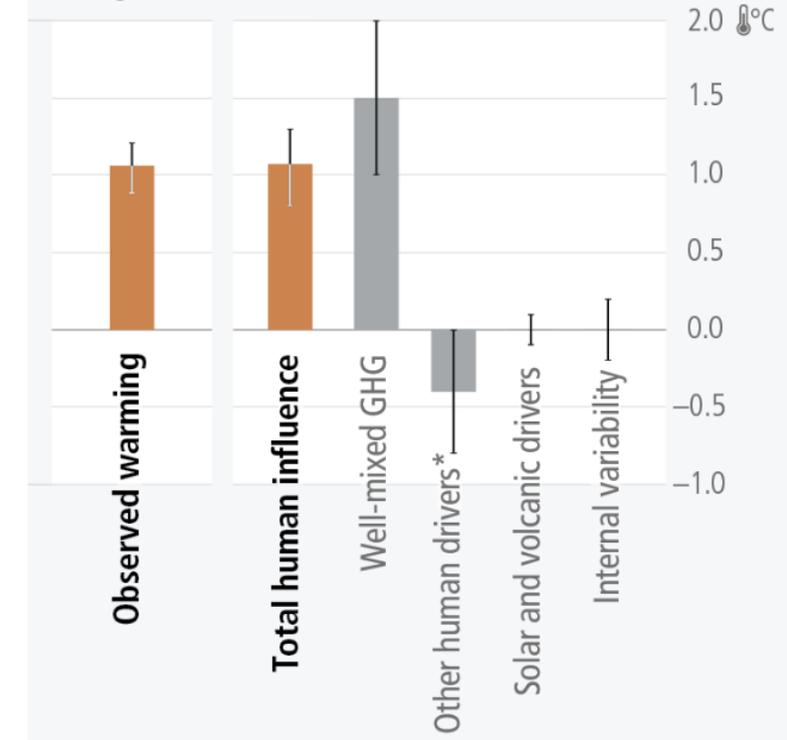
# Wer ist verantwortlich?

- **Wir sind die Ursache.**
- Es ist unbestritten, dass die anthropogenen Treibhausgasemissionen die Ursache für die globale Erderwärmung sind.
- Ergebnisse aus Simulationsmodellen zeigen, dies eindrucksvoll.
- Es gibt keinen nennenswerten natürlichen Anteil an der Klimaerwärmung
- Eher im Gegenteil: Die schwächere Sonnenaktivität der vergangenen Jahrzehnte hat der Klimaerwärmung etwas entgegengewirkt.



Quelle: IPCC AR6 WGI, Abbildung SPM.1b, S. SPM-7.

**Observed warming is driven by emissions from human activities with GHG warming partly masked by aerosol cooling 2010–2019**  
(change from 1850–1900)

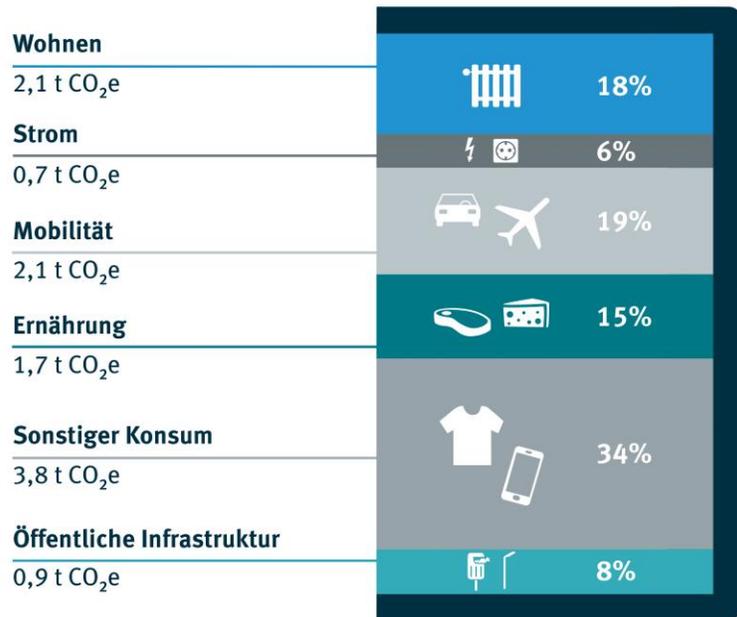


\*Other human drivers are predominantly cooling aerosols, but also warming aerosols, land-use change (land-use reflectance) and ozone

Quelle: IPCC AR6 Synthesis Report, S. 43. WGI SPM A.2.2, WGI Figure SPM.1, WGI Figure SPM.2, WGI TS2.2, WGI 2.1; WGIII Figure SPM.1, WGIII A.III.II.2.5.1

# Klimagerechtigkeit

## Durchschnittlicher CO<sub>2</sub>-Fußabdruck pro Kopf in Deutschland



CO<sub>2</sub>e: Die Effekte von unterschiedlichen Treibhausgasen (z.B. Methan) werden zu CO<sub>2</sub>-Äquivalenten umgerechnet und in die Berechnung einbezogen.

 Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International zugänglich.

Quelle: Umweltbundesamt CO<sub>2</sub>-Rechner (Stand 2020)  
© Kompetenzzentrum Nachhaltiger Konsum

Quelle: Umweltbundesamt, Fachgebiet III 1.1 - Übergreifende Aspekte des produktbezogenen Umweltschutzes, Nachhaltige Konsumstrukturen, Innovationsprogramm, CC-BY-4.0  
<https://nachhaltigerkonsum.info/service/news/neue-darstellung-des-co2-fussabdrucks-nutzbar>

## Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen weltweit in den Jahren 1990 bis 2022 (in Tonnen)



Quelle  
Global Carbon Project  
© Statista 2024

Weitere Informationen:  
Weltweit; 1990 bis 2022; Stand: November 2023.

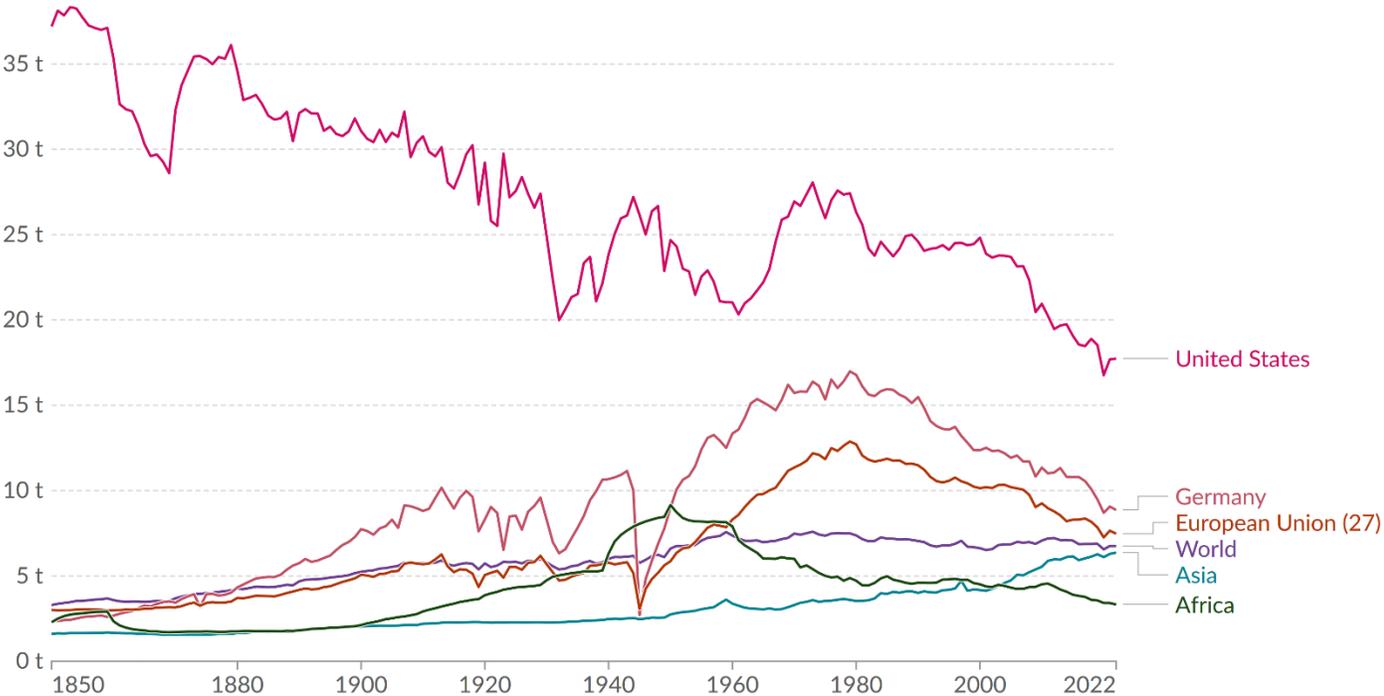
Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen weltweit in den Jahren 1990 bis 2022, Quelle: Global Carbon Project. (5. Dezember, 2023). Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen weltweit in den Jahren 1990 bis 2022 (in Tonnen) [Graph]. In Statista. Zugriff am 13. September 2024, von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/159811/umfrage/co2-emissionen-weltweit-pro-kopf-seit-1990/>

# Wer ist verantwortlich?

- Unter der Annahme einer globalen Obergrenze von CO<sub>2</sub>-Emissionen (CO<sub>2</sub>-Budget) könnte eine gerechte Verteilungslösung darin bestehen, die Emissionsrechte zu gleichen Teilen auf jeden einzelnen Menschen der Erde bzw. nach der jeweiligen Einwohnerzahl auf die einzelnen Staaten zu verteilen.
- Insbesondere die Bevölkerungen der Industriestaaten haben überproportional hohe Pro-Kopf Emissionen aktuell und in der Vergangenheit.
- Weite Teile Afrikas etwa tragen nur wenig zum Ausstoß an Treibhausgasen pro Kopf bei.

## Per capita greenhouse gas emissions

Greenhouse gas emissions<sup>1</sup> include carbon dioxide, methane and nitrous oxide from all sources, including land-use change. They are measured in tonnes of carbon dioxide-equivalents<sup>2</sup> over a 100-year timescale.



Data source: Jones et al. (2024); Population based on various sources (2023)

Note: Land-use change emissions can be negative.

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

Quelle: Data source: Jones, Matthew W., Glen P. Peters, Thomas Gasser, Robbie M. Andrew, Clemens Schwingshackl, Johannes Gütschow, Richard A. Houghton, Pierre Friedlingstein, Julia Pongratz, and Corinne Le Quéré. "National Contributions to Climate Change Due to Historical Emissions of Carbon Dioxide, Methane and Nitrous Oxide". Scientific Data. Zenodo, March 19, 2024.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10839859>.

Population based on various sources (2023)

<https://ourworldindata.org/population-sources>

Note: Land-use change emissions can be negative.

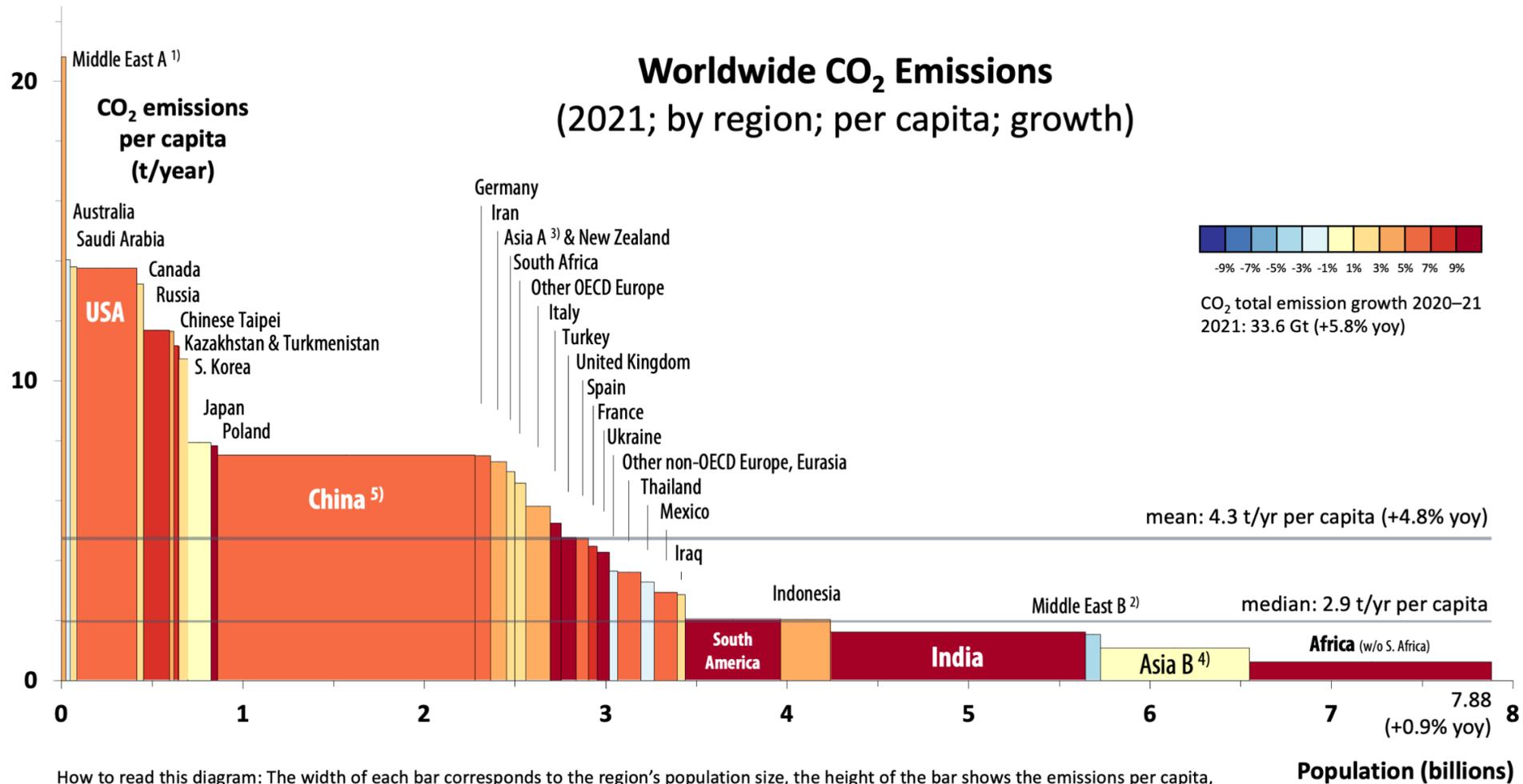
OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

<https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>

1. **Greenhouse gas emissions:** A greenhouse gas (GHG) is a gas that causes the atmosphere to warm by absorbing and emitting radiant energy. Greenhouse gases absorb radiation that is radiated by Earth, preventing this heat from escaping to space. Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is the most well-known greenhouse gas, but there are others including methane, nitrous oxide, and in fact, water vapor. Human-made emissions of greenhouse gases from fossil fuels, industry, and agriculture are the leading cause of global climate change. Greenhouse gas emissions measure the total amount of all greenhouse gases that are emitted. These are often quantified in carbon dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>eq) which take account of the amount of warming that each molecule of different gases creates.

2. **Carbon dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>eq):** Carbon dioxide is the most important greenhouse gas, but not the only one. To capture all greenhouse gas emissions, researchers express them in "carbon dioxide equivalents" (CO<sub>2</sub>eq). This takes all greenhouse gases into account, not just CO<sub>2</sub>. To express all greenhouse gases in carbon dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>eq), each one is weighted by its global warming potential (GWP) value. GWP measures the amount of warming a gas creates compared to CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> is given a GWP value of one. If a gas had a GWP of 10 then one kilogram of that gas would generate ten times the warming effect as one kilogram of CO<sub>2</sub>. Carbon dioxide equivalents are calculated for each gas by multiplying the mass of emissions of a specific greenhouse gas by its GWP factor. This warming can be stated over different timescales. To calculate CO<sub>2</sub>eq over 100 years, we'd multiply each gas by its GWP over a 100-year timescale (GWP100). Total greenhouse gas emissions – measured in CO<sub>2</sub>eq – are then calculated by summing each gas' CO<sub>2</sub>eq value.

# Worldwide CO<sub>2</sub> Emissions (2021; by region; per capita; growth)



How to read this diagram: The width of each bar corresponds to the region's population size, the height of the bar shows the emissions per capita, the area of each rectangle therefore represents the total emissions for that region. The area's color represents the growth of total emissions.

**Notes:**

CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion only; no other greenhouse gases or natural sources; aviation and marine bunkers not shown as territory but included in average and totals.

- <sup>1</sup> Middle East A: Bahrain, Kuwait, Oman, Qatar, United Arab Emirates
- <sup>2</sup> Middle East B: Israel, Jordan, Lebanon, Syrian Arab Republic, Yemen
- <sup>3</sup> Asia A: Brunei Darussalam, Malaysia, Mongolia, Singapore
- <sup>4</sup> Asia B: Asia without Asia A, China, India, Thailand, Chinese Taipei, Indonesia, S. Korea, Japan
- <sup>5</sup> China: People's Rep. of China, Hong Kong

**Attribution:**

Based on IEA (2023), "Greenhouse gas emissions from energy", [www.iea.org/statistics](http://www.iea.org/statistics). All rights reserved; as modified by Thomas Schulz, AQAL Capital GmbH. This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Version: 17-Sep-2023 by Thomas Schulz, AQAL Capital GmbH, Munich  
blog commentary: <https://aqalcapital.com/2021-worldwide-co2-emissions>

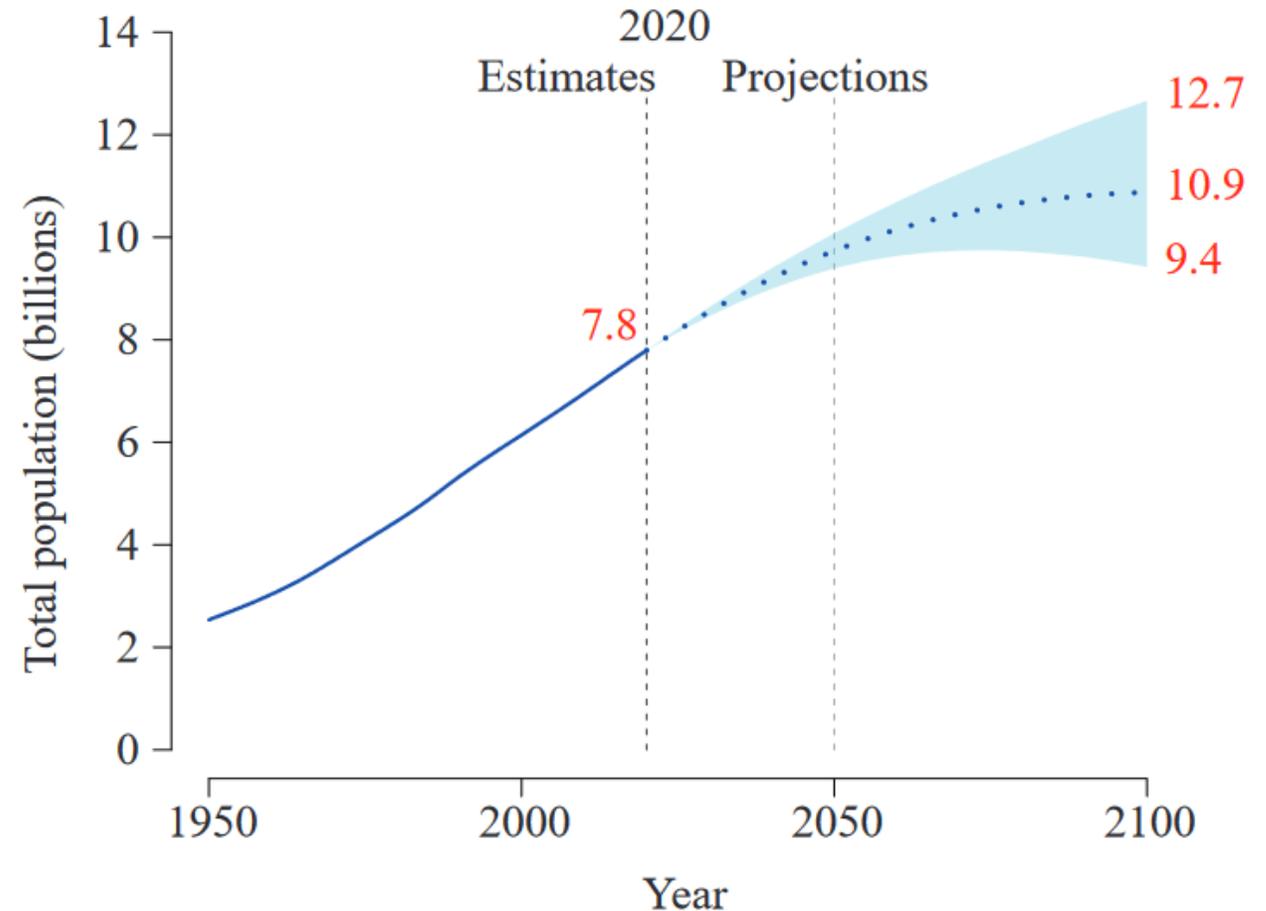


# Klimagerechtigkeit

- Die Folgen der Klimaerwärmung treten weltweit auf. Aber wer ist dafür verantwortlich?
- In der Vergangenheit und auch heute haben die Industrieländer große Mengen an Treibhausgasen in die Atmosphäre emittiert, Jahr für Jahr.
- Ungerechtigkeit: Gerade die Länder, die am wenigsten zum Klimawandel beigetragen haben sind am stärksten von dessen Folgen betroffen.
- Beispiel:
  - Im afrikanischen Land Niger emittiert jeder Bewohner durchschnittlich 0,1 t CO<sub>2</sub> pro Jahr.
  - In Deutschland emittiert jeder Bewohner durchschnittlich 7,7 t CO<sub>2</sub> pro Jahr.
- Klimagerechtigkeit ist ein wichtiges Thema auf der Weltklimakonferenz
  - Die armen Länder sollen entschädigt und unterstützt werden

# Randbedingungen – Weltbevölkerung wächst

- Im Jahr 1800 lebten etwa eine Milliarde Menschen auf der Erde.
- Seit dem vergangenen Jahrhundert nimmt das Bevölkerungswachstum rasant an Fahrt auf.
- 8 Milliarden Menschen bis zum Jahr 2023, fast 10 Milliarden bis 2050 und vermutlich knapp 11 Milliarden bis 2100 - je nach Entwicklung der Geburtenrate



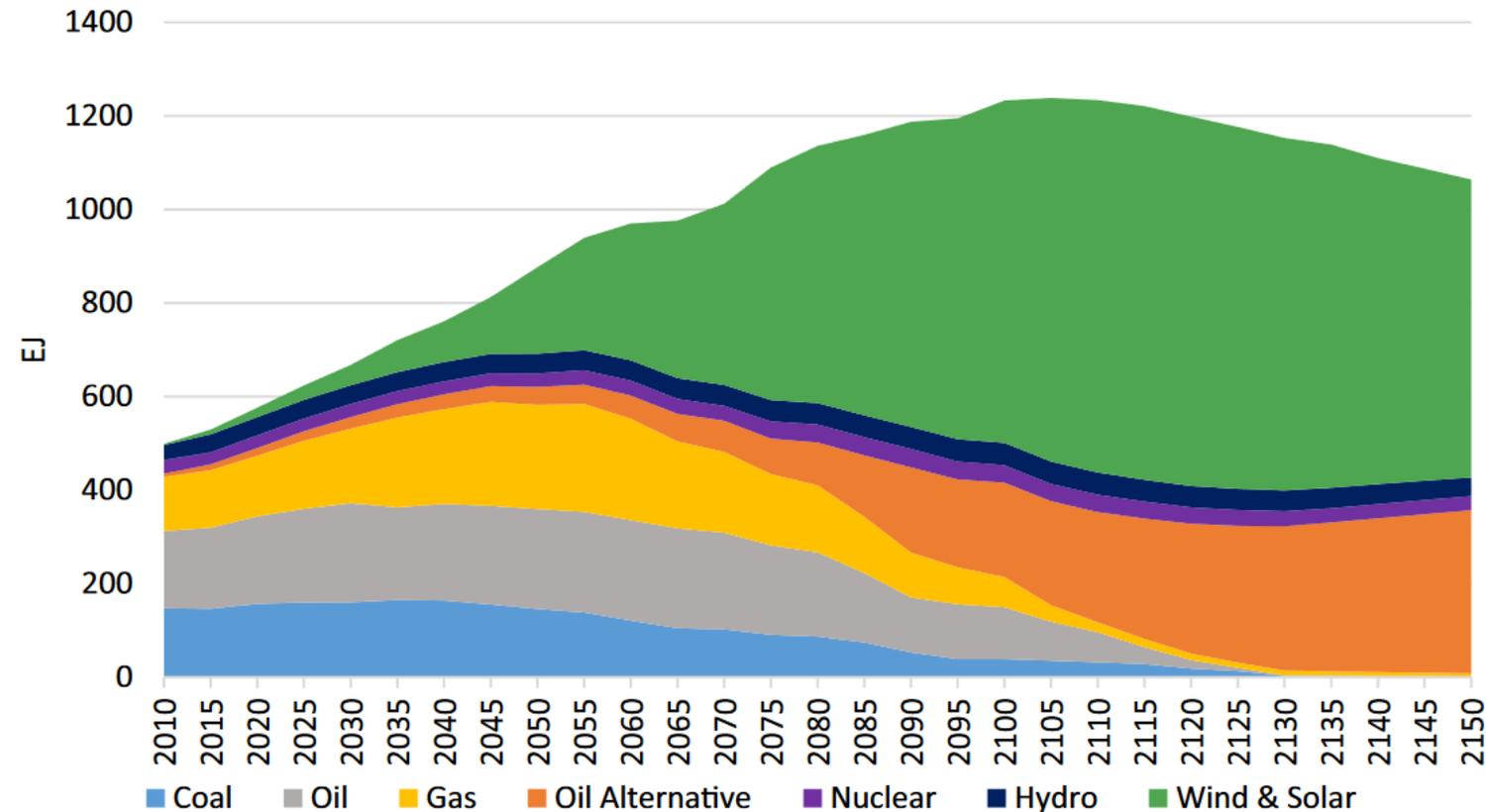
Grafik: Growth of the world population, 1950–2100. Note: The solid blue line is an estimate, whereas the dotted blue line is a projection under the medium variant and the shadow is the 95% projection intervals.

Quelle: Gu D, Andreev K, Dupre ME. Major Trends in Population Growth Around the World. China CDC Wkly. 2021 Jul 9;3(28):604-613. doi: 10.46234/ccdcw2021.160. PMID: 34594946; PMCID: PMC8393076.

# Randbedingungen – Energiebedarf wächst auch

- Die zunehmende Urbanisierung und das wirtschaftliche Wachstum in Schwellenländern treiben den Energiebedarf stark an.
- Fortschritte in der Technologie und die fortschreitende Industrialisierung führen zu einem höheren Energieverbrauch in der Produktion und im Dienstleistungssektor. Dies umfasst auch die Digitalisierung und Automatisierung, die zusätzliche Energie benötigen
- Der weltweite Anstieg des Verkehrsaufkommens, einschließlich des Individualverkehrs und des Gütertransports, führt zu einem erhöhten Energiebedarf.

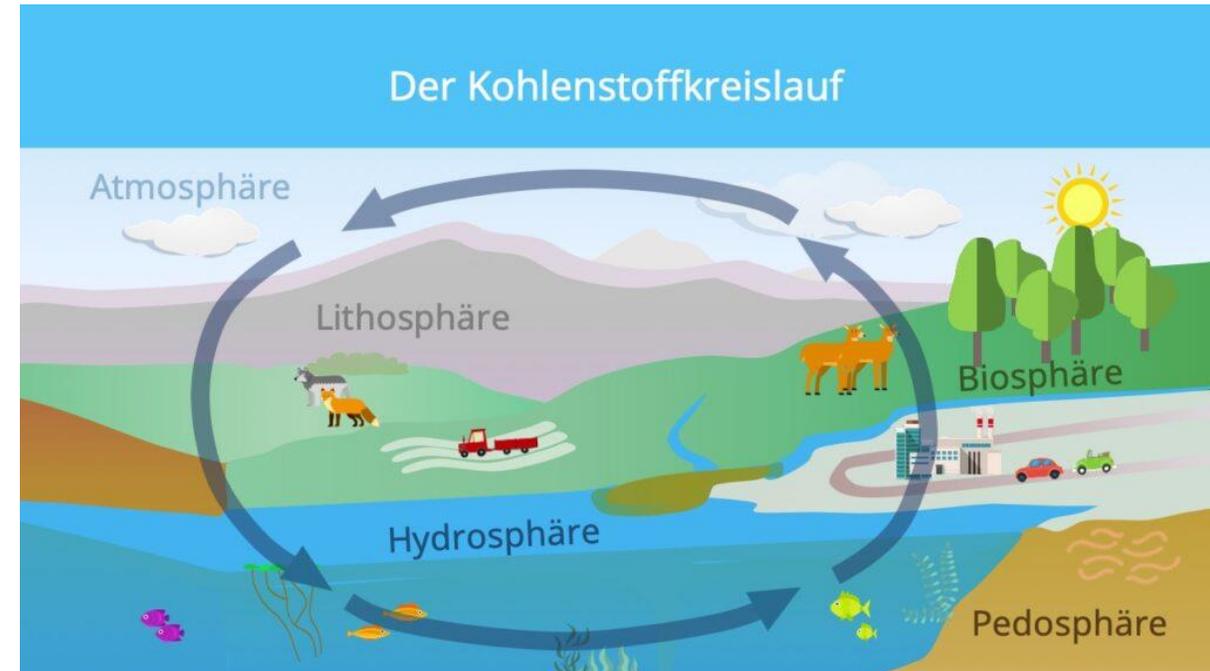
(a) Global Primary Energy



Grafik: Morris, J., Hone, D., Haigh, M., Sokolov, A., & Paltsev, S. (2022). Future energy: in search of a scenario reflecting current and future pressures and trends. In *Environmental Economics and Policy Studies* (Vol. 25, Issue 1, pp. 31–61). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s10018-021-00339-1>

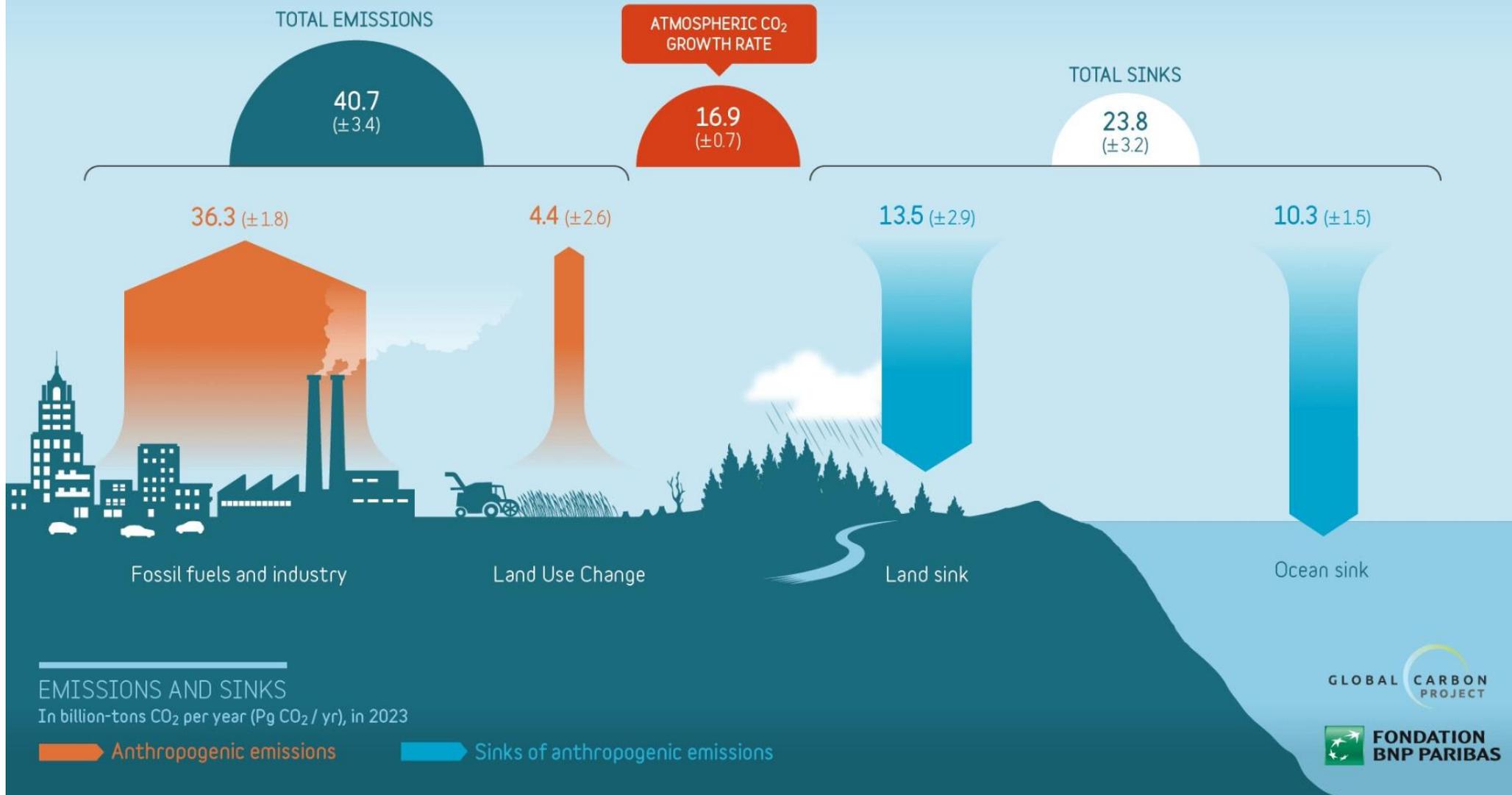
# Kohlenstoffkreislauf

- Der Kohlenstoffkreislauf der Erde ist komplex und findet in allen Erdsphären statt: der Lithosphäre, Pedosphäre, Atmosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre.
- Dabei werden kohlenstoffhaltige Verbindungen zwischen Kohlenstoffsinken und Kohlenstoffquellen ausgetauscht.
- Die Treibhausgase  $\text{CO}_2$  und  $\text{CH}_4$ , in der Atmosphäre stehen ständig in Wechselwirkung zwischen den anderen Sphären.
- Es gibt natürliche und anthropogene Kohlenstoffsinken und Kohlenstoffquellen

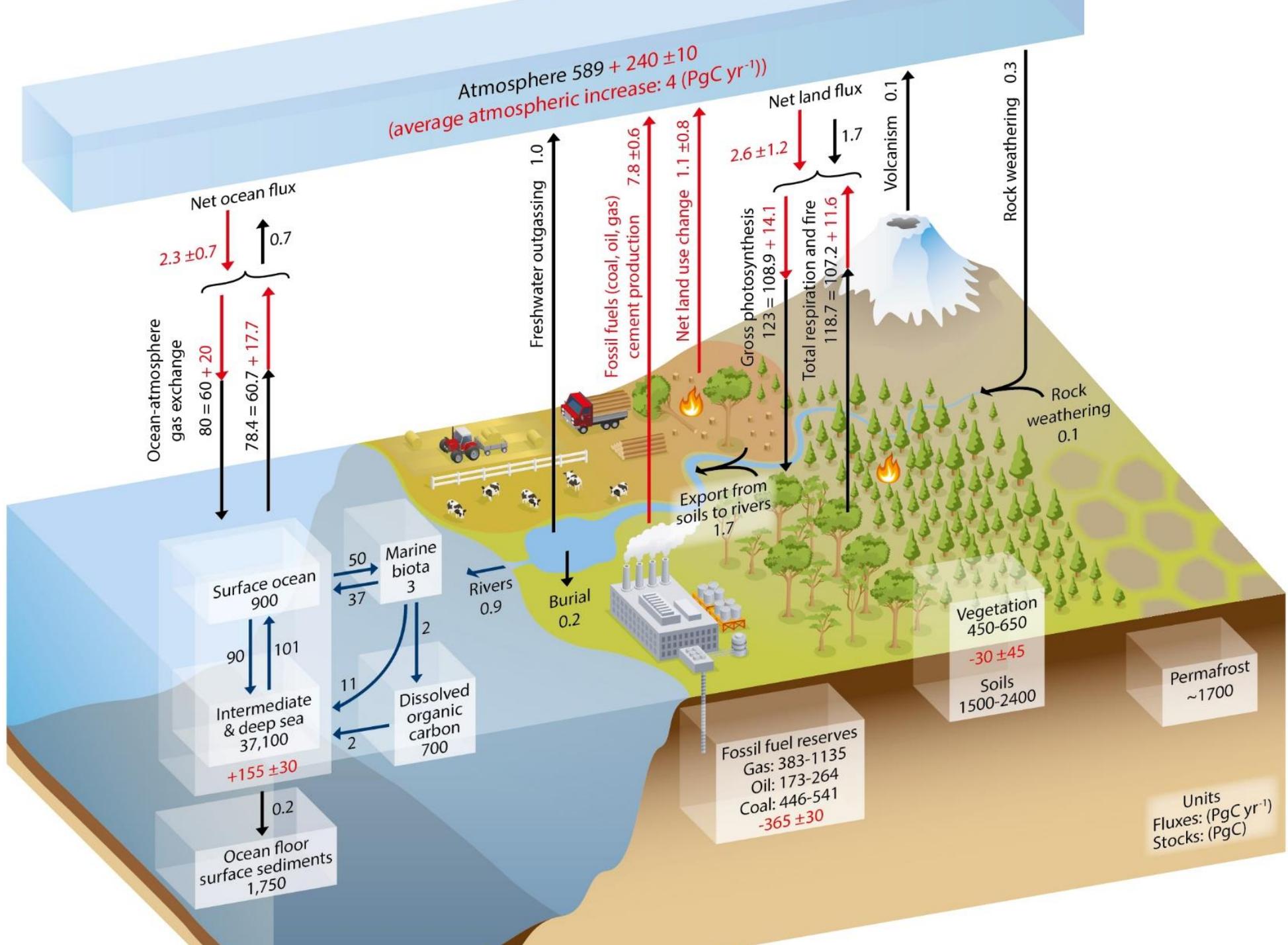


Quelle: Studyflix GmbH, <https://studyflix.de/biologie/kohlenstoffkreislauf-2800>, abgerufen 09.2024, HTWK Leipzig

# GLOBAL CARBON BUDGET 2023



# Koh



Schematische, vereinfachte Darstellung des globalen Kohlenstoffkreislaufs.  
(Grafik: IPCC-Bericht 2013; Fig. 6.1, S. 471. IPCC-Bericht)

# Der Klimawandel

- Ursachen des Klimawandels
  - **CO2 und Klima in der Erdgeschichte**
  - Klimamodelle
- 
- Politik
  - Gesellschaft
  - Die Klimadebatte in den Medien
  - Zusammenfassung und Diskussion

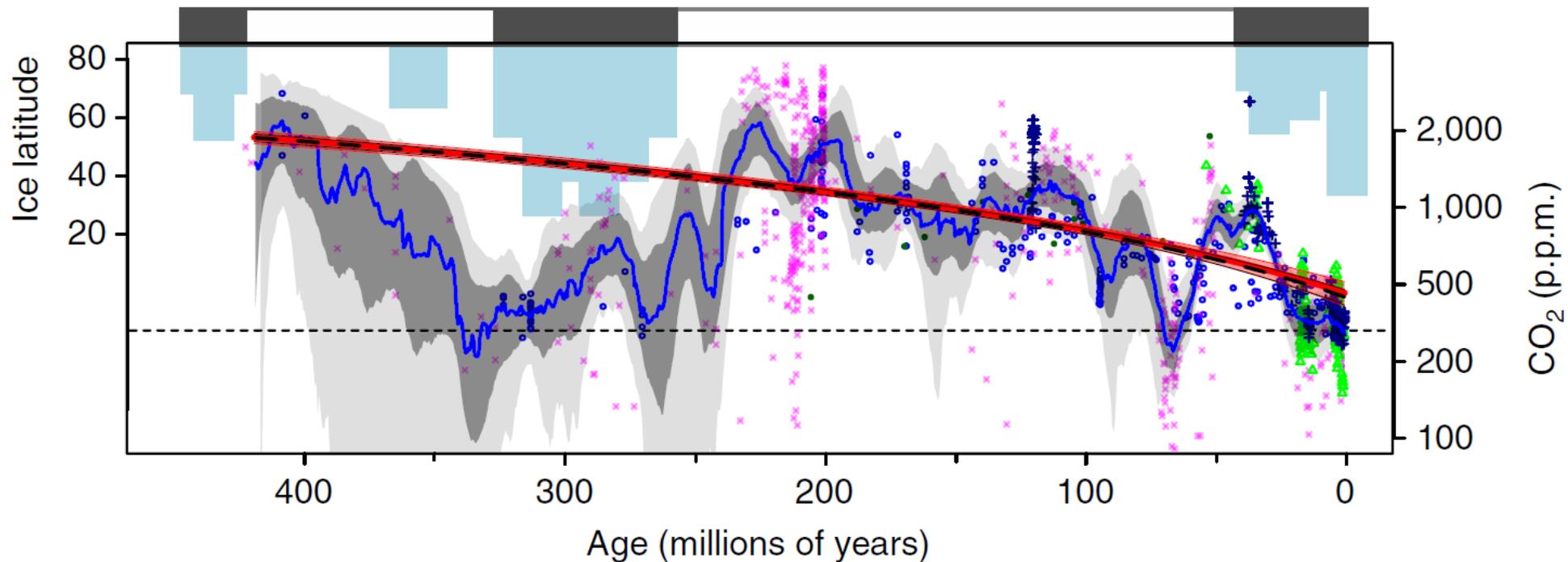


Quelle: TheusiNo, <https://pixabay.com/de/users/theusino-6207195/>

CO<sub>2</sub> und Klima in der Erdgeschichte

# CO<sub>2</sub> und Klima in der Erdgeschichte

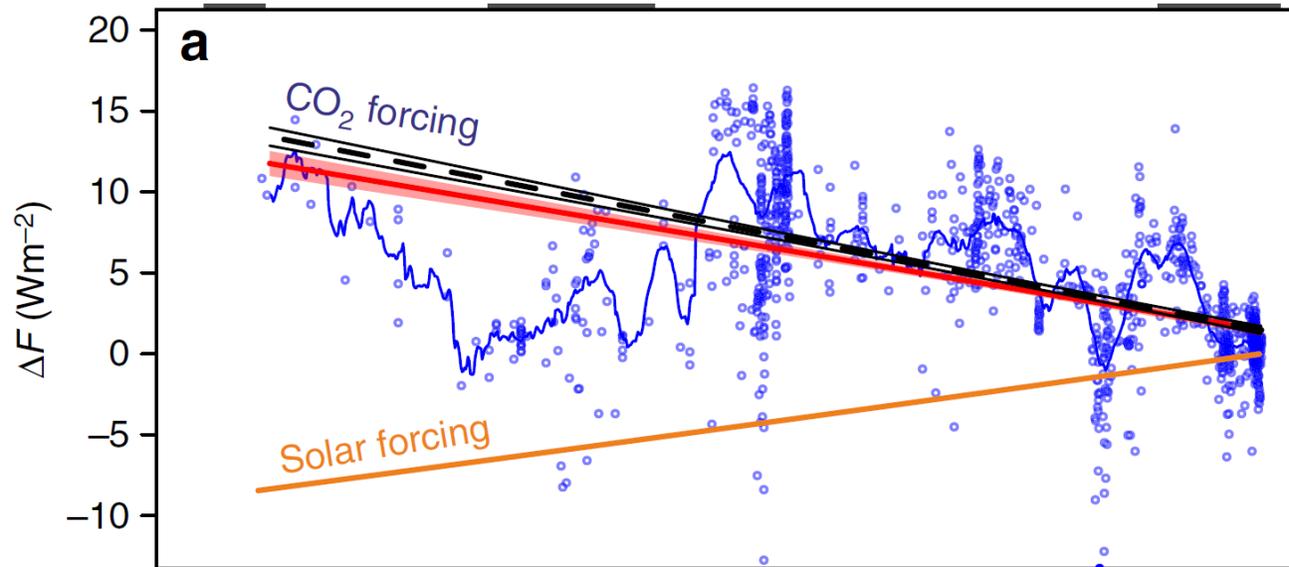
- CO<sub>2</sub>-Gehalte der Atmosphäre waren in der Vergangenheit z.T. deutlich höher
- Insgesamt ist der CO<sub>2</sub>-Gehalt über die Jahrtausenden gesunken
- Eiszeiten korrelieren deutlich mit Zeiten niedriger CO<sub>2</sub>-Gehalte



Quelle: Foster et. al. 2017 Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years, <https://doi.org/10.1038/ncomms14845>

# CO<sub>2</sub> und Klima in der Erdgeschichte

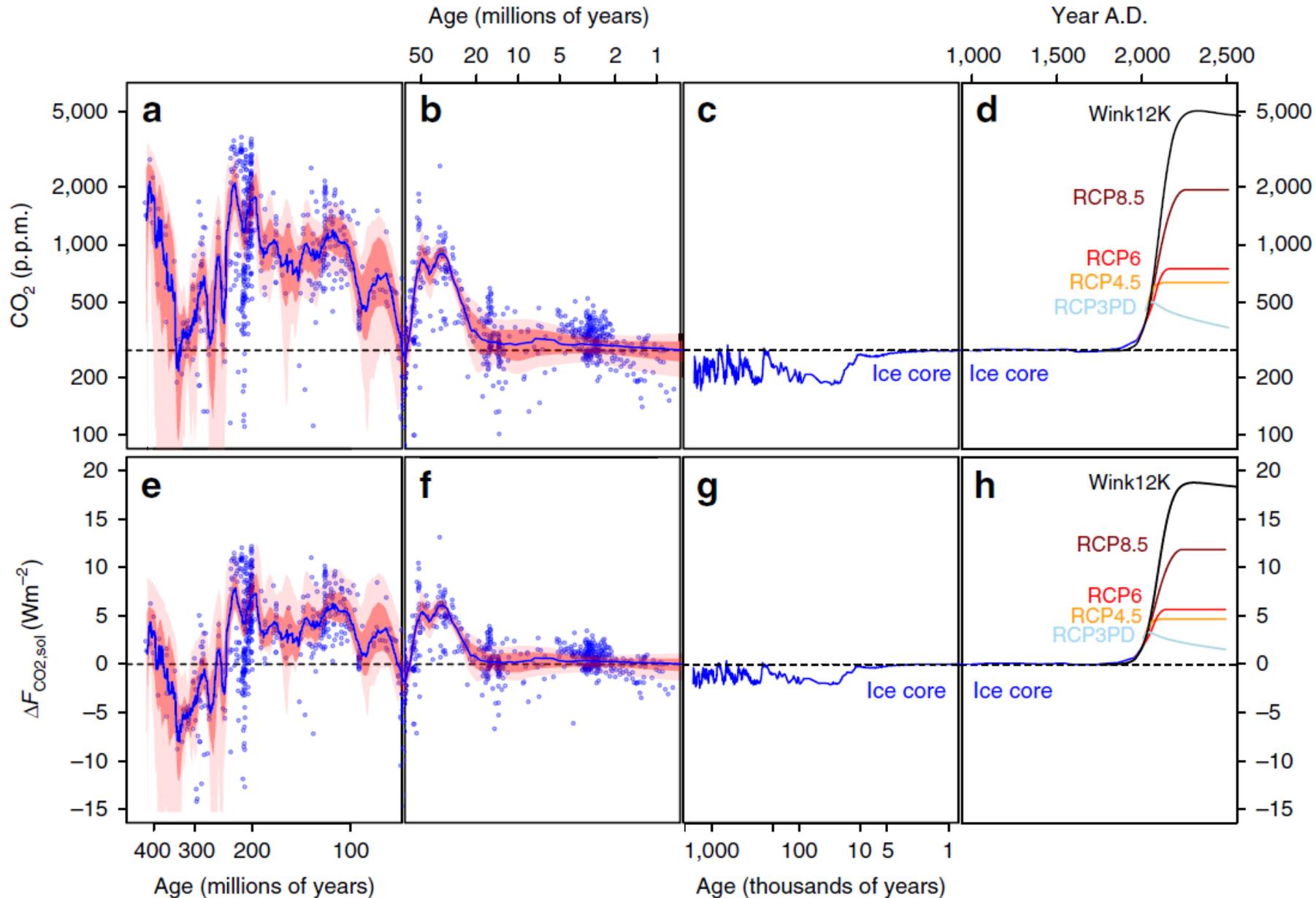
- CO<sub>2</sub>-Gehalte als Umrechnung auf den Strahlungsantrieb
- Klimaantrieb durch CO<sub>2</sub> nahm langfristig ab, Klimaantrieb durch die Sonne nimmt langfristig zu
- „Früher war mehr CO<sub>2</sub>“: Die geringere Strahlungsleistung der Sonne wurde durch den stärkeren Treibhauseffekt (mehr CO<sub>2</sub>) ungefähr ausgeglichen
- Dieser Umstand hat das Leben auf der Erde erst ermöglicht



- blau: Wärmende Wirkung des CO<sub>2</sub>
- gelb: Wärmende Wirkung der Sonne

Quelle: Foster et. al. 2017 Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years, <https://doi.org/10.1038/ncomms14845>

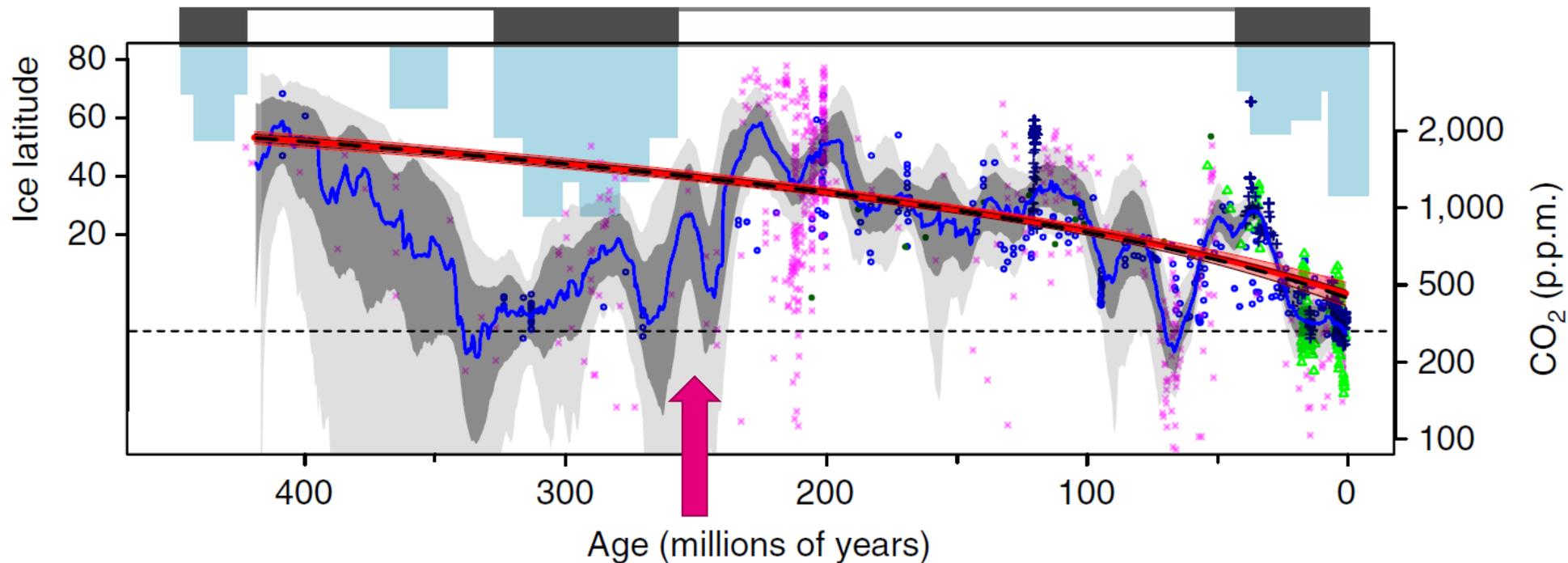
# CO<sub>2</sub> und Klima in der Erdgeschichte



Quelle: Foster et. al. 2017 Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years, <https://doi.org/10.1038/ncomms14845>

# Die Perm-Trias-Grenze: Eine Klimakatastrophe vor 252 Millionen Jahren

- The great dying: größtes Aussterbe-Ereignis der jüngeren Erdgeschichte
- Etwa 70% der Arten von landlebenden Wirbeltieren, etwa 95% der marinen Arten und große Teile der Flora
- Starker Anstieg des CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Atmosphäre und abruptes Ende einer langen Eiszeit (Abschmelzen der Polkappen und Gletscher) gelten nach dem Stand der Wissenschaft als die Ursache



Quelle: Foster et. al. 2017 Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years, <https://doi.org/10.1038/ncomms14845>



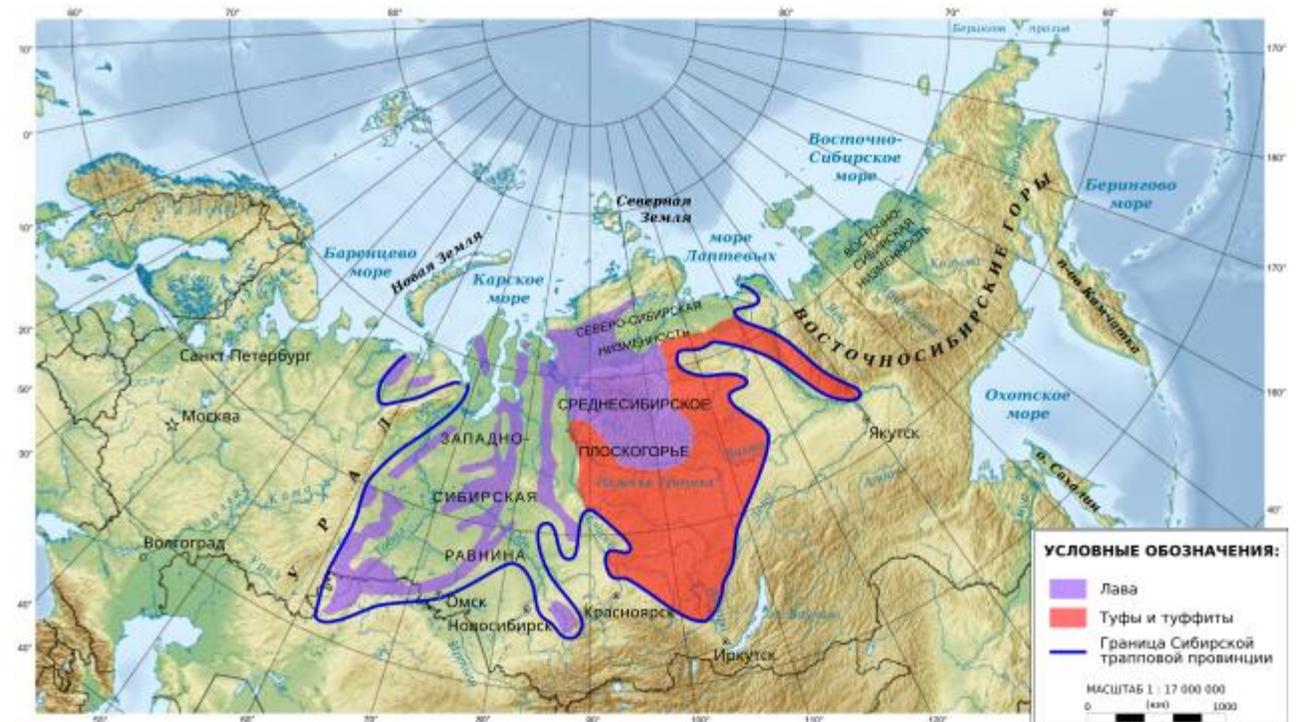
# Die Perm-Trias-Grenze: Eine Klimakatastrophe vor 252 Millionen Jahren

- Die sibirischen Flutbasalte („Sibirischer Trapp“) werden als Wahrscheinlichste CO<sub>2</sub>-Quelle angesehen
- Der größte Vulkankomplex der jüngeren Erdgeschichte schichtete magmatische Gesteine mit einer Mächtigkeit von stellenweise 3.500 Meter aufeinander.
- Der Megavulkanismus emittierte dabei erhebliche Mengen an Kohlenstoffdioxid, Fluor, Chlorwasserstoff und Schwefeldioxid, das als Schwefelsäure im Regenwasser gleichermaßen ozeanische und kontinentale Biotope schädigte.
- Dessen Ausbruch und zusätzlich die Entzündung von Kohlenflözen haben diese Klimakatastrophe wahrscheinlich ausgelöst.



Foto: N.A. Krivolutskaya, GFZ-Potsdam, 2011

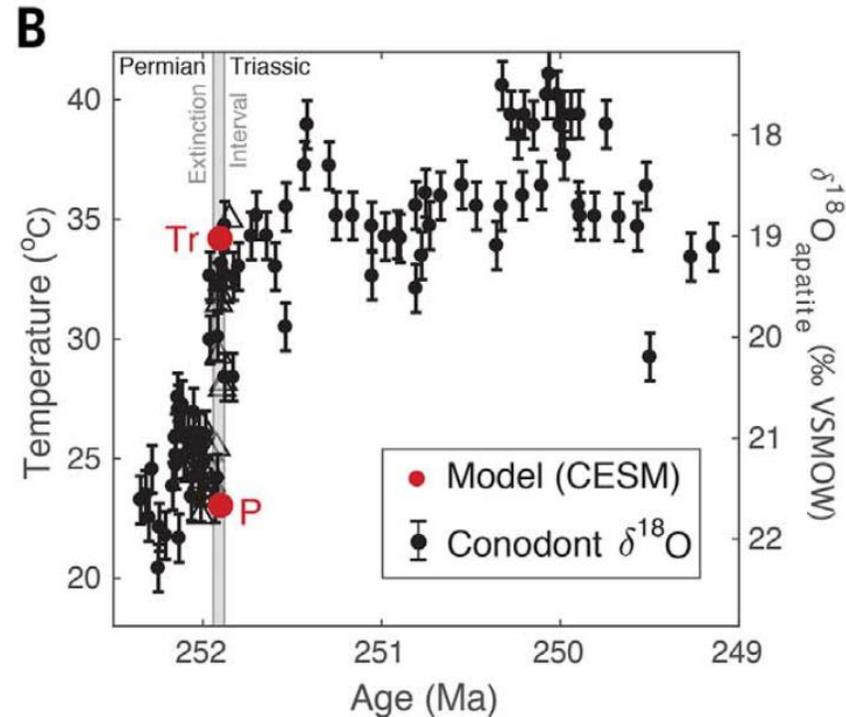
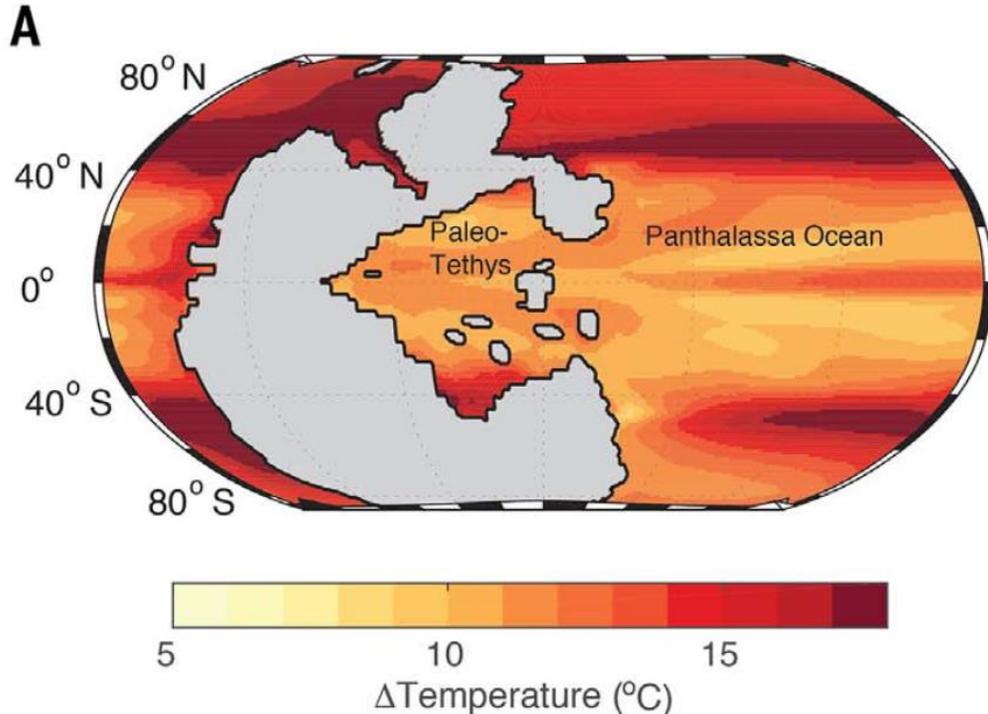
Sibirische Flutbasalte am See Lama in der Norilsk-Region



# Die Perm-Trias-Grenze: Eine Klimakatastrophe vor 252 Millionen Jahren

- In einem kurzen Zeitraum von ca. 100.000 Jahren stieg die Temperatur >10K
- Die Temperaturverteilung war nicht gleichmäßig
- Daten stammen aus Überresten von Conodonten, die in den Sedimentgesteinsschichten gefunden worden
- Ganz andere Dimensionen als heute...

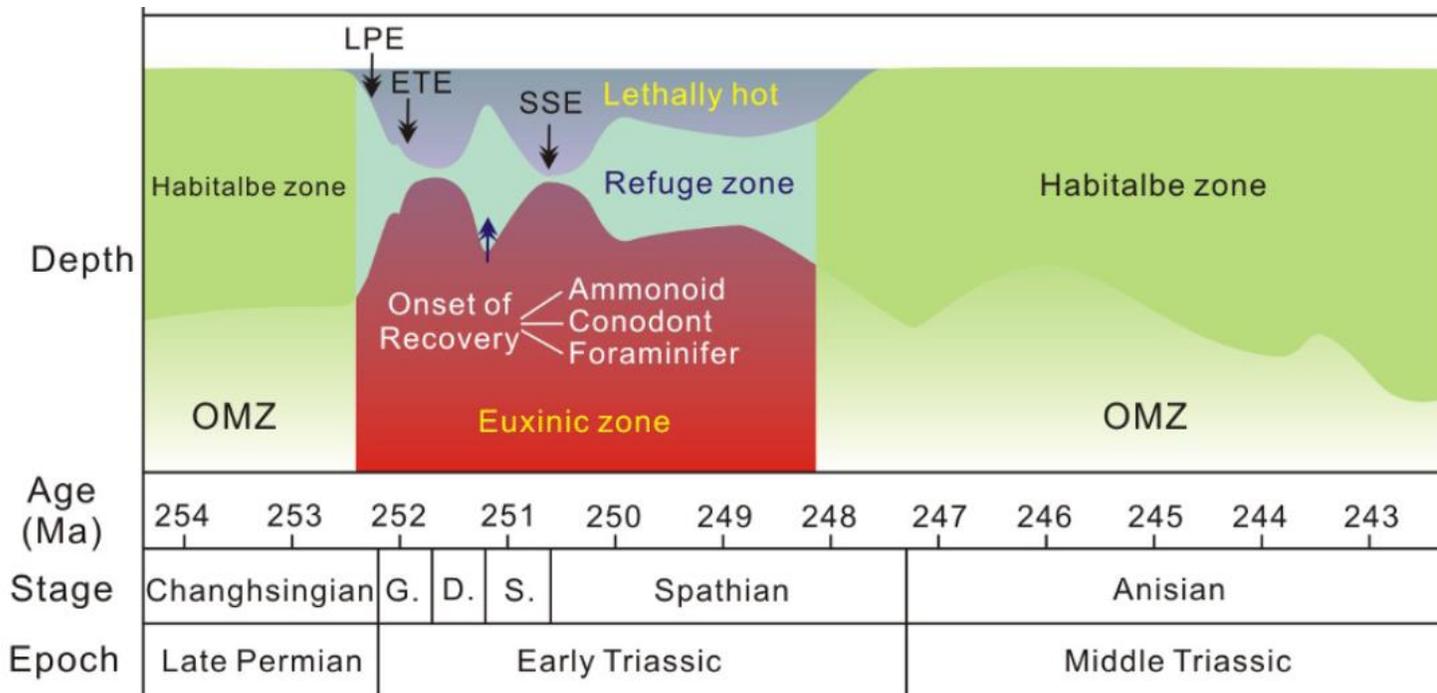
Near surface (0 to 70 m) ocean warming across the Permian/Triassic (P/Tr) transition simulated in the Community Earth System Model. The region in gray represents the supercontinent Pangaea.



Quelle: Penn et. al. 2018, Temperature-dependent hypoxia explains biogeography and severity of end-Permian marine mass extinction, <https://doi.org/10.1126/science.aat1327>

# Die Perm-Trias-Grenze: Eine Klimakatastrophe vor 252 Millionen Jahren

- Das Oberflächenwasser der Meere war zu heiß
- Das Tiefenwasser hatte zu wenig Sauerstoff
- Die habitable Zone verkleinerte sich drastisch
- Hitze des Meerwassers und die Sauerstofffreiheit haben zum Aussterben geführt



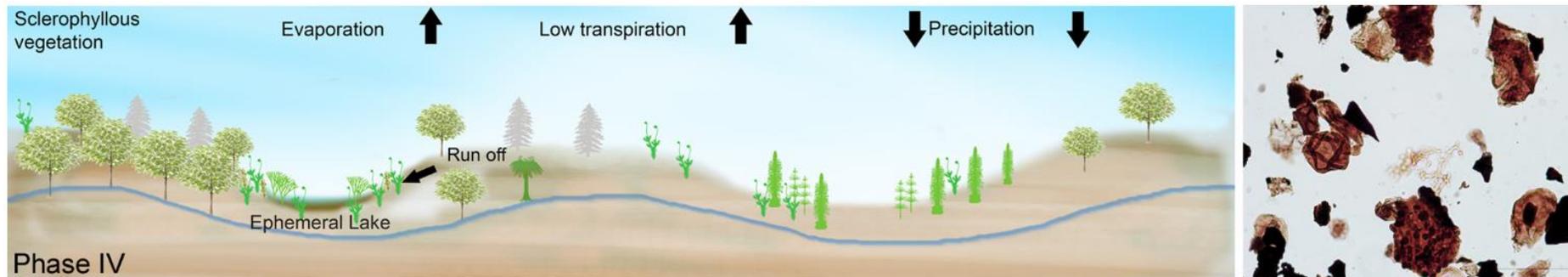
Quelle: Song et. al. 2014, Anoxia/high temperature double whammy during the Permian-Triassic marine crisis and its aftermath, <https://doi.org/10.1038/srep04132>

# Die Perm-Trias-Grenze: Eine Klimakatastrophe vor 252 Millionen Jahren

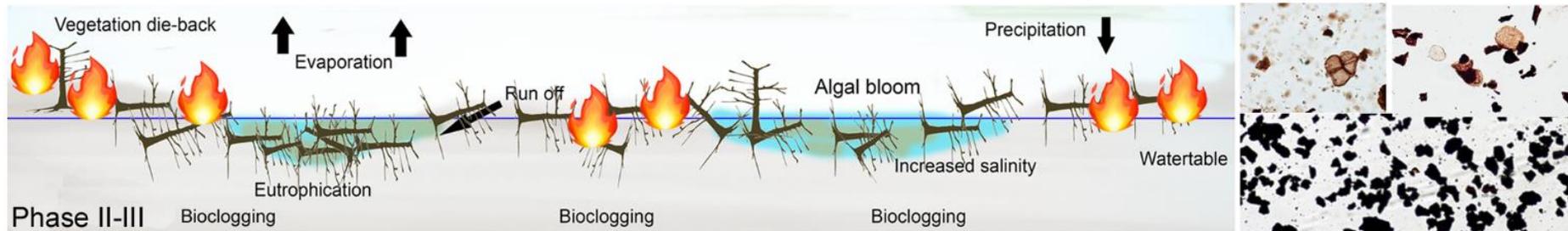
- Rekonstruktion des Aussterbeereignisses der Flora

Quelle: Vajda et. al. 2020, End-Permian (252 Mya) deforestation, wildfires and flooding—An ancient biotic crisis with lessons for the present, <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2019.115875>

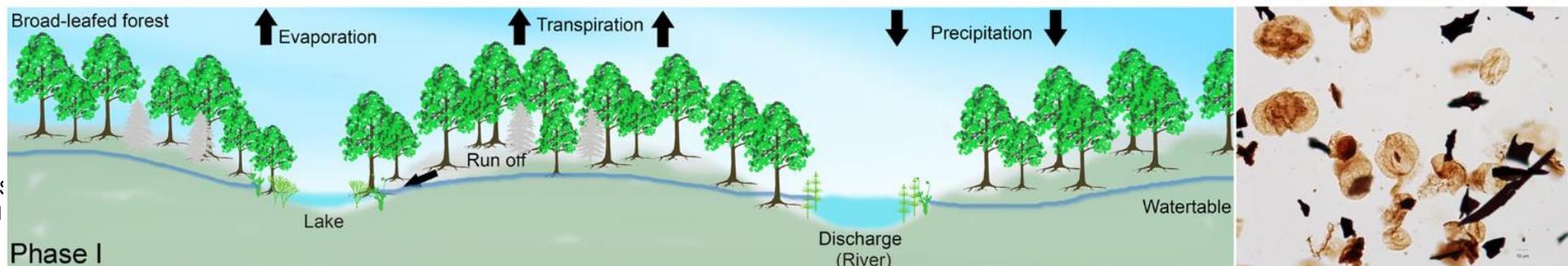
- Beginn Trias: Wüste, Pionierpflanzen



- Tote Zone: Holzkohle, Algen, Pilze, Brände, Anstieg des Meeresspiegels

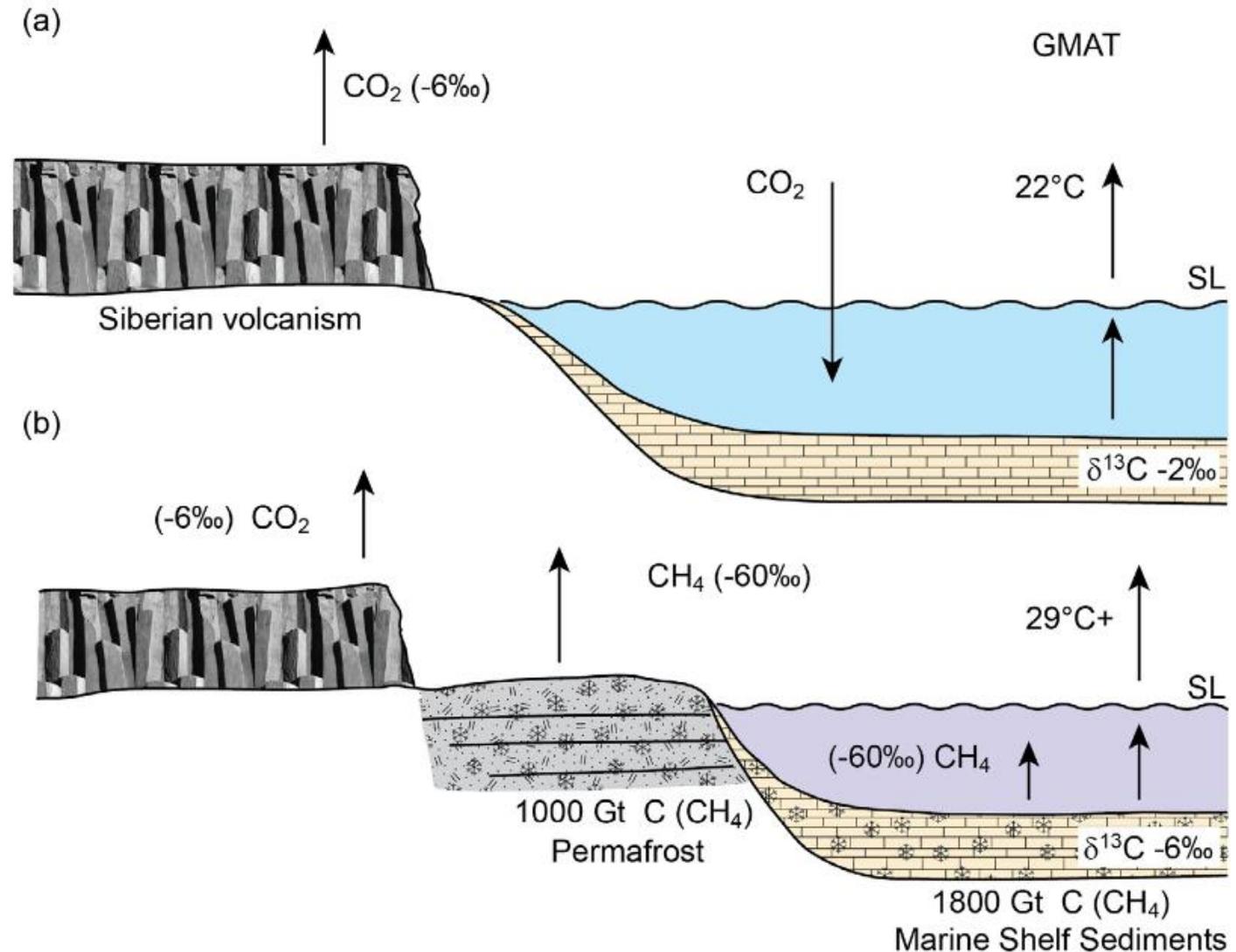


- Ende Perm: Glossopteris-Flora

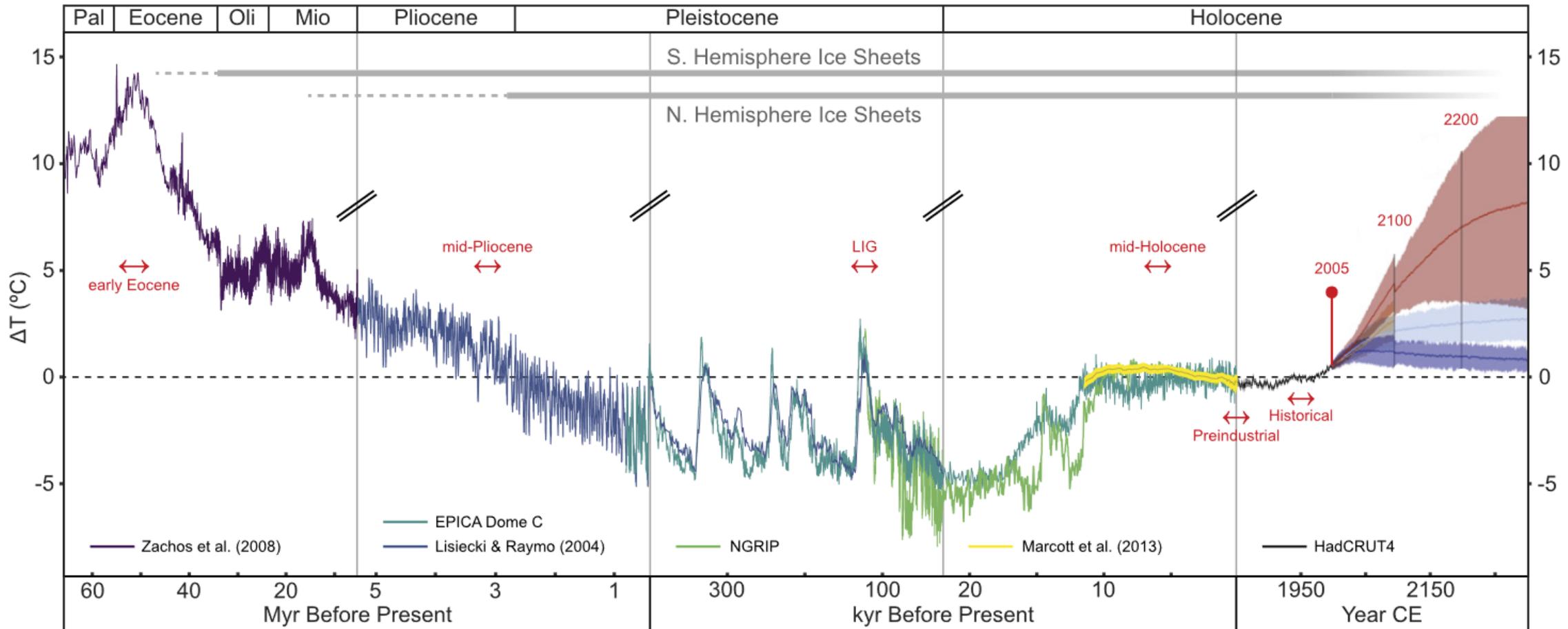


# Die Perm-Trias-Grenze: Eine Klimakatastrophe vor 252 Millionen Jahren

- Ursache: Warum ist das so aus dem Ruder gelaufen?
- Messdaten zum Kohlenstoffisotopenverhältnis  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  aus dieser Zeit deuten auf Methan hin
- Erwärmung der Atmosphäre und der Meere durch  $\text{CO}_2$
- Das daraus folgende Abschmelzen der Pole und das Abtauen des Permafrost haben zu massiven Methanfreisetzungen geführt
- Das Methan hat den Treibhauseffekt weiter angeheizt
- Rückkopplung mit Kippelemente



# Die Perm-Trias-Grenze: Eine Klimakatastrophe vor 252 Millionen Jahren



**Fig. 1.** Temperature trends for the past 65 Ma and potential geohistorical analogs for future climates. Six geohistorical states (red arrows) of the climate system are analyzed as potential analogs for future climates. For context, they are situated next to a multi-timescale time series of global mean annual temperatures for the last 65 Ma. Major patterns include a long-term cooling trend, periodic fluctuations driven by changes in the Earth's orbit at periods of  $10^4$ – $10^5$  y, and recent and projected warming trends. Temperature anomalies are relative to 1961–1990 global means and are composited from five proxy-based reconstructions, modern observations, and future temperature projections for four emissions pathways (*Materials and Methods*). Pal, Paleocene; Mio, Miocene; Oli, Oligocene.

# Der Klimawandel

- Ursachen des Klimawandels
  - CO<sub>2</sub> und Klima in der Erdgeschichte
  - **Klimamodelle**
- 
- Politik
  - Gesellschaft
  - Die Klimadebatte in den Medien
  - Zusammenfassung und Diskussion

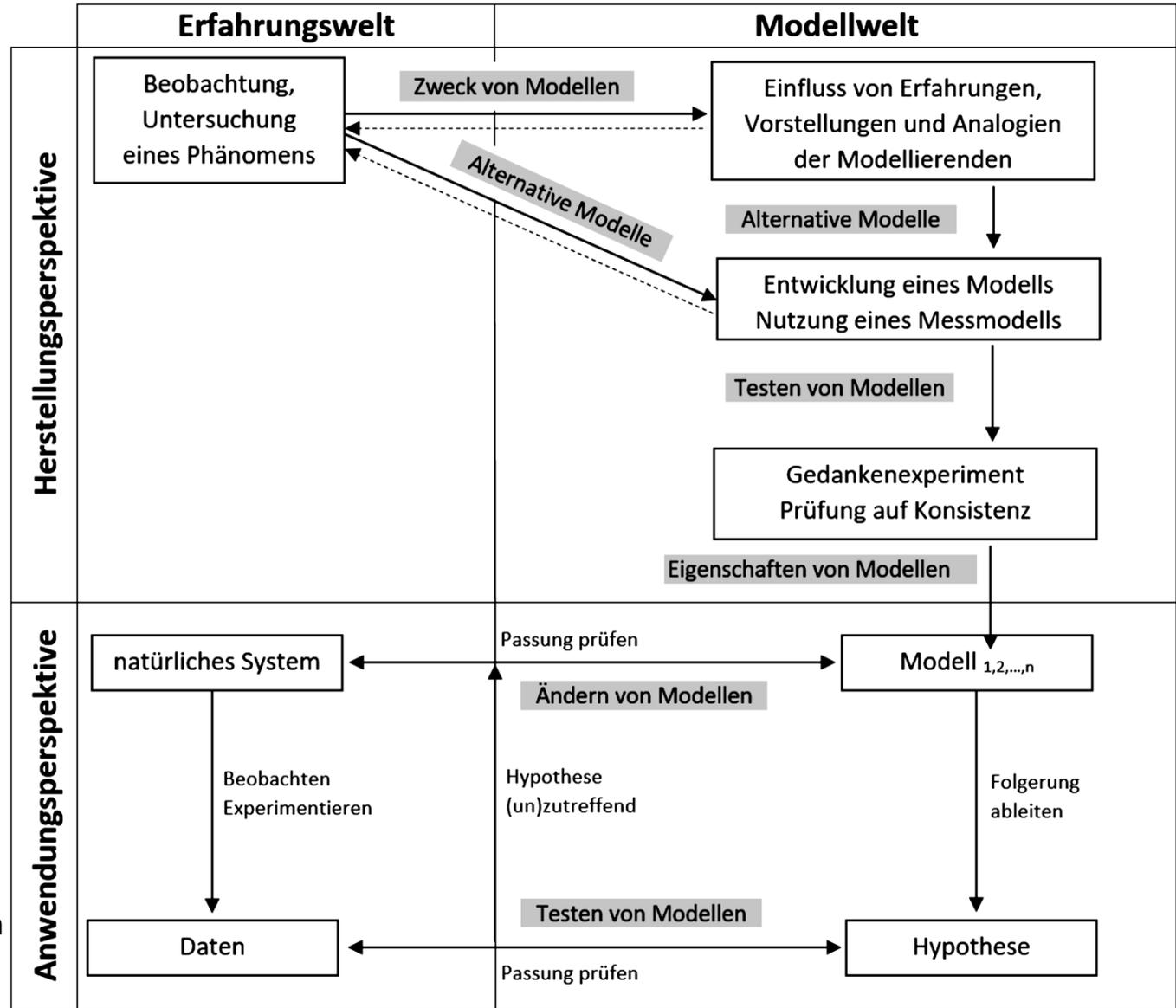
# Klimamodelle



# Modellbildung

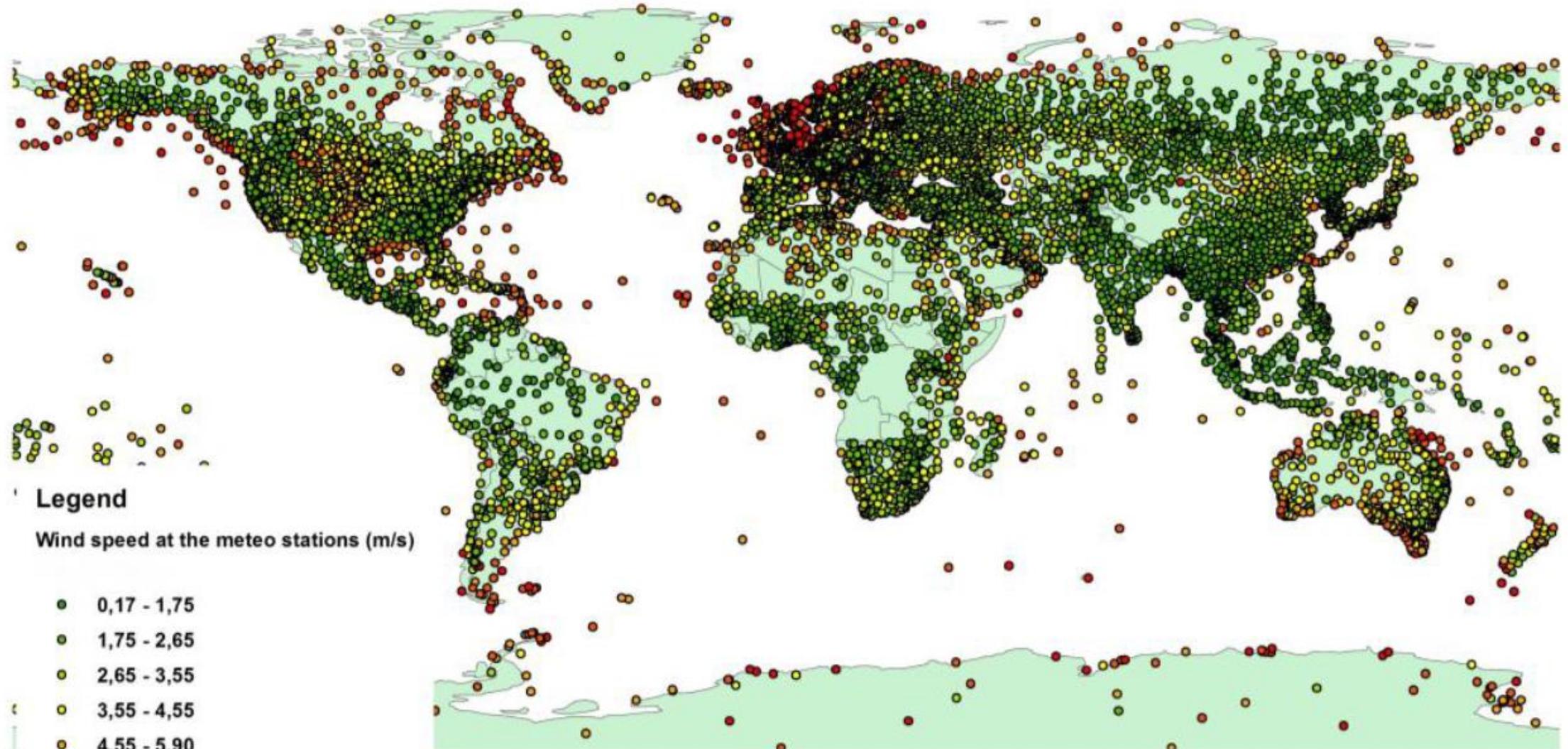
- Messungen und Beobachtungen stehen am Anfang
- **Mathematische Definition von Zusammenhängen und Naturgesetzen**
- Immer wieder Überprüfung der Theoretischen Modellergebnisse mit Messungen und Beobachtungen
- Viele Iterationsschleifen sind notwendig bis ein Modell wirklich angewendet werden kann

Prozessschema naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung durch Modellieren (Krell et al. 2016). *Graue Kästen* weisen auf die Bedeutung von Teilkompetenzen hin, wenn bestimmte Abläufe durchlaufen werden



Grafik: Krell, M., Upmeyer zu Belzen, A., & Krüger, D. (2016). Modellkompetenz im Biologieunterricht. In A. Sandmann & P. Schmiemann (Hrsg.), Biologiedidaktische Forschung: Band 1. Schwerpunkte und Forschungsstände (S. 83–102). Berlin: Logos

# Wettermessungen



Wetterstationen weltweit

Quelle: Stefano Grassi, Fabio Veronesi, Roland Schenkel, Christian Peier, Jonatan Neukom, Stephan Volkwein, Martin Raubal, Lorenz Hurni, Mapping of the global wind energy potential using open source GIS data, June 2015, Conference: 2nd International Conference on Energy and Environment: bringing together Engineering and EconomicsAt: Guimarães, Portugal

# Wettermessungen

- Eine Wetterstation ist eine Zusammenstellung verschiedener Messgeräte, die zur Messung meteorologischer Größen.
- Bei der Wetterbeobachtung werden die Zustände der Erdatmosphäre in Form von Wetterdaten wie Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur, Niederschlag, Windrichtung, Windstärke, Wolken(arten) usw. an einem bestimmten Ort, meist zu festgelegten Zeiten, erfasst und gespeichert.
- Die Wetterdaten werden heute über ein Netz von Messstationen (Messnetz) erfasst, die über die ganze Welt verteilt sind.



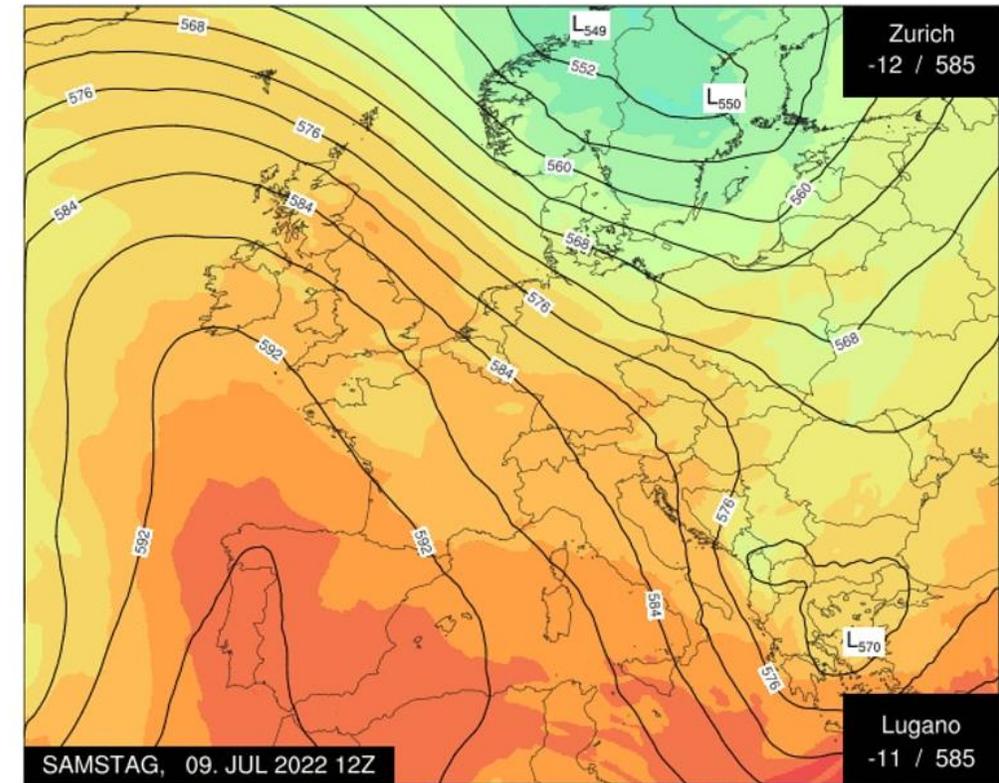
Wetterstation Leipzig Holzhausen

Bild: Guido Richter,

<https://www.meteopool.org/de/wetterstation-leipzig-holzhausen-deutscher-wetterdienst-dwd-2928-wmo-10471-id34>

# Numerische Wettervorhersage

- Die numerische Wettervorhersage basiert auf komplexen mathematischen Modellen, die **physikalische Gesetze** verwenden, um die Bewegung und Entwicklung der Atmosphäre zu simulieren.
- Diese Modelle nutzen umfangreiche **Eingabedaten**, die von Wetterstationen, Satelliten, Bojen, Flugzeugen und anderen Messinstrumenten stammen, um den aktuellen Zustand der Atmosphäre zu erfassen.
- Die Atmosphäre wird in ein **dreidimensionales Gitter** unterteilt, und die Berechnungen werden für jeden Gitterpunkt durchgeführt. Die Genauigkeit der Vorhersage hängt von der Auflösung des Gitters ab – je feiner das Gitter, desto detaillierter die Vorhersage.
- Die Berechnungen für die numerische Wettervorhersage sind extrem **rechenintensiv** und werden auf leistungsstarken Supercomputern durchgeführt, die in der Lage sind, die enormen Datenmengen **in kurzer Zeit** zu verarbeiten.
- Die Ergebnisse der Modellberechnungen liefern **Vorhersagen** für verschiedene Zeiträume, von **kurzfristigen** (Stunden bis Tage) bis **langfristigen** (Wochen). Je länger die Vorhersagen in der Zukunft liegen, umso ungenauer werden die Ergebnisse, weil sich beeinflussende Effekte hochschaukeln (Butterflyeffekt).



Modell: ECMWF  
Run: 08. JUL 2022 18Z  
Offset: 018

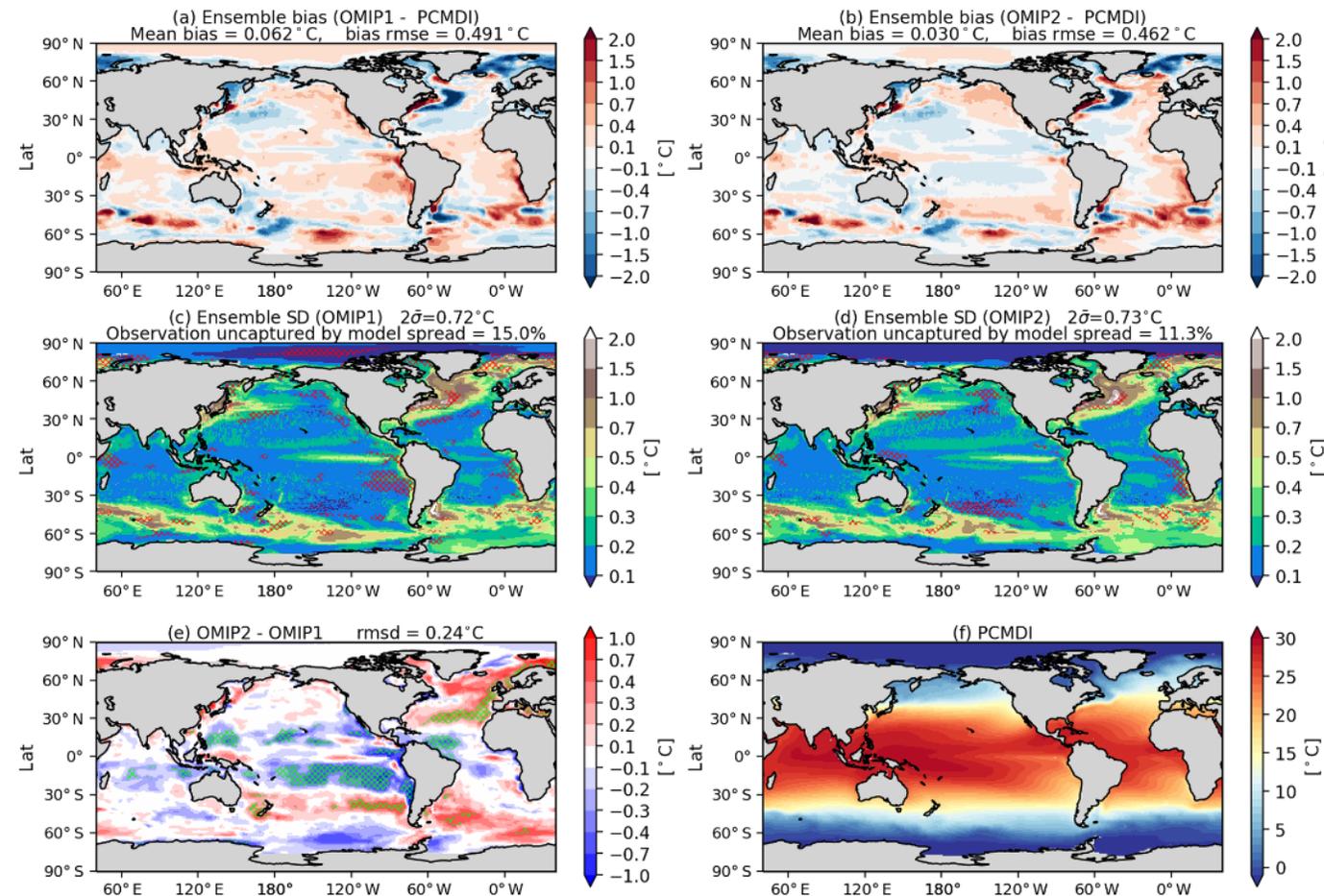
Temperature 500 hPa [°C]  
Geopotential Height 500 hPa [gpdam]

Höhe der 500 hPa Druckfläche  
Grafik: SRF Meteo, ECMWF

# Klimamodell: Definition

- Ein Klimamodell ist ein Computermodell zur Berechnung und Projektion des Klimas für einen bestimmten Zeitabschnitt. Das Modell basiert in der Regel auf einem Meteorologiemodell, wie es auch zur numerischen Wettervorhersage verwendet wird.
- Dieses Modell wird jedoch für die Klimamodellierung erweitert, um alle Erhaltungsgrößen korrekt abzubilden.
- In der Regel wird dabei an das **Meteorologiemodell** ein **Ozeanmodell**, ein **Schnee- und Eismodell** für die Kryosphäre und ein **Vegetationsmodell** für die Biosphäre angekoppelt.
- Klimamodelle stellen die komplexesten und rechenaufwendigsten Computermodelle dar, welche bisher entwickelt wurden.

Multi-model mean SST (avg. from 1980 to 2009)

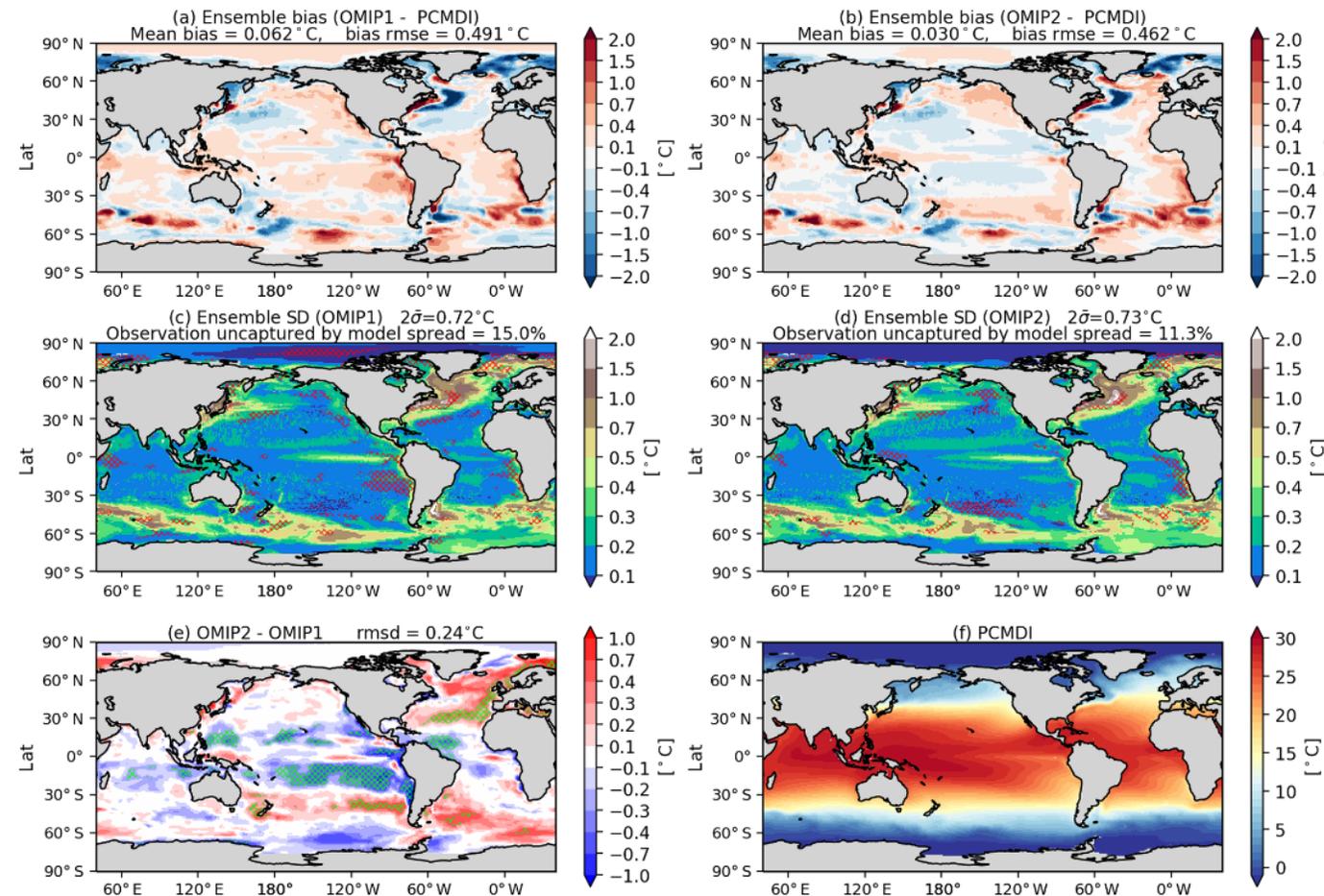


Quelle: Tsujino, H., L. S. U., Griffies, S. M., Danabasoglu, G., Adcroft, A. J., Amaral, A. E., . . . Yu, Z. (2020). Evaluation of global ocean–sea-ice model simulations based on the experimental protocols of the ocean model intercomparison project phase 2 (OMIP-2). *Geoscientific Model Development*, 13(8), 3643-3708. doi: <https://doi.org/10.5194/gmd-13-3643-2020>

# Klimamodell: Definition

- Klimamodelle können mit alten Wetterdaten trainiert und validiert werden. D.h. die vergangenen Szenarien werden nachgerechnet und mit den Messdaten verglichen.
- Klimamodelle betrachten langfristige und langwierige Entwicklungen.
- **Berechnung von Szenarien mit verschiedenen Randbedingungen**
- **Anders als bei den Wettermodellen geben uns die Ergebnisse der Klimasimulationen Einblicke in die ferne Zukunft**

Multi-model mean SST (avg. from 1980 to 2009)

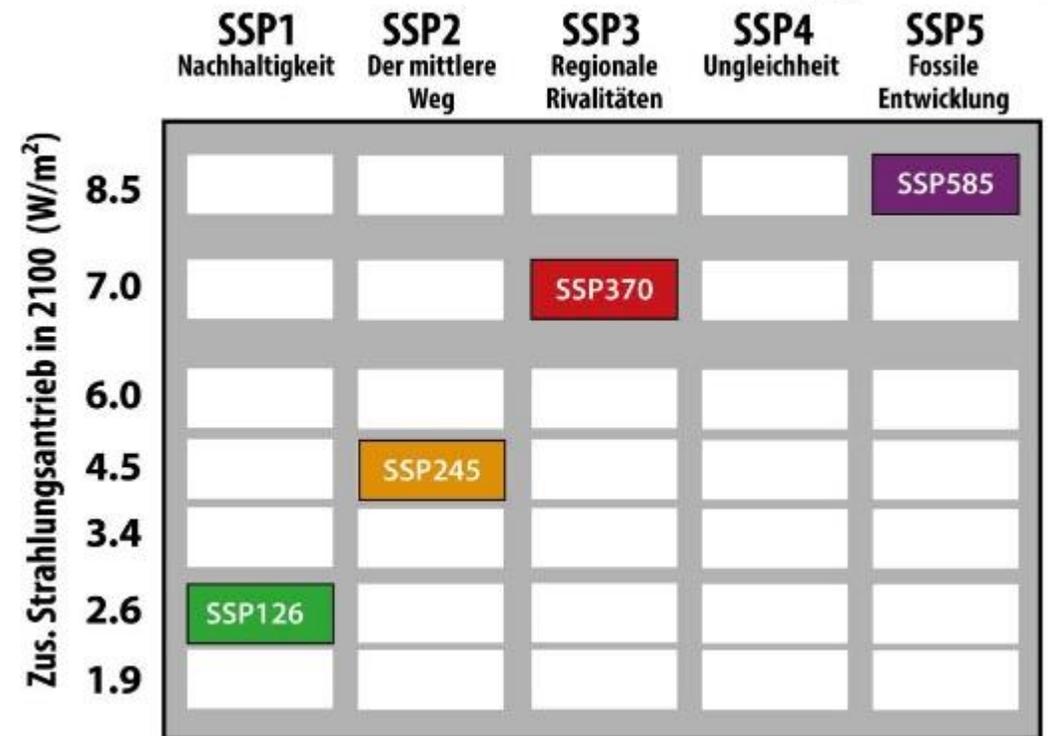


Quelle: Tsujino, H., L. S. U., Griffies, S. M., Danabasoglu, G., Adcroft, A. J., Amaral, A. E., . . . Yu, Z. (2020). Evaluation of global ocean–sea-ice model simulations based on the experimental protocols of the ocean model intercomparison project phase 2 (OMIP-2). *Geoscientific Model Development*, 13(8), 3643-3708. doi: <https://doi.org/10.5194/gmd-13-3643-2020>

# SSP-Szenarien

- Die SSP-Szenarien (Shared Socioeconomic Pathways, dt.: gemeinsame sozioökonomische Entwicklungspfade) beschreiben mögliche theoretische Entwicklungspfade.
- Die zukünftigen Emissionen von anthropogenen Treibhausgasen sind von ökonomischen, sozialen und politischen Entwicklungen abhängig, die grundsätzlich nicht vorhersagbar sind.
- **SSP1:** Der nachhaltige und grüne Weg beschreibt eine zunehmend nachhaltige Welt. Globale Gemeinschaftsgüter werden bewahrt, die Grenzen der Natur werden respektiert. Statt Wirtschaftswachstum steht zunehmend das menschliche Wohlbefinden im Fokus. Einkommensungleichheiten zwischen den Staaten und innerhalb der Staaten werden reduziert. Der Konsum orientiert sich an geringem Material- und Energieverbrauch.
- **SSP2:** Der mittlere Weg schreibt die bisherige Entwicklung fort. Einkommensentwicklungen einzelner Länder gehen weit auseinander. Es gibt eine gewisse Zusammenarbeit zwischen den Staaten, die jedoch nur geringfügig weiterentwickelt wird. Das globale Bevölkerungswachstum ist moderat und schwächt sich in der zweiten Jahrhunderthälfte ab. Umweltsysteme erfahren eine gewisse Verschlechterung.

## Gemeinsame sozioökonomische Entwicklungspfade (SSPs)



Nach O'Neill et al., 2016

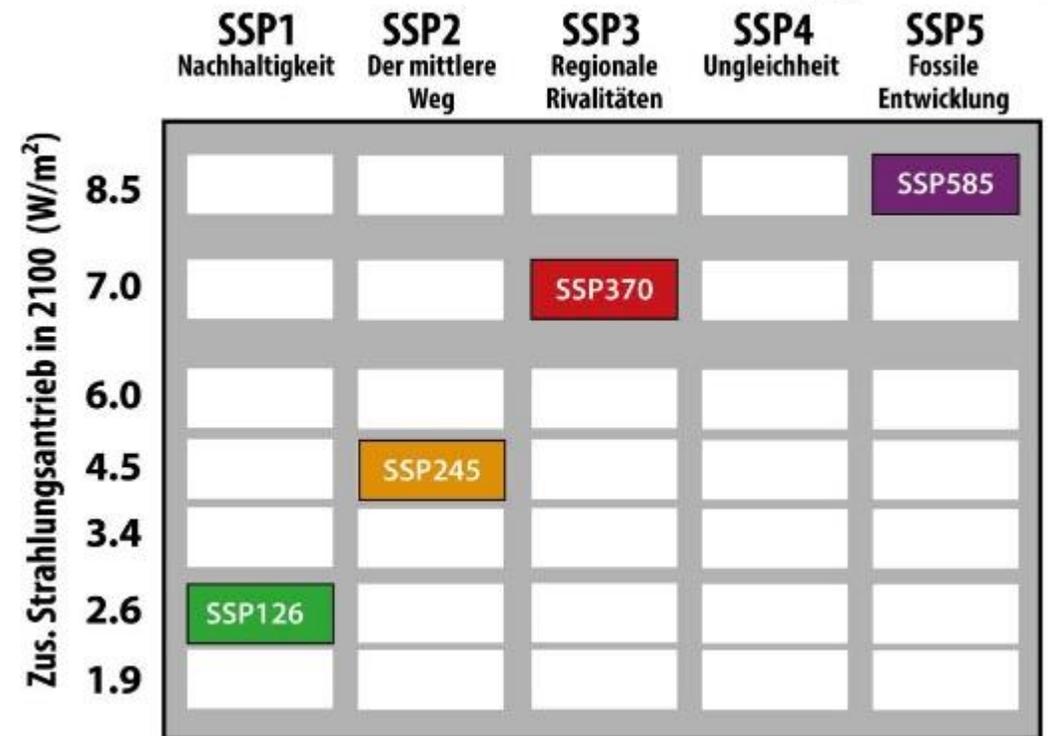
© DKRZ

Bild: Böttinger 2016, Quelle: O'Neill, B. C., Tebaldi, C., van Vuuren, D. P., Eyring, V., Friedlingstein, P., Hurtt, G., Knutti, R., Kriegler, E., Lamarque, J.-F., Lowe, J., Meehl, G. A., Moss, R., Riahi, K., and Sanderson, B. M.: The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6, Geosci. Model Dev., 9, 3461–3482, <https://doi.org/10.5194/gmd-9-3461-2016>, 2016.

# SSP-Szenarien

- **SSP3:** Regionale Rivalitäten. Eine Wiederbelebung des Nationalismus und regionale Konflikte rücken globale Themen in den Hintergrund. Die Politik orientiert sich zunehmend an nationalen und regionalen Sicherheitsfragen. Investitionen in Bildung und technologische Entwicklung nehmen ab. Ungleichheiten nehmen zu. In einigen Regionen kommt es zu starken Umweltzerstörungen
- **SSP4:** Ungleichheit. Die Kluft zwischen entwickelten Gesellschaften, die auch global kooperieren, und solchen, die auf einer niedrigen Stufe der Entwicklung mit niedrigem Einkommen und geringem Bildungsstand verharren, nimmt weiter zu. In einigen Regionen ist Umweltpolitik bei lokalen Problemen erfolgreich, in anderen nicht.
- **SSP5:** Die fossile Entwicklung. Die globalen Märkte sind zunehmend integriert, mit der Folge von Innovationen und technologischem Fortschritt. Die soziale und ökonomische Entwicklung basiert jedoch auf der verstärkten Ausbeutung fossiler Brennstoffressourcen mit einem hohen Kohleanteil und einem weltweit energieintensiven Lebensstil. Die Weltwirtschaft wächst und lokale Umweltprobleme wie die Luftverschmutzung werden erfolgreich bekämpft.

## Gemeinsame sozioökonomische Entwicklungspfade (SSPs)



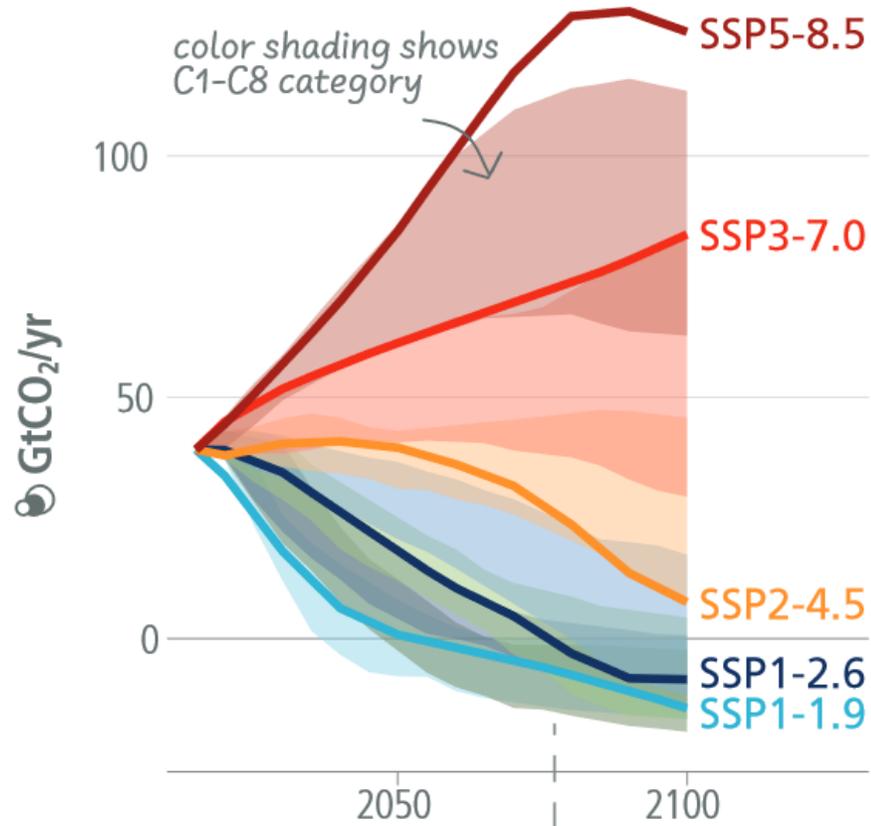
Nach O'Neill et al., 2016

© DKRZ

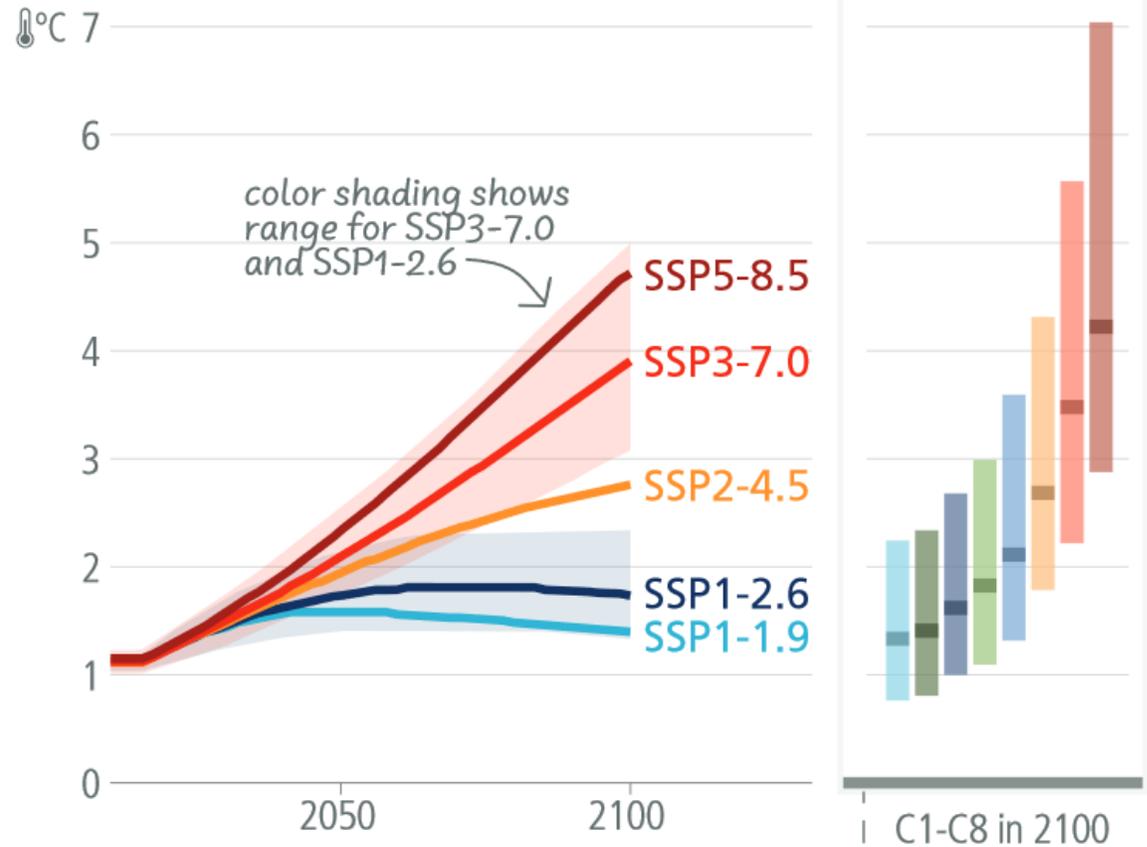
Bild: Böttinger 2016, Quelle: O'Neill, B. C., Tebaldi, C., van Vuuren, D. P., Eyring, V., Friedlingstein, P., Hurtt, G., Knutti, R., Kriegler, E., Lamarque, J.-F., Lowe, J., Meehl, G. A., Moss, R., Riahi, K., and Sanderson, B. M.: The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6, Geosci. Model Dev., 9, 3461–3482, <https://doi.org/10.5194/gmd-9-3461-2016>, 2016.

# SSP-Szenarien

CO<sub>2</sub> emissions for SSP-based scenarios and C1-C8 categories



Temperature for SSP-based scenarios over the 21<sup>st</sup> century and C1-C8 at 2100



Grafik: Lee, H., & Romero, J. (2023). Climate change 2023: Synthesis Report, IPCC, ISBN 978-92-9169-164-7

# SSP-Szenarien

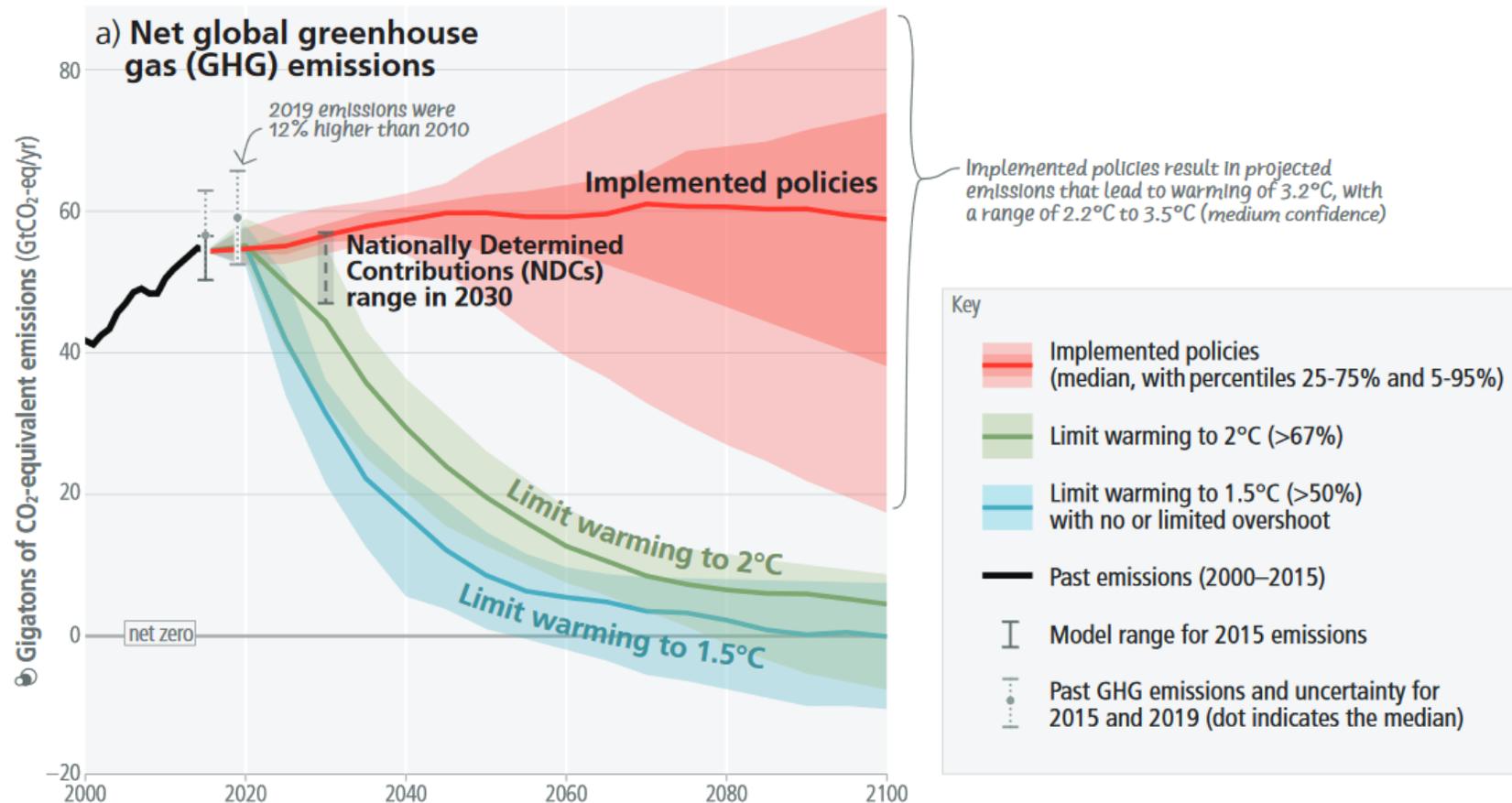
Category in WGIII	Category description	GHG emissions scenarios (SSPx-y*) in WGI & WGII	RCPy** in WGI & WGII
C1	limit warming to 1.5°C (>50%) with no or limited overshoot	Very low (SSP1-1.9)	
C2	return warming to 1.5°C (>50%) after a high overshoot		
C3	limit warming to 2°C (>67%)	Low (SSP1-2.6)	RCP2.6
C4	limit warming to 2°C (>50%)		
C5	limit warming to 2.5°C (>50%)		
C6	limit warming to 3°C (>50%)	Intermediate (SSP2-4.5)	RCP 4.5
C7	limit warming to 4°C (>50%)	High (SSP3-7.0)	
C8	exceed warming of 4°C (>50%)	Very high (SSP5-8.5)	RCP 8.5

Grafik: Lee, H., & Romero, J. (2023). Climate change 2023: Synthesis Report, IPCC, ISBN 978-92-9169-164-7

# Szenarien – Aktuelle Prognosen

## Limiting warming to 1.5°C and 2°C involves rapid, deep and in most cases immediate greenhouse gas emission reductions

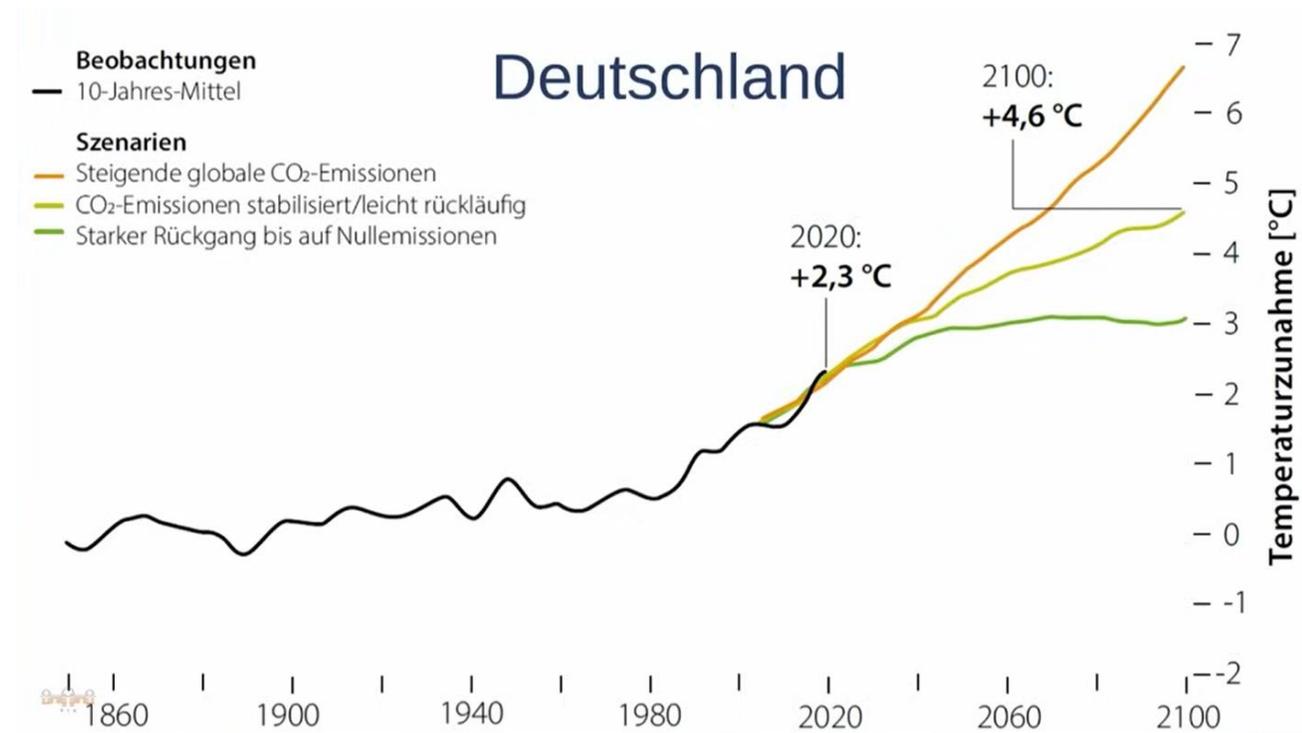
Net zero CO<sub>2</sub> and net zero GHG emissions can be achieved through strong reductions across all sectors



Grafik: Lee, H., & Romero, J. (2023). Climate change 2023: Synthesis Report, IPCC, ISBN 978-92-9169-164-7

# Szenarien – Aktuelle Prognosen

- Doppelt so starke Erwärmung in Deutschland wie weltweit
- 70% der Erdoberfläche bestehen aus Ozeanen
  - Langsamere Erwärmung der Ozeane durch thermische Trägheit und der Verdunstung
  - Landgebiete erwärmen sich darum immer viel stärker als die Durchschnittstemperatur
- Bereits jetzt gibt es Probleme z.B. in den Ökosystemen
  - Absterben der Wälder durch Trockenheit und Hitze
  - Artensterben
  - Rückgang bei Fluginsekten
- Wie sieht es dann bei 5...6°C Temperaturzunahme aus??



Temperaturverlauf in Deutschland nach den Daten des Berkeley Earth Surface Temperature Project. Das Szenario mit 3 Grad globaler Erwärmung liegt zwischen den hellgrün und orange gefärbten Zukunftsszenarien.

Grafik: Prof. Rahmstorf: Was bedeuten 3 Grad mehr? Oktober 2023 im Helmholtz-Zentrum Leipzig, Quelle: Berkeley Earth, <https://berkeleyearth.org/policy-insights>.

# Particify

- Veranstaltungsbegleitende Fragen und Aufgaben:
  6. Welches Szenario würden Sie der aktuellen Weltlage zuschreiben?
  7. Welches Szenario werden wir Ihrer Meinung nach bis 2050 erreichen?
  8. Welches Szenario wünschen Sie sich bzw. halten Sie für am sinnvollsten?

<https://partici.fi/06194160>



15 Minuten Pause

# Der Klimawandel

- Ursachen des Klimawandels
- CO<sub>2</sub> und Klima in der Erdgeschichte
- Klimamodelle

---

- **Politik**
- Gesellschaft
- Die Klimadebatte in den Medien
- Zusammenfassung und Diskussion

Politik



# Pariser Klimaschutzabkommen 2015

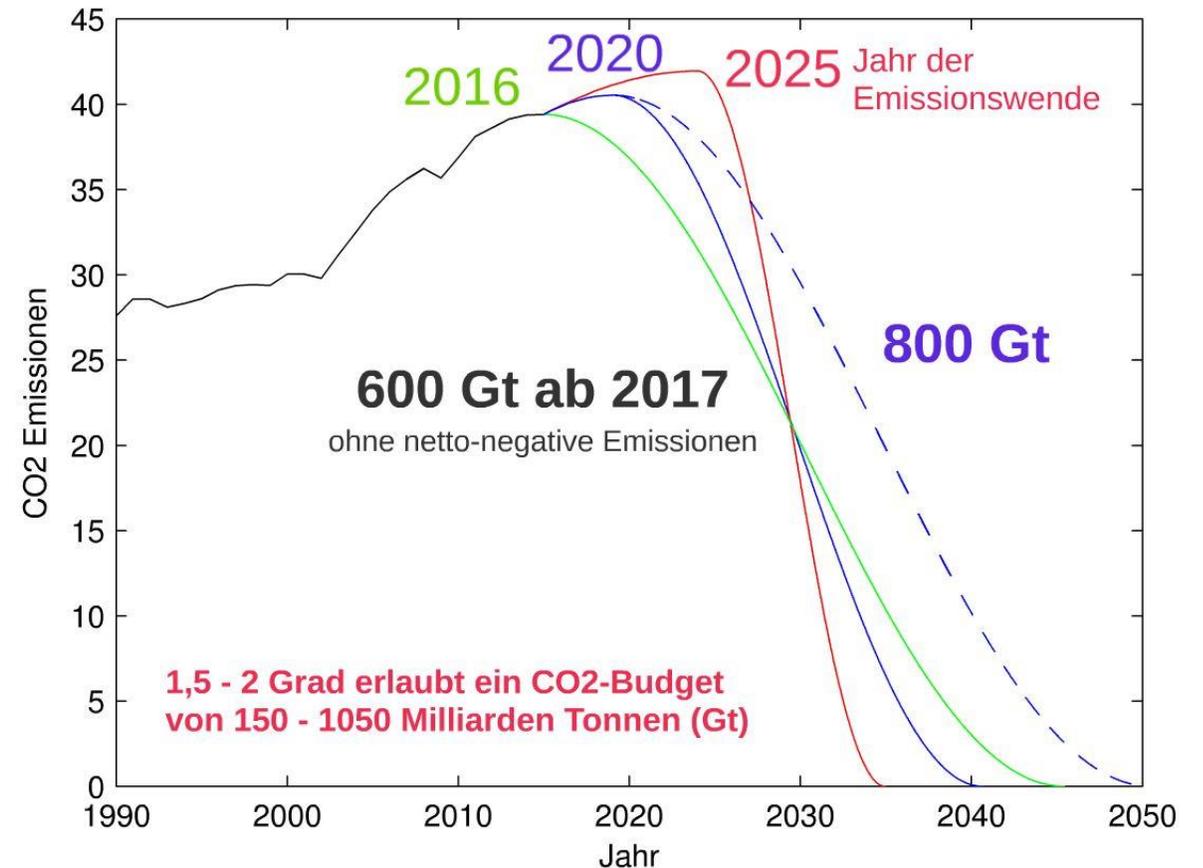
- Auf der UN-Klimakonferenz in Paris 2015 (COP21) wurde ein Klimaabkommen beschlossen, das die Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2 °C, möglichst 1,5 °C im Vergleich zu vorindustriellen Levels vorsieht.
- Um das gesteckte 1,5°-Ziel erreichen zu können, müssen die Treibhausgasemissionen weltweit zwischen 2045 und 2060 auf Null zurückgefahren werden und anschließend ein Teil des zuvor emittierten Kohlenstoffdioxids wieder aus der Erdatmosphäre entfernt werden.
- Das Abkommen ist zwar völkerrechtlich bindend, jedoch drohen keine Strafen bei Missachtung der Vertragspunkte.
- Im April 2016 unterzeichneten 175 Staaten, darunter die Vereinigten Staaten, China und Deutschland, das Abkommen.
- Auch Staaten die Geld mit dem Verkauf von fossilen Energien verdienen, wie Russland oder Saudi Arabien, haben unterschrieben. Auch diese Staaten haben verstanden wie gefährlich der Klimawandel ist.



Singnaturstaaten und Teilnehmer des Übereinkommens von Paris, Quelle: L.tak,  
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ParisAgreement.svg>

# CO<sub>2</sub>-Budget

- Maßnahmen:
  - Entwicklung und Umsetzung nationaler Klimaschutzpläne (NDCs).
  - Förderung erneuerbarer Energien und Energieeffizienz.
  - Erhaltung und nachhaltige Nutzung von Wäldern und anderen Ökosystemen.
- Finanzierung und Unterstützung:
  - Einrichtung des Grünen Klimafonds zur Unterstützung von Klimaschutzmaßnahmen in Entwicklungsländern.
  - Zusage der Industrieländer, jährlich 100 Milliarden US-Dollar für Klimaschutz und Anpassung bis 2025 bereitzustellen.
- Fortschritte:
  - Erfolgreiche Initiativen und Projekte zur Emissionsreduktion und Anpassung.
  - Herausforderungen und Hürden bei der Umsetzung der nationalen Beiträge und Finanzierungsziele.



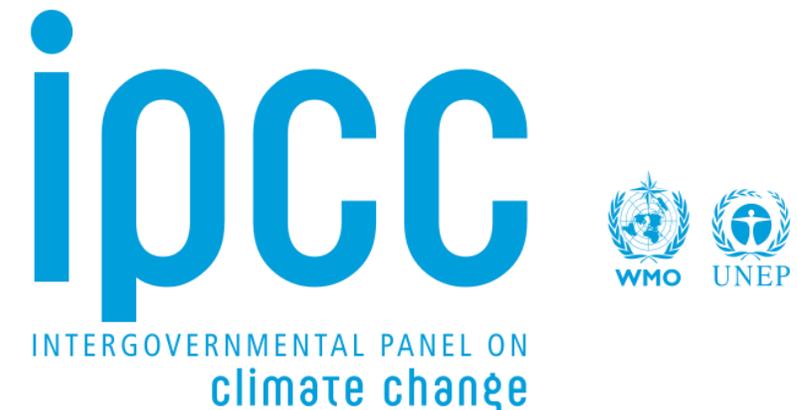
Nötige Emissionspfade um das Übereinkommen von Paris einzuhalten  
Bild: Stefan Rahmstorf

# Weltklimarat IPCC

- Der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ist eine UN-Organisation
  - Deutsch auch als Weltklimarat bekannt
  - 1988 gegründet, mit Hauptsitz in der Schweiz
  - 195 Regierungen sind Mitglieder des IPCC
  - Wissenschaftler und Regierungen erarbeiten gemeinsam den Stand der Klimaforschung

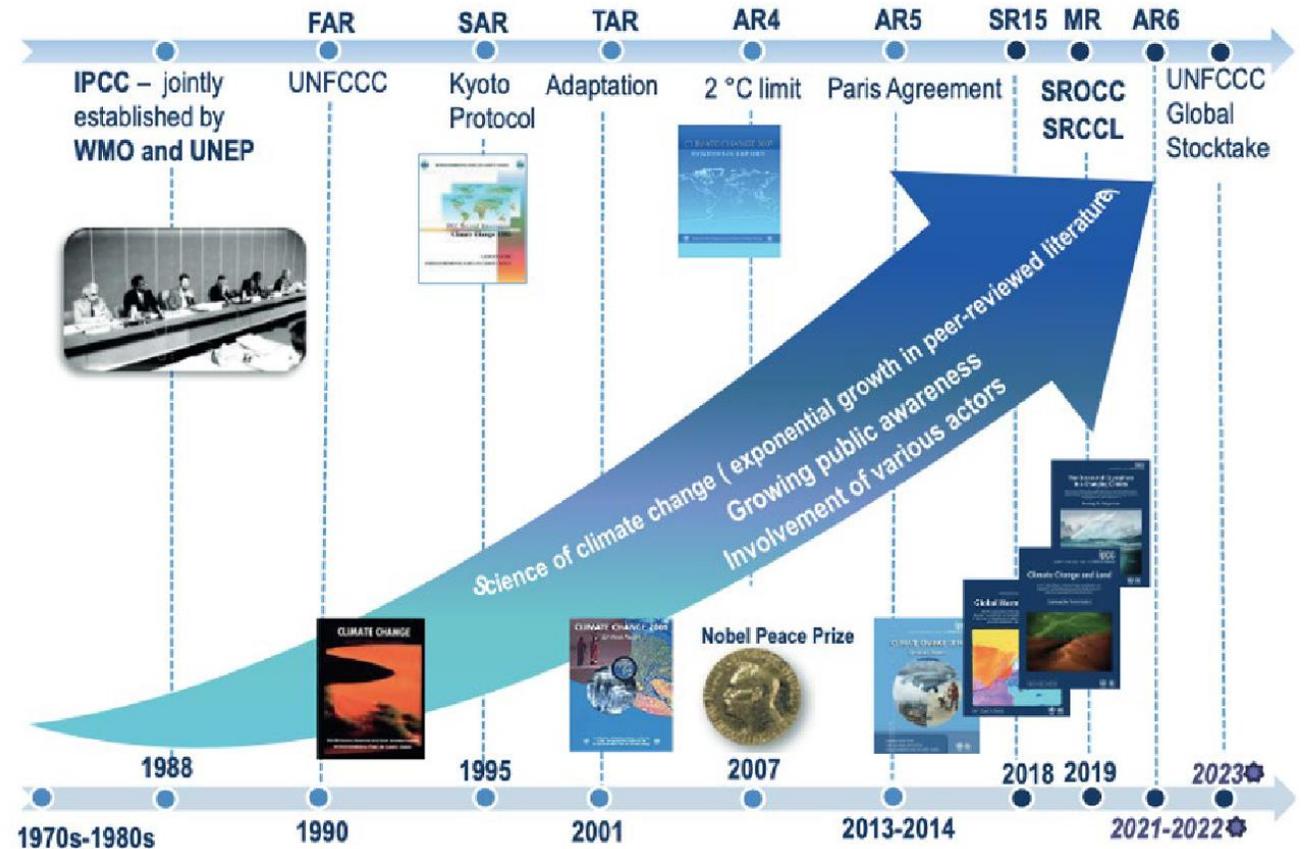


Quelle: IPCC, <https://www.ipcc.ch/about/contact/ipcc/>



# Weltklimarat IPCC

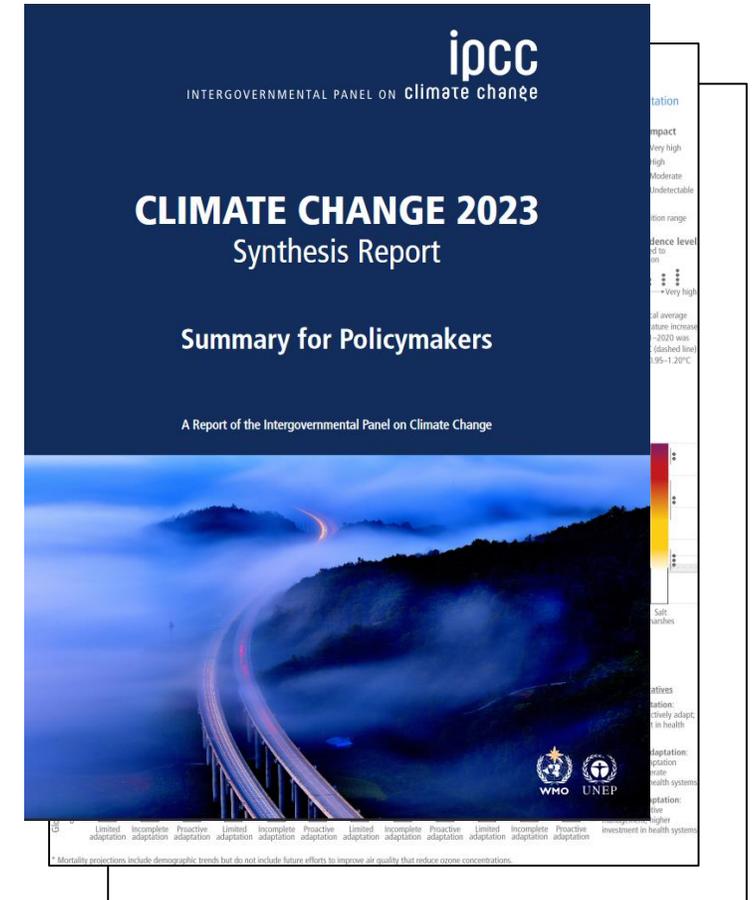
- IPCC betreibt selbst keine Forschung, er trägt das vorhandene Wissen zusammen
- Der IPCC beruft tausende Wissenschaftler zum Erstellen der Sachstandsberichte
  - 1990: Erster Sachstandsbericht des IPCC (AR1)
  - 1995: Zweiter Sachstandsbericht des IPCC (AR2)
  - 2001: Dritter Sachstandsbericht des IPCC (AR3)
  - 2007: Vierter Sachstandsbericht des IPCC (AR4)
  - 2013/2014: Fünfter Sachstandsbericht des IPCC (AR5)
  - 2021/2022/2023: Sechster Sachstandsbericht des IPCC (AR6)



Beiträge des IPCC zur Klimawissenschaft und -politik  
Grafik: IPCC, 2017, The IPCC and the Sixth Assessment Report

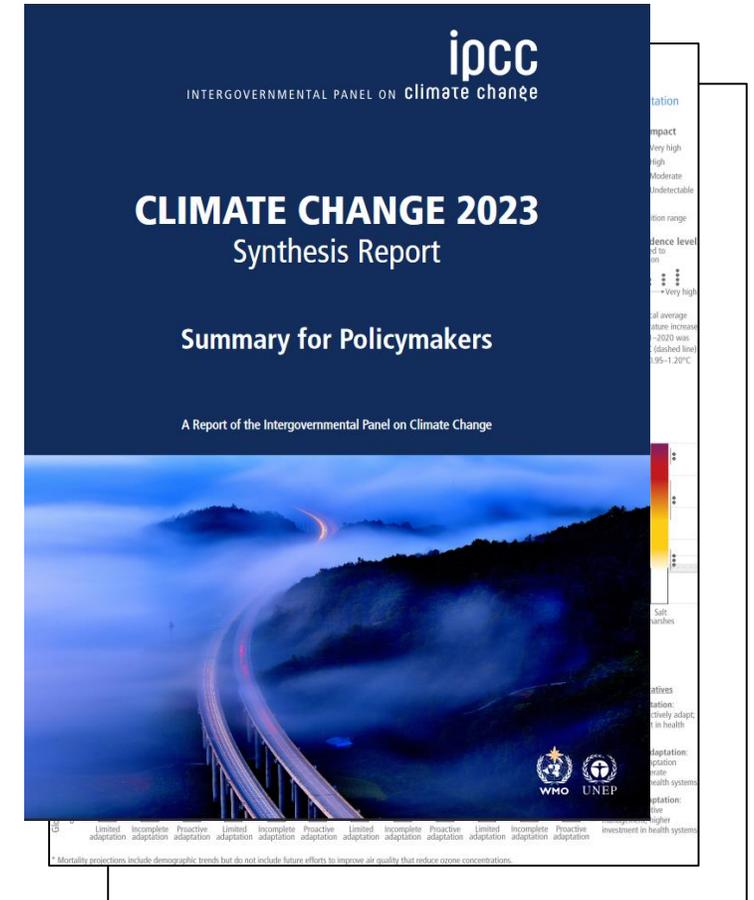
# Weltklimarat IPCC

- Ziele des IPCC
  - Klärung der Gefahren aus den Folgen des Klimawandels
  - Erklärt Möglichkeiten der Anpassung und Emissionsminderung
  - Trägt Wissen aus allen relevanten Bereichen der Forschung zusammen
- Prinzipien des IPCC
  - Transparenz: alle Entwürfe und Kommentare sind nach Annahme der Berichte öffentlich zugänglich
  - Objektivität: klare Regeln für die Erstellung der Berichte; 3-stufiges Begutachtungsverfahren (1. Fachbegutachtung, 2. Fach- und Regierungsbegutachtung, 3. Regierungsbegutachtung der Zusammenfassungen/SPMs)
  - Offenheit für Autoren: Autoren aus allen Kontinenten (wenn möglich Ländern), aus verschiedenen Fachrichtungen und wissenschaftlichen Einrichtungen >> unterschiedliche Ansichten müssen sichtbar gemacht werden.



# Weltklimarat IPCC

- Der IPCC ist politisch und wissenschaftlich
  - **Wichtige Entscheidungen des IPCC werden vom Gremium in Plenarsitzungen getroffen.**
  - Im Plenum sitzen Regierungsvertreter der 195 Mitgliedsländer. Es entscheidet, welche Berichte erstellt werden und verabschiedet diese Berichte. Dadurch erhalten die Berichte entsprechendes politisches Gewicht
  - Der IPCC ist gleichzeitig:
    - ein wissenschaftliches Gremium
    - und ein zwischenstaatlicher Ausschuss mit Sitz in Genf
  - **Policy relevant but not policy prescriptive!** Also keine Empfehlung für politische Maßnahmen
  - **Jedoch: im Rahmen des Approval von SMPs haben die Autoren das letzte Wort (ist die Aussage wissenschaftlich korrekt?)**



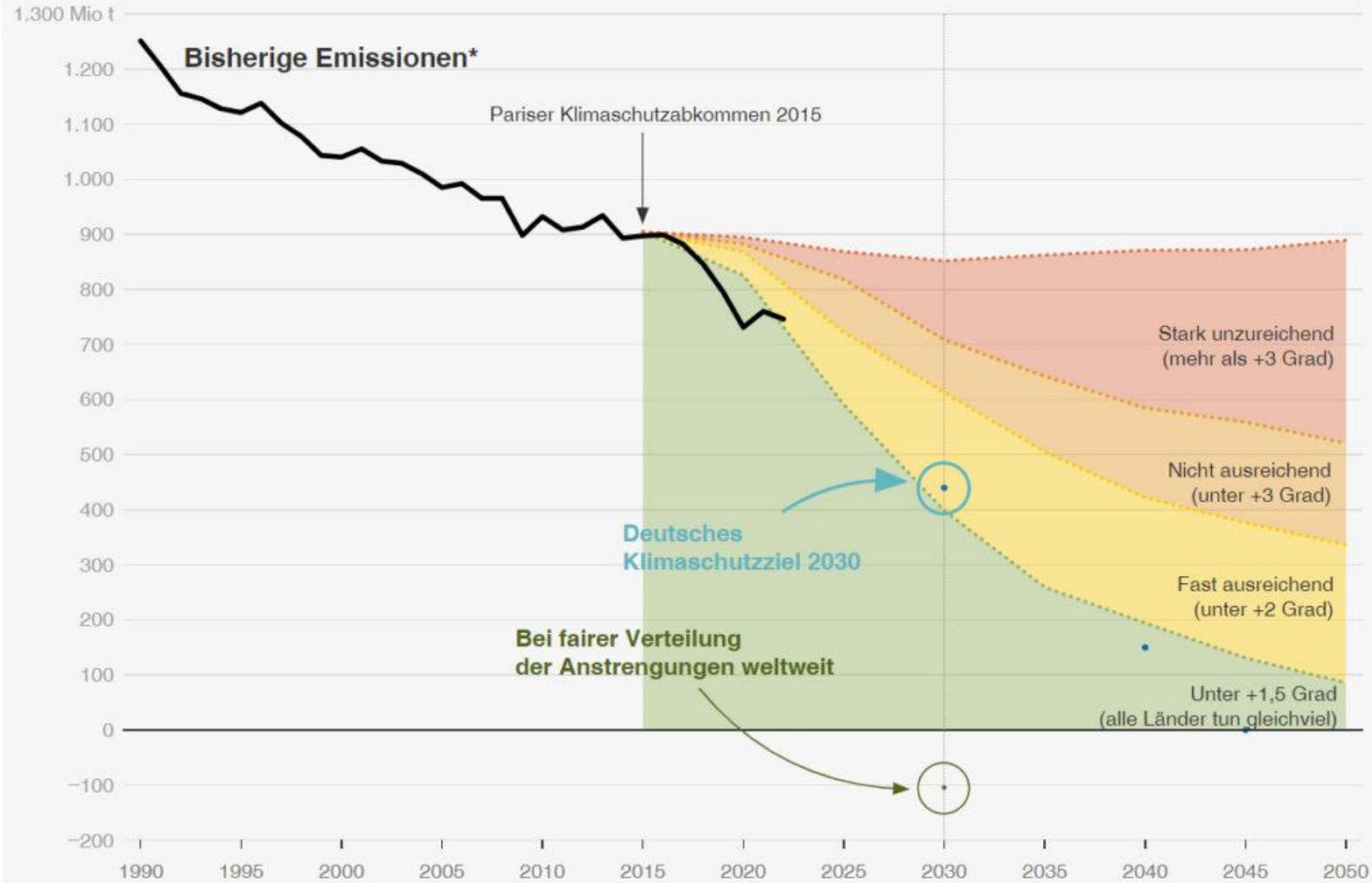
# Die THG-Ziele in Deutschland

- In den kommenden Jahren wird sich zeigen inwieweit die Bevölkerung eine Beschleunigung der Klimaschutzmaßnahmen mitträgt
- Mit einem klimagerechten Ansatz müssten die Emissionen im Jahr 2030 bereits negativ sein

Grafik: CC4F Soest --- Christians & Churches for Future im Raum Soest --- Gemeinsam für Klimaschutz, Gerechtigkeit, Frieden und Bewahrung der Schöpfung <https://cc4f-soest.org/wp-content/uploads/2023/08/2023-08-23-Deutsche-Klimaziel-reicht-nicht-1024x874.jpg>

## Das deutsche Klimaziel reicht nicht, um die Erderwärmung unter 1,5 Grad zu halten

Bei fairer Verteilung zugunsten ärmerer Länder müssten die deutschen Treibhausgas-Emissionen (in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent) sogar schon 2030 bei unter Null liegen



\*Treibhausgas-Emissionen ohne Landnutzung und Forstwirtschaft (laut [Umweltbundesamt](#) 2023). Letztere werden nicht dargestellt, da sie in Deutschland kaum ins Gewicht fallen.

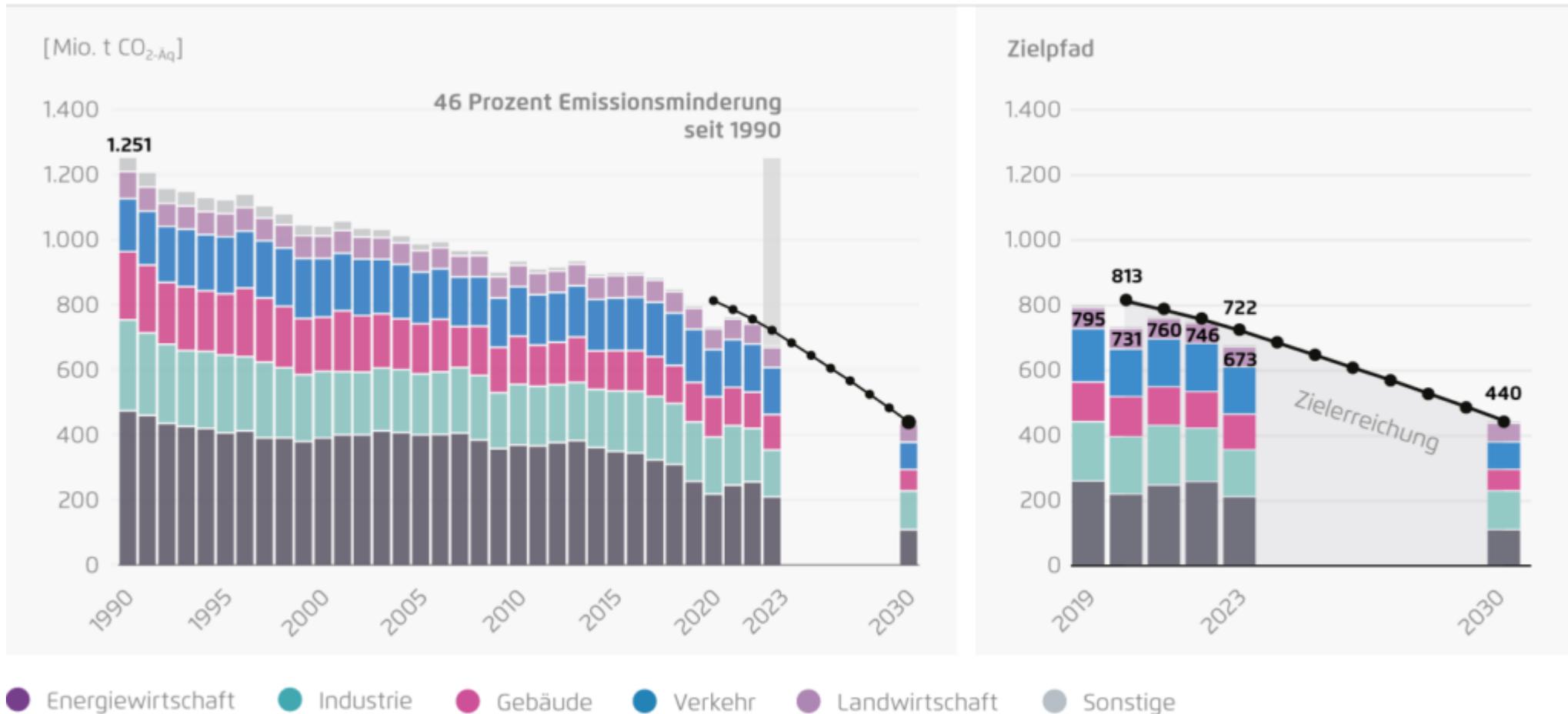
Die farbigen Bereiche zur Kompatibilität mit dem 1,5-Grad-Ziel sind dem [Climate Action Tracker](#) entnommen und entsprechen den modellierten nationalen Pfaden, die sich an einer globalen kosteneffizienten Verteilung der Anstrengungen orientieren.

Grafik: NDR Data • Quelle: [Climate Action Tracker](#) • [Daten herunterladen](#) • [Grafik herunterladen](#)

# Die THG-Ziele in Deutschland – nach Sektoren

Treibhausgasemissionen nach Sektoren seit 1990

→ Abb. 1\_2



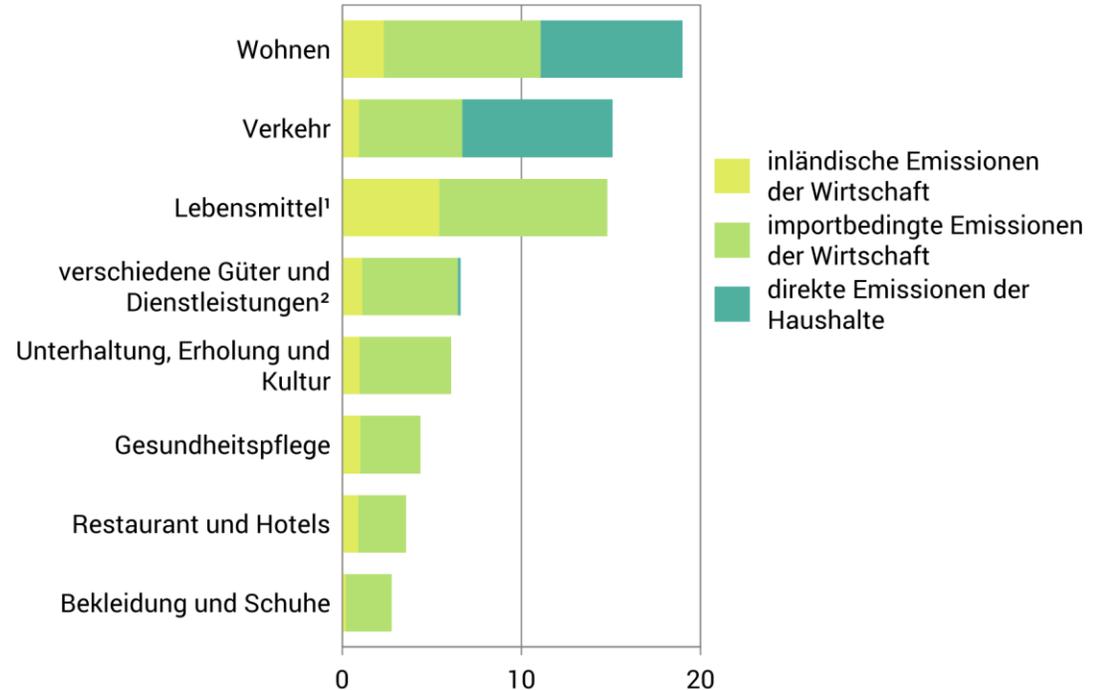
Grafik: <https://www.pv-magazine.de/2024/01/04/deutschlands-co2-emissionen-sinken-2023-auf-niedrigsten-stand-seit-70-jahren/>

# Importierte Emissionen

- Nationale CO<sub>2</sub>-Bilanzen berücksichtigen in der Regel nur die Emissionen, die innerhalb des Landes entstehen, und nicht die Emissionen, die durch importierte Waren und Dienstleistungen verursacht werden.
- Durch den Import von Waren aus anderen Ländern können Industrieländer ihre inländischen Emissionen reduzieren, ohne den globalen CO<sub>2</sub>-Ausstoß tatsächlich zu verringern.
- Die Produktion und die damit verbundenen Emissionen werden in andere Länder verlagert.
- Die Nichtberücksichtigung importierter Emissionen in nationalen Bilanzen erschwert es, die globale Verantwortung für den Klimawandel gerecht zu verteilen.

## Treibhausgas-Fussabdruck der Haushalte nach Ausgabeposten, 2021

Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente



<sup>1</sup> Nahrungsmittel, alkoholfreie und alkoholische Getränke, Tabakwaren

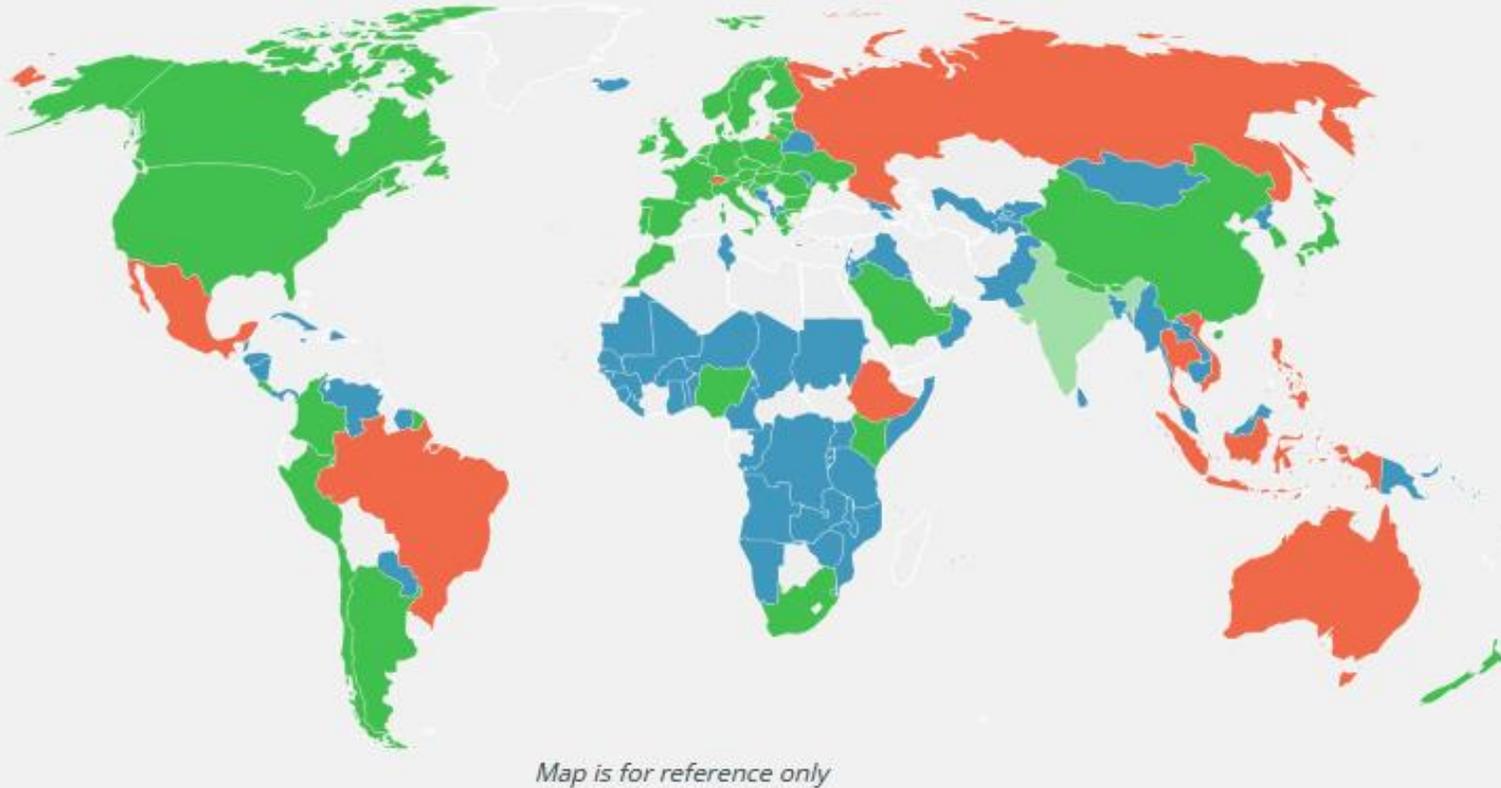
<sup>2</sup> Möbel, Haushaltsgeräte, Nachrichtenübermittlung, Unterrichtswesen u. a.

Quelle: BFS – Umweltgesamtrechnung

© BFS 2023

Grafik: Schweizerische Eidgenossenschaft, Bundesamt für Statistik (BFS) OPEN-BY-ASK  
27.09.2023 <https://www.bfs.admin.ch/bfs/rm/home/statisticas/spazi-ambient.assetdetail.27705358.html>

# Maßnahmen – Verabschiedung von eigenen Zielen der Länder



## CLIMATE TARGETS

Status of the NDC update process (as of Dec 2021)

- 128** Countries have **submitted** new NDC targets (127 countries plus the EU)
  - 23** Countries we analyse have **submitted** stronger NDC targets (22 countries plus the EU)
  - 12** Countries we analyse did **not increase ambition**
  - 93** Countries we do not analyse submitted new NDC targets
- 1** Country has **proposed** a new NDC target
  - 1** Country we analyse has **proposed** a stronger NDC target
  - 0** Countries we analyse stated that they **will not** propose a more ambitious target
  - 0** Countries **we do not analyse**
- 36** Countries have not updated targets

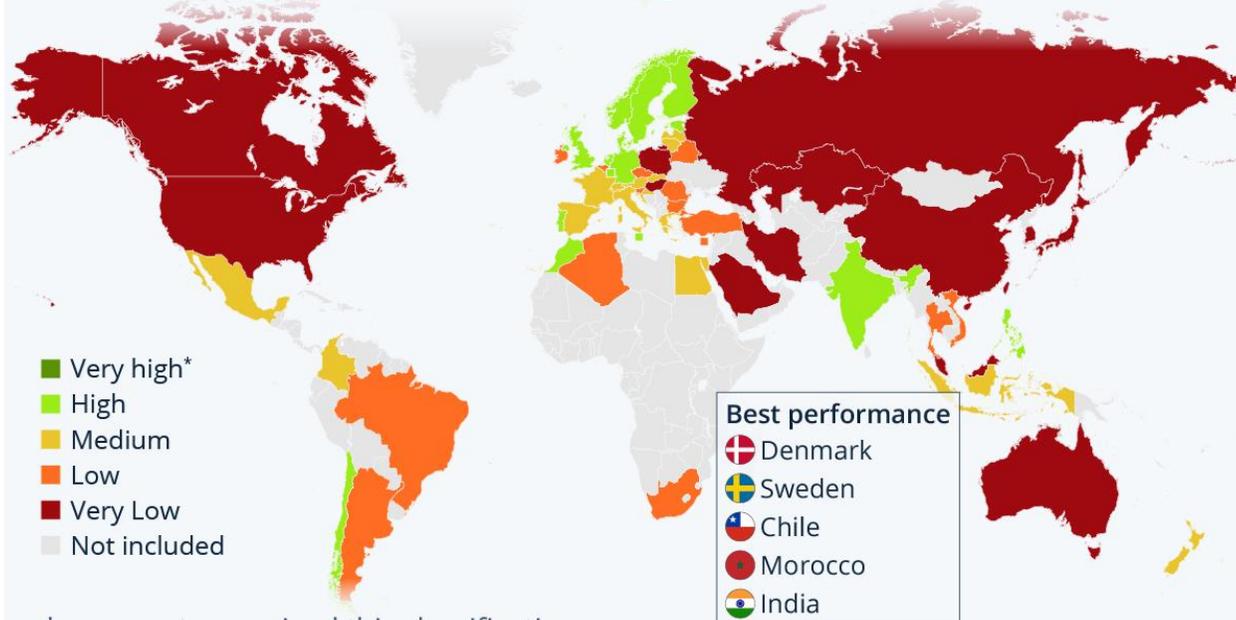
84.9% GLOBAL EMISSIONS COVERED BY UPDATED NDC SUBMISSIONS

74.0% GLOBAL POPULATION COVERED BY UPDATED NDC SUBMISSIONS

# Maßnahmen – Und die Umsetzung?

## Which Countries Act to Protect the Climate?

Countries ranked by their climate protection performance according to the Climate Change Performance Index 2023



\* no country received this classification

59 countries evaluated on status, trend and target of per-capita greenhouse gas emissions, renewable energy and energy consumption as well as climate change policy

Sources: Germanwatch, NewClimate Institute, Climate Action Network



Welche Länder schonen das Klima und haben gleichzeitig Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels ergriffen? Der **Klimawandel-Leistungsindex** von der NGO Germanwatch, dem NewClimate Institute und dem Climate Action Netzwerks erfasst die Klimaschutzleistungen von 59 Ländern und der und der EU, die zusammen für 92 Prozent der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich sind.

# Der Klimawandel

- Ursachen des Klimawandels
- CO<sub>2</sub> und Klima in der Erdgeschichte
- Klimamodelle

---

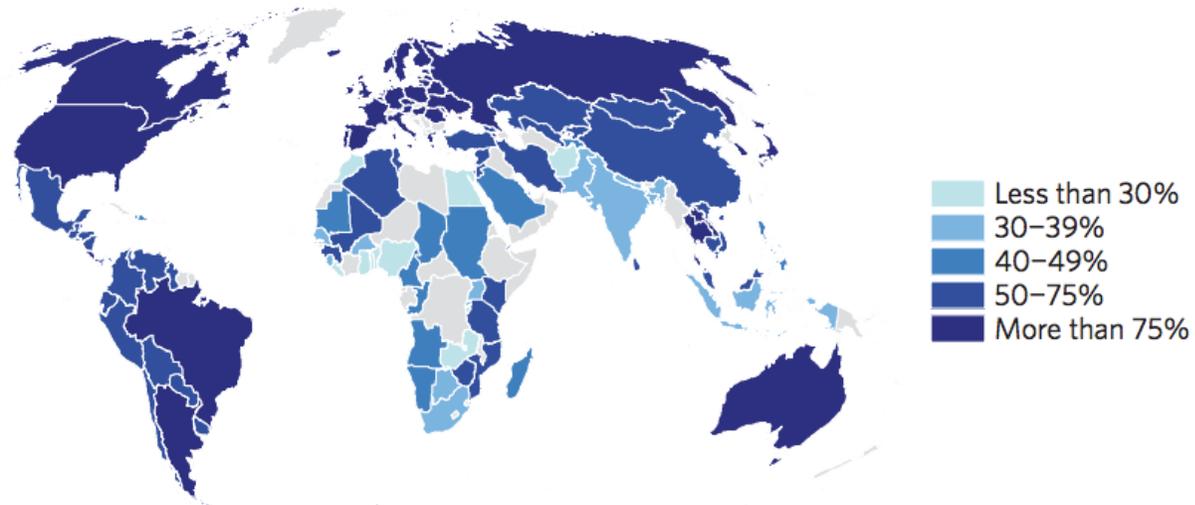
- Politik
- **Gesellschaft**
- Die Klimadebatte in den Medien
- Zusammenfassung und Diskussion

# Gesellschaft

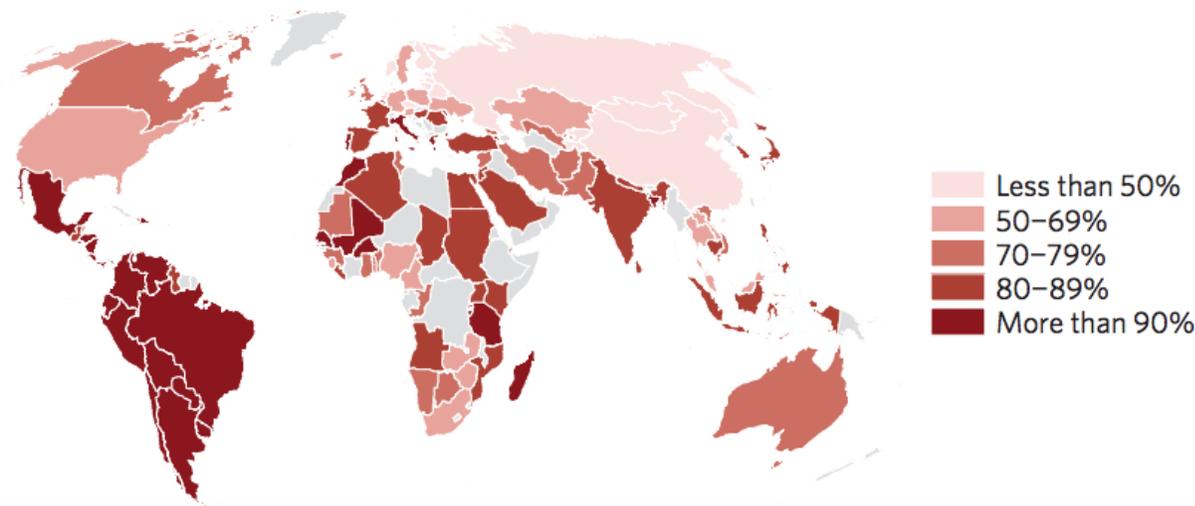


# Problembewusstsein in der Bevölkerung – Weltweit

**a** Aware of climate change



**b** Of the 'Aware': climate change is a serious threat



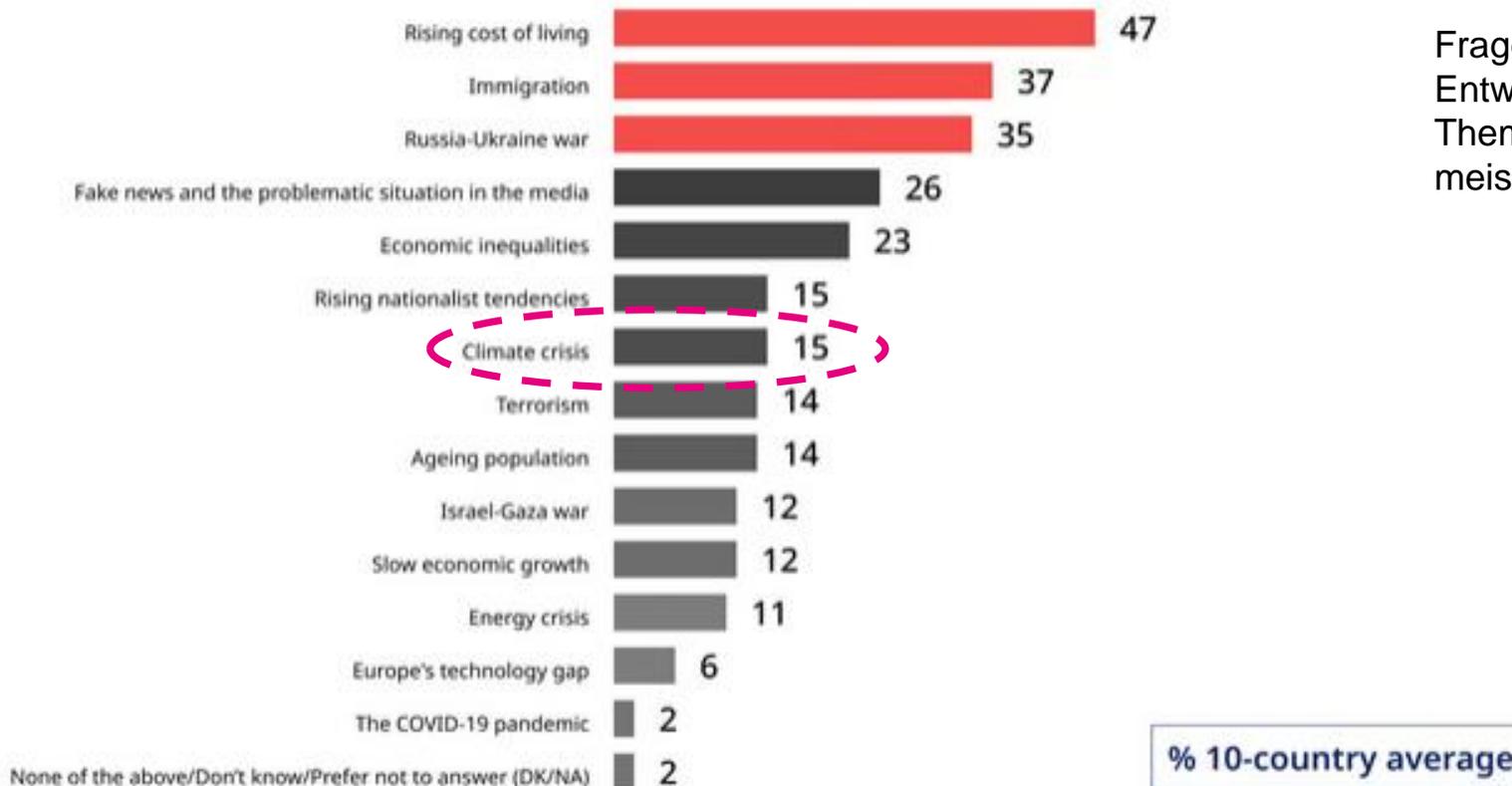
Quelle: Lee, T., Markowitz, E., Howe, P. et al. Predictors of public climate change awareness and risk perception around the world. *Nature Clim Change* 5, 1014–1020 (2015). <https://doi.org/10.1038/nclimate2728>.

Globale geografische Muster der **Wahrnehmung des Klimawandels**, für **a) Bewusstsein** und **b) Besorgnis**. Eine dunklere Schattierung zeigt die Länder, in denen die Befragten den Klimawandel stärker wahrnehmen oder besorgt sind. Hellgrau sind die Länder, für die keine Daten vorliegen.

# Problembewusstsein in der Bevölkerung – Umfrage zur Europawahl 2024 (EU-weit)

## MAIN CONCERNS WHEN THINKING OF EUROPE

Q. When you think about Europe and international developments, which of the following issues or events worry you the most? (UP TO 3 CHOICES)

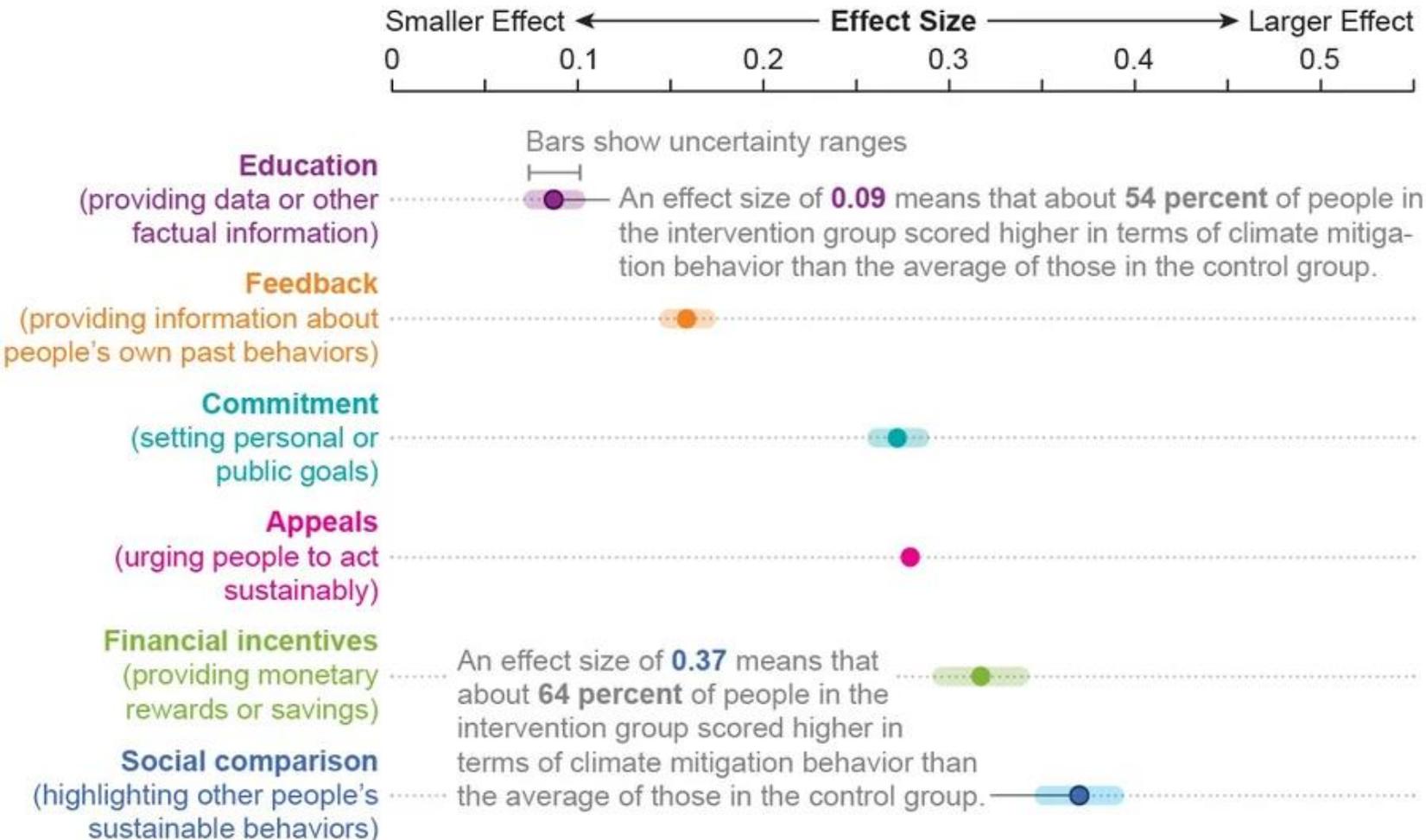


Auswertung einer Umfrage zur Wahl der Abgeordneten des Europäischen Parlaments 2024:

Frage: Wenn Sie an Europa und internationale Entwicklungen denken, welche der folgenden Themen oder Ereignisse beunruhigen Sie am meisten? (Bis zu 3 Antworten möglich)

# Was bringt Menschen dazu, sich für den Klimaschutz einzusetzen?

## What Types of Interventions Motivate People to Change Their Behavior?



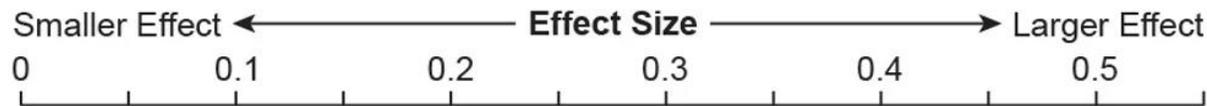
- **Ausbildung (Bereitstellung von Daten oder Informationen)**
- **Feedback (bspw. über über den eigenen Stromverbrauch)**
- **Engagement (Setzen persönlicher oder öffentlicher Ziele)**
- **Verbote**
- **Finanzielle Anreize**
- **Soziale Vorbilder**

Andrea Thompson: What Makes People Act on Climate Change, according to Behavioral Science: To get people to shift to more climate-friendly behavior, what works best? Education? Payments? Peer pressure?  
<https://www.scientificamerican.com/article/what-makes-people-act-on-climate-change-according-to-behavioral-science/>

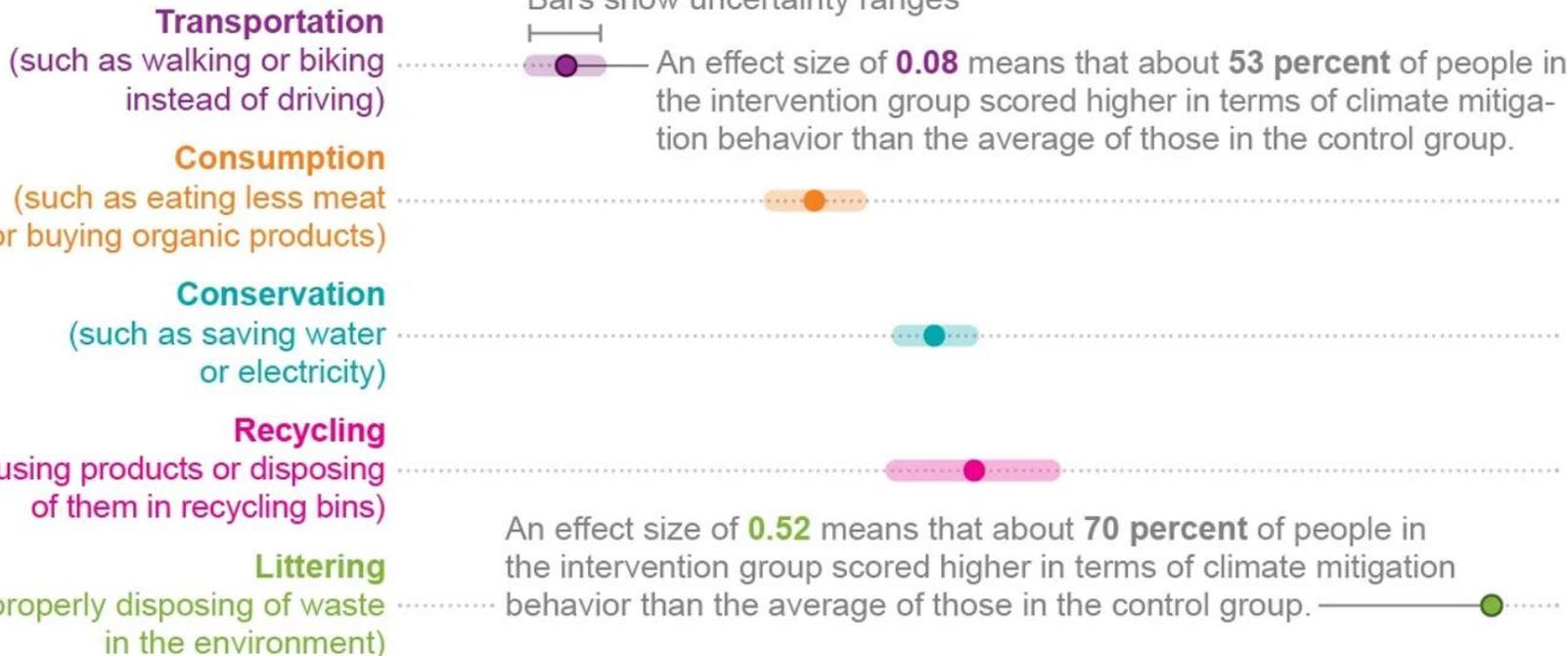
Graphic: Amanda Montañez; Source: "Field Interventions for Climate Change Mitigation Behaviors: A Second-Order Meta-Analysis," by Magnus Bergquist et al., in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 120, No. 13, Article No. e2214851120. Published online March 21, 2023

# Welches Verhalten werden die Menschen möglicherweise ändern?

## What Behaviors Are People Likely to Change?



Bars show uncertainty ranges



- Veränderung der eigenen Mobilität
- Änderung im Konsum
- Änderung im Verbrauch
- Recycling/Reuse
- Umweltverschmutzung (Vermeidung von Abfall in der Umwelt)

Andrea Thompson: What Makes People Act on Climate Change, according to Behavioral Science: To get people to shift to more climate-friendly behavior, what works best? Education? Payments? Peer pressure? April 19, 2023  
<https://www.scientificamerican.com/article/what-makes-people-act-on-climate-change-according-to-behavioral-science/>

Graphic: Amanda Montañez; Source: "Field Interventions for Climate Change Mitigation Behaviors: A Second-Order Meta-Analysis," by Magnus Bergquist et al., in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 120, No. 13, Article No. e2214851120. Published online March 21, 2023

# Eine breite Mehrheit der Weltbevölkerung ist bereit Klimaschutzmaßnahmen zu unterstützen

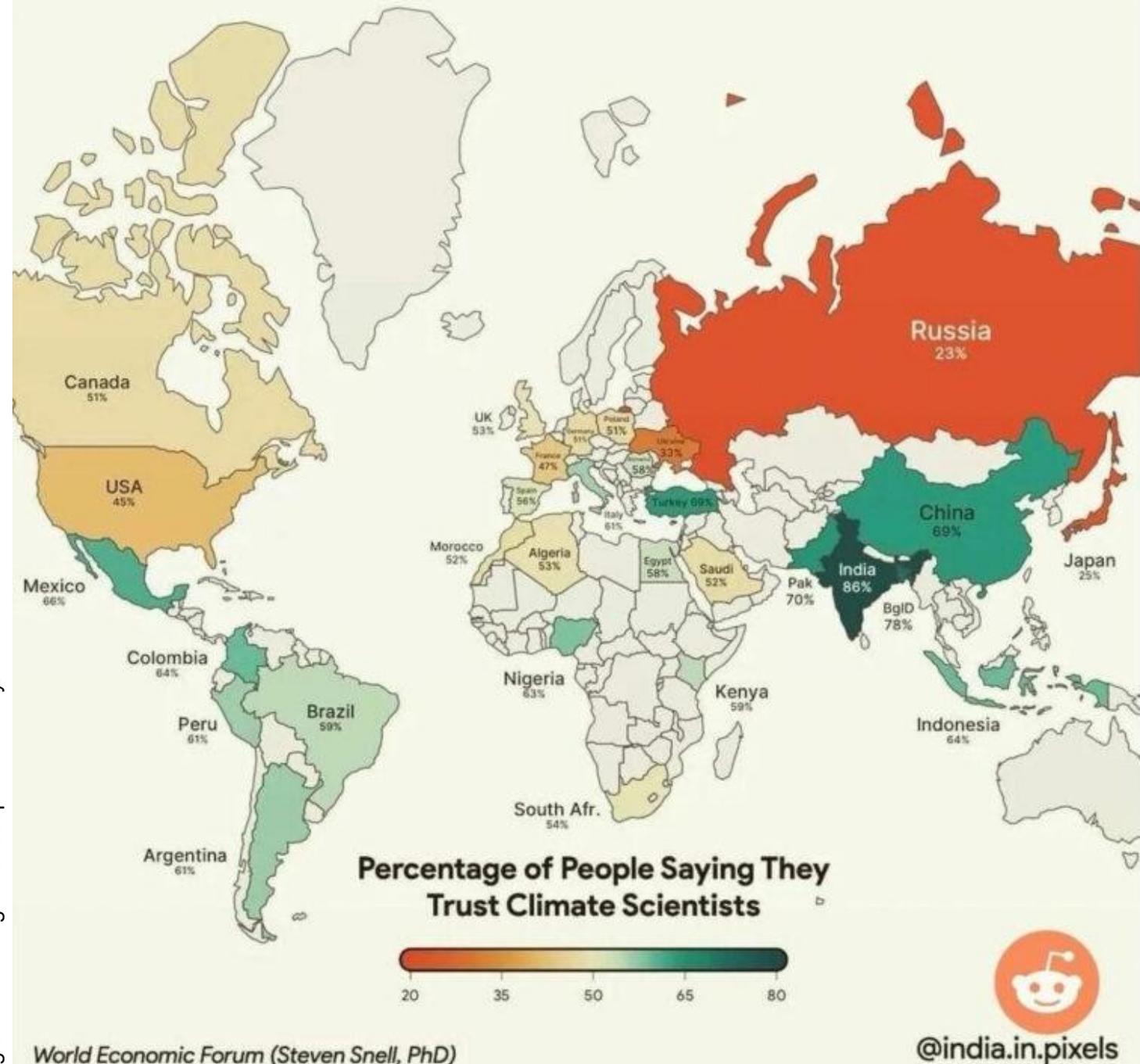
- 75% der Bevölkerung ist Bereit einen Teil ihres Einkommens für die Bekämpfung des Klimawandels zu investieren



# Vertrauen der Menschen in die Klimaforschung

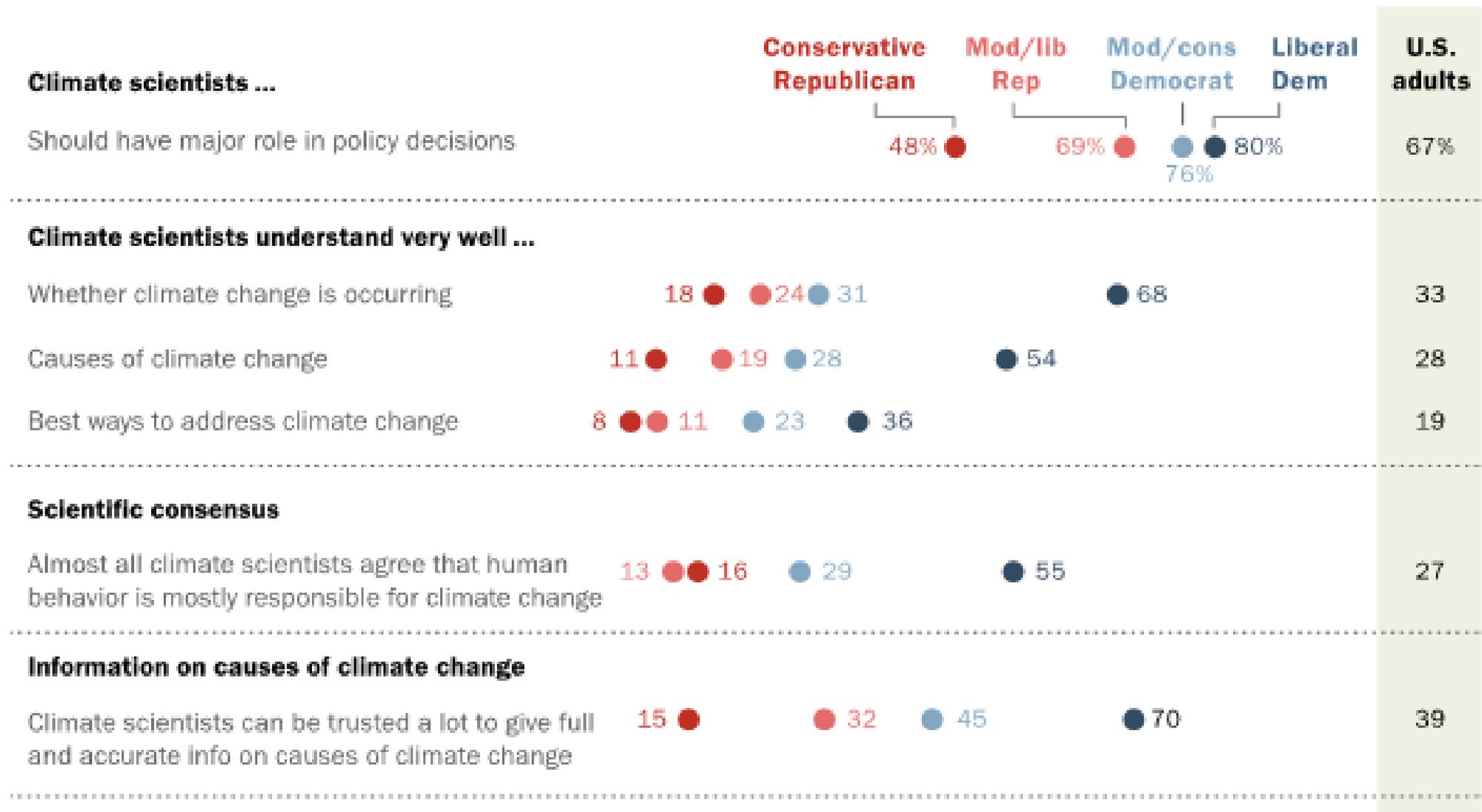
- Mehr als 10 000 Menschen in 30 Ländern wurden in einer Umfrage von SAP und Qualtrics gefragt: "Wie sehr vertrauen Sie den Aussagen von Wissenschaftlern über die Umwelt?,"
- Laut dieser Umfrage haben die Menschen in Südasien das größte Vertrauen in die Klimawissenschaft.
- Am anderen Ende des Spektrums gaben jedoch nur 23 % der Befragten aus Russland an, dass sie den Klimawissenschaftlern "sehr" oder "viel" vertrauen, während Japan (25 %), die Ukraine (33 %), die USA (45 %) und Frankreich (47 %) die Länder mit der größten Skepsis darstellen.

Garfik: @r/MapPorn  
Data: World Economic Forum <https://www.weforum.org/agenda/2020/01/climate-science-global-warming-most-sceptics-country/>



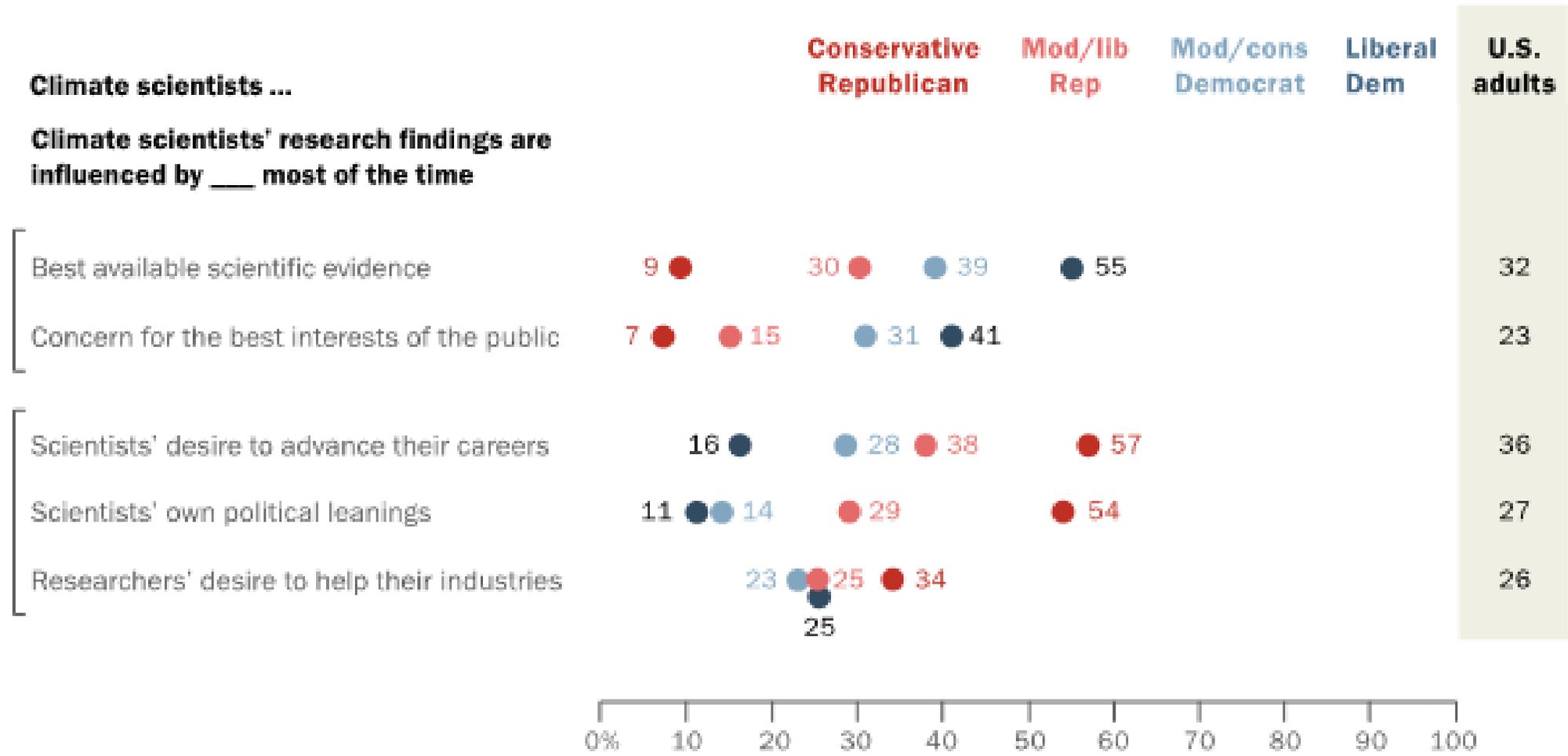
# Trust in climate scientists is low among Republicans; considerably higher among liberal Democrats

% of U.S. adults in each group who say the following about climate scientists



Garfik: Cary Funk and Brian Kennedy (2016): The Politics of Climate - Polarized views about climate issues stretch from the causes and cures for climate change to trust in climate scientists and their research. But most Americans support a role for scientists in climate policy, and there is bipartisan support for expanding solar, wind energy <https://www.pewresearch.org/science/2016/10/04/the-politics-of-climate/>

% of U.S. adults in each group who say the following about climate scientists



Note: Republicans and Democrats include independents and other non-partisans who “lean” toward the parties. Respondents who do not lean toward a political party and other responses on each question are not shown.

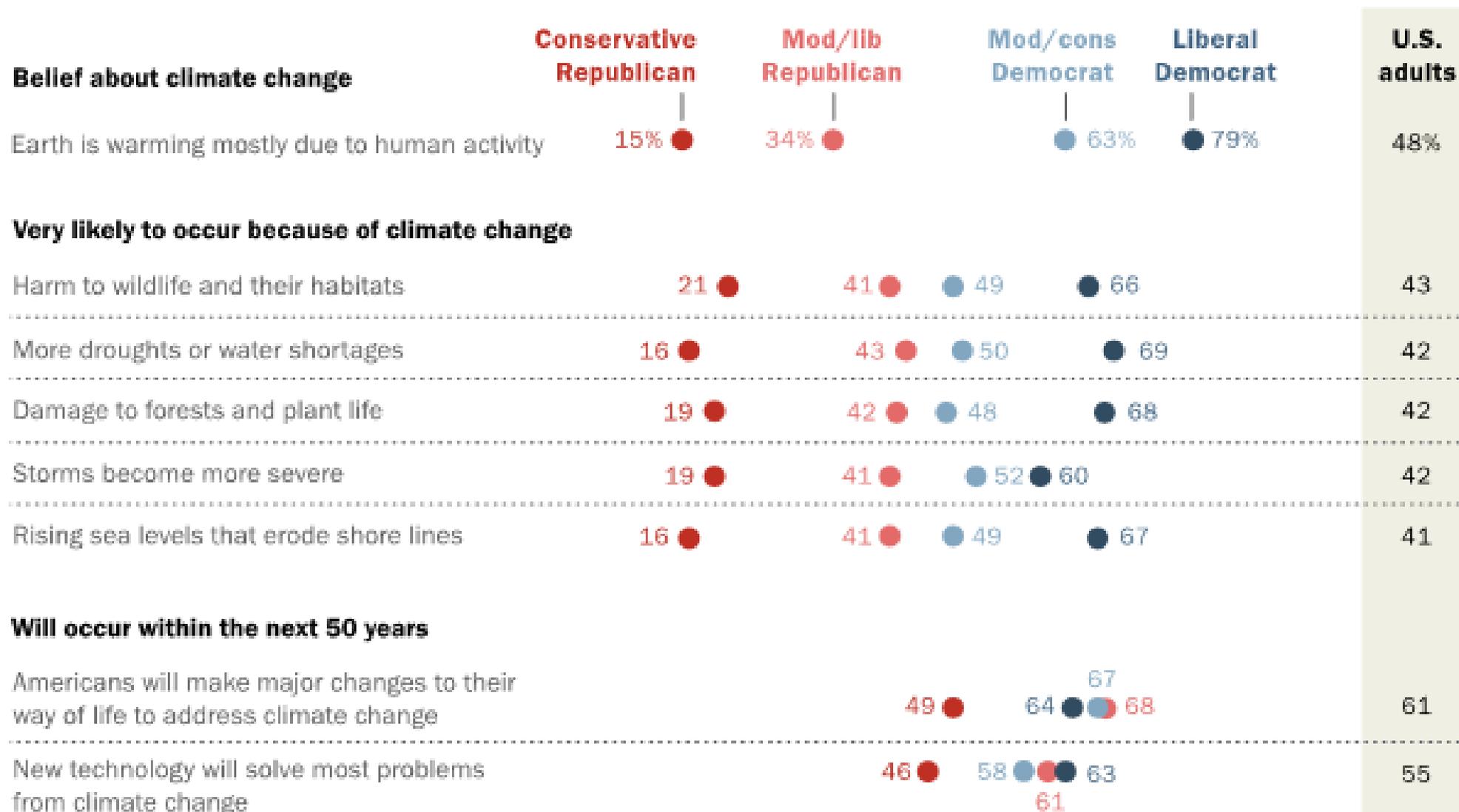
Source: Survey conducted May 10-June 6, 2016.

“The Politics of Climate”

Garfik: Cary Funk and Brian Kennedy (2016): The Politics of Climate - Polarized views about climate issues stretch from the causes and cures for climate change to trust in climate scientists and their research. But most Americans support a role for scientists in climate policy, and there is bipartisan support for expanding solar, wind energy  
<https://www.pewresearch.org/science/2016/10/04/the-politics-of-climate/>

# Wide differences between conservative Republicans and liberal Democrats on likely effects of climate change and effectiveness of ways to address it

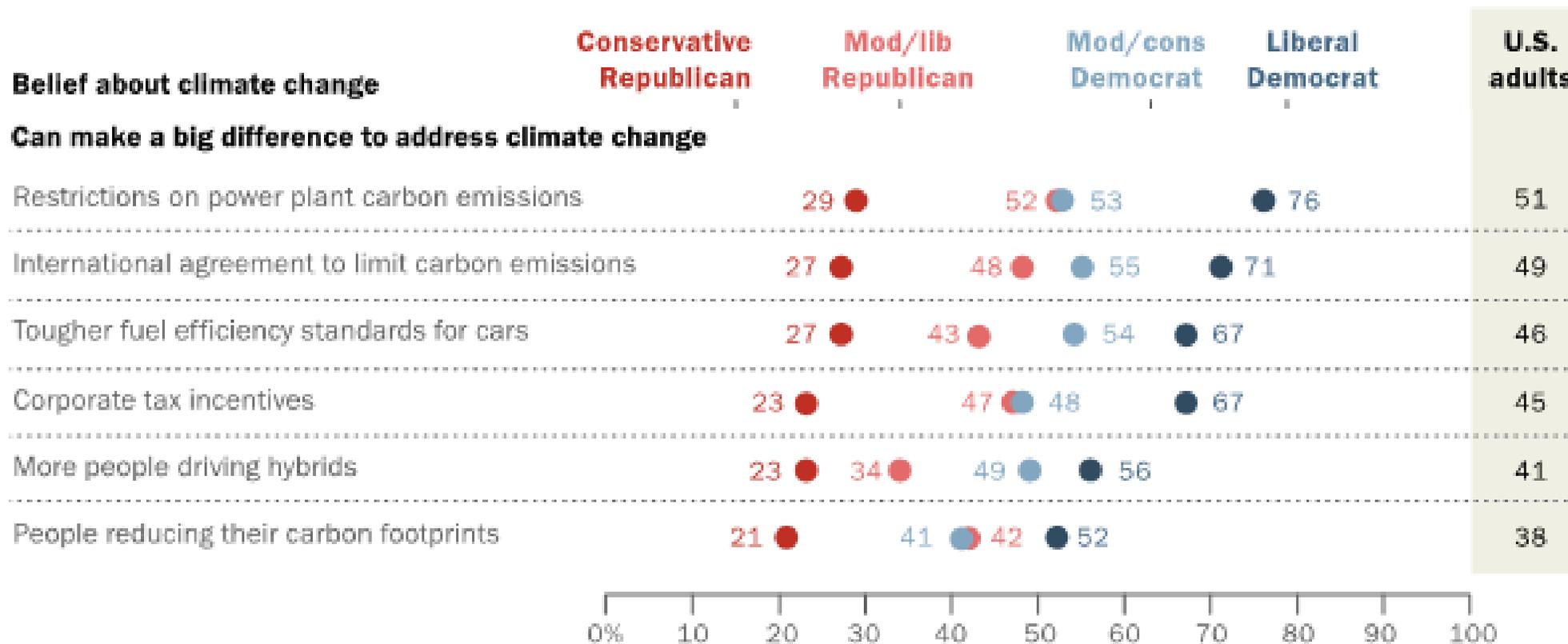
% of U.S. adults in each group who say the following about global climate change



Garfik: Cary Funk and Brian Kennedy (2016): The Politics of Climate - Polarized views about climate issues stretch from the causes and cures for climate change to trust in climate scientists and their research. But most Americans support a role for scientists in climate policy, and there is bipartisan support for expanding solar, wind energy <https://www.pewresearch.org/science/2016/10/04/the-politics-of-climate/>

# Wide differences between conservative Republicans and liberal Democrats on likely effects of climate change and effectiveness of ways to address it

% of U.S. adults in each group who say the following about global climate change



Note: Republicans and Democrats include independents and other non-partisans who “lean” toward the parties. Respondents who do not lean toward a political party and other responses to each question are not shown. Beliefs about climate change include those who “lean” to each position.

Source: Survey conducted May 10-June 6, 2016.

“The Politics of Climate”

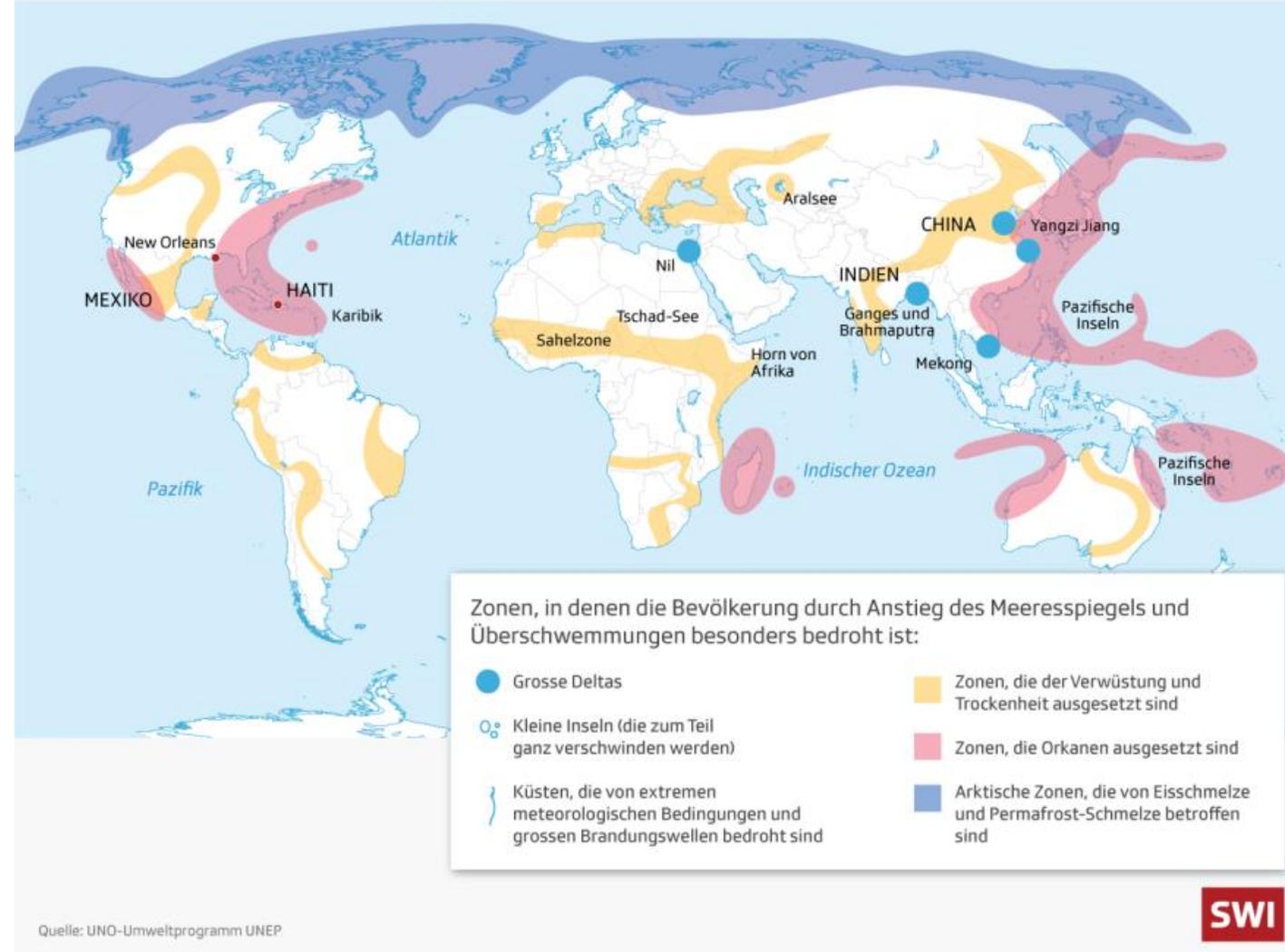
Garfik: Cary Funk and Brian Kennedy (2016): The Politics of Climate - Polarized views about climate issues stretch from the causes and cures for climate change to trust in climate scientists and their research. But most Americans support a role for scientists in climate policy, and there is bipartisan support for expanding solar, wind energy  
<https://www.pewresearch.org/science/2016/10/04/the-politics-of-climate/>

# Klimaflüchtlinge

- Extreme Wetterereignisse wie Hurrikane, Dürren und Überschwemmungen, verstärkt durch den Klimawandel, zwingen Menschen dazu, ihre Heimat zu verlassen.
- Der Klimawandel beeinträchtigt landwirtschaftliche Produktion und Wasserressourcen, was die Lebensgrundlagen vieler Menschen bedroht und zur Migration zwingt.
- Klimaflüchtlinge fallen oft nicht unter die traditionellen Definitionen von Flüchtlingen, was ihren Zugang zu internationaler Hilfe und Asyl erschwert.
- Die Umsiedlung von Klimaflüchtlingen führt oft zu Überbevölkerung in Städten, was zusätzliche soziale und wirtschaftliche Spannungen verursacht.
- Ärmere Länder, die am wenigsten zum Klimawandel beigetragen haben, sind oft am stärksten von dessen Auswirkungen betroffen und haben weniger Ressourcen, um mit der Migration umzugehen.

## Zonen, die besonders unter Klimaveränderungen leiden

Klimatische Migrationen betreffen vor allem Entwicklungsländer, wo die Auswirkungen des Klimawandels zu Armut und bewaffneten Konflikten hinzukommen.



Garfik: [https://www.swissinfo.ch/ger/politik/klima-und-migration\\_genfer-plattform-hilft-klimafluechtlingen-auf-der-ganzen-welt/45563934](https://www.swissinfo.ch/ger/politik/klima-und-migration_genfer-plattform-hilft-klimafluechtlingen-auf-der-ganzen-welt/45563934)

# Der Klimawandel

- Ursachen des Klimawandels
  - CO<sub>2</sub> und Klima in der Erdgeschichte
  - Klimamodelle
- 
- Politik
  - Gesellschaft
  - **Die Klimadebatte in den Medien**
  - Zusammenfassung und Diskussion

# Die Klimadebatte in den Medien

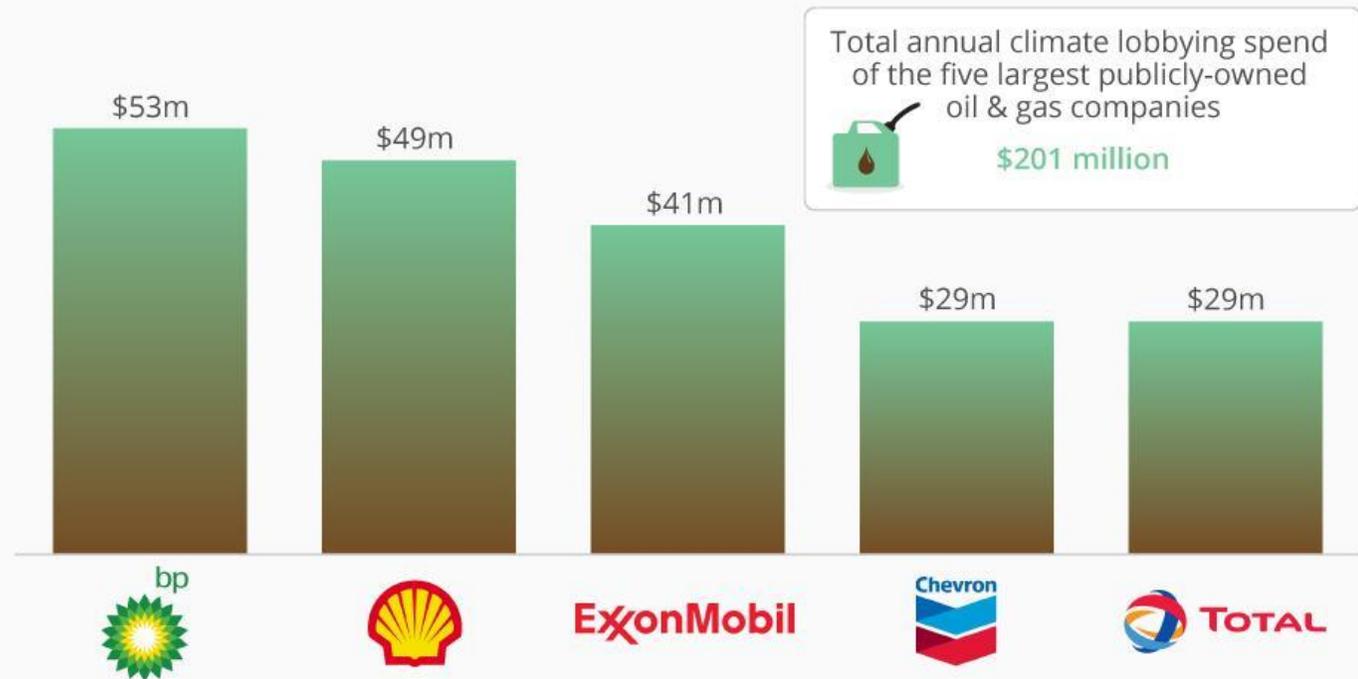


# Wirtschaftliche Interessen

- Unternehmen investieren erhebliche Summen in Lobbyarbeit, um politische Entscheidungsträger zu beeinflussen und Klimaschutzgesetze zu verhindern oder abzuschwächen.
- Sie leisten auch politische Spenden an Kandidaten und Parteien, die eine schwächere Regulierung des Klimaschutzes unterstützen.
- Durch den Einsatz von PR-Firmen und Medienkampagnen fördern sie Narrative, die den Klimawandel in Frage stellen oder die wirtschaftlichen Nachteile von Klimaschutzmaßnahmen betonen.
- Sie investieren in Werbung und Sponsoring, um ihre Sichtweisen in der Öffentlichkeit zu verbreiten und das Image ihrer Branche zu verbessern.

## Oil Firms Spend Millions On Climate Lobbying

Annual expenditure on climate lobbying by oil and gas companies\*



\* As of 2019. Climate lobbying means spending to delay, control or block policies to tackle climate change.  
@StatistaCharts Source: InfluenceMap

Forbes statista

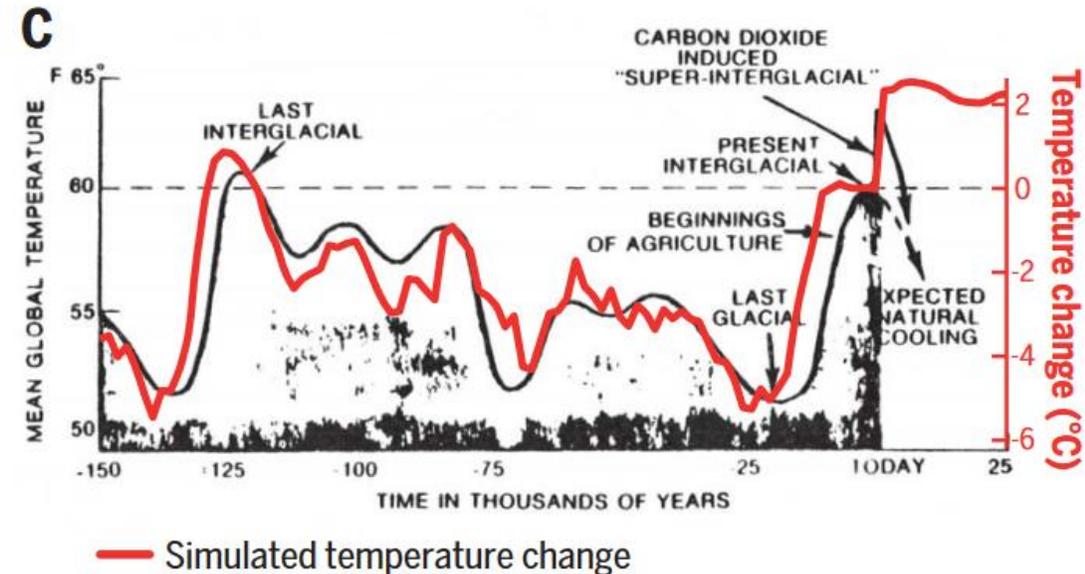
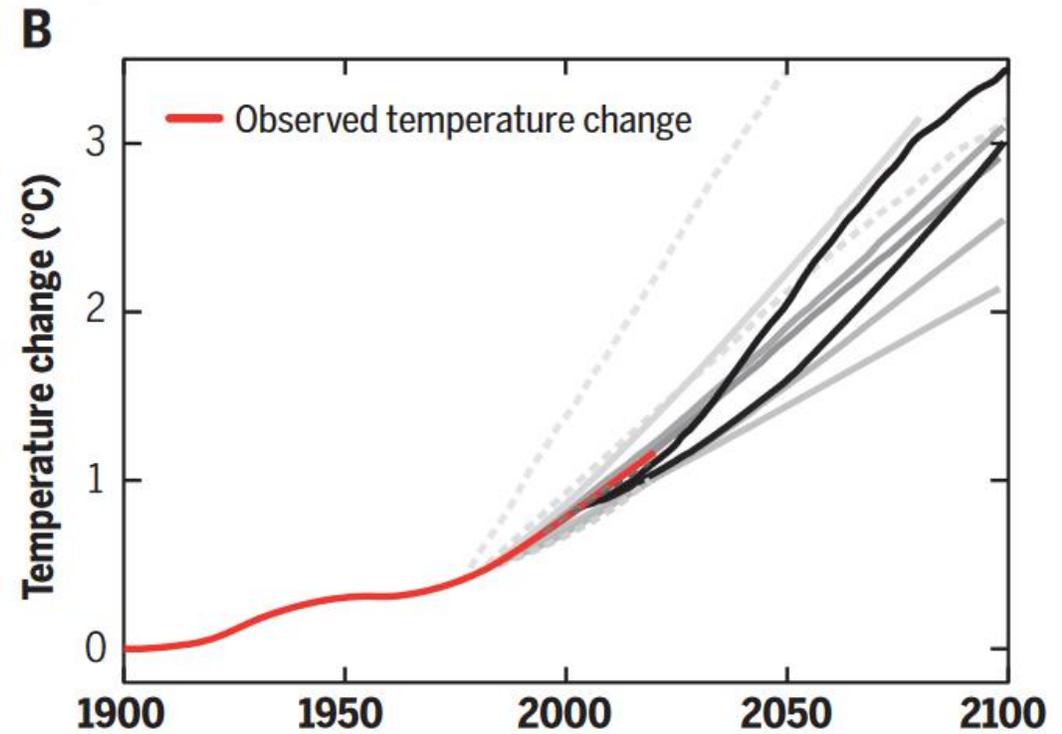
Quelle: Forbes, statista Garfik: <https://www.forbes.com/sites/niallmccarthy/2019/03/25/oil-and-gas-giants-spend-millions-lobbying-to-block-climate-change-policies-infographic/>

HTWK

# Wirtschaftliche Interessen

- ExxonMobil-Wissenschaftler sagten bereits seit den 1970er Jahren genau die Rate und das Ausmaß der globalen Erwärmung voraus. Die Projektionen des Unternehmens stimmten mit unabhängigen wissenschaftlichen und staatlichen Projektionen überein.
- Trotz des präzisen Wissens über die Folgen fossiler Brennstoffe für das Klima hat ExxonMobil öffentlich die Gefahren des Klimawandels heruntergespielt und Informationen verzerrt. Während sie intern genaue Modelle entwickelten, finanzierten sie gleichzeitig Kampagnen zur Verbreitung von Fehlinformationen, die den Klimawandel leugneten oder dessen Auswirkungen verharmlosten.

Quelle: Supran, G., Rahmstorf, S., & Oreskes, N. (2023). Assessing ExxonMobil's global warming projections. In *Science* (Vol. 379, Issue 6628). American Association for the Advancement of Science (AAAS). <https://doi.org/10.1126/science.abk0063>



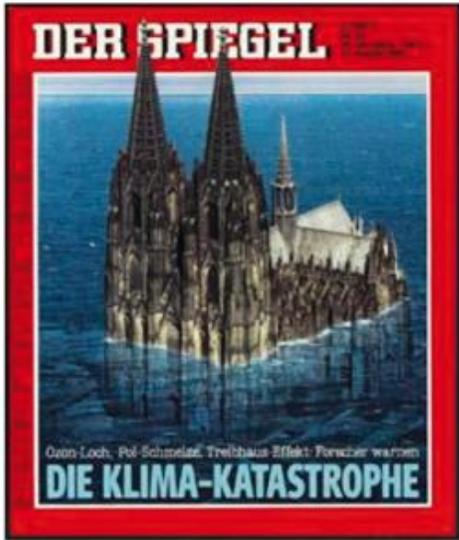
# Klimawandel in den Medien

- False balance
- Medienberichte geben oft Klimawandelskeptikern und -leugnern eine gleichwertige Plattform wie den überwältigenden wissenschaftlichen Konsens über den menschengemachten Klimawandel.
- Diese Praxis vermittelt den Eindruck, dass die wissenschaftliche Gemeinschaft gespalten ist, obwohl es eine überwältigende Übereinstimmung über die Ursachen und Folgen des Klimawandels gibt.
- Die Darstellung von Klimawandelskeptikern in Medienberichten kann zur Verbreitung von Fehlinformationen beitragen und das Vertrauen in wissenschaftliche Erkenntnisse untergraben.



Artikel: Teresa Schomburg, ARD-Talk mit Maischberger - Beatrix von Storch in Hochform: „Gott statt Klimawandel“ Beatrix von Storch (AfD) und Amira Mohamed Ali (Linke) zu Gast bei Sandra Maischberger. © Screenshot ARD Quelle: <https://www.fr.de/kultur/tv-kino/maischberger-ard-talk-beatrix-von-storch-afd-klimawandel-gott-afd-politikerin-tv-kritik-90956151.html>

# Klimawandel in den Medien



Der Spiegel 33/1986



Focus 2/2010



Foto: Der Spiegel 33/1986, Focus 2/010, Der Spiegel 49/2010, Der Spiegel 45/2022  
Quelle: Michael Büggemann und Louisa Pröschel: Klimawandel in den Medien Zwischen konstruktiver Debatte und Polarisierung Linke: <https://www.bpb.de/themen/klimawandel/dossier-klimawandel/546135/klimawandel-in-den-medien/>

- Die mediale Aufmerksamkeit für den Klimawandel schwankt stark und ist oft an spezifische Ereignisse wie Klimaproteste oder Klimakonferenzen gebunden. Zwischen solchen Ereignissen wird das Thema häufig vernachlässigt.
- Journalisten müssen die komplexe Thematik des Klimawandels für ein breites Publikum verständlich machen, ohne dabei die wissenschaftliche Genauigkeit zu verlieren.
- Unterschiedliche Medienformate erfordern verschiedene Ansätze zur Vermittlung der Informationen.
- Neben der allgemeinen Wissenslücke trägt auch gezielte Desinformation, besonders in sozialen Medien, dazu bei, dass viele Menschen den Klimawandel nicht richtig verstehen.
- Kontinuierliche und sachliche Berichterstattung kann helfen, Desinformation entgegenzuwirken.

# Klimawandel in den Medien



Focus 2/2010

Foto: Der Spiegel 33/1986, Focus 2/010, Der Spiegel 49/2018, Der Spiegel 45/2022  
Quelle: Michael Büggemann und Louisa Pröschel: Klimawandel in den Medien Zwischen konstruktiver Debatte und Polarisierung Linke:  
<https://www.bpb.de/themen/klimawandel/dossier-klimawandel/546135/klimawandel-in-den-medien/>

- Fake „Forscherstreit“
- Argumentation einer neuen Kaltzeit durch abnehmende Sonnenaktivität durch unseriöse quellen
- Quellen für die angebliche Kontroverse in der Wissenschaftlichen Fachwelt
  - *Khabibullo Abdusmatov* (unbekannter sibirischer Forscher)
  - Die „Wissenschaftsorganisation“ *Friends of Science* (von der fossilen Industrie finanzierte Astrourfing-Organisation)
  - Das *Europäische Institut für Klima und Energie* (EIKE) (Eine Gruppe älterer Herren, die eine Klimaleugner-Website betreiben)

# Murdoch Medienimperium

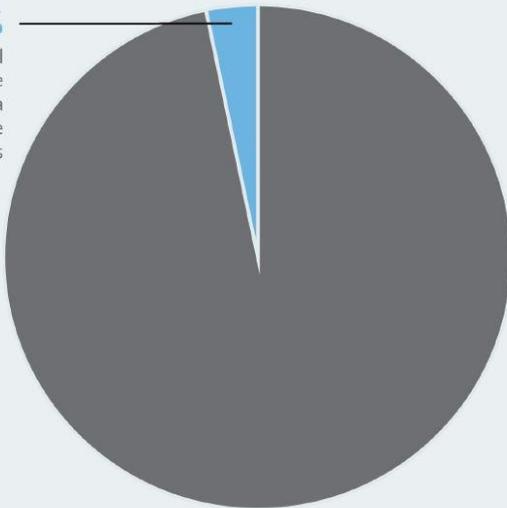
- Die Wall Street Journal (WSJ) verlangte eine erhebliche Gebührenerhöhung für eine Anzeige der Partnership for Responsible Growth, einer umweltfreundlichen Organisation.
- Das WSJ rechtfertigte die höheren Kosten mit dem Argument, dass die Anzeige politisch und kontrovers sei, was zu höheren Platzierungskosten führte.
- Das WSJ gehört der News Corp, die von Rupert Murdoch kontrolliert wird.
- Murdochs Familie hat erhebliche Investitionen in Unternehmen, die im Bereich fossile Brennstoffe tätig sind. Darüber hinaus unterstützt Murdoch politisch oft Positionen und Kandidaten, die die fossile Brennstoffindustrie begünstigen.

## THE WALL STREET JOURNAL

### Columns on Climate Change (1995-2016)

3.27%

accept as fact that fossil fuels cause climate change, or endorse a policy to reduce emissions

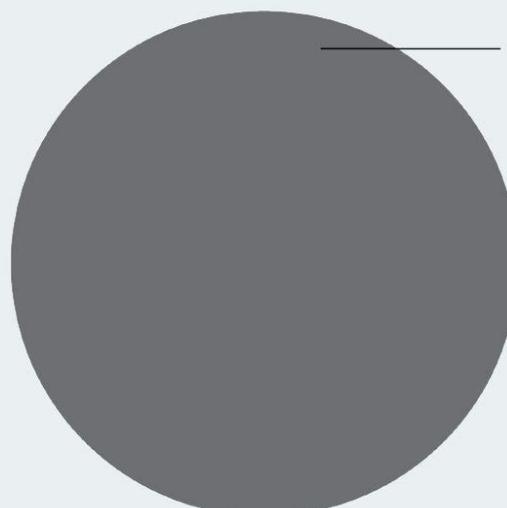


## THE WALL STREET JOURNAL

### Editorials on Climate Change (1995-2016)

0%

explicitly acknowledges that fossil fuels cause climate change

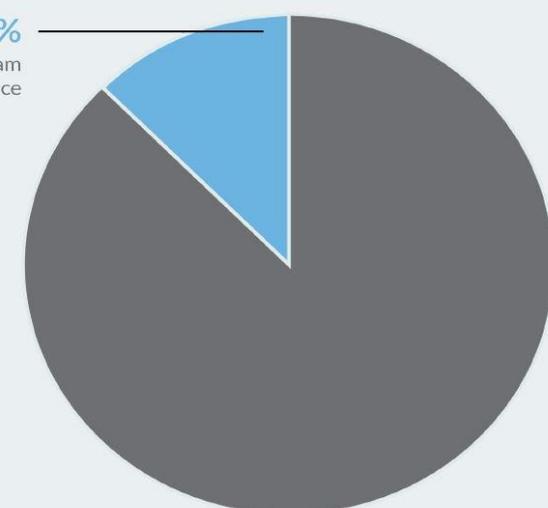


## THE WALL STREET JOURNAL

### Op-Eds on Climate Change (1995-2016)

14.33%

reflect mainstream science



Quelle: Paul Farhi: Wall Street Journal accepts environmentalist ad but charges extra  
[https://www.washingtonpost.com/lifestyle/style/wall-street-journal-accepts-environmentalist-ad-but-charges-extra/2016/06/13/422cd8e2-3199-11e6-95c0-2a6873031302\\_story.html](https://www.washingtonpost.com/lifestyle/style/wall-street-journal-accepts-environmentalist-ad-but-charges-extra/2016/06/13/422cd8e2-3199-11e6-95c0-2a6873031302_story.html)

# Murdoch Medienimperium

- News Corp startete eine Klimakampagne, die sich ausschließlich auf positive Geschichten konzentriert
- Direkt nach den verheerenden Buschfeuern 2020 in Australien
- Die Berichterstattung Narrative, die fossile Brennstoffe verteidigen und erneuerbare Energien als unzuverlässig darstellen
- Die Kampagne wurde rechtzeitig vor der COP26-Klimakonferenz 2020 gestartet, was möglicherweise darauf abzielt, politische Unterstützung für eine mögliche Änderung der Klimapolitik der australischen Regierung zu sichern.



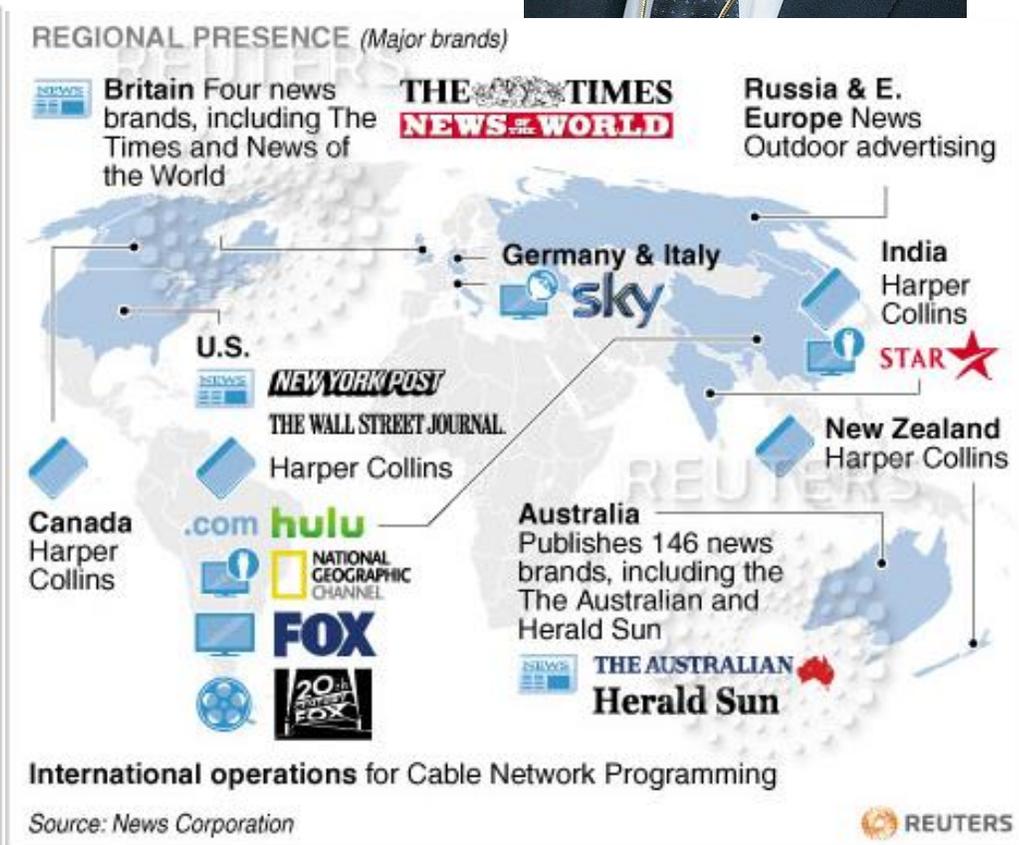
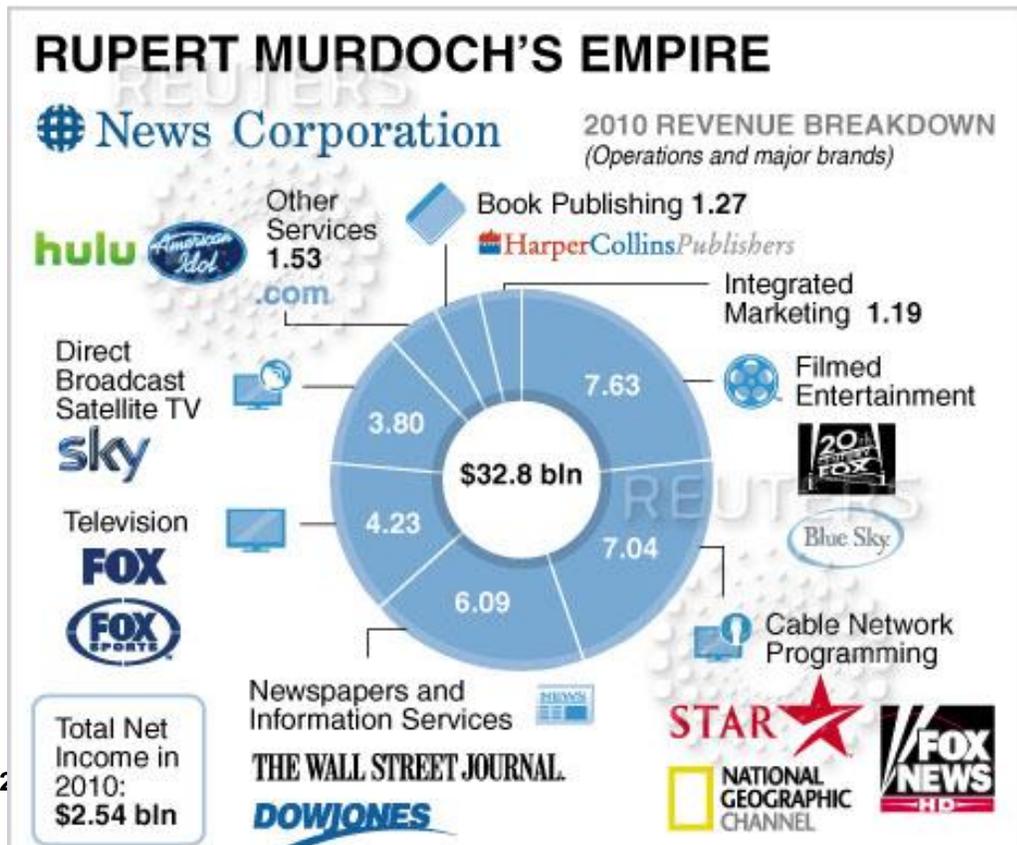
Quelle: News Corp climate campaign pledged 'positive stories' only. Also excluded, any mea culpas This article is more than 2 years old Graham Readfearn Foto: James Ross/AAP <https://www.theguardian.com/environment/2021/oct/14/news-corp-climate-campaign-pledged-positive-stories-only-also-excluded-any-mea-culpas>

# Murdoch Medienimperium

- News Corp ist einer der weltweit größten Verlage mit Sitz in New York City.
- Den zur News Corp. zählenden Medien wird von Wissenschaftlern und Journalisten vorgeworfen, mit ihrer Berichterstattung und insbesondere Meinungsartikeln Falschbehauptungen zum Klimawandel zu verbreiten und die Klimawandelleugnung zu fördern.



Rupert Murdoch 2012 Quelle: CC BY 2.0  
 Eva Rinaldi  
<https://www.flickr.com/photos/evarinaldi/photos/8293081091/>



Quelle: Reuters <https://www.dailymail.co.uk/news/article-2013690/Rupert-Murdoch-meltdown-BSkyB-deal-shelved-shareholders-sue.html>

# Bild

- Die Vorgängerregierung hat unter Angela Märkel hat die Klimaneutralität Deutschlands bis 2045 beschlossen
- Eine Heizung hat eine Lebensdauer von ca. 30 Jahren
- Das bedeutet 2024 kann keine neuen fossile Heizung mehr einbauen
- Heizungen haben Laufzeiten bis 30 Jahre
- Springer-Chef Matthias Döpfner mag die Erderwärmung
- Der US-Investor KKR hält 48,5% der Springer-Anteile und investiert stark in fossile Energien



# Desinformation zur Verhinderung von Klimaschutzmaßnahmen

- Weniger die Leugnung der Erderwärmung und ihrer Ursache
- Stattdessen: Verzögerungstaktik
- Sähen von Zweifeln über die Medien
- Fake news über Klimalösungen wie Wind, Solar, Elektromobilität, Wärmepumpen etc



In Thüringen gibt es immer wieder Demonstrationen, auf denen der Klimawandel verharmlost oder gelehnet wird. Bildrechte: imago images/Karina Hesseland  
Quelle:  
<https://www.mdr.de/nachrichten/deutschland/politik/klimawandel-leugner-szene-konferenz-wien-jena-thueringen-100.html>

# Der Klimawandel

- Ursachen des Klimawandels
- CO<sub>2</sub> und Klima in der Erdgeschichte
- Klimamodelle

---

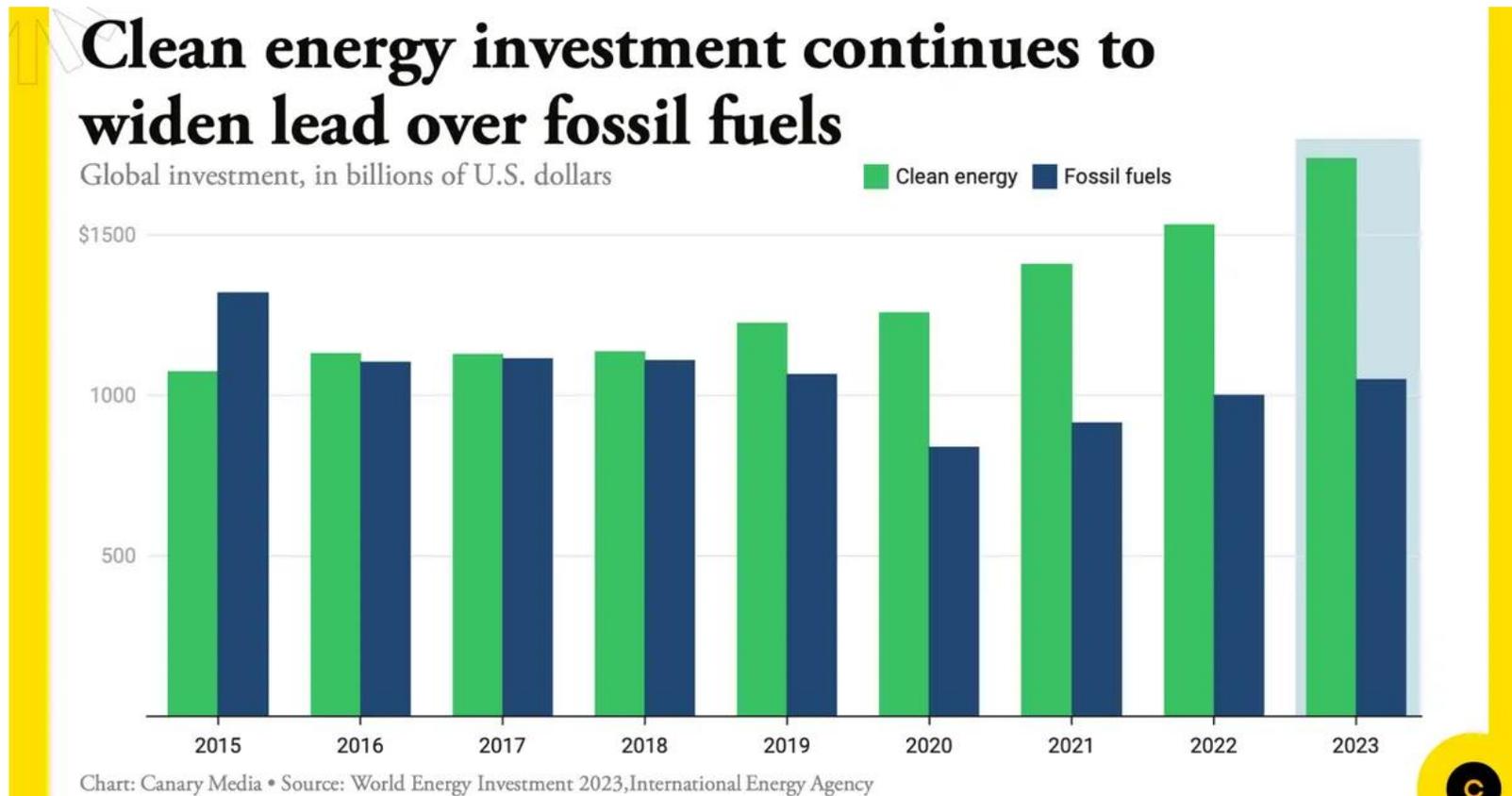
- Politik
- Gesellschaft
- Die Klimadebatte in den Medien
- **Wirtschaft und Finanzen**
- Zusammenfassung und Diskussion

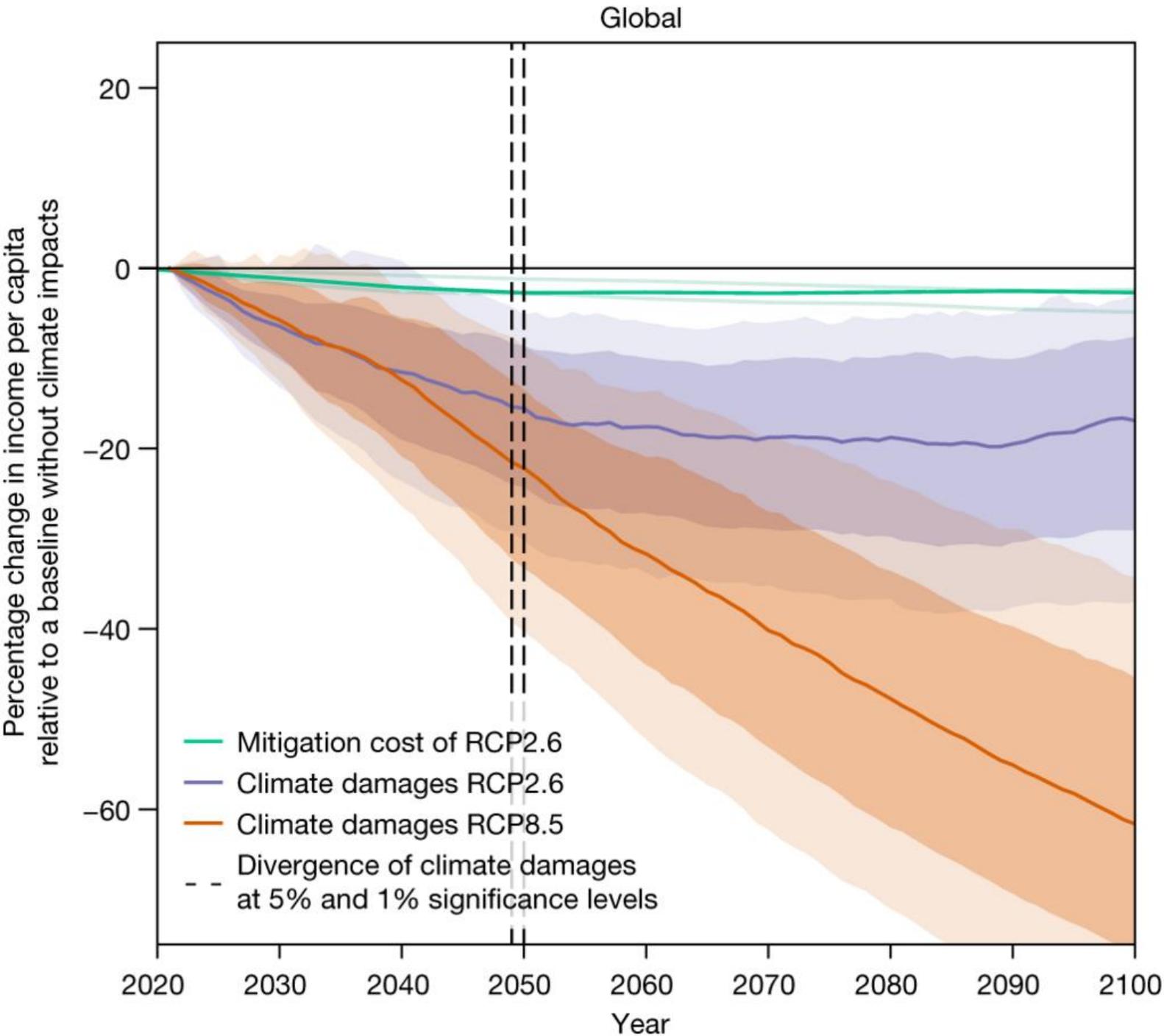
Wirtschaft und Finanzen



# Finanzen

- Investitionen zeigen die mittelfristige zukünftige Entwicklung der Emissionen
- Anlagen in die heute investiert wird, werden noch Jahrzehnte laufen/fördern
- Die weltweiten Investitionen in fossile Energien sinken, Investitionen in erneuerbare Energien steigen
- Die Investitionen in erneuerbare haben die in fossile überstiegen

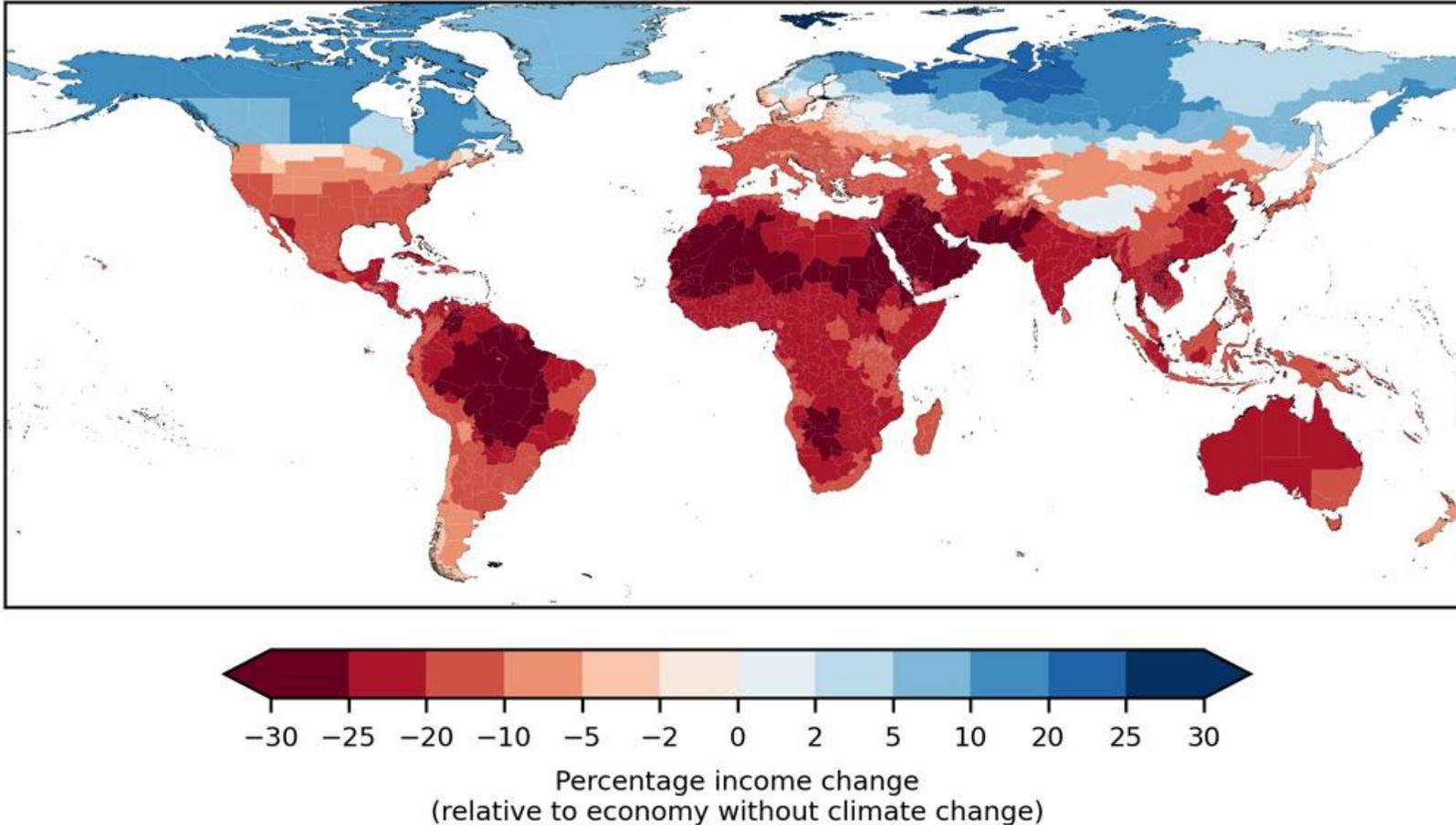




- Durch steigende Durchschnittstemperaturen **sinkt die wirtschaftliche Produktivität**, besonders in wärmeren Regionen.
- Erhöhte tägliche Temperaturschwankungen und extreme Wetterereignisse beeinträchtigen die **Landwirtschaft und Gesundheit**.
- Veränderungen in der jährlichen Niederschlagsmenge und extremen Niederschlagsereignissen verursachen **wirtschaftliche Schäden**.
- Die wirtschaftliche Anfälligkeit gegenüber klimatischen Veränderungen **variiert je nach Region und bestehendem Einkommen**

Quelle: Kotz, M., Levermann, A. & Wenz, L. The economic commitment of climate change. *Nature* **628**, 551–557 (2024).  
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07219-0>

# Einkommen der Bevölkerung

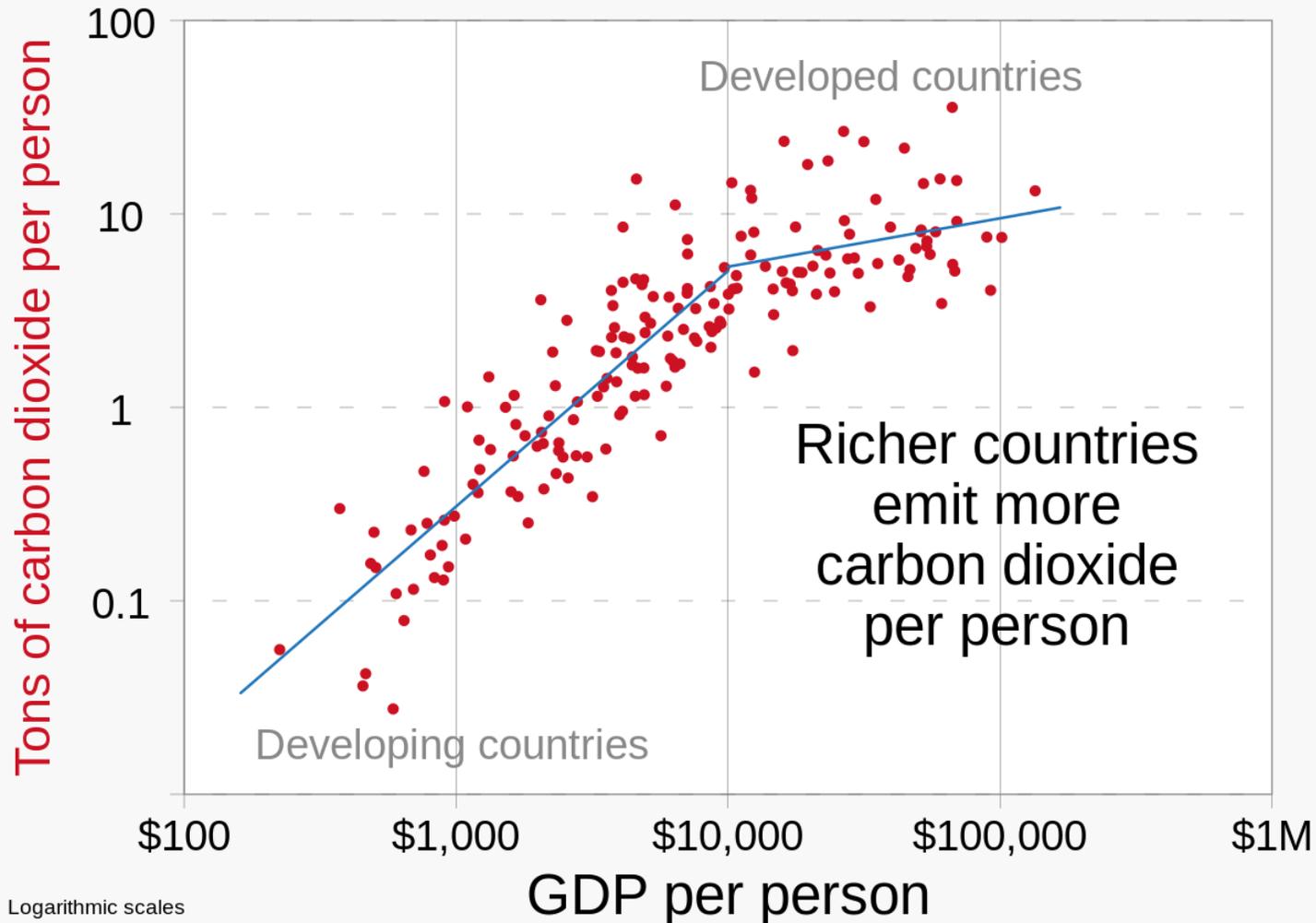


- Die Veränderungen zum Einkommen aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels schwanken stark je nach Region
- Regionen mit geringeren historischen Emissionen und niedrigerem Einkommen sind stärker betroffen.

Quelle: Kotz, M., Levermann, A. & Wenz, L. The economic commitment of climate change. *Nature* **628**, 551–557 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07219-0>

# Einkommen und Emissionen

## National wealth and CO2 emissions

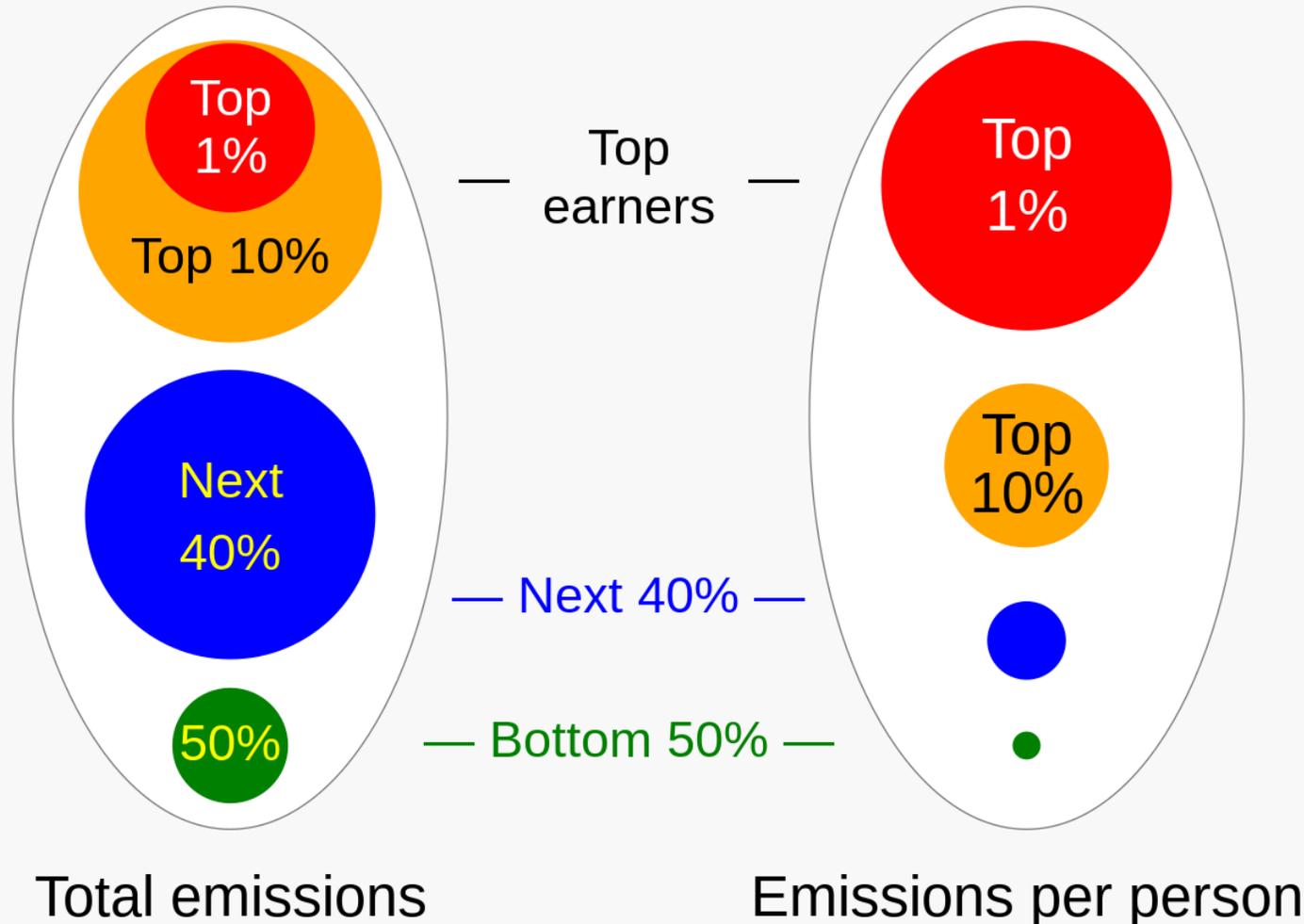


- Skalierung der Auswirkung des Wohlstands auf die nationale Ebene
- Reichere (entwickelte) Länder stoßen pro Person mehr CO2 aus als ärmere (Entwicklungs-)Länder.
- Die Emissionen sind in etwa proportional zum BIP pro Person, obwohl die Steigerungsrate bei einem durchschnittlichen BIP/pp von etwa 10.000 \$ abnimmt.

Quelle: Stevens, Harry (1 March 2023). ["The United States has caused the most global warming. When will China pass it?"](#). The Washington Post. [Archived](#) from the original on 1 March 2023.

# Einkommen und Emissionen

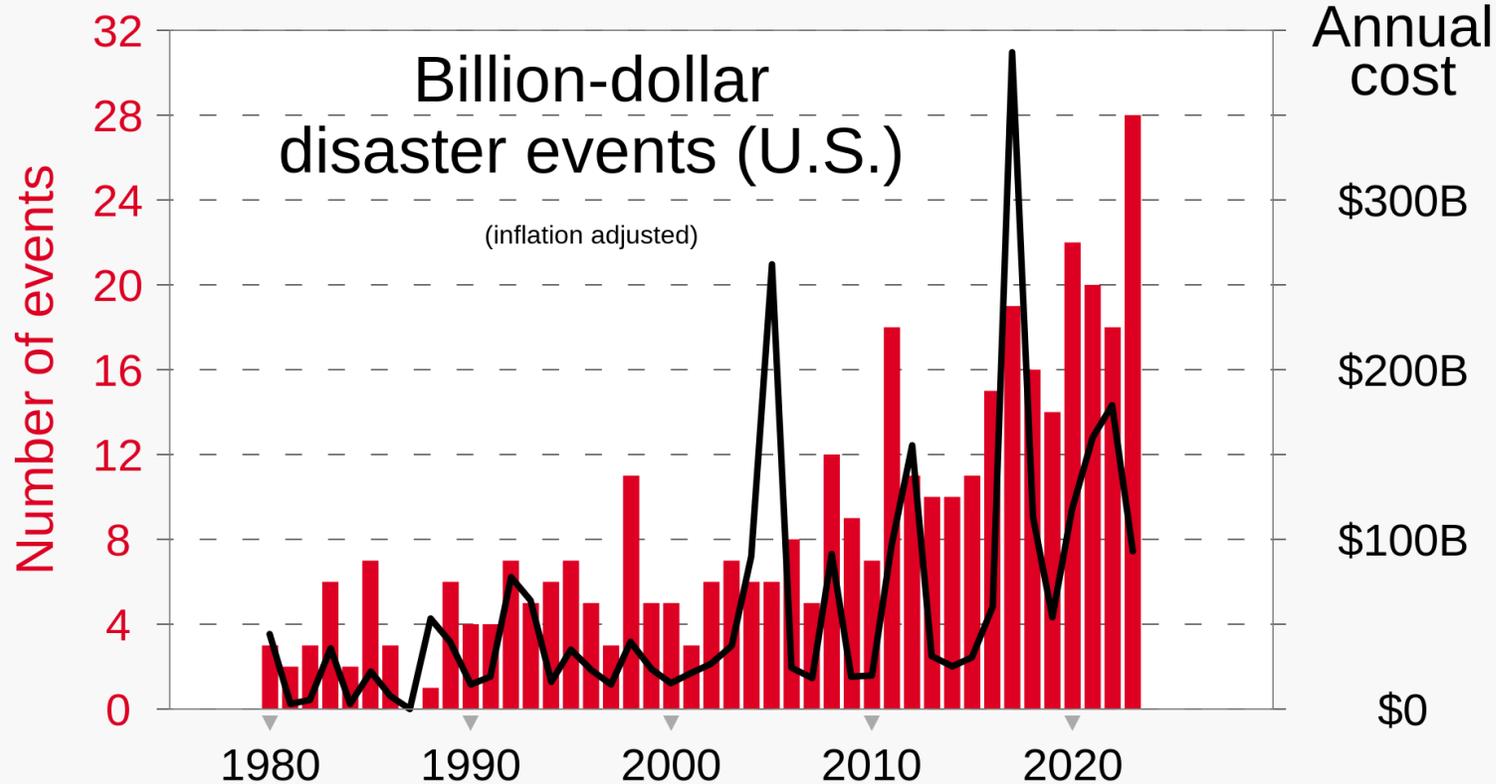
## CO2 emissions by income category (2015)



- Die Emissionen der reichsten 1 % der Weltbevölkerung sind mehr als doppelt so hoch wie die der ärmsten 50 %.
- Um das 1,5 °C-Ziel des Pariser Abkommens zu erreichen, müssten die reichsten 1 % ihre derzeitigen Emissionen mindestens um den Faktor 30 senken,
- während die Pro-Kopf-Emissionen der ärmsten 50 % um den Faktor drei steigen könnten.

Quelle: UNEP: Emissions Gap Report 2020. United Nations Environment Programme. p. xxv. Retrieved 21 January 2022.

# Kosten von Extremwetterereignissen

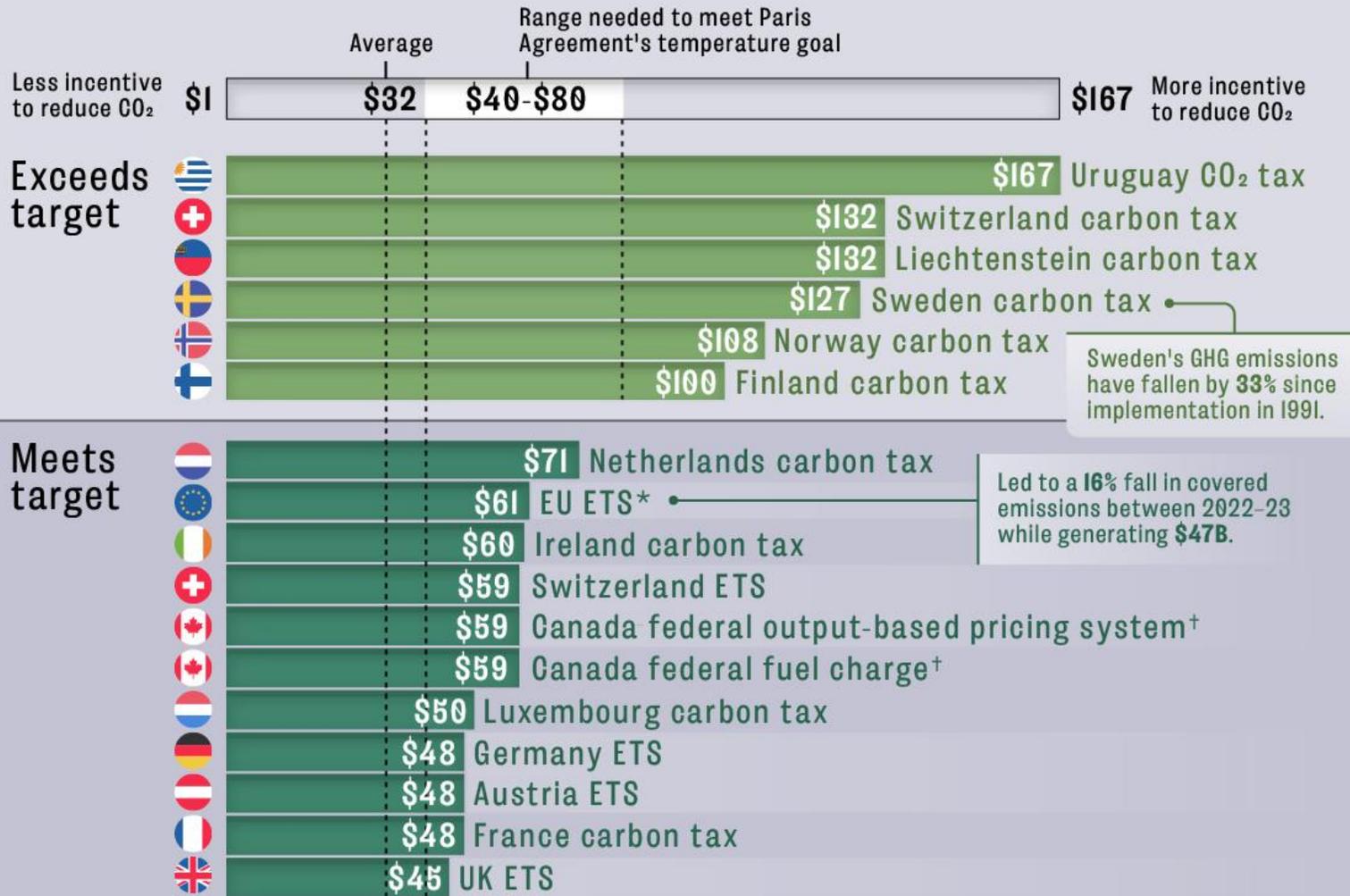


- Grafik der Anzahl der klimabedingten Ereignisse in den Vereinigten Staaten in Milliardenhöhe und der jährlichen Kosten dieser Ereignisse, basierend auf den Daten der NOAA.
- Die Kosten betragen 1-2 % des BIP, was geringer ist als die Subventionen für fossile Brennstoffe.
- Die Kosten werden in Zukunft steigen
- Frühzeitige und gut geplante Maßnahmen minimieren die Kosten.

Grafik: @RCraig09, Quelle: <https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/time-series/US> Archive thereof: <https://web.archive.org/web/20240113044752/https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/time-series/US> Version 6 is an update through 2022.

# CO<sub>2</sub>-Preis

## 2024 PRICE PER METRIC TON OF CO<sub>2</sub> EQUIVALENT



- Im Jahr 2024 sind nur für 1 % der weltweiten Emissionen ist der Preis hoch genug, um das 1,5°C-Ziel des Pariser Abkommens zu erreichen.
- Die Bepreisung von CO<sub>2</sub> ist eine Umweltstrategie, die darauf abzielt, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, indem Kohlenstoffemissionen mit einem Geldpreis belegt werden.
- Die gängigsten Arten der Kohlenstoffbepreisung sind **Emissionshandelssysteme (ETS)** und **CO<sub>2</sub>-Steuern**.
  - Bei ersteren wird eine Gesamtemissionsgrenze festgelegt und es werden Genehmigungen für den Handel zugeteilt,
  - während bei letzteren eine Gebühr auf die Emissionen erhoben wird, um deren Kosten zu erhöhen und Anreize zur Reduzierung zu schaffen.

# Der Klimawandel

- Ursachen des Klimawandels
- CO<sub>2</sub> und Klima in der Erdgeschichte
- Klimamodelle

---

- Politik
- Gesellschaft
- Die Klimadebatte in den Medien
- Wirtschaft und Finanzen
- **Zusammenfassung und Diskussion**



Zusammenfassung

## Der Klimawandel

Er ist real.

Wir sind die Ursache.

Er ist gefährlich.

Die Fachleute sind sich einig.

Wir können noch etwas tun.

# Zusammenfassung

- Treibhausgase kontrollieren weitgehend das Klima der Erde
- Über Jahrmillionen wurde das CO<sub>2</sub> nach und nach in der Erde gespeichert
- Dieses CO<sub>2</sub> innerhalb weniger Jahrzehnte durch Verbrennung von Kohle, Öl und Gas der Atmosphäre zurückzugeben ist keine gute Idee.

# Particify

- Veranstaltungsbegleitende Fragen und Aufgaben:

9. Was waren die beiden interessantesten Themen der heutigen Vorlesung?

<https://partici.fi/06194160>

10. Ich habe heute Neues gelernt...

11. Was fanden Sie gut oder verbesserungswürdig?  
Was hat Ihnen gefehlt oder kam zu kurz?



# Diskussion

