

**WiTechWi-Abend
an der Albert-Einstein-Schule,
Schwalbach, 9. Oktober 2024**

**Klimawandel und
Klimapolitik –
Aktuelle Analysen
und Handlungs-
optionen**



Joachim Curtius
Institut für Atmosphäre und Umwelt
Goethe-Universität Frankfurt am Main
curtius@iau.uni-frankfurt.de

AG Curtius: Experimentelle Atmosphärenforschung

Schwerpunkte

- Partikel- und Wolkenbildung
- Spurengase
- Eisbildung in Wolken

- Instrumente: Massenspektrometer, Aerosol-Zähler, Eiskeim-Zähler, Spurengas- und Aerosolmesstechnik

Plattformen

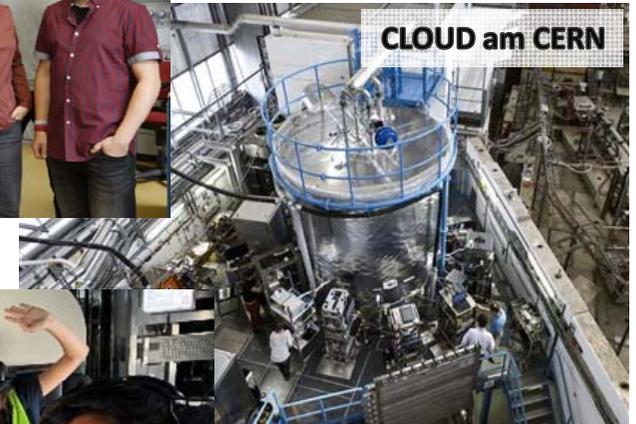
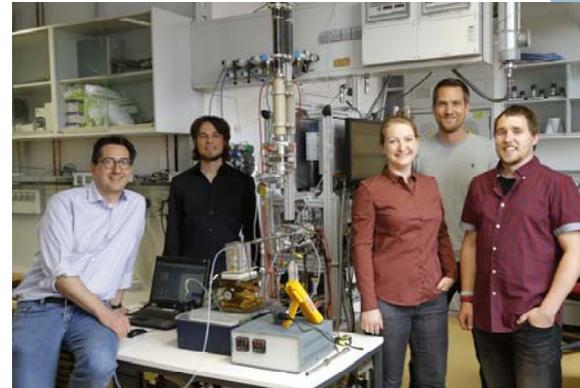
- CLOUD-Experiment am CERN
- Forschungsflugzeug HALO
- Taunus-Observatorium, Kleiner Feldberg

Institut für Atmosphäre und Umwelt

- BSc Meteorologie (ca. 50% Physik und Mathe)
- MSc Atmospheric and Climate Sciences
- MSc Umweltwissenschaften



HALO



Klimawandel – ein Querschnittsthema der Schule für

- Physik
- Chemie
- Biologie
- Geographie
- Mathematik und Informatik

- Politik
- Wirtschaft
- Religion & Ethik
- Geschichte
- Psychologie
- Technik
- Das Fach „Klima“ /
Bildung für Nachhaltige Entwicklung
BNE

Klimawandel:

- eine drängende, gesamtgesellschaftliche Aufgabe
 - Vom Wissen zum Handeln...



Bestandsaufnahme – wo stehen wir 2024?

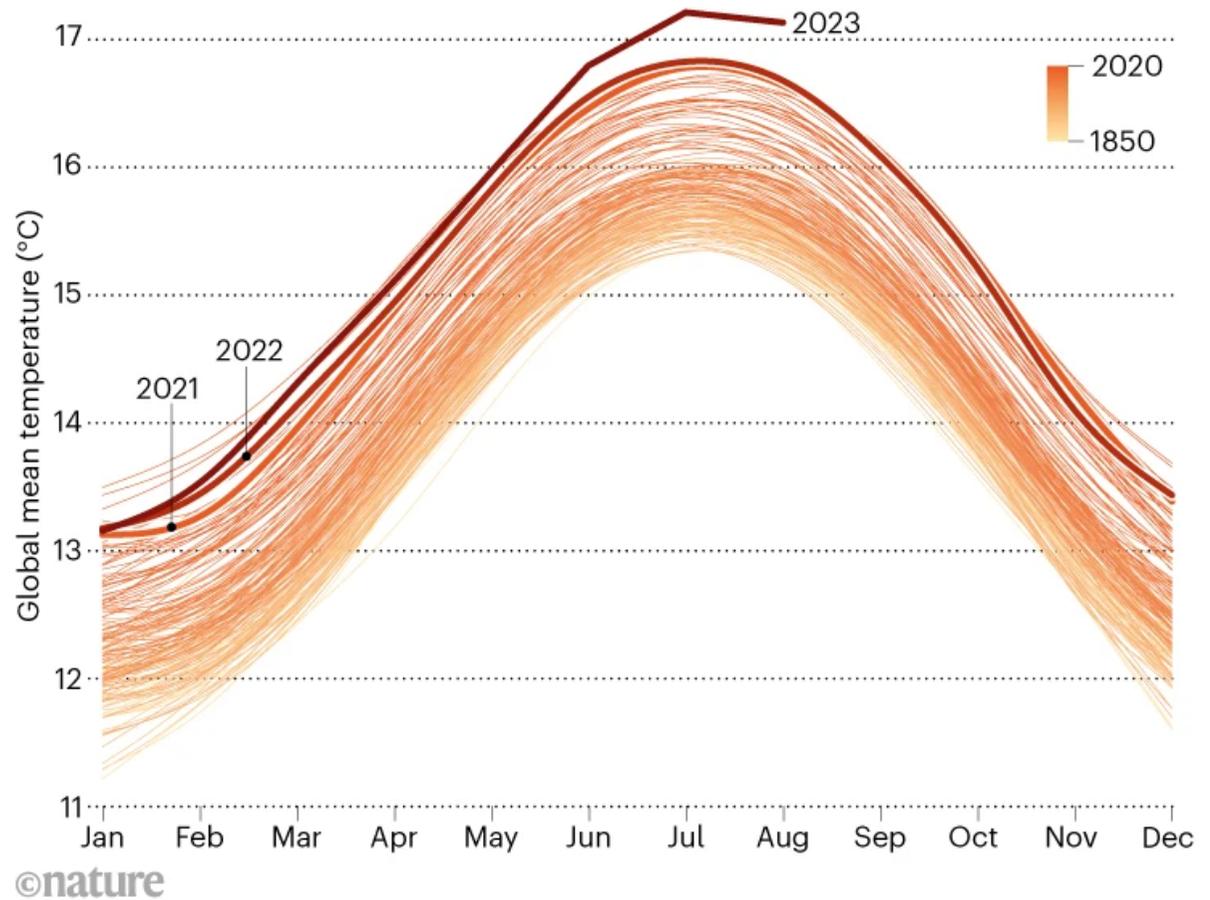
Earth's average 2023 temperature is now likely to reach 1.5 °C of warming

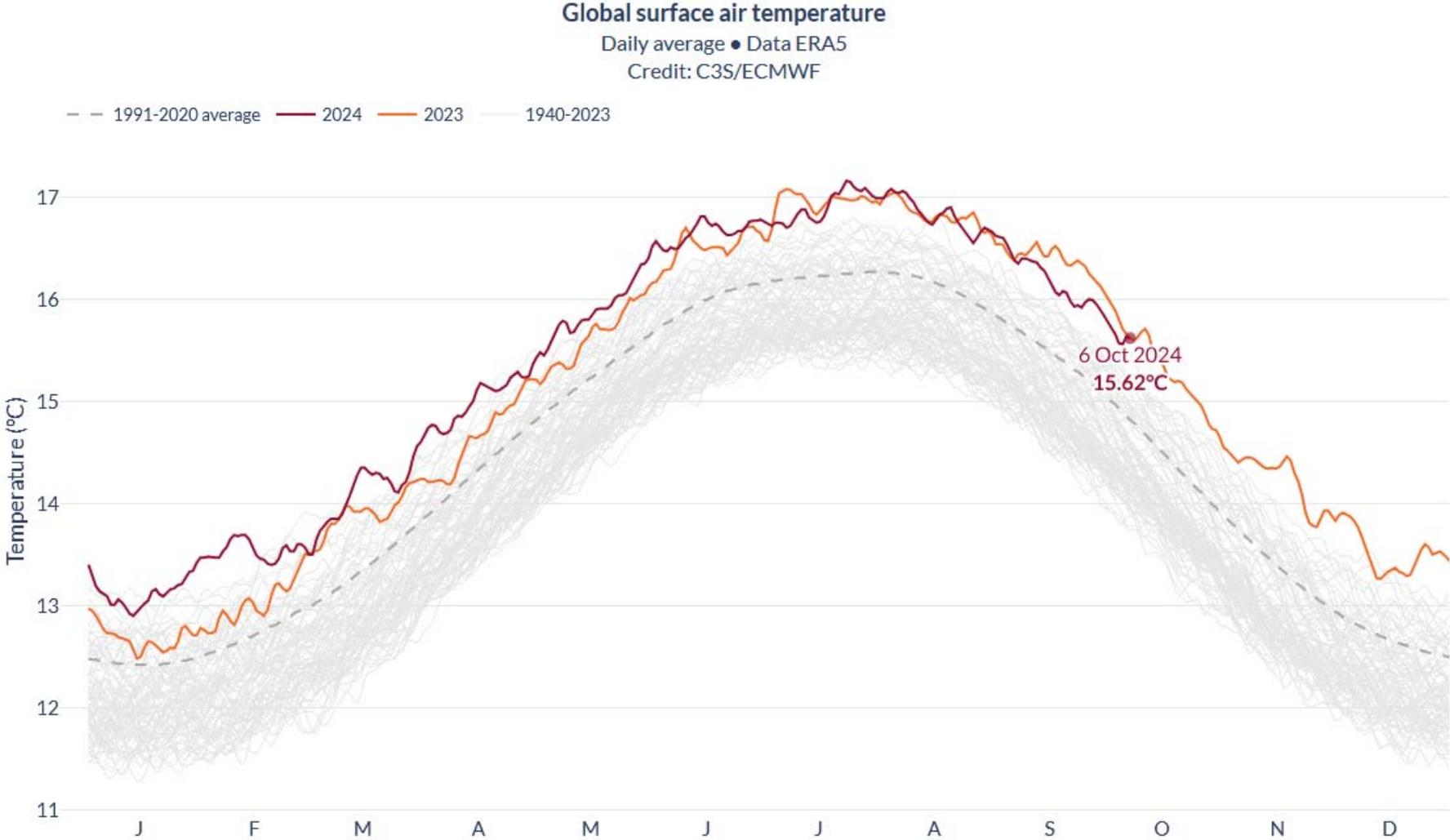
2023: 1.48°C Erwärmung

Neue Copernicus Webseite...

[Sanderson, Nature, 2023]

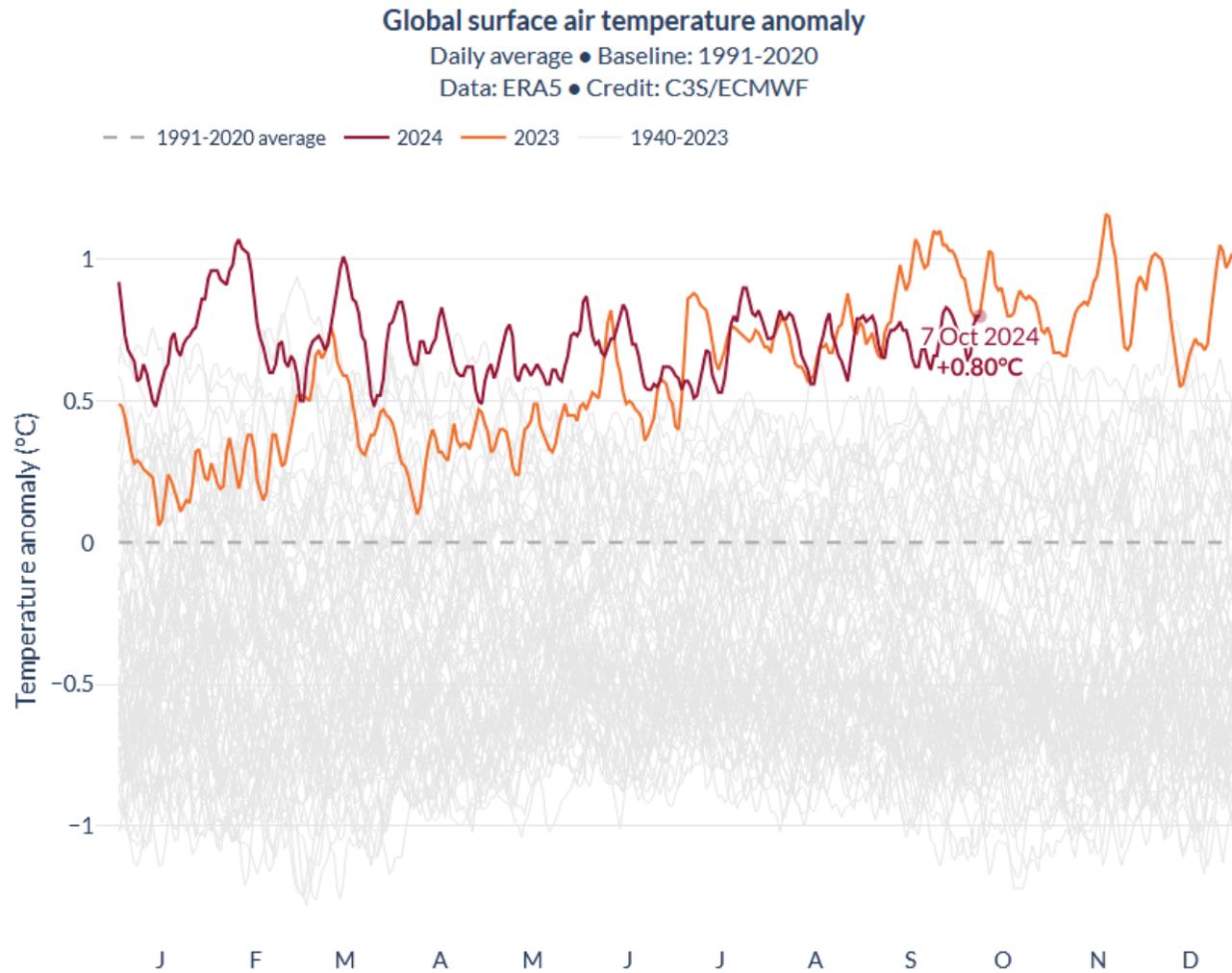
The global average temperatures in the past three months have set new records every month, often by a large margin.





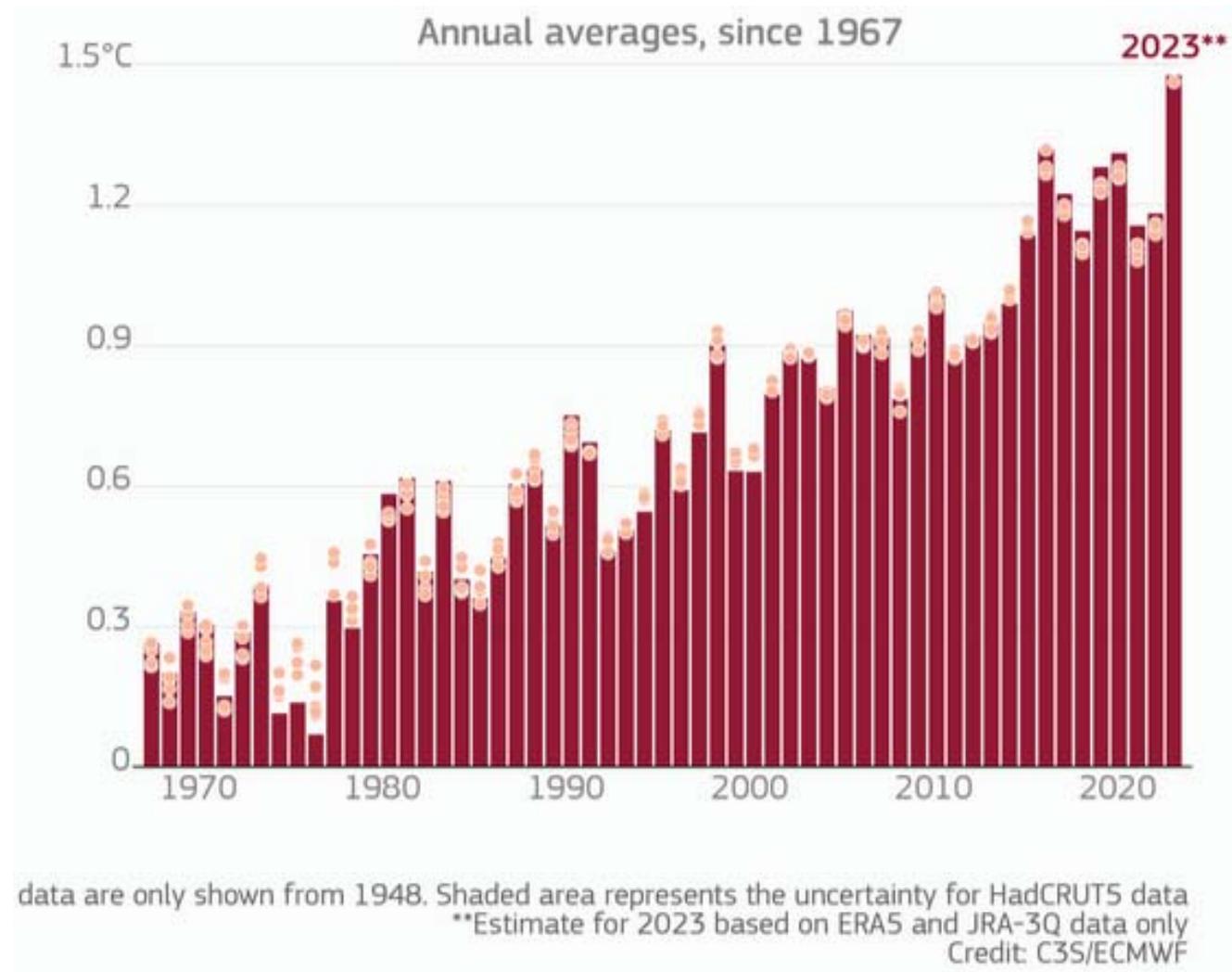
<https://pulse.climate.copernicus.eu/>

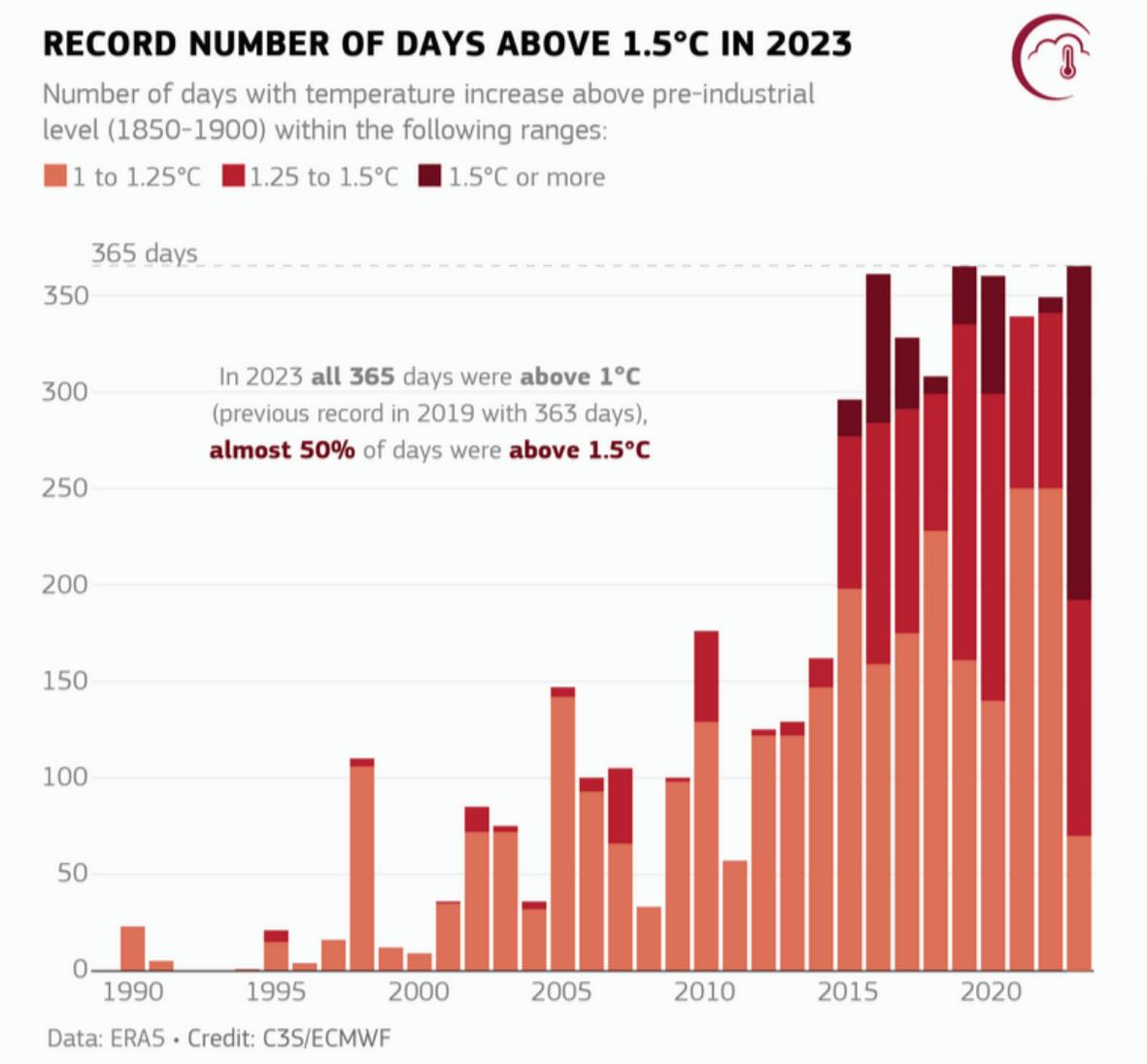
Die letzten 12 Monate lag die globale Durchschnittstemperatur fast durchgehend 0,5 bis 1,0 °C über dem Durchschnitt der letzten 30 Jahre!



<https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2023>

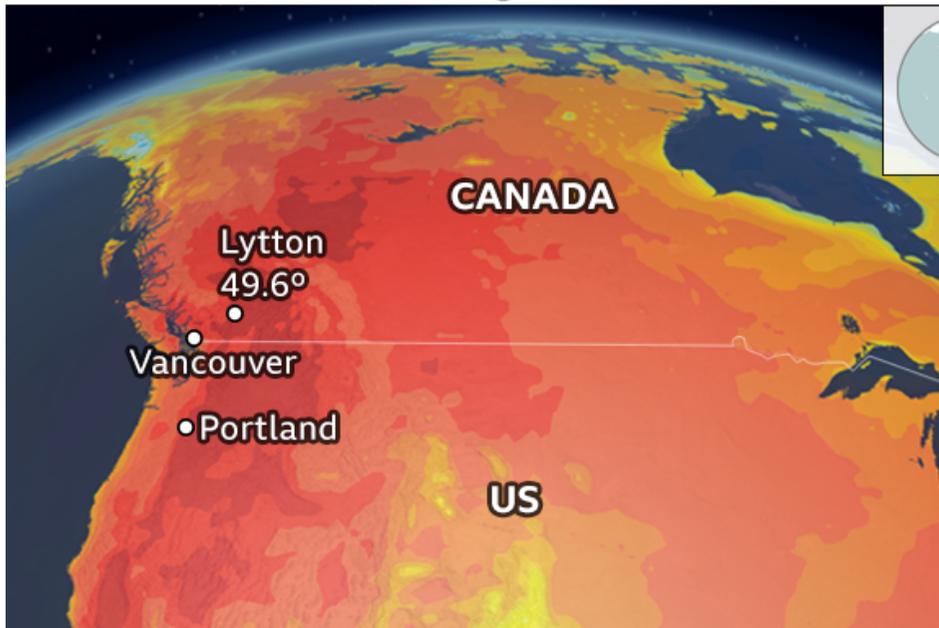
Innerhalb von nur 30-40 Jahren Anstieg der globalen Temperatur um $\sim 1,0$ °C, Paris-Klima-Limit in 2023 bereits nahezu erreicht.





Kanada im Juni 2021: 50°N, 50°C

Temperatures in Canada and north-west US reached record highs on 29 June



→ In einem sich schnell ändernden Klima können neue Rekorde dramatisch höher ausfallen als alle bisherigen Rekorde!

...der bisherige Hitzerekord in Kanada wurde um 4.6 °C übertroffen, neuer Hitzerekord 49.6 °C

nature
climate change

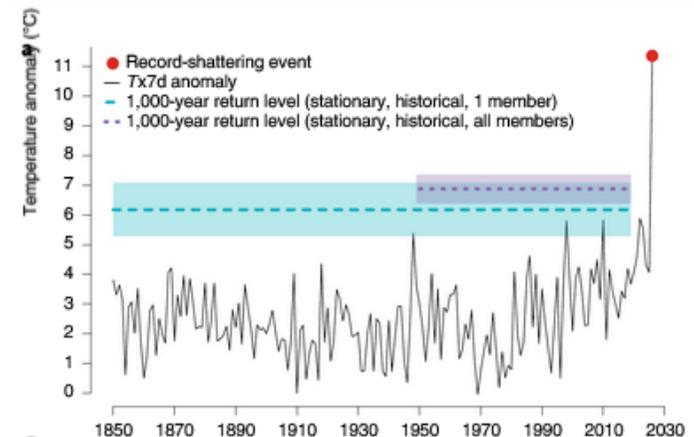
ARTICLES

<https://doi.org/10.1038/s41558-021-01092-9>

Check for updates

Increasing probability of record-shattering climate extremes

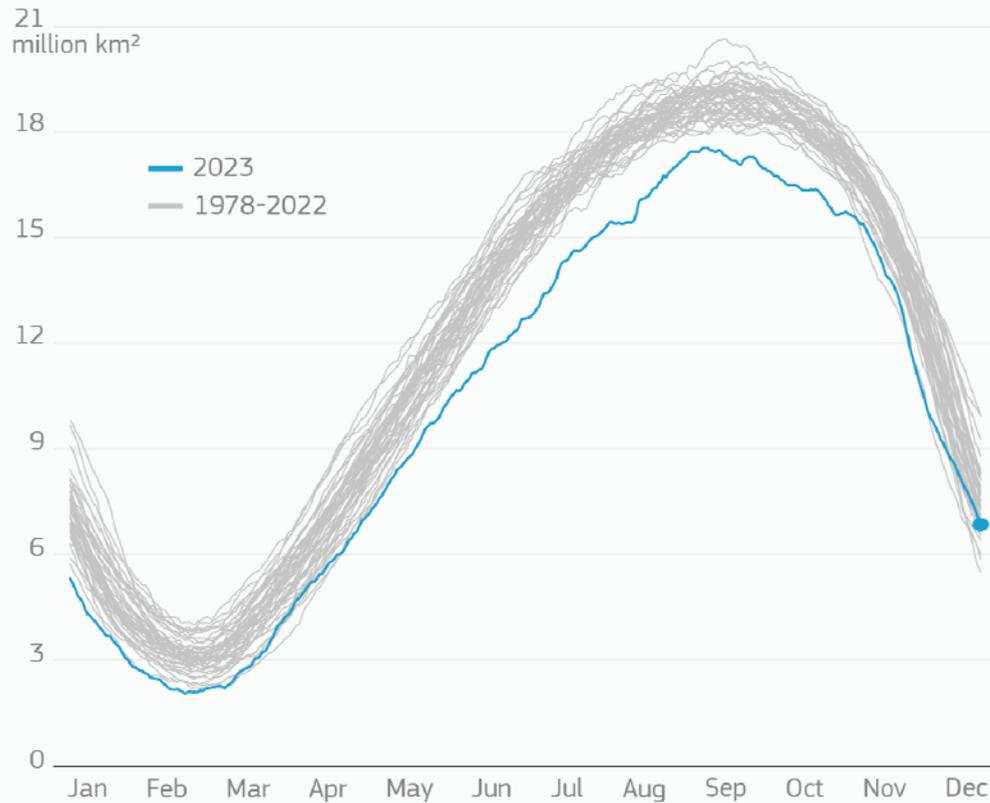
E. M. Fischer , S. Sippel  and R. Knutti 



Rekordrückgang beim antarktischen Meereis im Jahr 2023

DAILY ANTARCTIC SEA ICE EXTENT

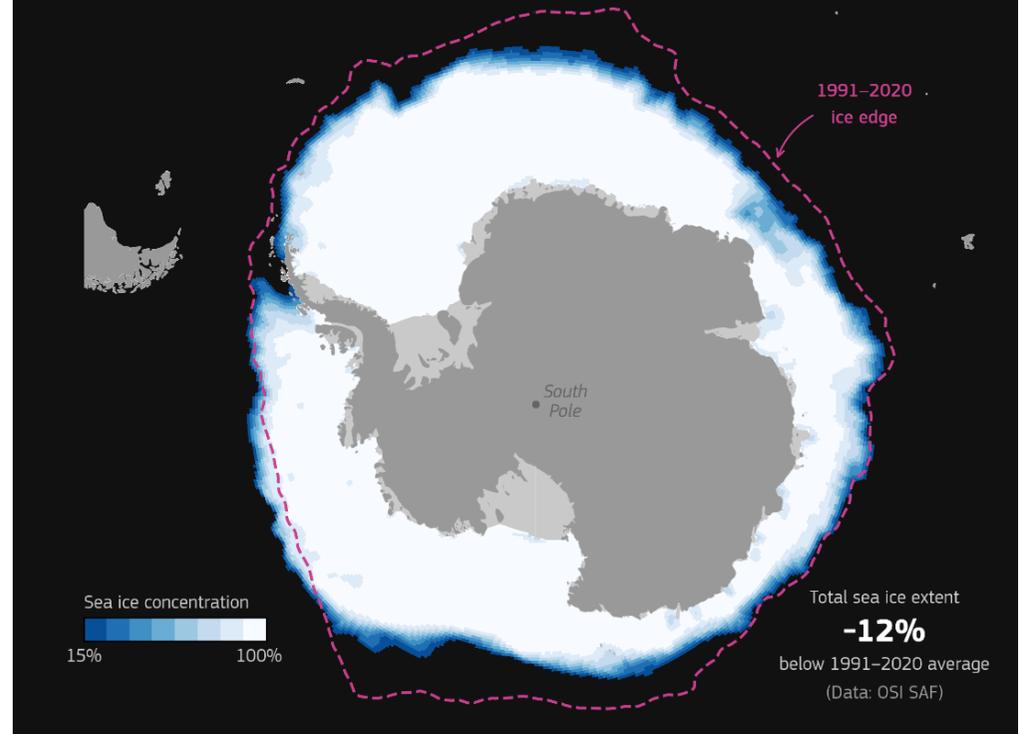
In 2023 a record low extent for the corresponding time of the year was observed for most months



Data: EUMETSAT OSI SAF Sea Ice Index v2.2 • Credit: C3S/ECMWF/EUMETSAT

ANTARCTIC SEA ICE • AUGUST 2023

Data: ERA5 & OSI SAF Sea Ice Index v2.2 • Credit C3S/ECMWF/EUMETSAT



Heute im Golf von Mexico: Hurrikan Milton (Kat. 5)

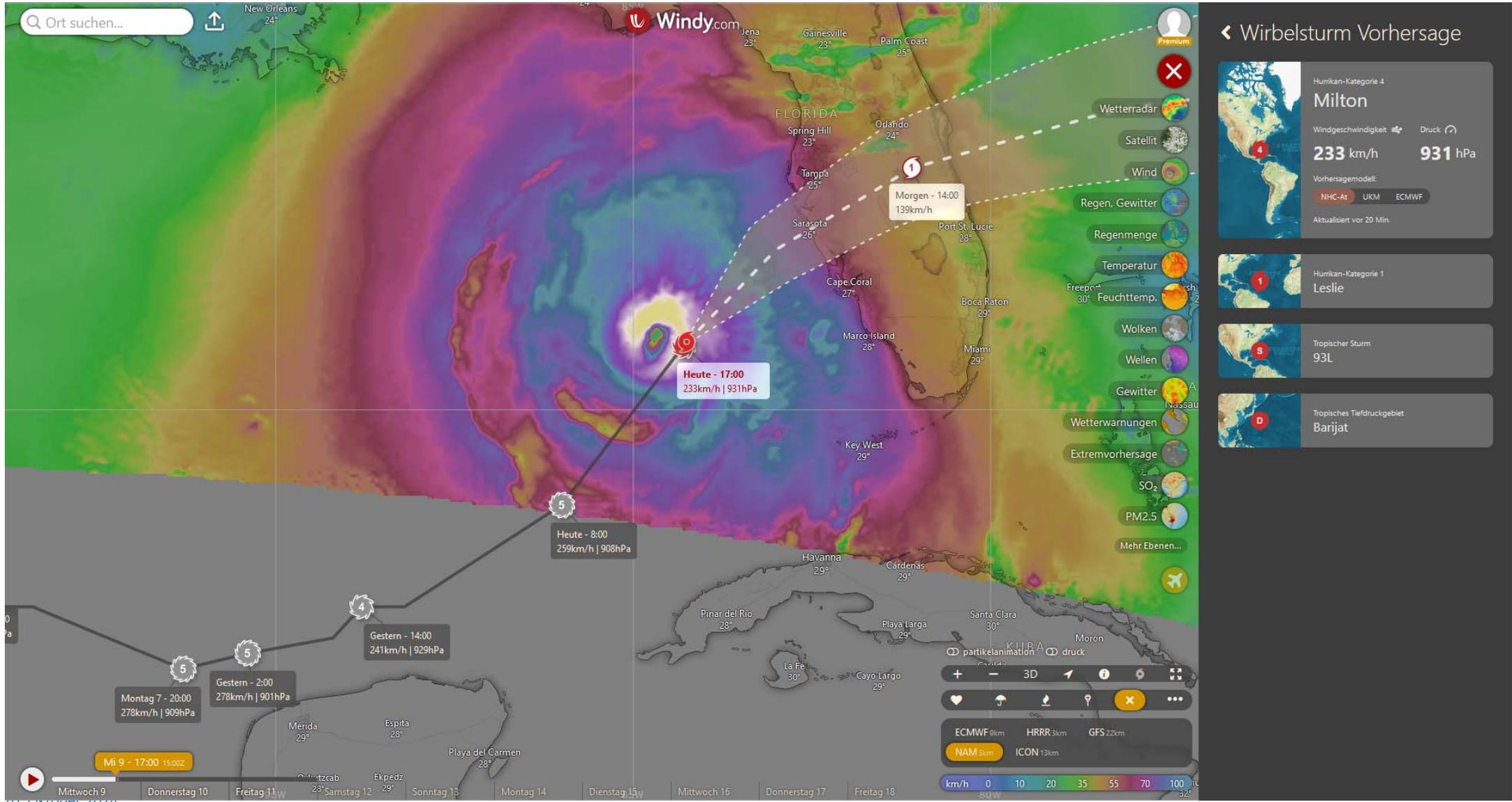
Hurrikan der Stärke 5

»Milton« droht der schlimmste Sturm seit hundert Jahren zu werden

Hurrikan »Milton« steuert mit Windgeschwindigkeiten von bis zu 270 km/h auf die Küste Floridas zu. US-Präsident Biden und die Behörden vor Ort raten Anwohnern, sich in Sicherheit zu bringen. Auf den Autobahnen herrscht Chaos.

09.10.2024, 08.27 Uhr

Heute im Golf von Mexico: Hurrikan Milton (Kat. 5); Meeres-Temp.: 29°C



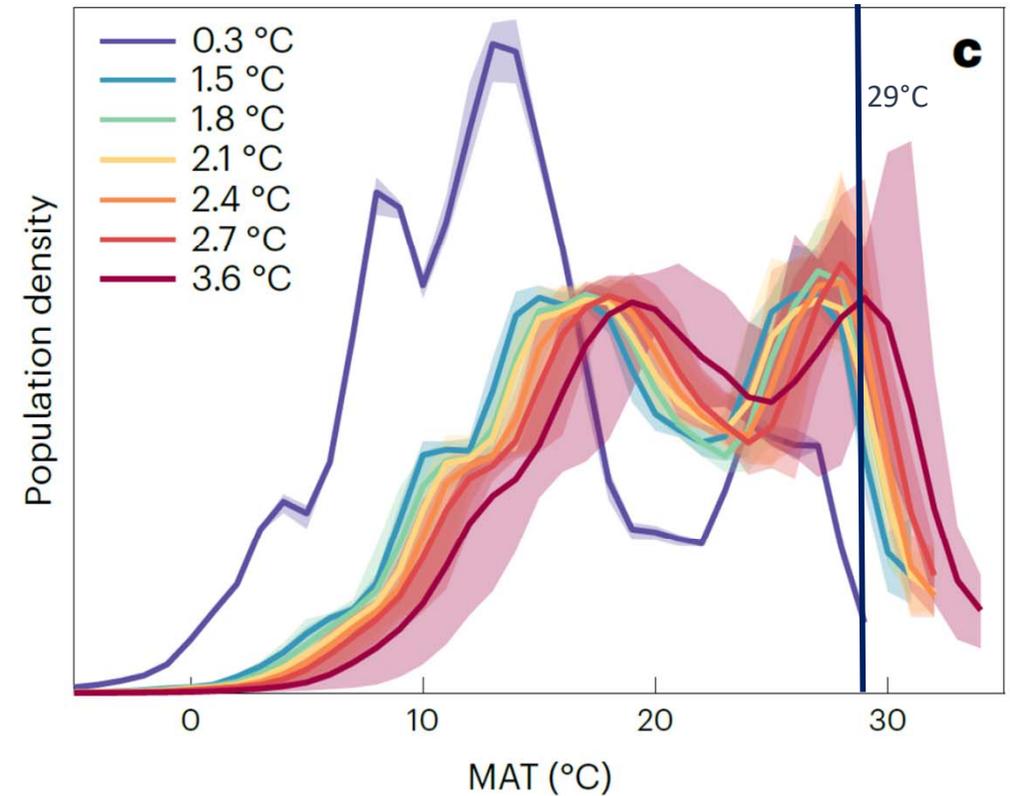
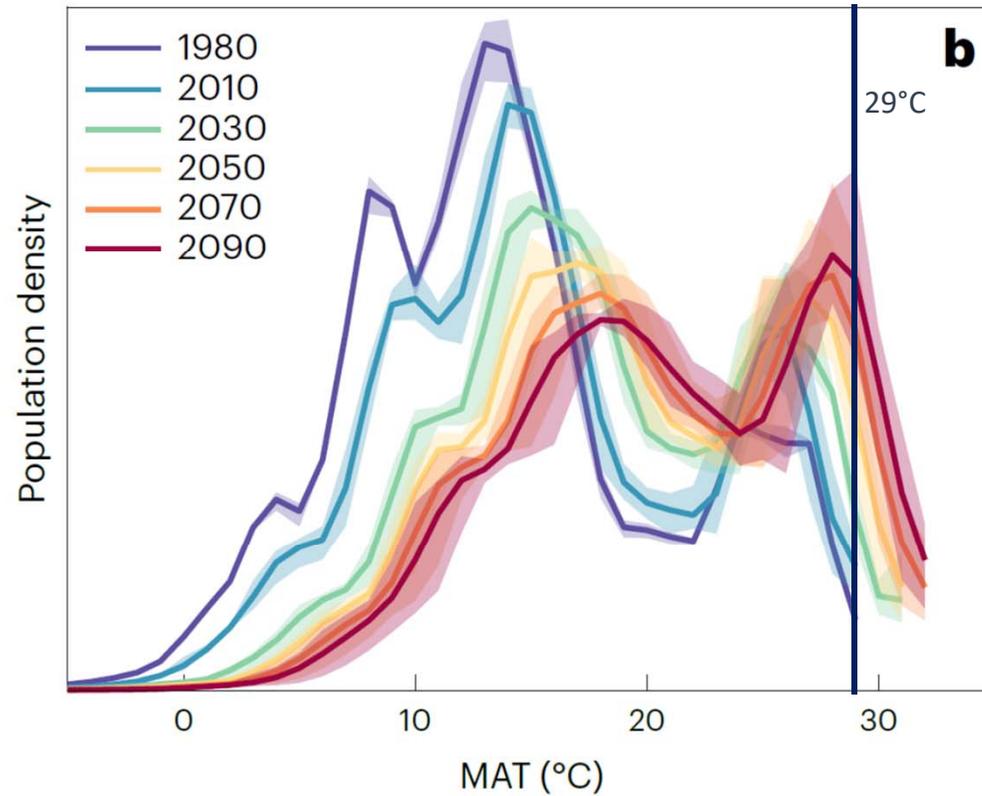
Die Bestandsaufnahme zeigt:

- die Bedrohungen durch den Klimawandel werden jedes Jahr konkreter erfahrbar
- Schäden und Leid werden mit jedem weiteren Zehntelgrad Erwärmung massiv zunehmen
- Der Klimawandel schreitet eher schneller voran als bisher im Mittel vorhergesagt
- Einige Auswirkungen werden erst jetzt deutlich

Was bringt die Zukunft?

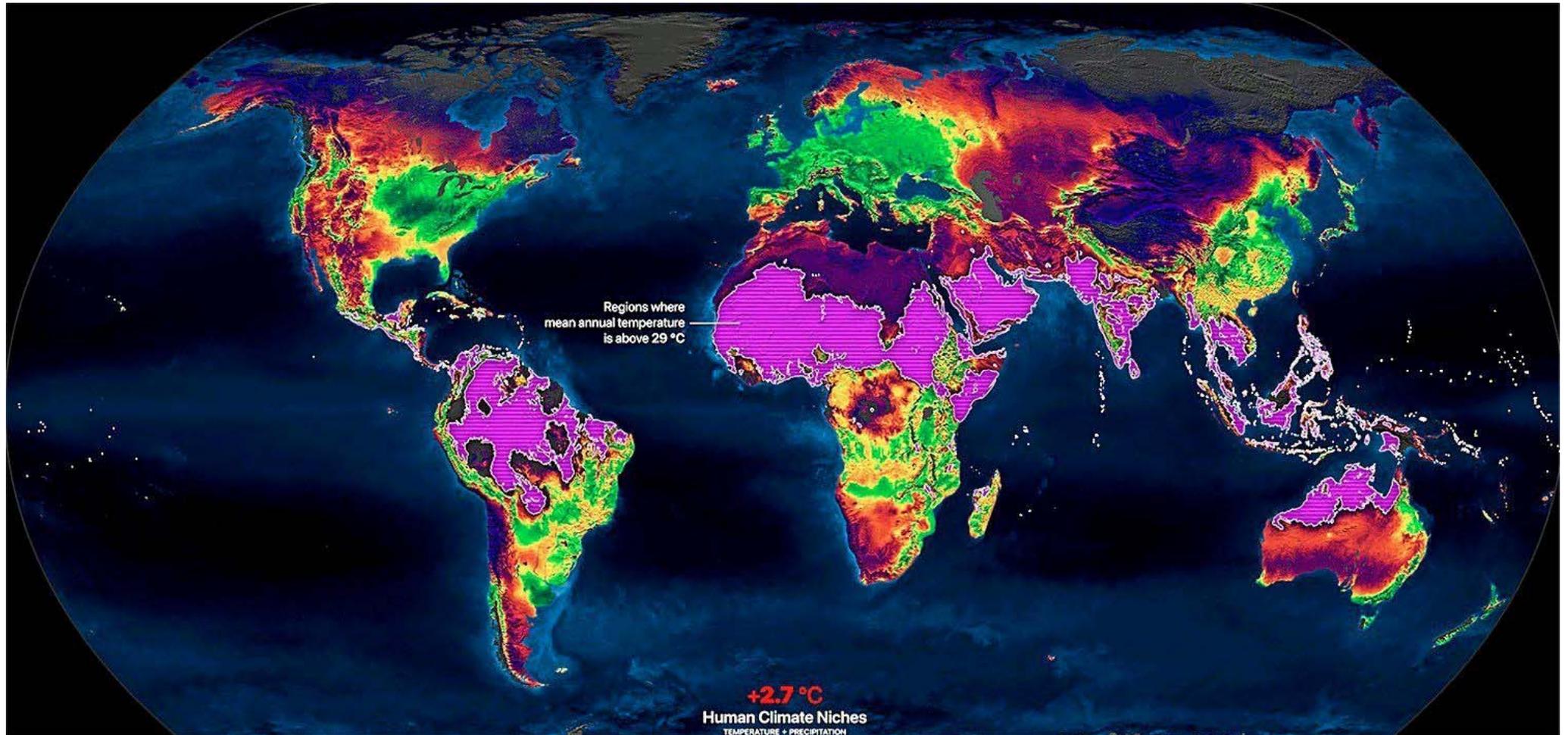


Die ökologische „Nische“ der Menschheit nach Mitteltemperaturen (MAT) der Lebensräume
Lenton et al., Nature Sustainability, 2023

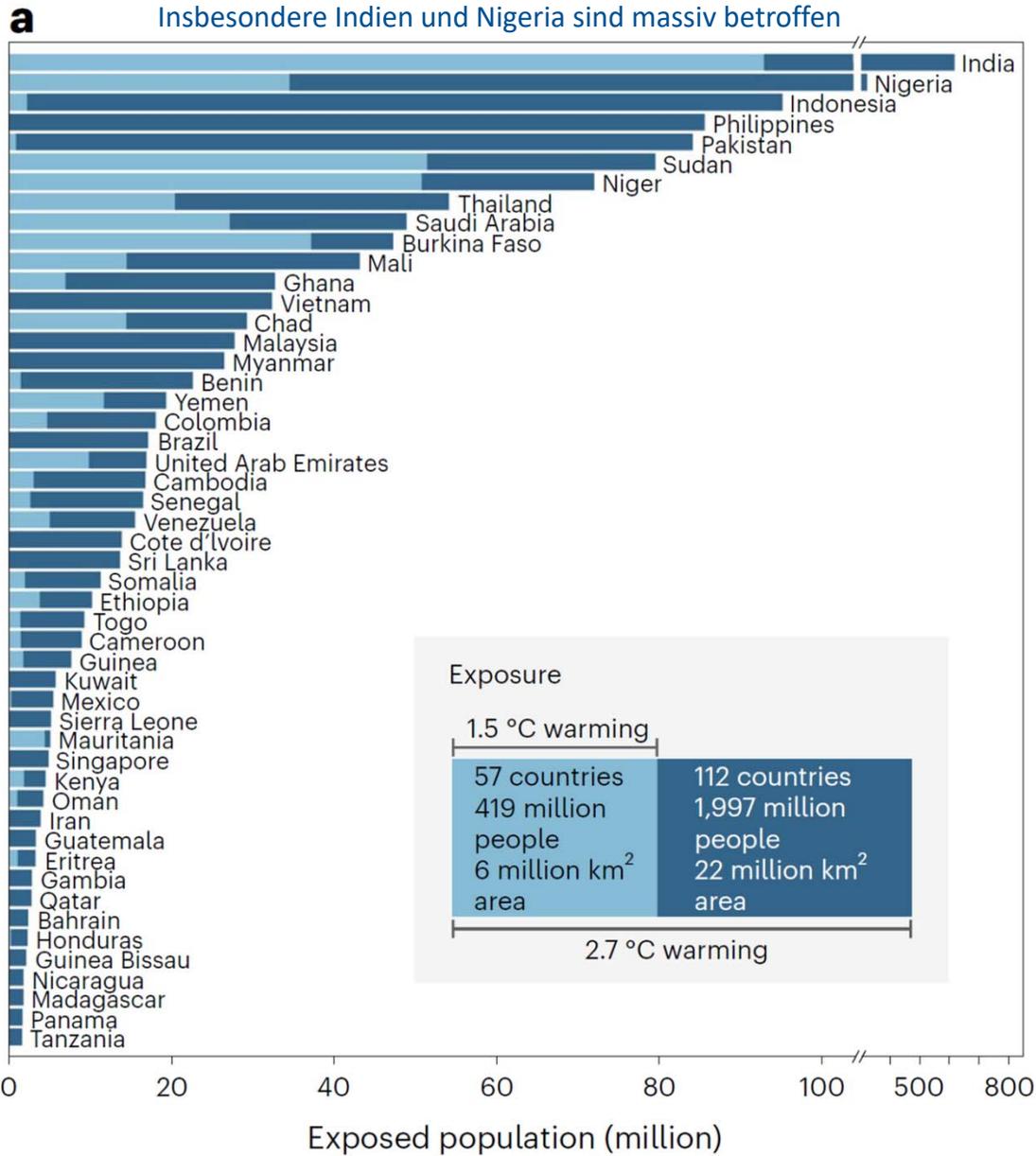


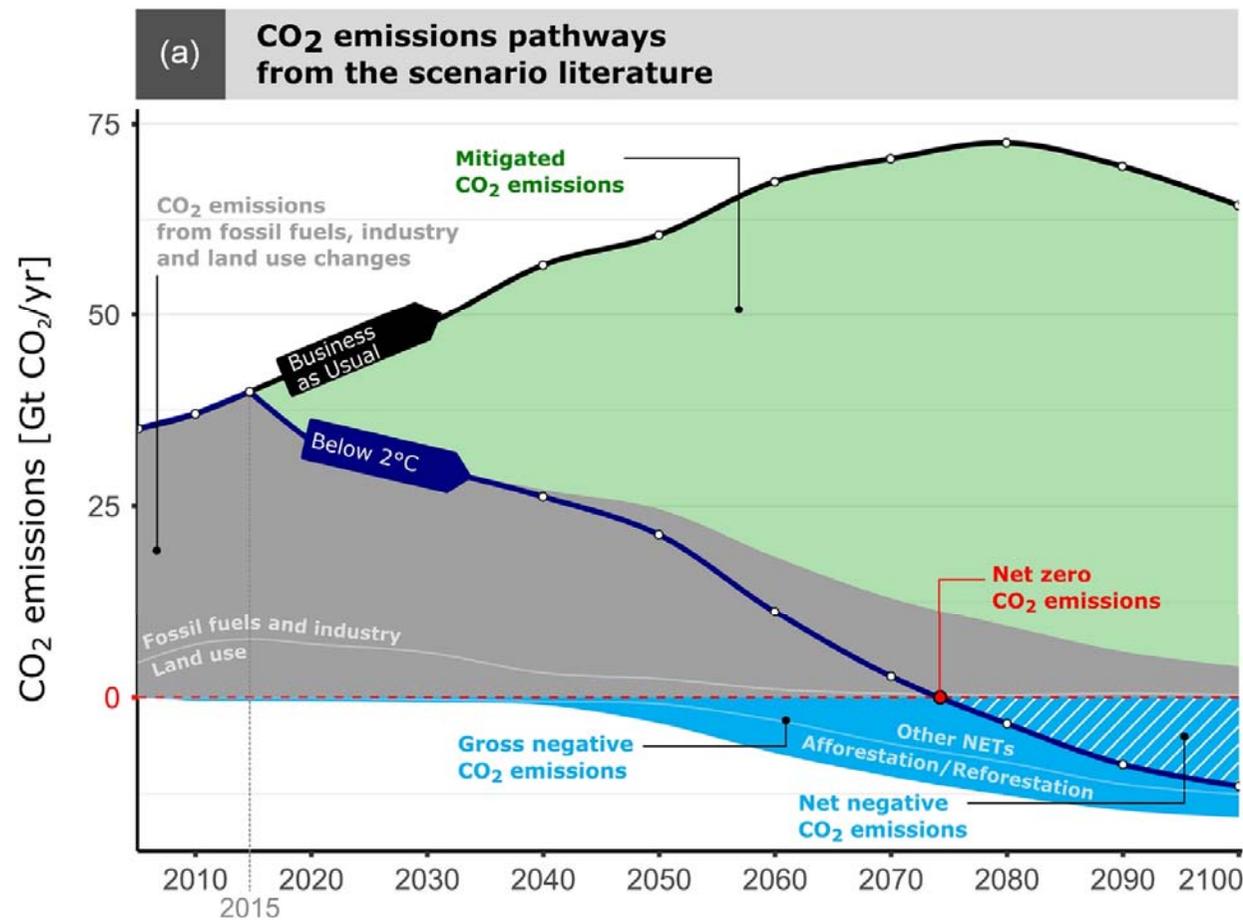
Millionen von Menschen werden mit zunehmender Erwärmung in dem bisher nicht zur Nische gehörenden Bereich >29°C leben müssen. Dies geht mit massiven negativen Auswirkungen einher (Sterblichkeit, Lebensmittelerträge, ...)

Neuer Ansatz von Lenton et al.: „ökologische Nische des Menschen“ bis maximal 29°C Durchschnittstemperatur
Bereiche in denen die Durchschnittstemperatur >29°C ist für 2,7°C mittlerer Erwärmung



Lenton et al., Nature Sustainability, 2023





Alle Klimamodelle setzen auf NET-Technologien...

NET: Negative Emissionen

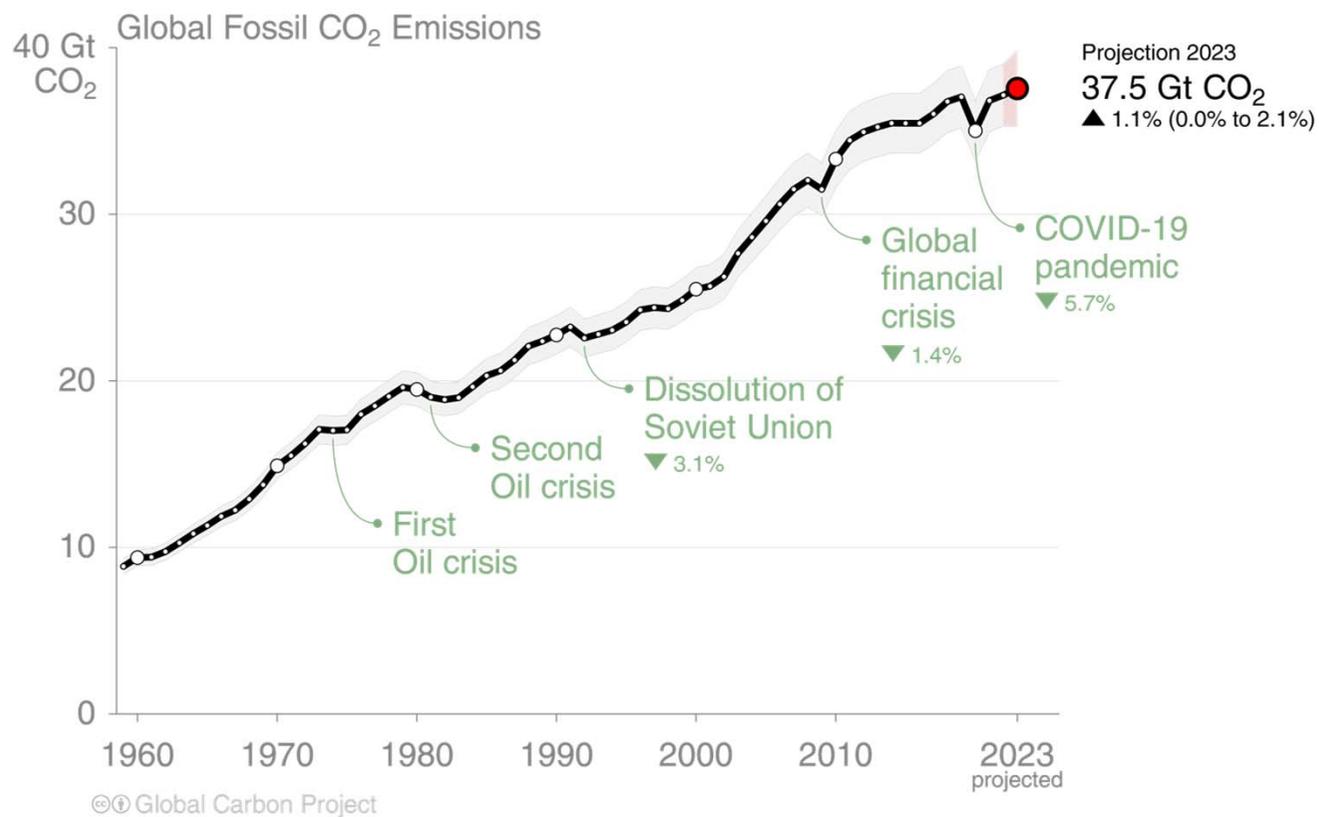
Um das 2°C-Ziel zu schaffen, müssen wir ab dem Jahr 2070 mehr CO₂ aus der Atmosphäre entziehen als wir durch verbleibende fossile Verbrennung emittieren! Dies wird ca. 100 EUR pro Tonne CO₂ kosten, d.h. 100 Mrd. EUR pro Gt CO₂ [S. Fuss et al., 2018]

Die Ursachen



Global fossil CO₂ emissions

Global fossil CO₂ emissions have risen steadily over the last decades.
Emissions are set to grow again in 2023.



When including cement carbonation, the 2023 estimate is 36.8 ± 2 GtCO₂.
The 2023 projection is based on preliminary data and modelling.
Source: [Friedlingstein et al 2023](#); [Global Carbon Project 2023](#)

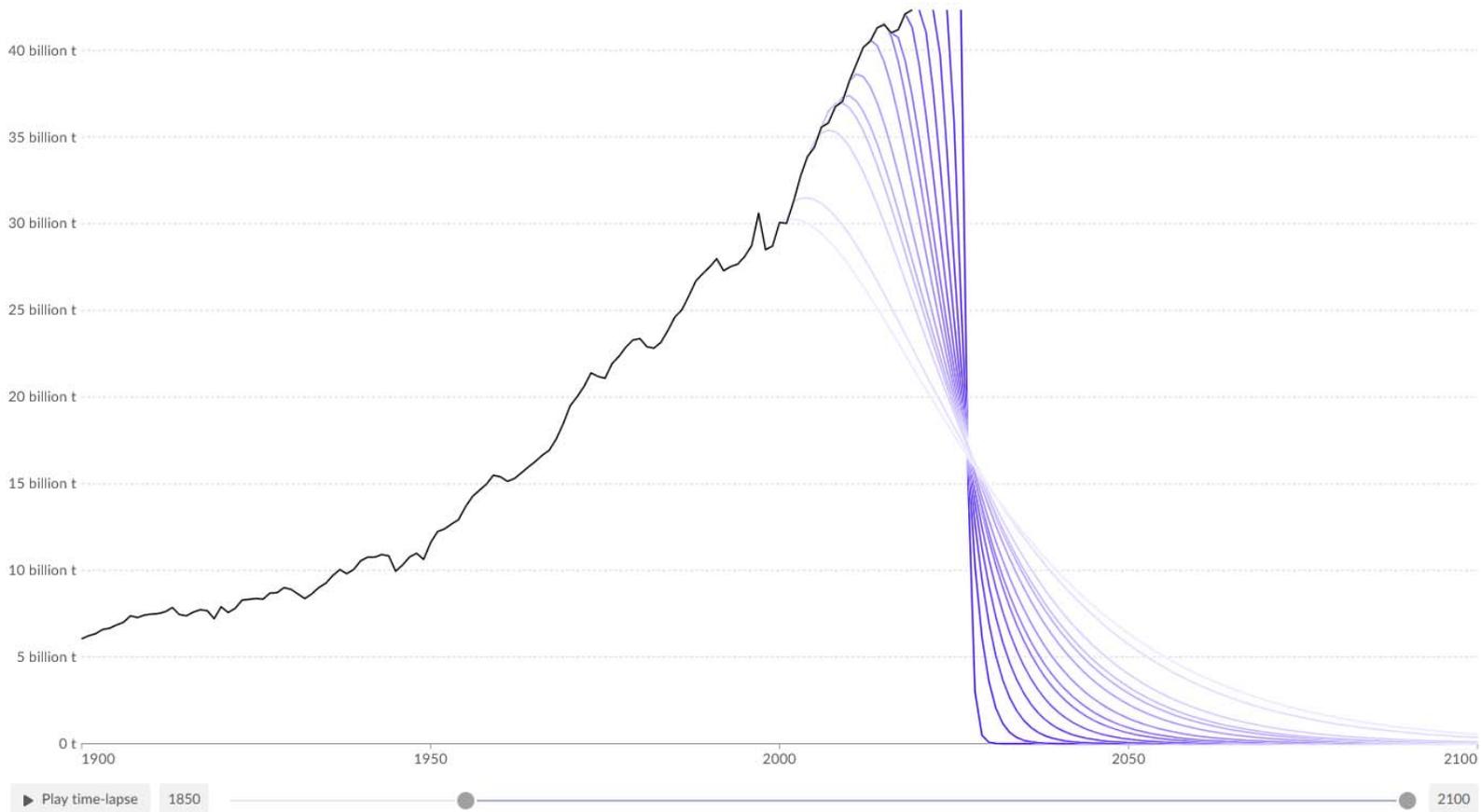
CO₂ reductions needed to keep global temperature rise below 1.5°C

Annual emissions of carbon dioxide under various mitigation scenarios to keep global average temperature rise below 1.5°C. Scenarios are based on the CO₂ reductions necessary if mitigation had started – with global emissions peaking and quickly reducing – in the given year.

Our World
in Data

Table Chart

Settings



Data source: Robbie Andrews (2019); Global Carbon Project (2018); IPCC SR15 (2018) - [Learn more about this data](#)

Note: Carbon budgets are based on a >66% chance of staying below 1.5°C from the IPCC's SR15 Report.

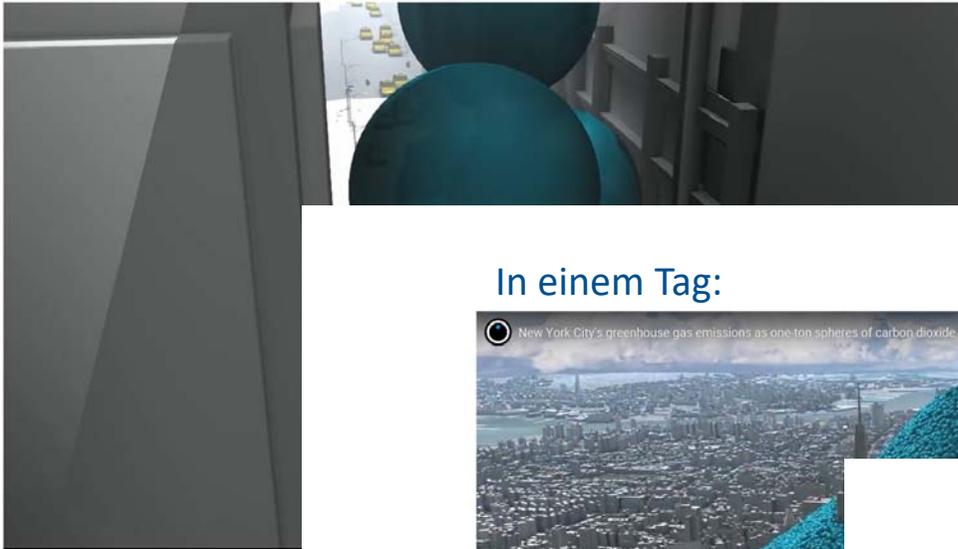
OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

Download

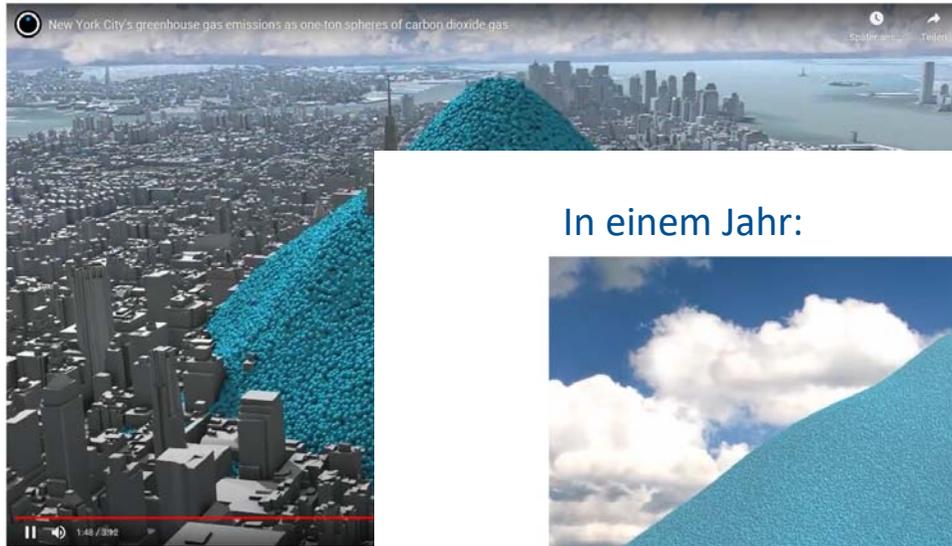
Share

Exit full-screen

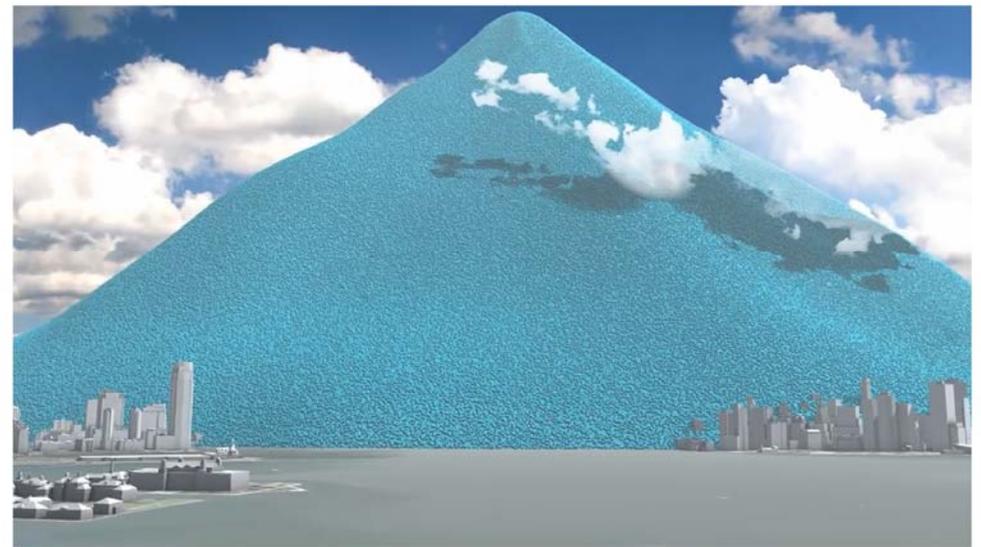
New York emittiert etwa 2 Tonnen CO2 pro Sekunde:



In einem Tag:



In einem Jahr:

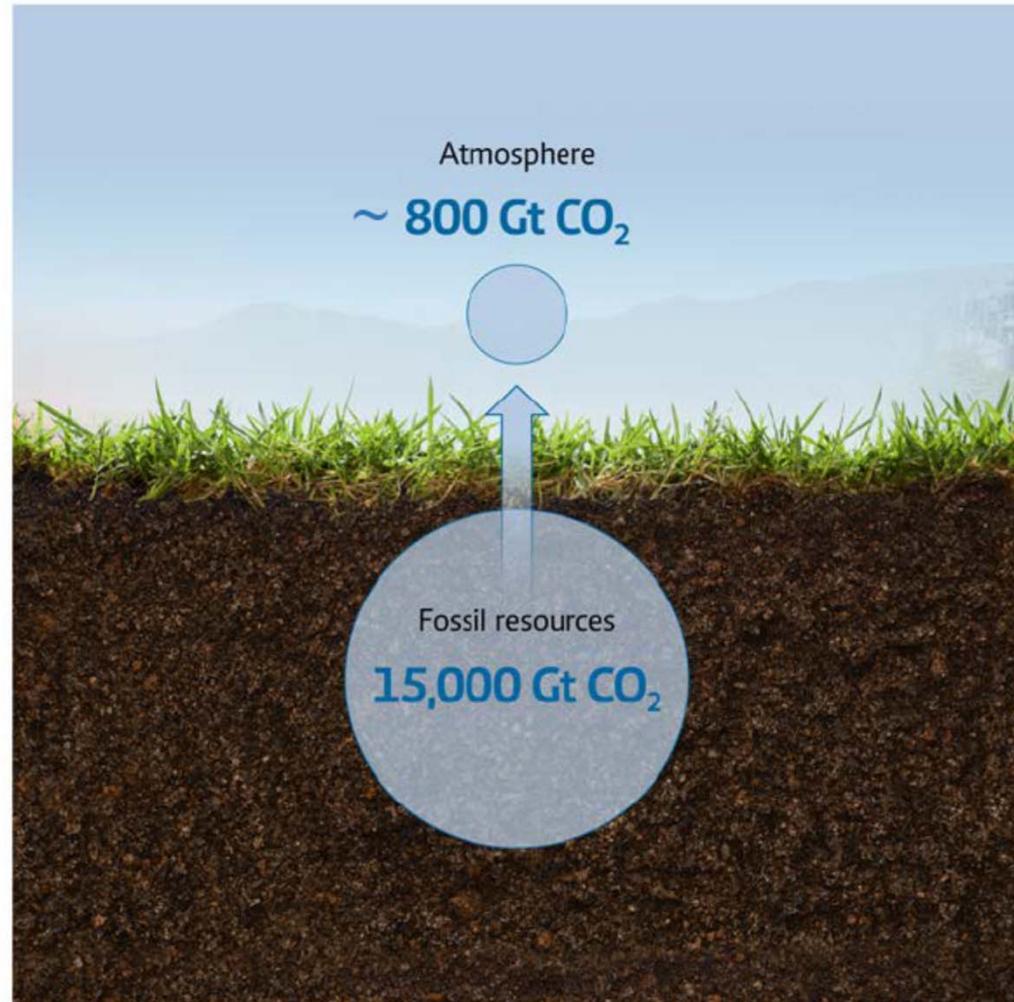


<https://www.youtube.com/watch?v=DtqSIplGXOA>

Verbleibendes CO₂ Budget

Der größte Teil der fossilen Ressourcen muss im Boden bleiben!

Aber:
Unternehmen, Aktionäre und ganze Staaten zählen auf die Einnahmen.



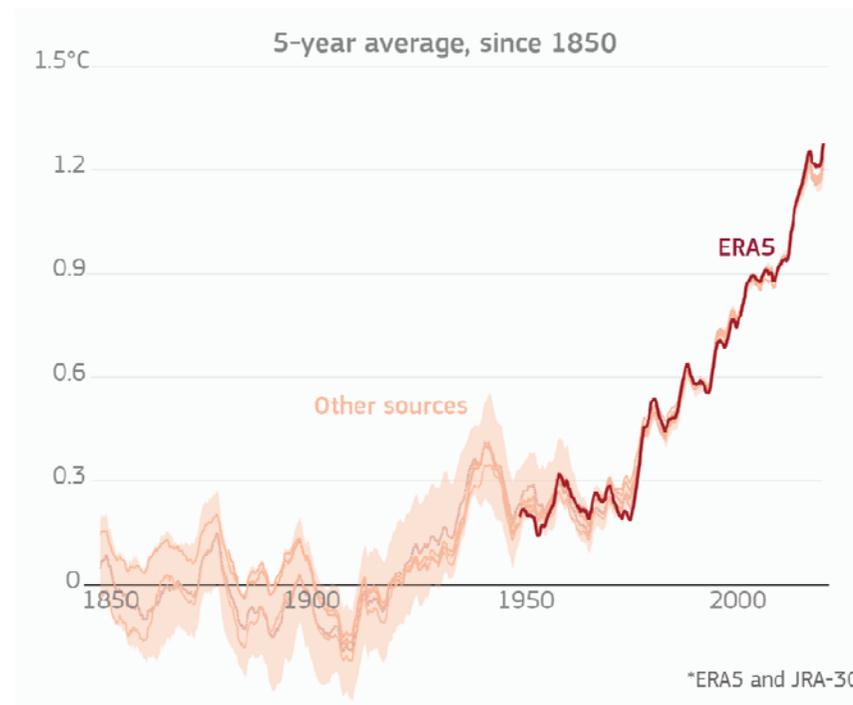
Wege aus der Klimakrise – entscheidende Weichenstellungen



Warum ist die Umsetzung von Klimaschutz/Ausstieg aus fossiler Energie so schwierig?

1. Wissenschaftlicher Konsens

➤ IPCC: hohe Risiken, drängendes Problem



Warum ist die Umsetzung von Klimaschutz/Ausstieg aus fossiler Energie so schwierig?

Technische Lösungen

- Erneuerbare Energien, Effizienz, Speicher, H₂, ...



Warum ist die Umsetzung von Klimaschutz/Ausstieg aus fossiler Energie so schwierig?

Technische Lösungen

- **Klimaresiliente Städte**
- **Umbau von Forst- und Landwirtschaft**
- **Küstenschutz**
- **Rettung von Ökosystemen und Erhaltung von Ökosystemleistungen**
- **Bsp. Luftverkehr: Wachsende Nachfrage, fehlendes Angebot von SAF**
- **Speicher-Technologien für CO₂**



Warum ist die Umsetzung von Klimaschutz/Ausstieg aus fossiler Energie so schwierig

1. Problem: Gesellschaftlicher Konsens und entschlossene Umsetzung

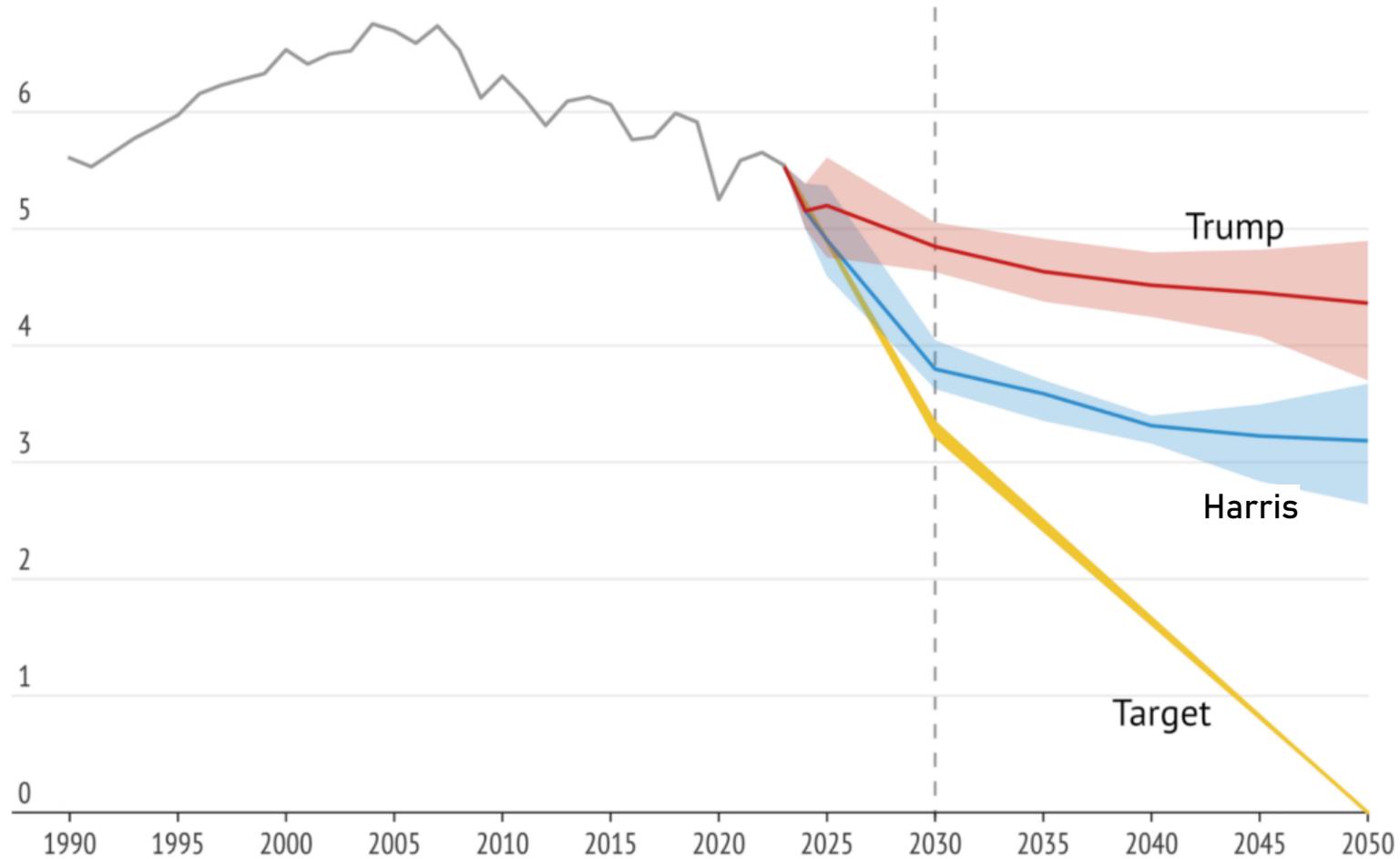
- Trägheit des Systems, Infrastruktur, Subventionen, Lobbyismus, Greenwashing
- Internationale Kooperation, globaler CO₂-Preis
- Systemfehler: Bsp. Frankfurter Flughafen: >14 Mio. Tonnen „internationale“ CO₂-Emissionen,
- Wirtschaftlichkeit heute
- Festhalten am Wohlstand auf Kosten der Umwelt
- Priorität auch für andere Ziele und Krisen
- Spaltung der Gesellschaft, mangelnde Kooperation im politischen System
- Kosten, Genehmigungen, Bürokratie, viele Ebenen...
- Bequemlichkeit, mangelnde Bereitschaft zur Änderung des Lebensstils
- Transformation braucht Zeit ...



Der Trump-Effekt für die Treibhausgasemissionen der USA: 4 Mrd. Tonnen CO2 zusätzlich bis 2030...

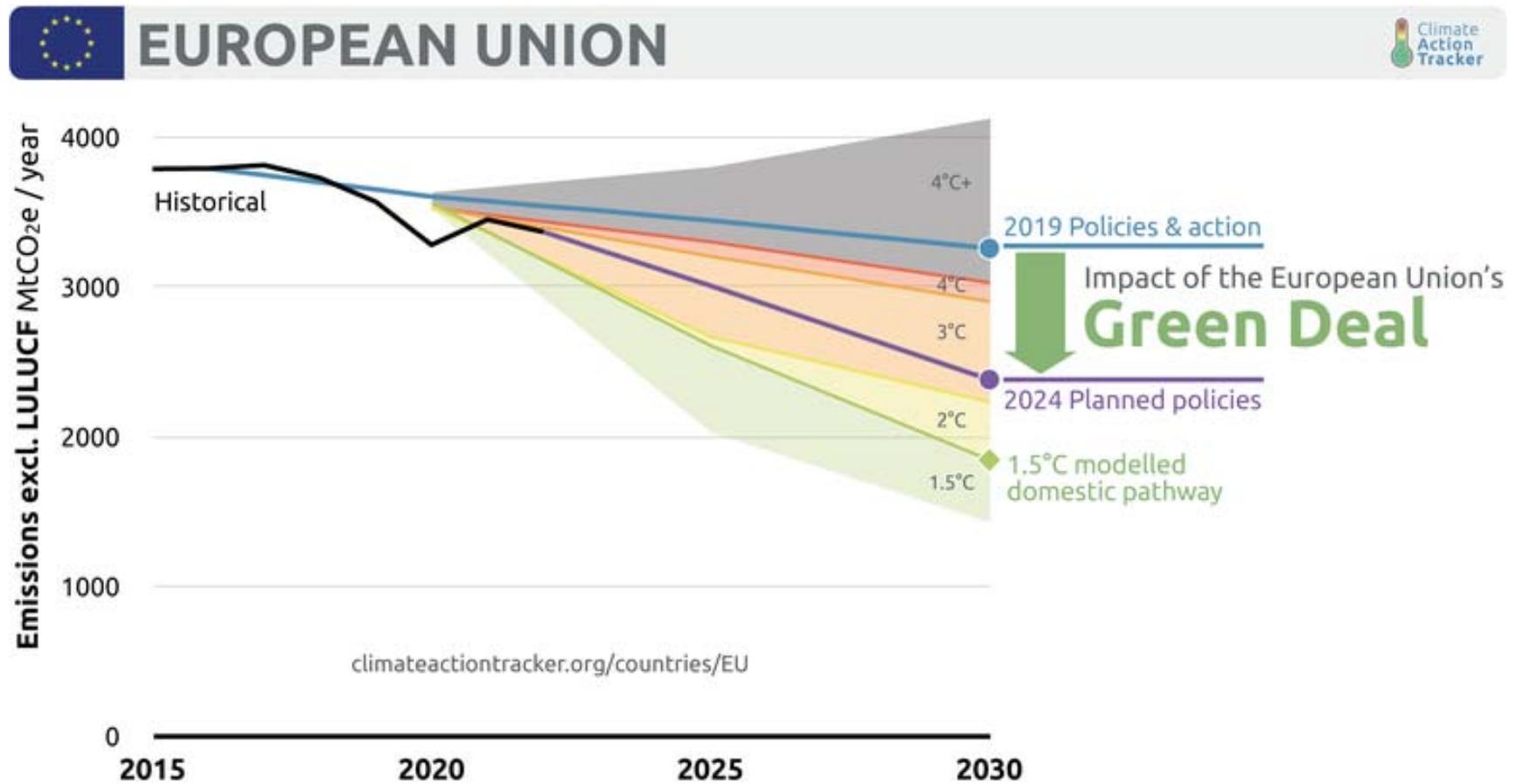
A Trump election win could add 4bn tonnes to US emissions by 2030

Greenhouse gas emissions, billion tonnes of CO2e



Source: Carbon Brief analysis of Bistline et al (2023) and Rhodium Group (2023)

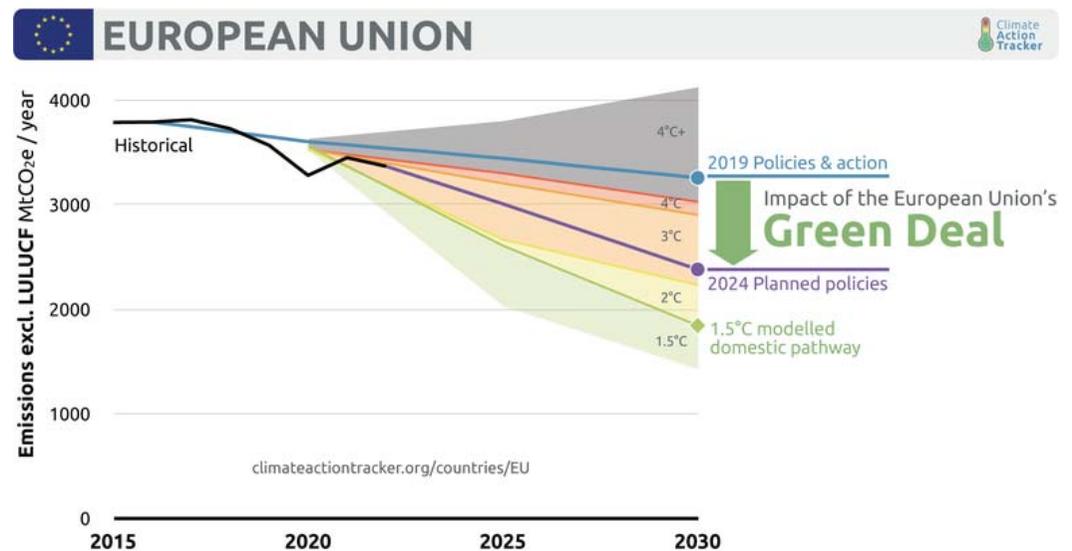
Was hat der Green Deal der EU gebracht?



Was hat der Green Deal der EU gebracht?

Die Politik darf nach der Europawahl den Green Deal nicht zurückdrehen!

- Verbrenner-Aus 2035
- Ausweitung Emissionshandel auf Gebäude und Verkehr
- Ziele für 2040 (-90% CO₂-Emissionen)
- Naturschutzgesetz (Landwirtschaft, Aufforstung, Wiedervernässung)



Die Kosten des Klimawandels

1. Umstieg von fossiler Energie auf erneuerbare Energien
 - Wind & Sonne, Speicher, Netze, Wärmepumpen, ...
(für Deutschland: ~100 Mrd. €/a bis 2045)
2. Anpassung an den Klimawandel
 - Klima-resiliente Städte
 - Umbau von Forst- und Landwirtschaft
 - Küstenschutz
 - Rettung von Ökosystemen und Ökosystemleistungen
(UN-Report 2023: es fehlen 194-366 Mrd. \$/a für Anpassung)
3. Ausgleichszahlungen an den globalen Süden, Green Climate Fund
 - Um- und Ausbau der Energiesysteme in Entwicklungsländern
 - Klimaschutz und -anpassung in Entwicklungsländern
 - Klimagerechtigkeit
(>100 Mrd. \$/a)
4. Entfernen von CO₂ aus der Atmosphäre
 - CCS-Technologien, Aufforstung, ...
(~1000 Mrd. \$/a für 10 Gt CO₂/a)

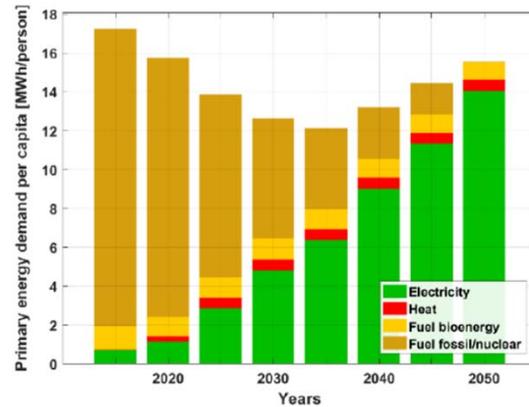


Jeder Euro für fossile Energie heute erzeugt ein Vielfaches an Kosten in der Zukunft!

...2040 leben wir *alle* so: „livable cities 2050...“



...Nullenergiehäuser...



...100 % Erneuerbare Energien...
...null fossile Energie



...nachhaltige Landwirtschaft...

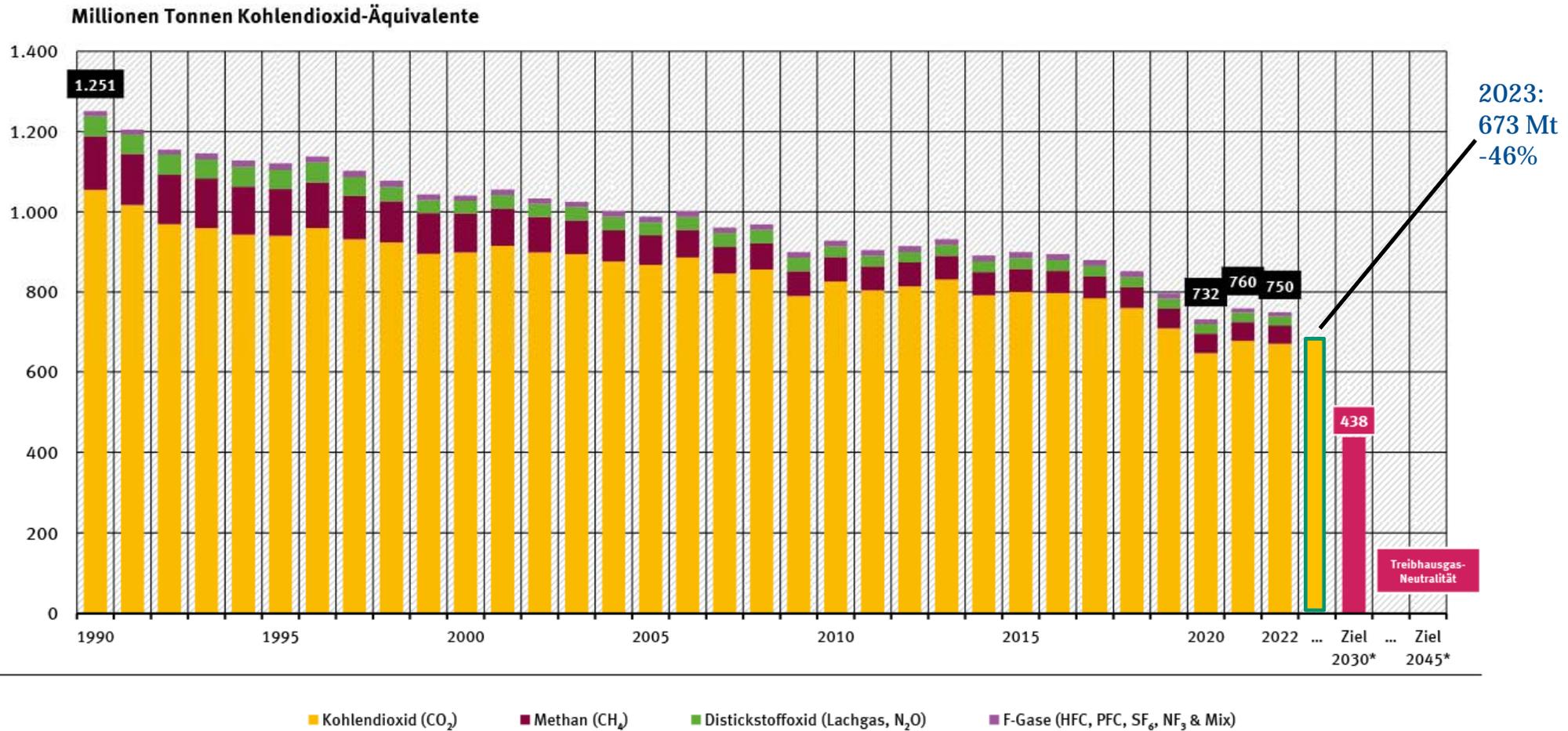


Nachhaltige Mobilität...
...inkl. Batterieherstellung, Entsorgung
und Strommix



...nachhaltige Produktion und Vertrieb...

Treibhausgas-Emissionen seit 1990 nach Gasen



Emissionen ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
 * angepasste Ziele 2030 und 2045: entsprechend der Novelle des Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) vom 12.05.2021

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Treibhausgas-Inventare
 1990 bis 2022 (Stand 01/2024)

Der Strommix in Deutschland im Jahr 2023

Insgesamt wurden rund 515 Milliarden Kilowattstunden Strom erzeugt, woran die Erneuerbaren Energien einen Anteil von 52 Prozent hatten.

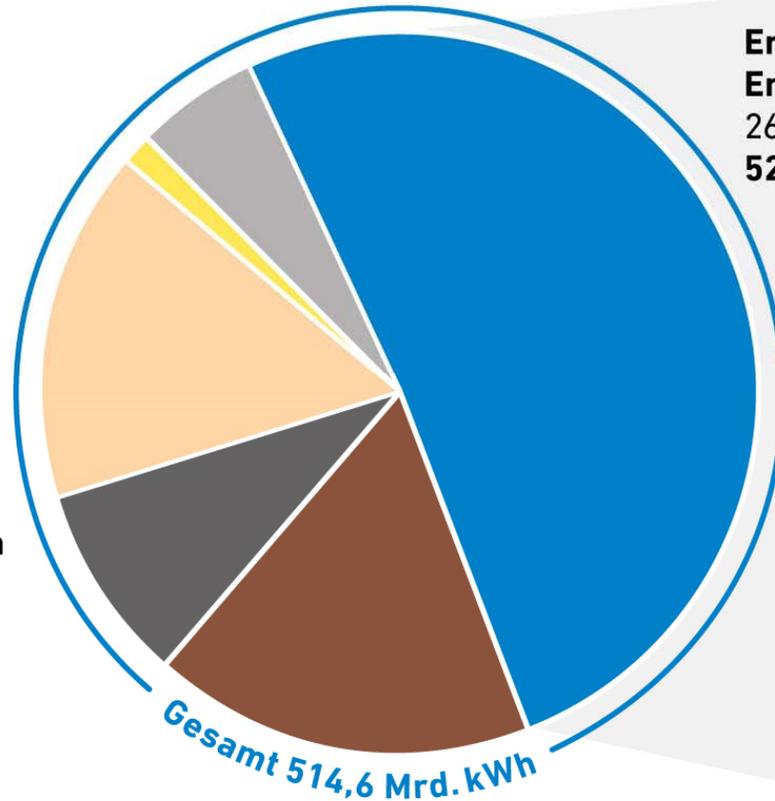
Sonstige
28 Mrd. kWh
5,4 %

Kernenergie
7,2 Mrd. kWh
1,2 %

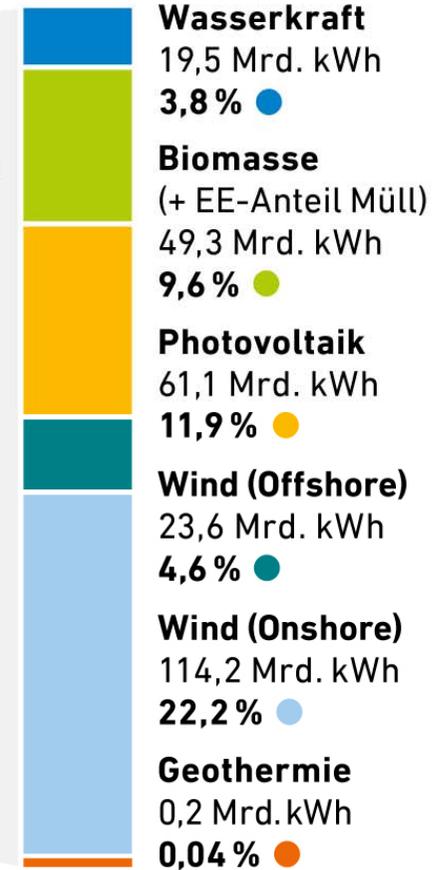
Erdgas
80 Mrd. kWh
15,5 %

Steinkohle
44,1 Mrd. kWh
8,6 %

Braunkohle
87,5 Mrd. kWh
17 %



Erneuerbare Energien
267,8 Mrd. kWh
52 %



Quelle: AG Energiebilanzen; Stand: 12/2023

© 2024 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

...die Belohnung:

