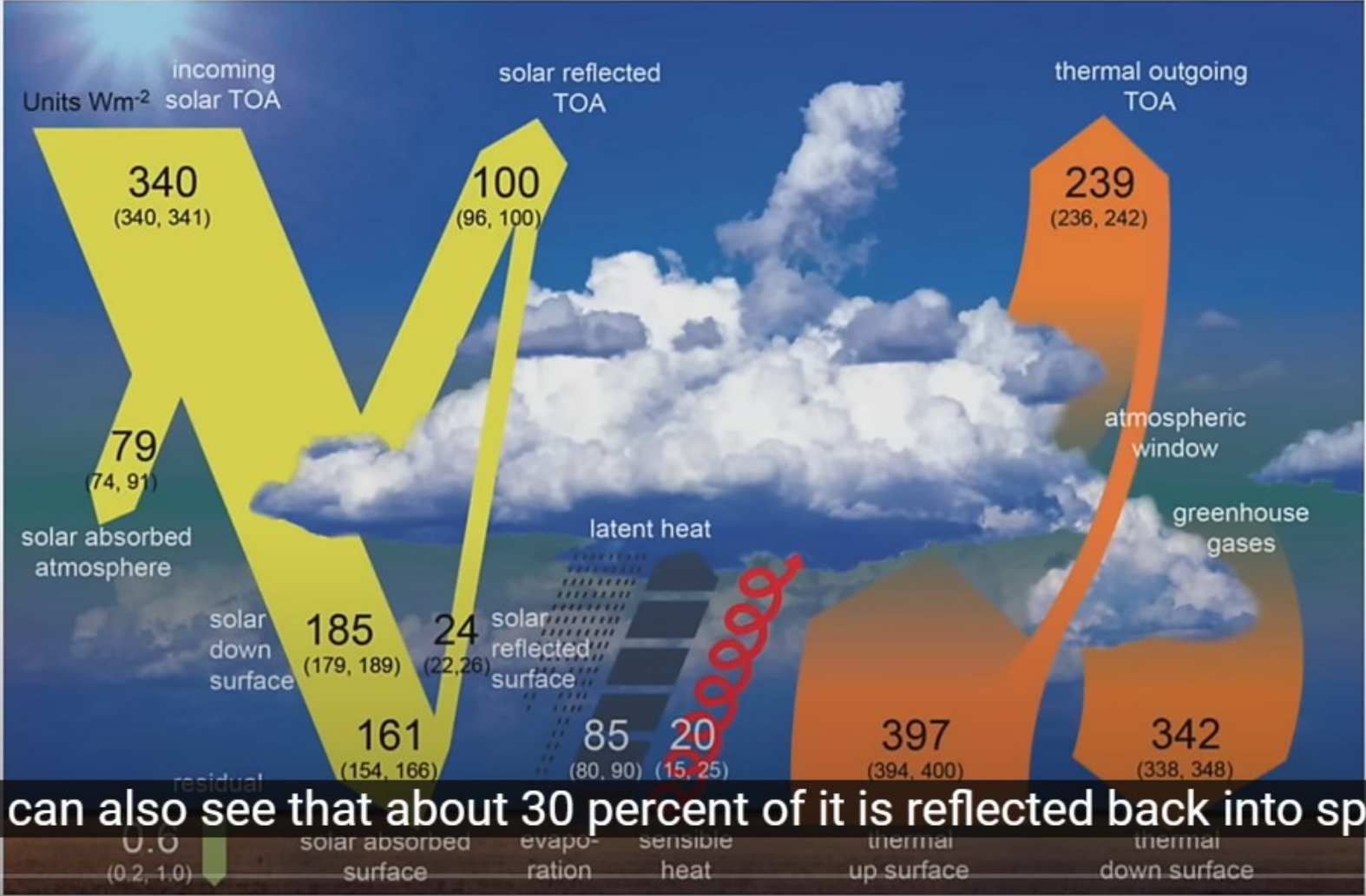


Die Energiebilanz der Erdatmosphäre



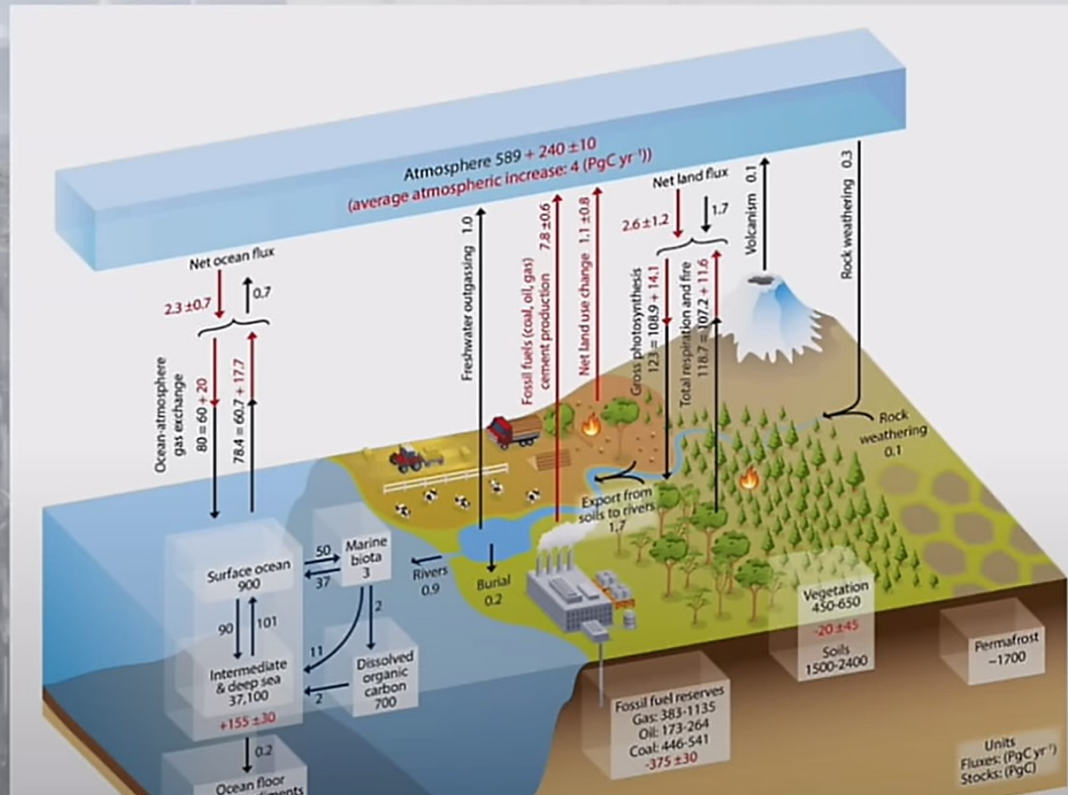
You can also see that about 30 percent of it is reflected back into space,

Globale CO₂-Emissionen 2021

- Globale Emissionen aus Verbrennung fossiler Energieträger/
Zementproduktion: **9,9 GtC/yr** (9,9 Milliarden Tonnen Kohlenstoff
pro Jahr)
- Zu erwartender Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre:
4,6 ppm/yr (4,6 Teilchen CO₂ pro 1 Million Luftteilchen und pro Jahr)
- Gemessener Anstieg: **2,5 ppm/yr**
- Rest wird von Pflanzen und Ozeanen aufgenommen
(Ozeanversauerung)

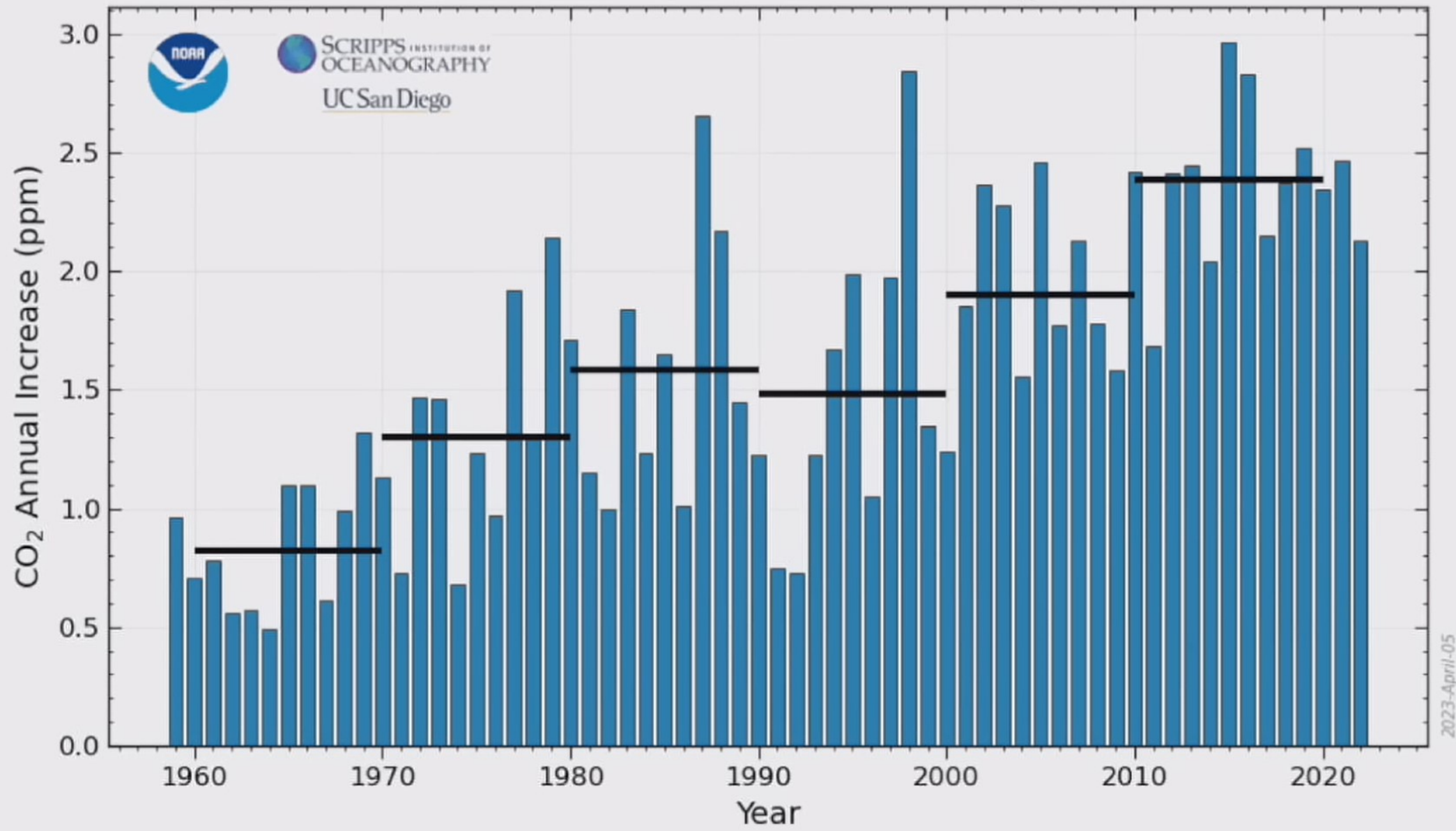
Not everything we emit into the atmosphere stays there.

Landvegetation und Ozeane nehmen derzeit jeweils etwa ein Viertel unserer CO₂-Emissionen auf – das muss aber nicht so bleiben!

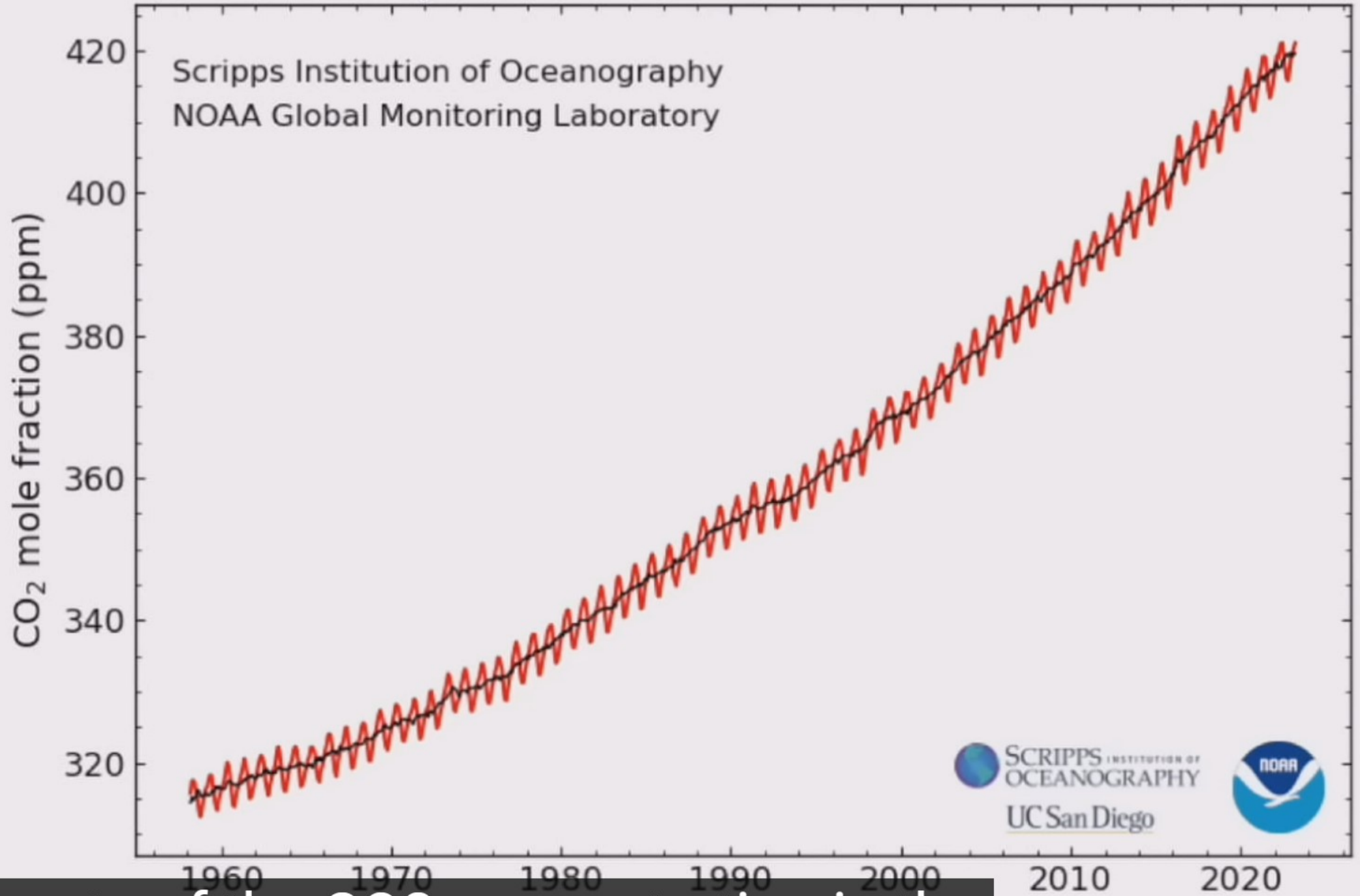


But that doesn't have to stay that way.

Annual Global Increase of CO₂



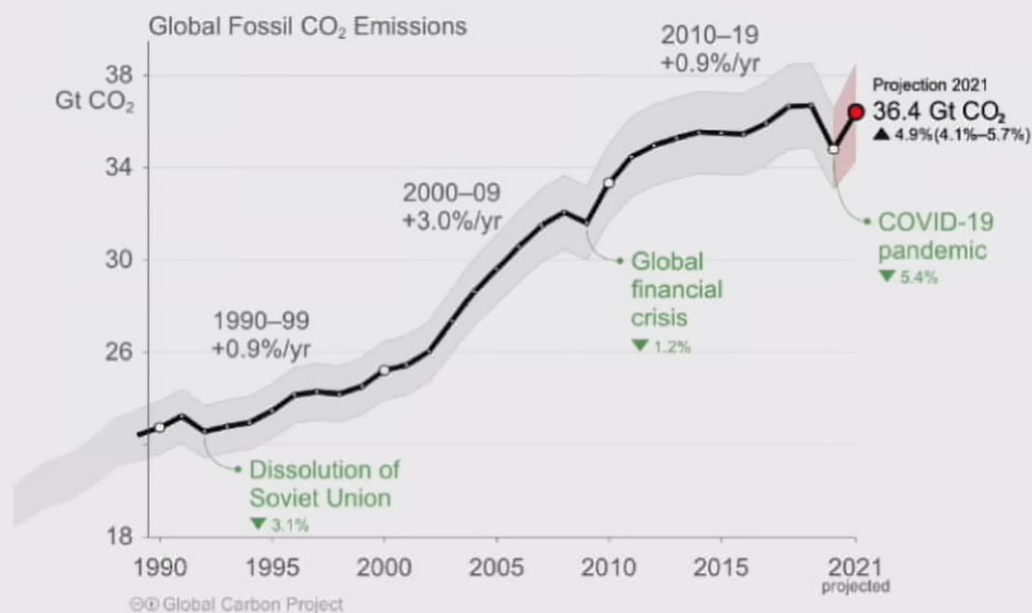
Atmospheric CO₂ at Mauna Loa Observatory



Global Carbon Budget 2021

CO₂ emissions rebound towards pre-COVID levels

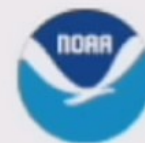
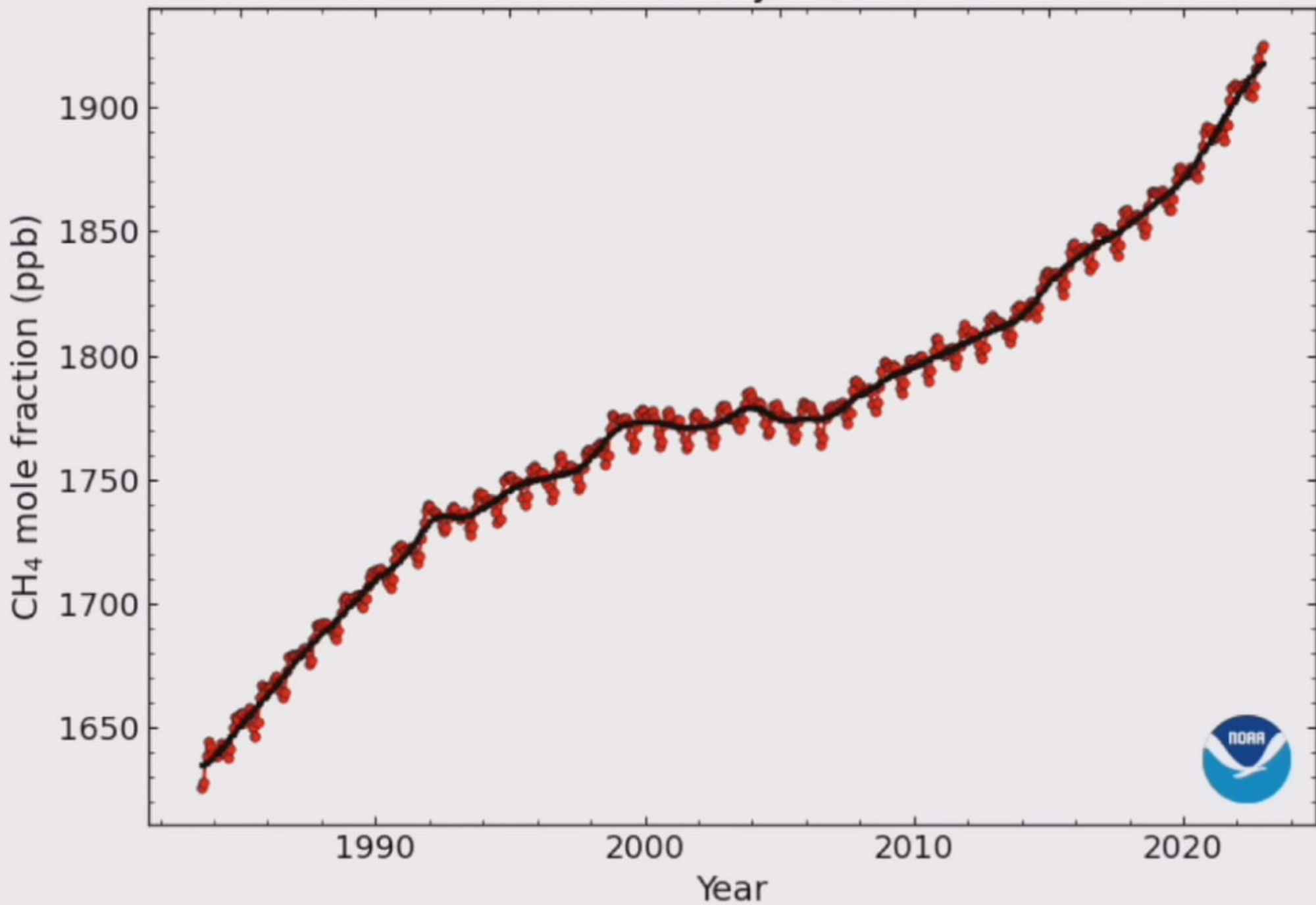
Global fossil CO₂ emissions in 2021 are set to **rebound 4.9%** after a **record 5.4% drop** in 2020. This follows a decade of strong and growing energy decarbonisation which reduced the growth of emissions.



CO₂ emissions cuts of 1.4 billion tonnes are needed each year on average to reach net zero by 2050

But we were back on the emissions level relatively quickly before the pandemic.

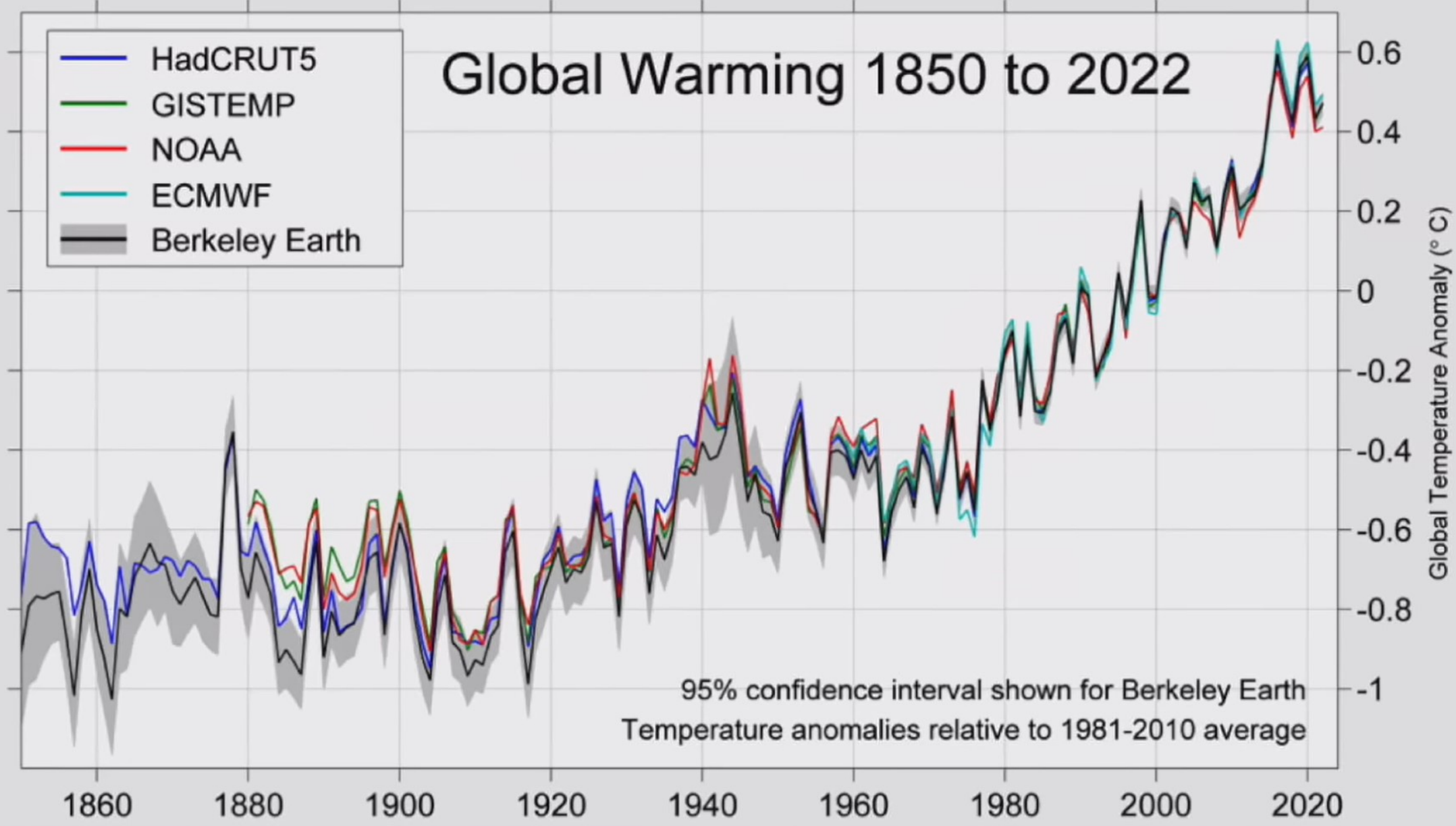
Global Monthly Mean CH₄



2023-April-05

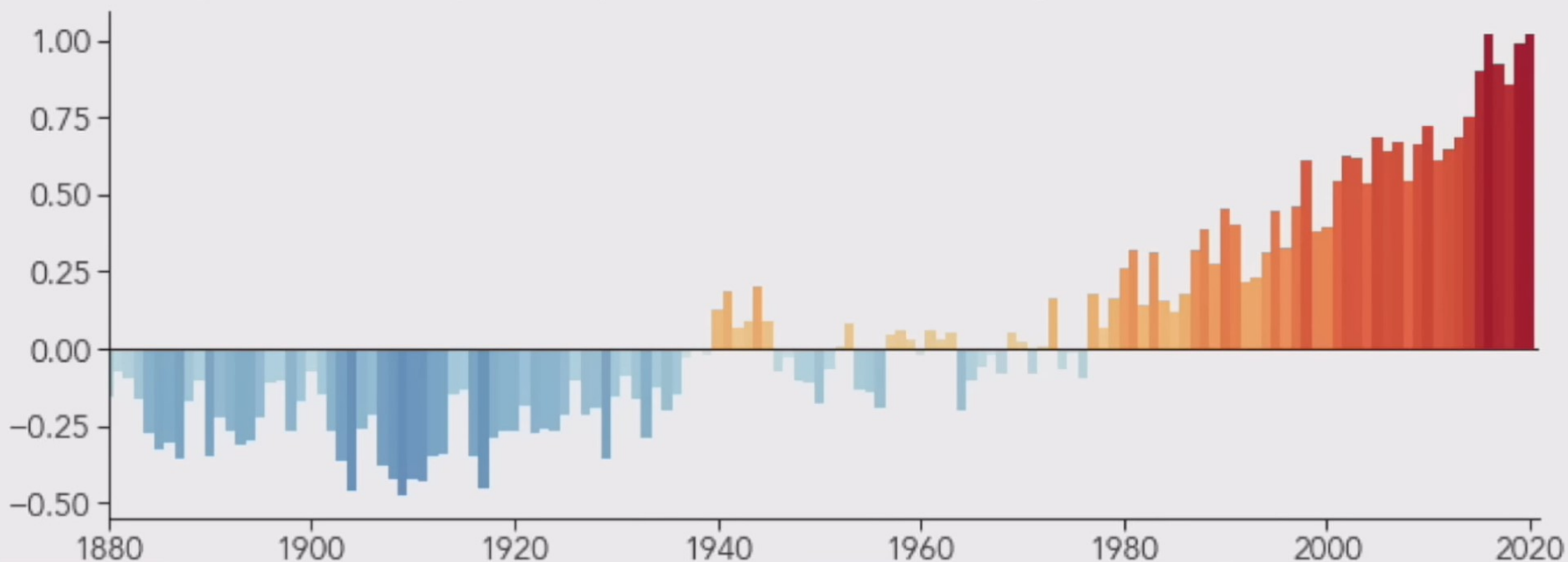
Global Warming 1850 to 2022

- HadCRUT5
- GISTEMP
- NOAA
- ECMWF
- Berkeley Earth

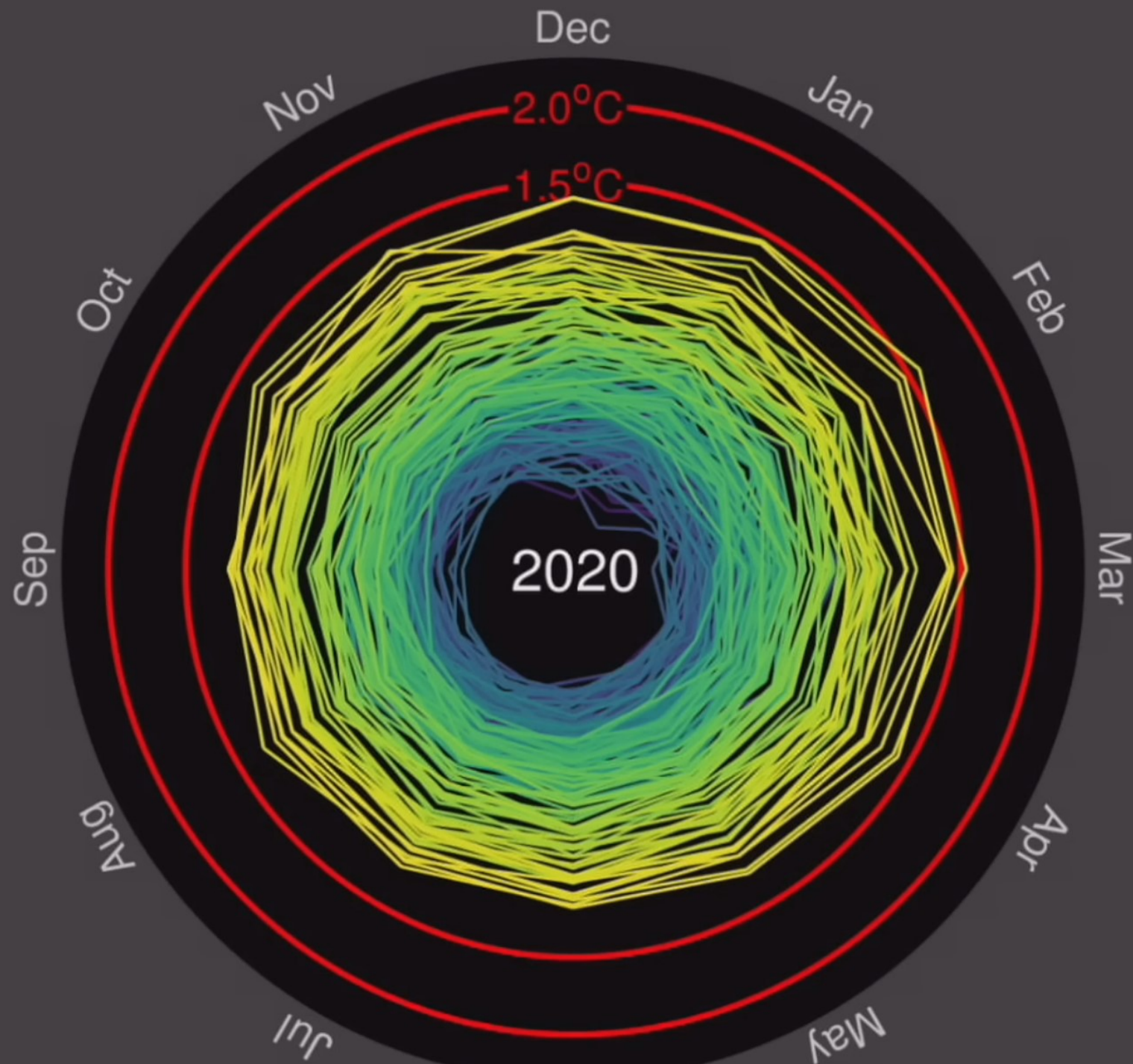


2020 in Statistical Tie for Warmest Year on Record

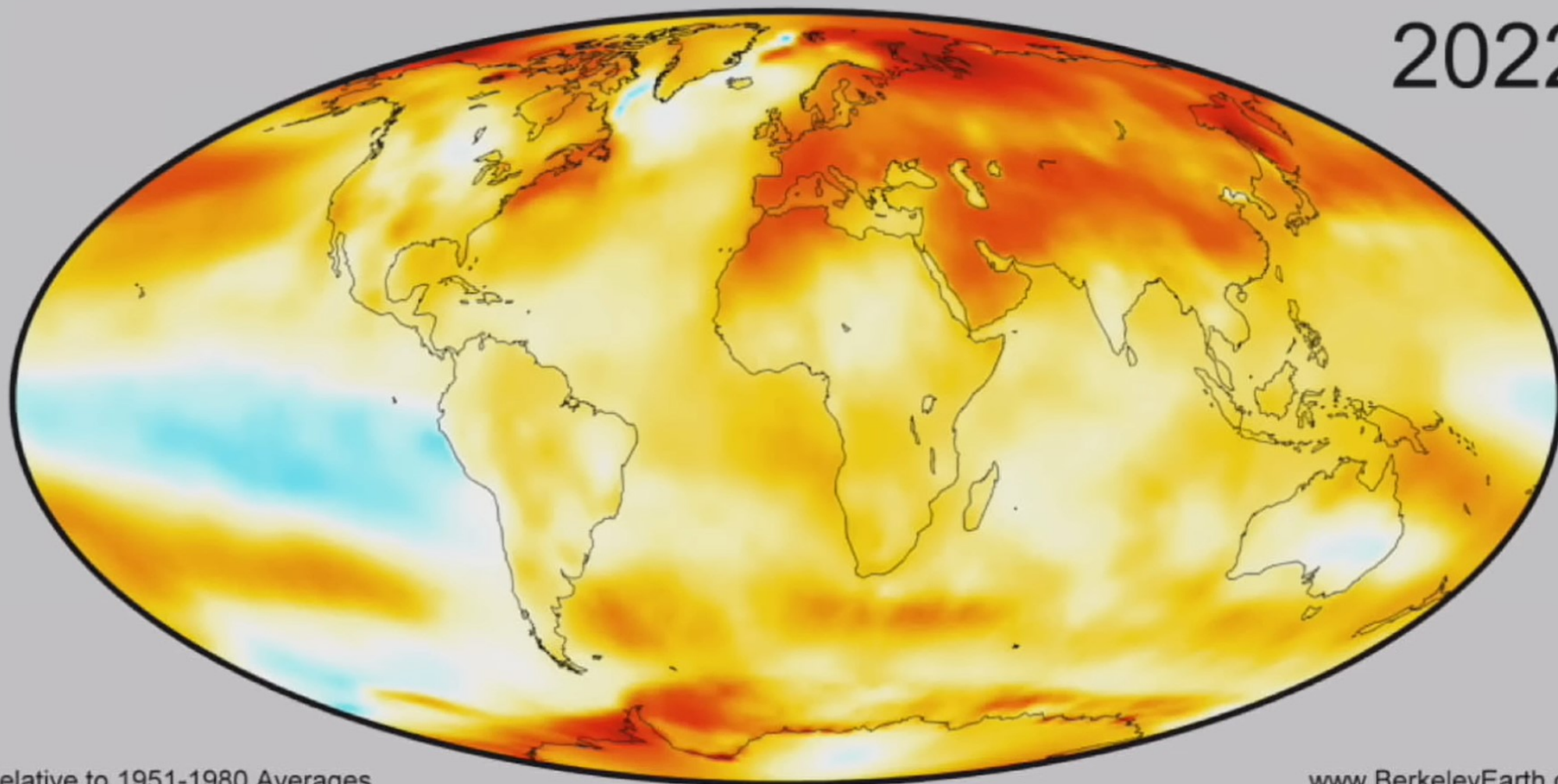
Global Temperature Anomaly (°C compared to the 1951-1980 average)



Global temperature change (1850-2020)



2022



Relative to 1951-1980 Averages

www.BerkeleyEarth.org

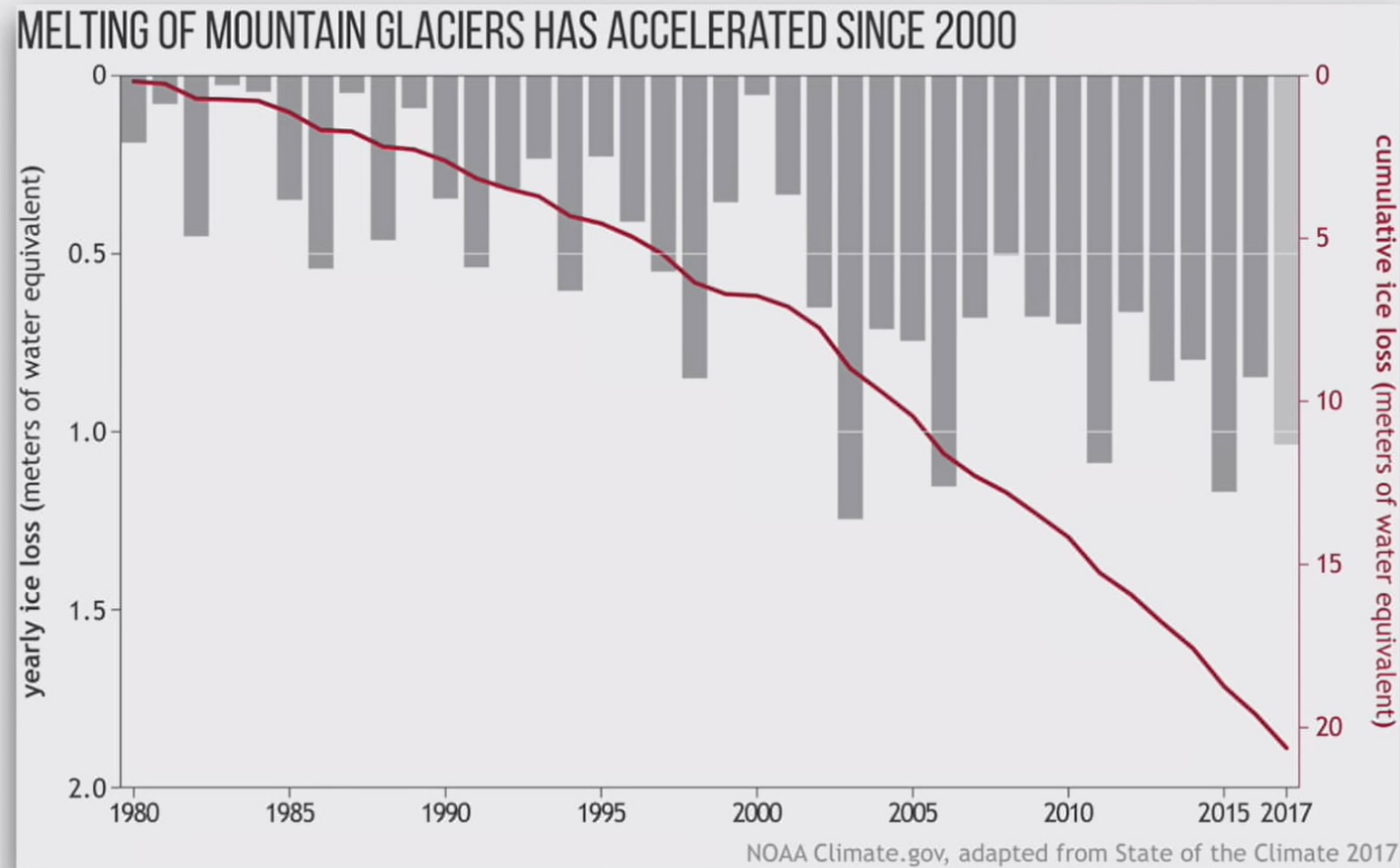


Temperature
Anomaly ($^{\circ}$ C)

Gletscherschmelze

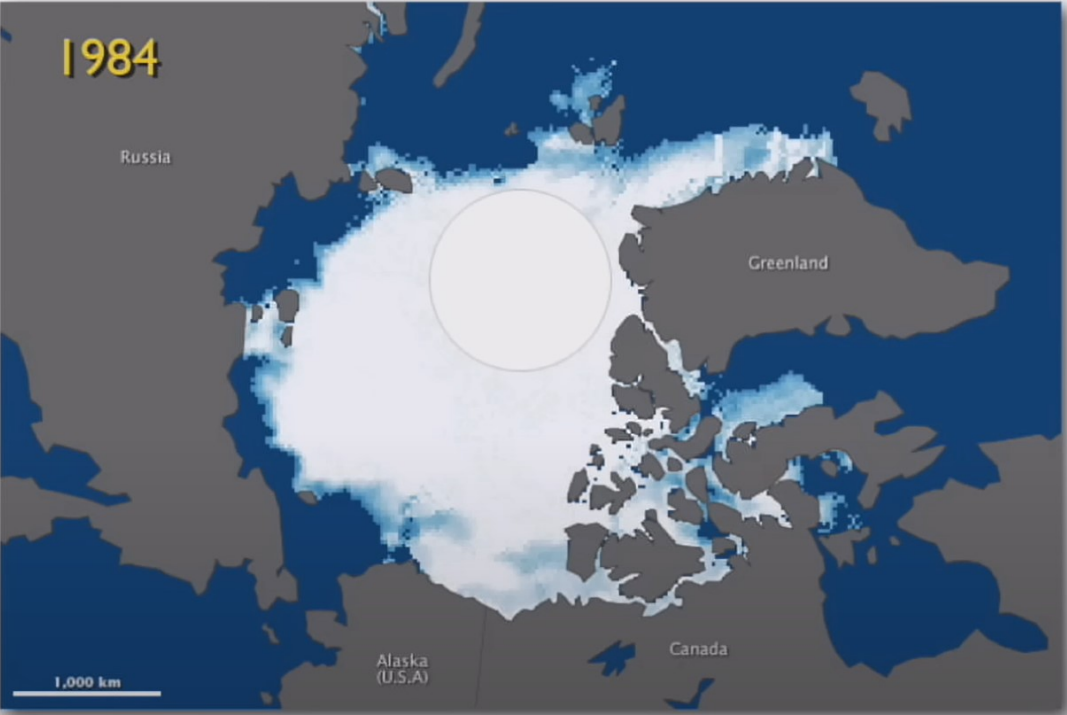


BAdW

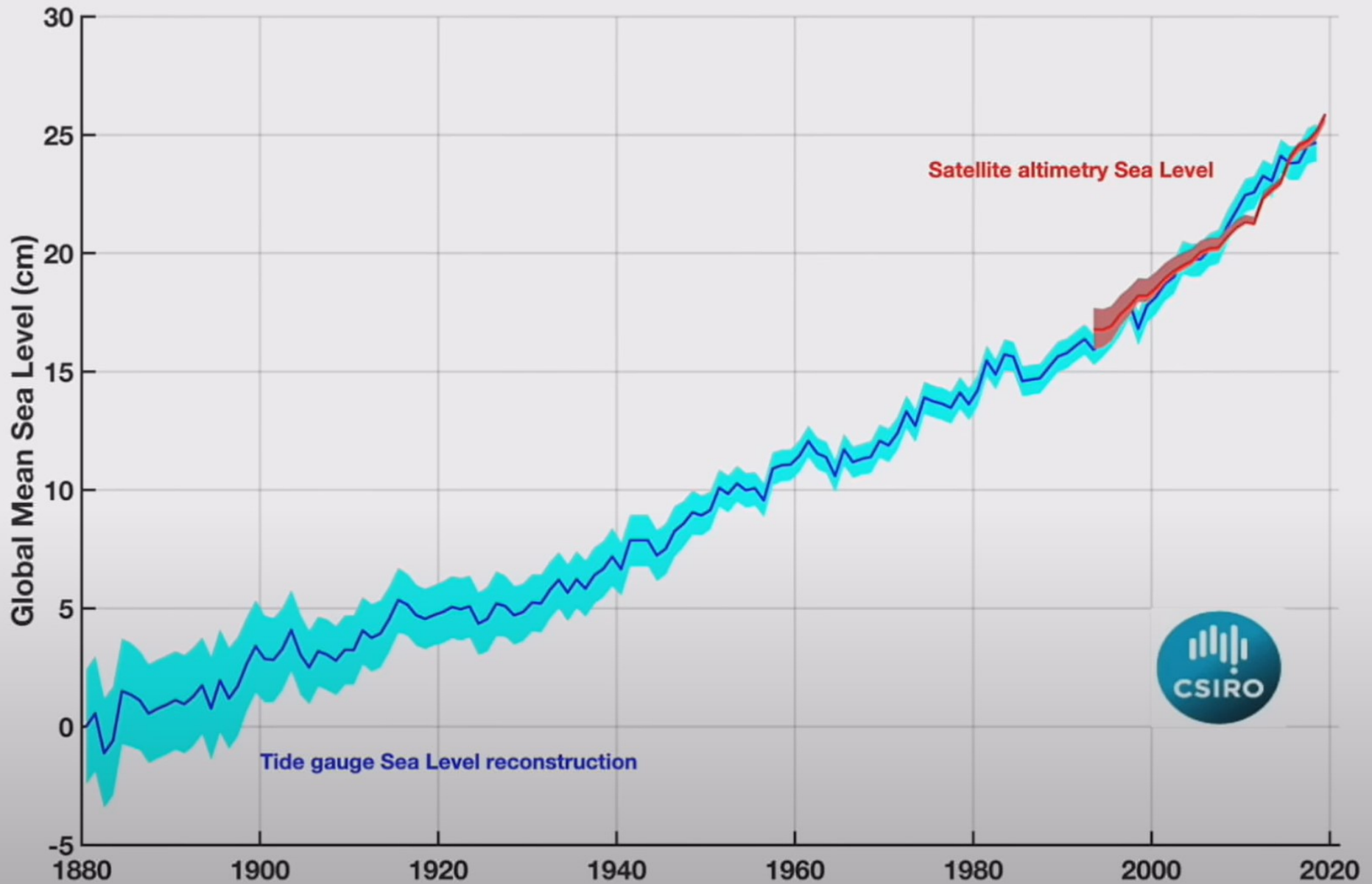


Gletscher weltweit schmelzen ab, besonders stark in den letzten drei Jahrzehnten

Rückgang des arktischen Meereises



Meeresspiegelanstieg

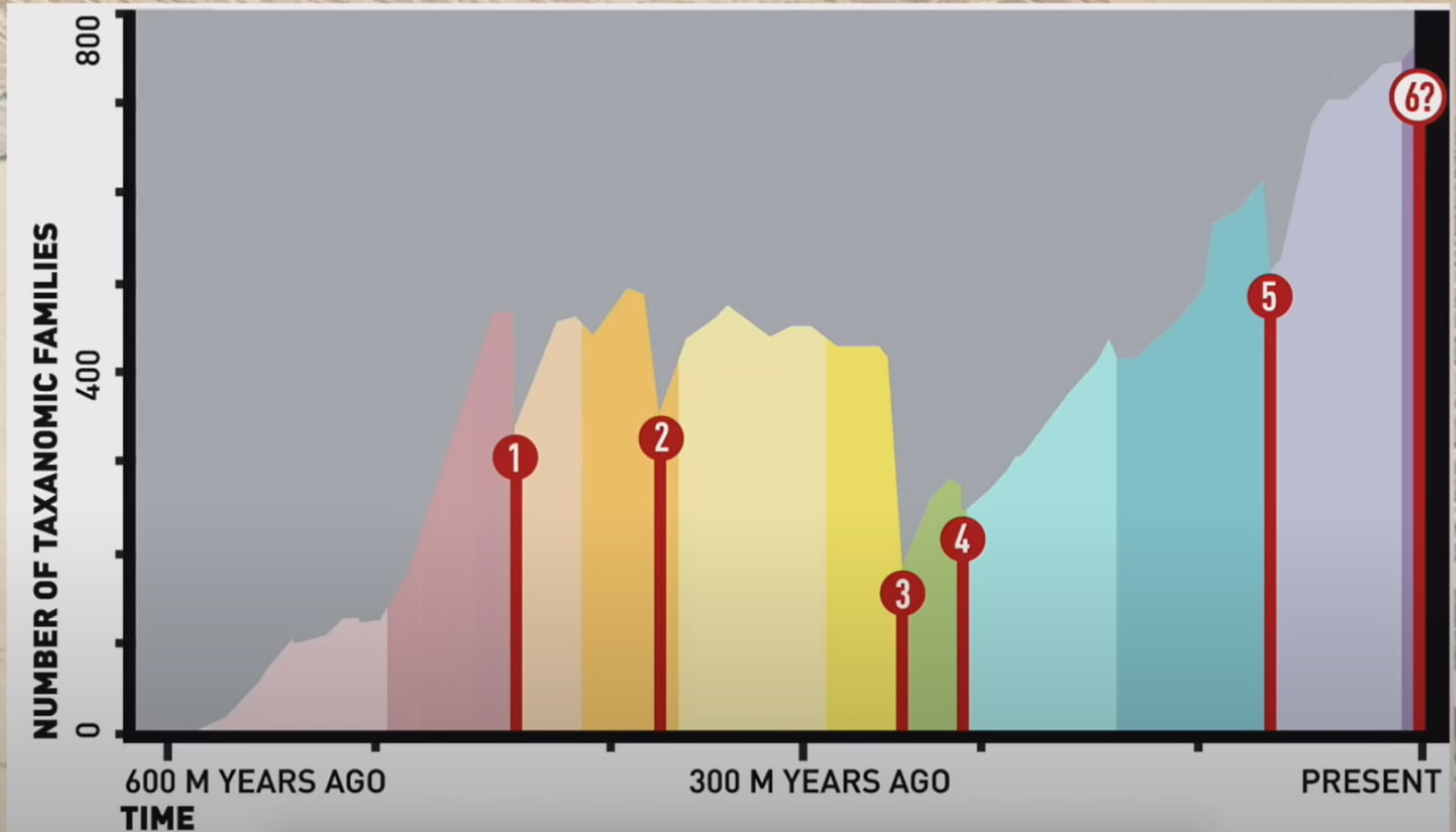


Artensterben

Dramatischer Verlust von Biodiversität durch

- Zerstörung und Fragmentierung von Lebensräumen
- Umweltverschmutzung und Pestizide
- Ausbeutung von Ressourcen
- Invasive Arten
- Ausbreitung von Insekten und Krankheiten
- Klimawandel

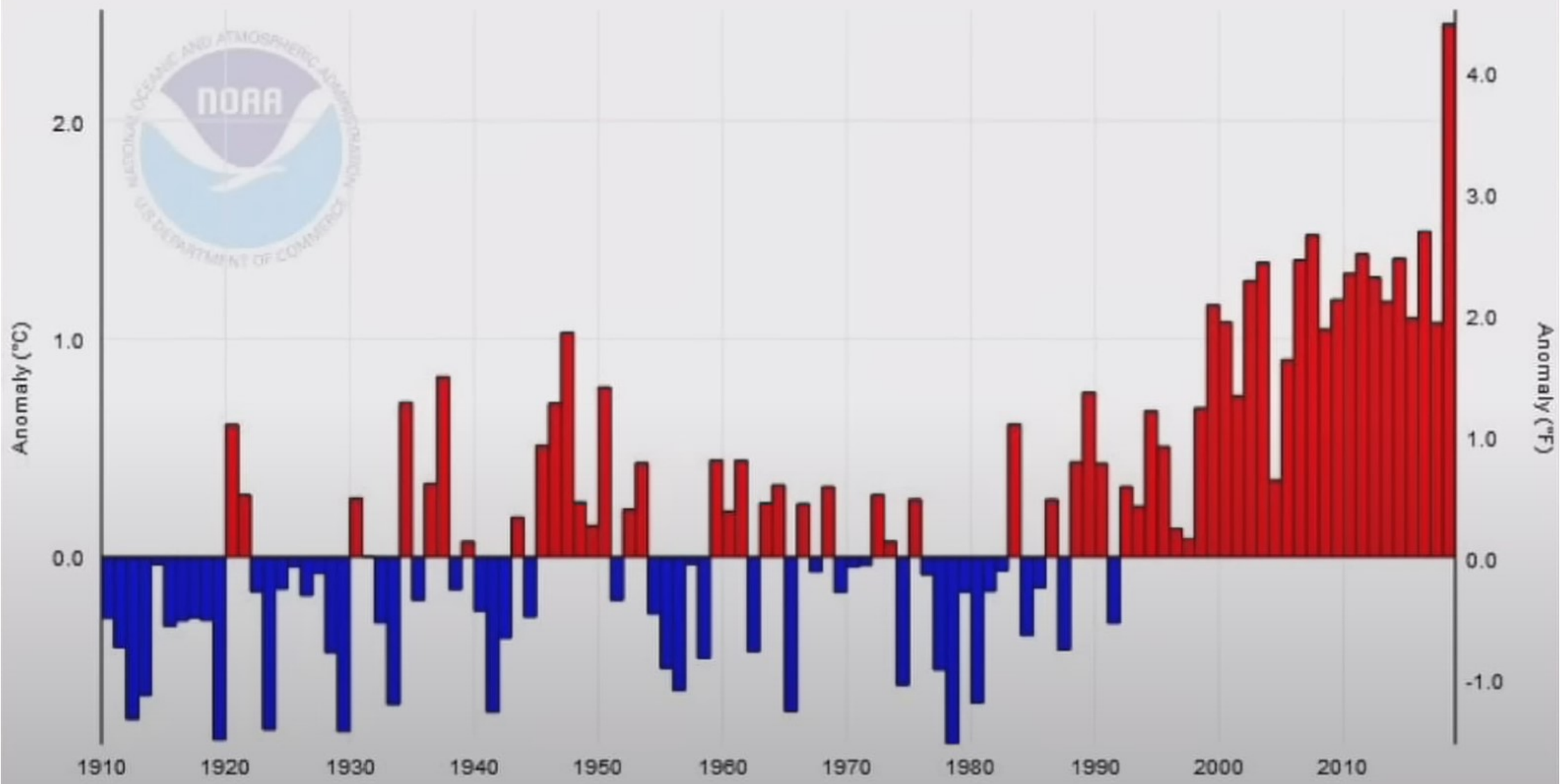
Auf dem Weg zum „6. Massenaussterben“?



Klimafolgen

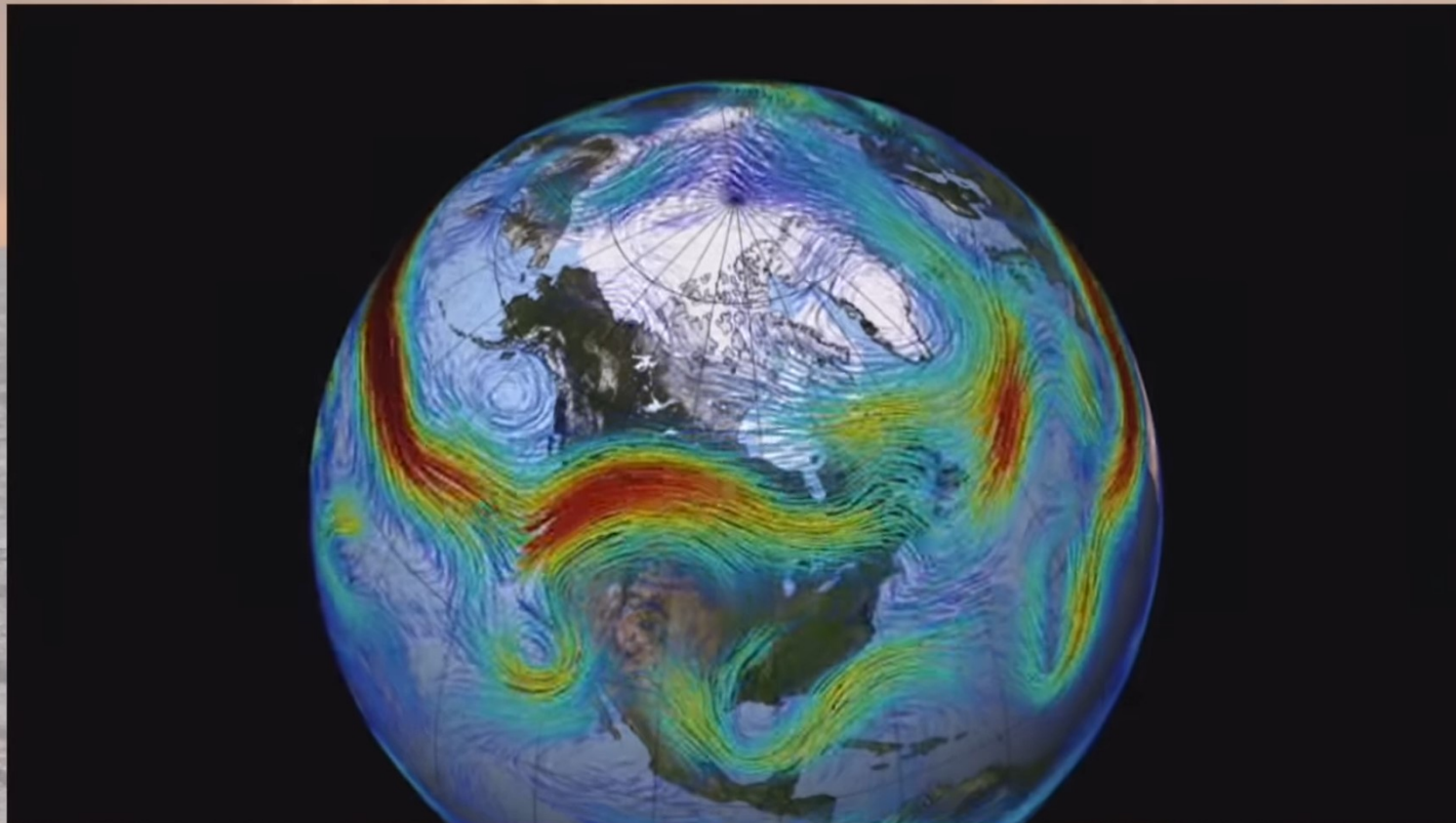
- **Wetterextreme (1):** Hitzewellen, Dürre – zusätzliche Todesfälle, Trinkwassermangel, Ernteaufschläge, Waldbrände
- **Wetterextreme (2):** Starkregen, Verstärkung tropischer Wirbelstürme – Überschwemmungen
- **Meeresspiegelanstieg** – Gefährdung von Küsten und Inseln
- Verstärkung des ohnehin schon dramatischen **Artensterbens**
- **Gesundheitsfolgen** – Hitzetote, Infektionskrankheiten nach Katastrophen, Ausbreitung von krankheitsübertragenden Insekten
- durch Klimafolgen (mit)verursachte **Konflikte** und **Migration**

Europe Land Temperature Anomalies, April-July



Jetstream und Wetterextreme

Hoch- und Tiefdruckgebiete bleiben für lange Zeit stehen



2021: ein (weiteres) Jahr voller Wetterextreme

videowissen

Starkregen in Deutschland



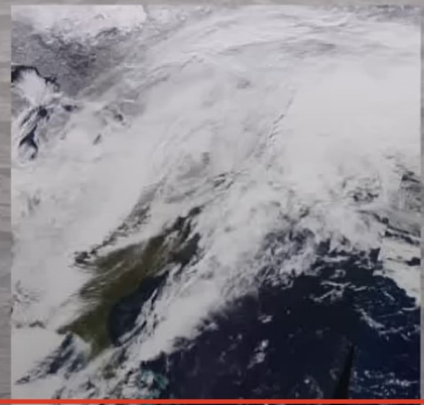
Hurricane Ida in den USA



Waldbrände in Sibirien



Schneesturm in Texas



extreme Tornados in den USA



Überschwemmungen in Indonesien

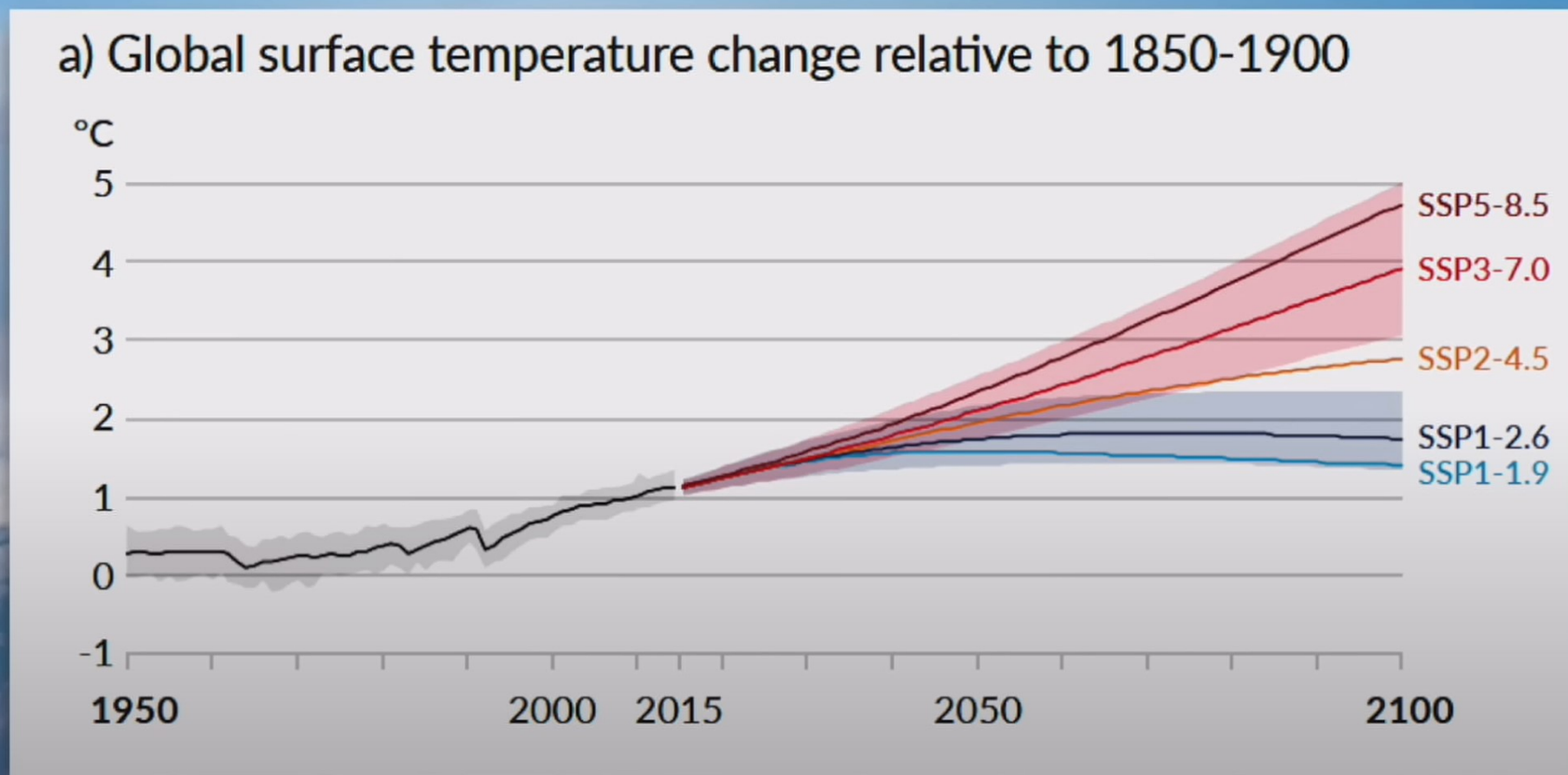


Schäden durch Wetterextreme (für D)

- Hitze und Dürre in den Sommern 2018 und 2019: zusammen rund 35 Mrd. €
- Überschwemmungen im Sommer 2021: rund 40 Mrd. €
- Bis 2021 rund 145 Mrd. €, *im Schnitt* etwa 0,2 % der jährlichen Wirtschaftsleistung

Klimawandel bis 2100

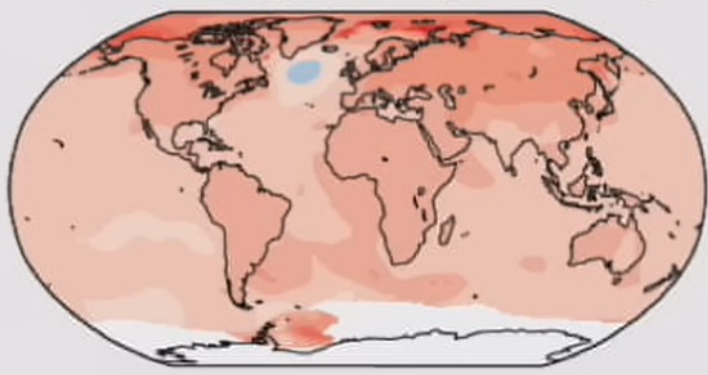
Projektionen für die globale Mitteltemperatur (abhängig von Emissionen):



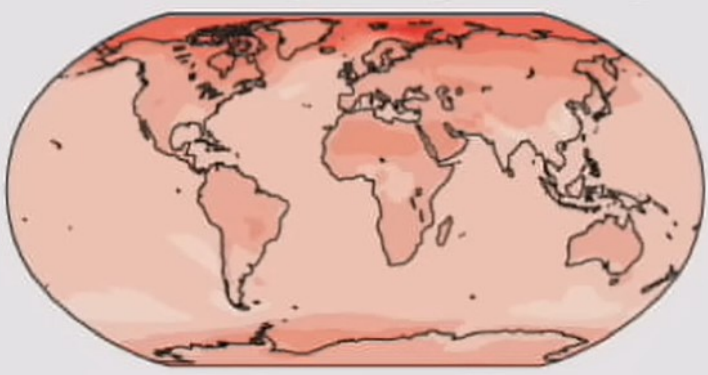
a) Annual mean temperature change (°C) at 1 °C global warming

Warming at 1 °C affects all continents and is generally larger over land than over the oceans in both observations and models. Across most regions, observed and simulated patterns are consistent.

Observed change per 1 °C global warming



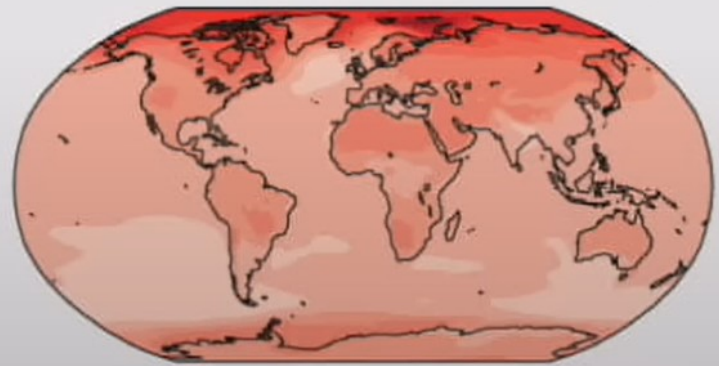
Simulated change at 1 °C global warming



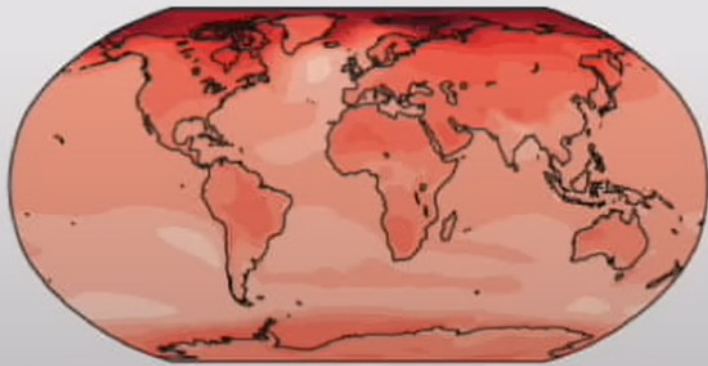
b) Annual mean temperature change (°C) relative to 1850-1900

Across warming levels, land areas warm more than oceans, and the Arctic and Antarctica warm more than the tropics.

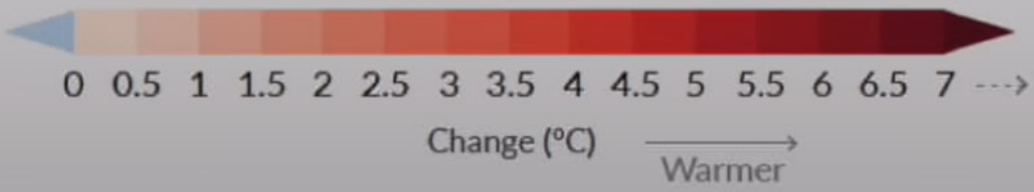
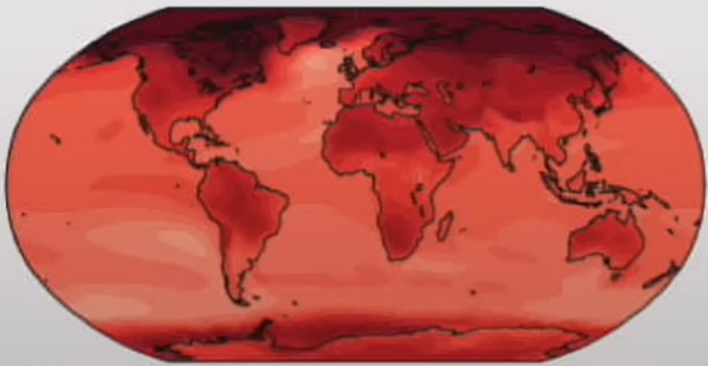
Simulated change at 1.5 °C global warming



Simulated change at 2 °C global warming



Simulated change at 4 °C global warming

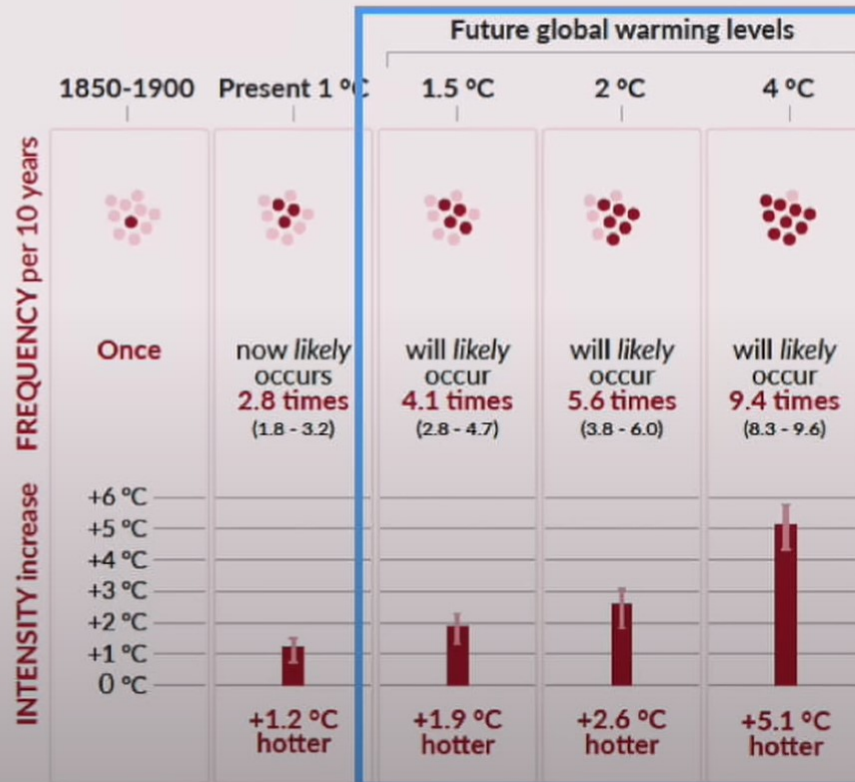


Hitzewellen werden mit steigender Temperatur häufiger und intensiver

Hot temperature extremes over land

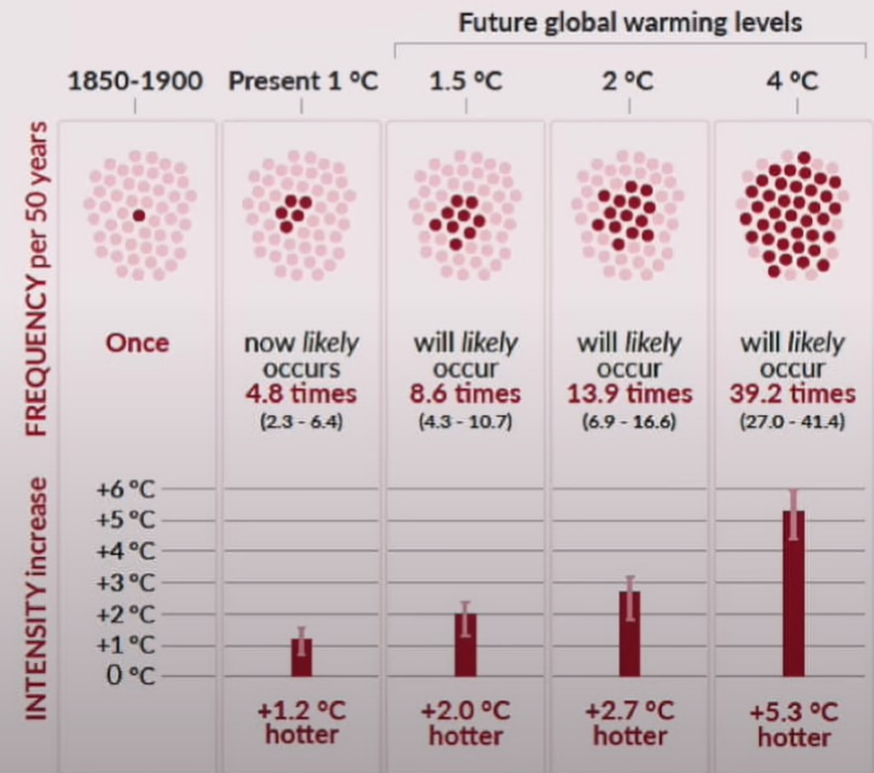
10-year event

Frequency and increase in intensity of extreme temperature event that occurred **once in 10 years** on average in a climate without human influence



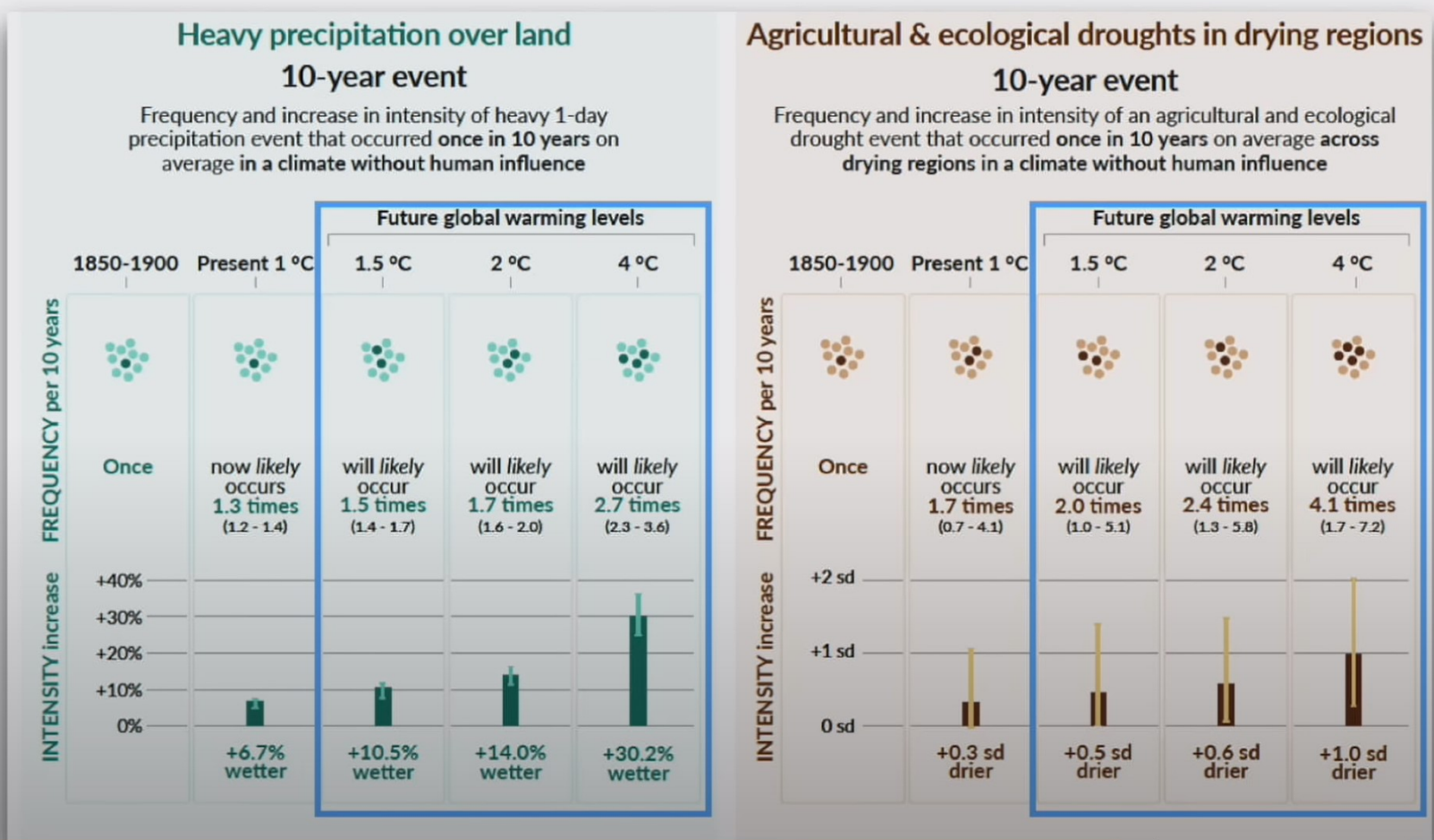
50-year event

Frequency and increase in intensity of extreme temperature event that occurred **once in 50 years** on average in a climate without human influence



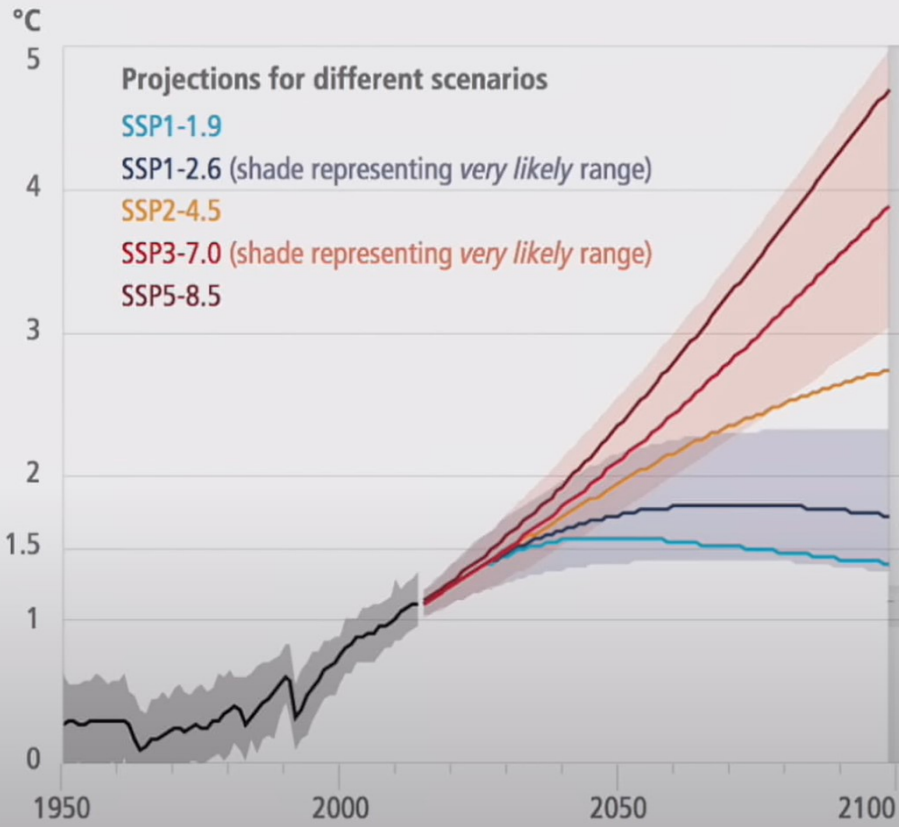
Temperatur und Wetterextreme

... und ähnlich für Starkregen und Dürren:

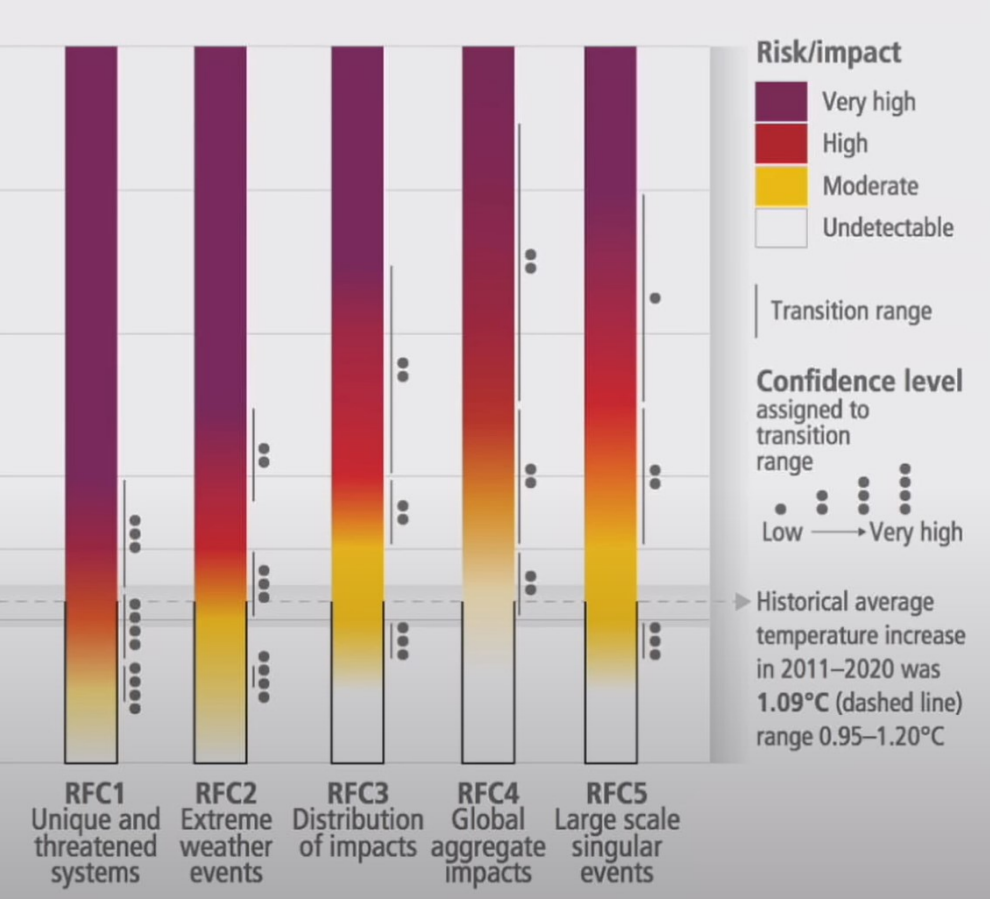


Klimafolgen und Temperatur

(a) Global surface temperature change
Increase relative to the period 1850–1900



(b) Reasons for Concern (RFC)
Impact and risk assessments assuming low to no adaptation





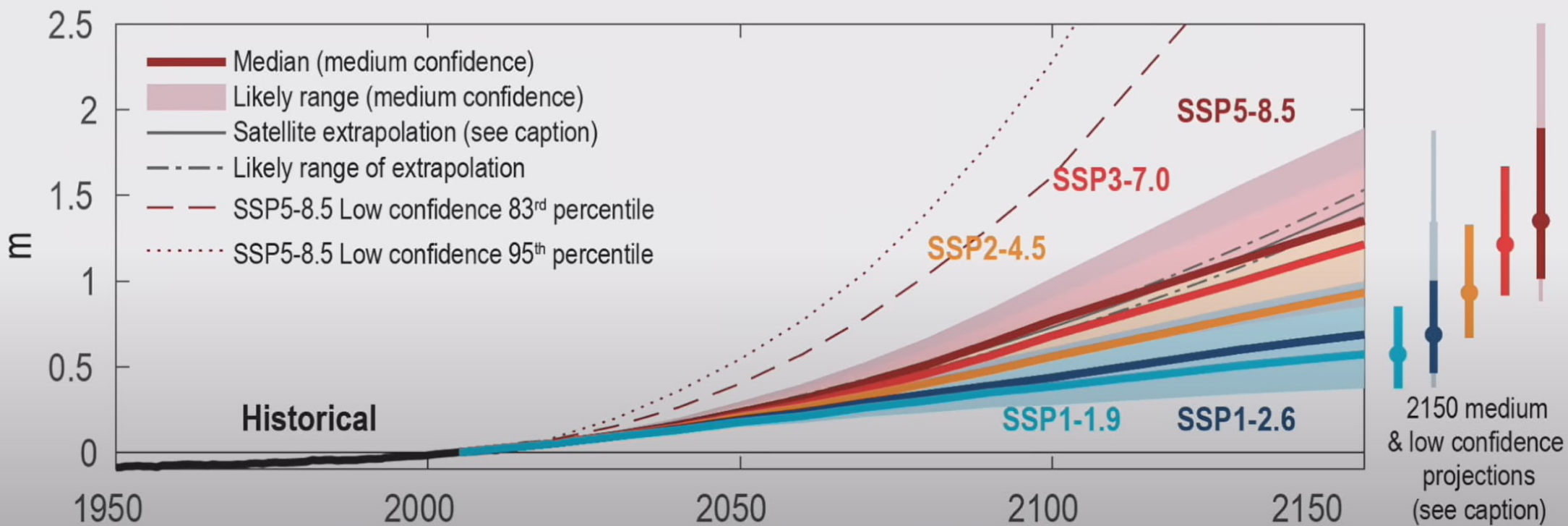
Klimafolgen und Temperatur

- Klimafolgen nehmen kontinuierlich mit steigender Temperatur zu (aber: Kipp-Elemente, siehe später!)
- Temperaturschwelle ergibt sich nicht aus der Physik, sondern ist politische Entscheidung (letztlich: Risikoabwägung)
- Bei $1,5^{\circ}\text{C}$ (oder gar 2°C) ist bei weitem nicht „alles gut“...
- ... bei 3°C sind wir aber definitiv „im roten Bereich“...!

Künftiger Meeresspiegel-Anstieg

0,25–1 m bis 2100, aber: (1) Risiko von stärkerem Anstieg, (2) langfristig mehr

Projected global mean sea level rise under different SSP scenarios



Klimaabkommen von Paris

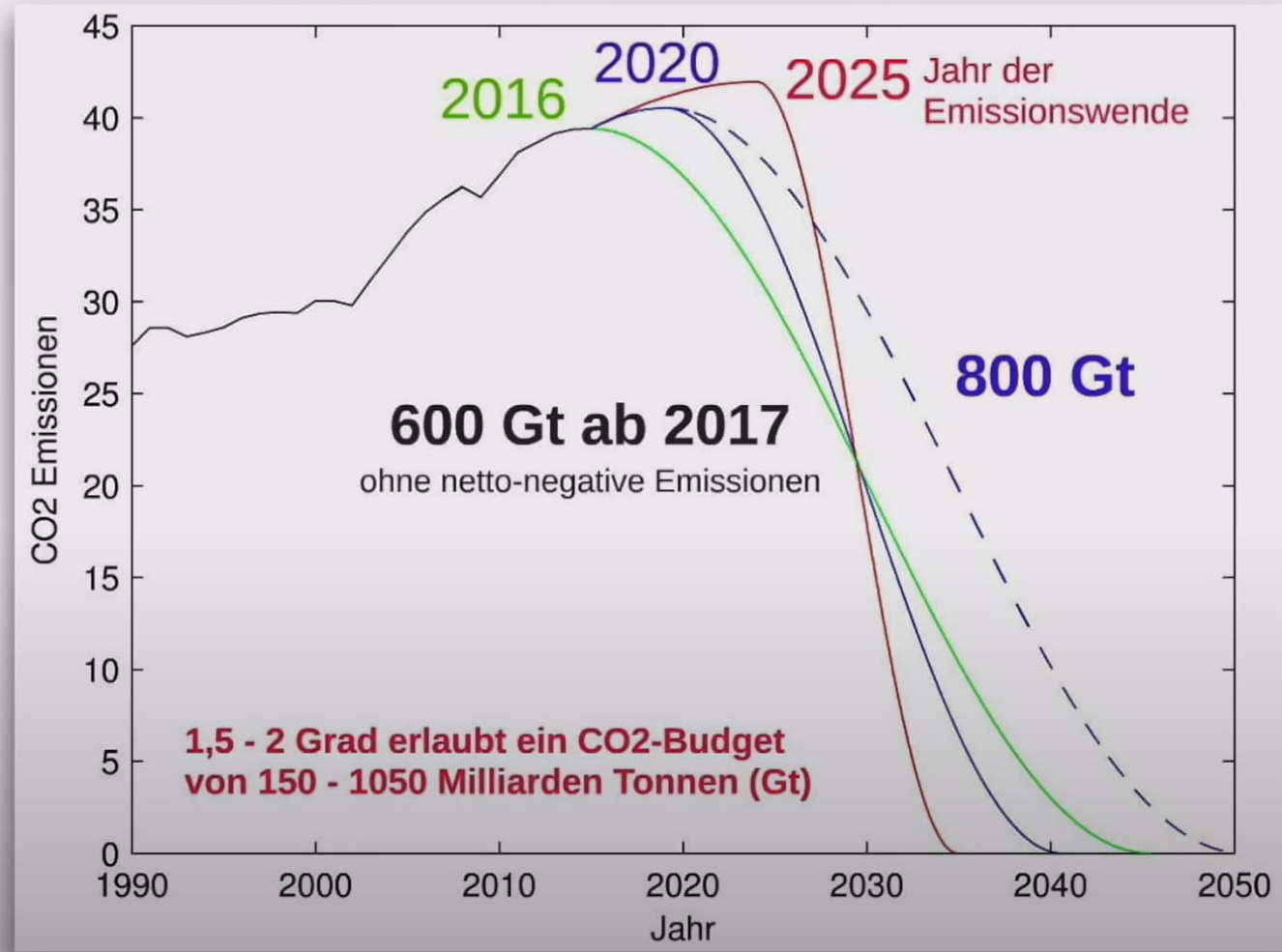
- Festschreibung 2°-Ziel, Erwärmung möglichst auf 1,5°C gegenüber vorindustriellem Niveau begrenzen
- alle Staaten, nicht nur Industrienationen
- Mechanismus von alle fünf Jahre überarbeiteten freiwilligen Selbstverpflichtungen
- Inkrafttreten am 4.11.2016

Was können wir tun?

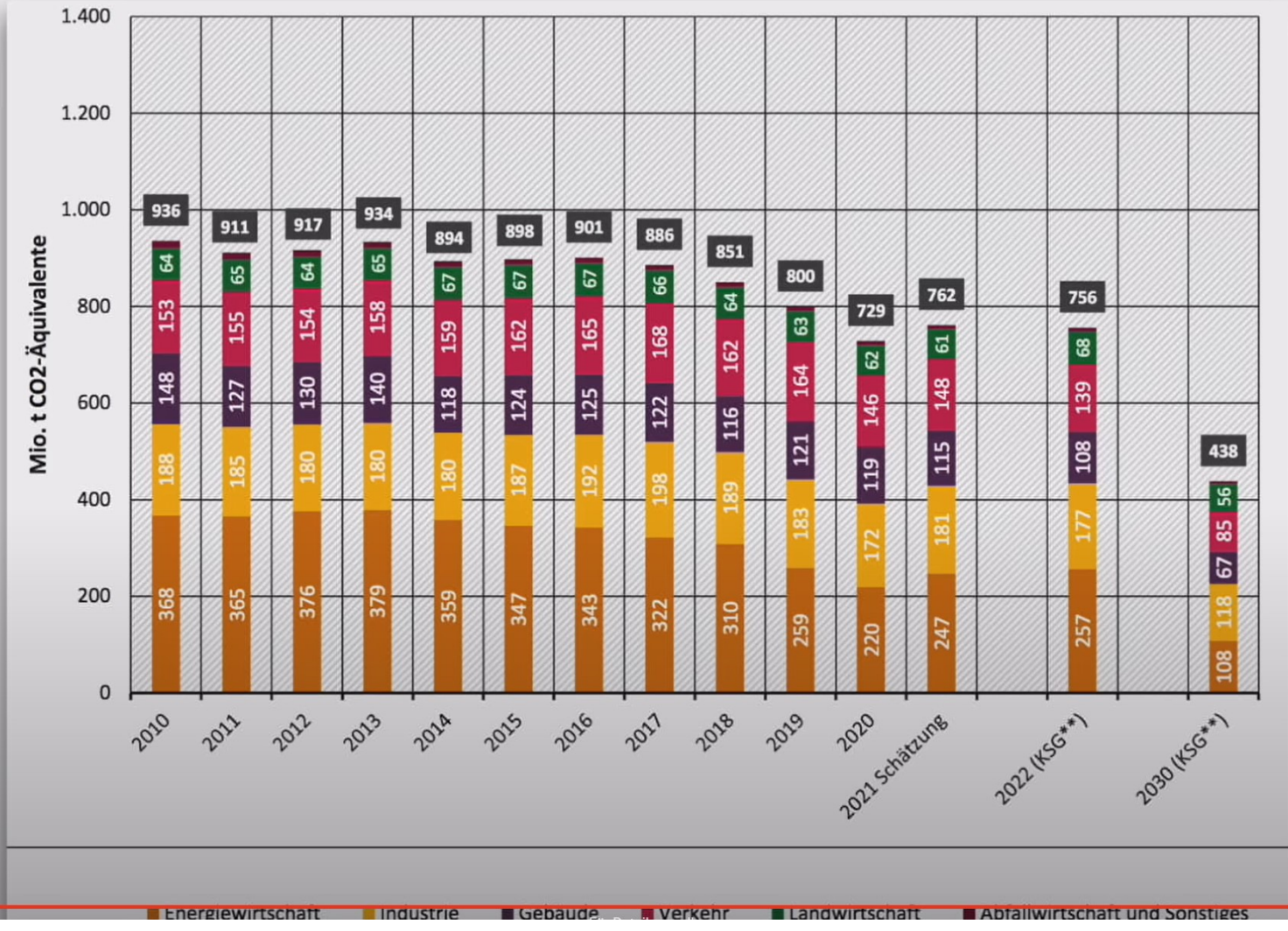
- **CO₂-freie Elektrizität** aus erneuerbaren Energien: Kapazität erhöhen, Netze stärken, Speicher bauen
- Null-Emissions-Technologien für die **industrielle Produktion**
- **Gebäudesektor**: emissionsfreie Heizung, bessere Dämmung
- Emissionen im **Transportsektor** reduzieren: Bahn, öffentlicher Nahverkehr, Fahrräder, Elektromobilität, Lösungen für Gütertransport, Schiff- und Luftfahrt
- Verringerung Kohlenstoff-intensiven **Konsums**, z.B. Ernährung, Transport, Fernreisen etc.
- „Negative Emissionen” – **CO₂-Entnahme** aus der Atmosphäre?

Es bleibt uns nicht mehr viel Zeit...

verbleibendes Emissionsbudget bald aufgebraucht!



Emissionsentwicklung für Deutschland



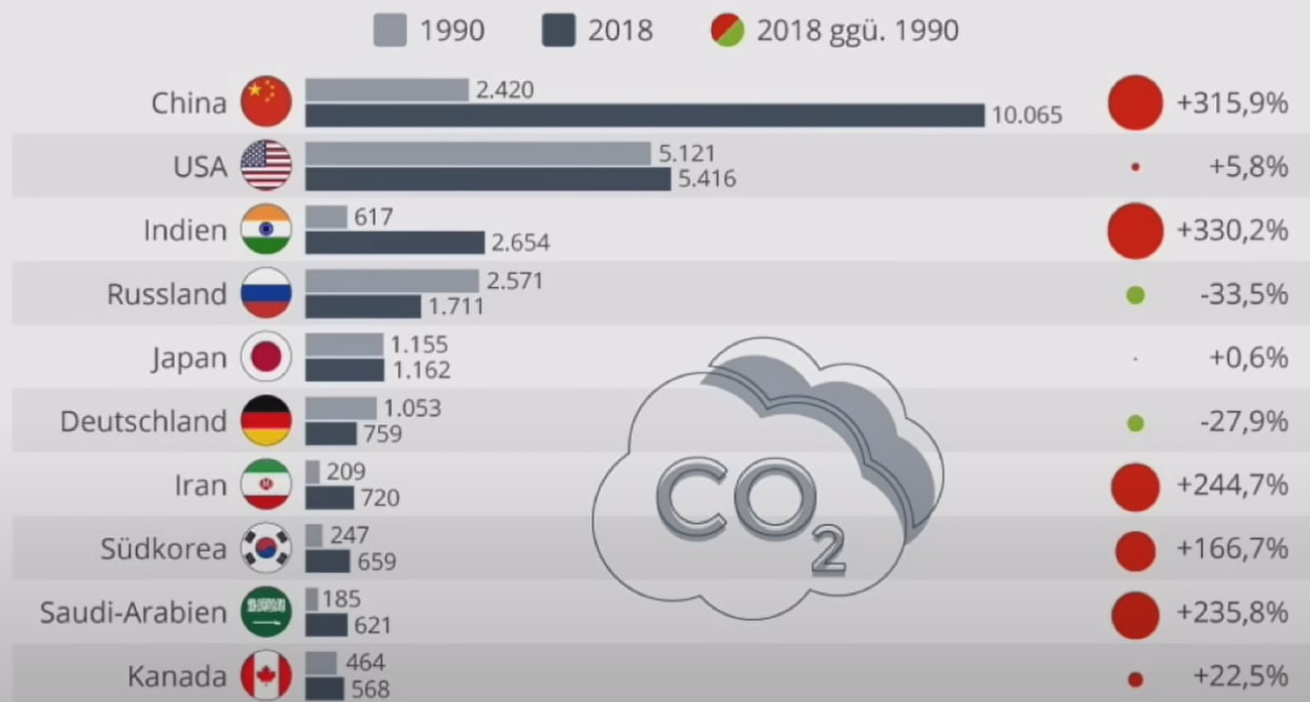
Emissionen nach Ländern

Deutschland:

- 1% der Weltbevölkerung, aber 2% der globalen Emissionen
- Rang 6 bei aktuellen CO₂-Emissionen nach Ländern
- Rang 4 bei historischen Emissionen

Diese Länder stoßen am meisten CO₂ aus

Höhe der CO₂-Emissionen in ausgewählten Ländern weltweit (in Millionen Tonnen)



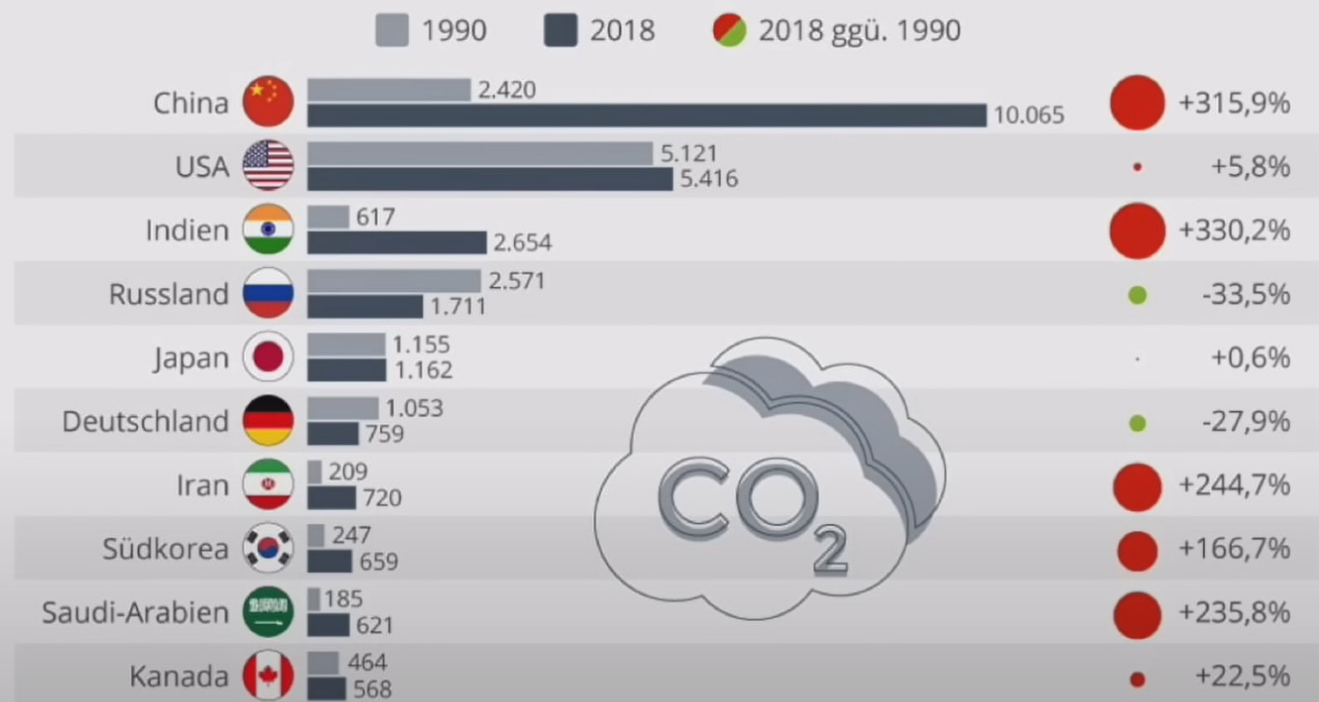
Emissionen nach Ländern

Deutschland:

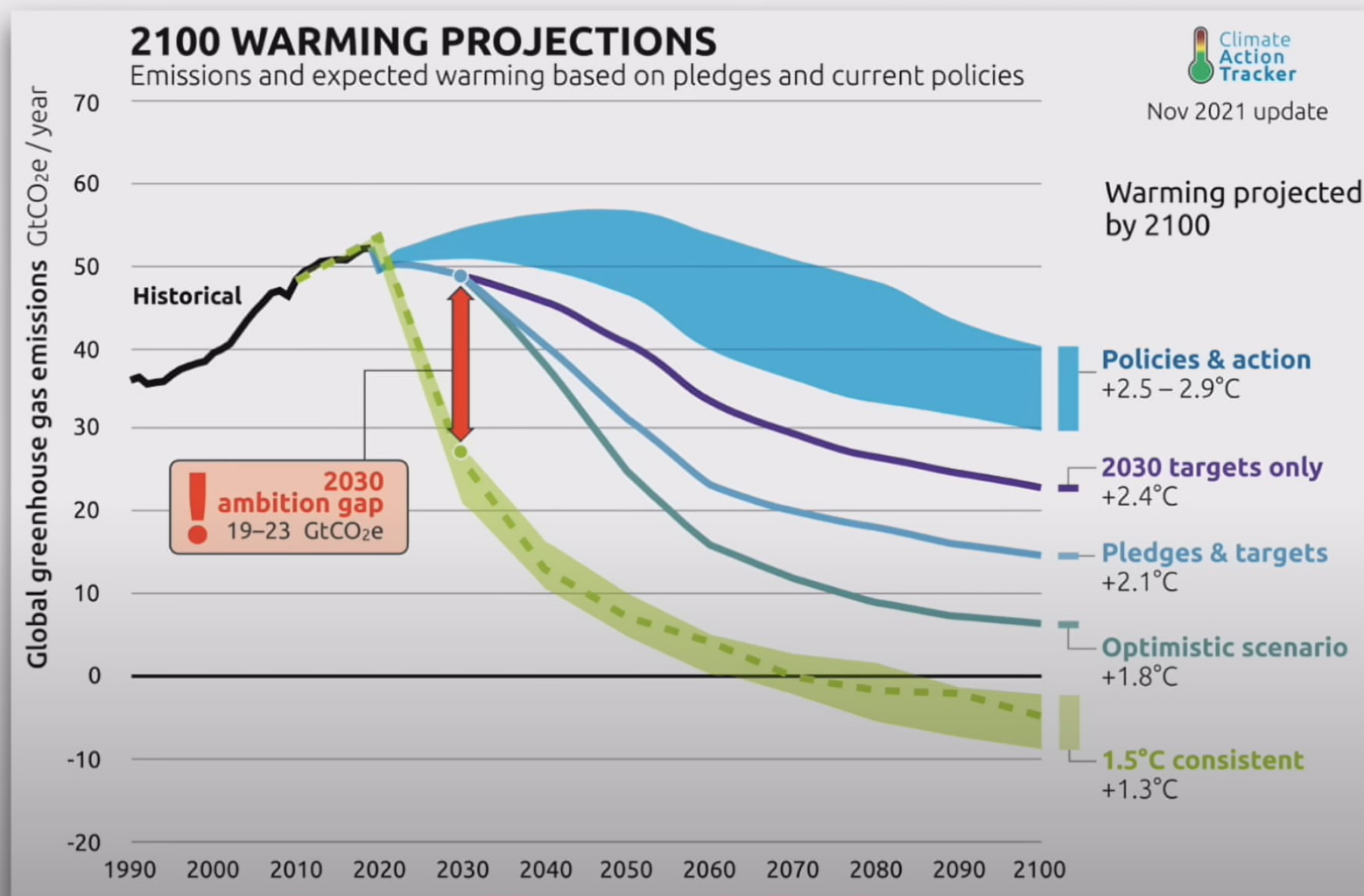
- 1% der Weltbevölkerung, aber 2% der globalen Emissionen
- Rang 6 bei aktuellen CO₂-Emissionen nach Ländern
- Rang 4 bei historischen Emissionen

Diese Länder stoßen am meisten CO₂ aus

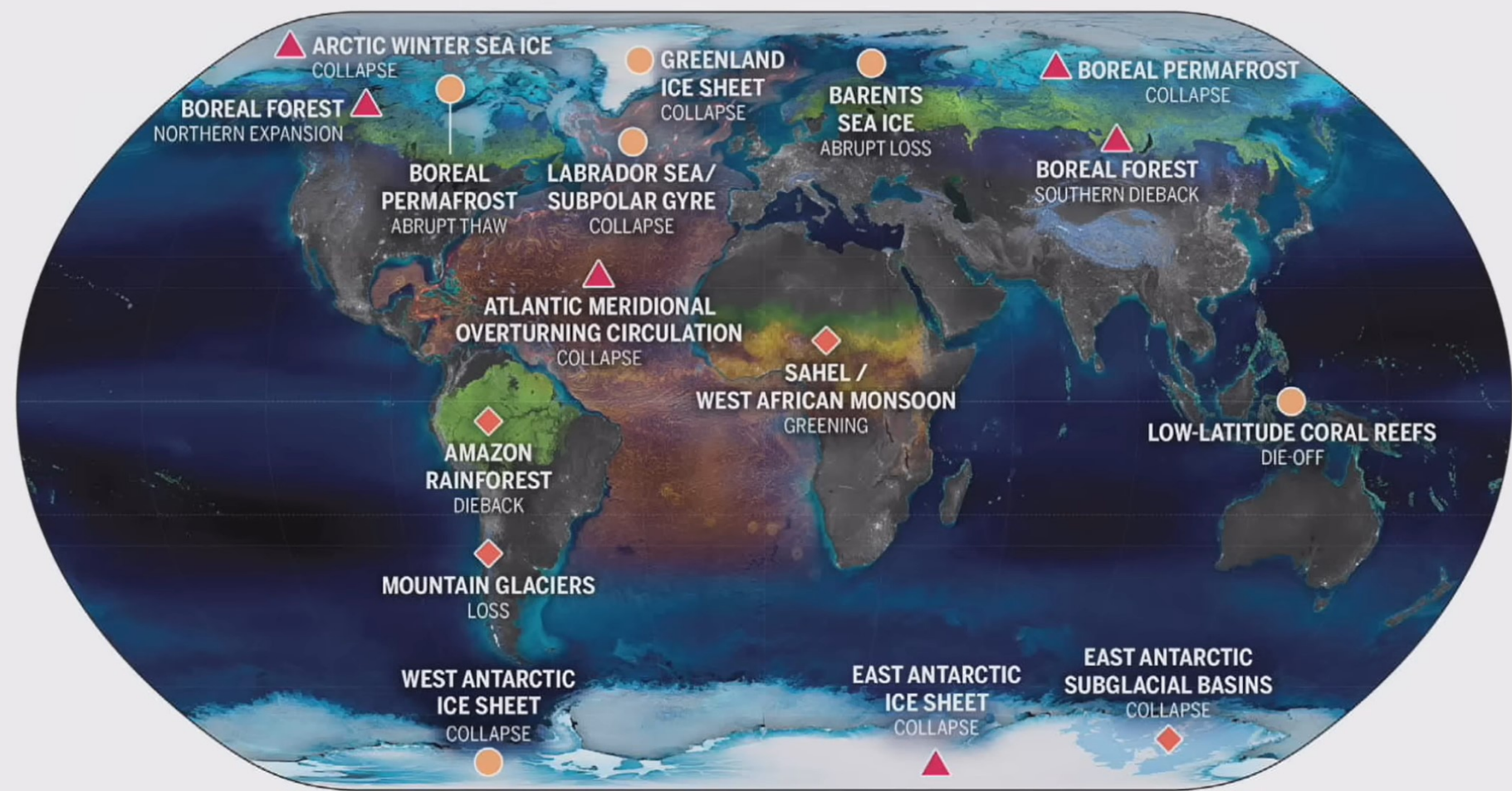
Höhe der CO₂-Emissionen in ausgewählten Ländern weltweit (in Millionen Tonnen)



Zu wenig, zu spät: Maßnahmen und Ziele

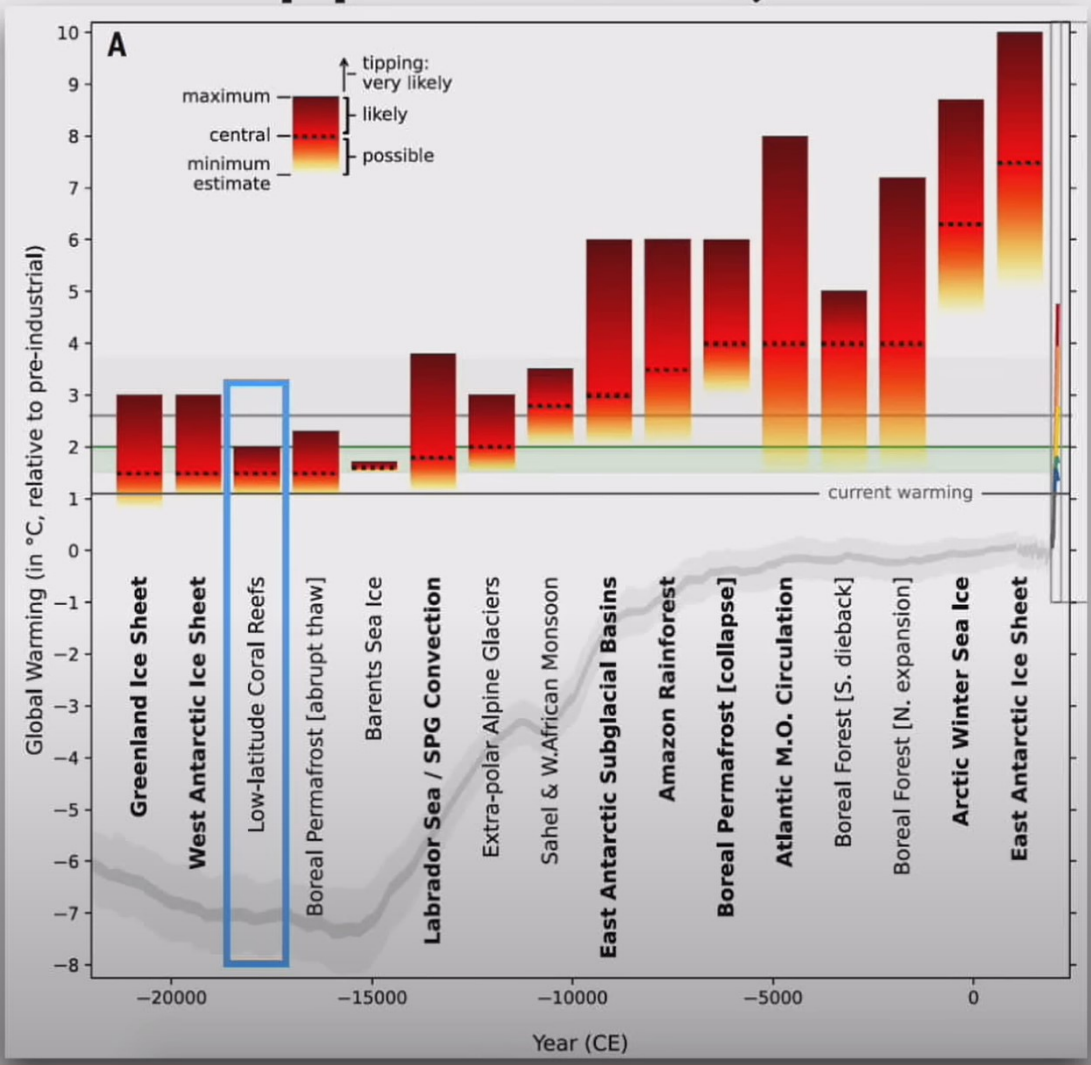


Systemische Risiken: Kipp-Elemente



GLOBAL WARMING THRESHOLDS
● <2°C ◆ 2-4°C ▲ ≥4°C

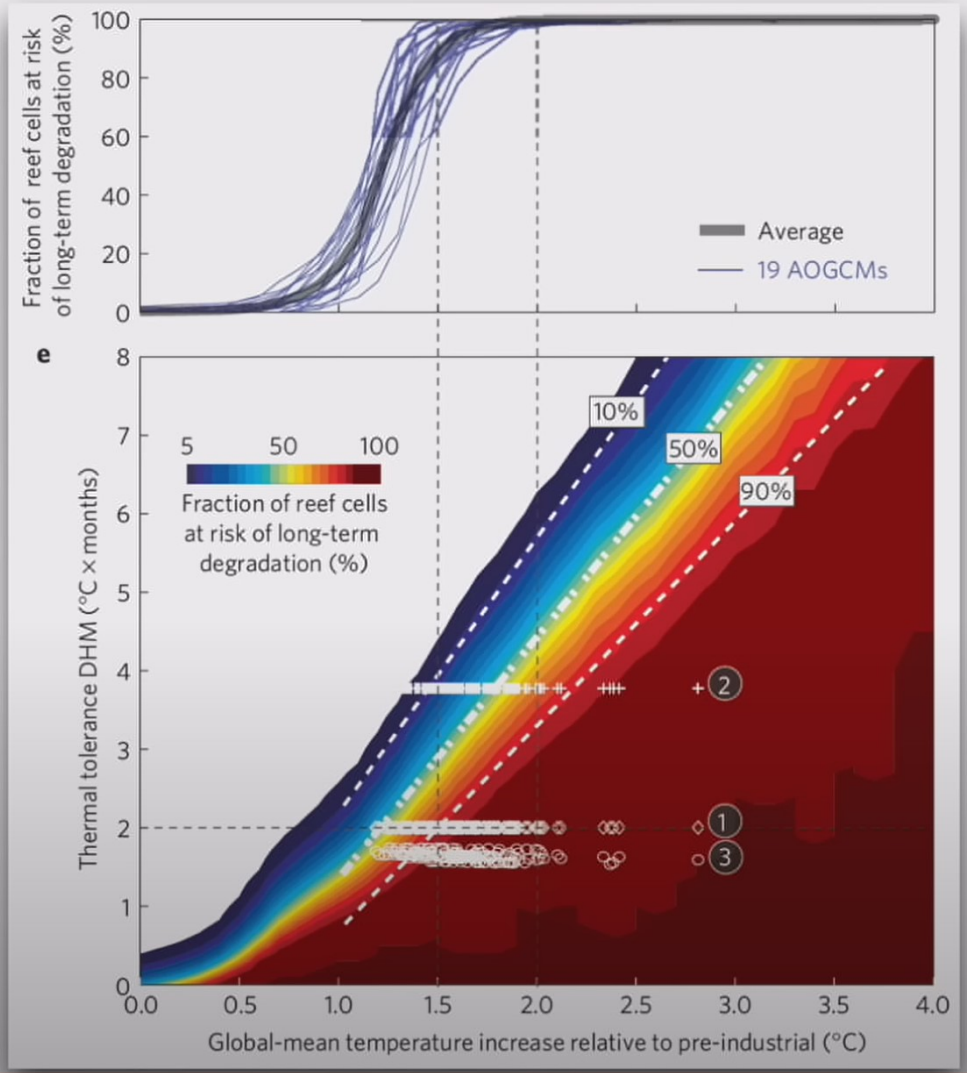
Kipp-Risiken jenseits von 2°C Erwärmung



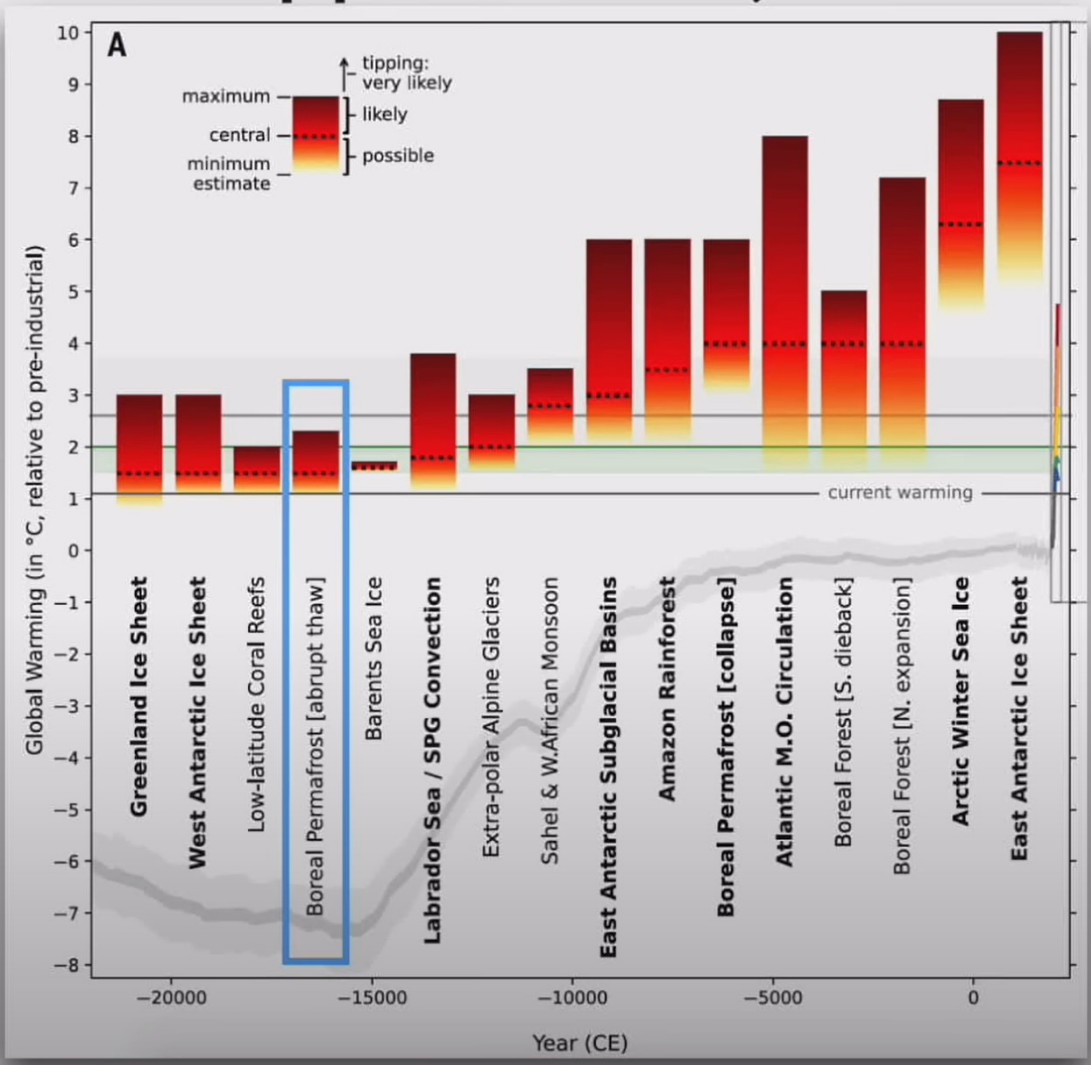
Tropische Korallenriffe: schon bei 2°C-Erwärmung nicht mehr zu retten



Korallenriffe



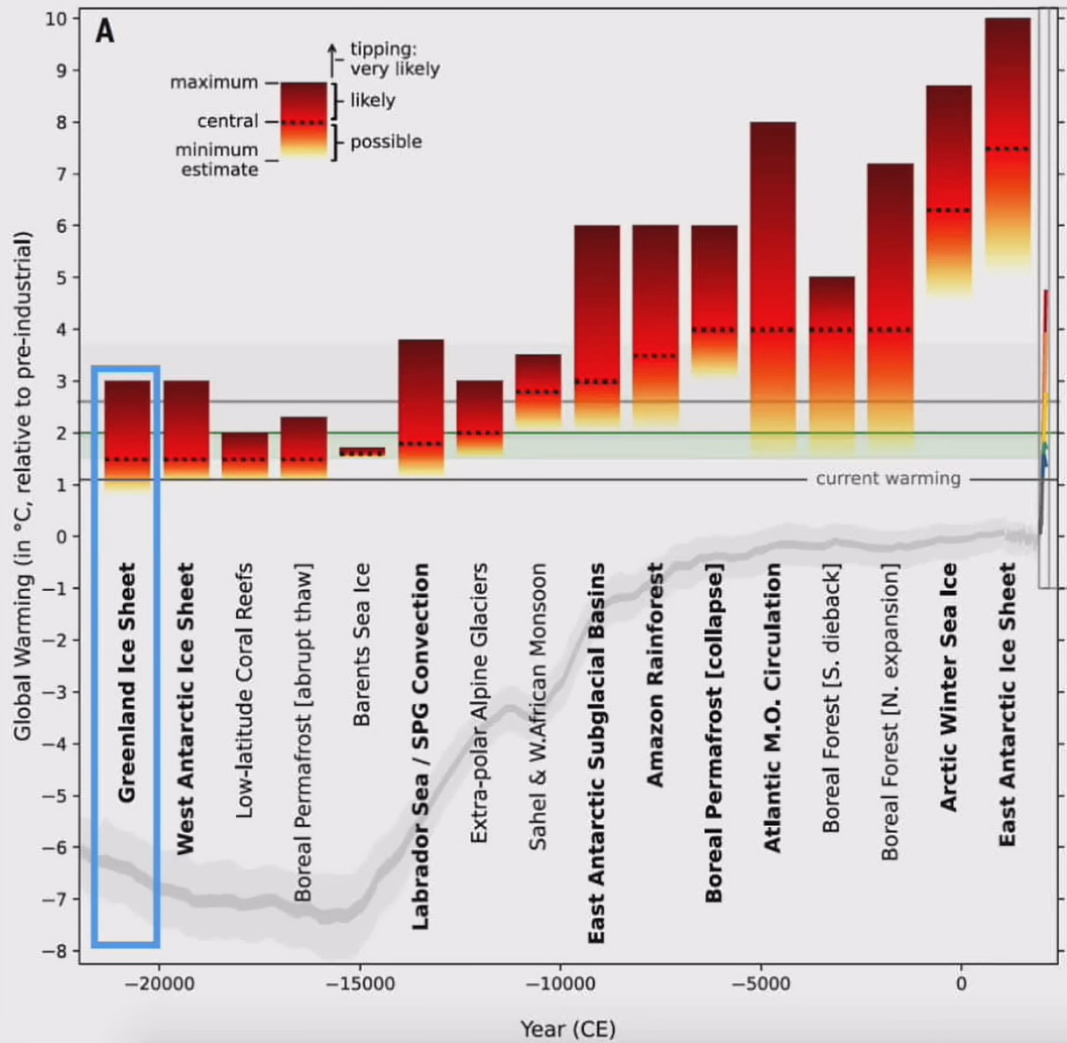
Kipp-Risiken jenseits von 2°C Erwärmung



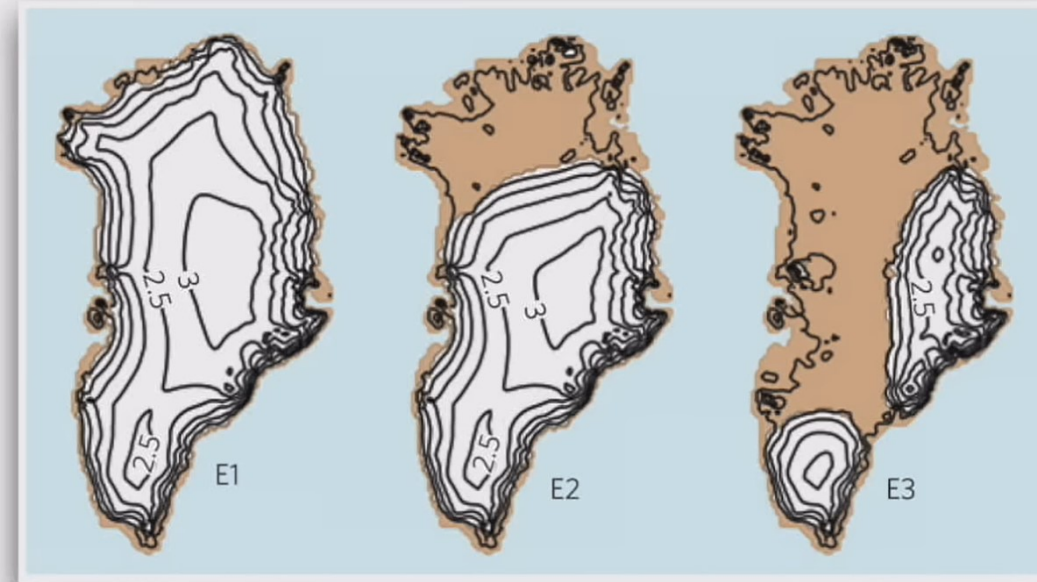
Borealer Permafrost: schon bei 2,5°C-Erwärmung plötzliche Schmelzereignisse – Methanfreisetzung und Verstärkung des Klimawandels...



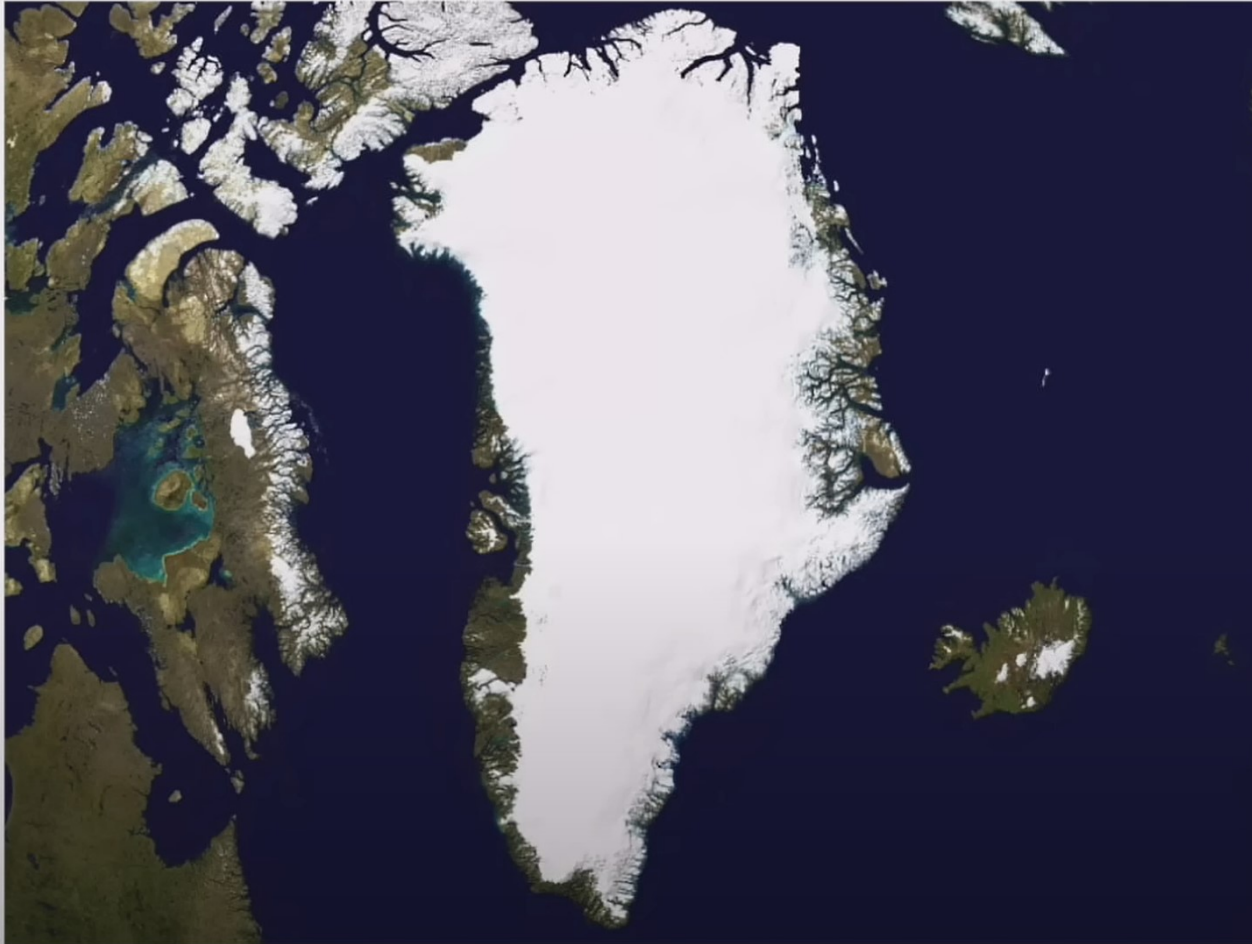
Kipp-Risiken jenseits von 2°C Erwärmung



Eisschild auf Grönland: bei 3°C-Erwärmung Abschmelzen nicht zu verhindern – langfristig 7 Meter Meeresspiegelanstieg!



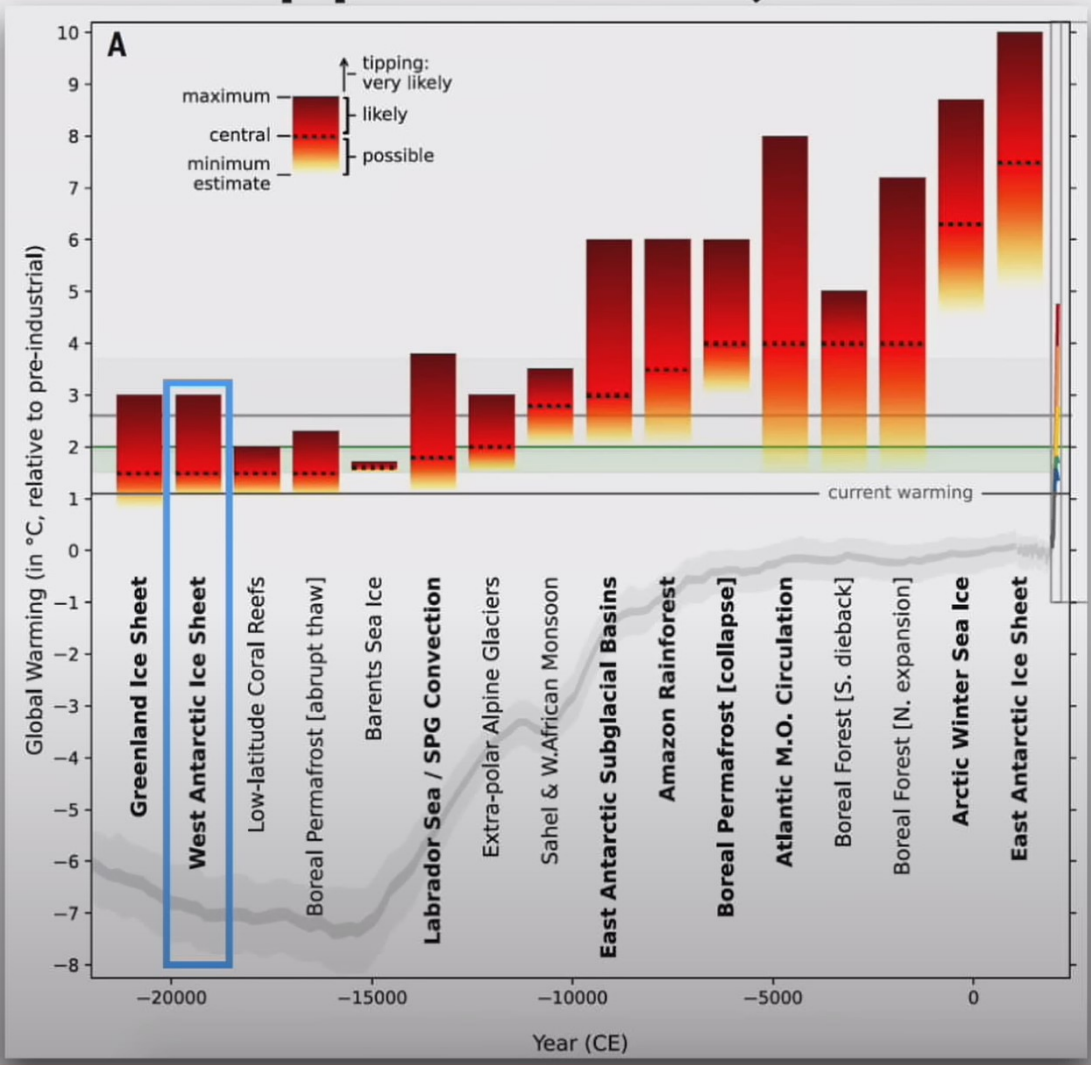
Kipp-Elemente: Eisschild auf Grönland



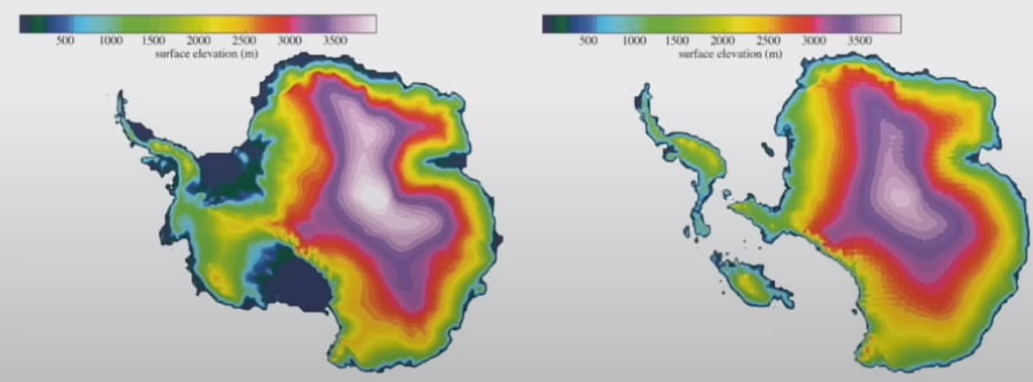
Zwei verstärkende Rückkopplungen:

1. Eis-Albedo-Rückkopplung: unter Eis kommt dunklere Fläche zum Vorschein
2. *melt-elevation feedback*: Abschmelzen bringt größere Fläche des Eisschildes in wärmere Luftschichten

Kipp-Risiken jenseits von 2°C Erwärmung

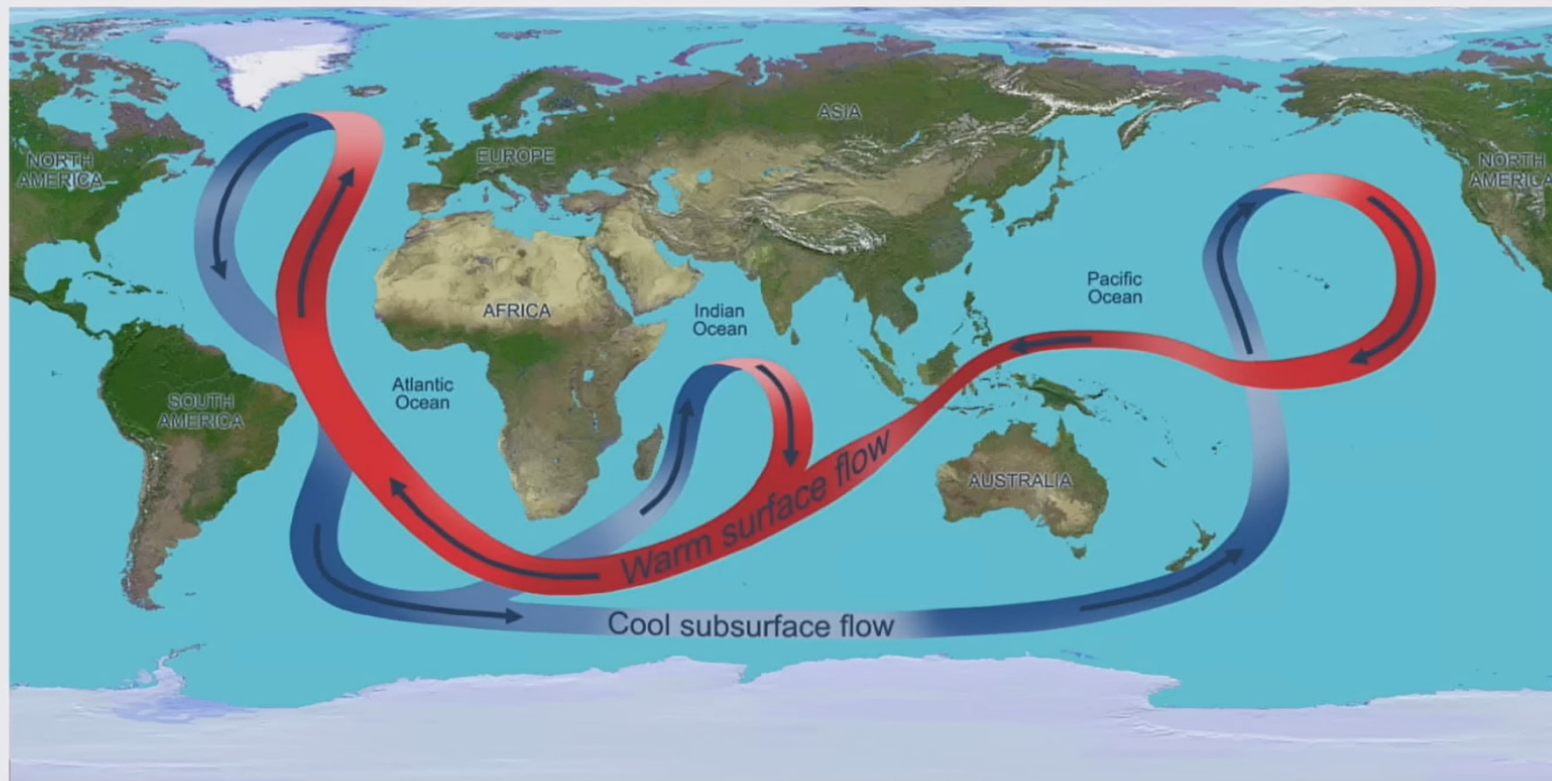


Eisschild in der Westantarktis: bei 3°C-Erwärmung Abschmelzen nicht zu verhindern – langfristig 5 Meter Meeresspiegelanstieg!



Kipp-Elemente: Ozeanzirkulation im Atlantik

Für Europa wichtiges Golfstromsystem angetrieben durch Absinken von kaltem, salzigem Wasser im Nordatlantik – empfindlich gegenüber Süßwassereintrag durch Klimawandel!



Klimaschutz ist nicht nur gut fürs Klima!

- weniger Krankheiten/Todesfälle durch Luftschadstoffe
- geringere Abhängigkeit von Energieimporten aus totalitären Staaten
- lebenswertere Städte
- gesünderer Lebensstil
- Sicherung unserer Wirtschaftskraft für die Zukunft

Kernbotschaften

1. Globale Erwärmung jetzt schon bei etwa $1,1^{\circ}\text{C}$
2. Modernes Artensterben vergleichbar mit großen Massenaussterben
3. Bereits heute schwere Klimafolgen (insbesondere Wetterextreme), die menschliches Leid und hohe Kosten verursachen
4. Signifikante Unterschiede zwischen Klimafolgen bei $1,5^{\circ}\text{C}$ und 2°C – jedes Zehntelgrad zählt
5. Es bleibt nicht mehr viel Zeit, $1,5^{\circ}\text{C}$ kaum mehr zu schaffen
6. Risiko von dramatischeren Klimafolgen durch Kipp-Elemente nimmt jenseits von $1,5^{\circ}\text{C}$ zu
7. Klimaschutz nicht nur gut für das Klima