

Klimawandel

Grundlagen, Folgen, Lösungen

Dr. habil. Georg Feulner



POTSDAM-INSTITUT FÜR
KLIMAFOLGENFORSCHUNG

Umweltringvorlesung „Bildung neu denken – Wege in eine zeitgemäße Umweltbildung“,
Umweltinitiative der TU Dresden, 7. Juni 2021

Verbrennung fossiler Energieträger



Verbrennung fossiler Energieträger

- Kohle, Öl und Gas enthalten Kohlenstoff (C)
- Bei der Verbrennung mit Sauerstoff (O₂) wird Energie freigesetzt – und Kohlendioxid (CO₂):

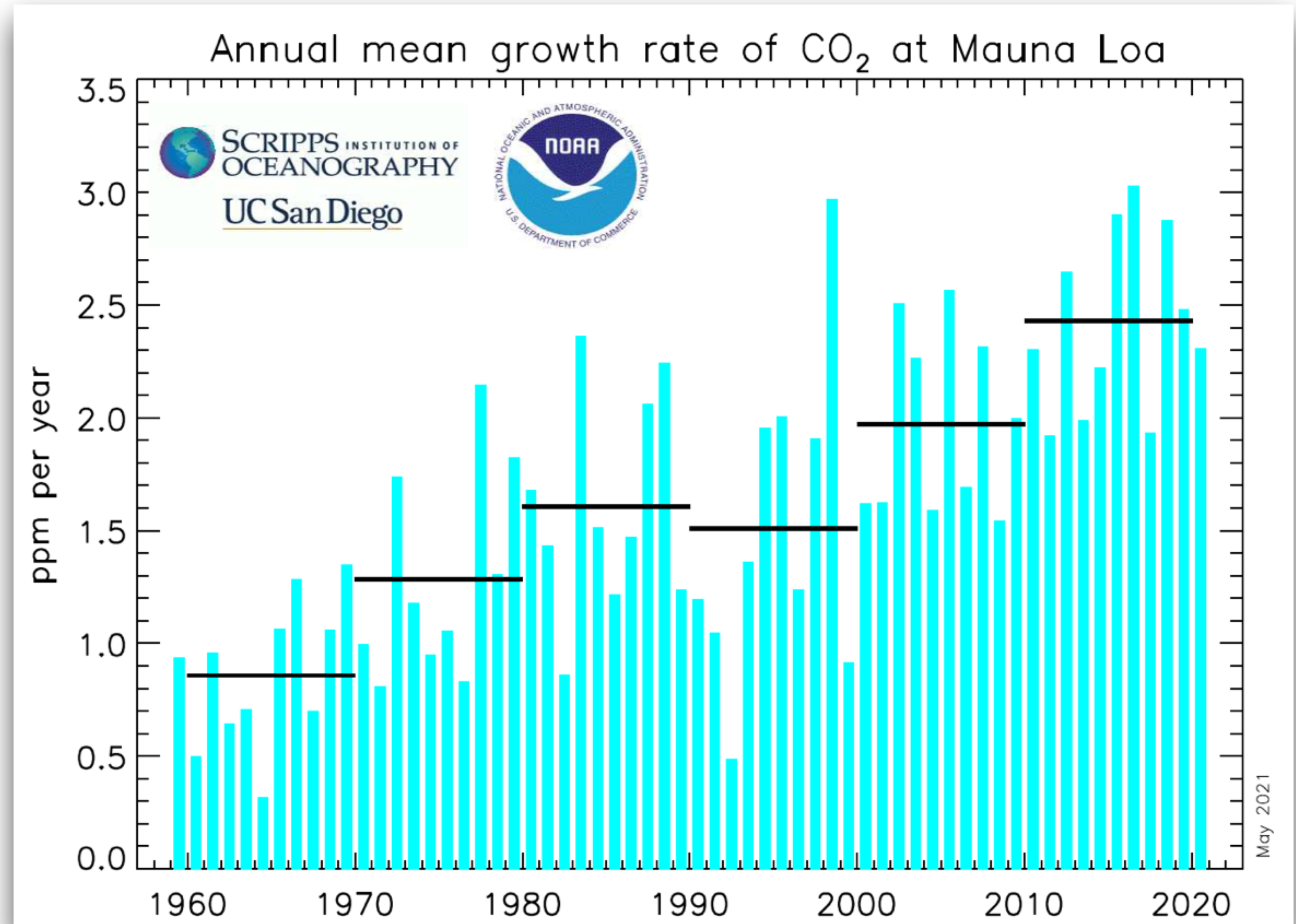


Globale CO₂-Emissionen 2019

- Globale Emissionen aus Verbrennung fossiler Energieträger/
Zementproduktion: **9,93 GtC/yr** (9.93 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 Landvegetation und Ozeanen aufgenommen
(Ozeanversauerung)

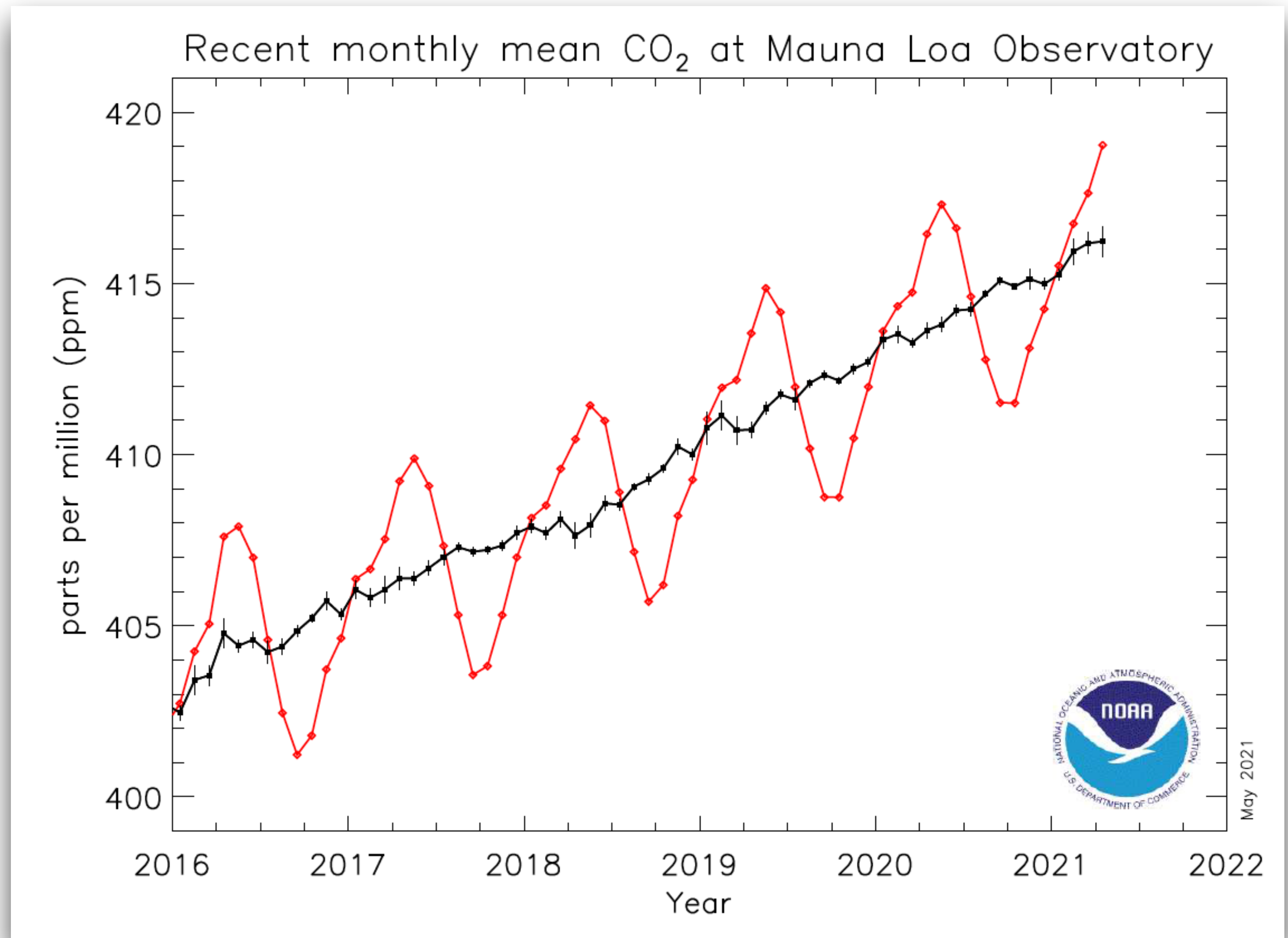
Anstieg der CO₂-Konzentration

Gemessene jährliche
Zunahme von CO₂:



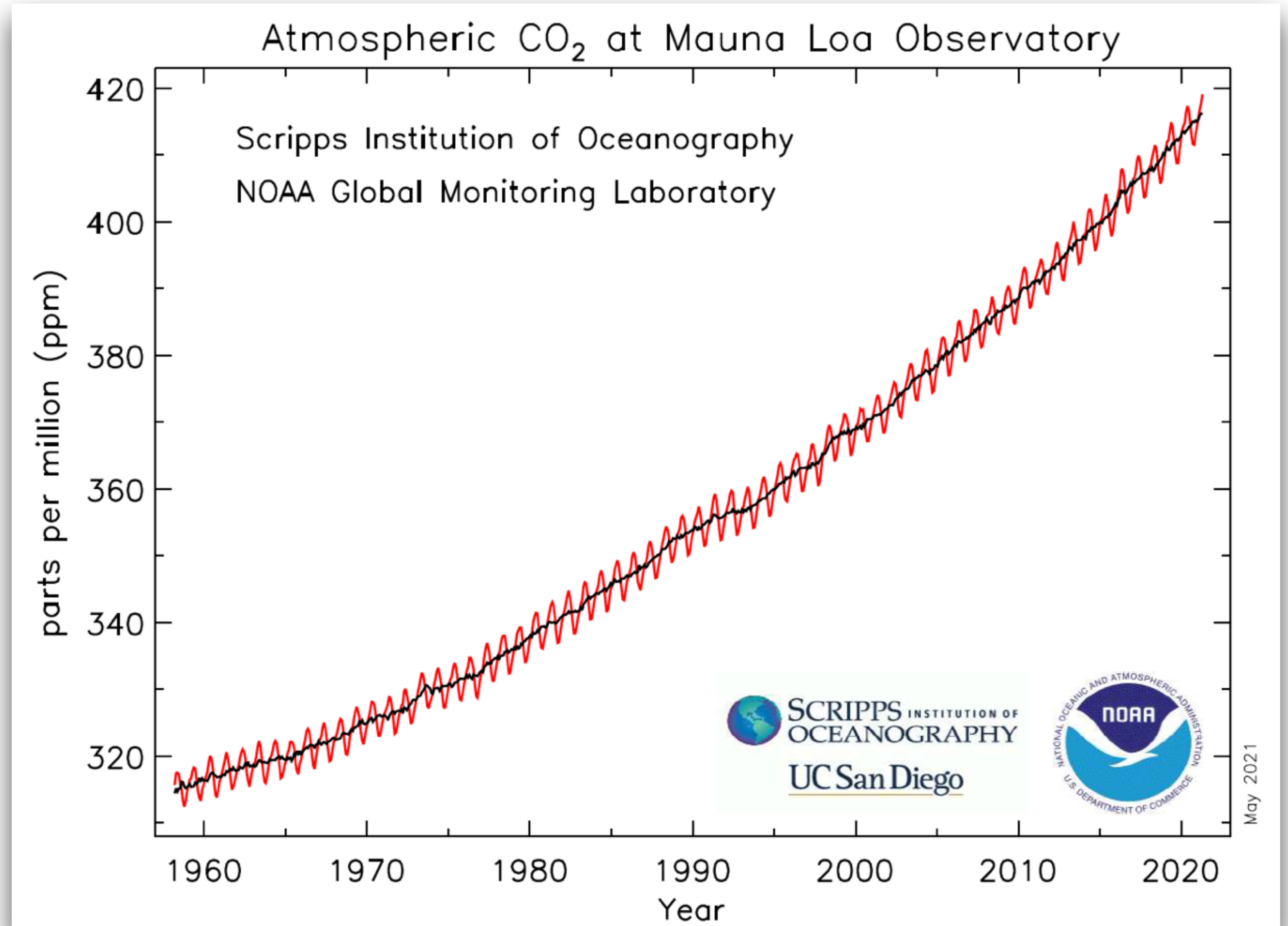
Anstieg der CO₂-Konzentration

Letzte fünf Jahre –
Zunahme und
Jahresgang:



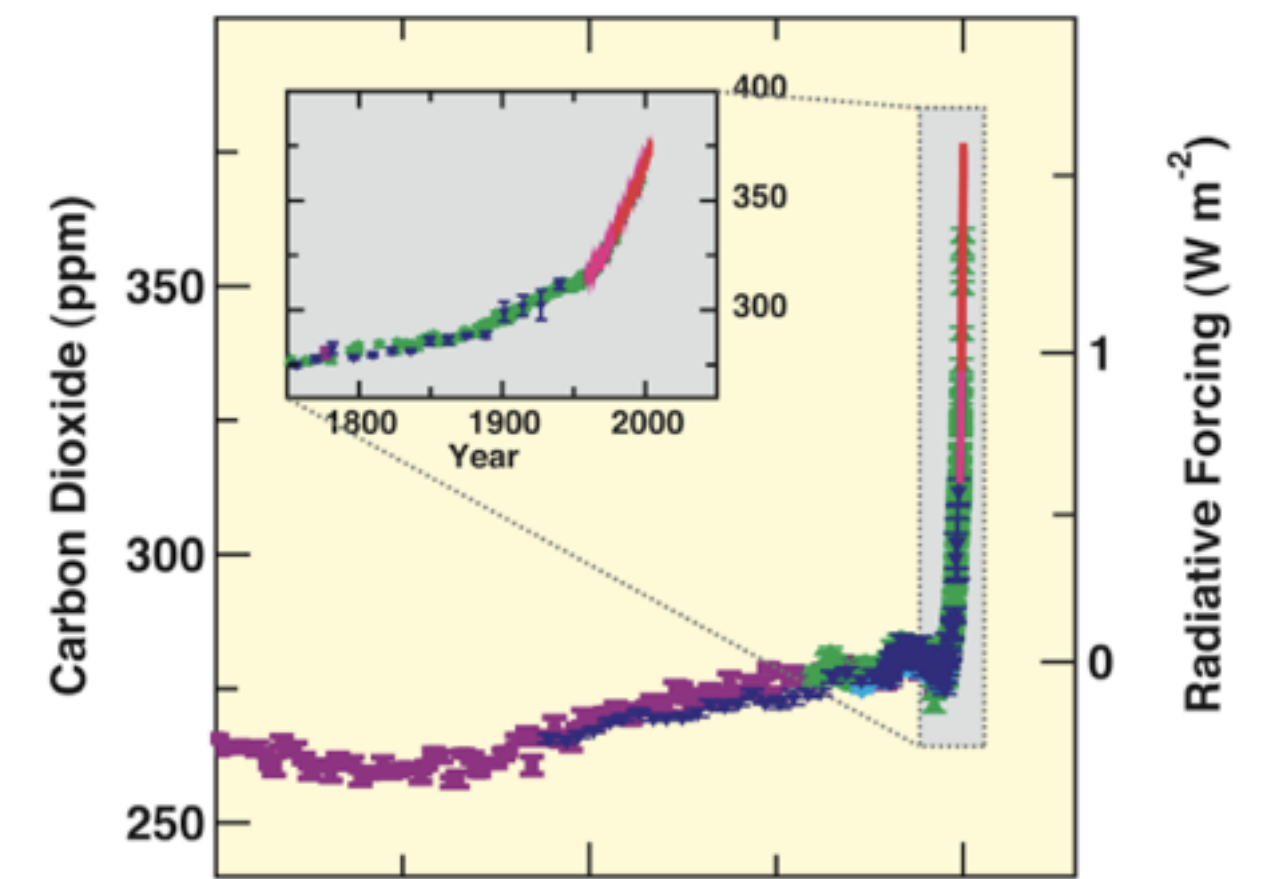
Anstieg der CO₂-Konzentration

Volle Messreihe seit
1958 – Zunahme auf
fast 420 ppm:

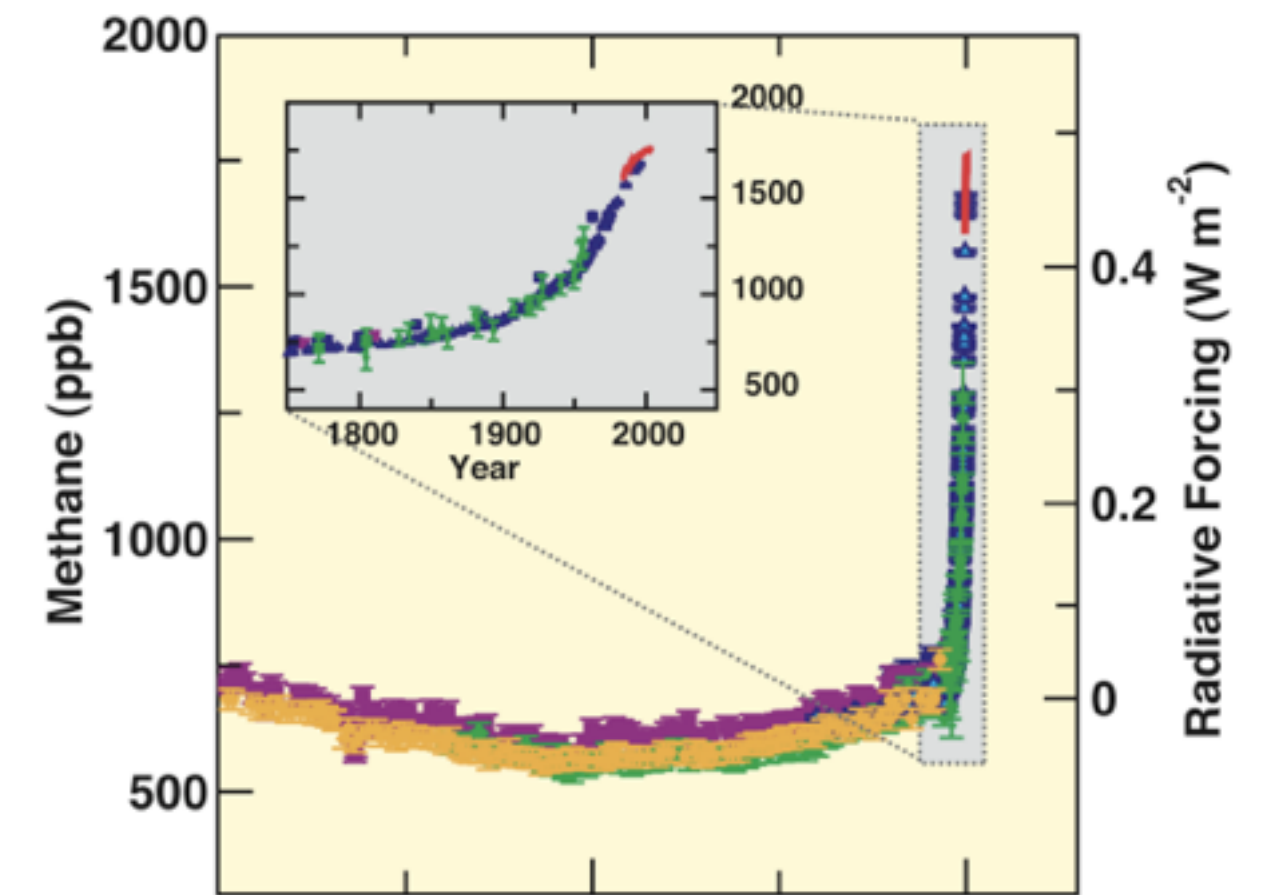


Treibhausgase über 10.000 Jahre

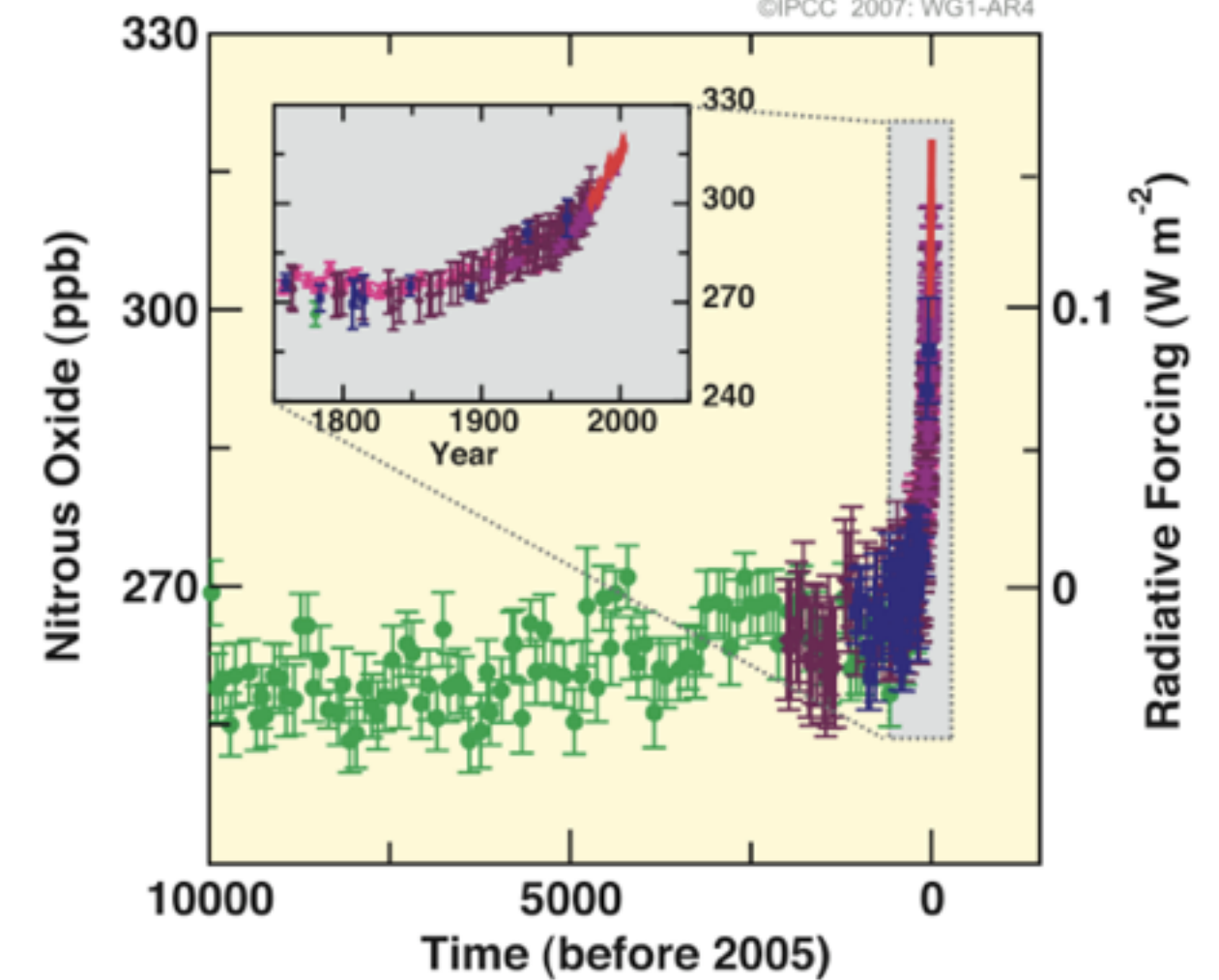
CO₂



CH₄



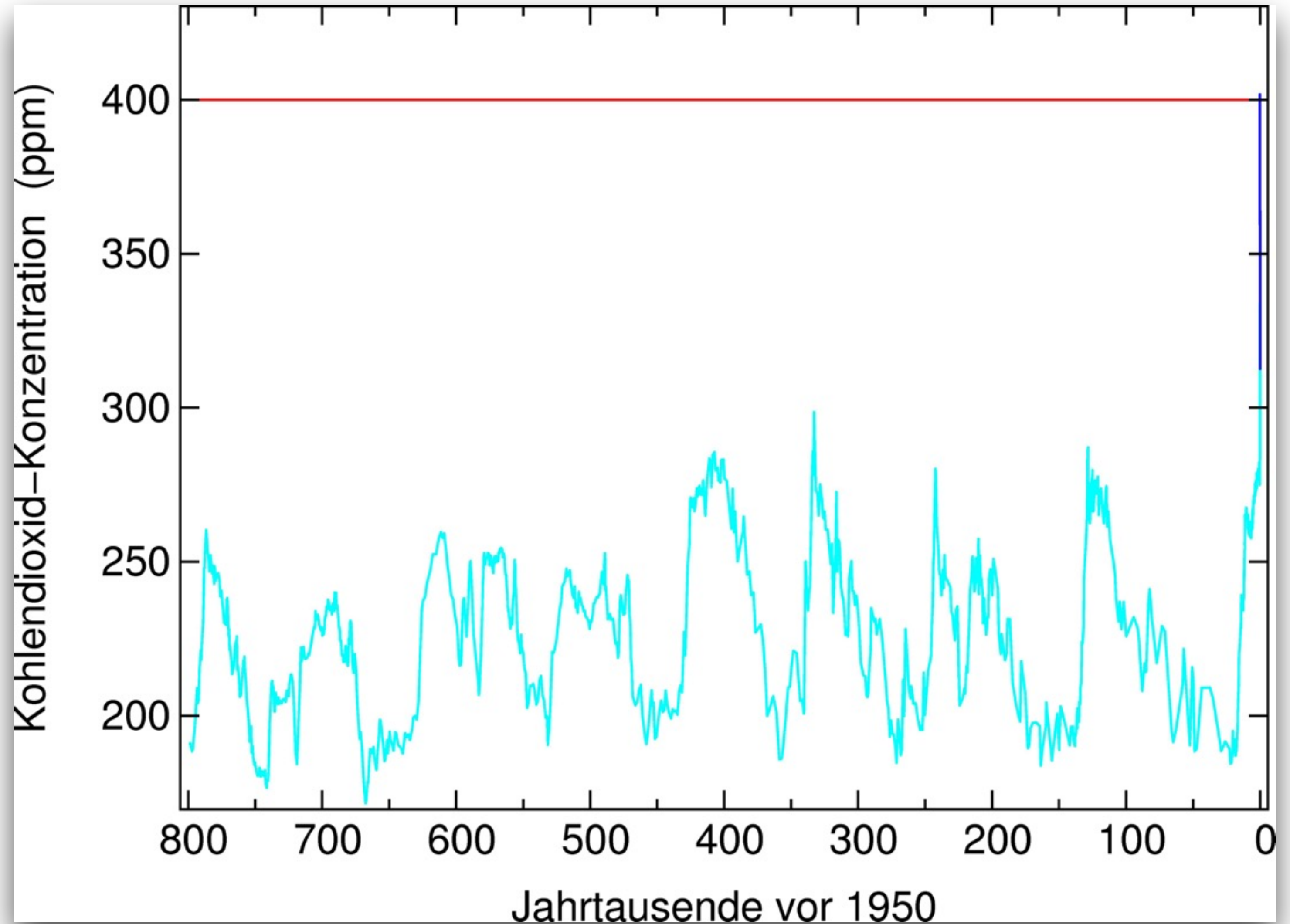
N₂O



Signifikanter Anstieg seit
Beginn der Industrialisierung

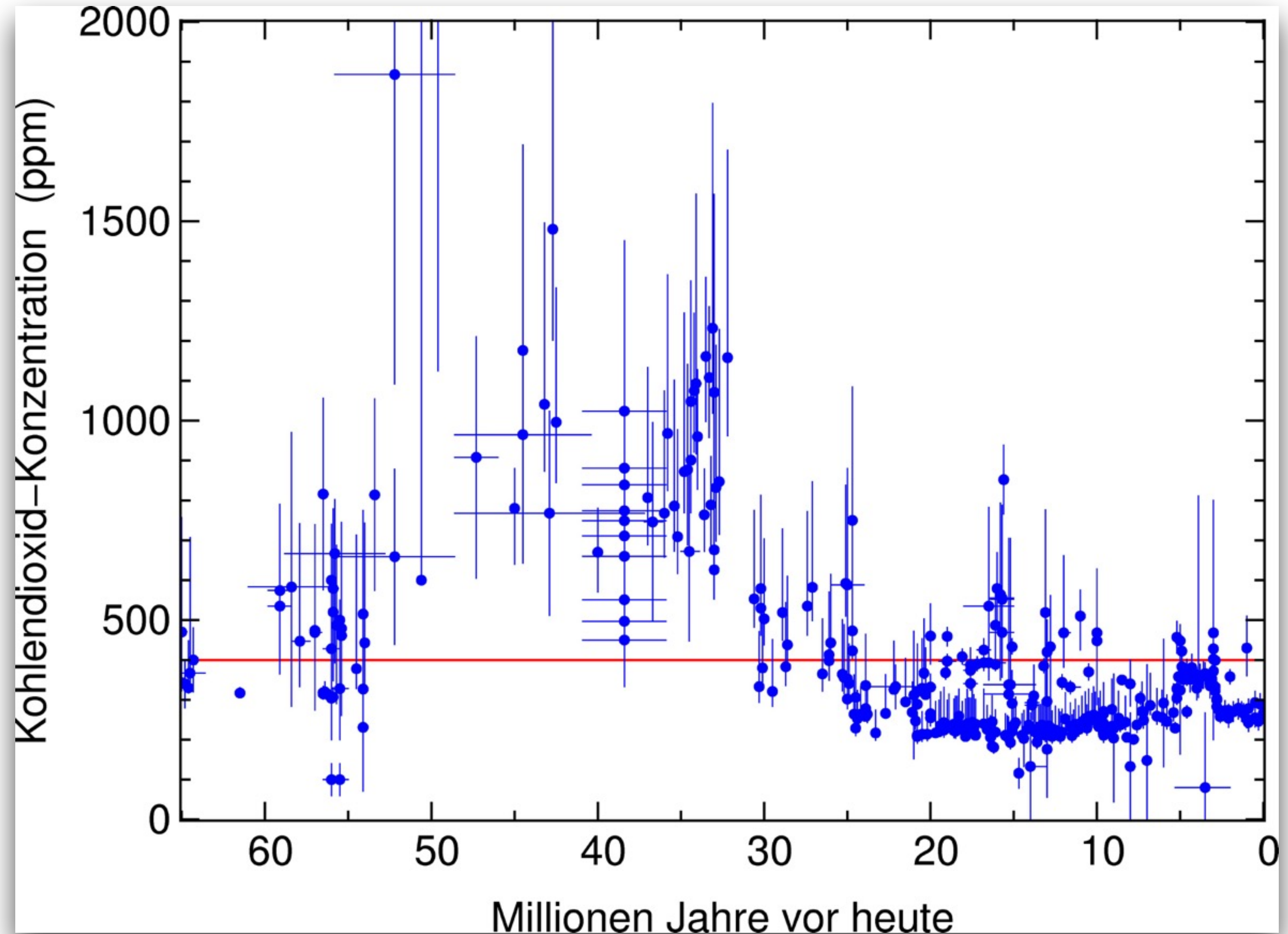
Anstieg der CO₂-Konzentration

400 ppm im Kontext der letzten 800.000 Jahre...



Anstieg der CO₂-Konzentration

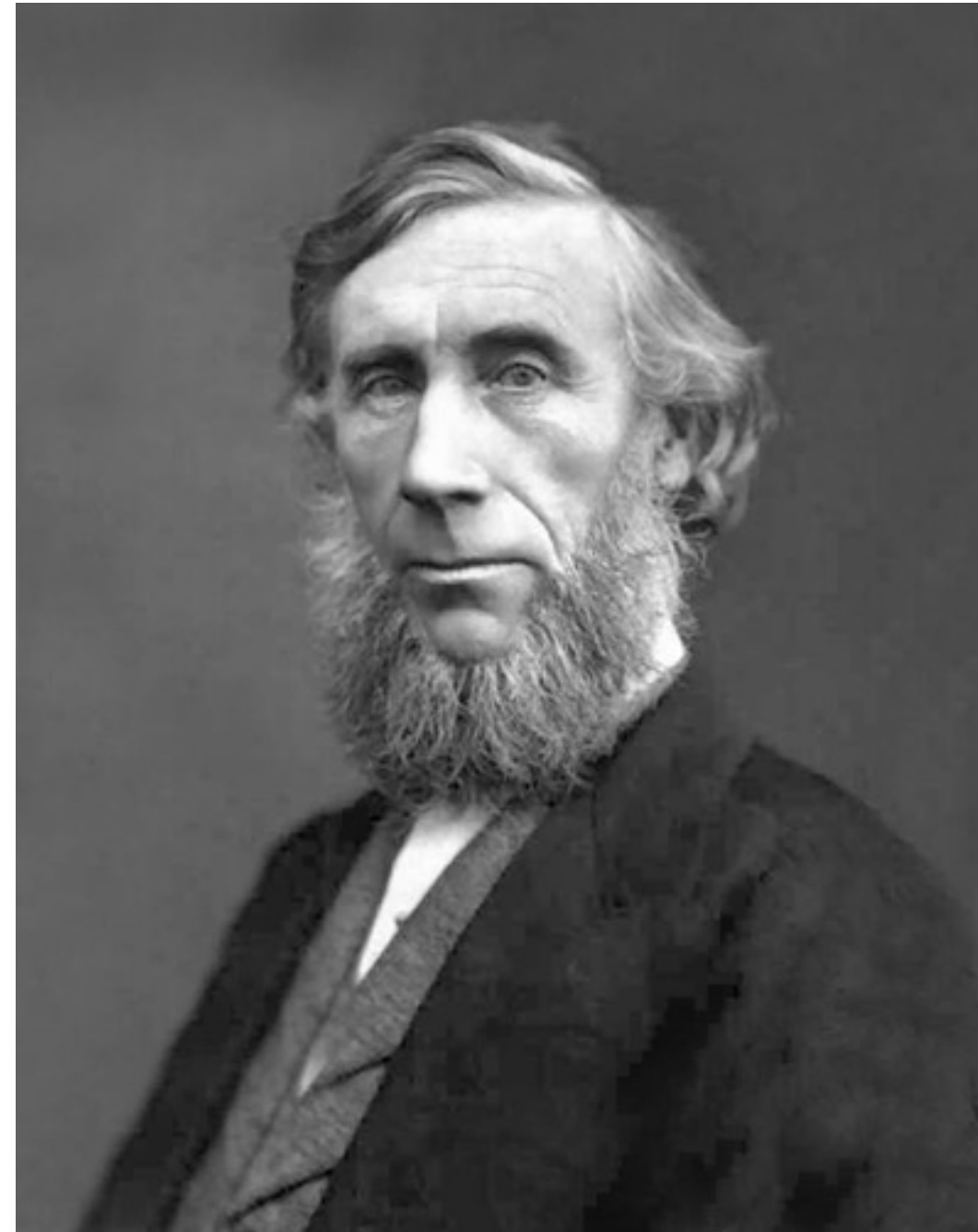
... und der letzten 66
Millionen Jahre:



Treibhauseffekt



Joseph Fourier
(1768–1830)

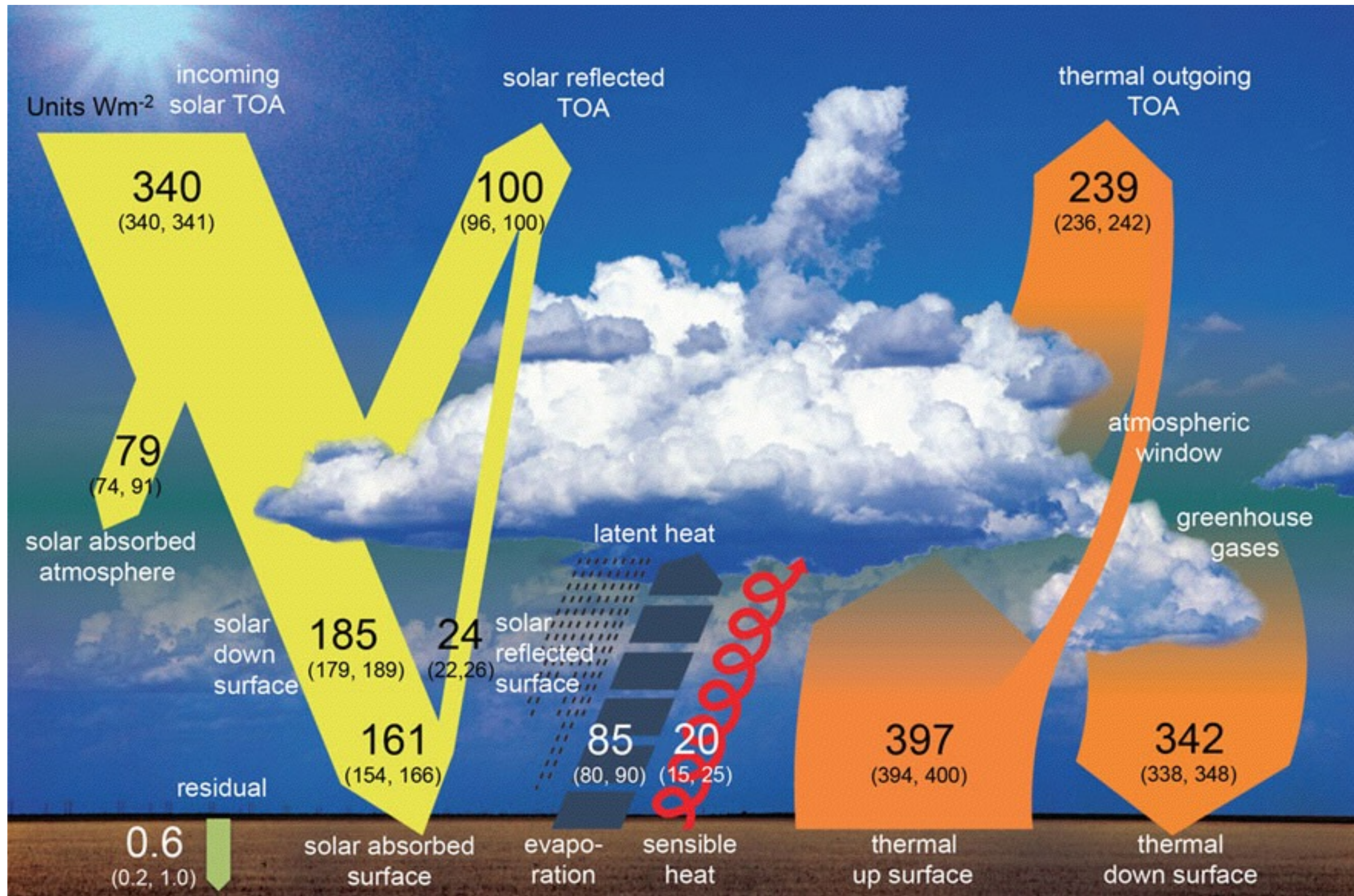


John Tyndall
(1820–1893)



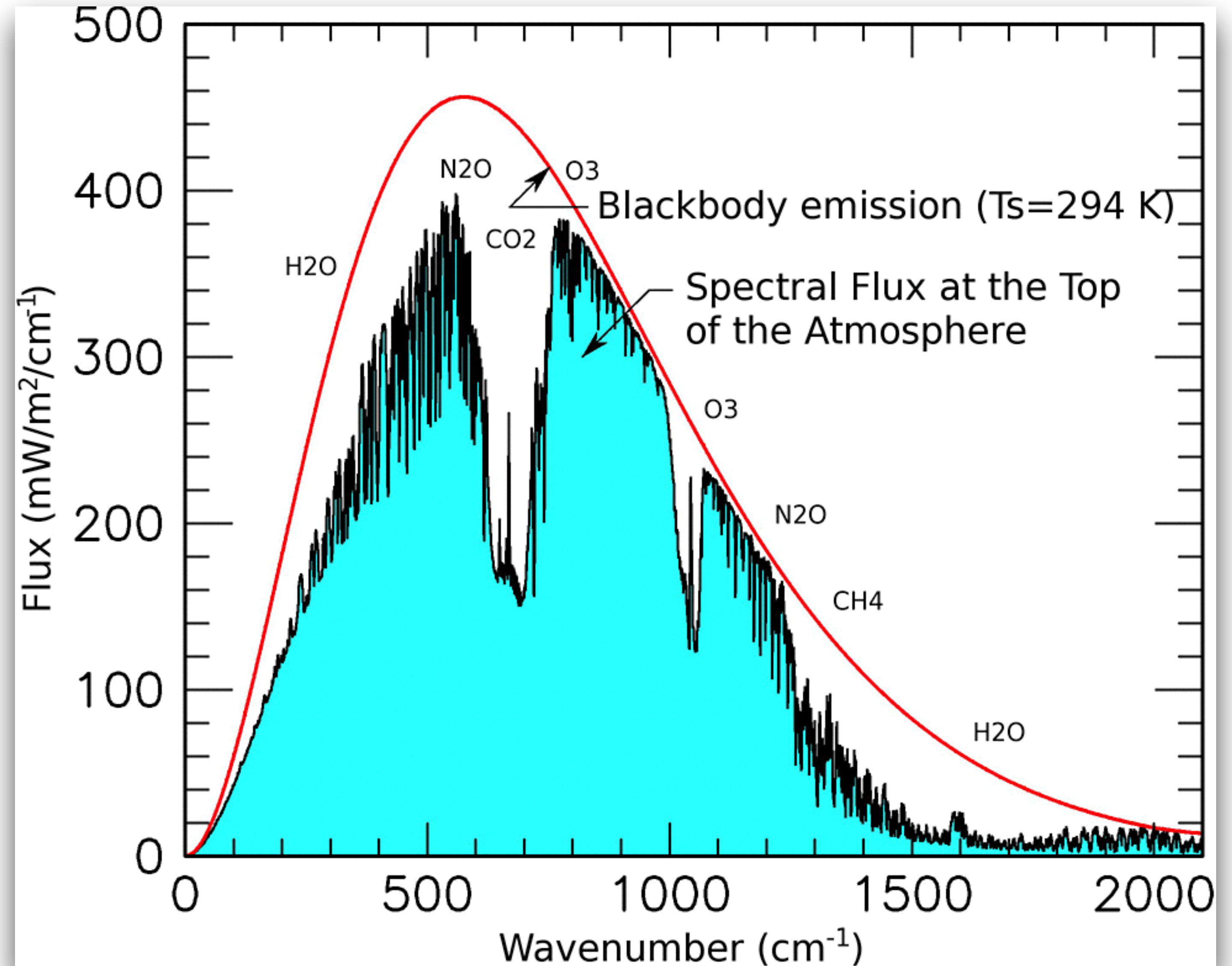
Svante Arrhenius
(1859–1927)

Energiebilanz des Klimasystems



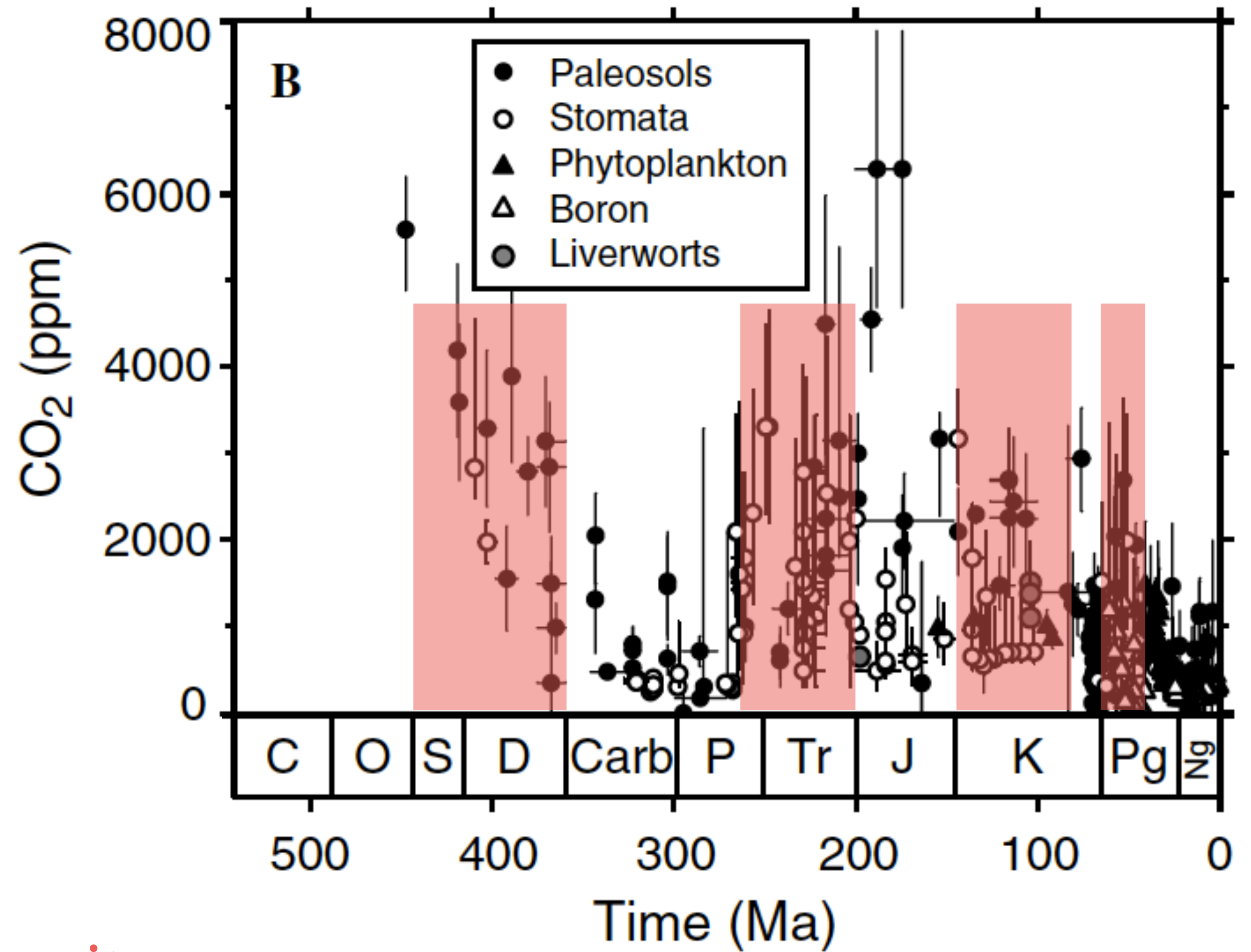
Treibhauseffekt

von Satelliten gemessene
Abstrahlung der Erdoberfläche:



CO₂ und Klima in der Erdgeschichte

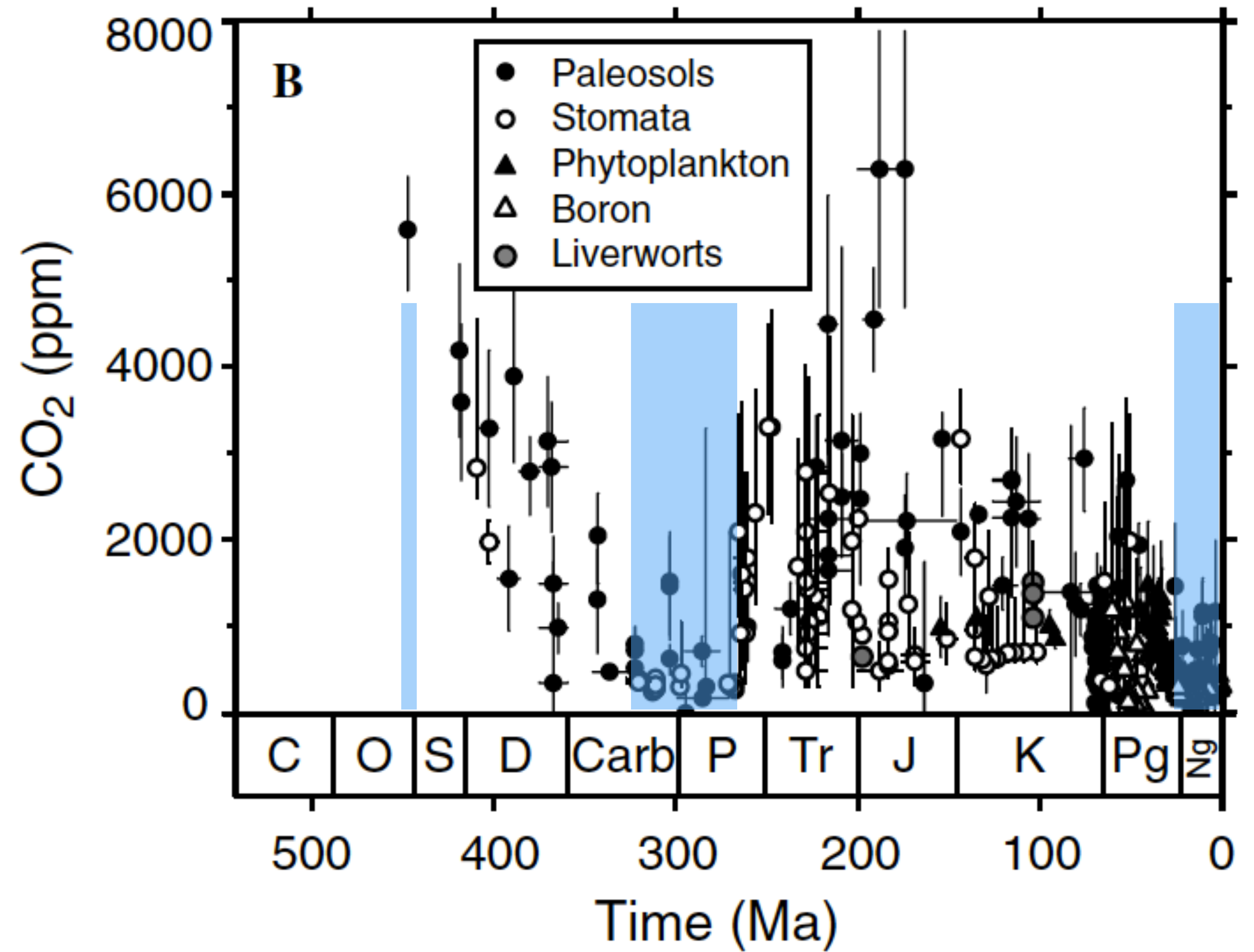
Zeitintervalle mit viel CO₂ in der Atmosphäre sind warm...



Warmzeiten

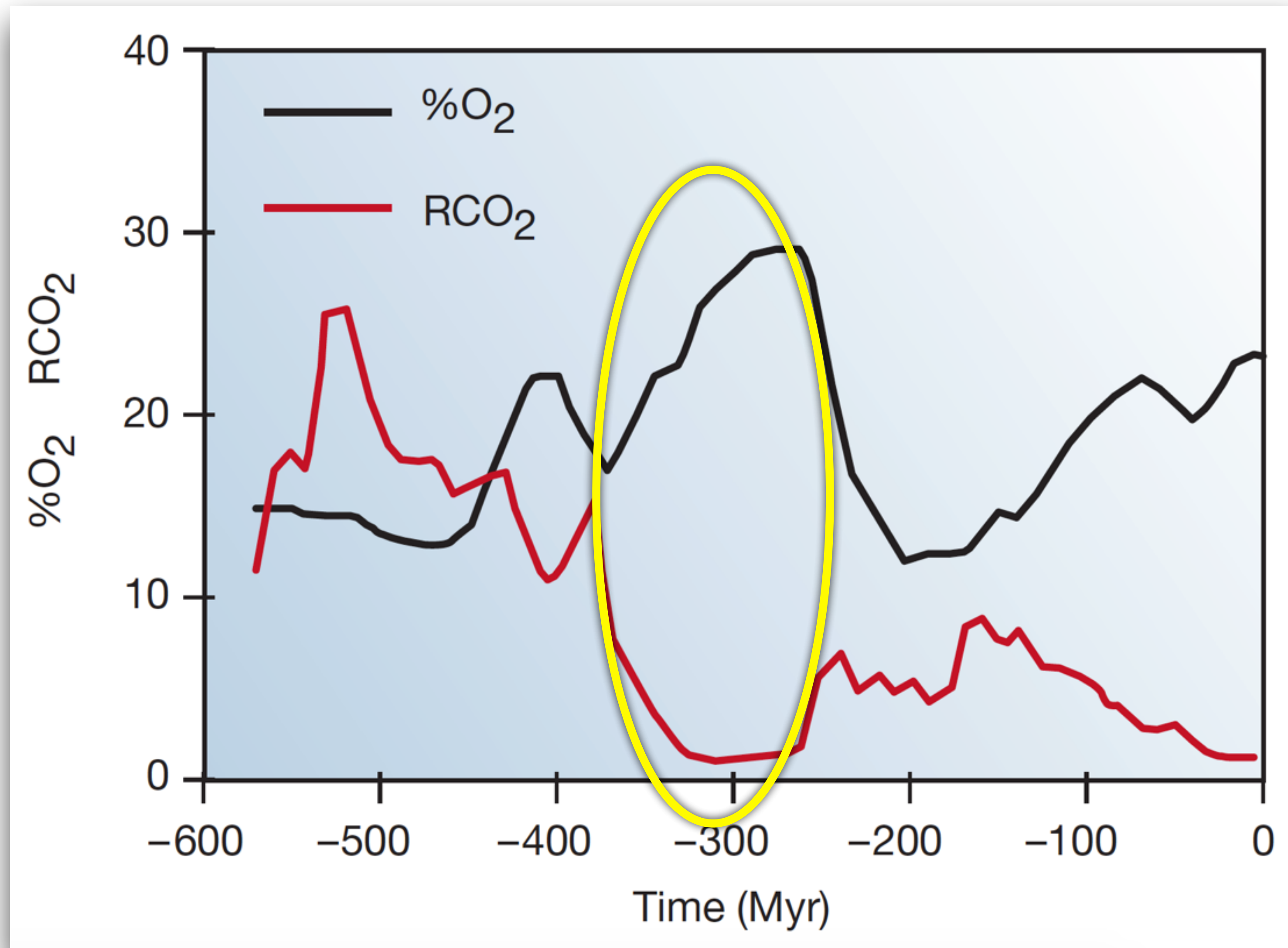
CO₂ und Klima in der Erdgeschichte

... während Epochen mit wenig CO₂ mit Eiszeitaltern zusammenfallen:

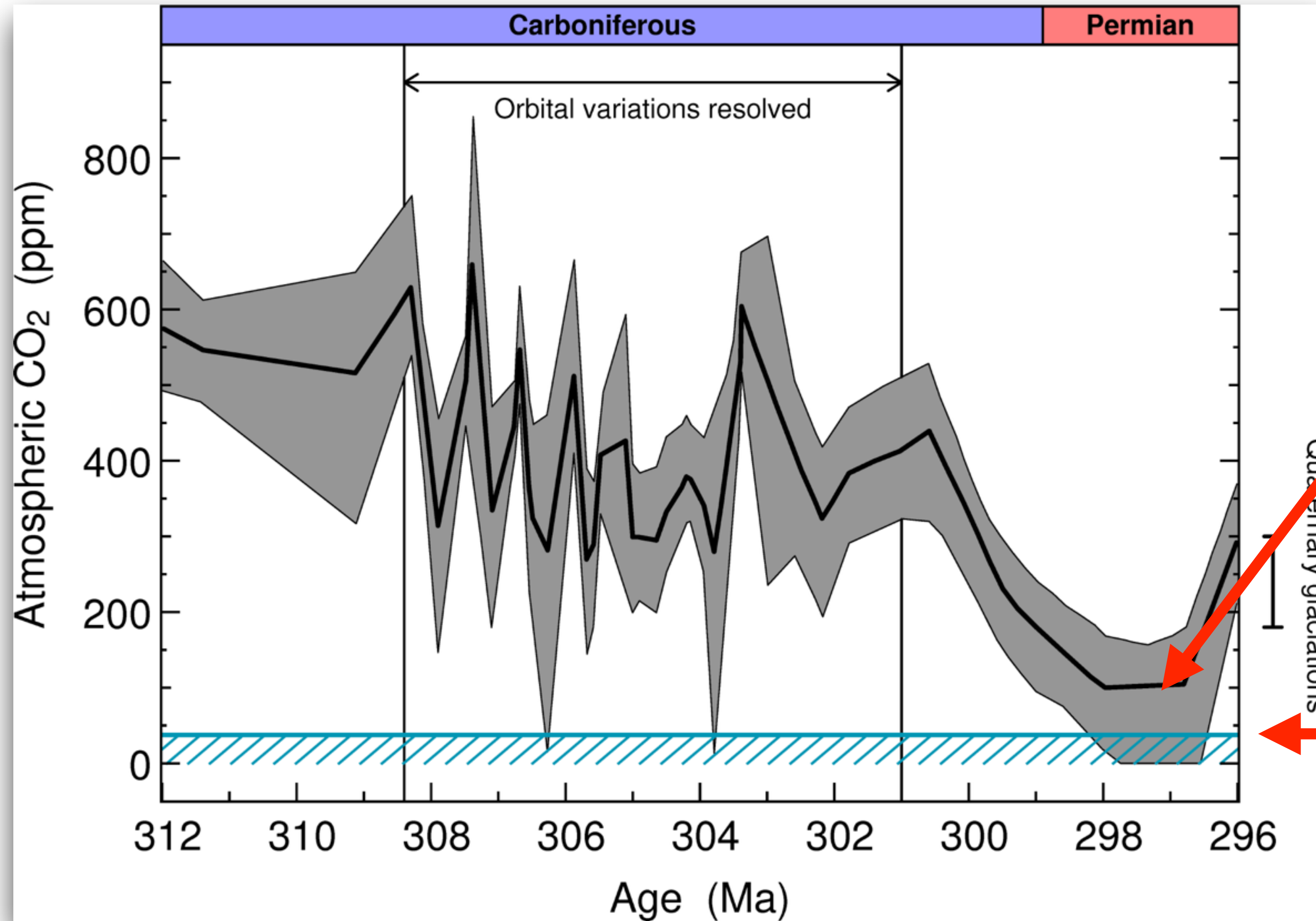


Vereisungen

Kohlebildung und Vereisung



Kohlebildung und Vereisung

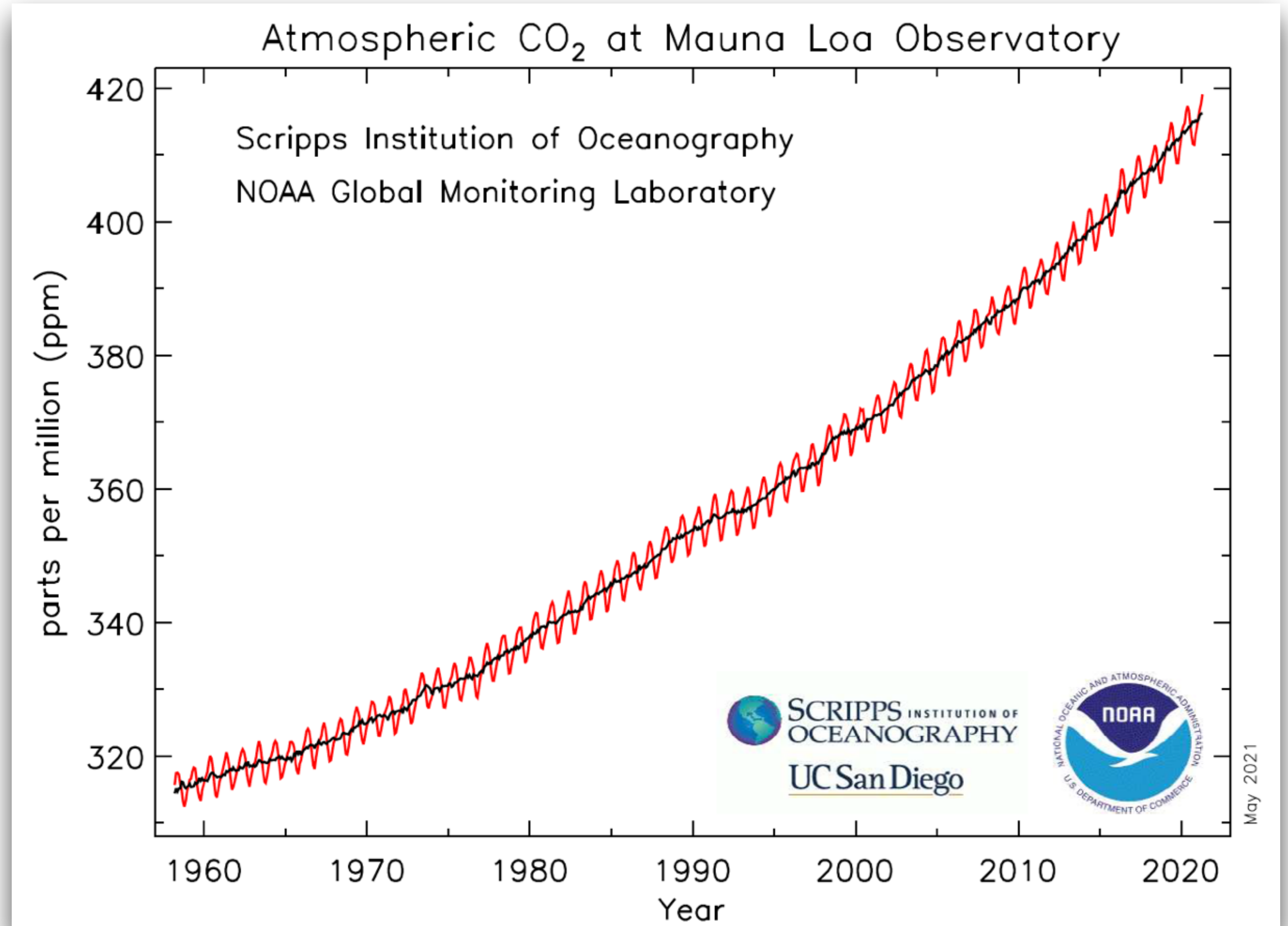


CO₂ bei nur 100 ppm

Grenze für globale Vereisung

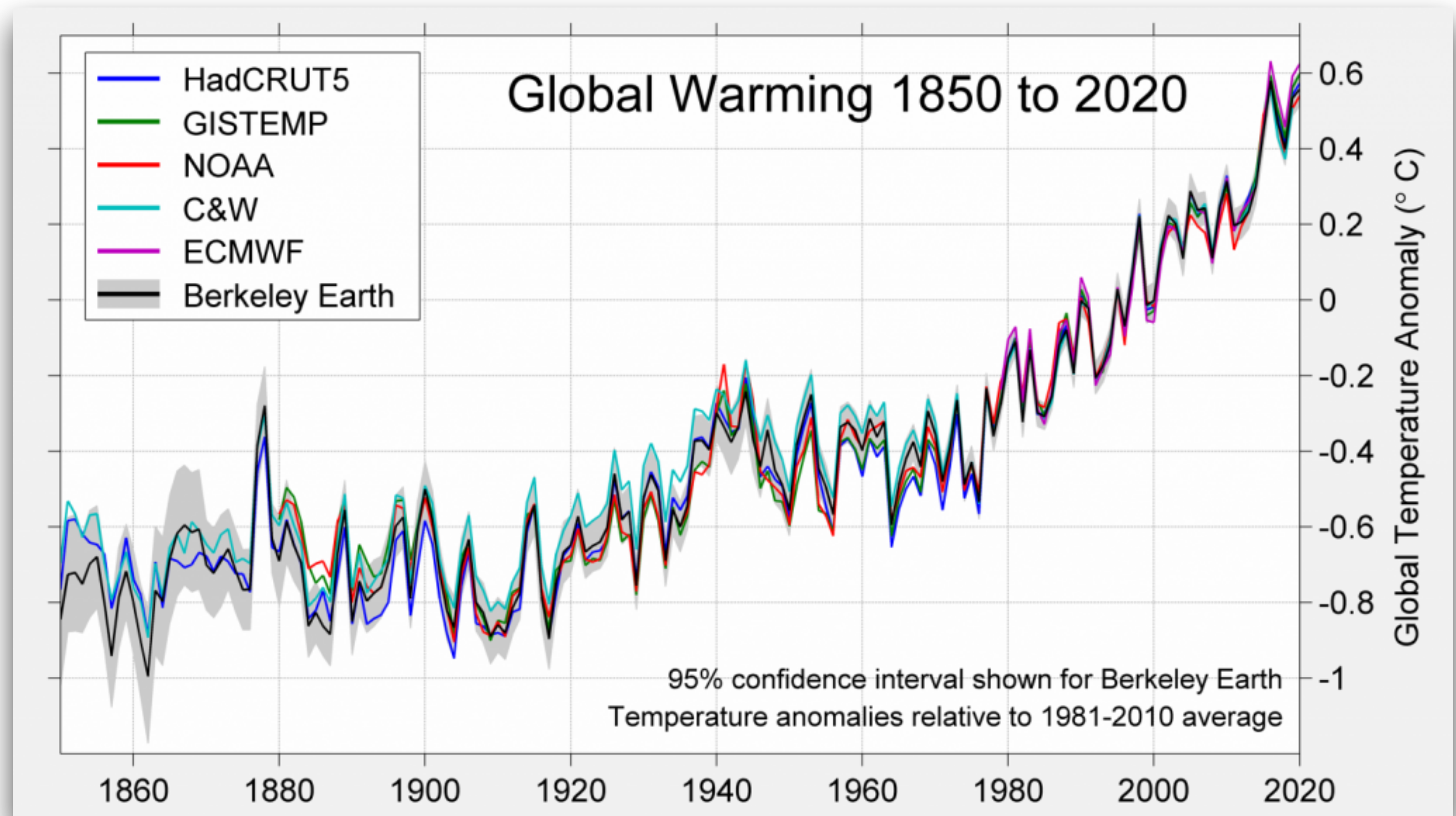
Anstieg der CO₂-Konzentration

Volle Messreihe seit
1958 – Zunahme auf
fast 420 ppm:



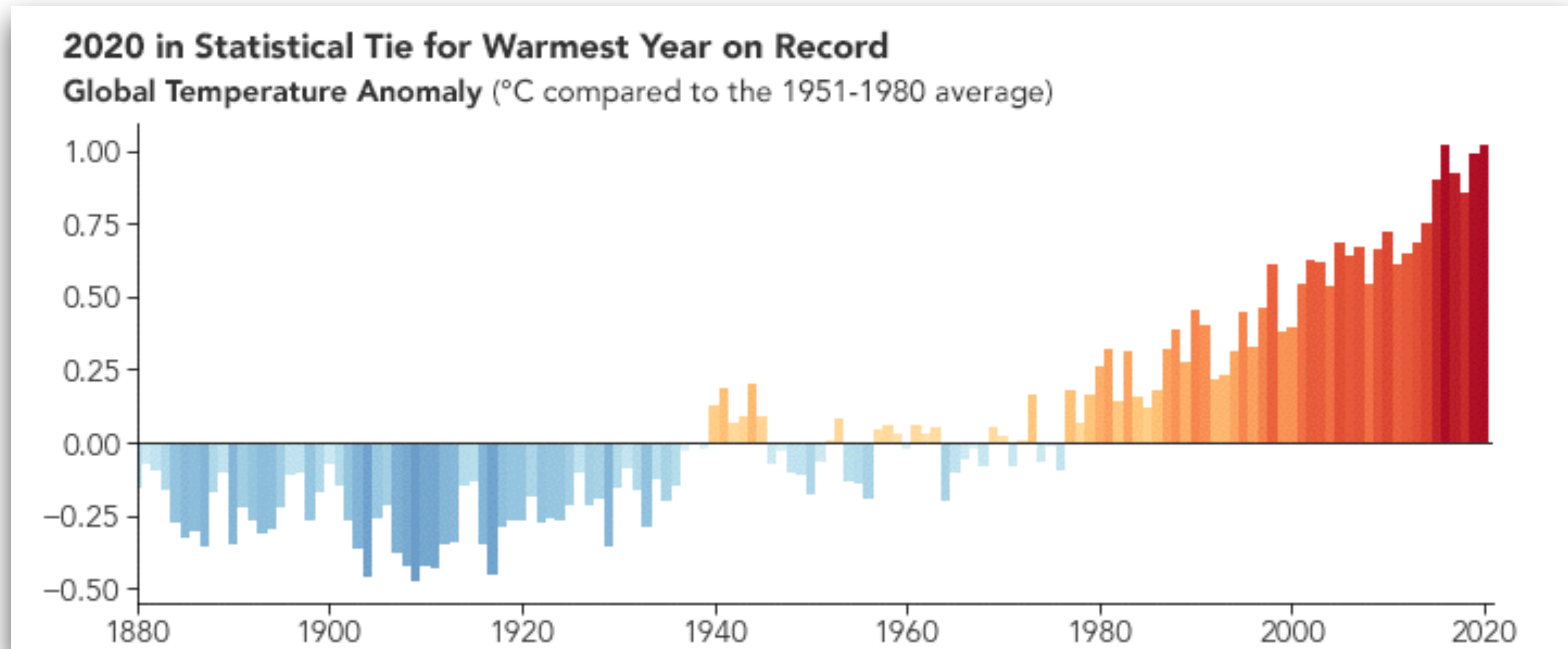
Anstieg der globalen Temperatur

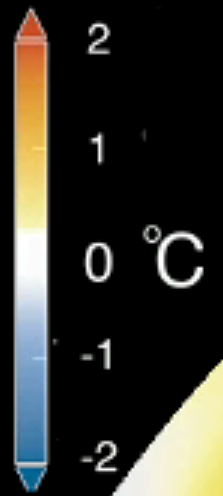
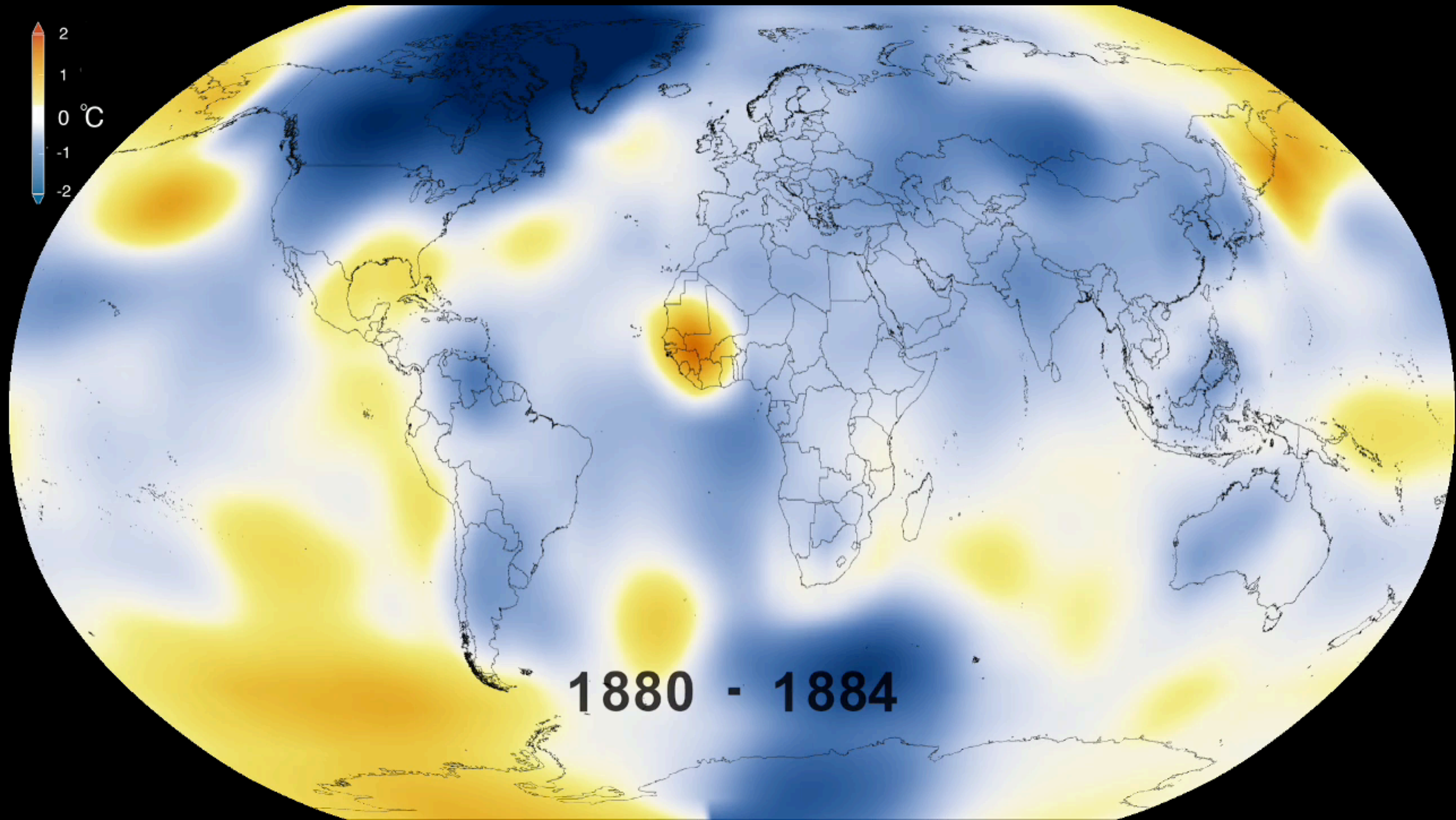
Globale Mitteltemperatur aus Daten von Wetterstationen:



Anstieg der globalen Temperatur

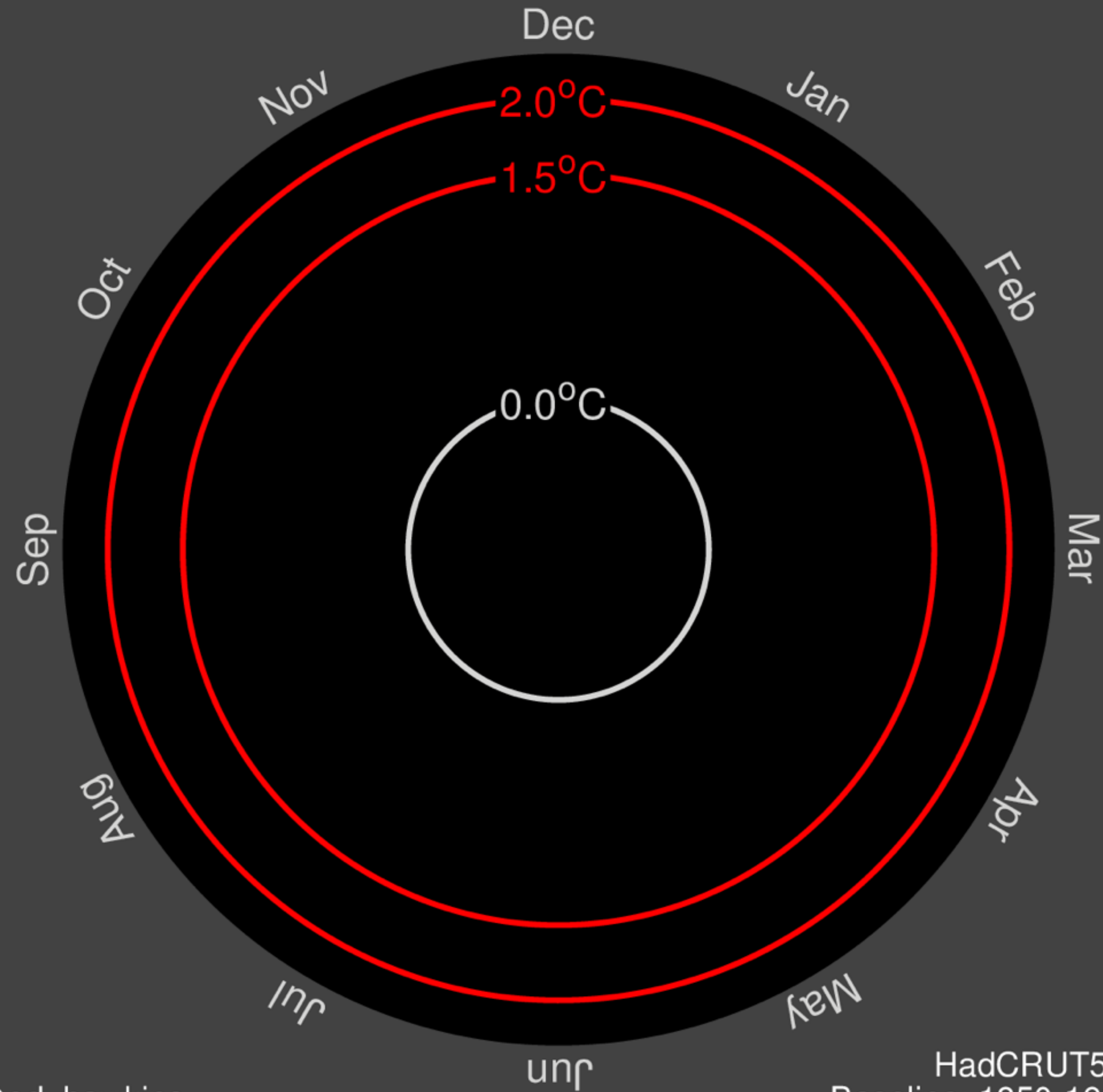
10 wärmste Jahre fallen alle in das 21. Jahrhundert:





1880 - 1884

Global temperature change (1850-2020)



@ed_hawkins

HadCRUT5.0
Baseline: 1850-1900

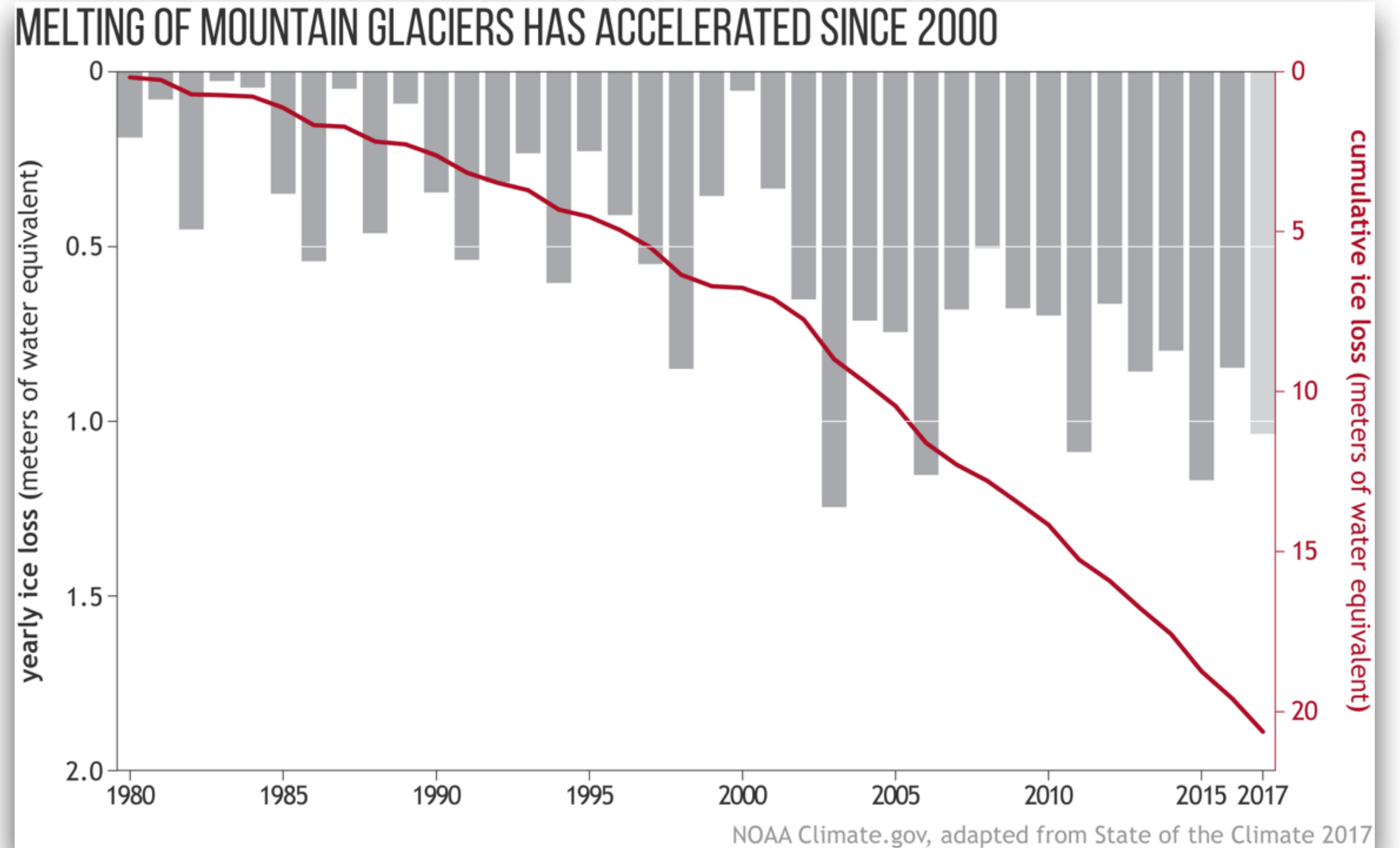
Globale Temperatur 1850–2020

Temperatur Deutschland 1881–2019

Gletscherschmelze

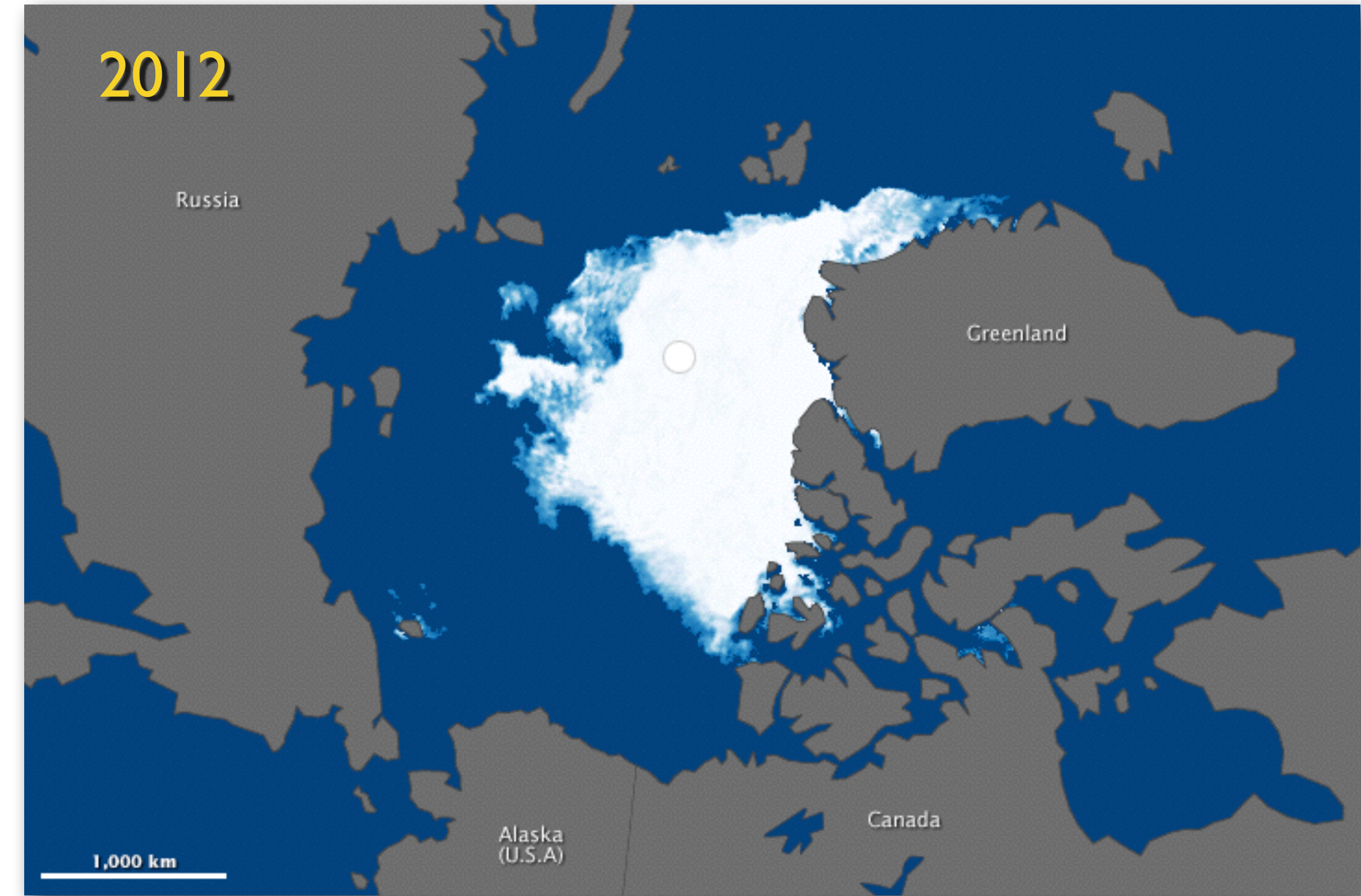
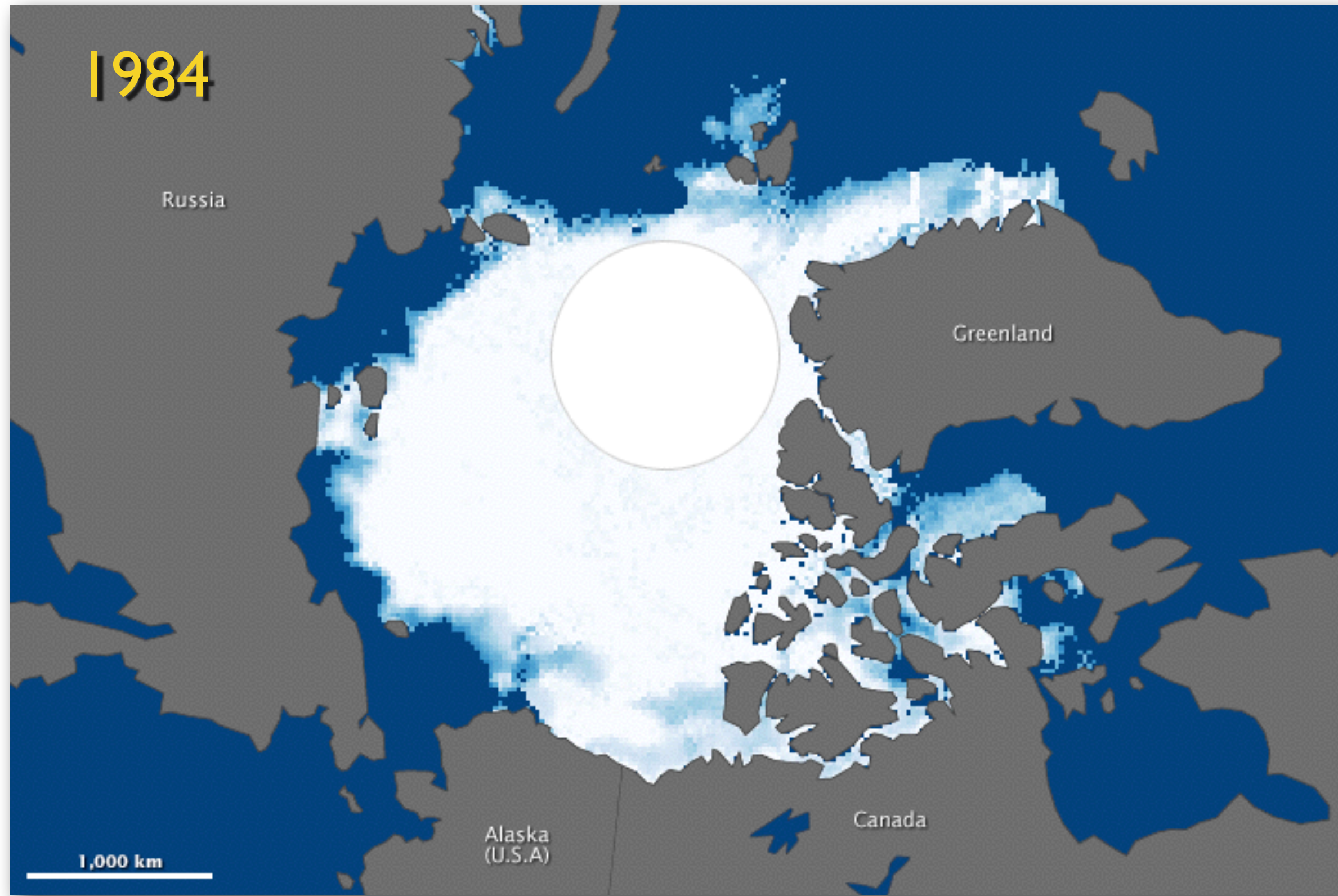


BAdW

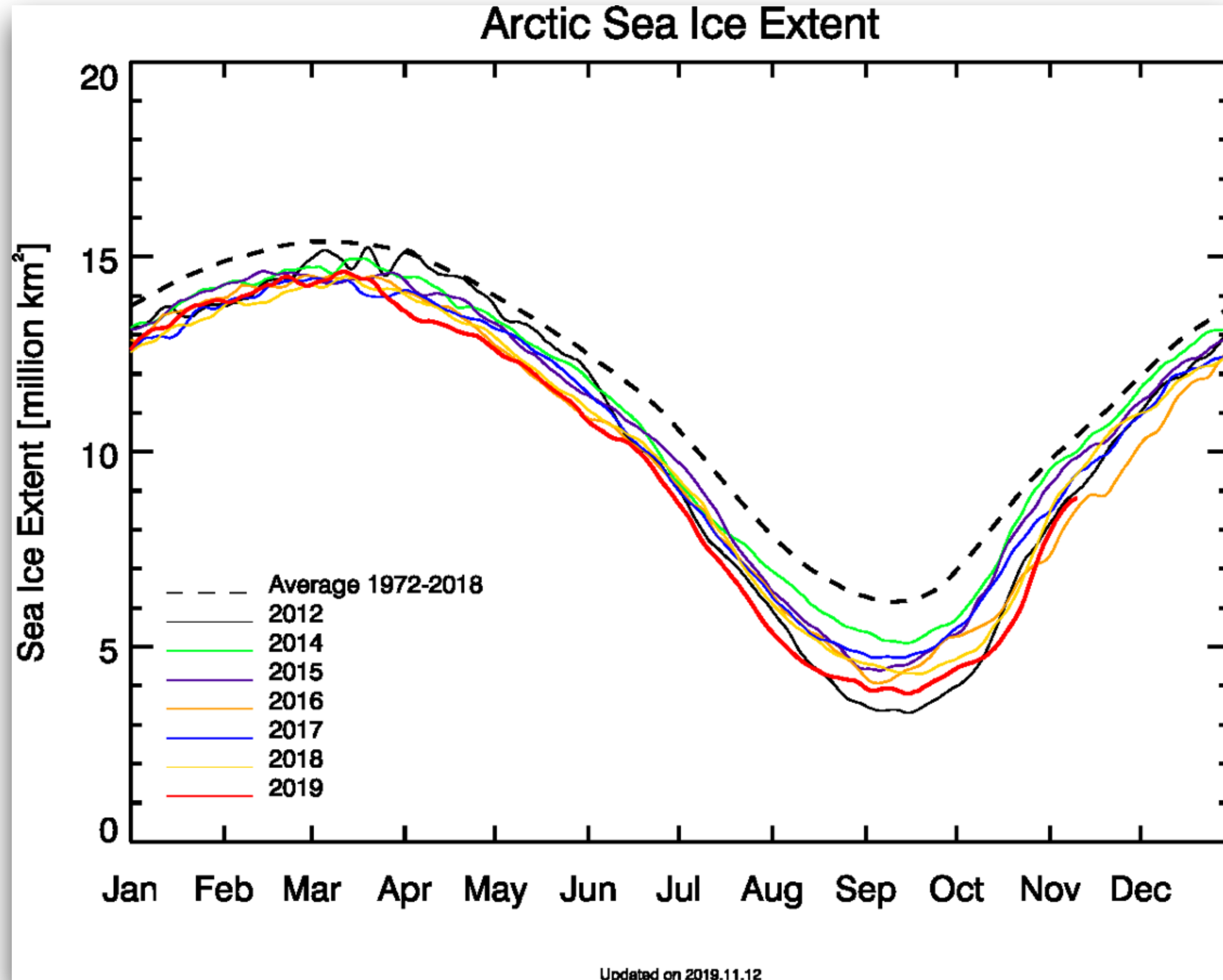


Gletscher weltweit schmelzen ab, besonders stark in den letzten drei Jahrzehnten

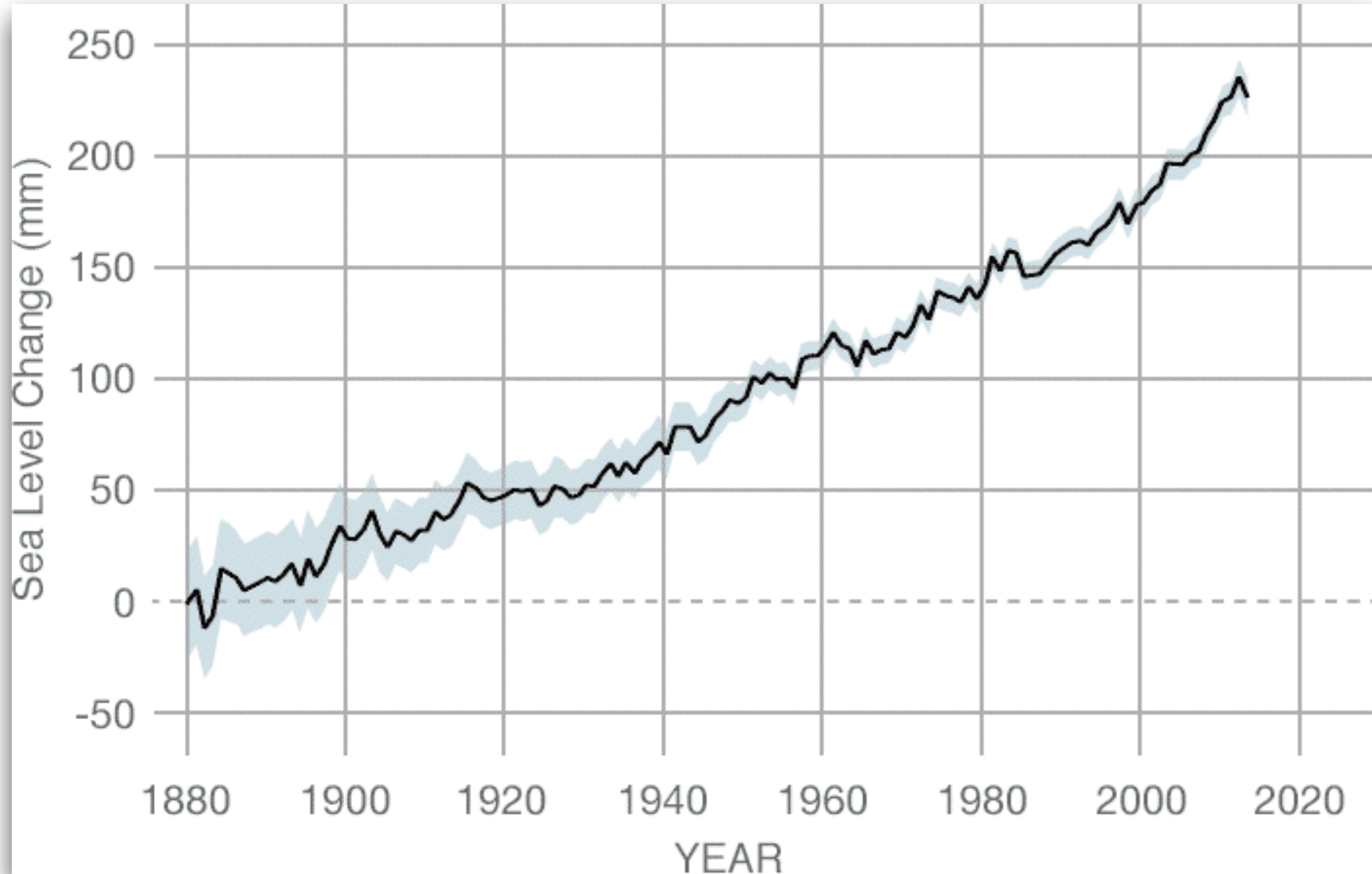
Rückgang des arktischen Meereises



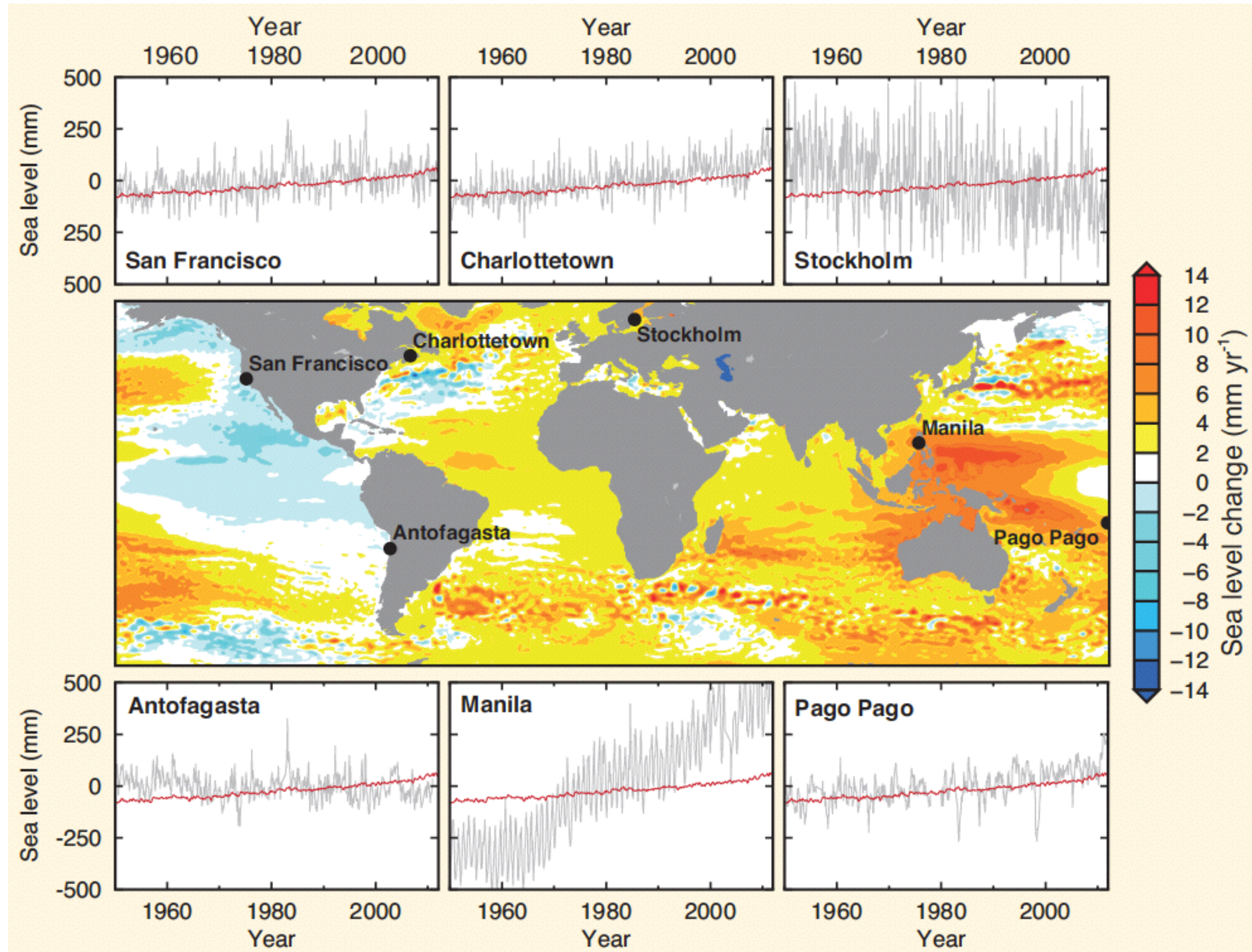
Rückgang des arktischen Meereises



Meeresspiegelanstieg

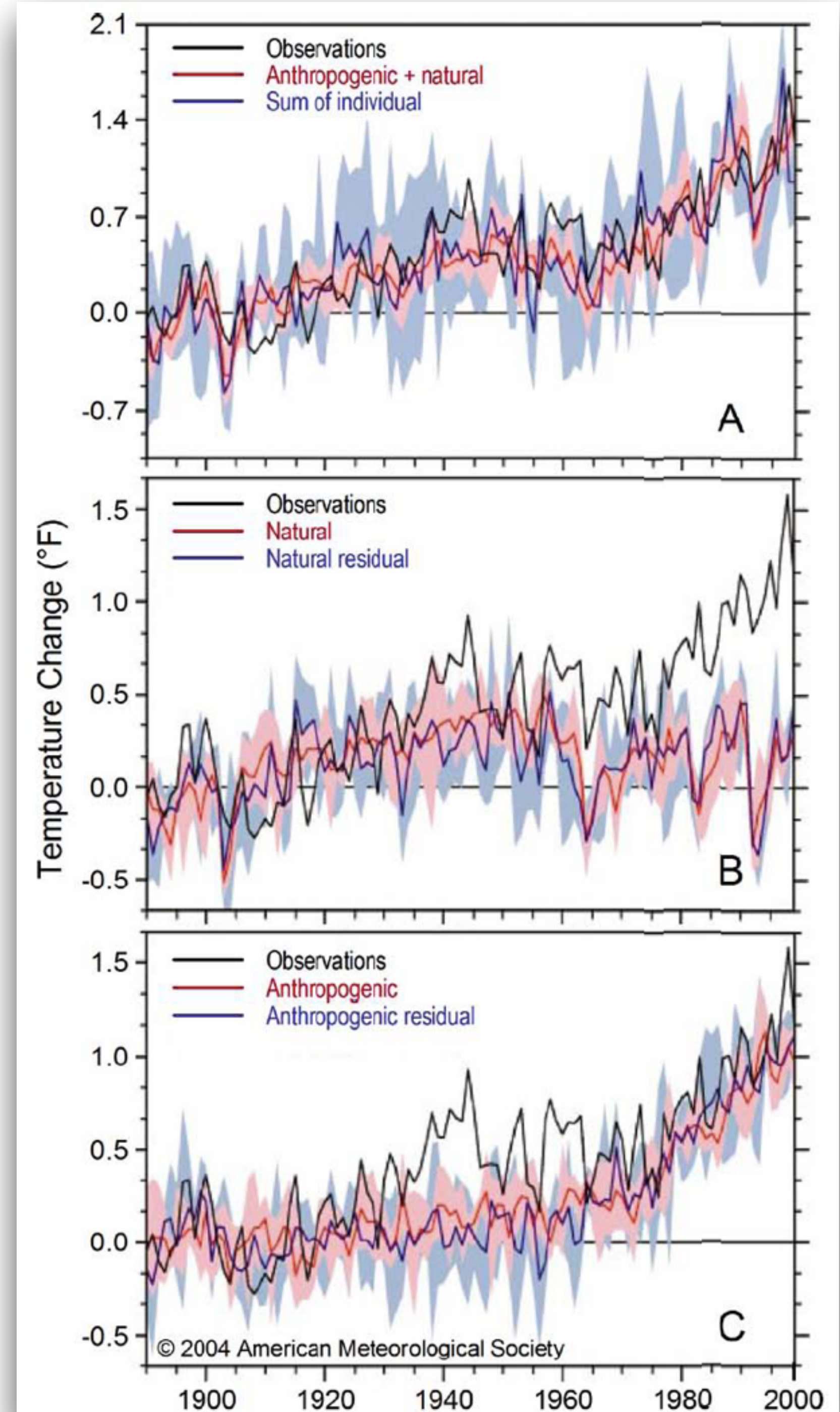


Meeresspiegelanstieg



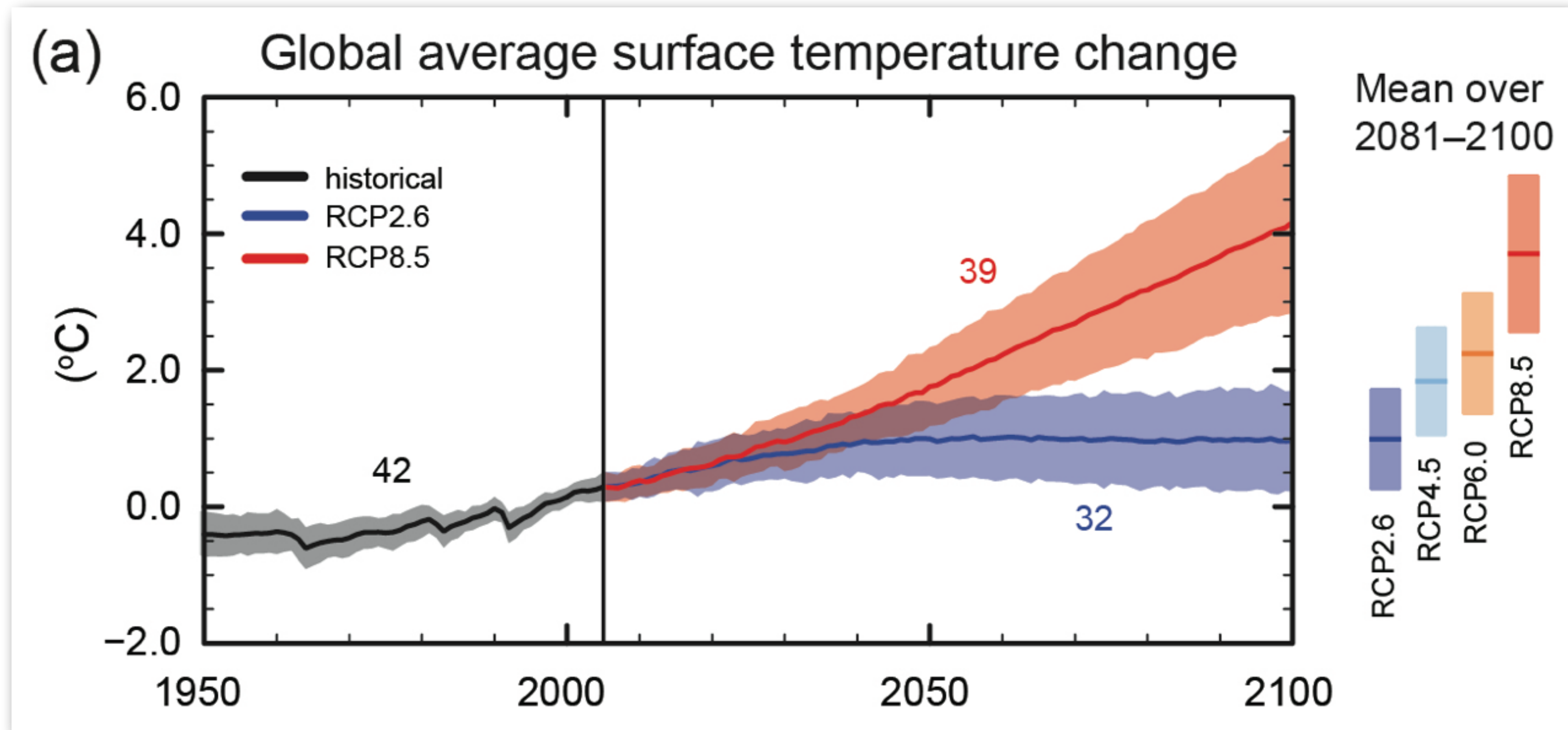
Natürliche vs. anthropogene Faktoren

Natürliche Antriebe allein können den beobachteten Klimawandel nicht erklären



Klimawandel bis 2100

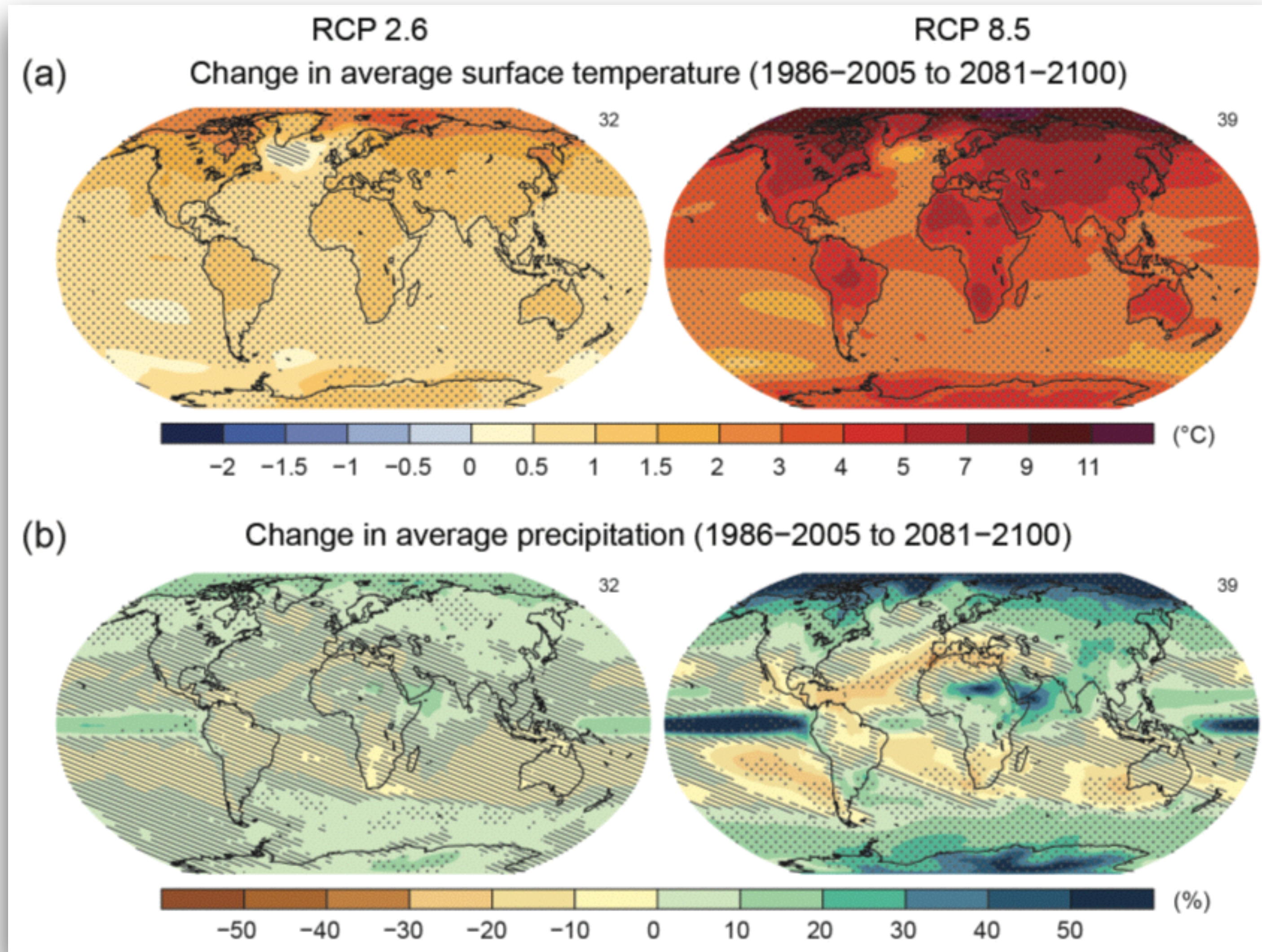
Projektionen für die globale Mitteltemperatur:



IPCC (2013)

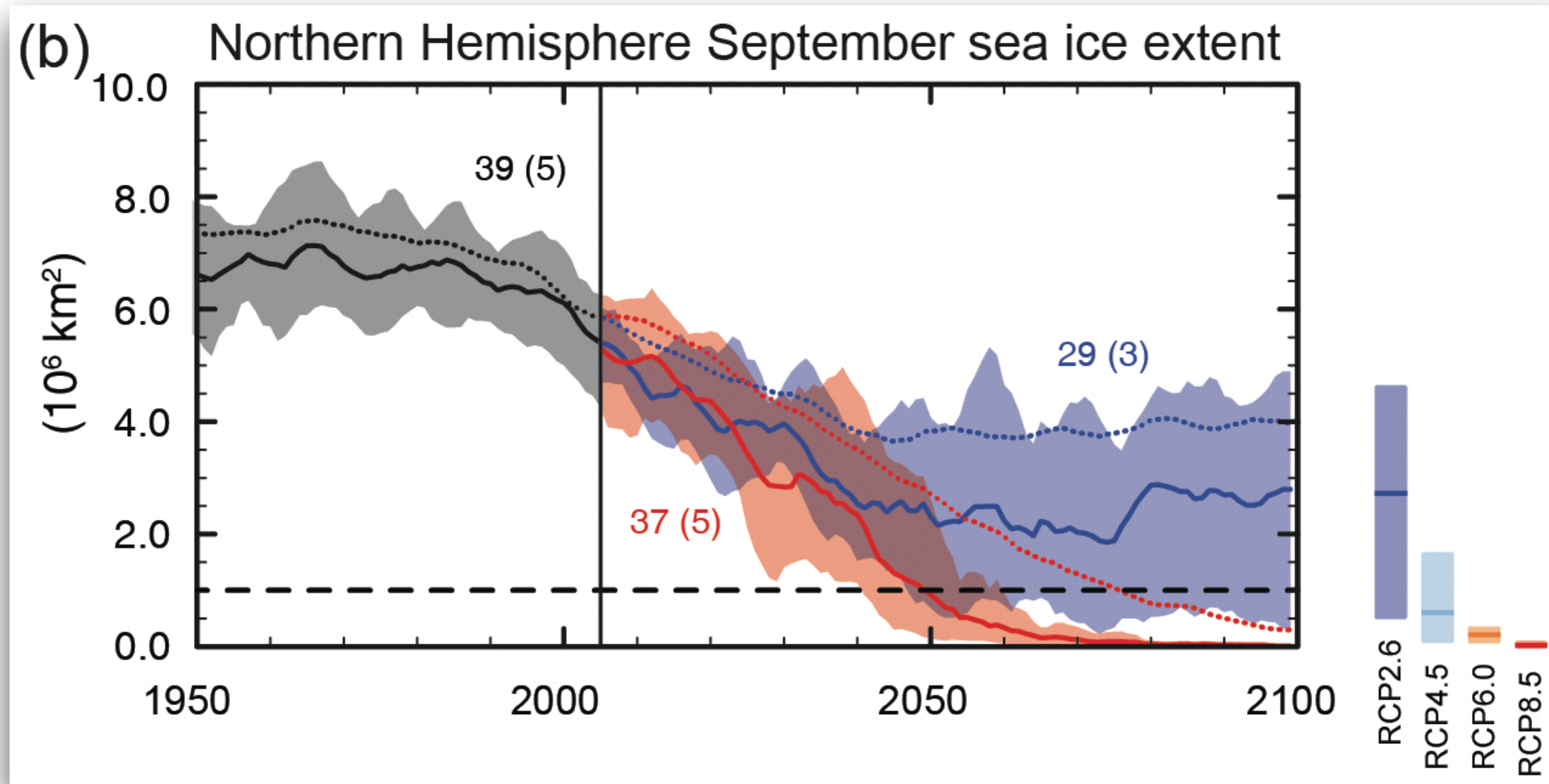
Klimawandel bis 2100

Projektionen für Temperatur und Niederschlag:

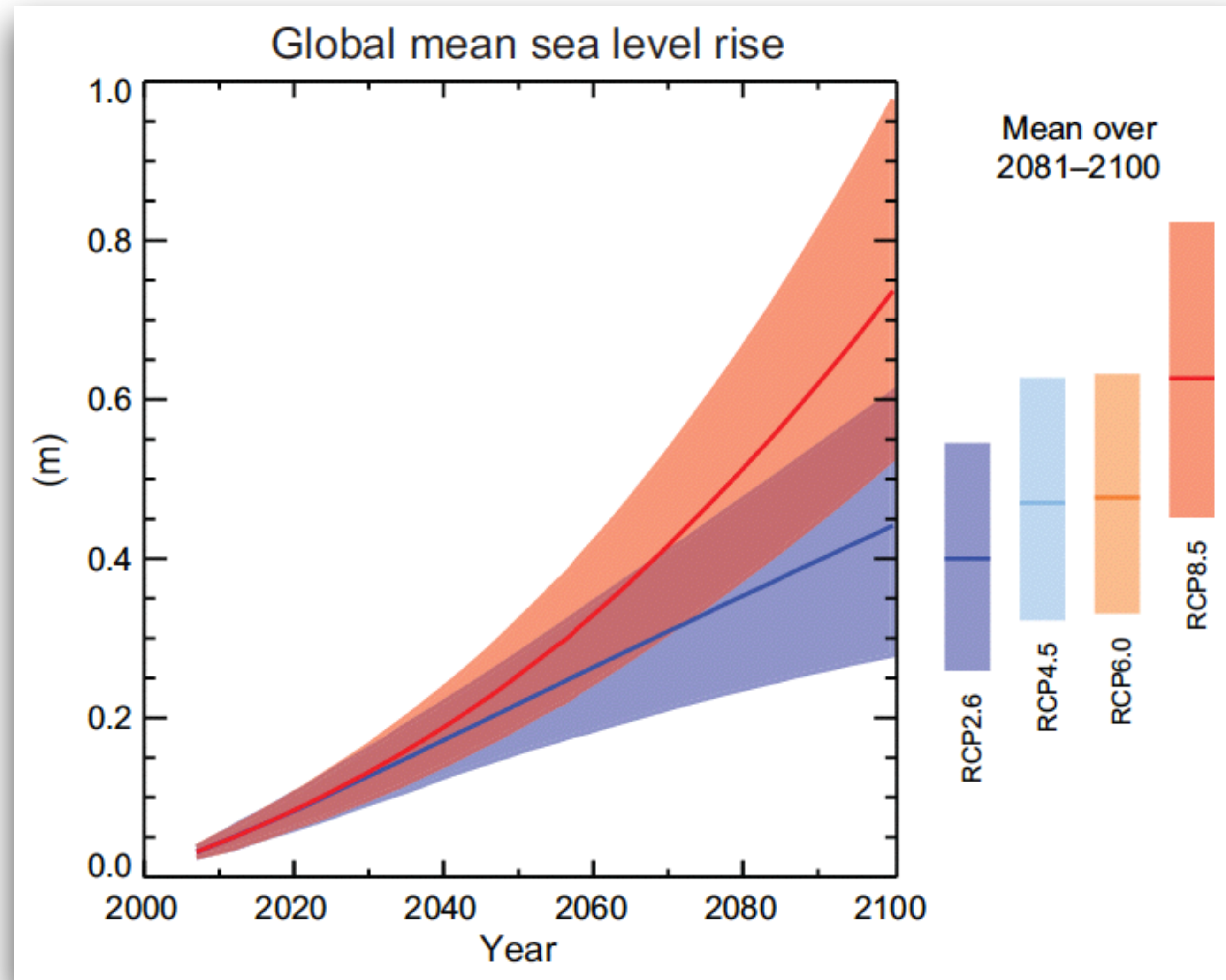


Arktisches Meereis

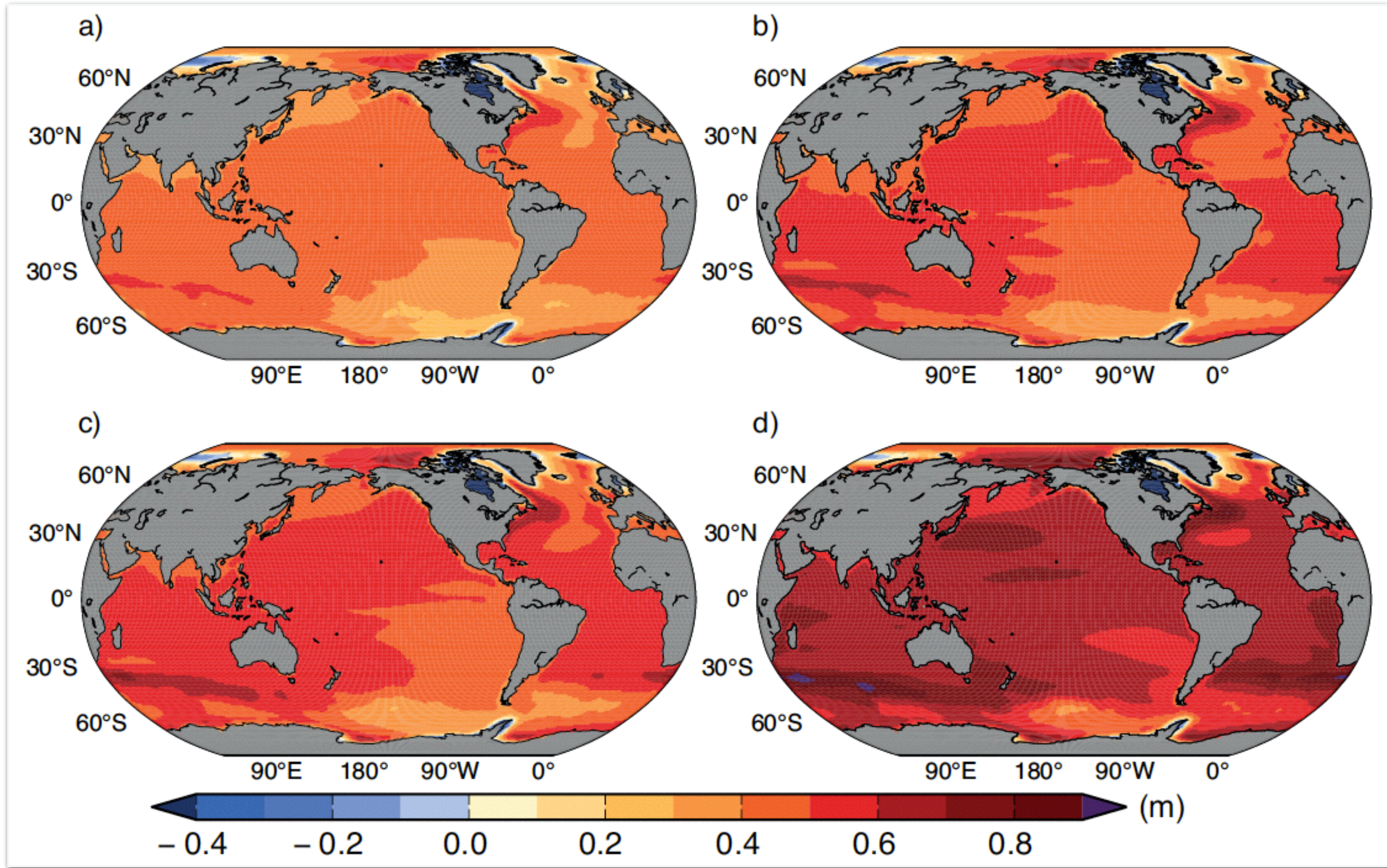
Minimum der arktischen Meereisbedeckung:



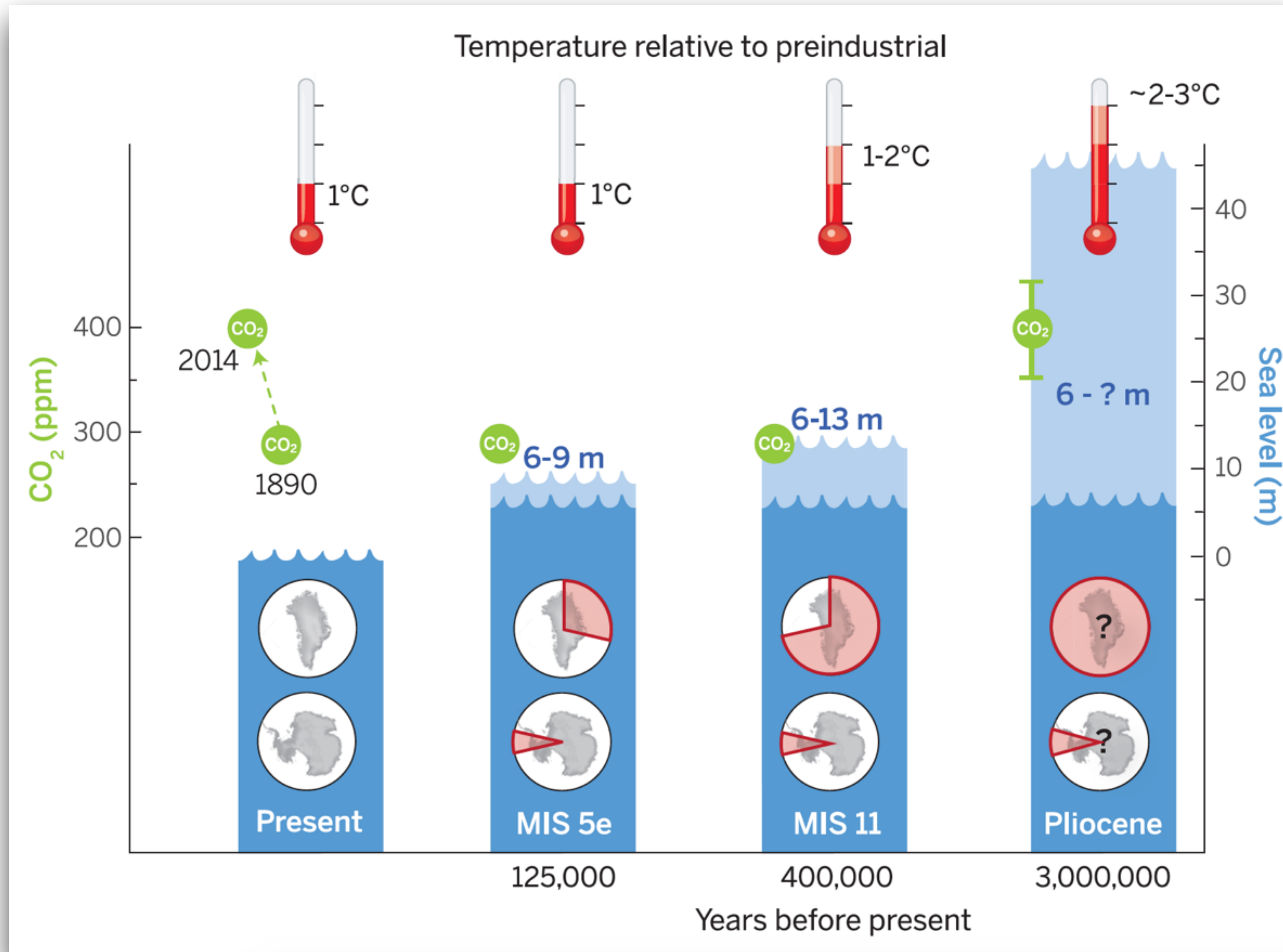
Meeresspiegelanstieg



Meeresspiegelanstieg

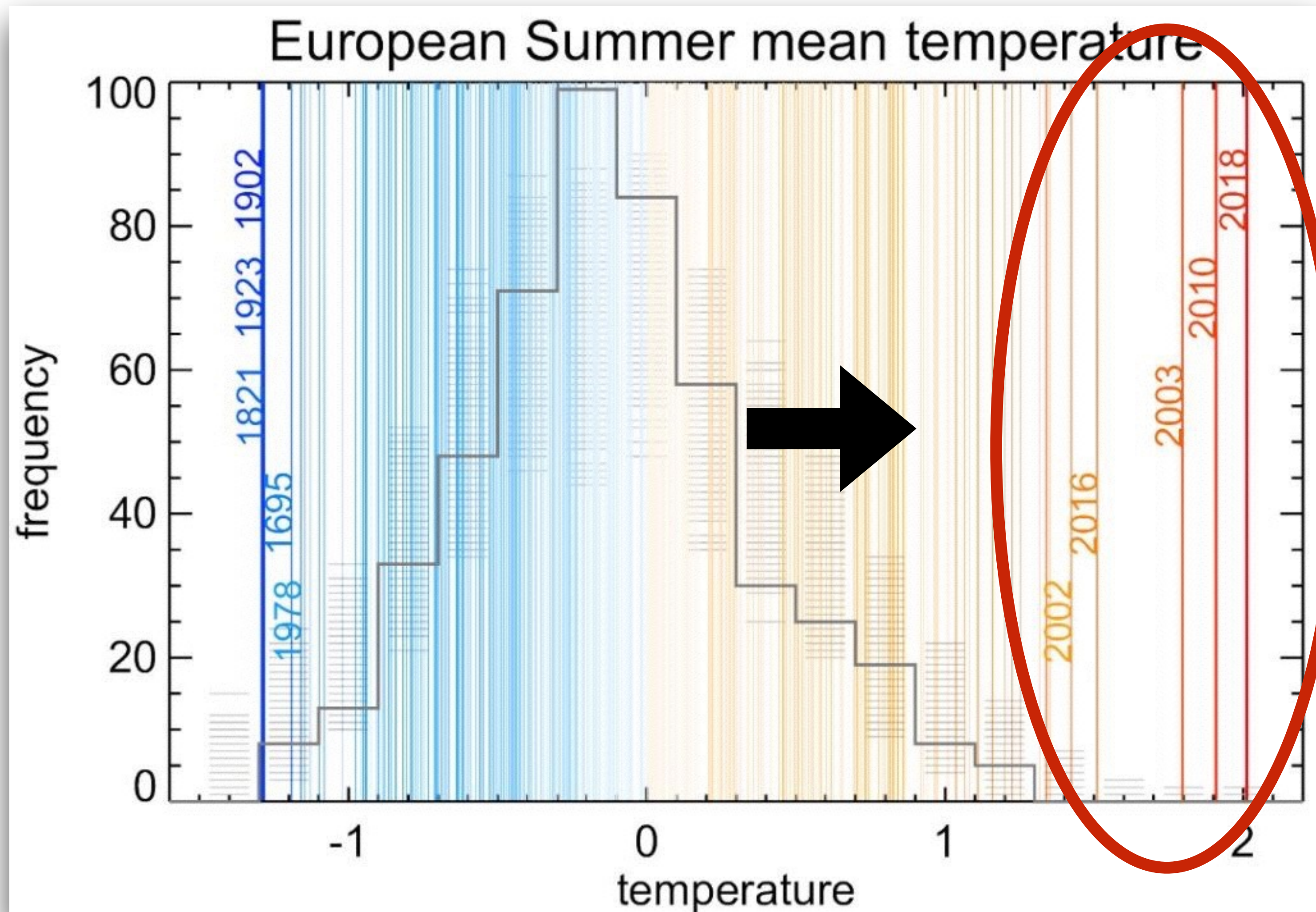


Meeresspiegel in früheren Warmzeiten

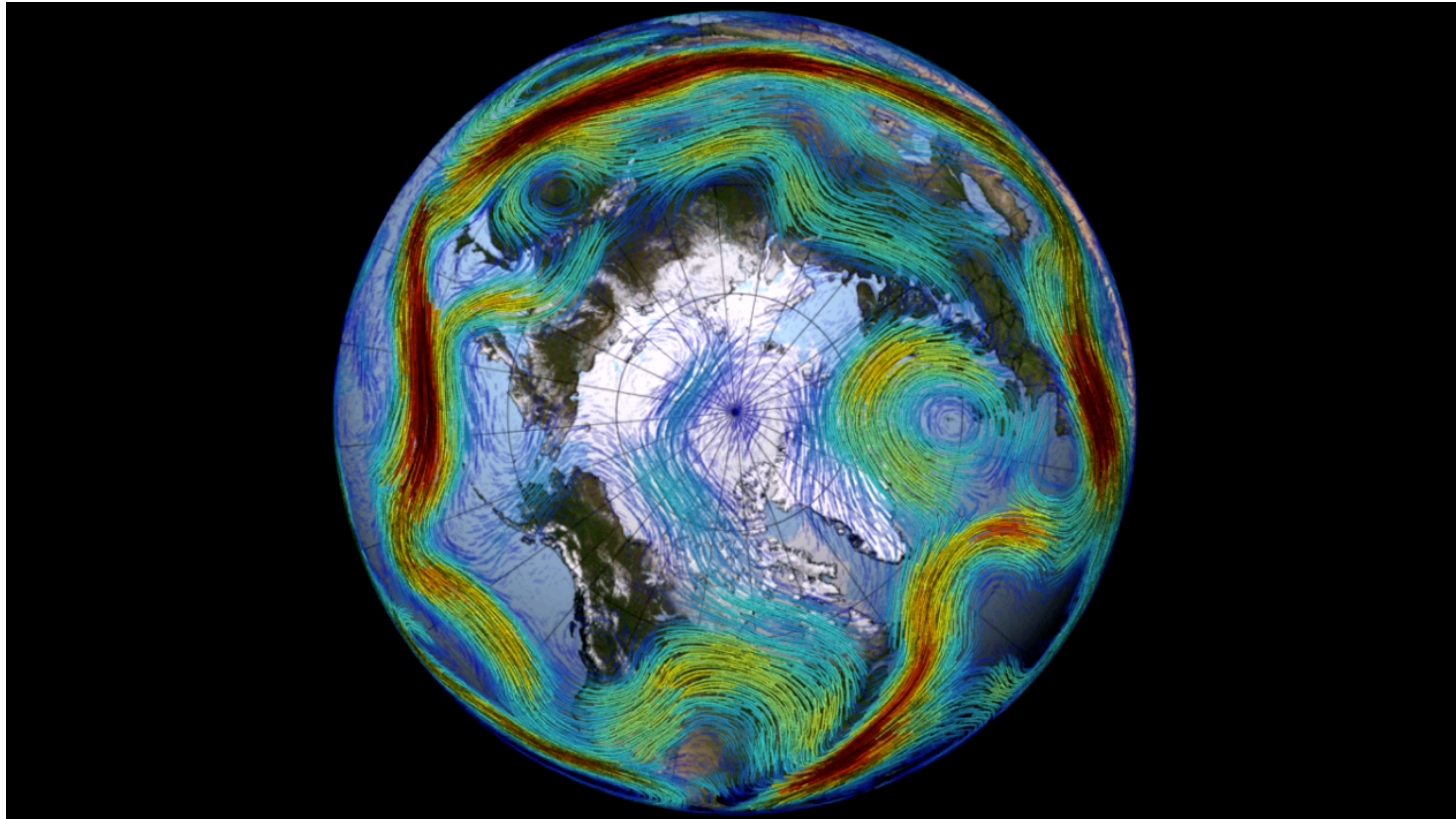


Sommerliche Hitzewellen

Europäische Sommertemperaturen (1500–2010)

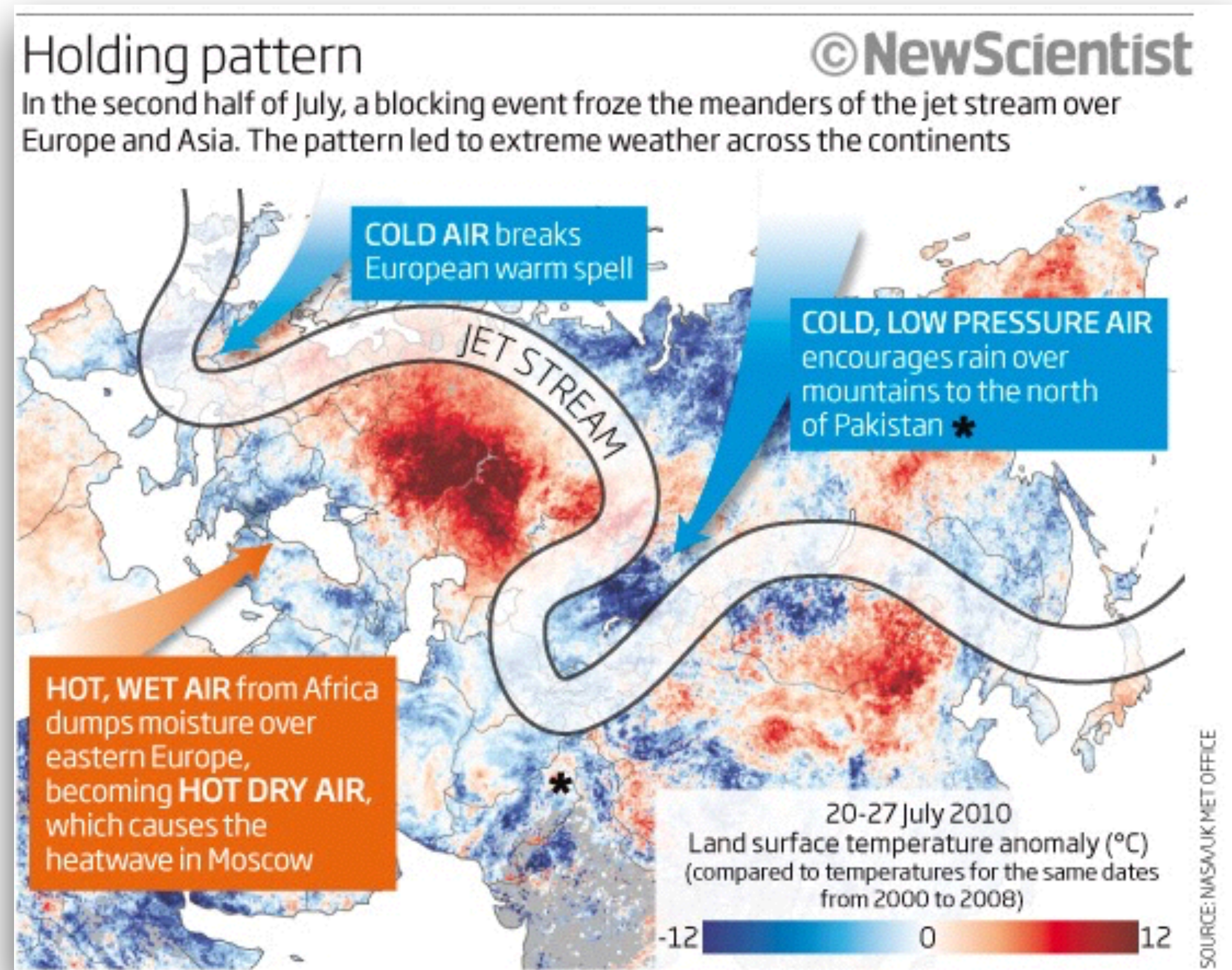


Jetstream und Wetterextreme



Jetstream und Wetterextreme

Russland

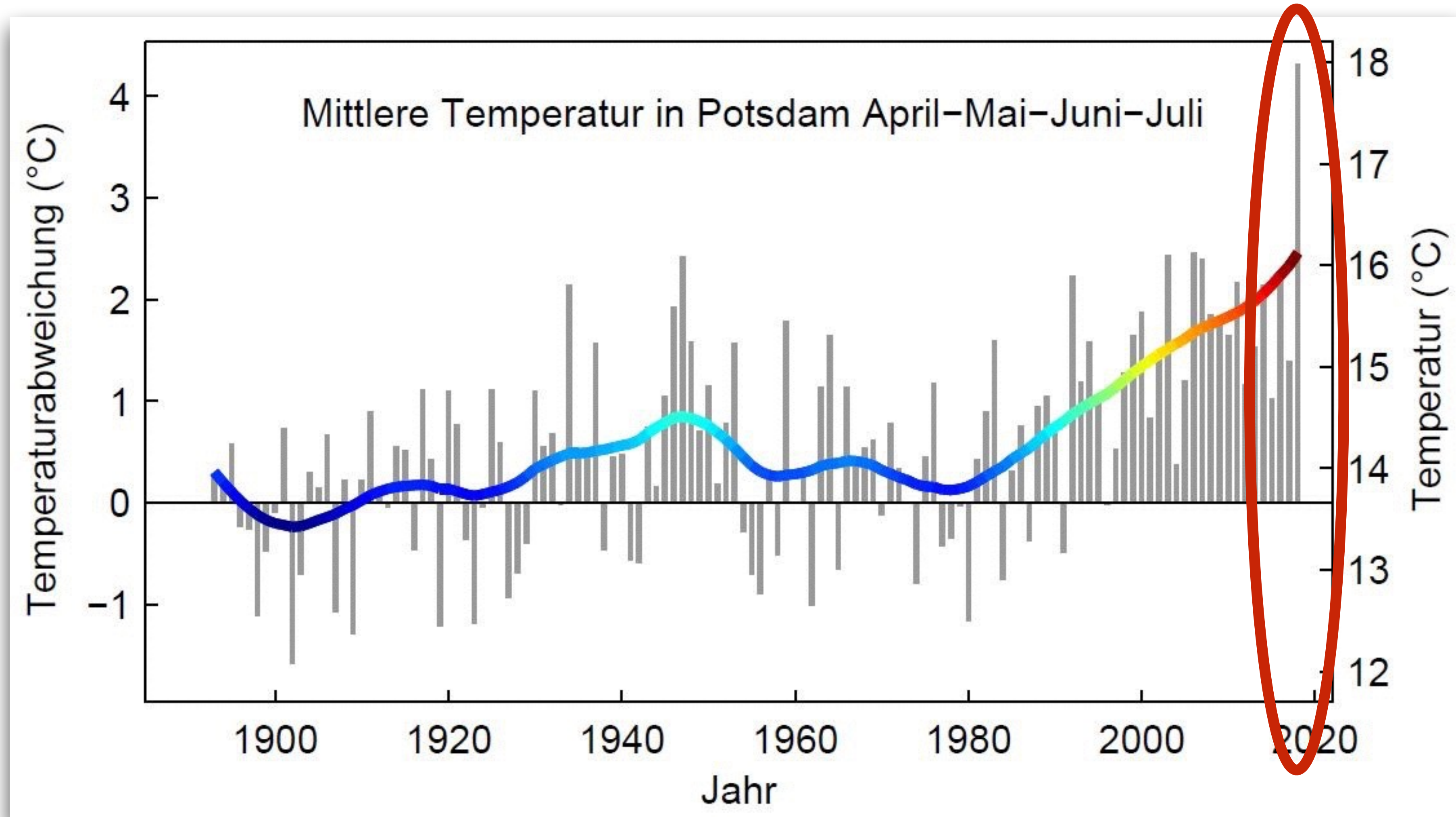


Pakistan



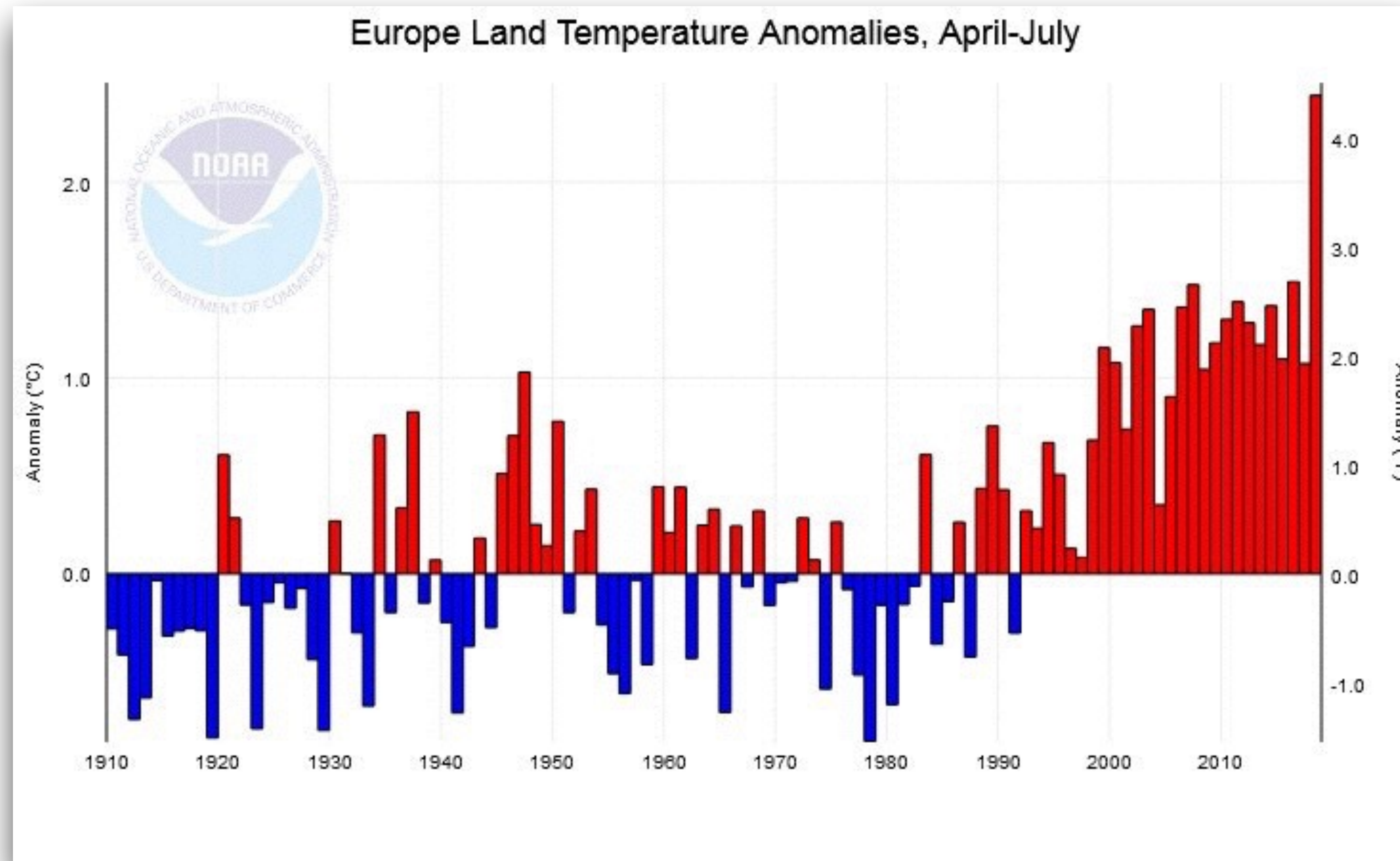
Sommer 2018

Rekord-Temperaturen in Potsdam im Frühling/Sommer 2018:



Sommer 2018

ähnliches Bild für Europa insgesamt:



Sommer 2018

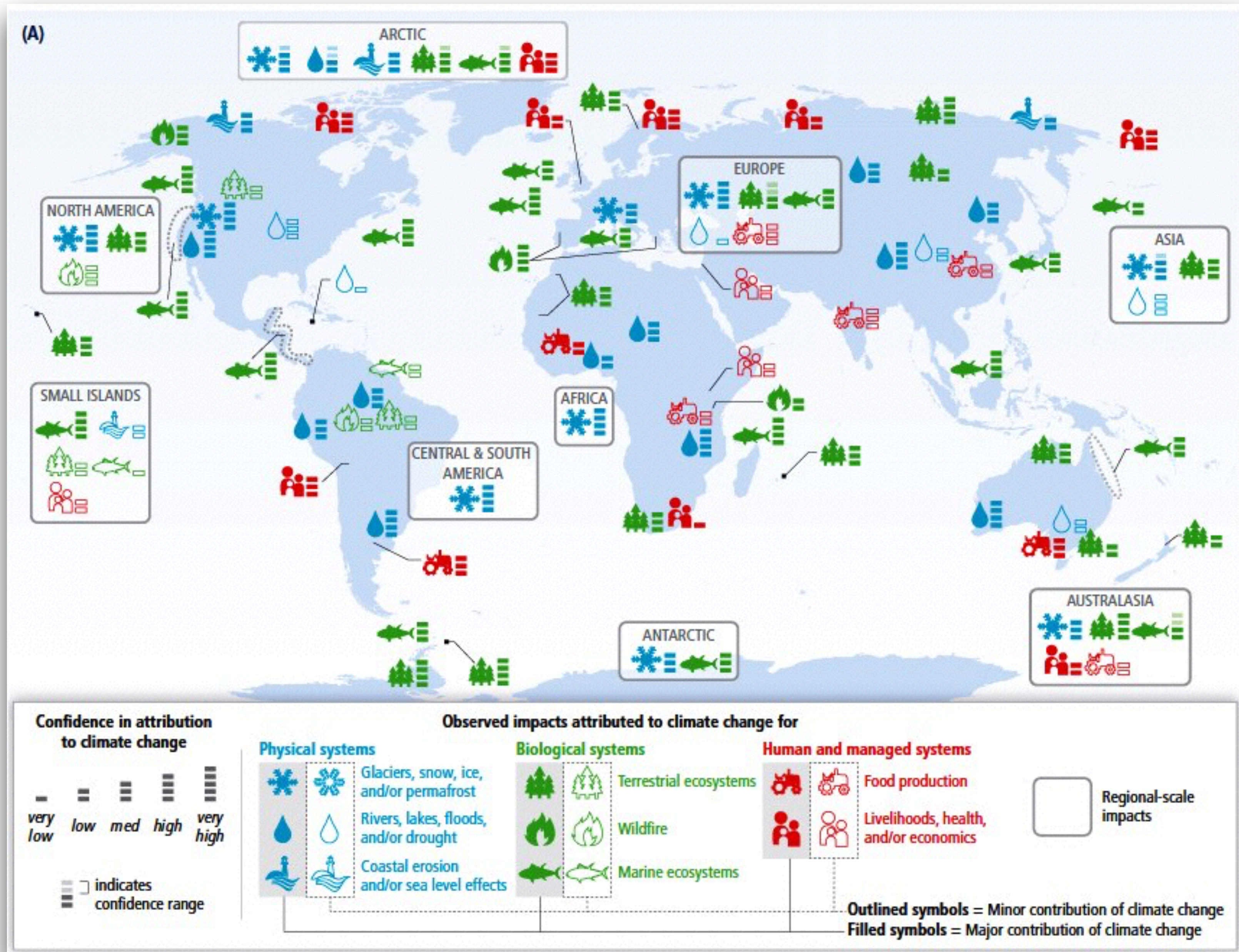
Waldbrände in Brandenburg, aber auch in Portugal, Griechenland
Kalifornien etc.:



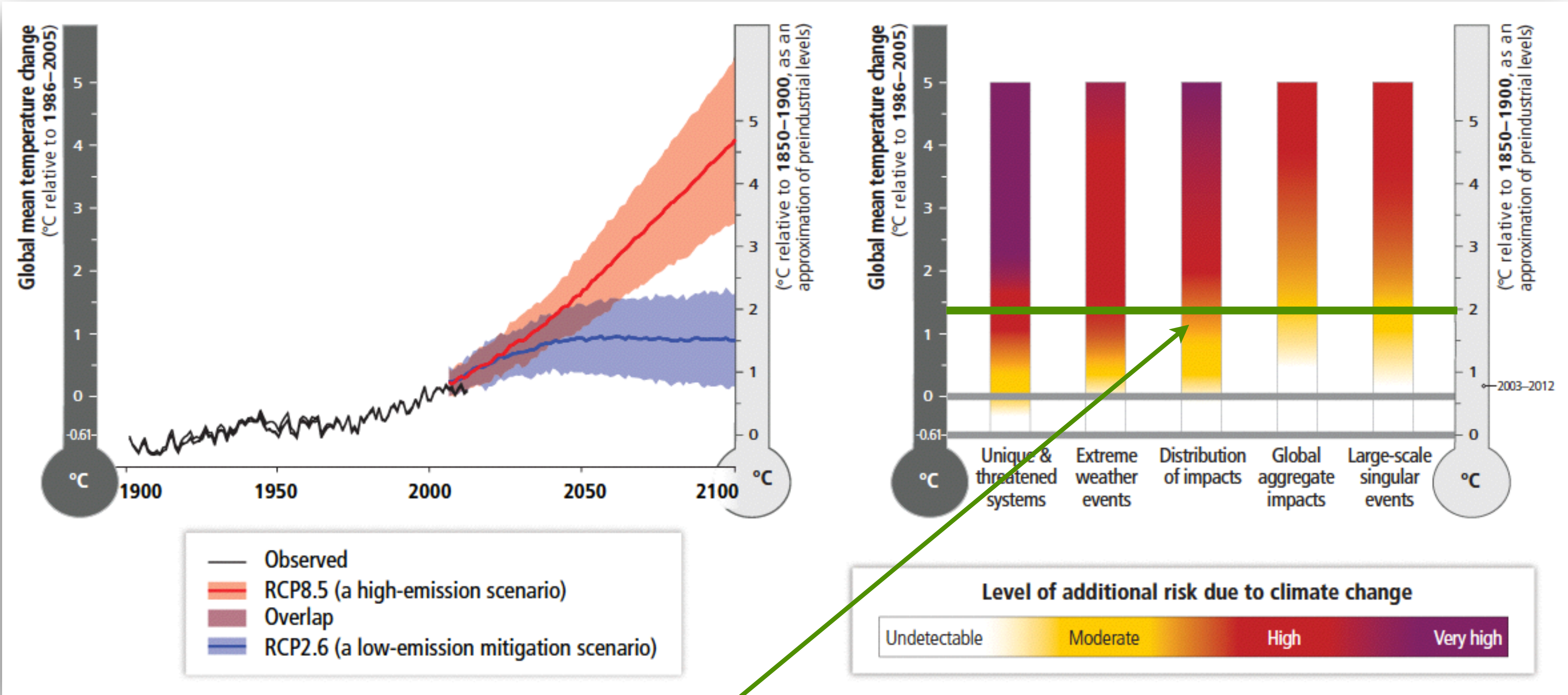
Klimafolgen

- Wetterextreme: Hitzewellen, Dürre, Starkregen, tropische Wirbelstürme
- geringere Trinkwasserverfügbarkeit, Ernteauffälle
- Überschwemmungen (Starkregen, Gletscherschmelze, Meeresspiegelanstieg)
- Artensterben
- klimabedingte Fluchtwellen

Klimafolgen

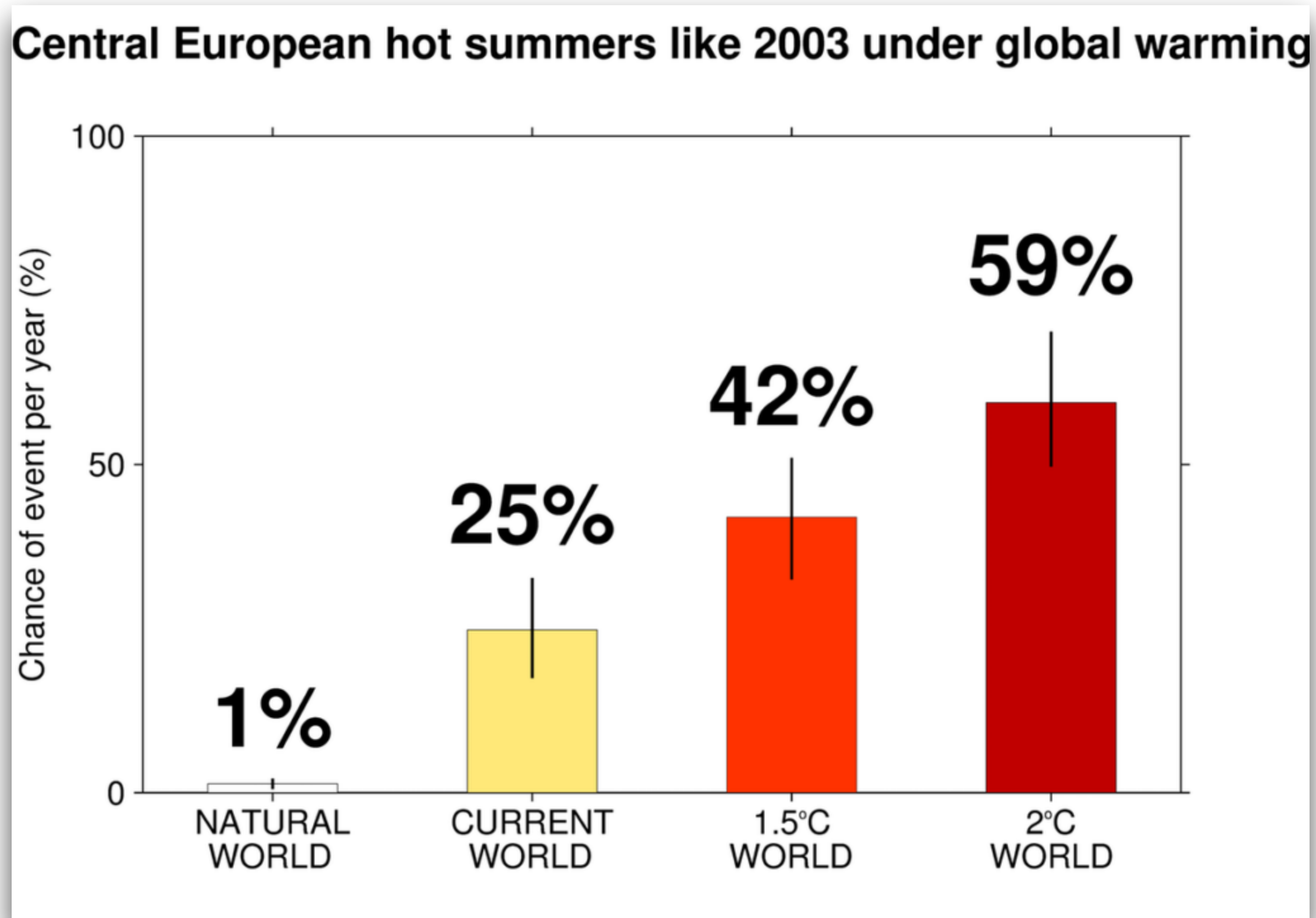


Klimafolgen und Temperatur



2-Grad-Grenze

Klimafolgen und Temperatur: Extremsommer



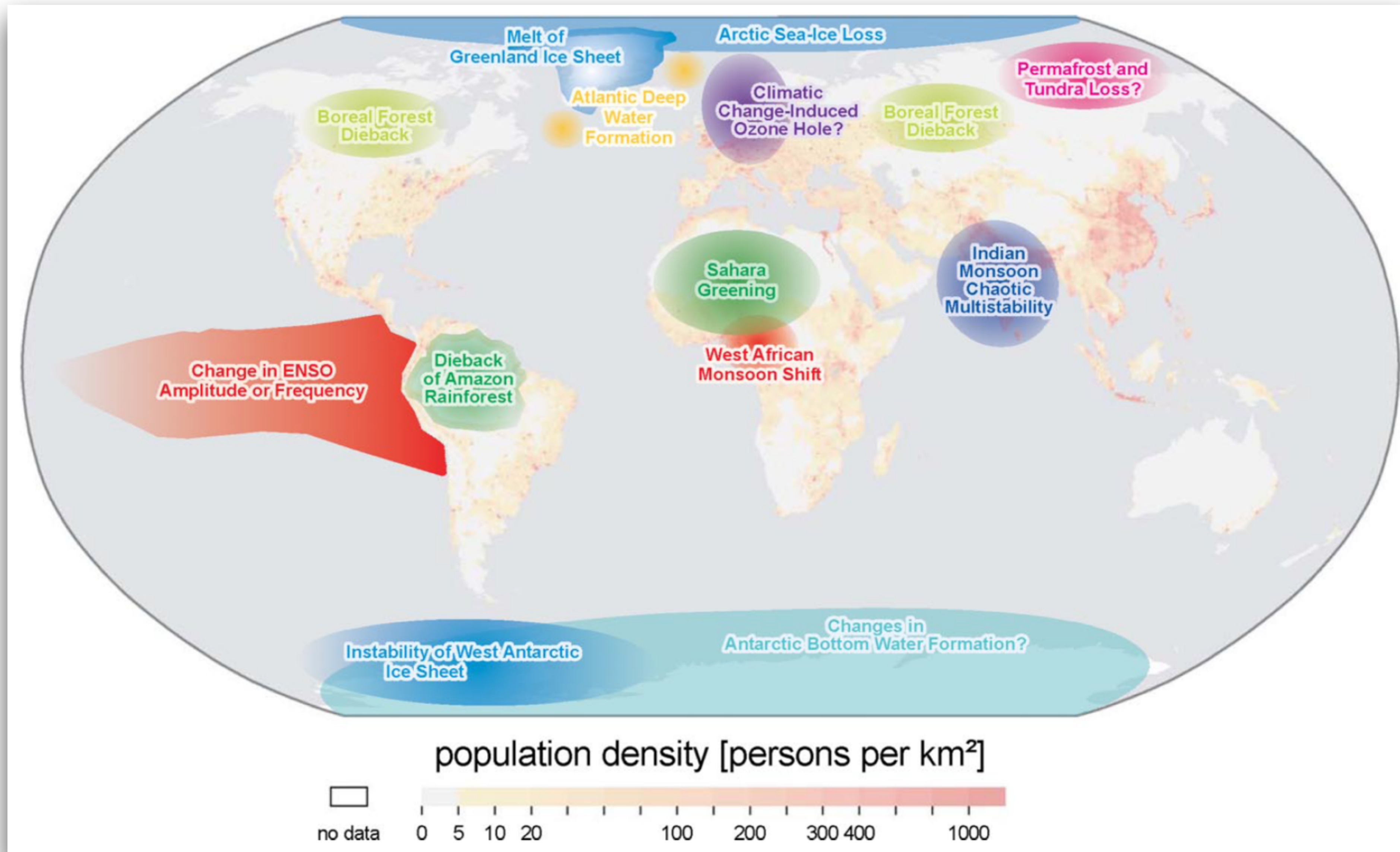
Klimavertrag von Paris



Klimaübereinkommen 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

Kipp-Elemente im Klimasystem

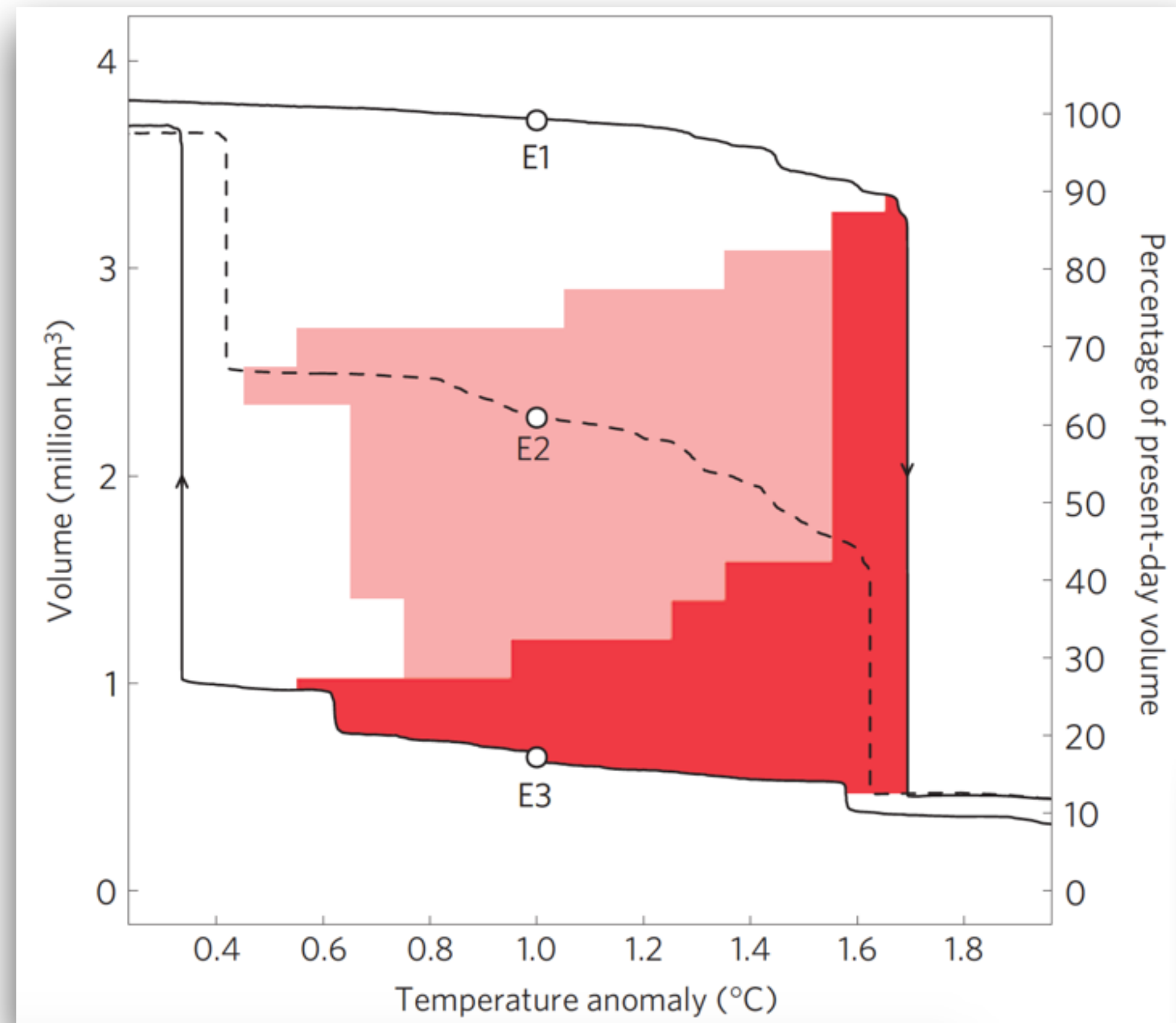


Korallenriffe

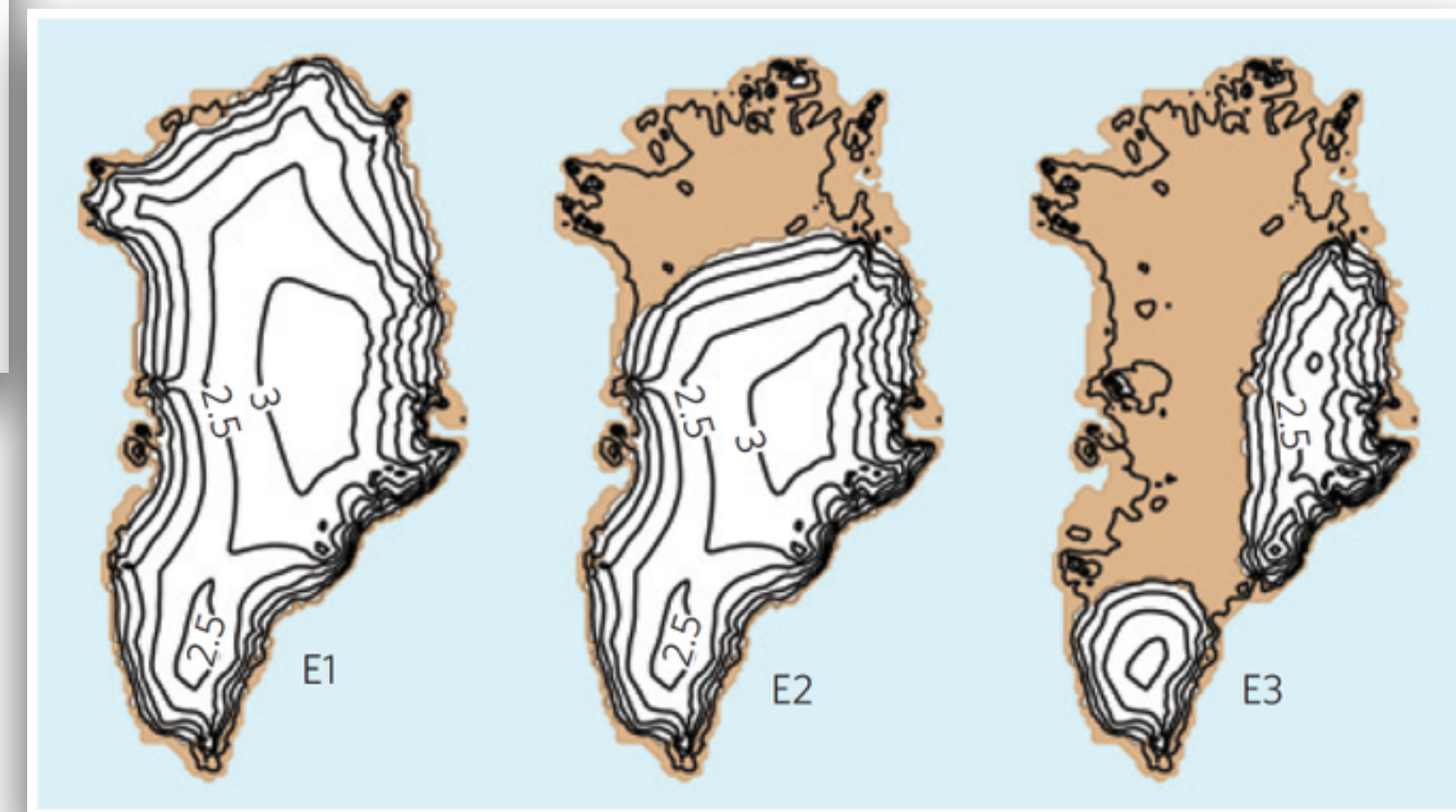


Frieler et al. (2013), Nature Climate Change, **3**, 165; Brett Monroe Garner/Greenpeace

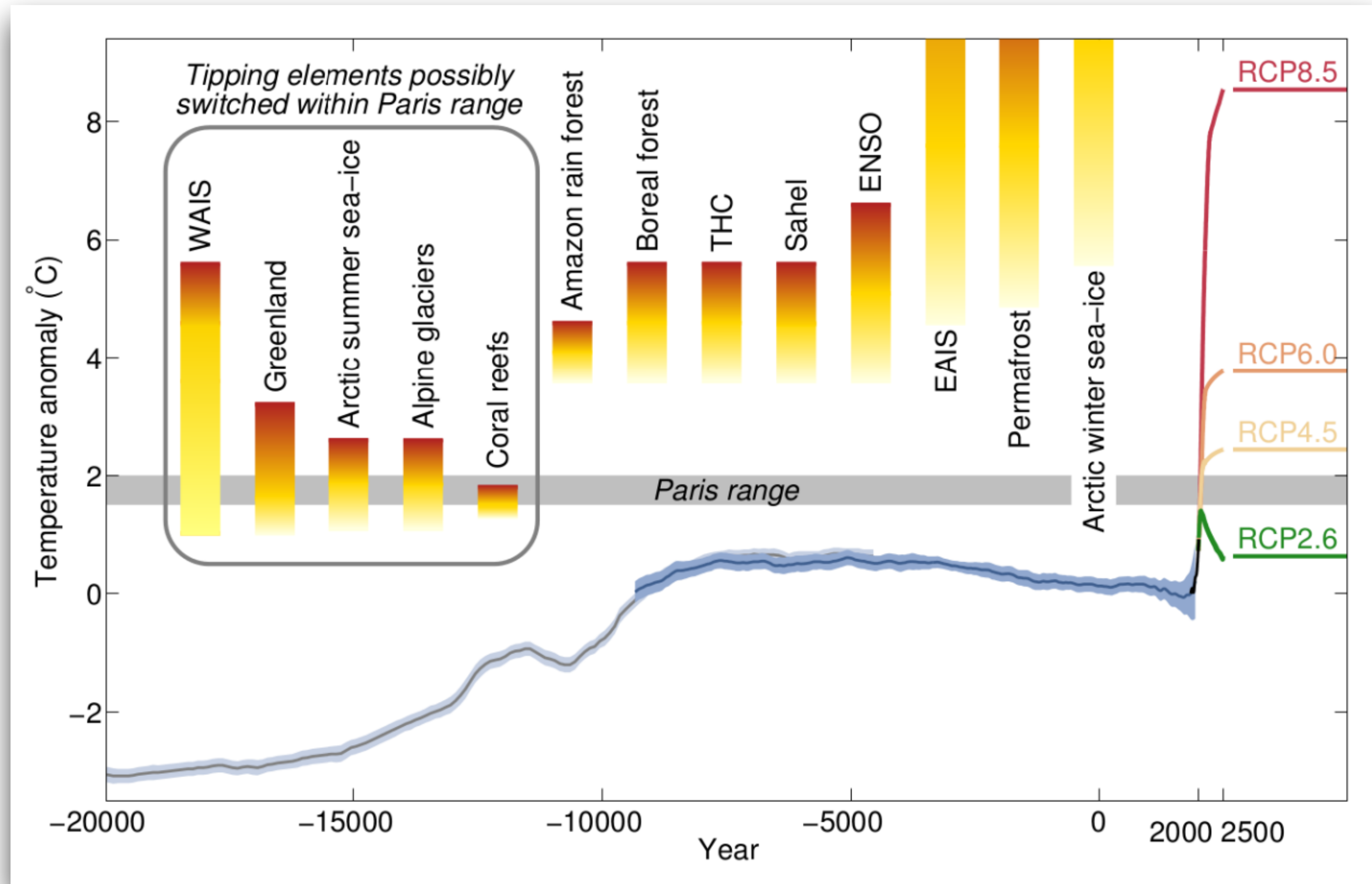
Verlust des Grönland-Eises



Eispanzer auf Grönland könnte schon bei 1.6°C-Erwärmung komplett abschmelzen – langfristig Meeresspiegelanstieg von 7 Metern

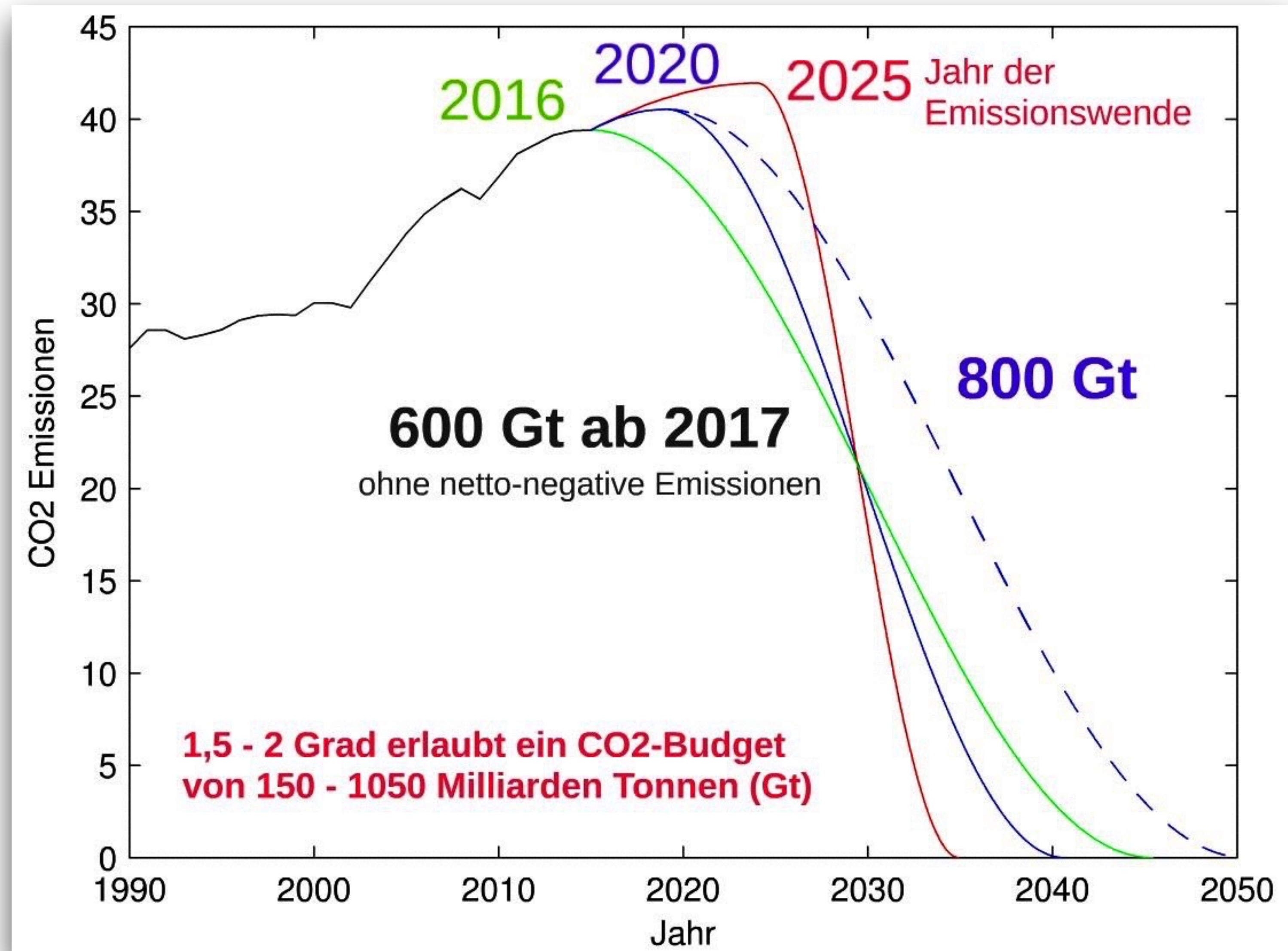


Kipp-Elemente und Paris-Abkommen



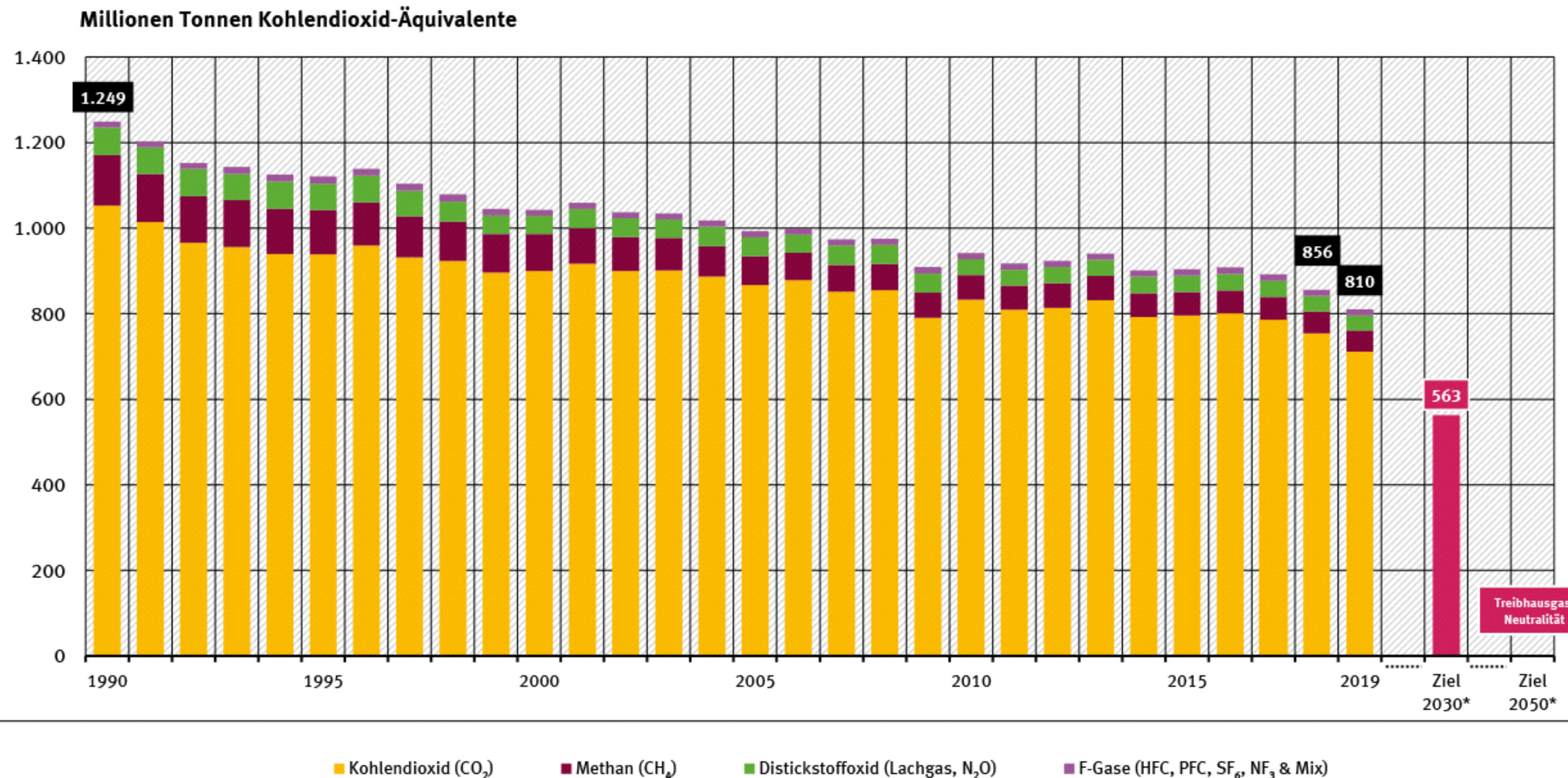
Es bleibt uns nicht mehr viel Zeit...

verbleibendes Emissionsbudget bald aufgebraucht!



Emissionsentwicklung für Deutschland

Treibhausgas-Emissionen seit 1990 nach Gasen



Emissionen ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
* Ziele 2030 und 2050: Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG), Bundesgesetzblatt 219 Teil 1, Nr. 48 vom 17.12.2019

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2019 (Stand 12/2020)

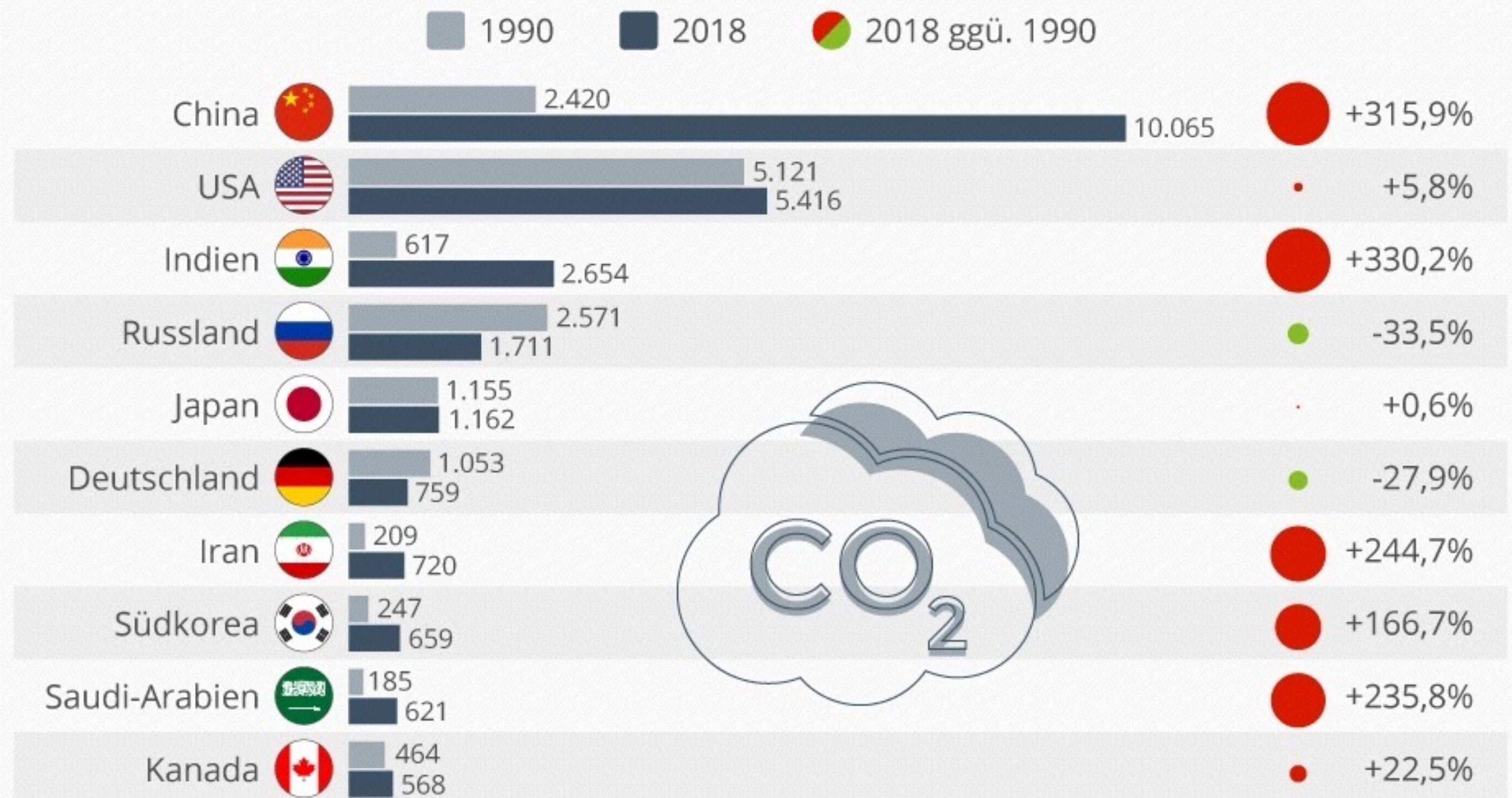
Emissionen nach Ländern

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)



Gegenmaßnahmen

- CO₂-freie Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien
- Wärmedämmung von Häusern, klimafreundliche Heizungen
- Emissionsarme/-freie Verkehrsmittel, weniger Flugreisen
- Verringerung Kohlenstoff-intensiven Konsums (Fleisch, Transporte)

Zusammenfassung

- CO₂-Gehalt der Atmosphäre steigt durch menschliche Emissionen an und verstärkt Treibhauseffekt
- Messungen und Beobachtungen bestätigen Erwärmung der Erde um etwa 1°C seit dem 19. Jahrhundert
- Weitere Erwärmung könnte bis 2100 3–5°C betragen
- Klimafolgen global überwiegend negativ, oberhalb von 2°C über vorindustriellem Niveau nehmen Risiken zu
- Emissionen müssen rasch und umfassend reduziert werden

Ein Hoffnungsschimmer: *Fridays for Future*...



... und das Urteil des Bundesverfassungsgerichts



Rainer Lück

Leitsätze

zum Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021

- 1 BvR 2656/18 -
 - 1 BvR 78/20 -
 - 1 BvR 96/20 -
 - 1 BvR 288/20 -
- (Klimaschutz)

1. Der Schutz des Lebens und der körperlichen Unversehrtheit nach Art. 2 Abs. 2 Satz 1 GG schließt den Schutz vor Beeinträchtigungen grundrechtlicher Schutzgüter durch Umweltbelastungen ein, gleich von wem und durch welche Umstände sie drohen. Die aus Art. 2 Abs. 2 Satz 1 GG folgende Schutzpflicht des Staates umfasst auch die Verpflichtung, Leben und Gesundheit vor den Gefahren des Klimawandels zu schützen. Sie kann eine objektivrechtliche Schutzverpflichtung auch in Bezug auf künftige Generationen begründen.

2. Art. 20a GG verpflichtet den Staat zum Klimaschutz. Dies zielt auch auf die Herstellung von Klimaneutralität.



Vielen Dank!

