Notwendigkeit und Herausforderungen der Klimaneutralität

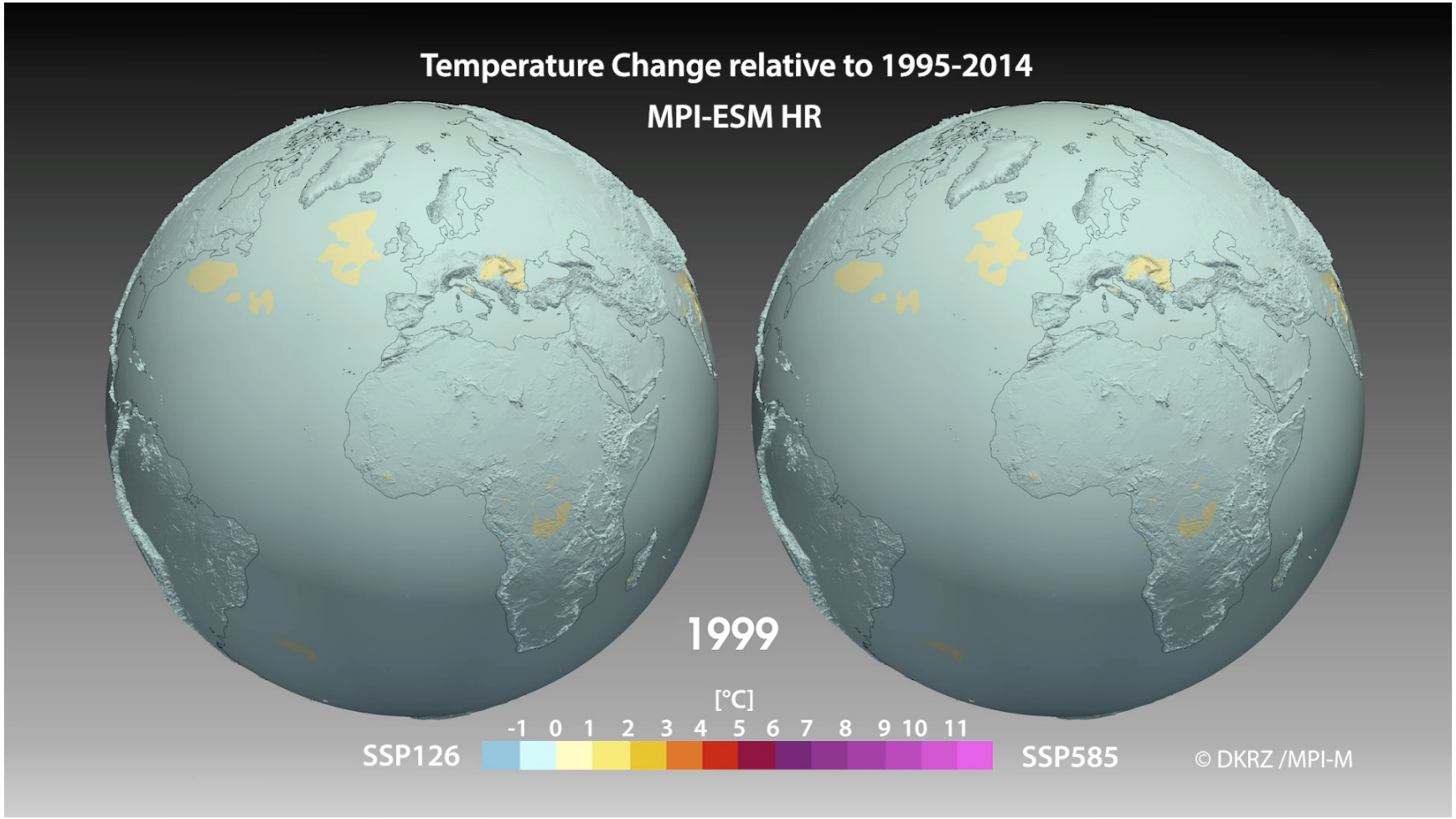
Julia Pongratz

Department für Geographie, LMU München

Bayerische Akademie der Wissenschaften, 18.10.2023

Projektionen des Klimas im 21. Jahrhundert

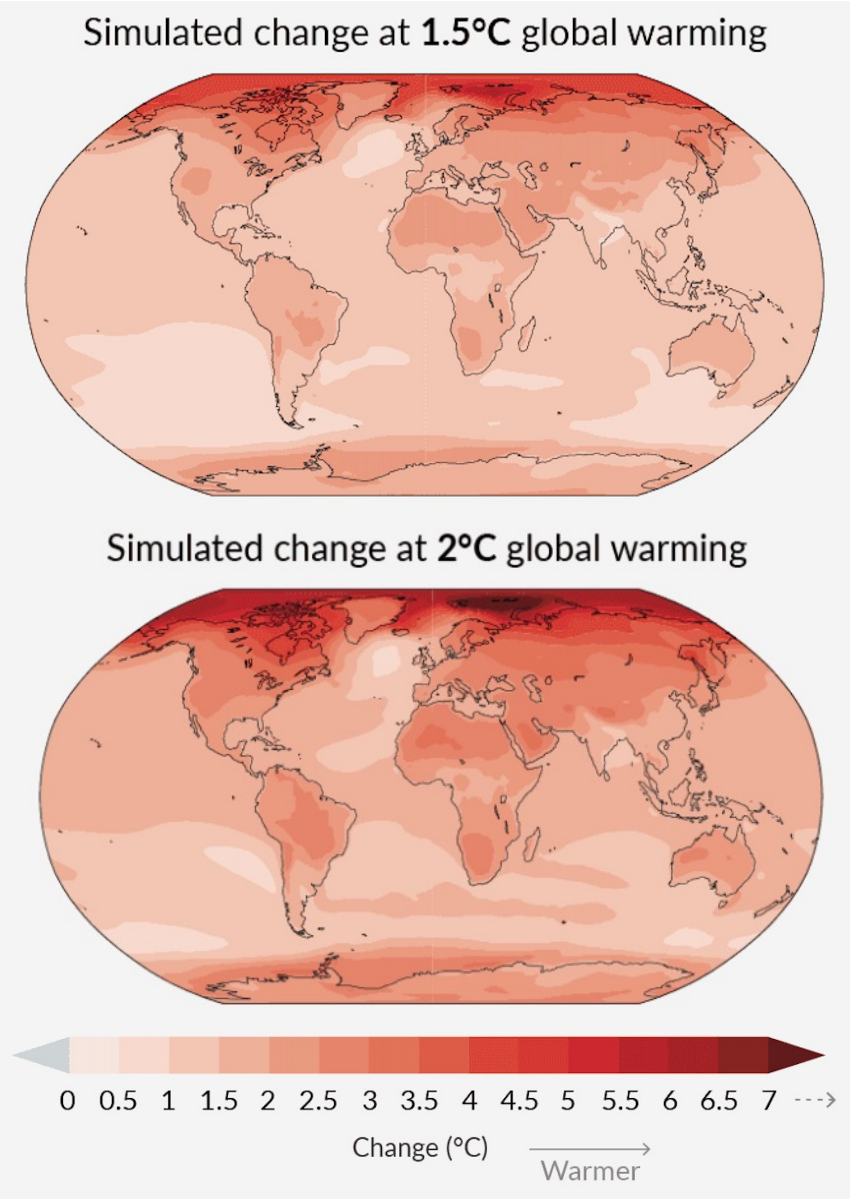
Simulationen mit dem Erdsystemmodell des Max-Planck-Instituts für Meteorologie (MPI-ESM)

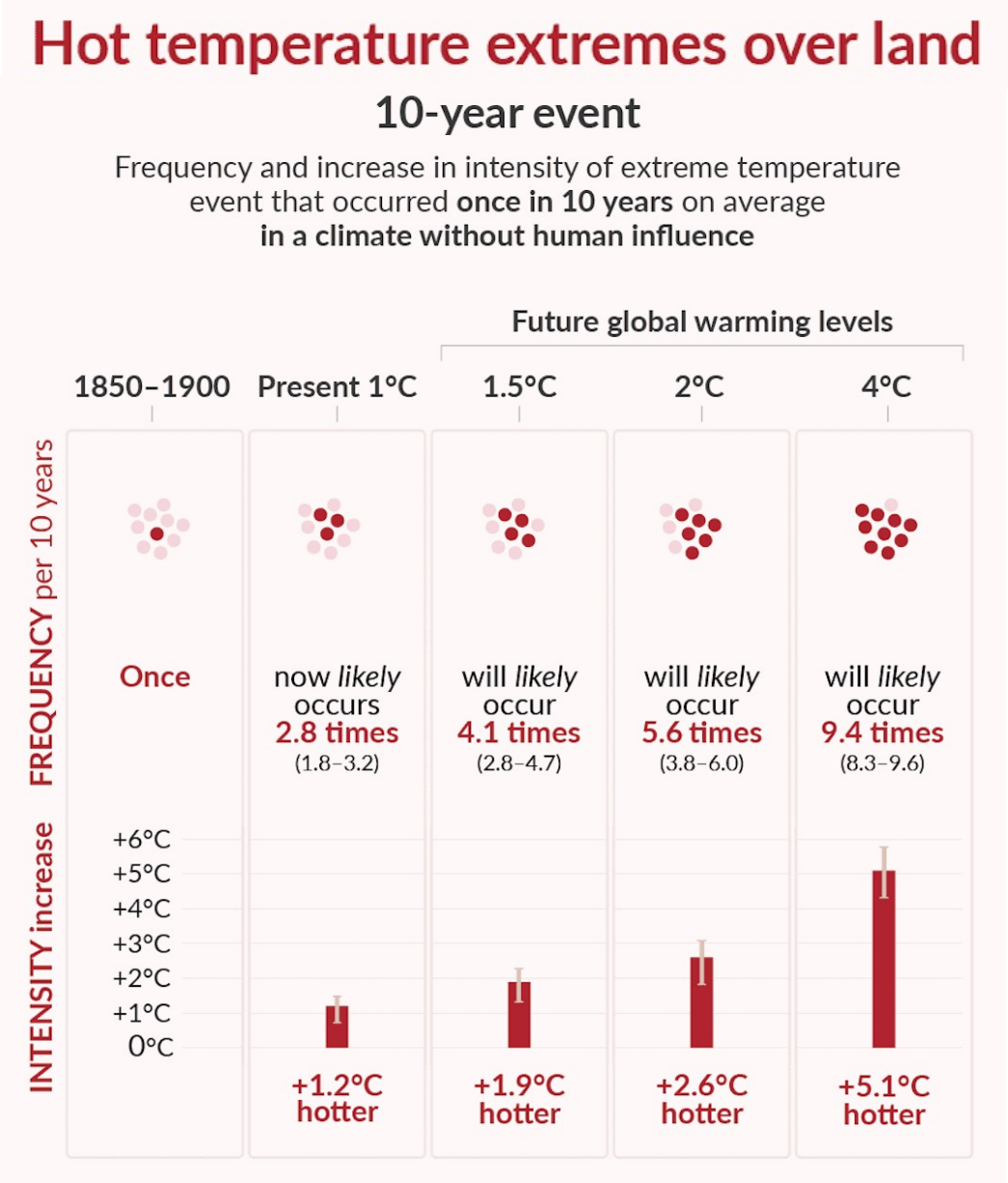


https://www.dkrz.de/kommunikation/klimasimulationen/de-cmip5-ipcc-ar5/ergebnisse/2m-temperatur

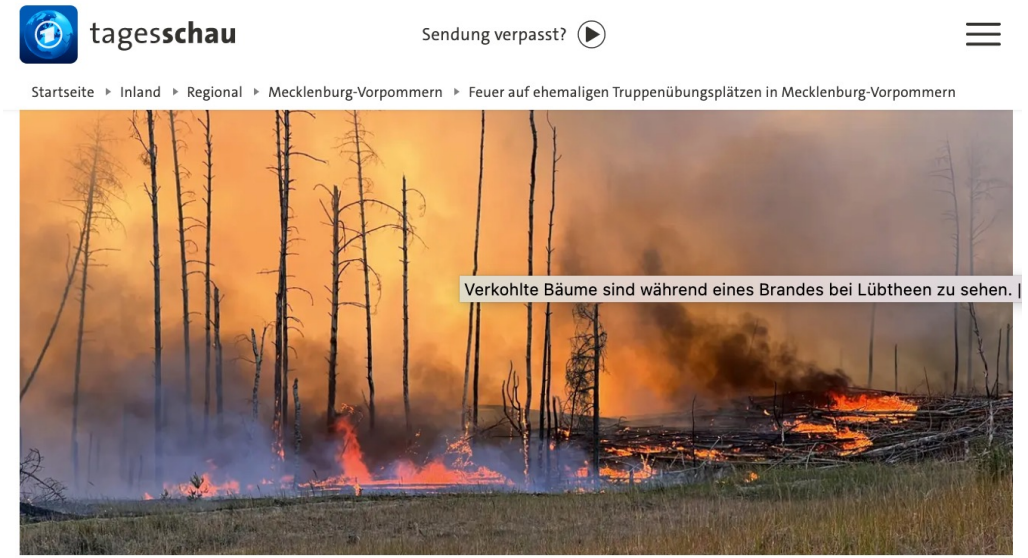
Jedes Zehntel Grad zählt

IPCC 6th Assessment Report, WG 1 (Natural Science Basis)





Klimawandelfolgen



NBC News

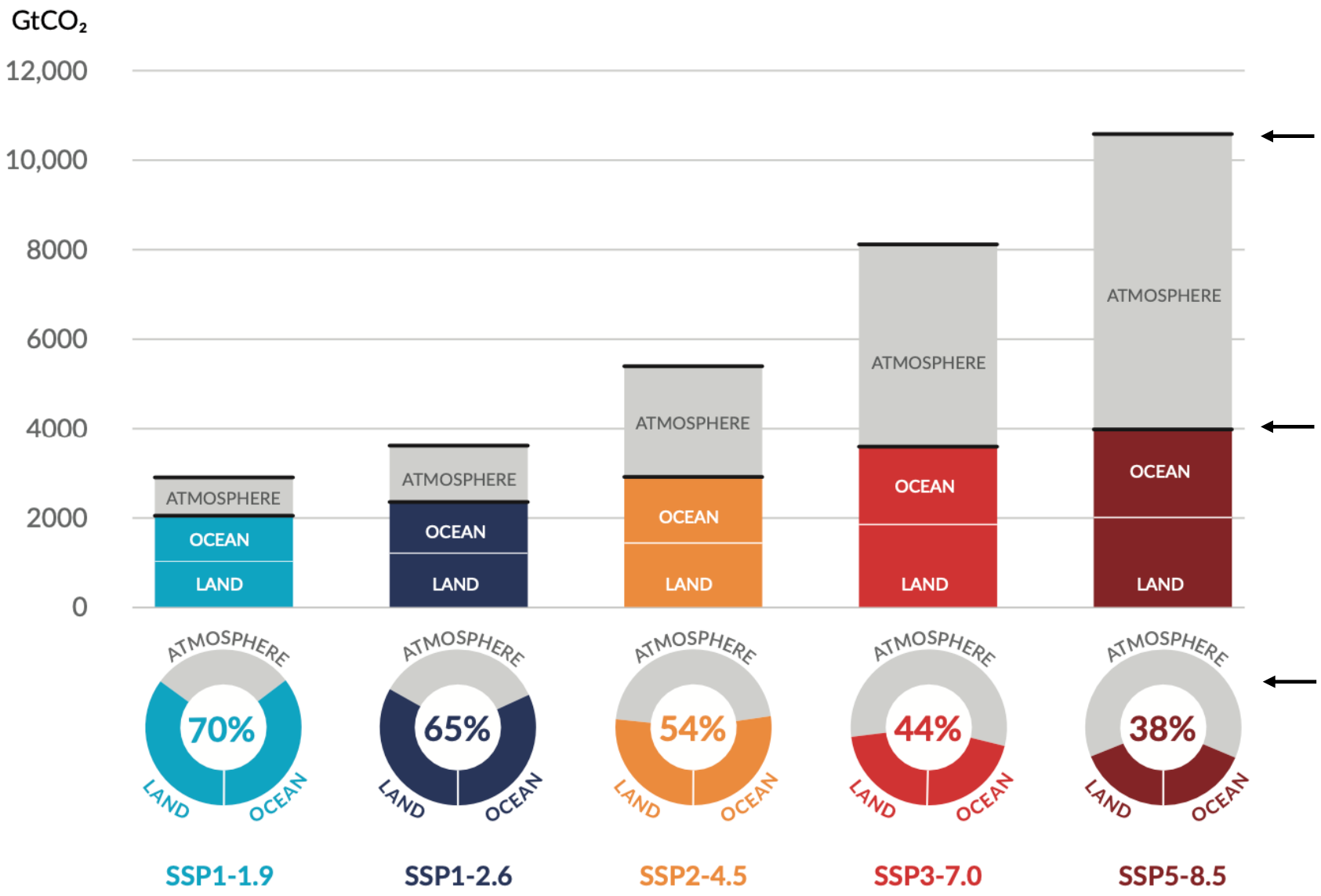
N.Y.C. has worst air quality in the world due to Canadian wildfires

+ Meeresspiegelanstieg □ Roland Pail

+ Schädigung der Korallenriffe □ Gert Wörheide

+ …

Klimawandelfolgen



In Szenarien mit höheren Gesamtemissionen…

… nehmen Landvegetation und –böden und der Ozean nur *absolut* gesehen mehr auf

… und überproportional mehr CO_2 verbleibt in der Atmosphäre

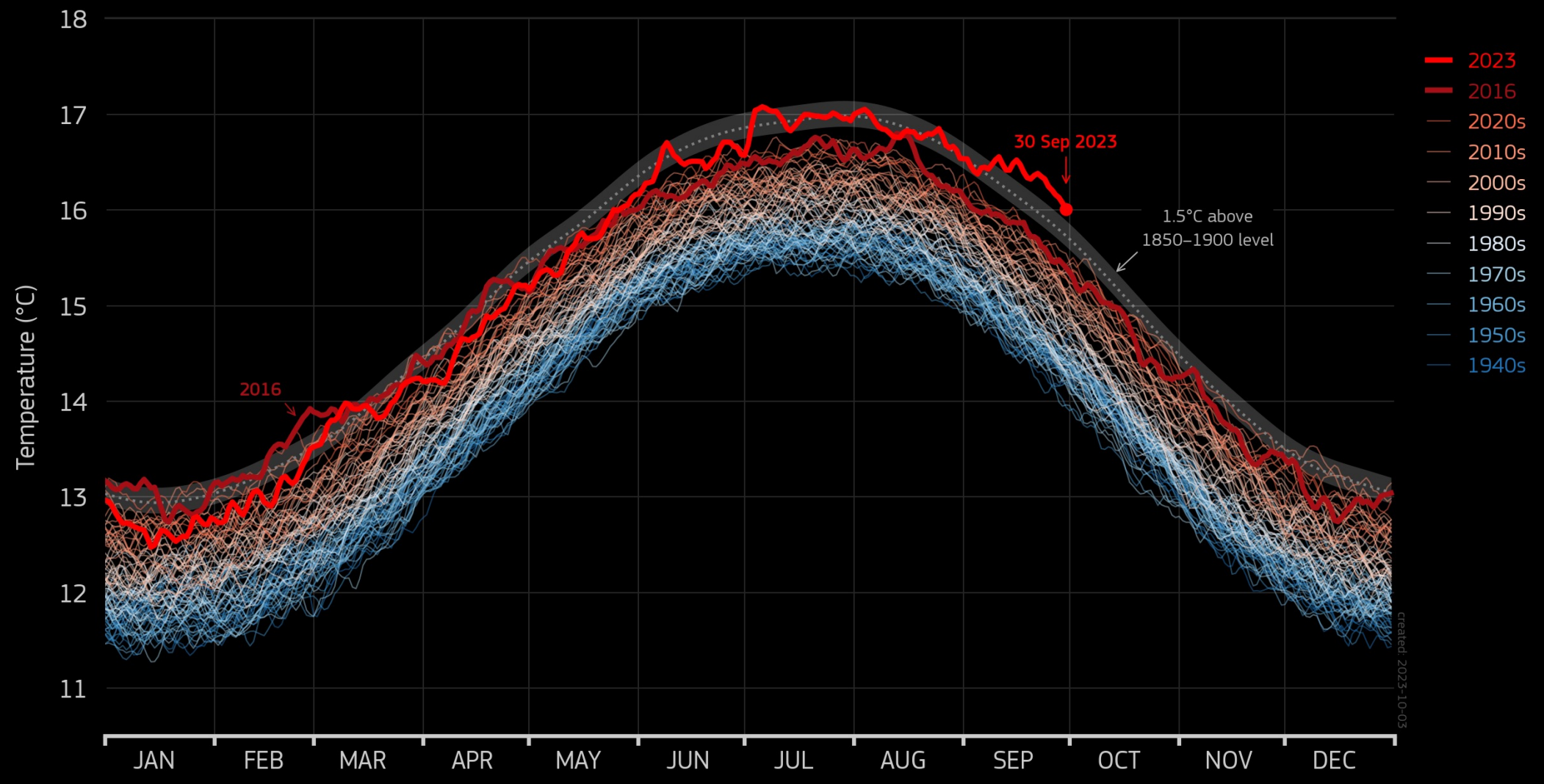
https://www.worldweatherattribution.org

DAILY SURFACE AIR TEMPERATURE

Data: ERA5 1940–2023 • Credit: C3S/ECMWF

Climate Change Service

climate.copernicus.eu



PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION

Copernicus Europe's eyes on Earth

IMPLEMENTED BY ECMWF

Latest analyses

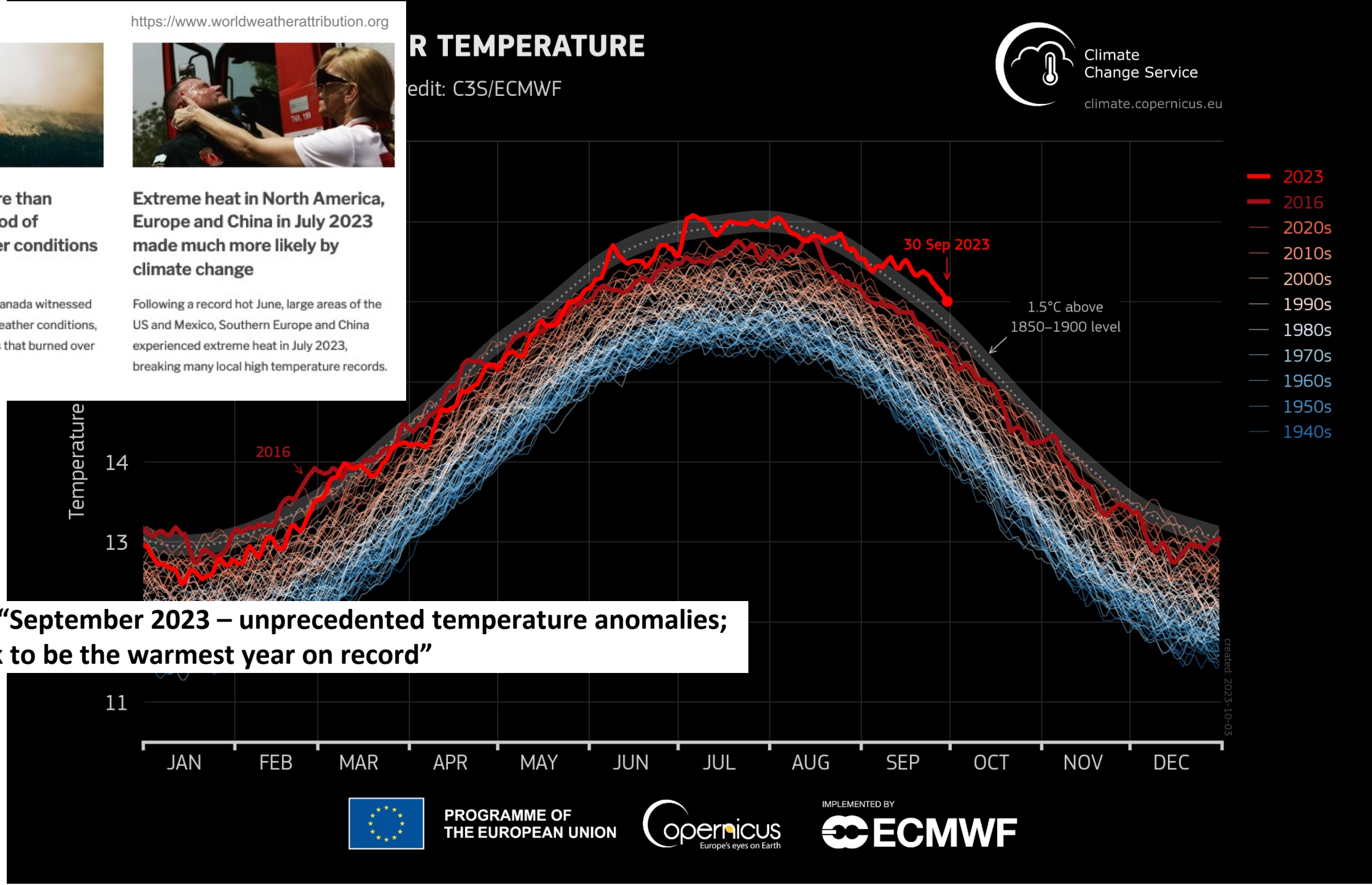
https://www.worldweatherattribution.org

Climate change more than doubled the likelihood of extreme fire weather conditions in Eastern Canada

During May and June 2023 Canada witnessed exceptionally extreme fire-weather conditions, leading to extensive wildfires that burned over 13 million hectares.

Extreme heat in North America, Europe and China in July 2023 made much more likely by climate change

Following a record hot June, large areas of the US and Mexico, Southern Europe and China experienced extreme heat in July 2023, breaking many local high temperature records.



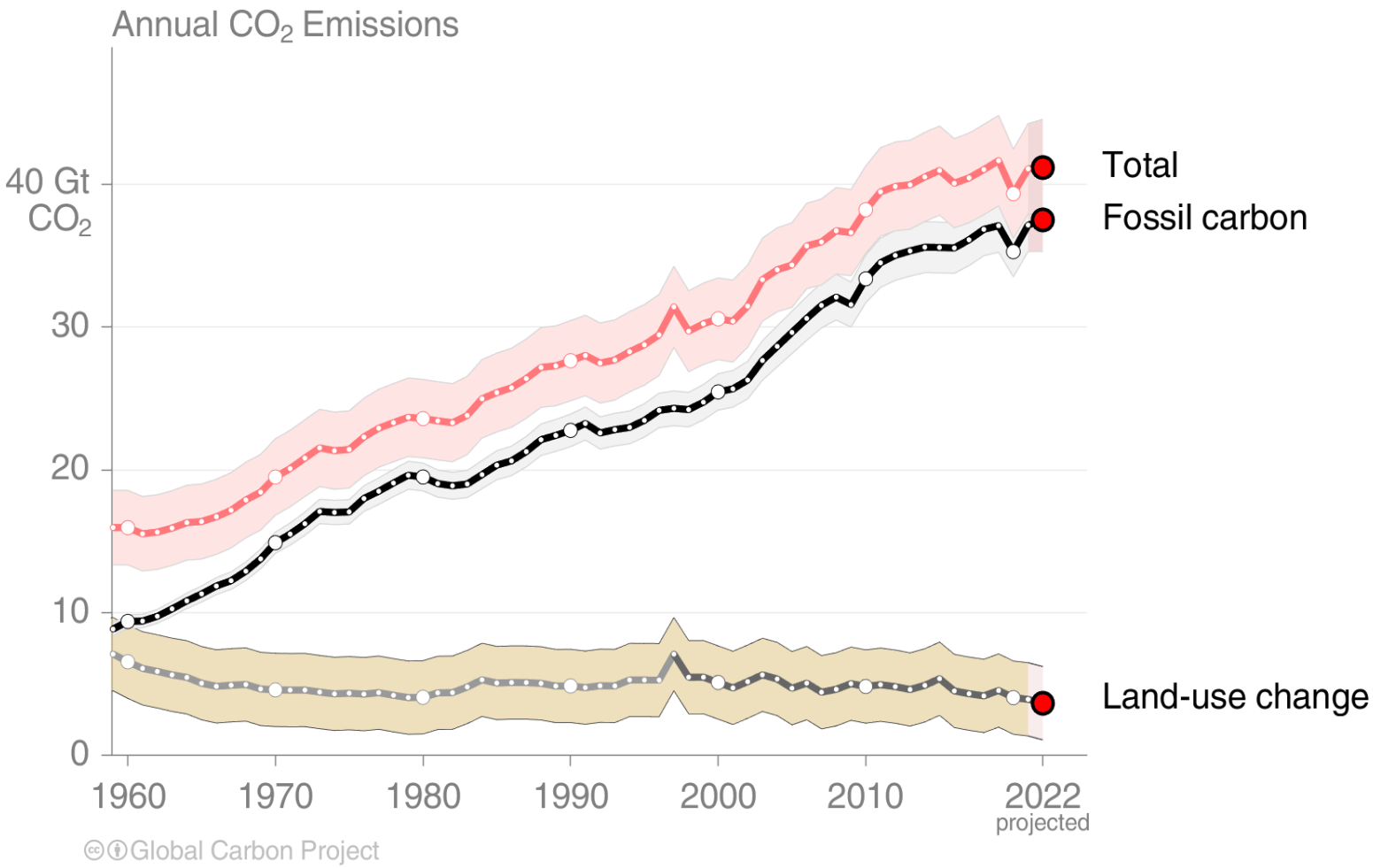
05/10/2023: "September 2023 – unprecedented temperature anomalies; 2023 on track to be the warmest year on record"

Nations Unies
Conférence sur les Changements Climatiques 2015
COP21/CMP11
Paris, France
SECRETAIRE EXECUTIVE CCNUCC
PRESIDENT
SECRETAIRE
Arnaud Bouissou - MEDDE / SG COP21

Was müssen wir nun tun?

1. Drastische, schnelle Emissionsreduktion
2. CO_2-Entnahme aus der Atmosphäre

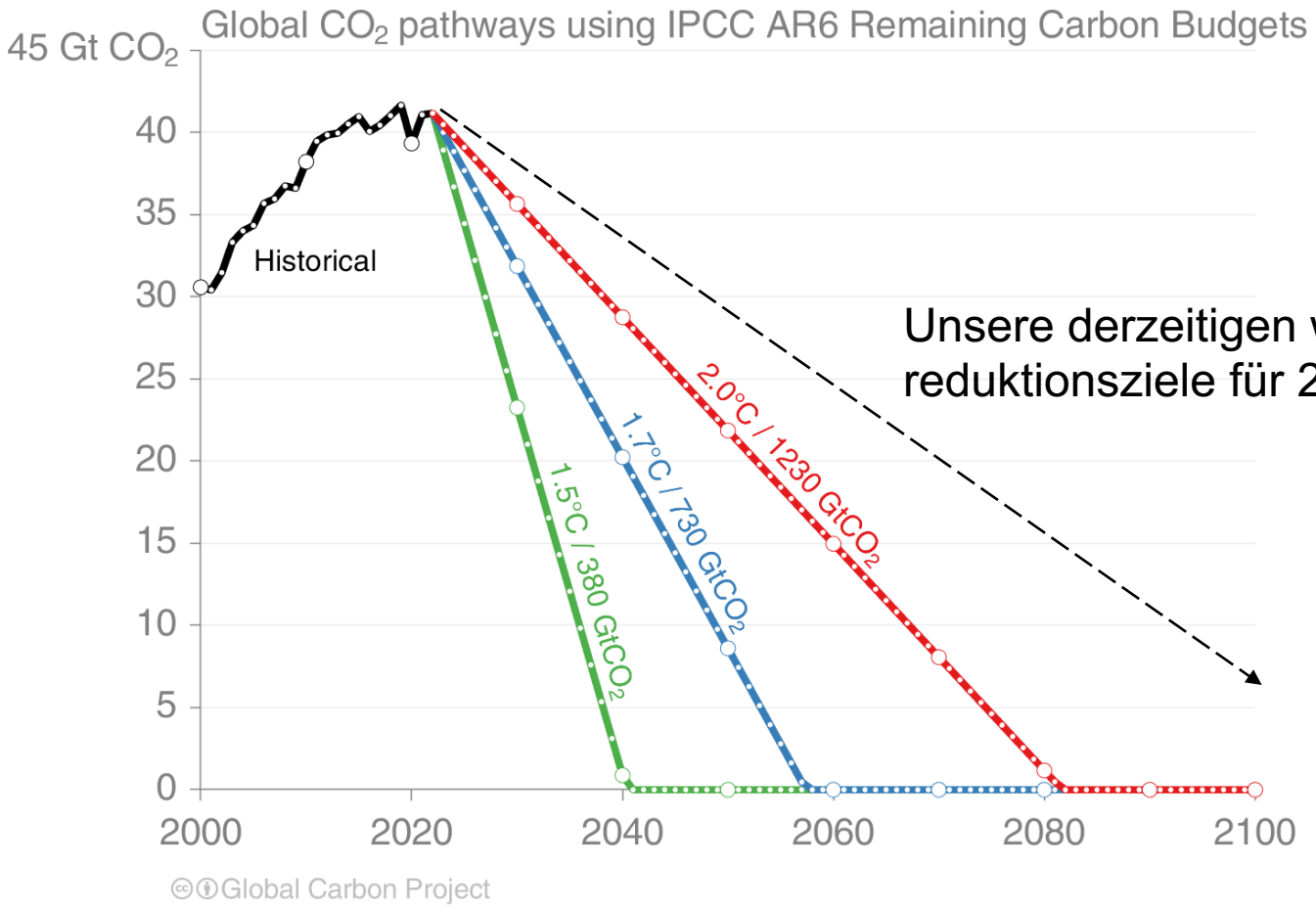
Historischer Emissionsverlauf



GLOBAL CARBON PROJECT

Source: Friedlingstein et al 2022; Global Carbon Project 2022

Unser verbleibendes Kohlenstoffbudget



Unsere derzeitigen weltweiten Emissions-reduktionsziele für 2030 bringen uns auf 2,4°C.

Climate Action Tracker

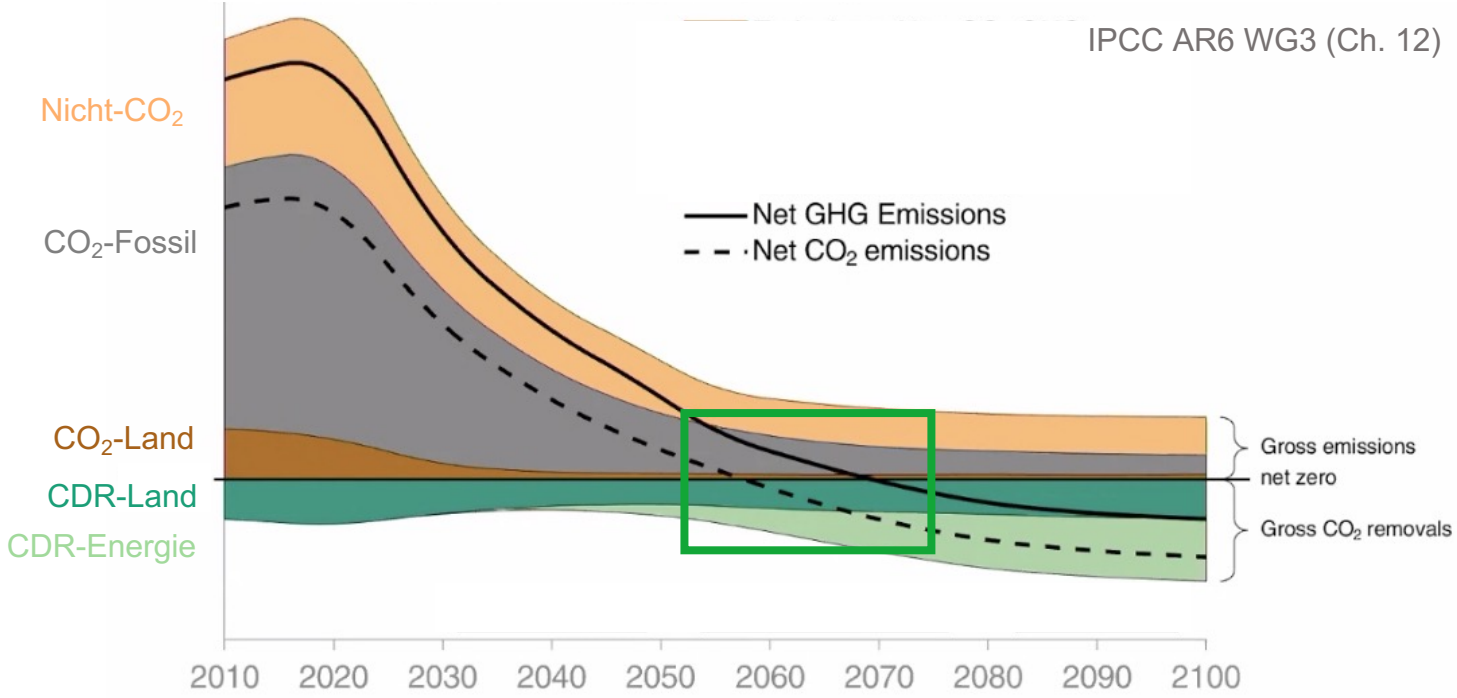
GLOBAL CARBON PROJECT

Source: Friedlingstein et al 2022; Global Carbon Project 2022

Der Weg zu “Netto-Null-Emissionen”

- „Der Einsatz von CO_2-Entnahmeverfahren, um schwer zu vermeidende Restemissionen auszugleichen, ist unvermeidlich, wenn netto Null CO_2- oder Treibhausgasemissionen erreicht werden sollen“ (IPCC AR6 WG3)

Entwicklung der Emissionen in 1.5-2°C Mitigationspfaden (stilisiert)

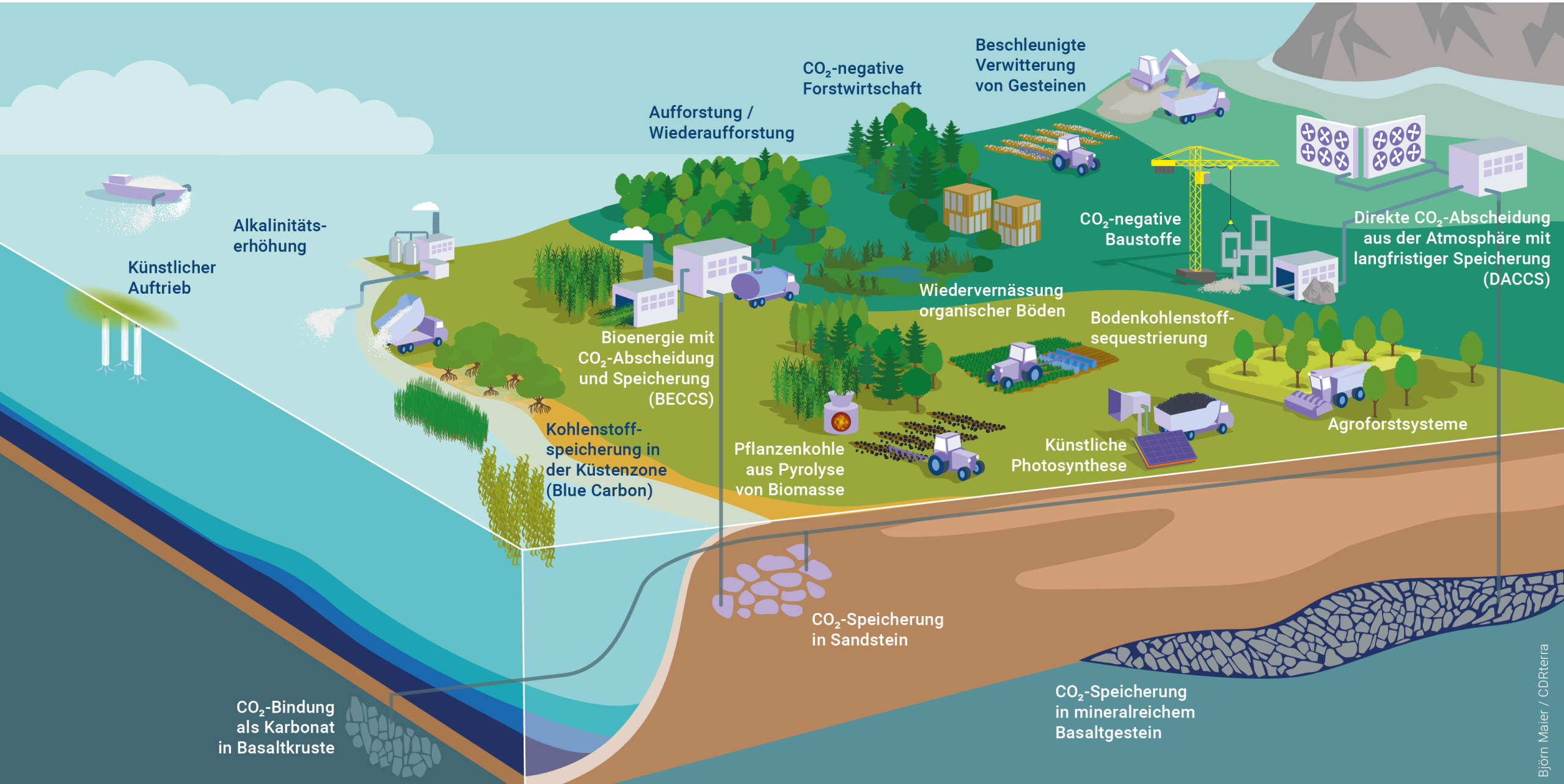


- CO_2-Entnahme nur *zusätzlich* zu deutlichem Emissionsrückgang!

- Die Frage ist nicht mehr *ob*, sondern *wie, durch wen, in welchem Umfang und mit welchen Methoden* wir CO_2-Entnahme praktizieren wollen.

Methoden der CO_2-Entnahme

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung
CDRterra



Björn Maier / CDRterra

Den Klimawandel messen: Monitoring der Ozeane aus dem Weltraum

Roland Pail

Lehrstuhl für Astronomische und Physikalische Geodäsie

TU München

Weltklimareport: Temperaturprognose

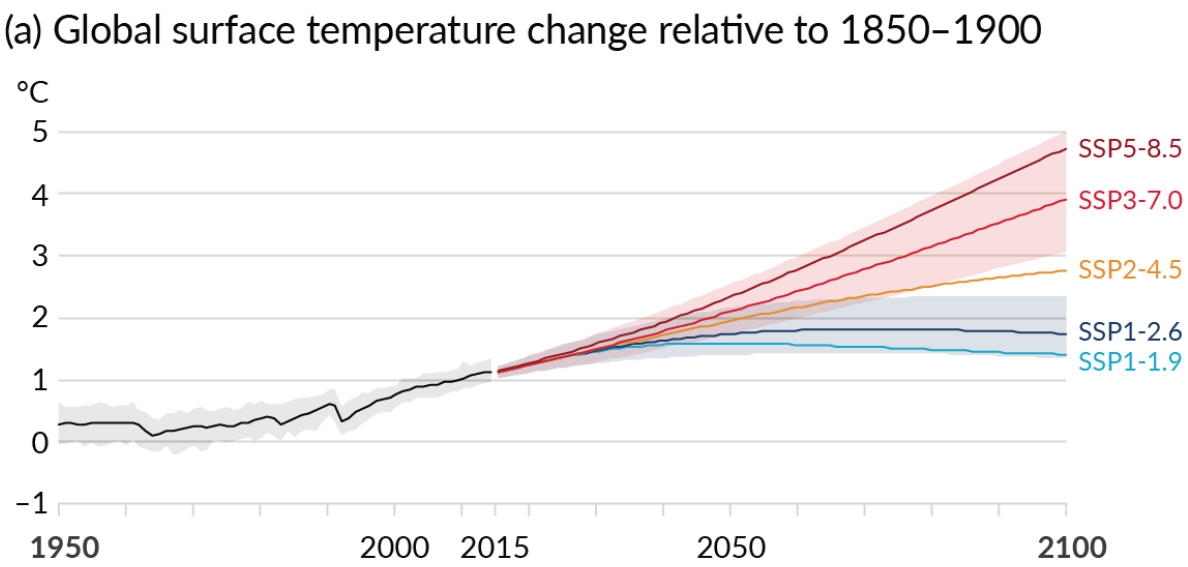
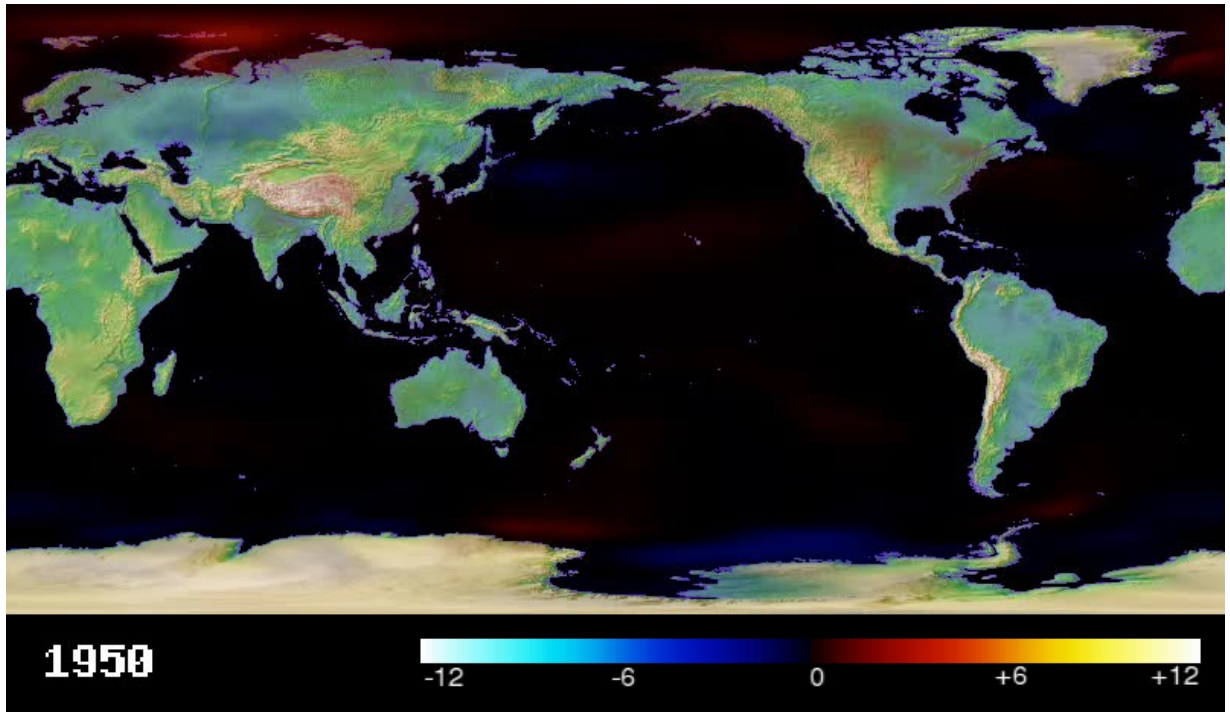


Figure SPM.8 in IPCC, 2021: Summary for Policymakers.

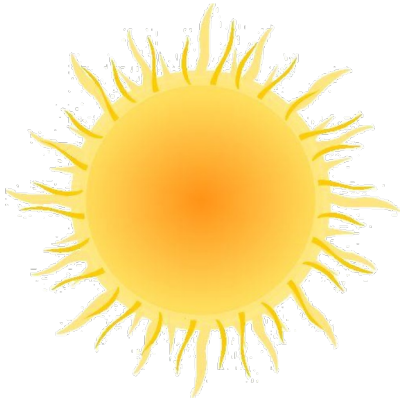


Meeresspiegeländerung

Kryoshäre (Eismassen)

Hydrologie

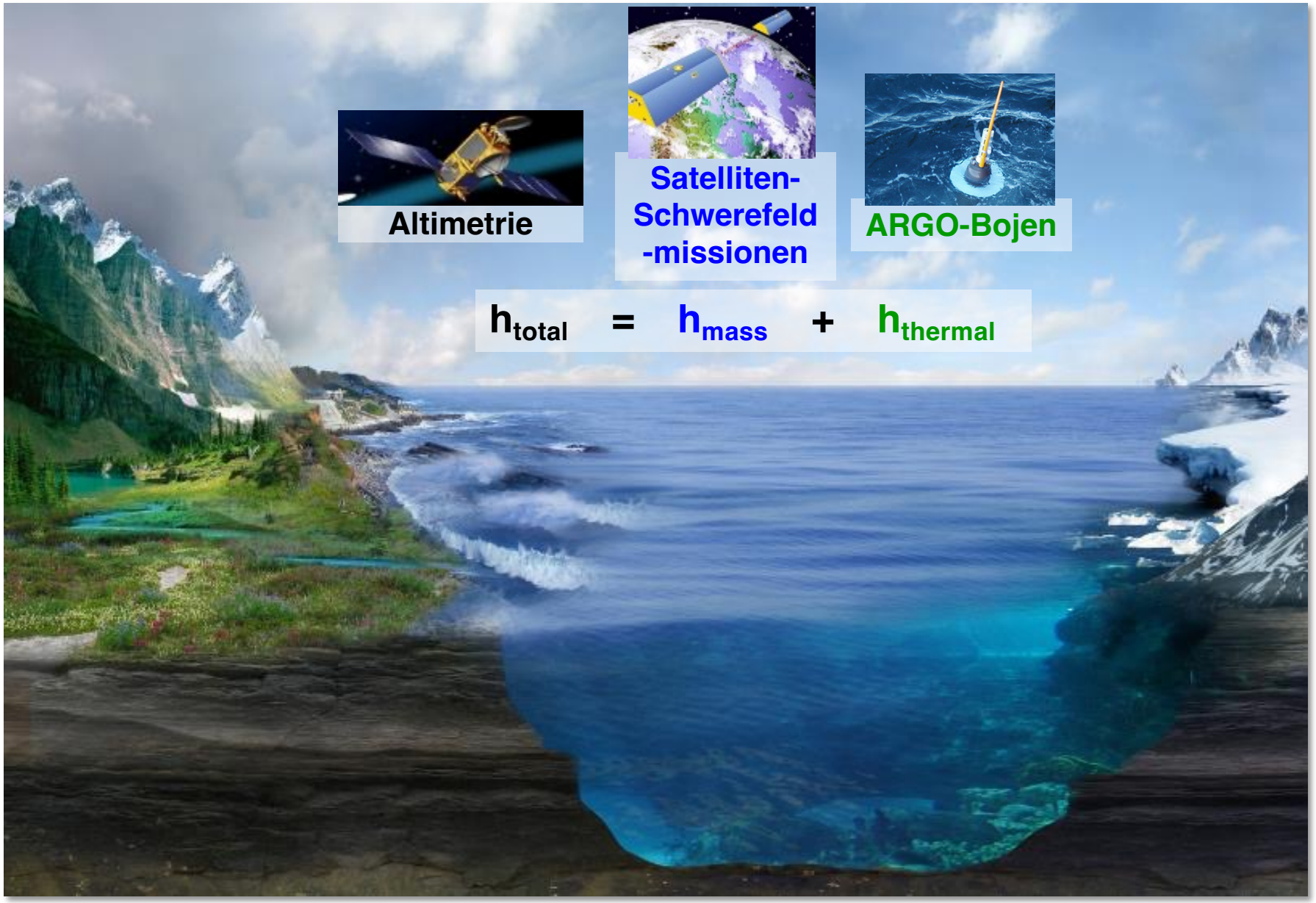
Sonneneinstrahlung



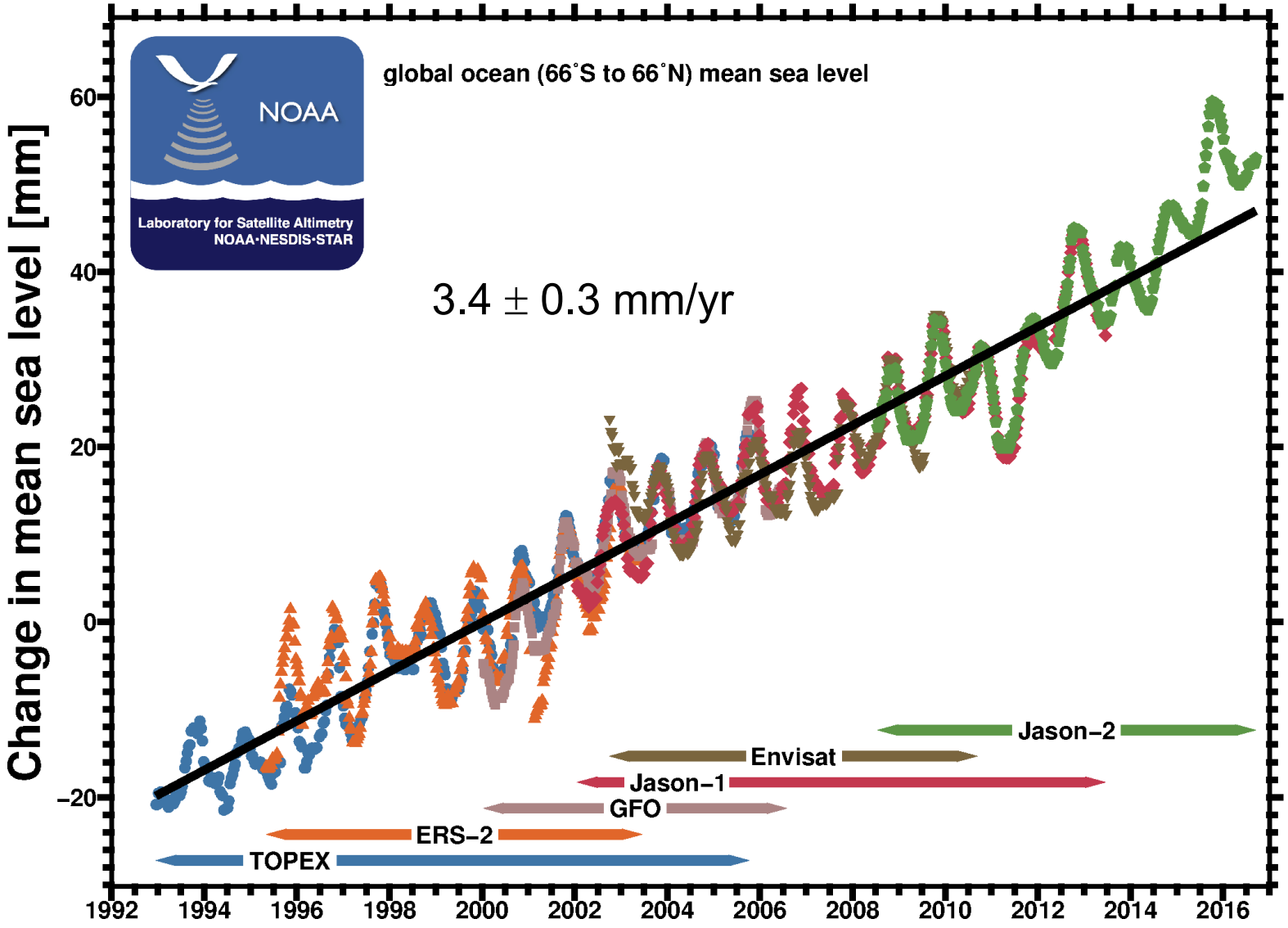
MASSE

VOLUMEN

Messungen der Meeresspiegeländerungen

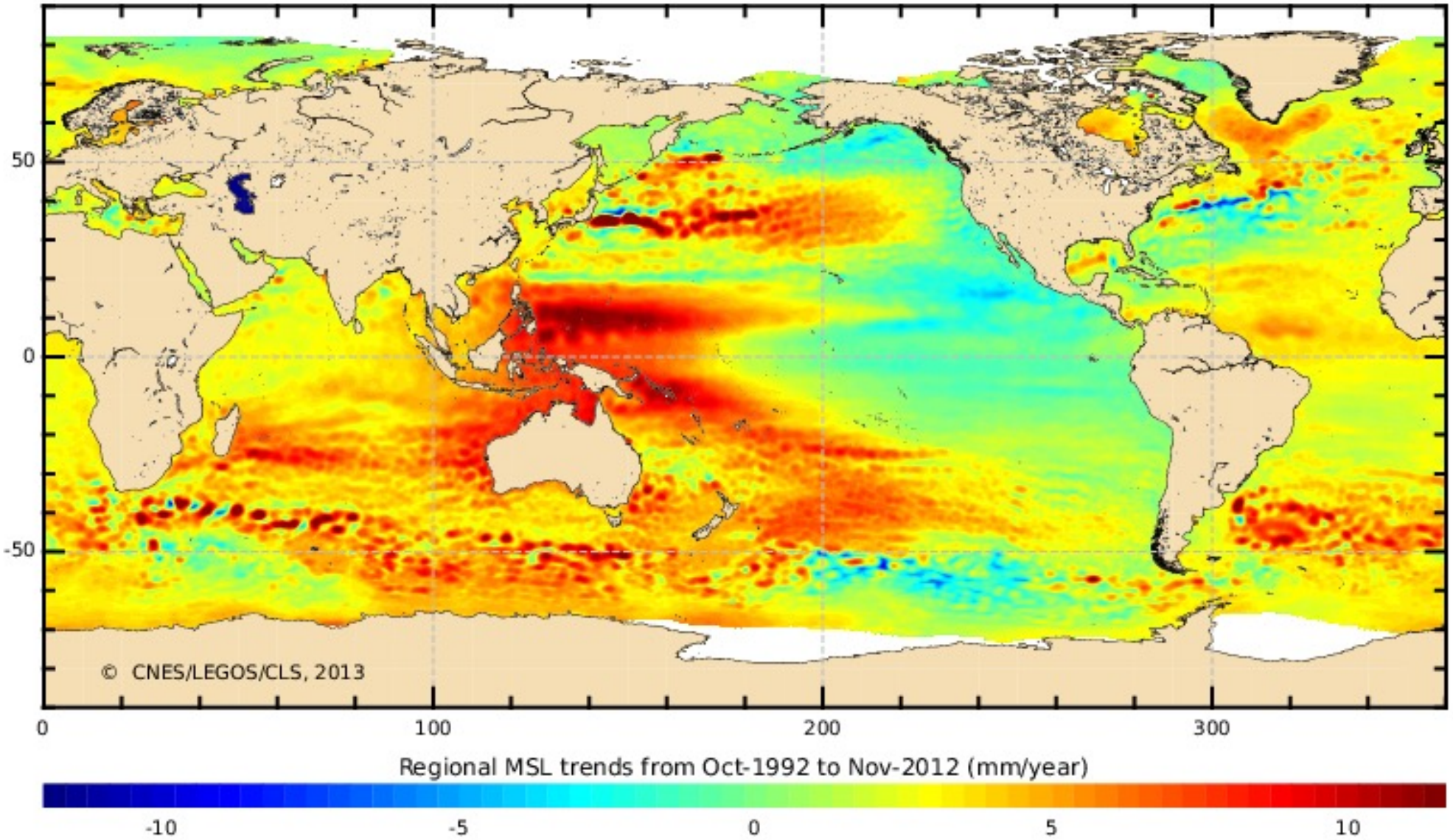


Satellitenaltimetrie: absoluter Meeresspiegelanstieg



- dominante Jahresperiode
- positiver Trend
- konsistente Ergebnisse verschiedener Missionen

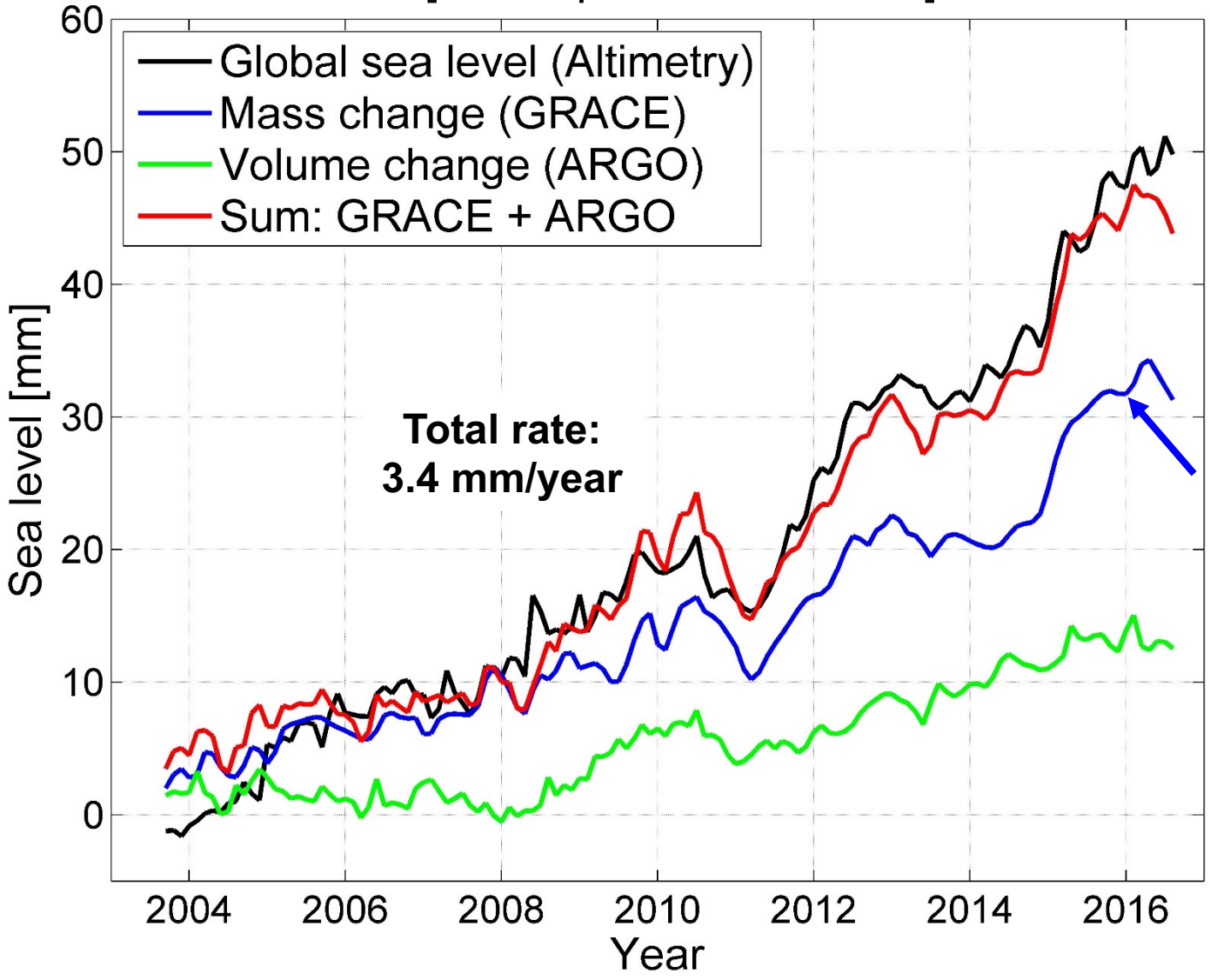
Regionale Meeresspiegeltrends



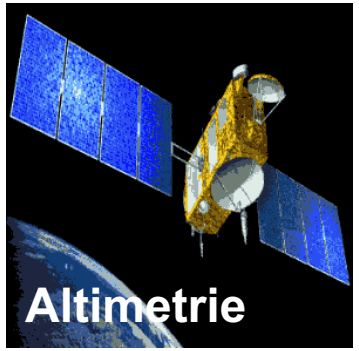
Credit: CNES/LEGOS/CLS

Globaler Meeresspiegelanstieg

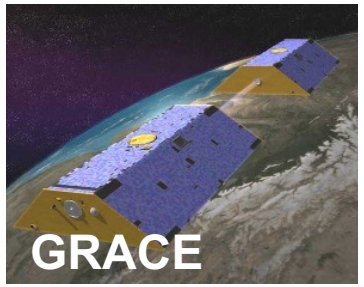
[Jahresperiode reduziert]



Total
~3 mm/Jahr

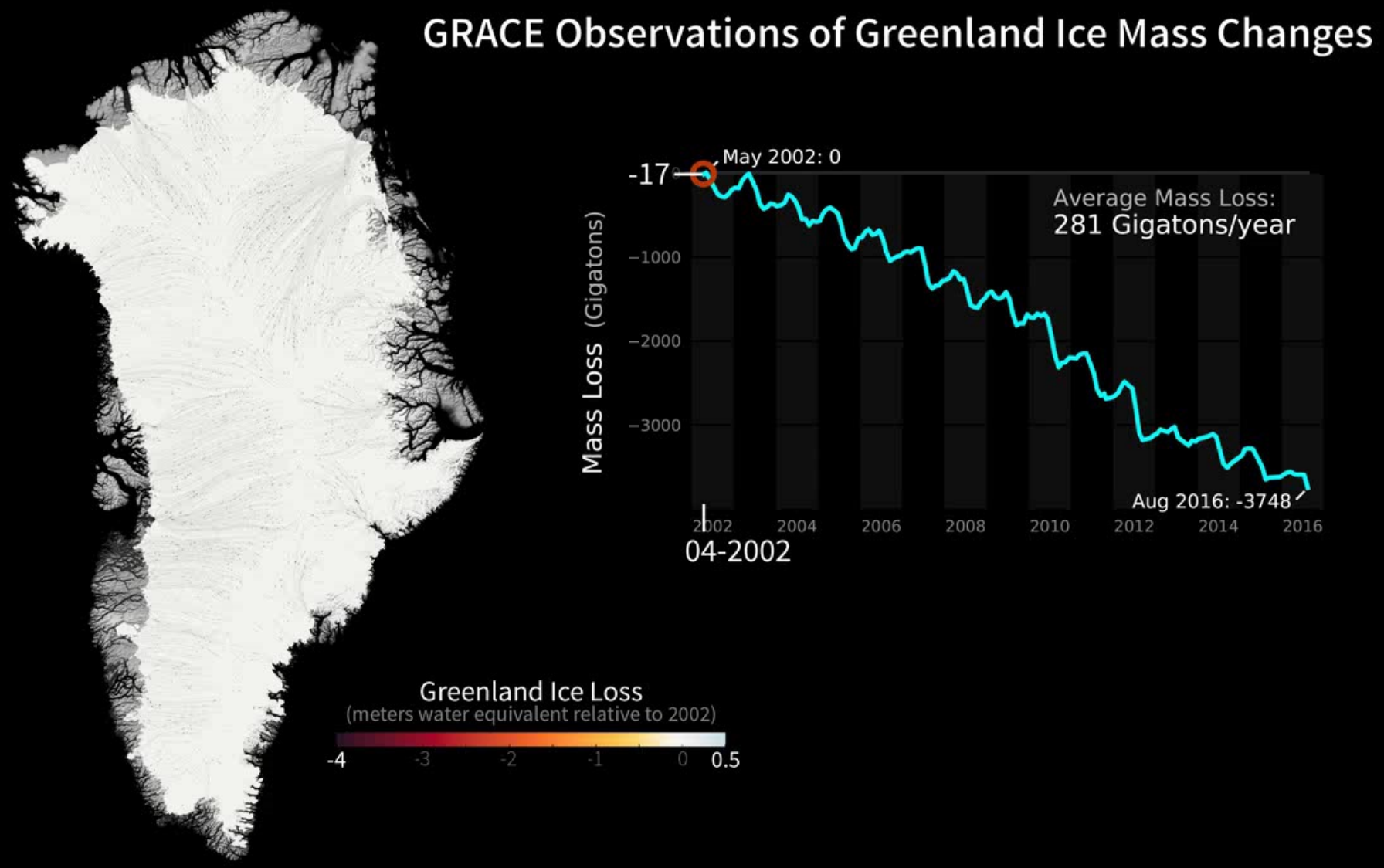


Masseneffekt
~2 mm/Jahr

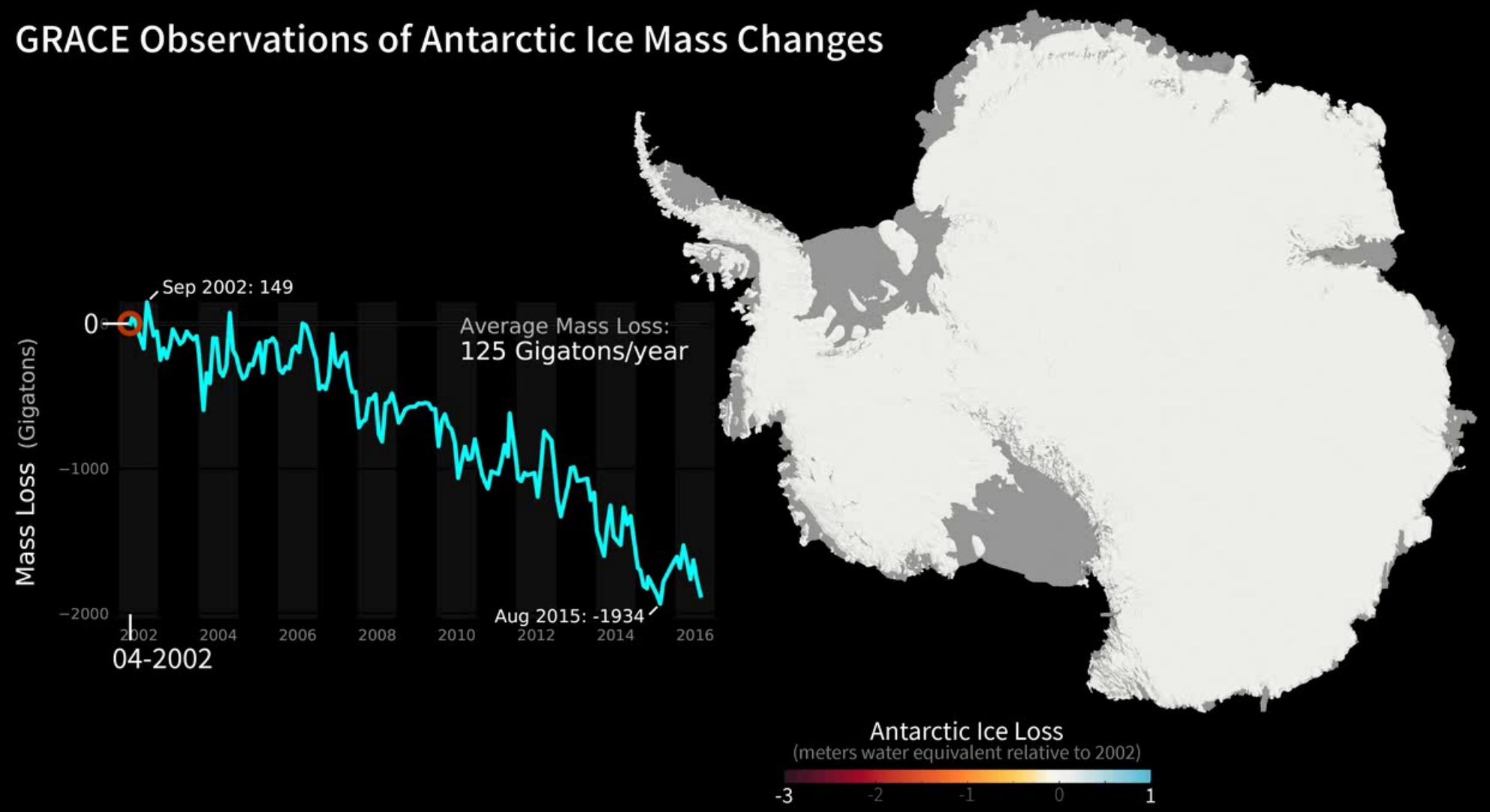


Volumseffekt
~1 mm/Jahr

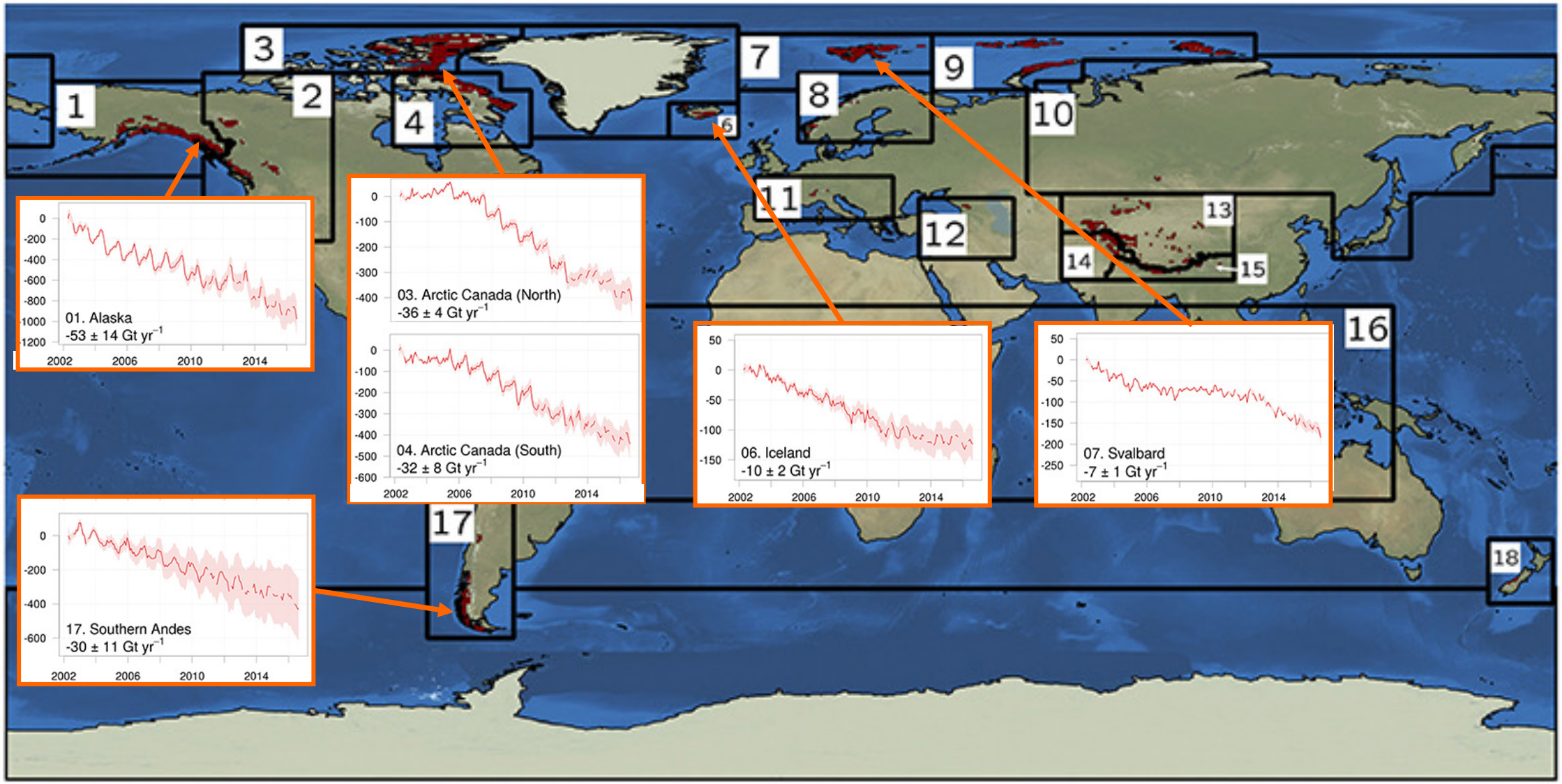
Eismassentrends Grönland



Eismassentrends Antarktis

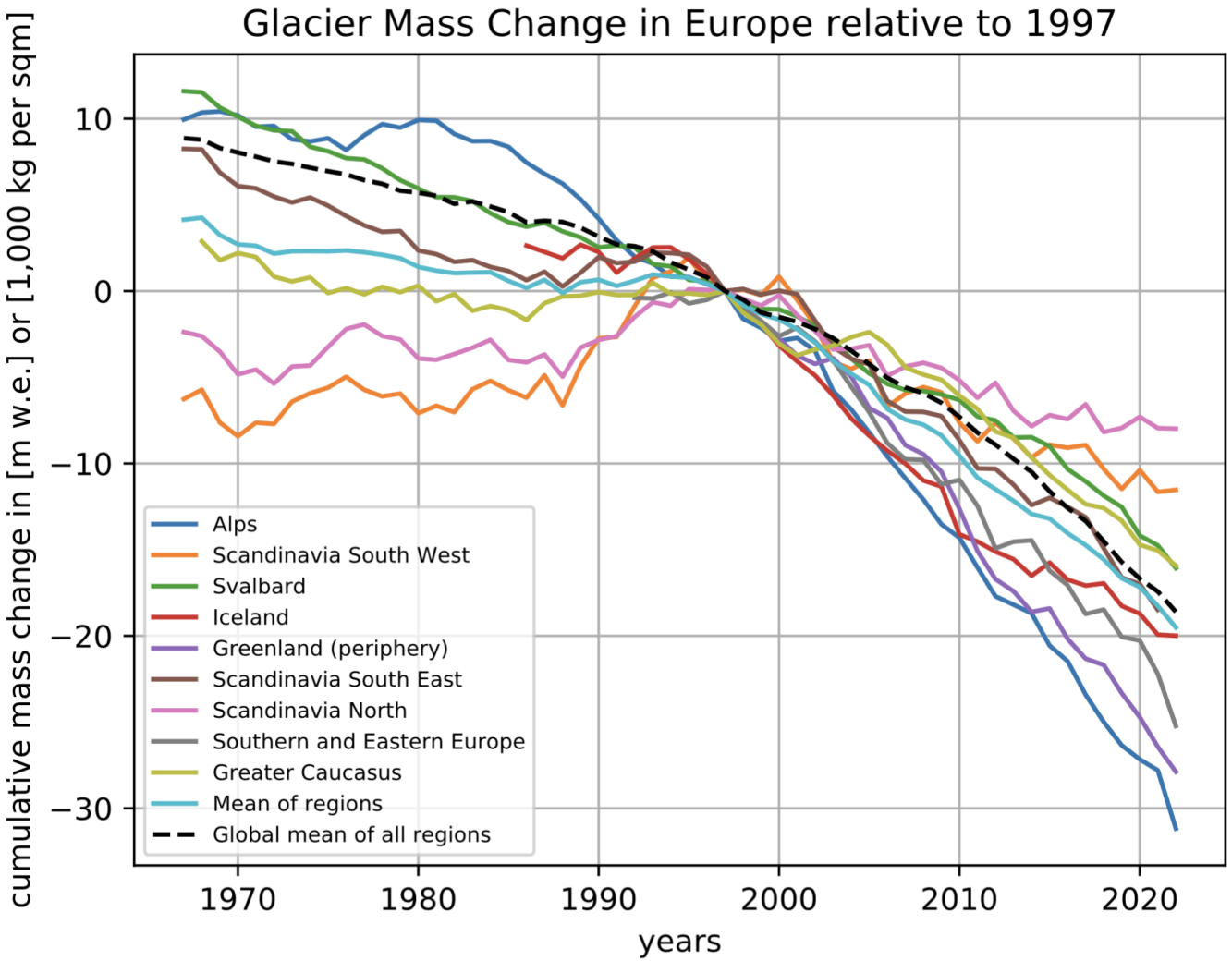


Eismassentrends Eiskappen und Gletscher



[Wouters et al. 2019]

Eismassenbilanz: Europäische Gletscher



Copernicus Climate Change Service
Climate Indicators | 2022

PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION

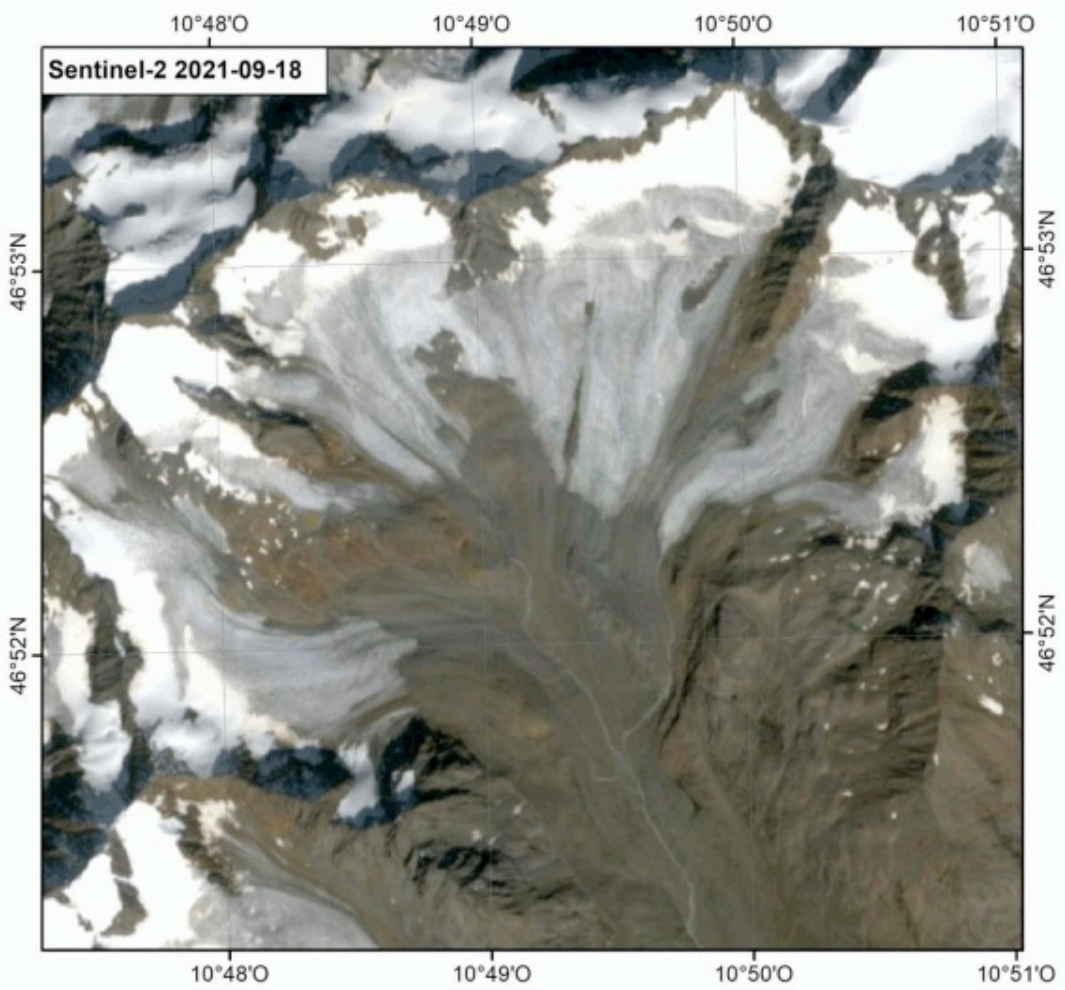
Copernicus Europe's eyes on Earth

IMPLEMENTED BY ECMWF

https://climate.copernicus.eu/sites/default/files/custom-uploads/Indicators/glaciers/2022/Figure_2_glaciers_indicator_regional_MB.pdf

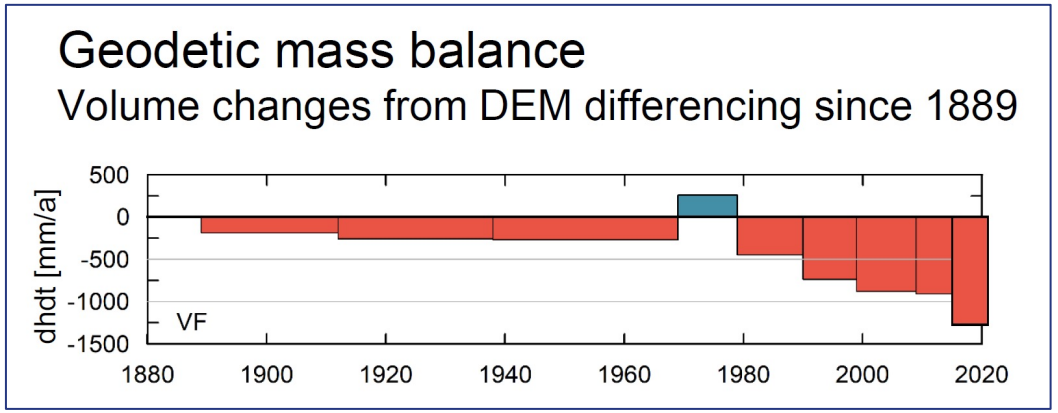
Vernagtferner (Ötztaler Alpen)

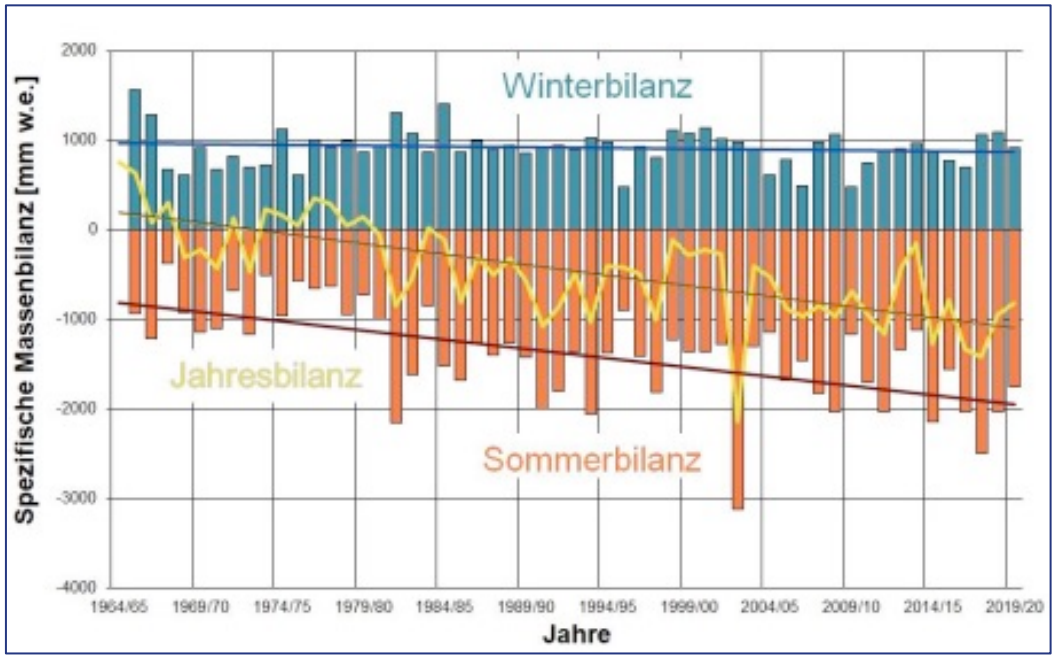
BAdW Projekt Erdmessung und Glaziologie



Copernicus Sentinel 2 (2021, 2022)

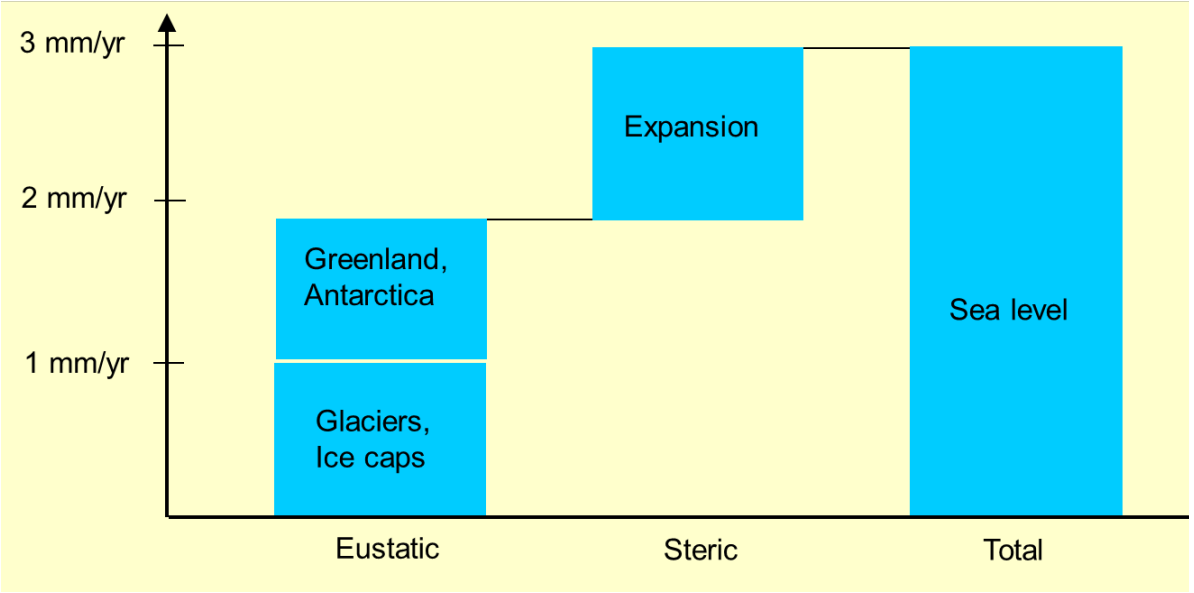
→ Beobachtung seit ca. 135 Jahren (!)





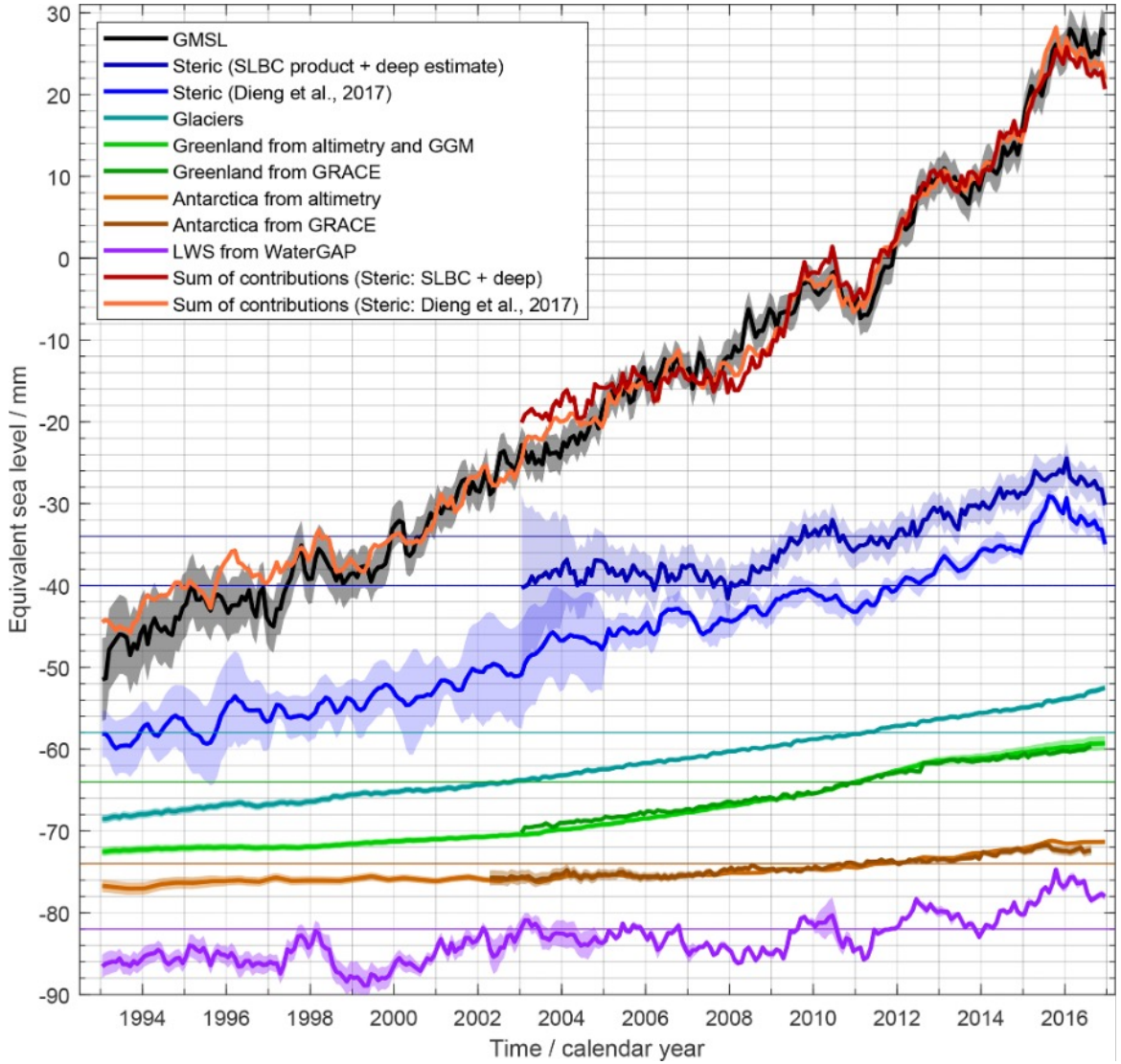
[Wendt et al. 2022]

Meeresspiegelbudget



Sea level budget 1993-2009
[after Cazenave et al., 2010]

Das globale Meeresspiegelbudget ist (fast) geschlossen!



[Horwath et al., 2022]

Take-home messages

- Das Meer spielt eine zentrale Rolle im Klimasystem der Erde, sowohl als Wärmereservoir als auch als Umverteiler von Energie.
- Meeresspiegelveränderungen können heute mit großer Zuverlässigkeit direkt gemessen werden.
- Durch Kombination von Verfahren können sogar die Ursachen (Masse vs. thermische Ausdehnung) identifiziert werden.
- Gesellschaftliche Relevanz hat der relative Meeresspiegelanstieg.
- Aktuell werden Missionskonzepte entwickelt und umgesetzt, welche die Genauigkeit weiter erhöhen.

LMU LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Korallenriffe:

Hyperdiverse Ökosysteme in Gefahr

Gert Wörheide

Ludwig-Maximilians-Universität München

Department für Geo- und Umweltwissenschaften,

Lehrstuhl für Paläontologie & Geobiologie

GeoBio-Center[LMU]

SNSB – Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie

www.palmuc.de | www.geobiology.eu

Palaeontology & Geobiology LMU Munich

GeoBio-Center LMU Munich

SNSB Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie

Planet Ozean:

71% von Meer bedeckt!

Tropische Korallenriffe:
“Regenwälder der Meere”

Nur ein kleiner Teil (1,2%) der Meeresfläche!

Ca. 25% der Weltdiversität in Riffen!

Mehr als 2 Mio. Arten!

~100.000 Arten bislang identifiziert!

Ökosystemare Dienstleistungen und Güter

- **Küstenschutz, Nahrungsquelle**
- **Tourismus, Schnorcheln, Tauchen**
- **Kinderstube für viele Fische**
- **Blaue Apotheke**

- **„Ecosystem-Services“: mehr als 350 Milliarden € / Jahr**
- **Ca 12% des globalen Fischfangs** in Riffen**, ca. 25%** des **globalen Fischfangs** von Riffen abhängig
- **> 500 Millionen Menschen** profitieren von Riffen
- **Gesamter Ökonomischer Wert = US$10 Trillionen /Jahr**

Pixabay

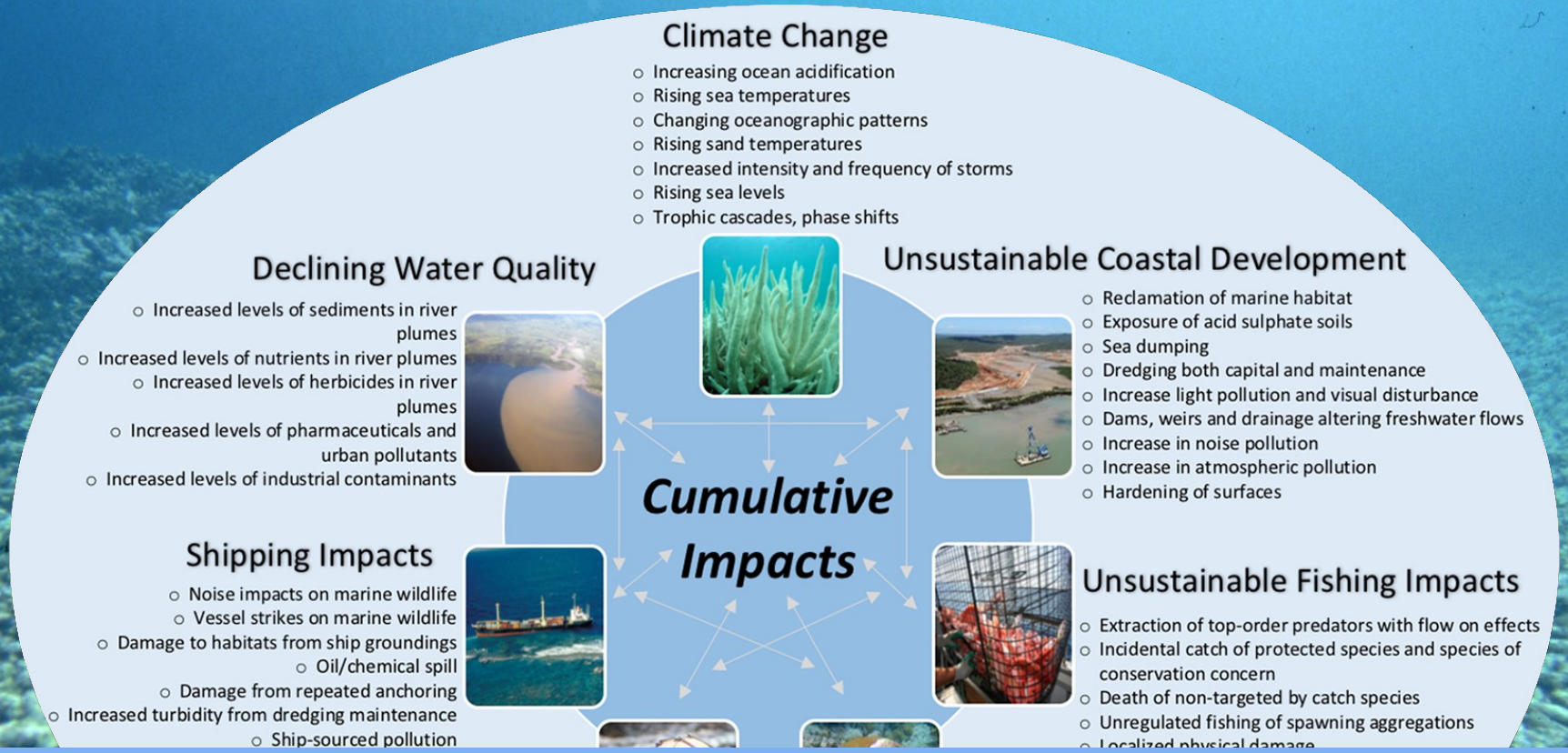
Quellen: z.B. Costanza et al. 1997, 2014, Science; Sukhdev-Report 2008

Wie geht es den Riffen denn so heute?

coralreefs.org

ICRS
International
Coral Reef Society
European
Chapter

Viele Riffe sind in einem sehr schlechten Zustand ...



Nur noch 3% aller Riffe weltweit

in “ursprünglichem Zustand”!

Borsa et al. 2018 Nature

Foto © Mark Kochzius

Klimawandel und Meeresspiegelanstieg

Wirkliche Gefahr, z.B. für die Malediven!

ARTICLE

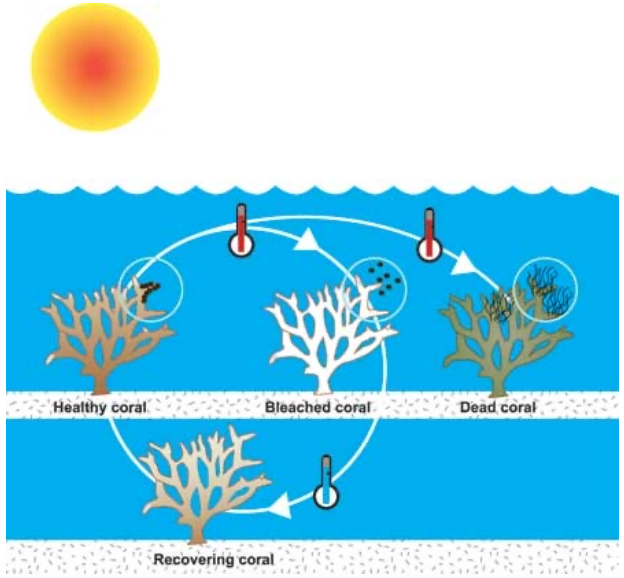
Perry et al. 2018 Nature

https://doi.org/10.1038/s41586-018-0194-z

Loss of coral reef growth capacity to track future increases in sea level

Ozean-Erwärmung:
Das Riff bekommt “Fieber”!

Korallenbleiche!



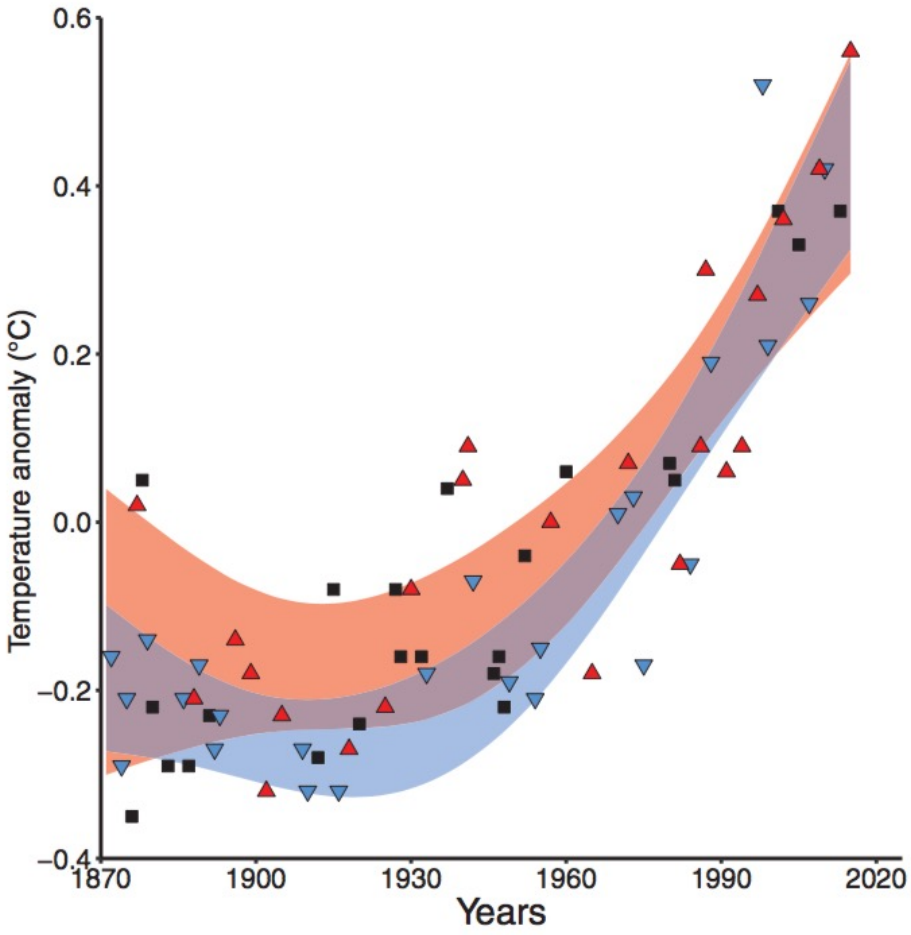
Das Riff stirbt ab, keine Bewohner mehr!

Korallenbleiche 2016: Maldiven

© Gert Wörheide

Keine Zeit zum Erholen!

Fig. 1. Global warming throughout ENSO cycles. Sea surface temperature anomalies from 1871 to 2016, relative to a 1961–1990 baseline, averaged across 1670 1° latitude–by–1° longitude boxes containing coral reefs between latitudes of 31°N and 31°S. Data points differentiate El Niño (red triangles), La Niña (blue triangles), and ENSO neutral periods (black squares). Ninety-five percent confidence intervals are shown for nonlinear regression fits for years with El Niño and La Niña conditions (red and blue shading, respectively; overlap is shown in purple).



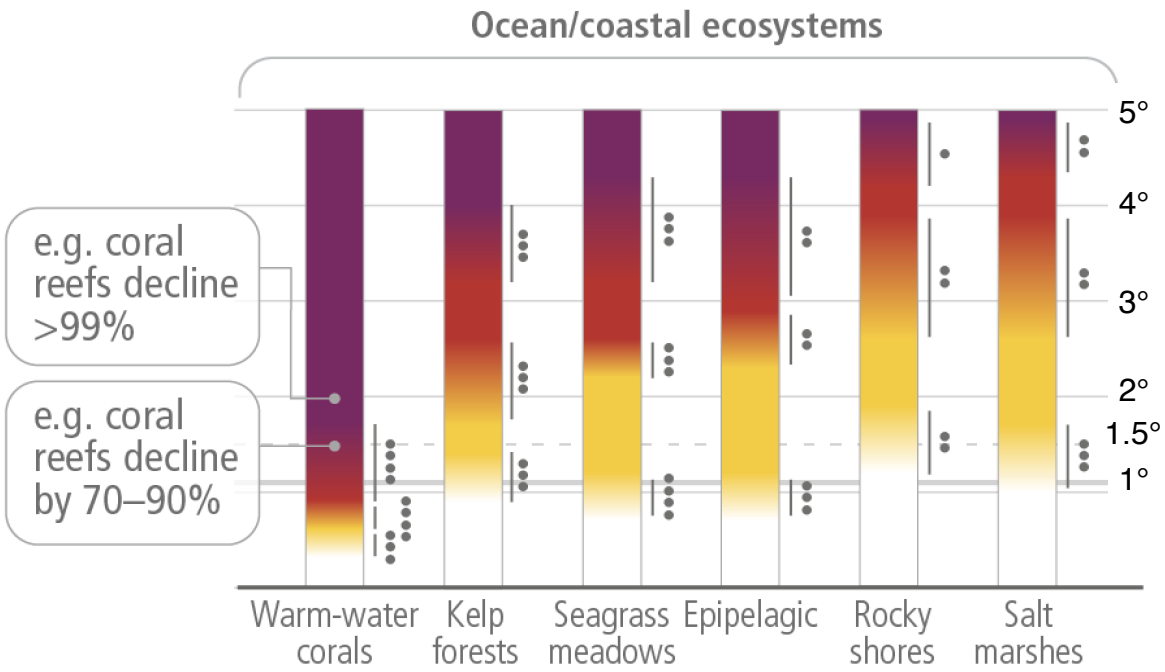
”Die mittlere Oberflächen-temperatur des tropischen Meeres ist heute wärmer während *La Niña* (normal) ▼ Phasen als sie vor drei Jahrzehnten während *El Niño* (Wärme) ▲ Ereignissen war.”

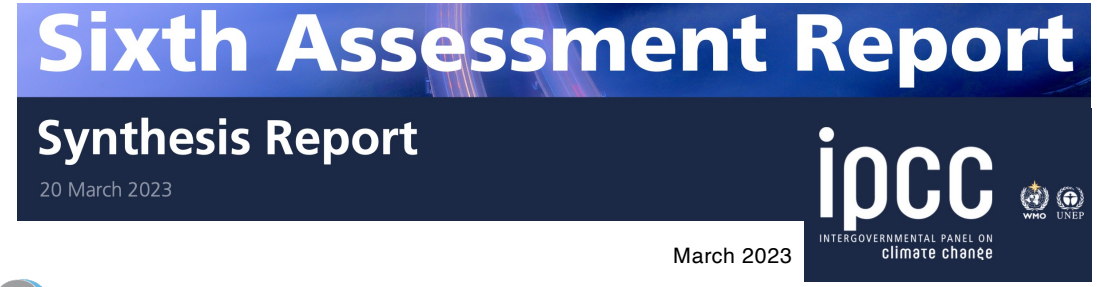
CORAL REEFS

Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene

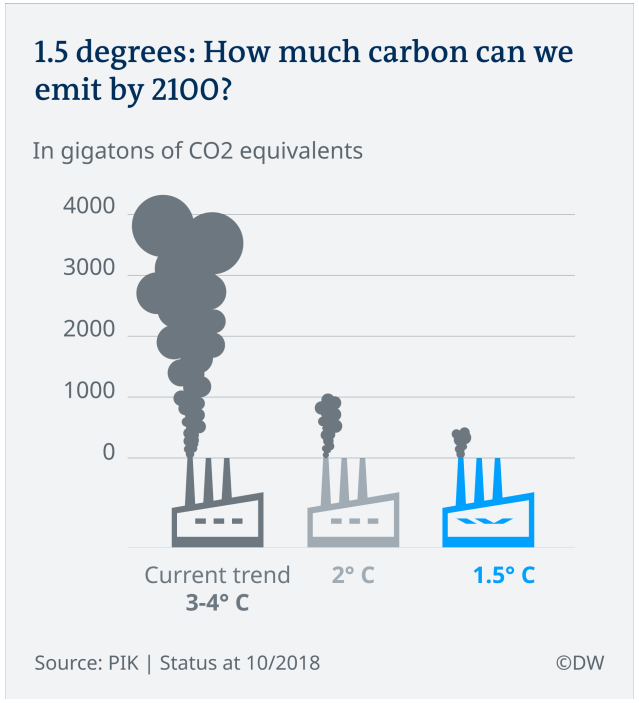
Hughes *et al.*, *Science* **359**, 80–83 (2018) 5 January 2018

Klimawandel: Temperatur





March 2023



Nicholson
We've found Nemo, but we've lost the reef.