

Klima und Energie

Der Stand der Dinge



Prof. Dr. Harald Lesch

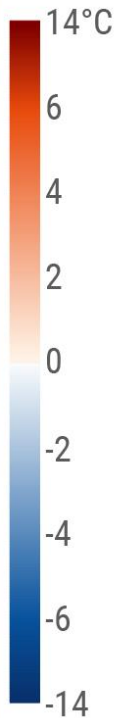
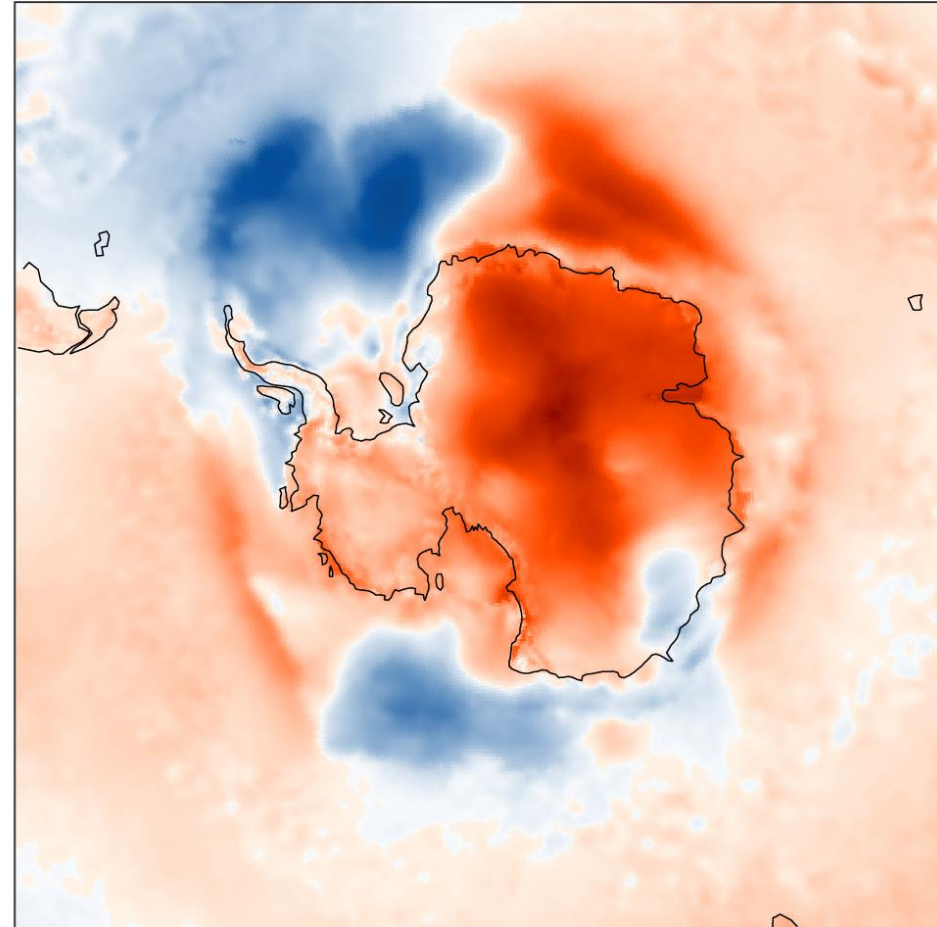
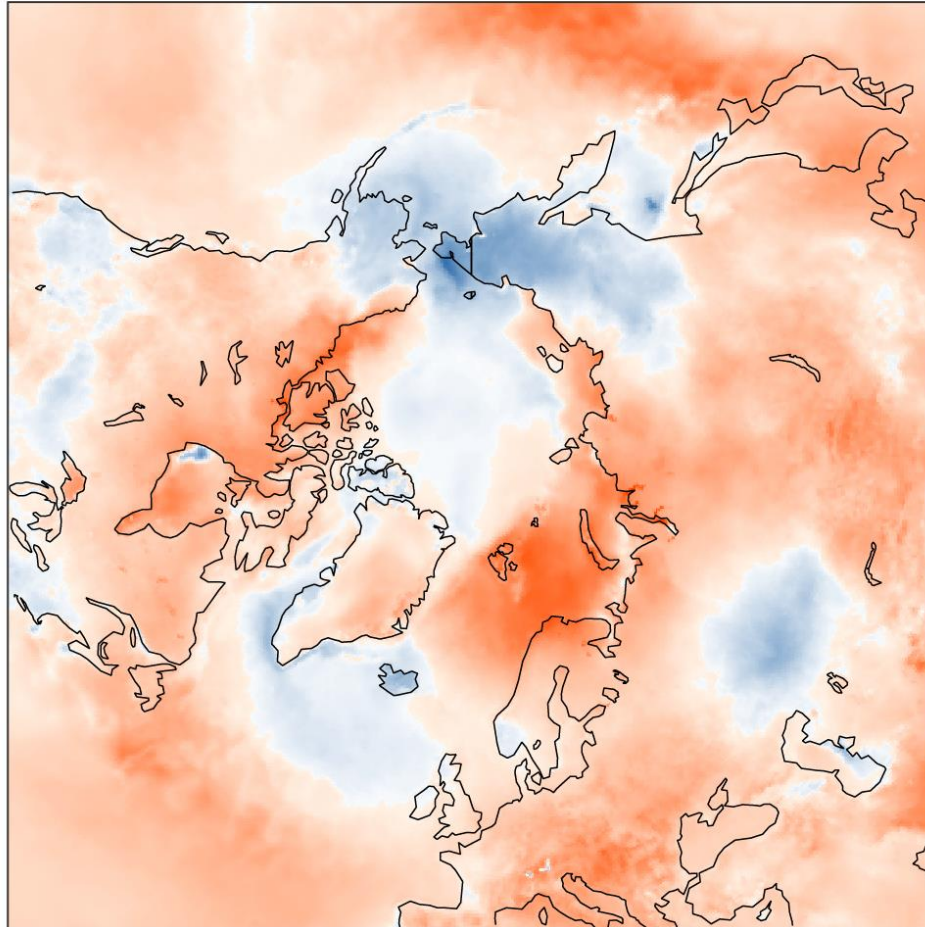


**LMU München
&
Hochschule für Philosophie**



Surface air temperature anomaly for August 2024

Data: ERA5 • Reference period: 1991-2020 • Credit: C3S/ECMWF



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION



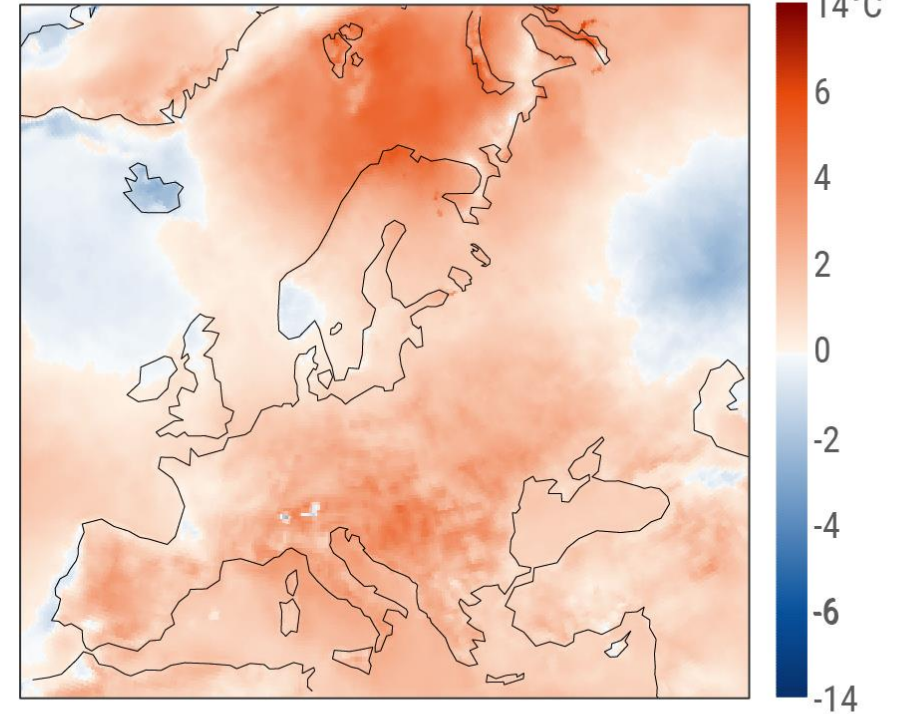
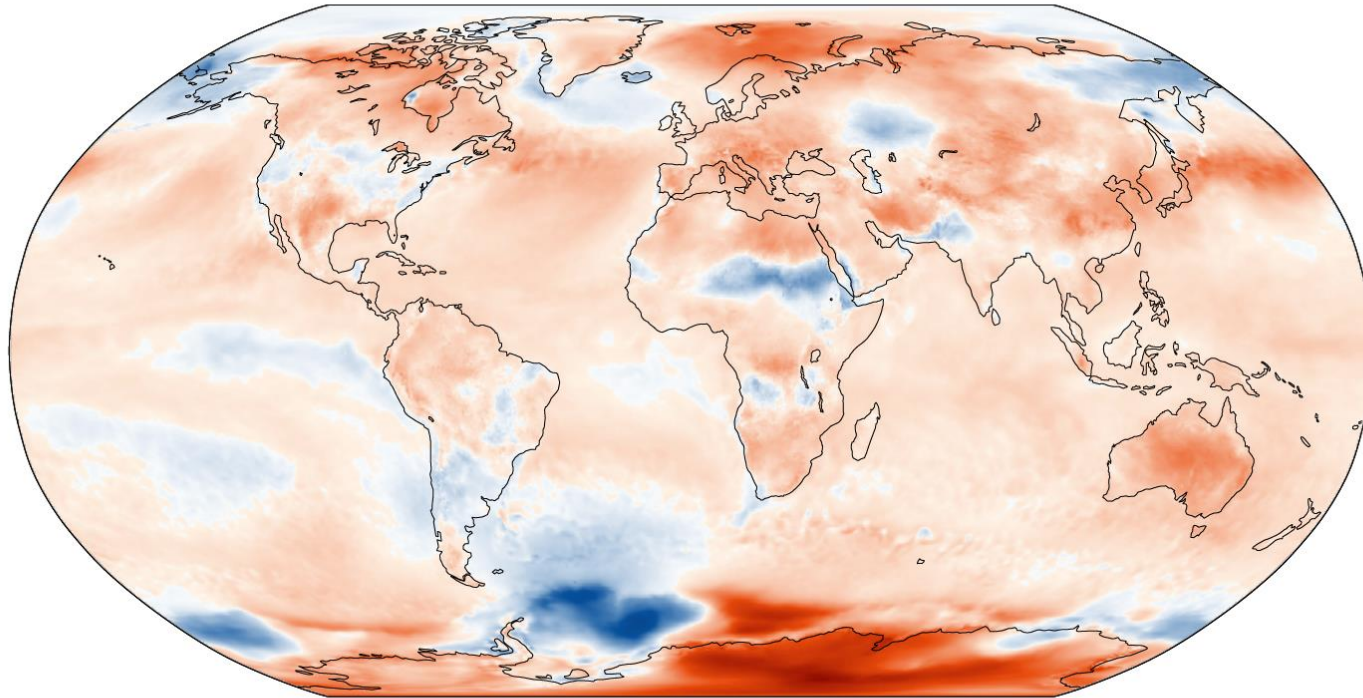
IMPLEMENTED BY



Climate
Change Service

Surface air temperature anomaly for August 2024

Data: ERA5 • Reference period: 1991-2020 • Credit: C3S/ECMWF



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION

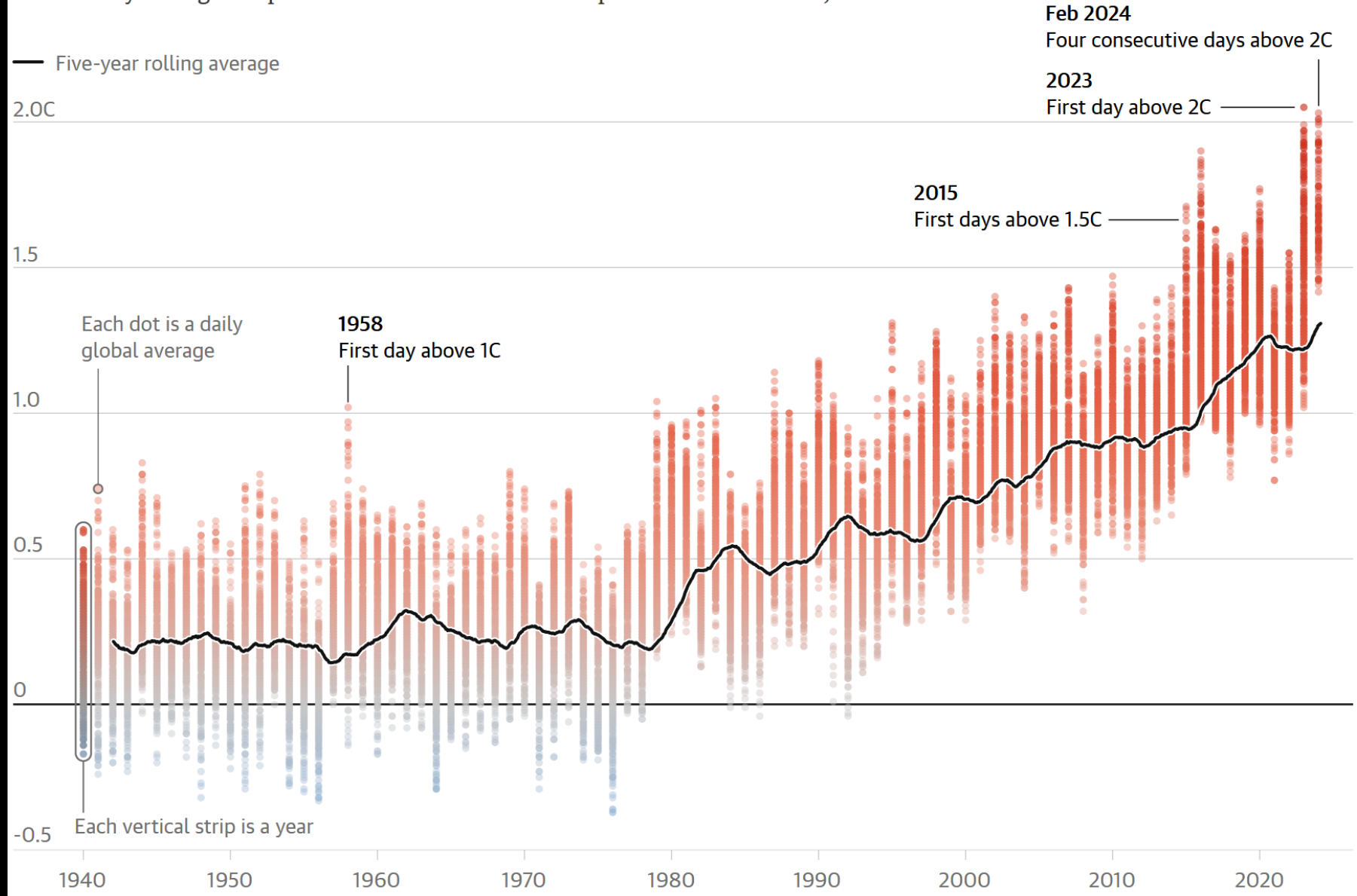


IMPLEMENTED BY



Daily temperature anomalies

Global daily average temperature anomalies relative to a preindustrial baseline, C



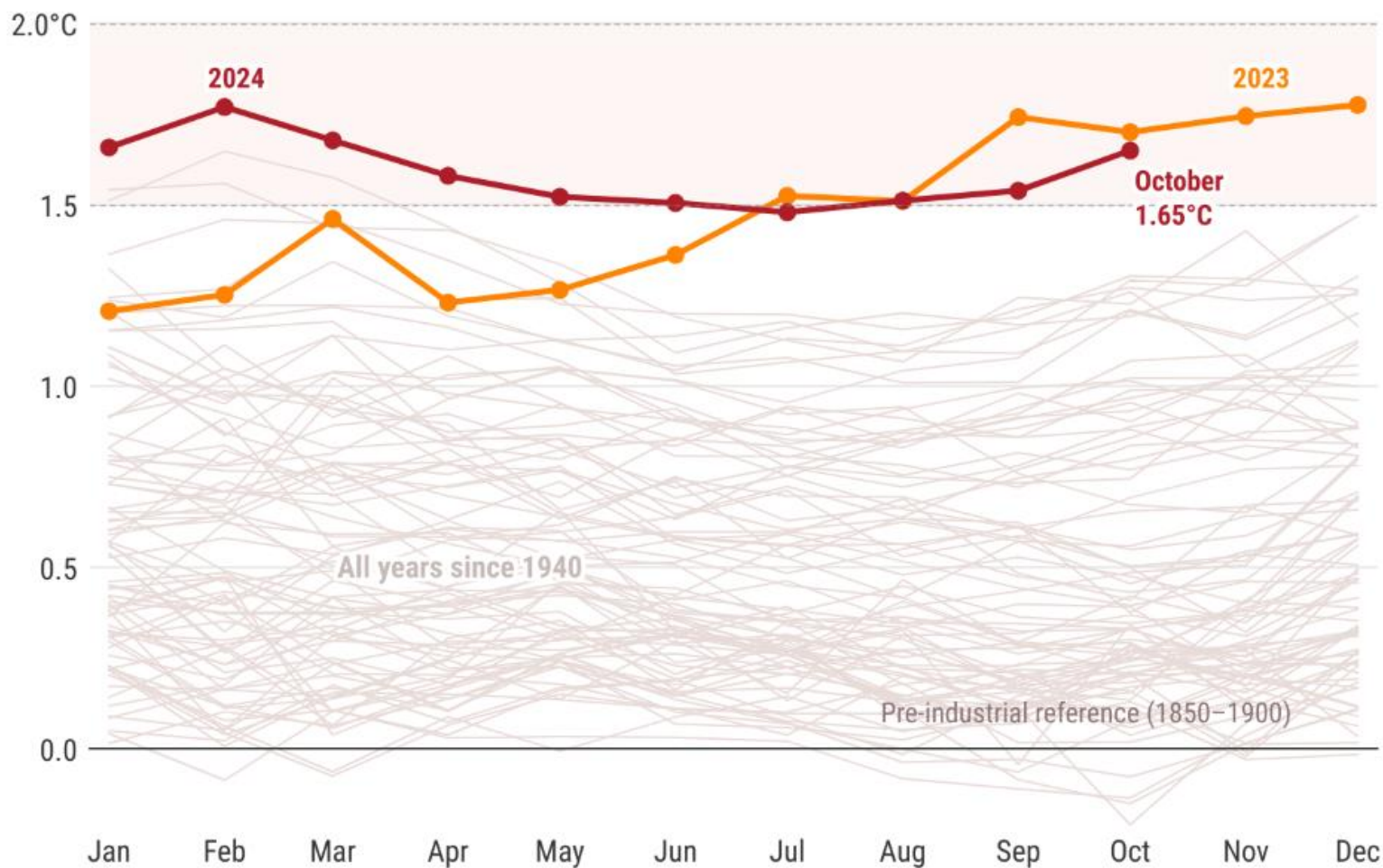
Guardian graphic. Source: Copernicus C3S/ECMWF Era5. Note: Preindustrial baseline = 1850-1900



Monthly global surface air temperature anomalies

Data source: ERA5 • Reference period: pre-industrial (1850–1900)

Credit: C3S/ECMWF



PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION

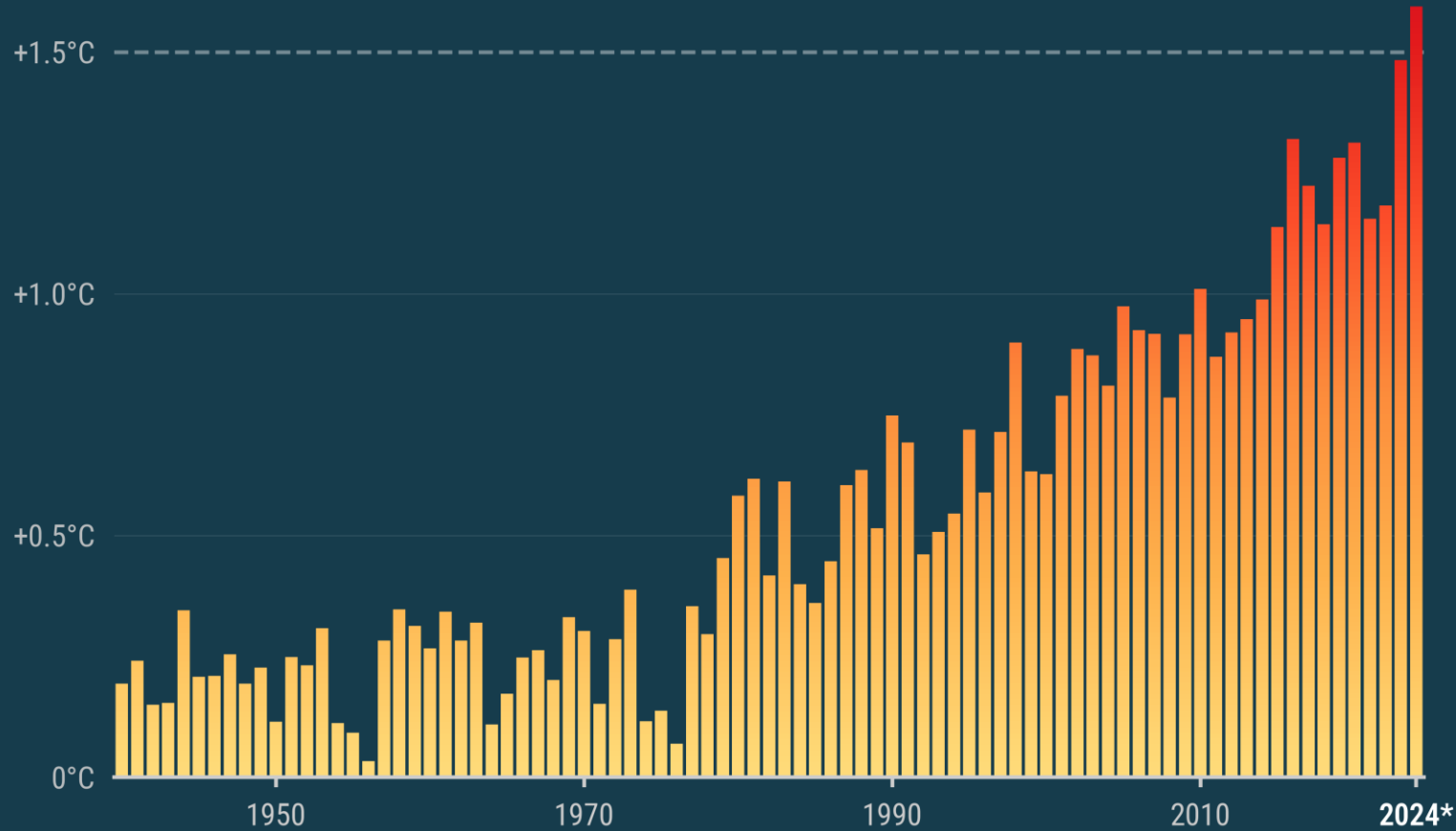


2024 on track to be warmest year and first year above 1.5°C

Annual global temperature anomalies relative to pre-industrial (1850–1900)



Data: ERA5 (1940–2024) • Credit: C3S/ECMWF



* Provisional estimate for 2024 based on 10 months (January to October)



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION

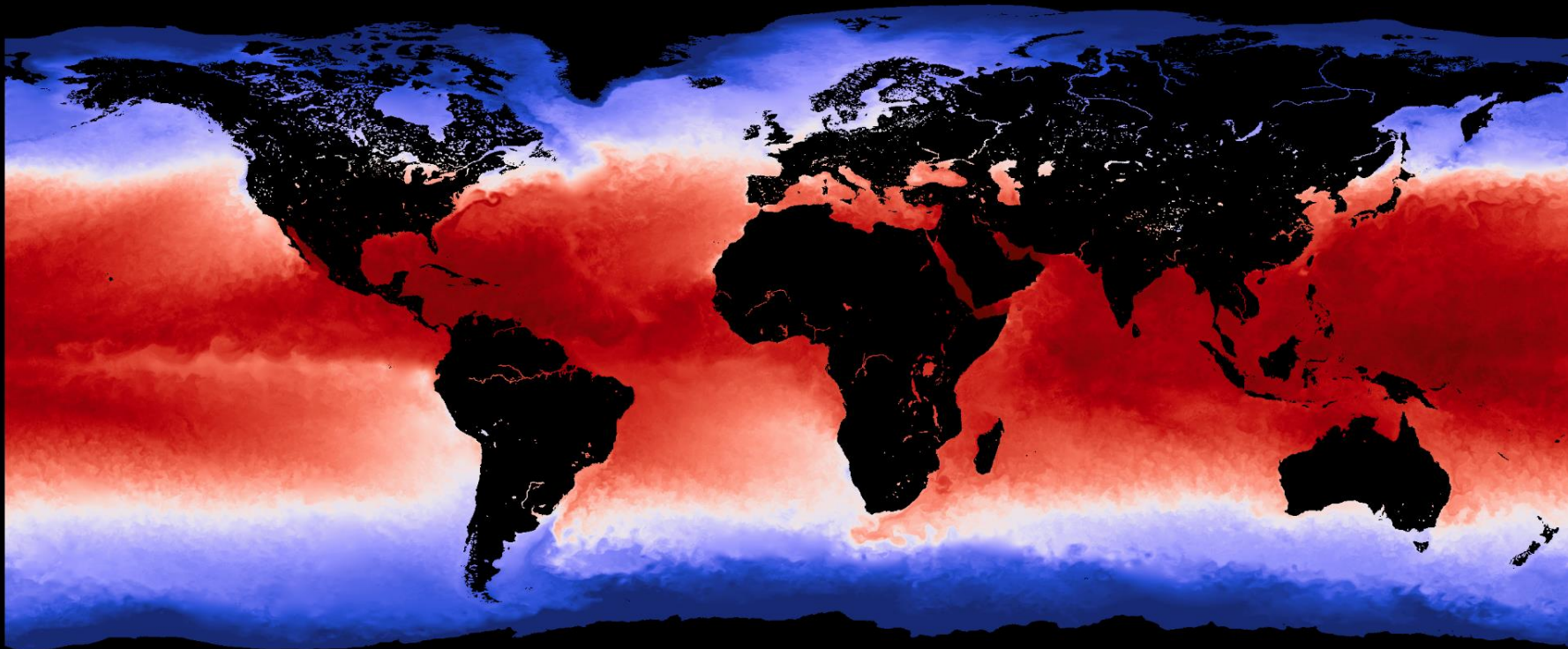


Die heißen Ozeane am 6.10.2024



Worldview

Sea Surface Temperature



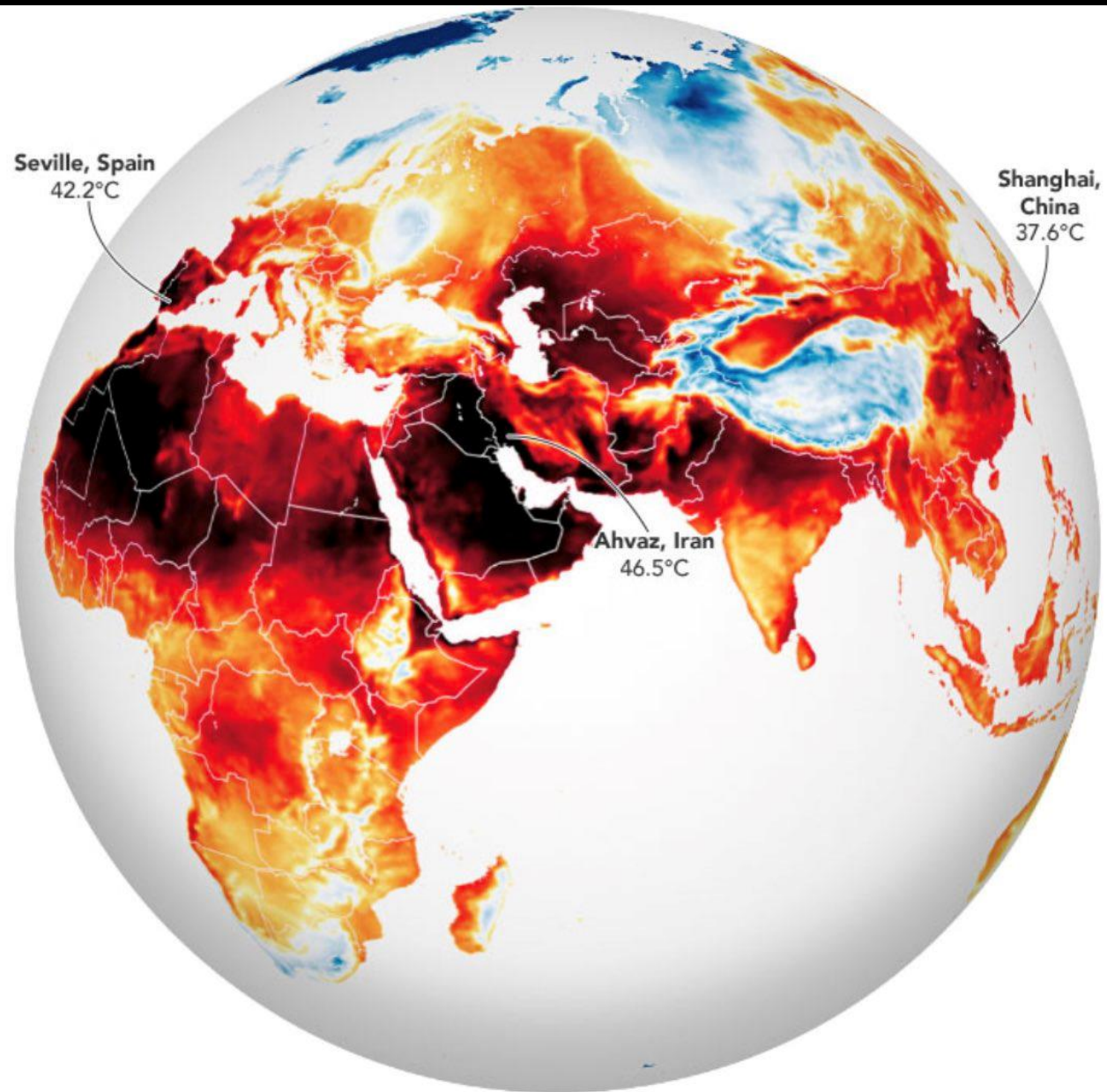
06 OCT 2024

Sea Surface Temperature

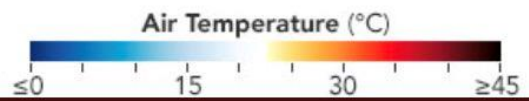


< 0.00 °C

≥ 32.00 °C



EU Copernicus



Im Sommer 2022 Mehr als 60.000 Hitzetote in Europa

Die Hitzewellen im Sommer 2022 sollen zu Zehntausenden Toten in Europa geführt haben. Rund 8000 hitzebedingte Todesfälle gab es laut einer Berechnung allein in Deutschland. Vor allem ältere Menschen starben.

10.07.2023, 18.48 Uhr Spiegel online

Extremwetter seit Ende April - Wie die Menschen in Südostasien mit der Hitzewelle umgehen Schulen schließen, Munitionsdepots explodieren, Menschen sterben in der Hitze. Fotografen halten fest, wie Menschen in Bangkok, Manila und Phnom Penh die aktuellen Extremtemperaturen bewältigen.

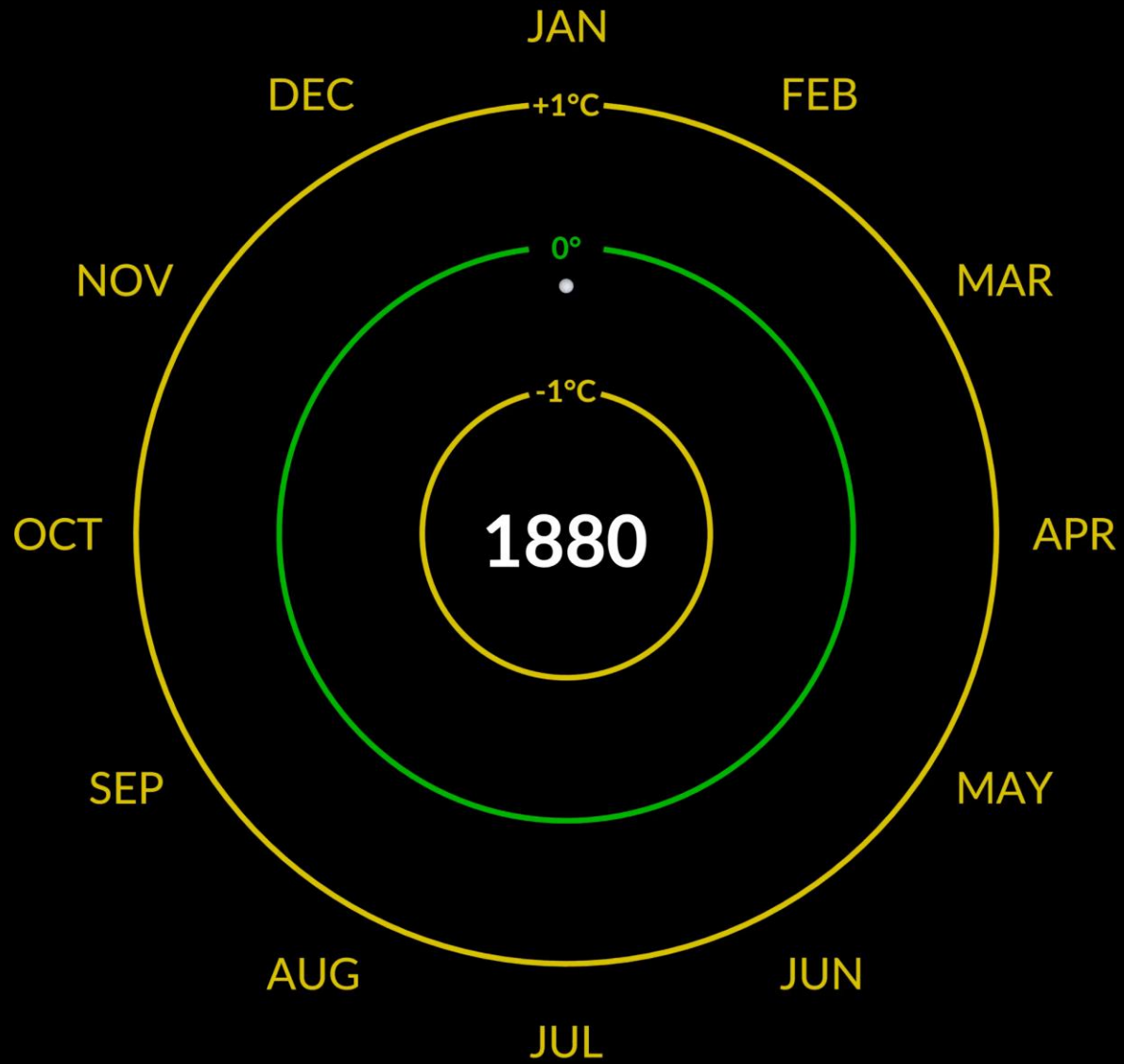
Von Maria Stöhr, Bangkok

07.05.2024, 15.48 Uhr Spiegel online

Gefühlte Temperaturen von teils über 52 Grad Rekord-Hitzewelle in Thailand führt zu mehr als 60 Toten Thailand zählt bereits jetzt fast doppelt so viele Hitzetote wie im gesamten Jahr 2023. Die meisten Opfer gab es im landwirtschaftlich geprägten Nordosten.

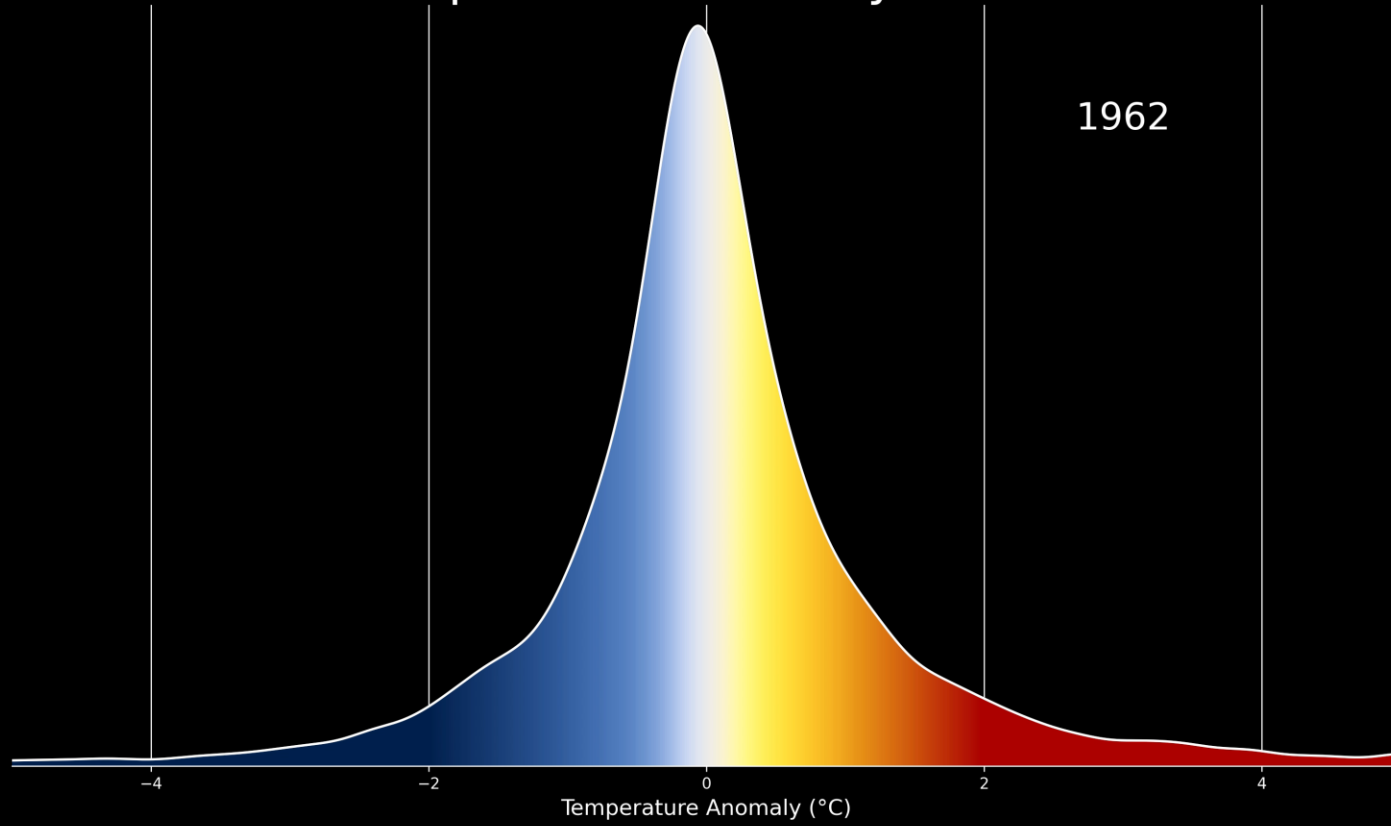
Asien erwärmt sich laut Meteorologen schneller als der globale Durchschnitt.

10.05.2024, 15.51 Uhr Spiegel online VALENCIA /MILTON/TAIFUNE/ :::::



NASA

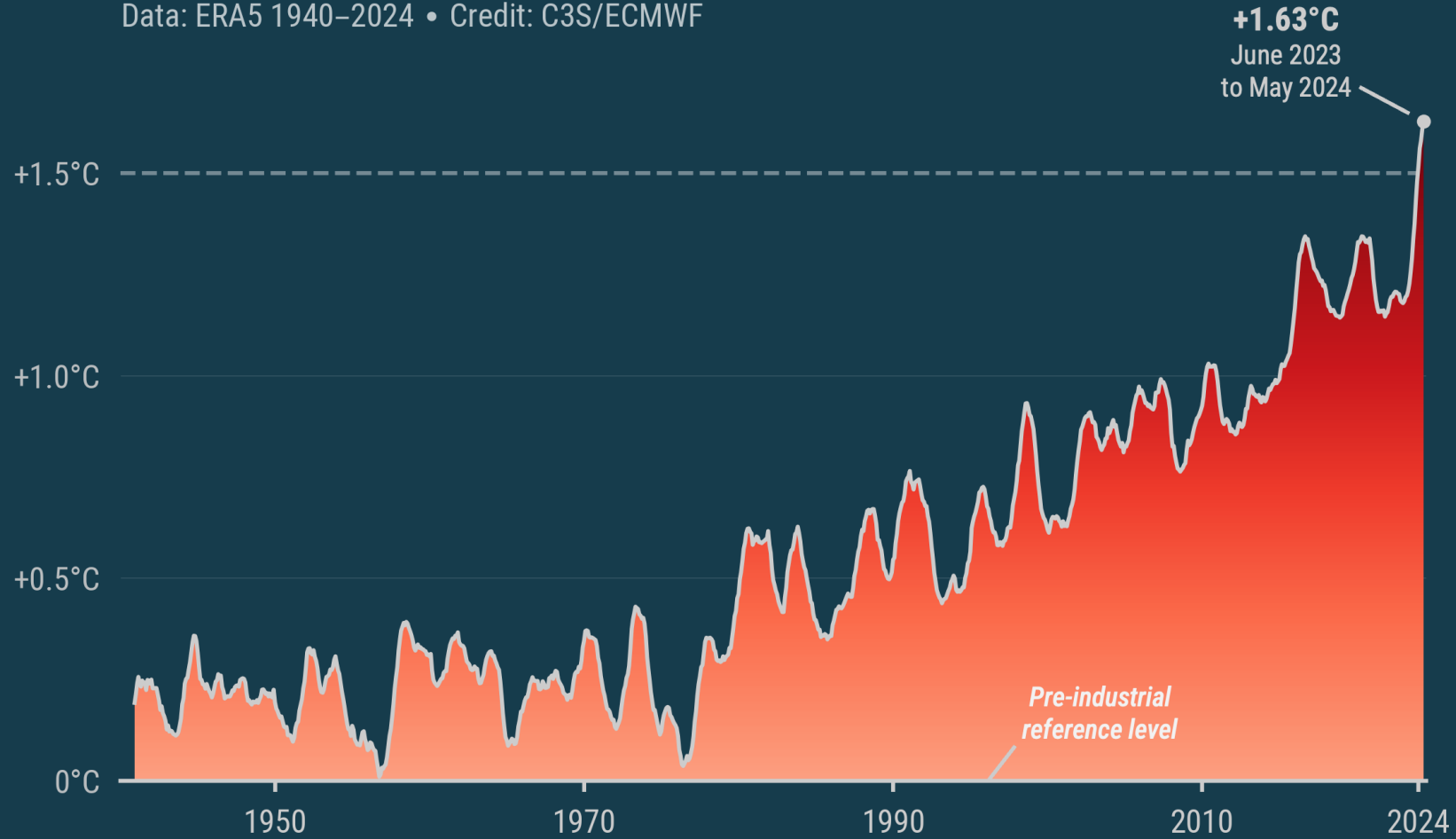
Land Temperature Anomaly Distribution



Global surface temperature increase above pre-industrial

12-month running mean anomalies relative to the 1850–1900 average

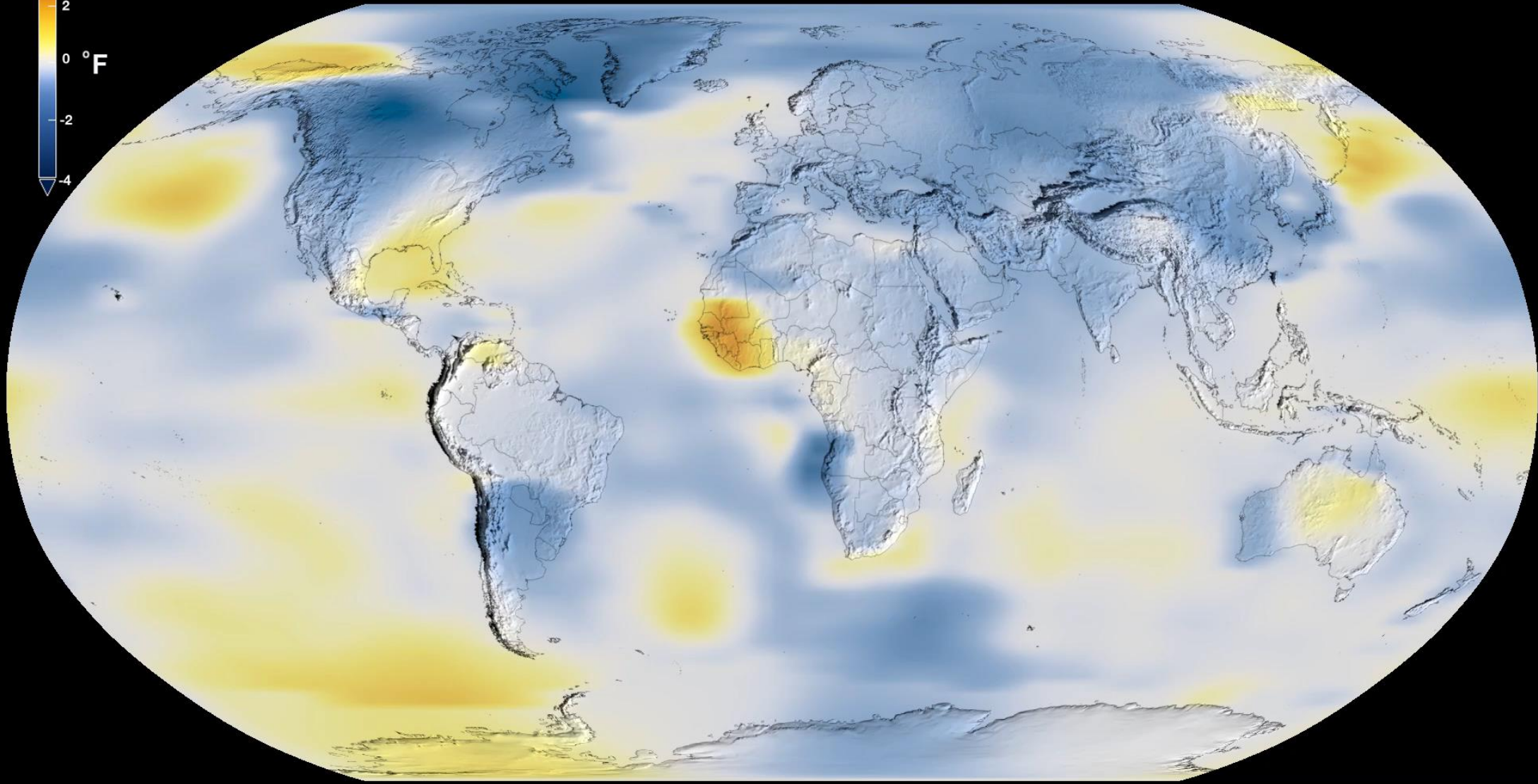
Data: ERA5 1940–2024 • Credit: C3S/ECMWF



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



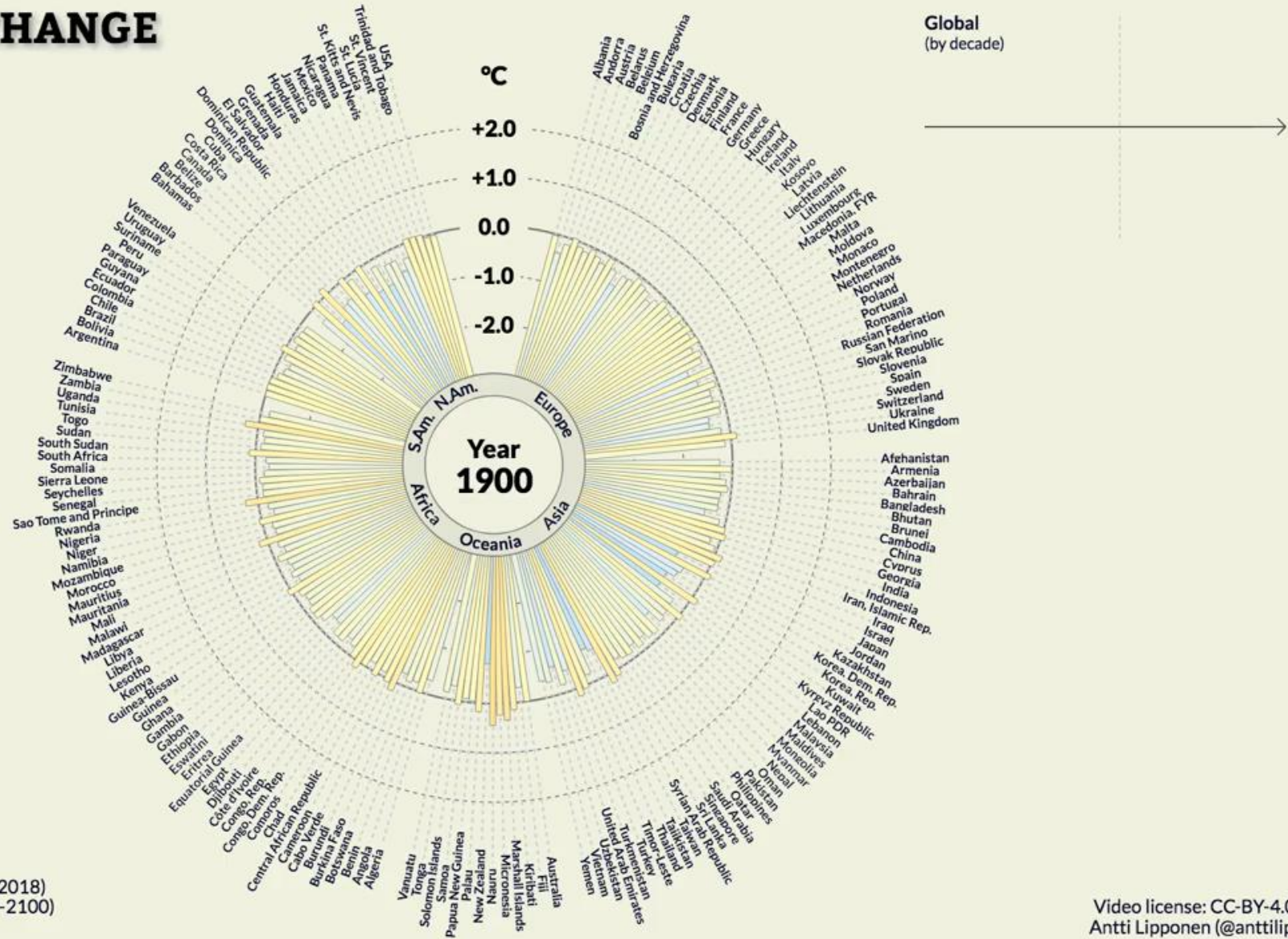
1880 - 1884



TEMPERATURE CHANGE

Years 1900–2100

OBSERVED



Data sources:
 Berkeley Earth temperature analysis (1900–2018)
 The 'rcp45' experiment of the CMIP5 (2020–2100)
 Base period 1951–1980.

Video license: CC-BY-4.0
 Antti Lipponen (@anttilip)

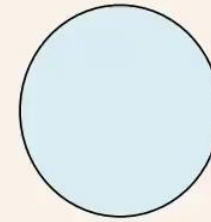
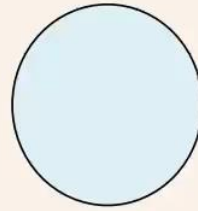
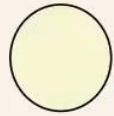
Sea Surface Temperature Anomalies

1880

Pacific Ocean

Atlantic Ocean

Indian Ocean



+0.5 °C

0.0 °C

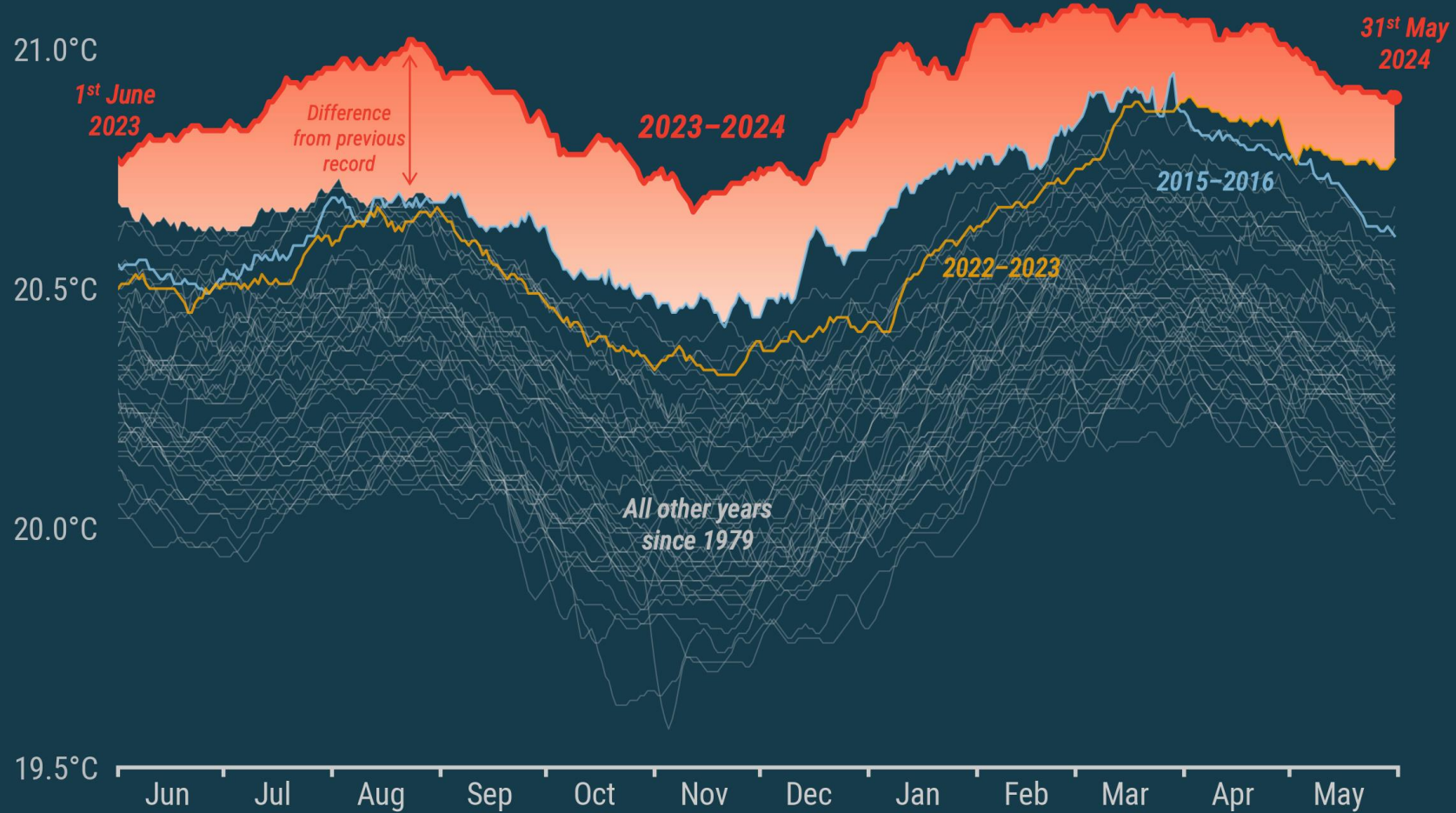
-0.5 °C

Data source: Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSST) v5
<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/marineocean-data/>
Base period: 1951-1980, average of monthly temperature anomalies

Antti Lipponen (@anttilip)
License: CC BY 4.0

Daily sea surface temperature for 60°S-60°N

Data: ERA5 1979-2024 • Credit: C3S/ECMWF



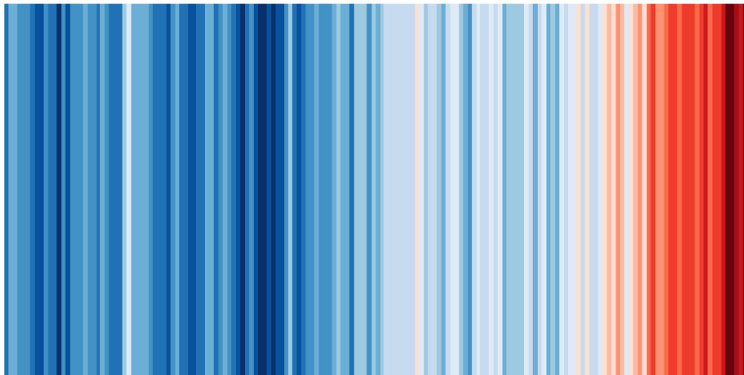
PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



WAS WIR HEUTE ÜBERS KLIMA WISSEN

BASISFAKTEN ZUM KLIMAWANDEL, DIE IN DER
WISSENSCHAFT UNUMSTRITTEN SIND

Stand: Juni 2021



herausgegeben von:

Deutsches Klima-Konsortium, Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Deutscher Wetterdienst,
Extremwetterkongress Hamburg, Helmholtz-Klima-Initiative, klimafakten.de



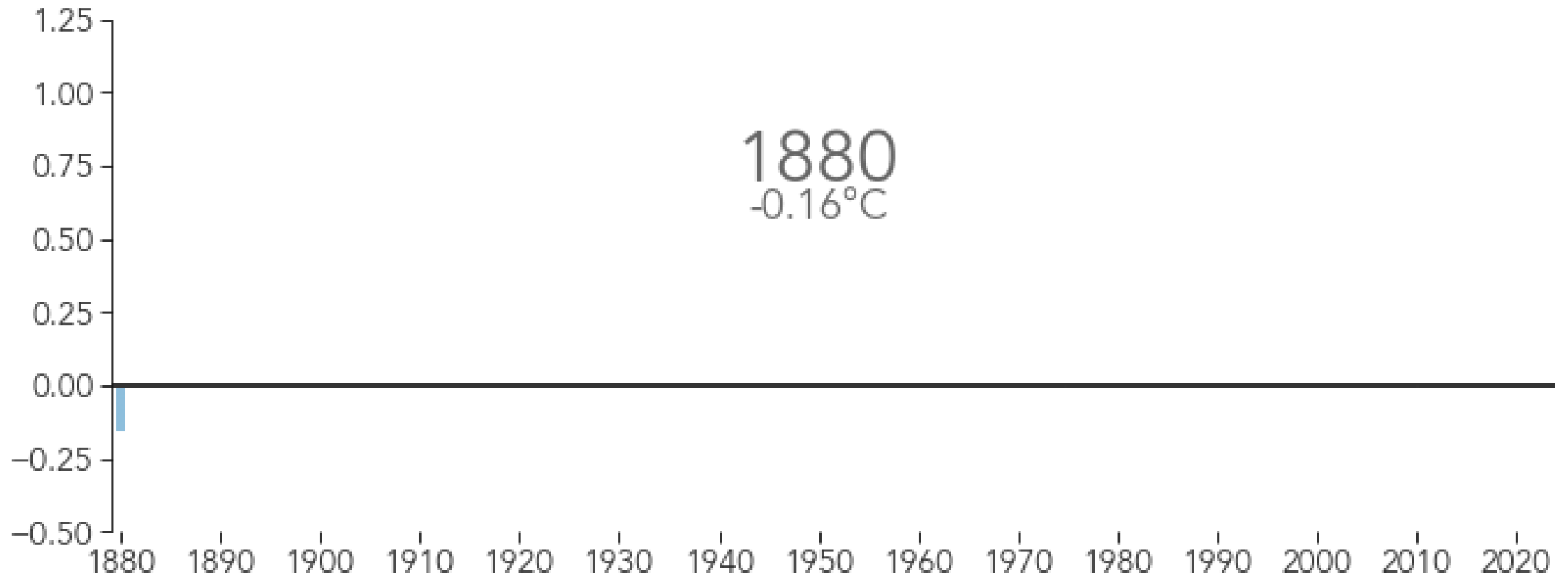
DIE FÜNF KERNINFOS ZUM KLIMAWANDEL
IN NUR 20 WORTEN¹:

1. ER IST REAL.

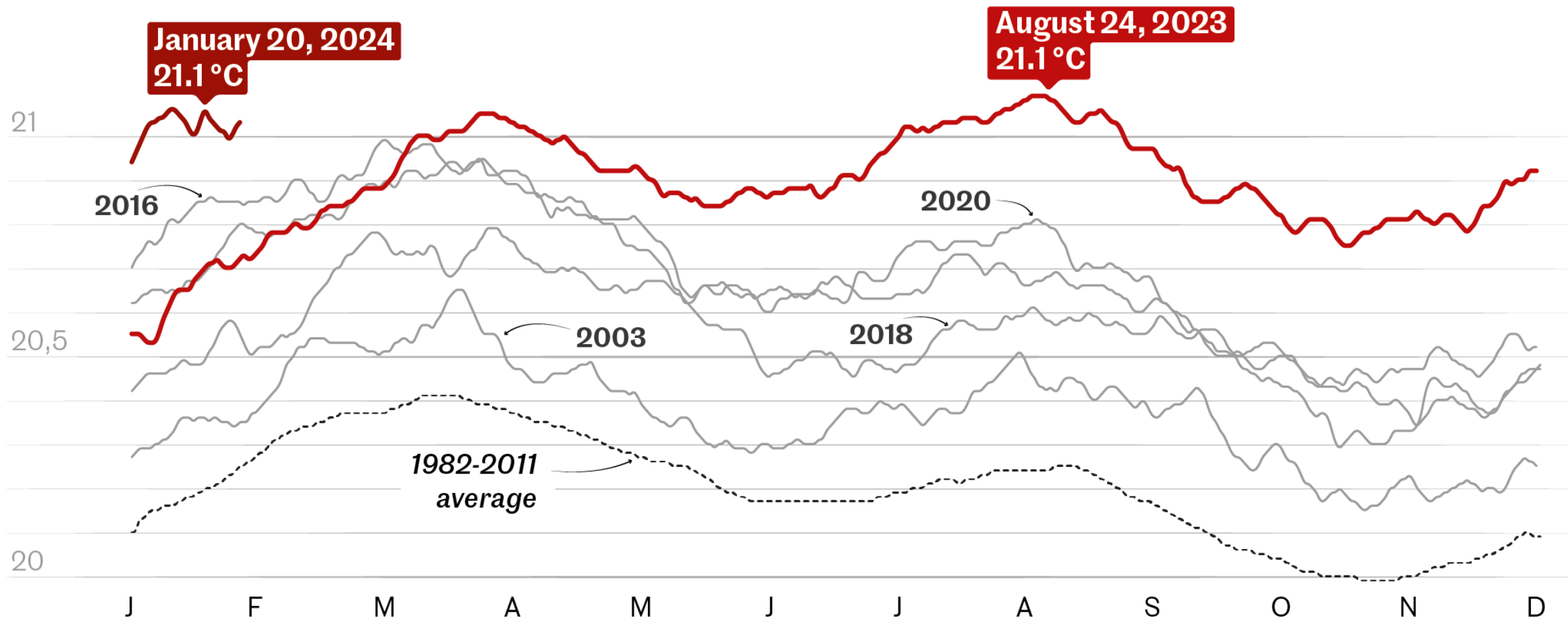
Copyright: NASA

Summer 2023 Continues Long-Term Warming Trend

June, July, and August Global Temperature Anomaly ($^{\circ}\text{C}$ compared to the 1951-1980 average)



Average sea surface temperature, in Degrees Celsius



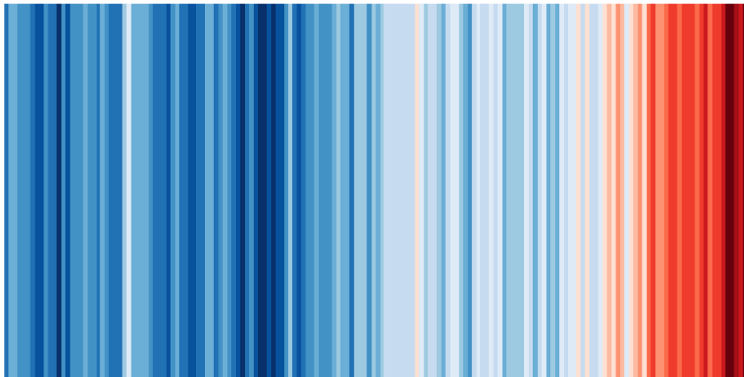
Infographic: *Le Monde*

Source: NOAA; ClimateReanalyzer.org, Climate Change Institute, University of Maine

WAS WIR HEUTE ÜBERS KLIMA WISSEN

BASISFAKTEN ZUM KLIMAWANDEL, DIE IN DER
WISSENSCHAFT UNUMSTRITTEN SIND

Stand: Juni 2021



herausgegeben von:

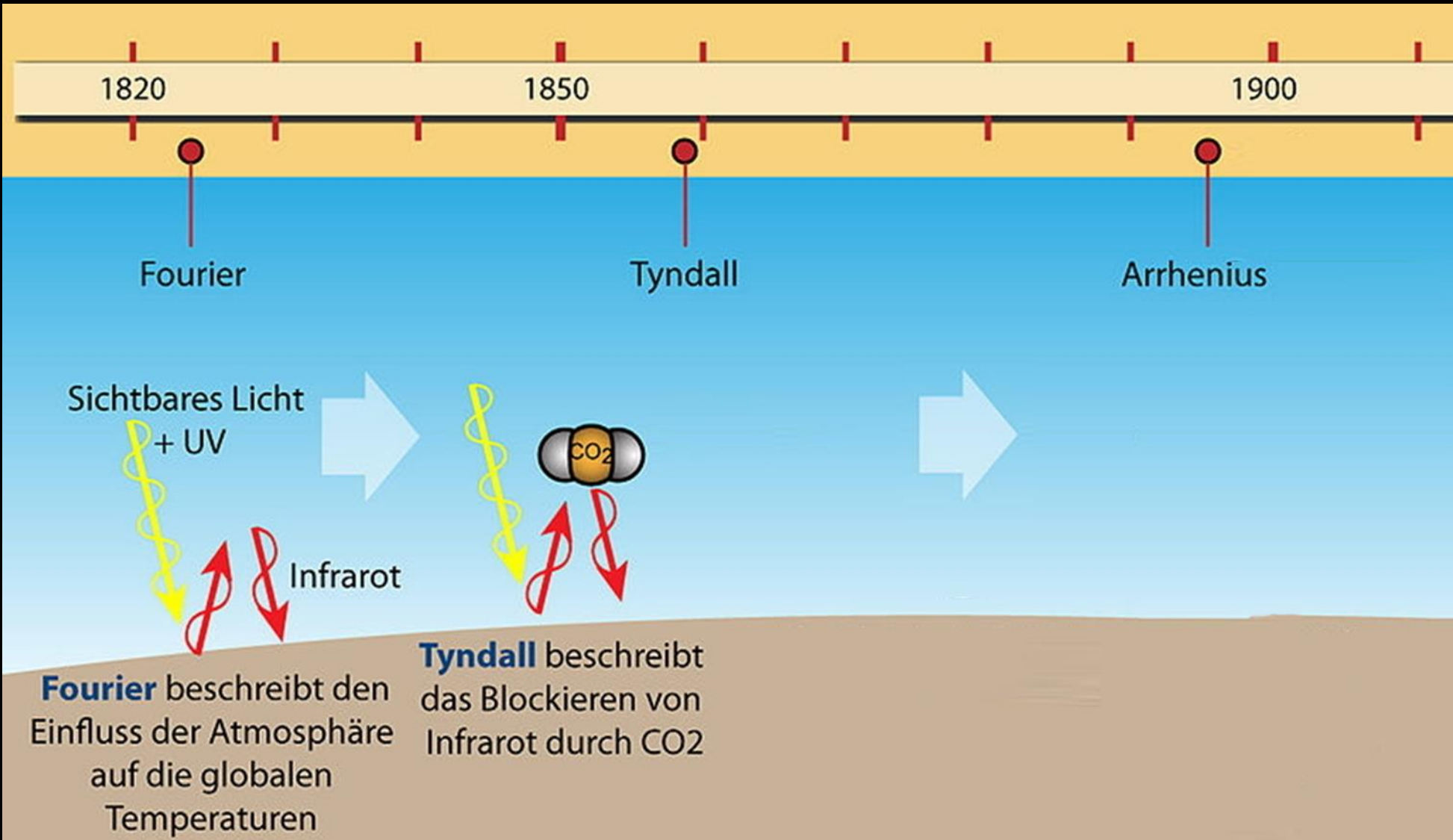
Deutsches Klima-Konsortium, Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Deutscher Wetterdienst,
Extremwetterkongress Hamburg, Helmholtz-Klima-Initiative, klimafakten.de



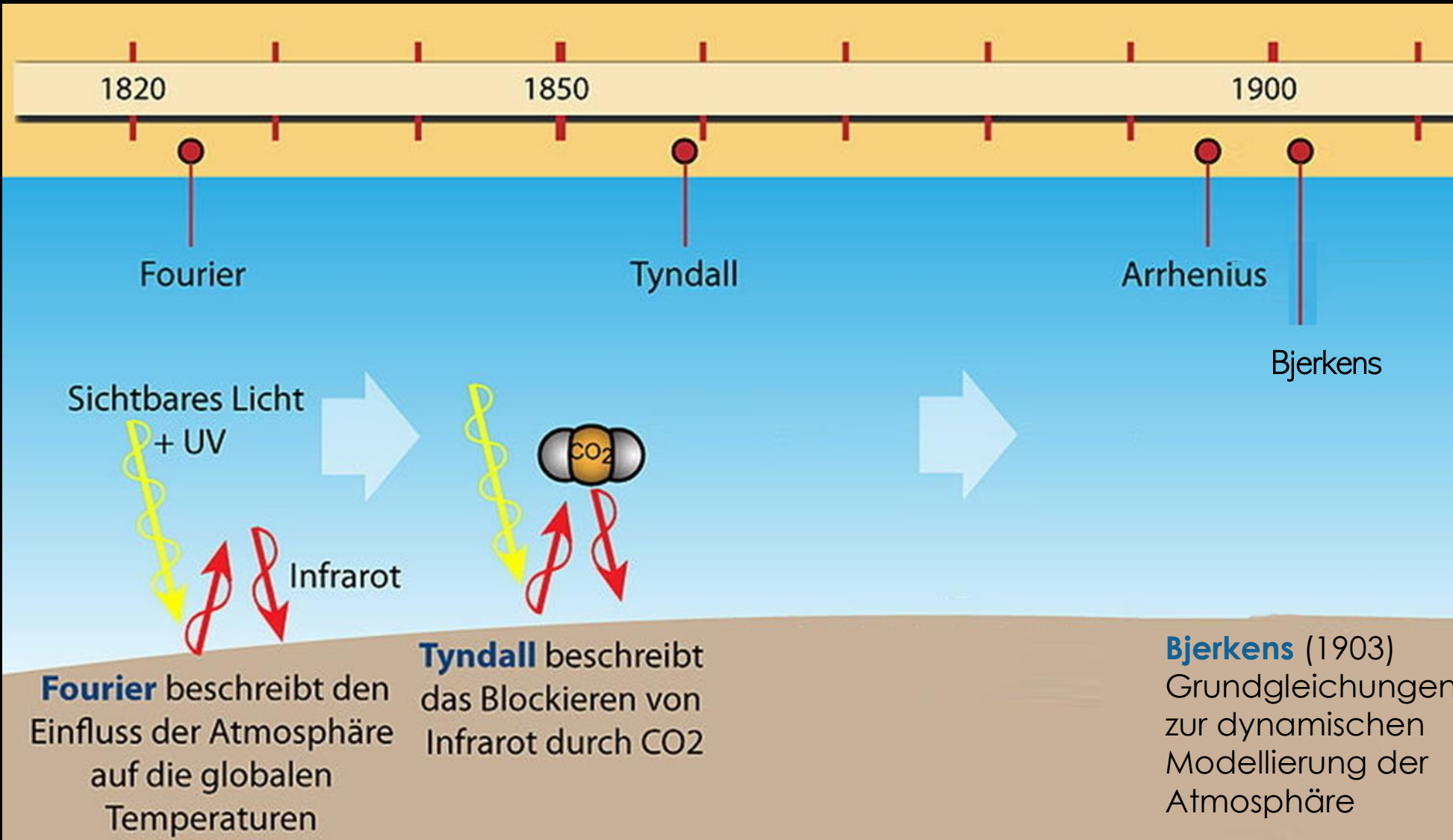
DIE FÜNF KERNINFOS ZUM KLIMAWANDEL
IN NUR 20 WORTEN¹:

1. ER IST REAL.
2. WIR SIND DIE URSACHE.

Geschichte der Klimaforschung



Geschichte der Klimaforschung



Grundgleichungen der Atmosphäre

(Bjerkens 1903)

Navier-Stokes Gleichung

$$\rho \frac{d}{dt} \vec{v}(x,t) = -\vec{\nabla} p + \vec{F}_{\text{Reibung}} + \vec{F}_{\text{Erdsanziehung}} + \vec{F}_{\text{Coriolis}}$$

Bewegung der Luftmoleküle wird bestimmt durch:
Druckunterschiede, Reibung, Gravitation und Erdrotation

Ideale Gasgleichung

$$pV = nRT$$

Das Produkt aus Druck und Volumen eines idealen Gases ist proportional zur Temperatur

Massenerhaltung (Kontinuitätsgleichung)

$$\vec{\nabla}(\rho \vec{v}) + \frac{d}{dt} \rho = 0$$

Nur durch Luftströmung ändert sich die Dichte,
Gaszusammensetzung bleibt erhalten.

Bilanz der Luftfeuchtigkeit q

$$\vec{\nabla}(\rho q \vec{v}) + \frac{d}{dt}(\rho q) = (K_{\text{Kondensation}} - V_{\text{Verdunstung}})$$

Luftfeuchtigkeit ändert sich durch Luftströmung
UND Phasenübergänge (Kondensation/Verdunstung)

Energieerhaltung

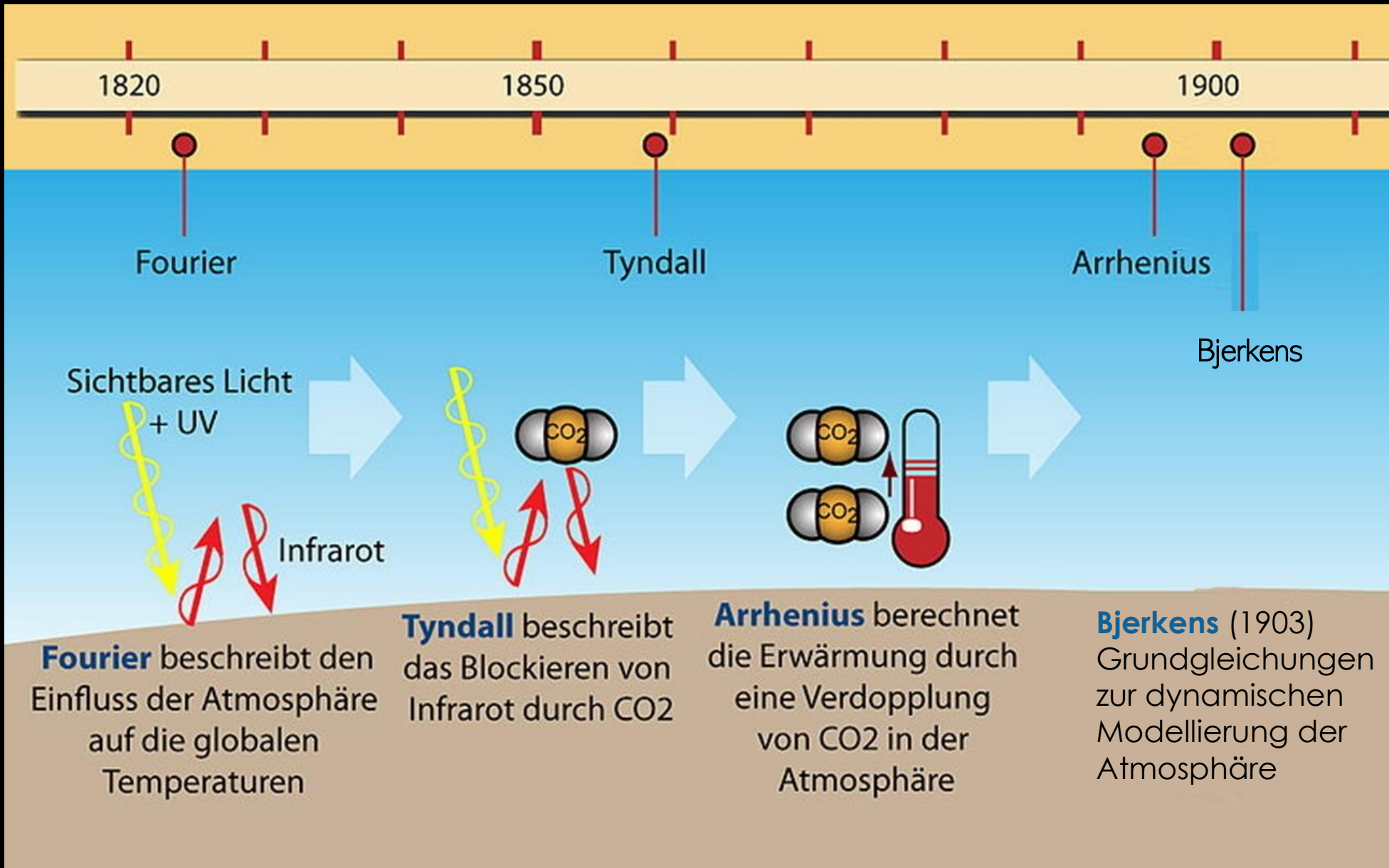
$$\dot{Q}_{\text{pro Mol}} = c_p \dot{T} - \frac{RT}{p} \dot{p}$$

Wärmeströmung & -strahlung ändert
Temperatur und Druck in der Atmosphäre

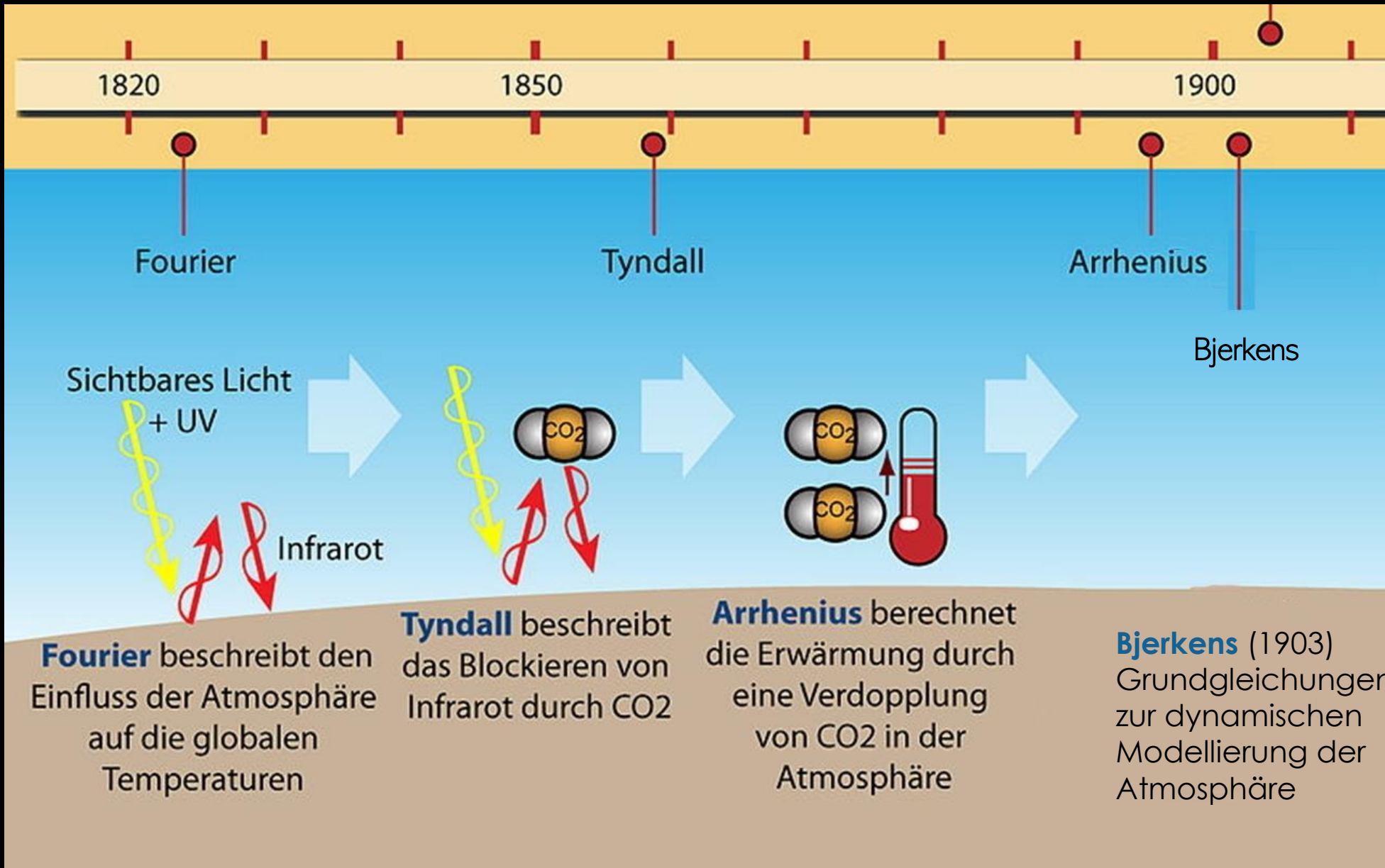
„Physikalischer Teil“

„Dynamischer Teil“

Geschichte der Klimaforschung



Geschichte der Klimaforschung



Fourier beschreibt den Einfluss der Atmosphäre auf die globalen Temperaturen

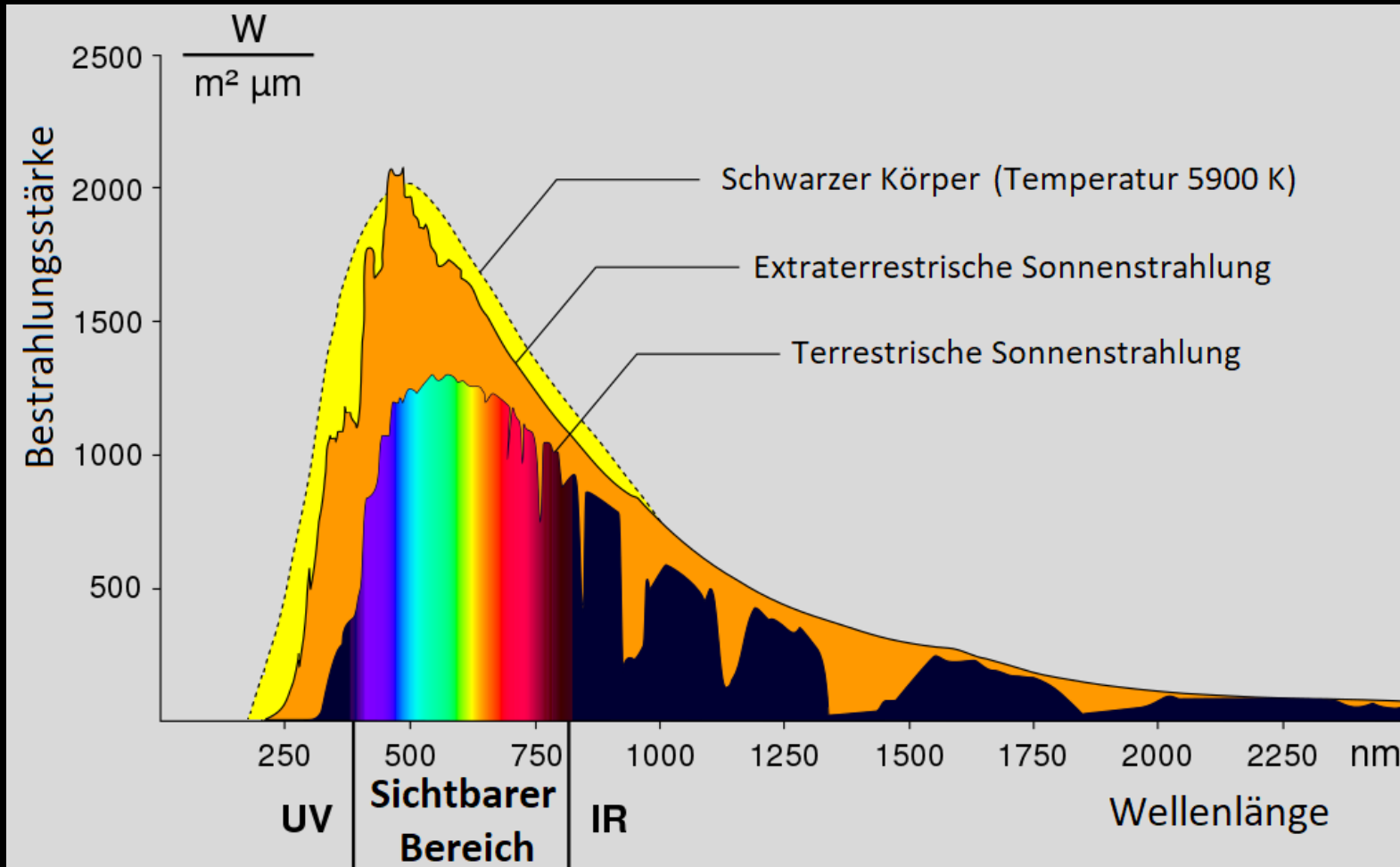
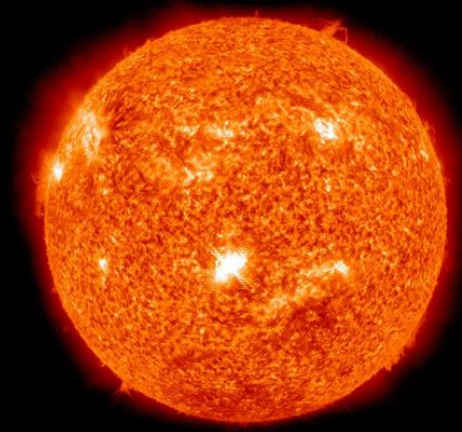
Tyndall beschreibt das Blockieren von Infrarot durch CO₂

Arrhenius berechnet die Erwärmung durch eine Verdopplung von CO₂ in der Atmosphäre

Bjerkens (1903) Grundgleichungen zur dynamischen Modellierung der Atmosphäre

Planck (1905)
Planck'sches Strahlungsgesetz

Das Strahlungsspektrum der Sonne



Stefan Boltzmann Gesetz (1879)

$$P/A = \sigma T^4$$

$$\sigma \simeq 5.6710^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} \propto \frac{k_B^4}{c^2 h^3}$$

Geschichte der Klimaforschung

1930

1940

1950

1960

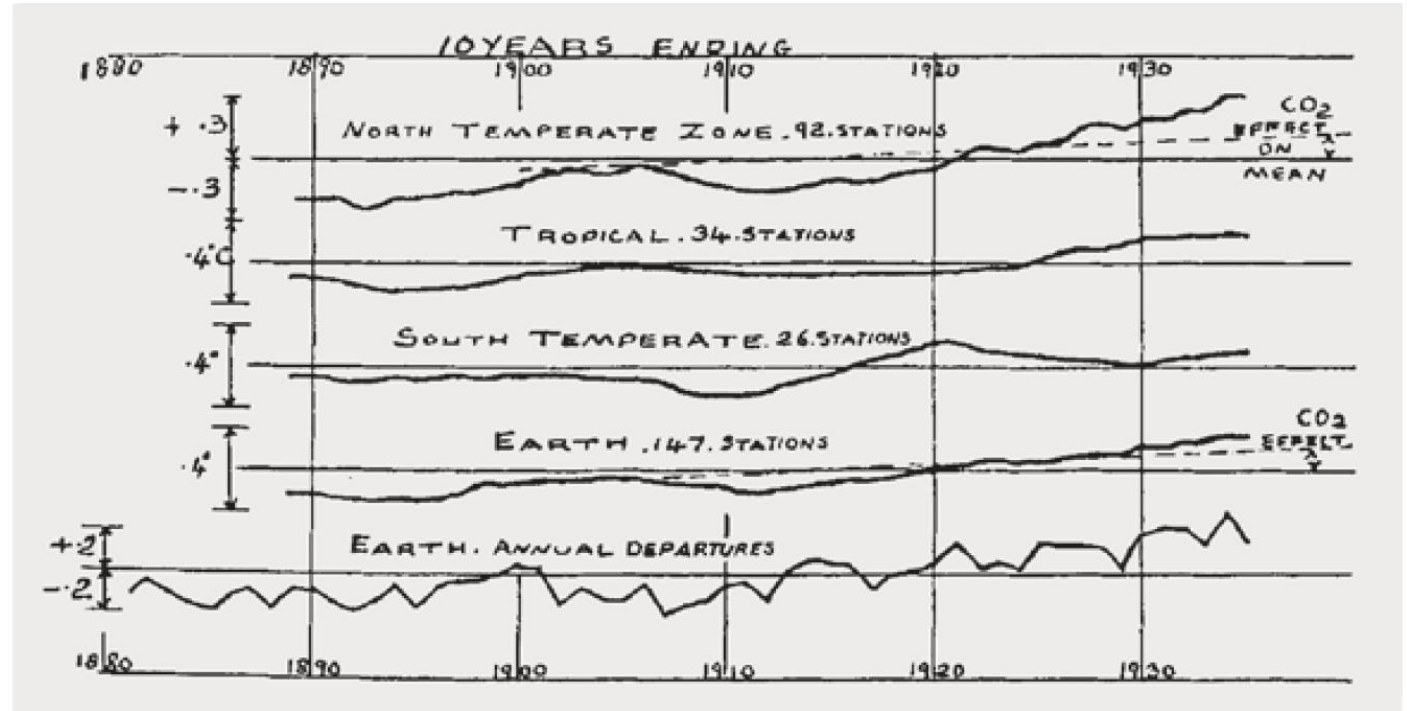
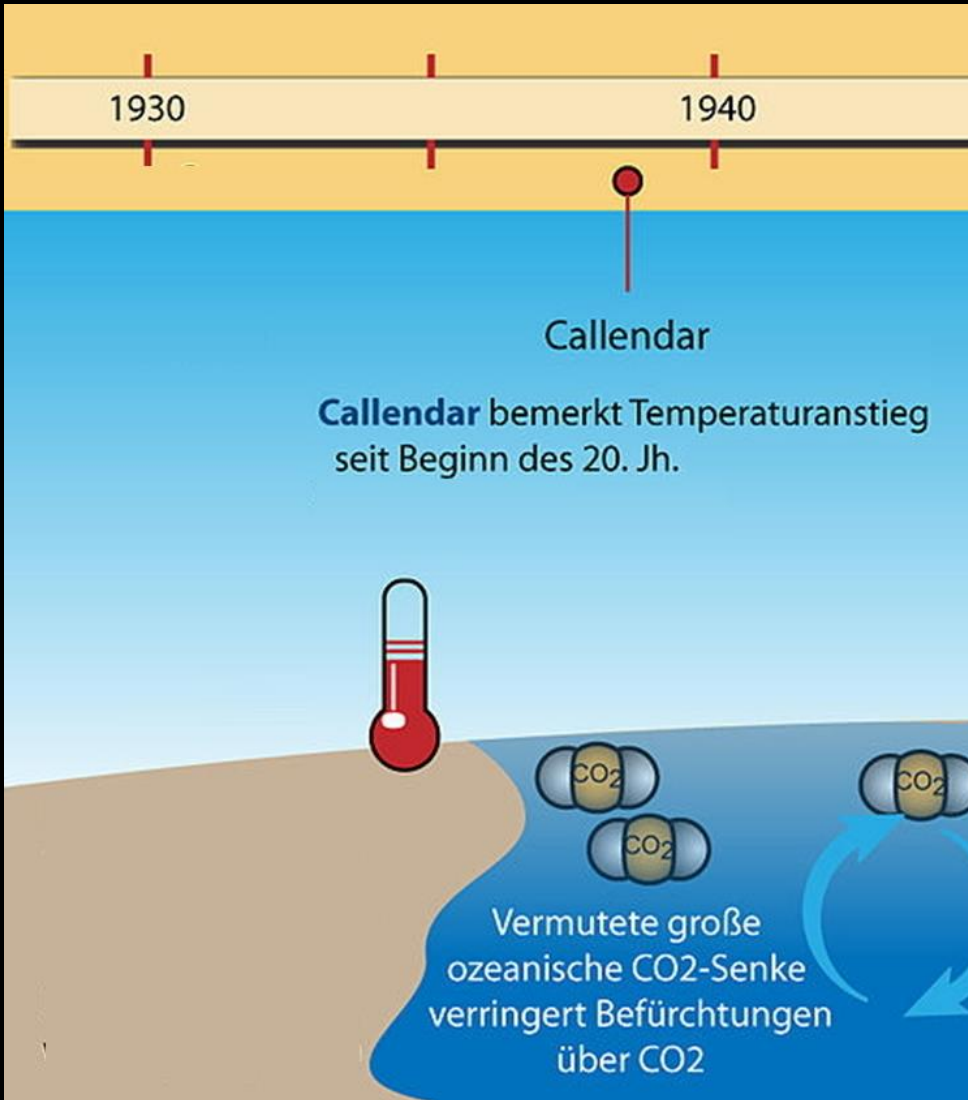
Callendar

Callendar bemerkt Temperaturanstieg
seit Beginn des 20. Jh.



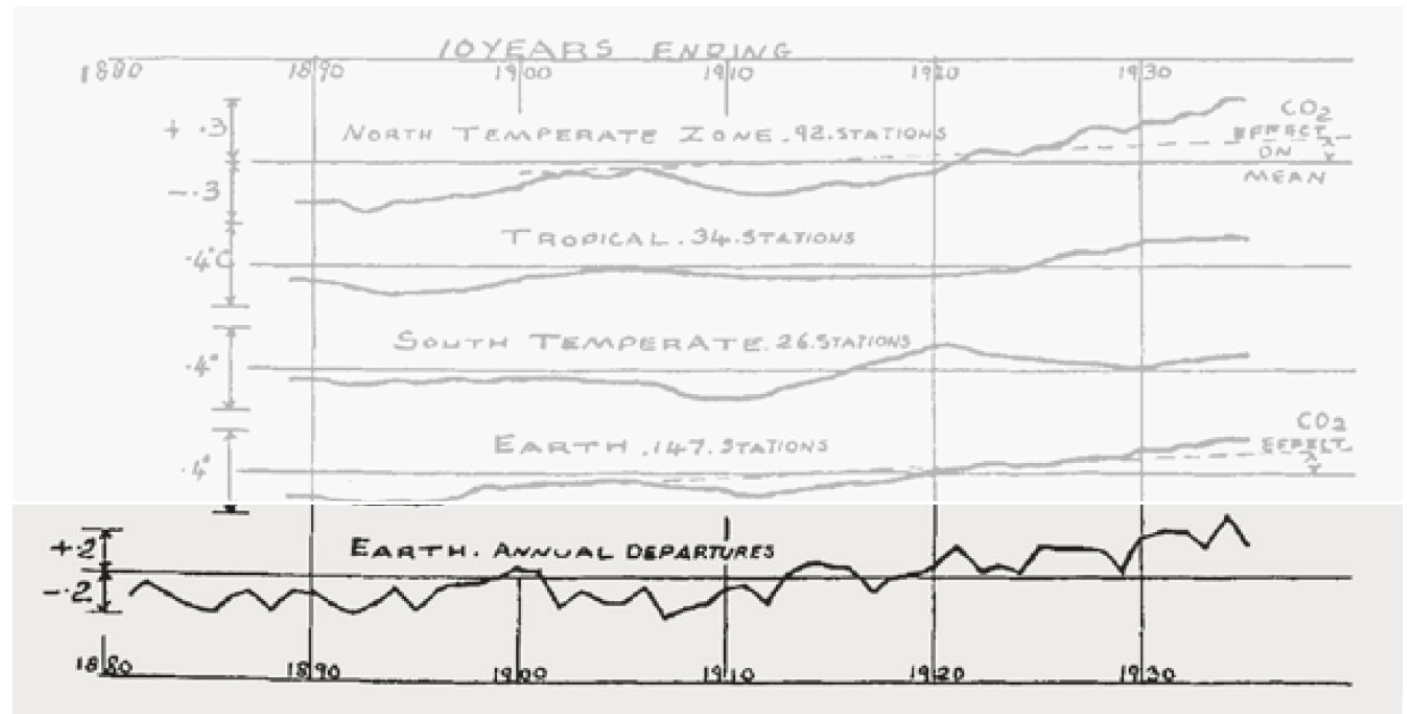
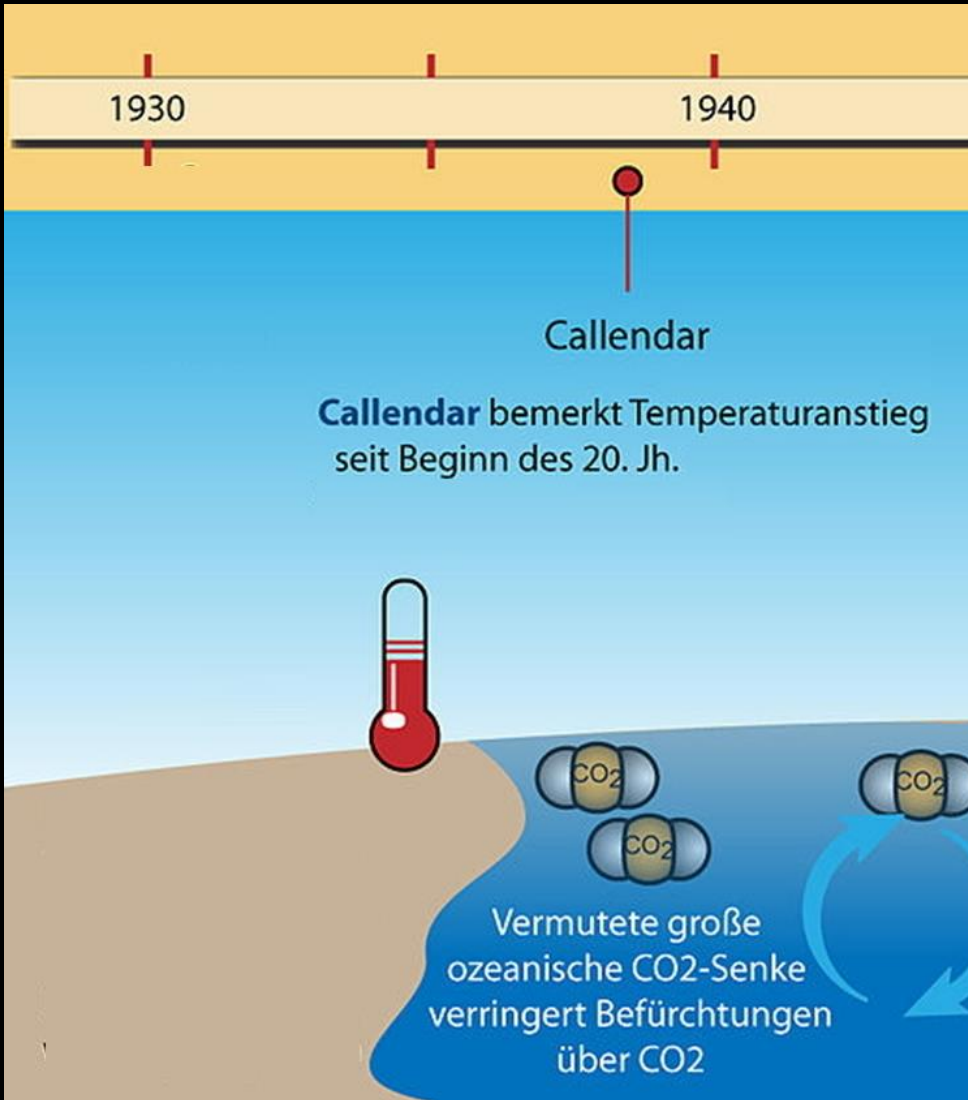
Vermutete große
ozeanische CO₂-Senke
verringert Befürchtungen
über CO₂

Geschichte der Klimaforschung



Die Berechnungen des Temperaturanstiegs durch den Treibhauseffekt von Guy Callendar stießen in Meteorologie und Klimatologie auf Skepsis.

Geschichte der Klimaforschung



Die Berechnungen des Temperaturanstiegs durch den Treibhauseffekt von Guy Callendar stießen in Meteorologie und Klimatologie auf Skepsis.

Geschichte der Klimaforschung

1930

1940

1950

1960

Callendar

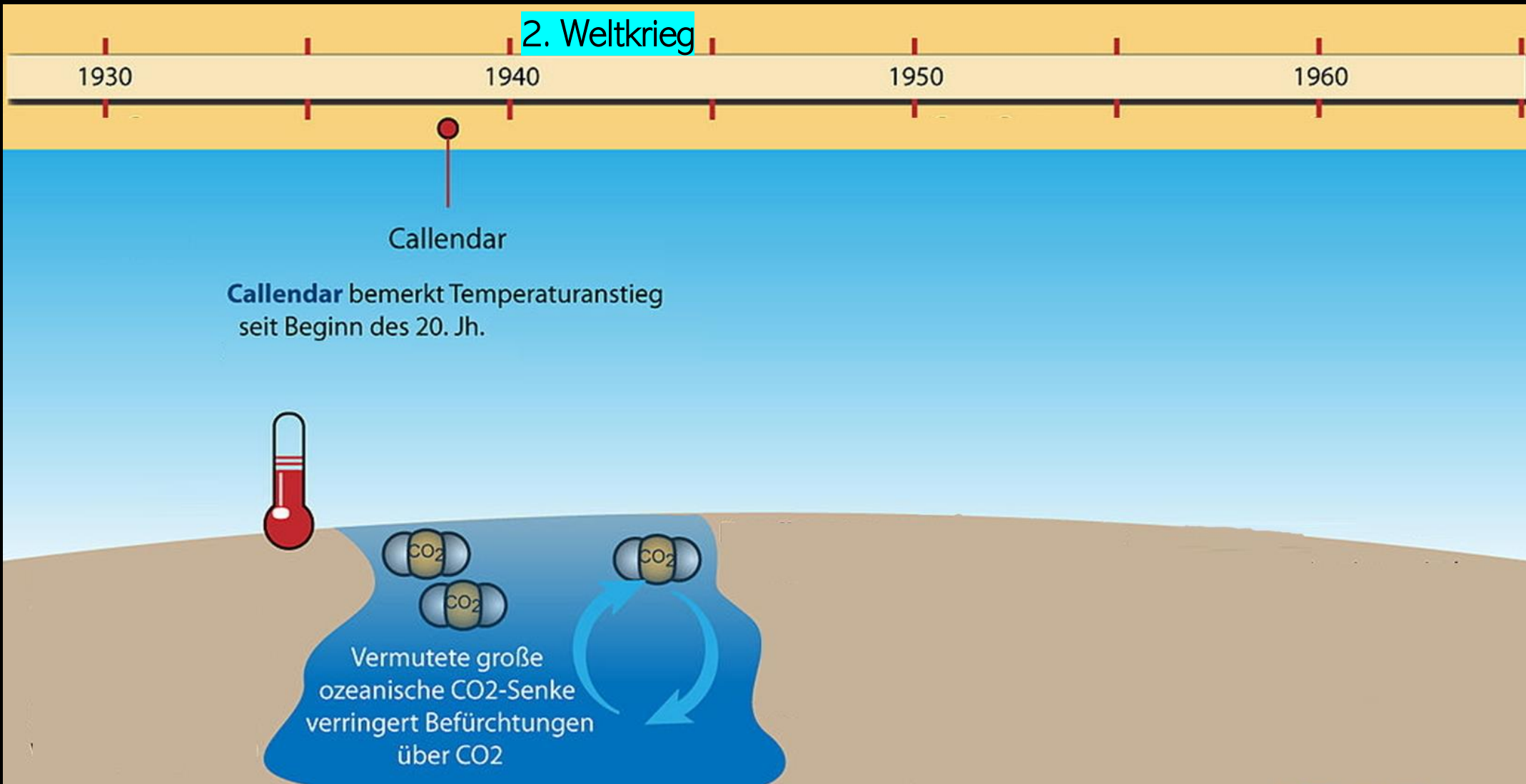
Callendar bemerkt Temperaturanstieg
seit Beginn des 20. Jh.



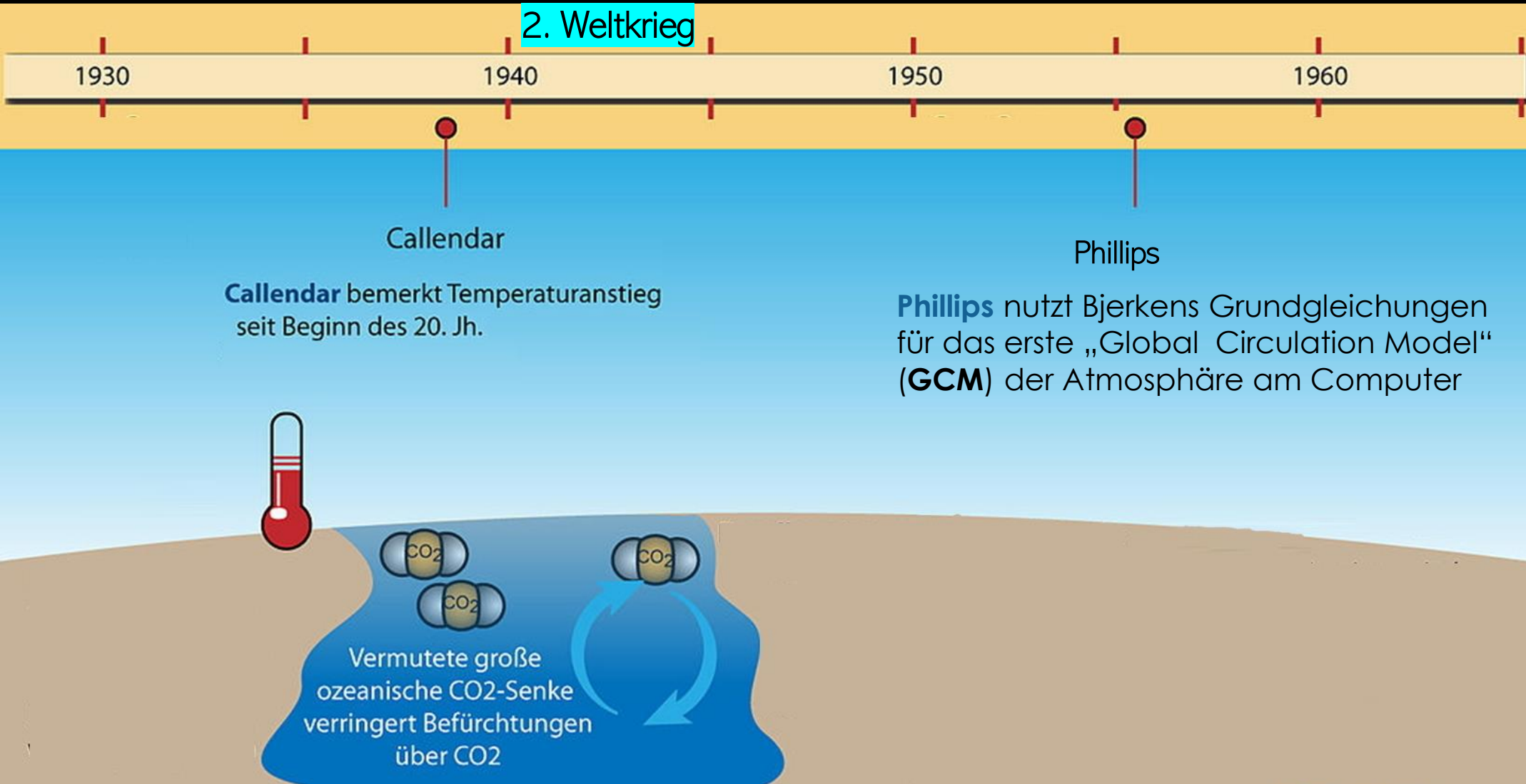
Vermutete große
ozeanische CO₂-Senke
verringert Befürchtungen
über CO₂



Geschichte der Klimaforschung



Geschichte der Klimaforschung



2. Weltkrieg

1930

1940

1950

1960

Callendar

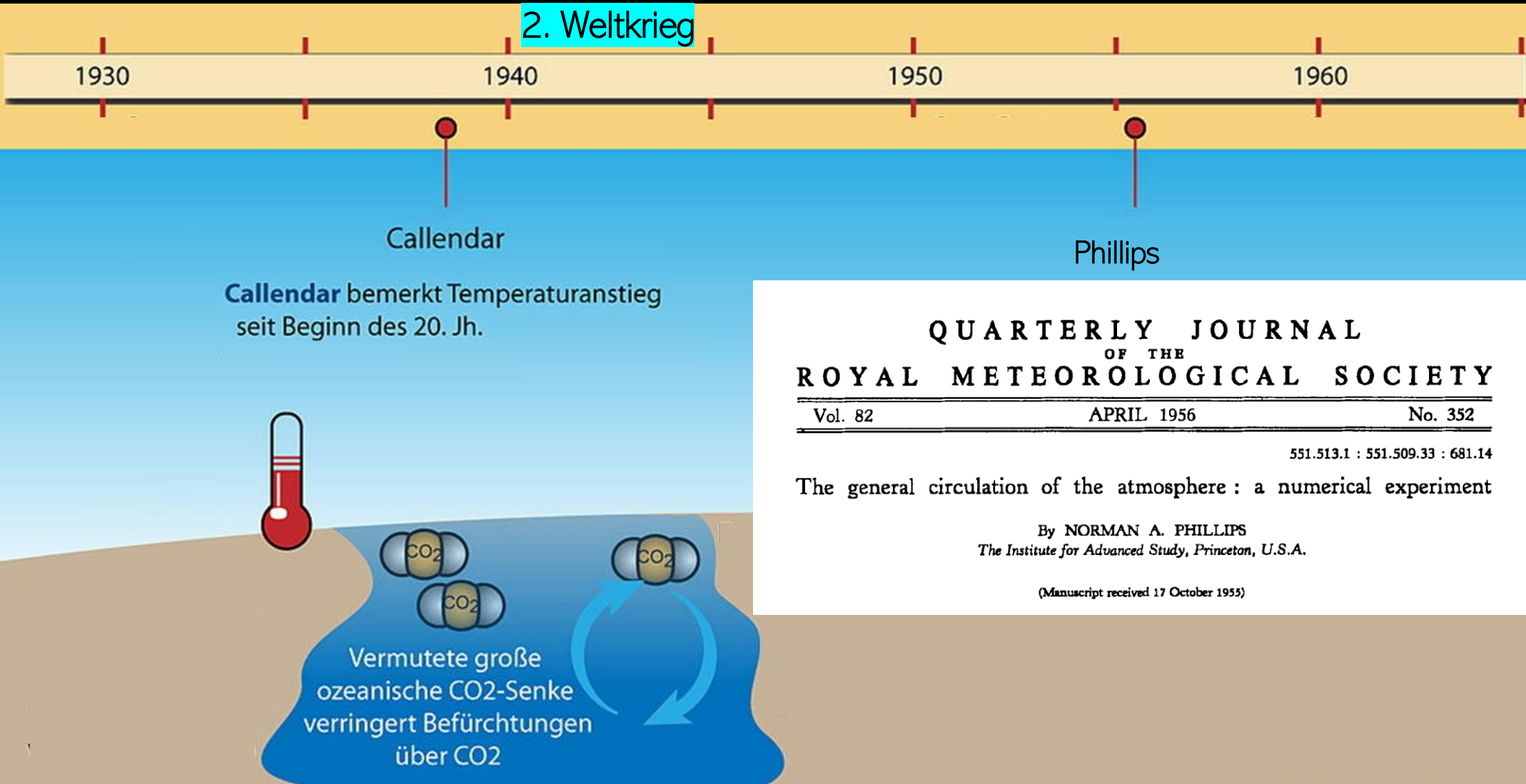
Callendar bemerkt Temperaturanstieg seit Beginn des 20. Jh.

Phillips

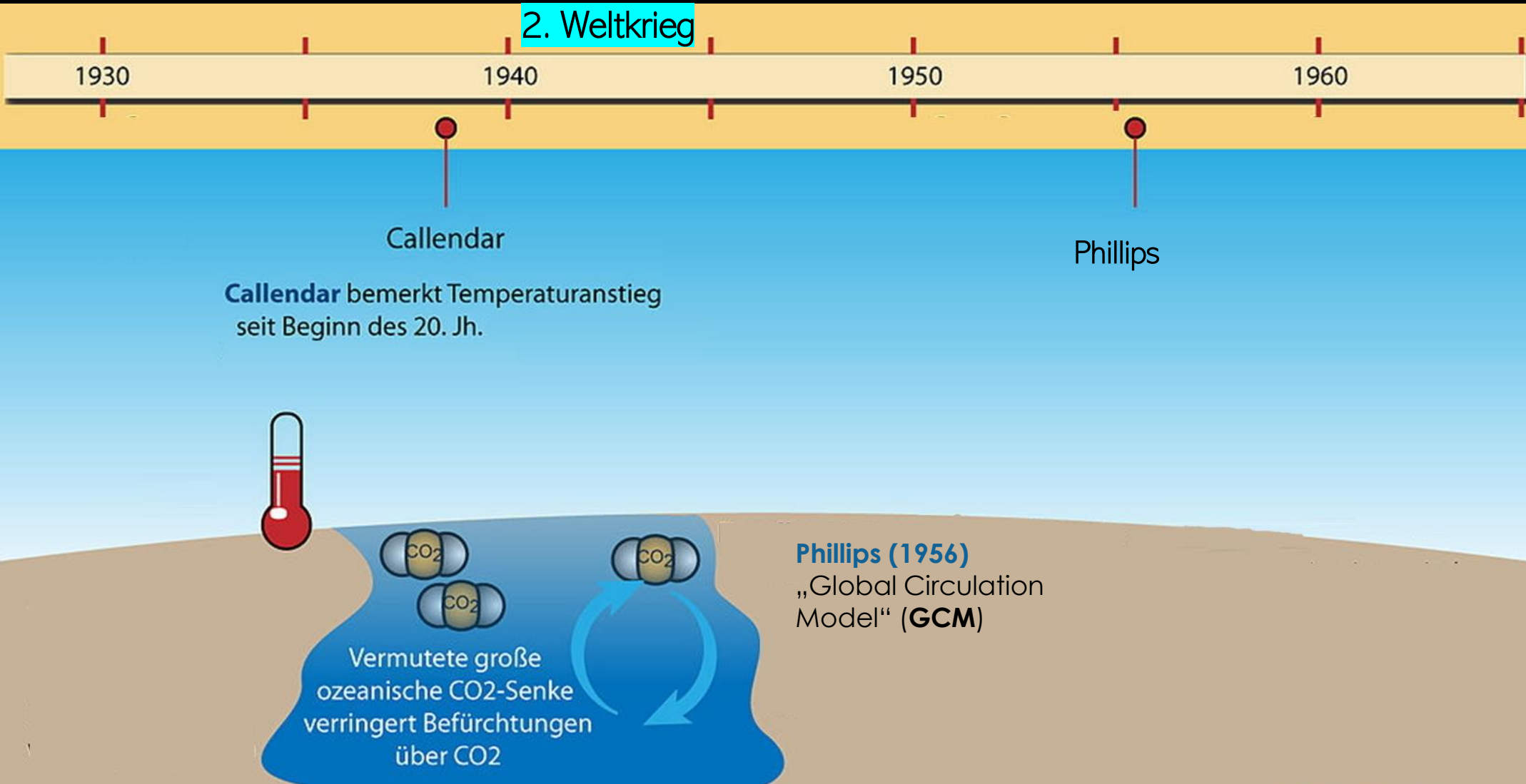
Phillips nutzt Bjerkens Grundgleichungen für das erste „Global Circulation Model“ (**GCM**) der Atmosphäre am Computer

Vermutete große ozeanische CO₂-Senke verringert Befürchtungen über CO₂

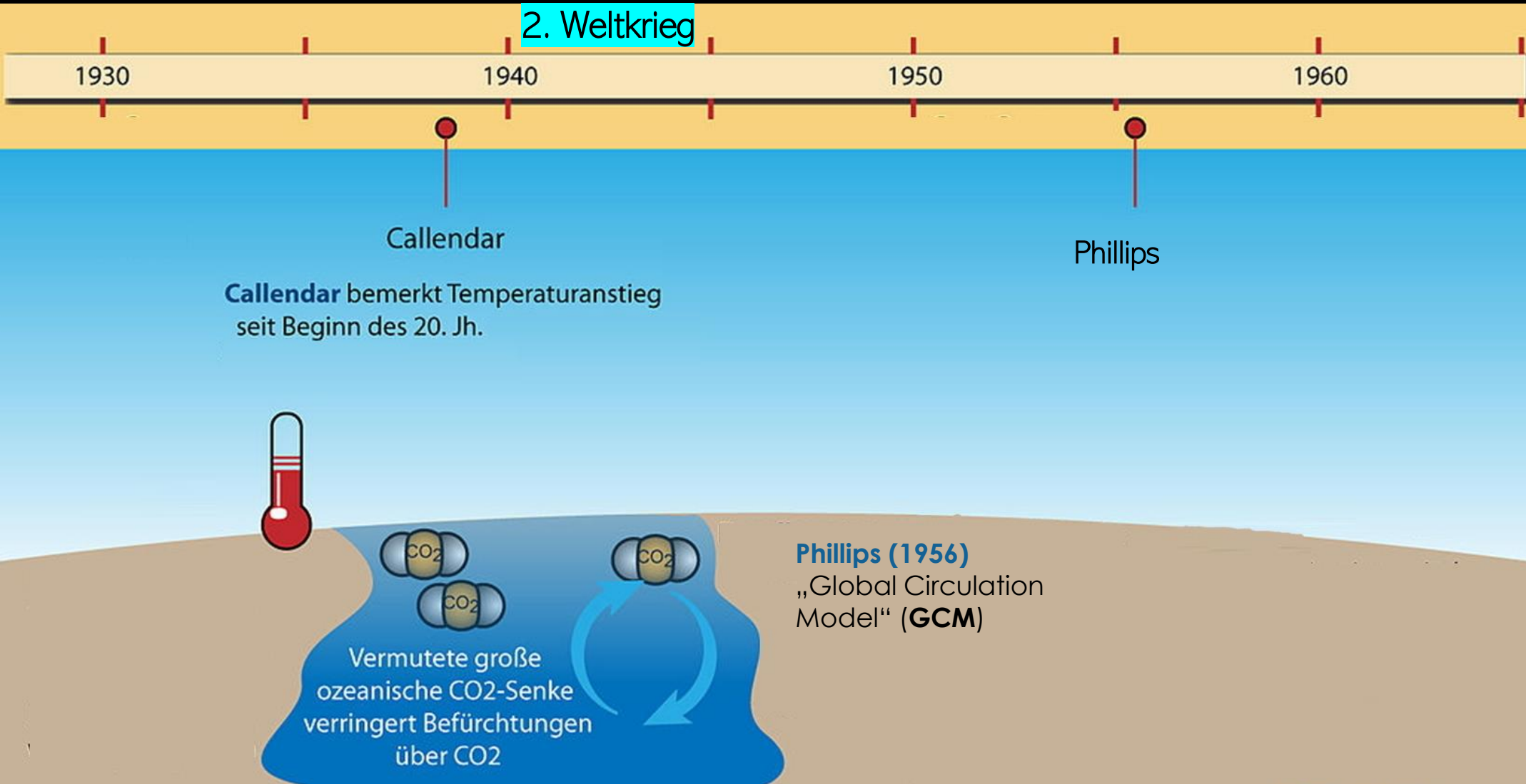
Geschichte der Klimaforschung



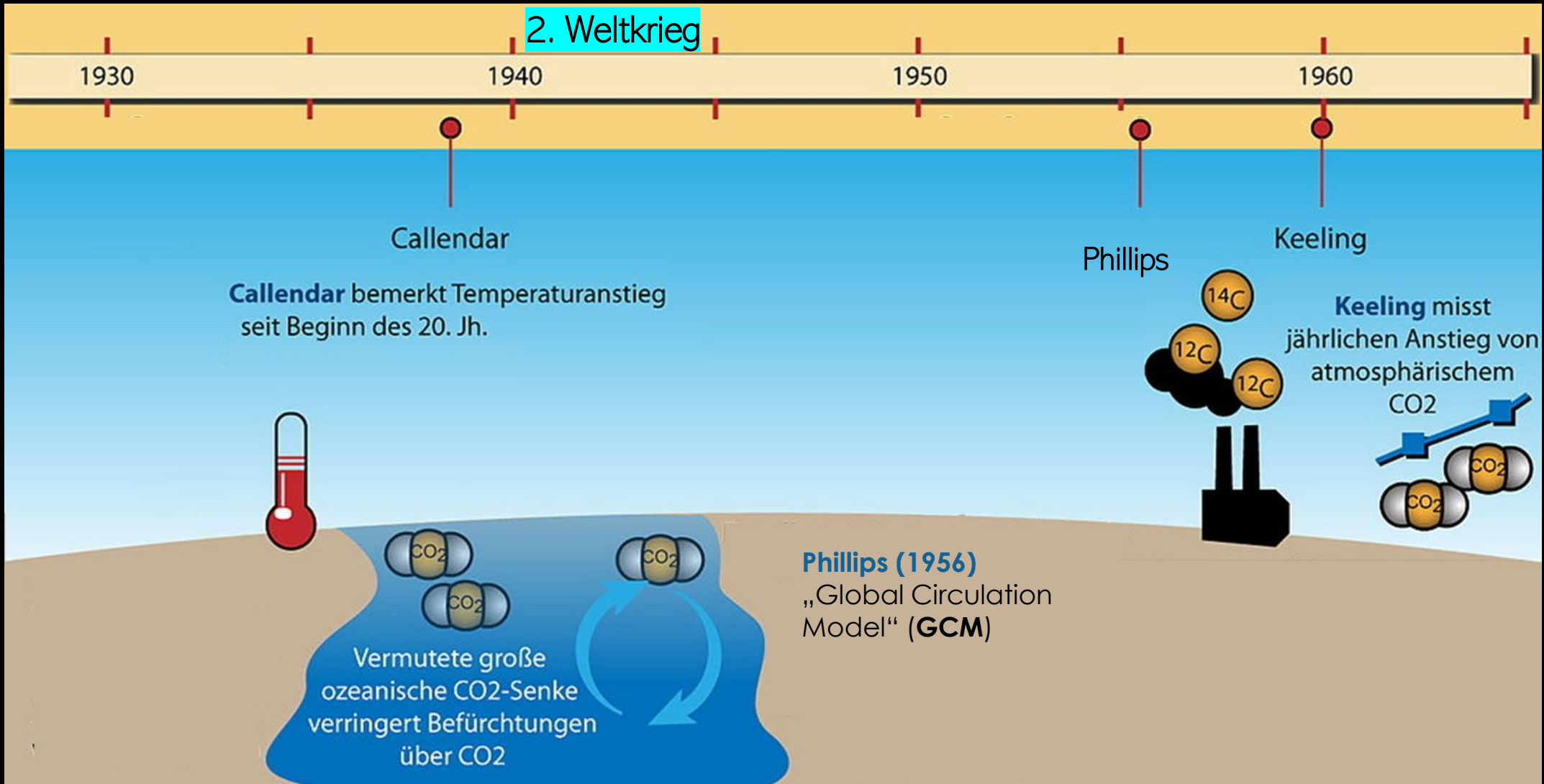
Geschichte der Klimaforschung



Geschichte der Klimaforschung



Geschichte der Klimaforschung



Geschichte der Klimaforschung

2. Weltkrieg

1930

1940

1950

1960

Callendar

Callendar bemerkt Temperaturanstieg seit Beginn des 20. Jh.



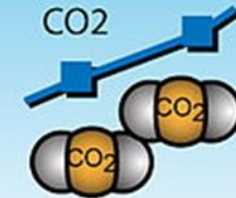
Vermutete große ozeanische CO₂-Senke verringert Befürchtungen über CO₂



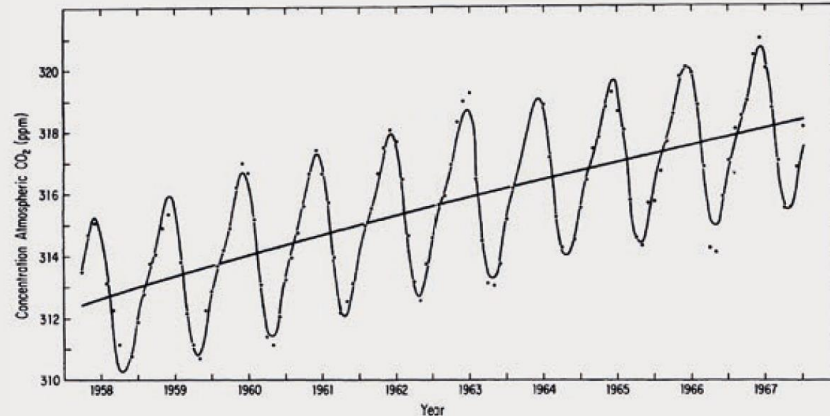
Phillips

Keeling

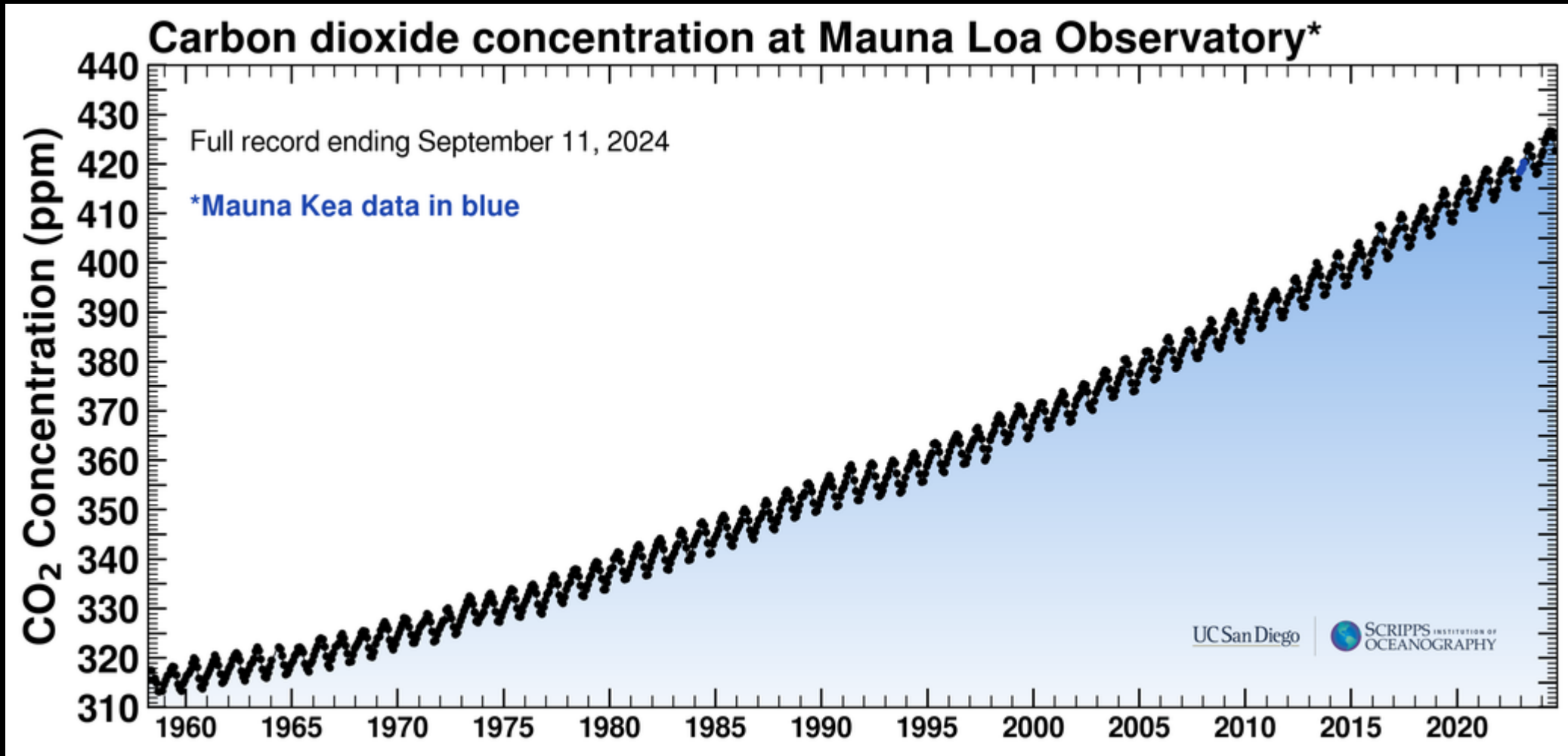
Keeling misst jährlichen Anstieg von atmosphärischem CO₂



Ch. D. Keeling, Proc. Am. Philos. Soc. 114, 10 (1970)

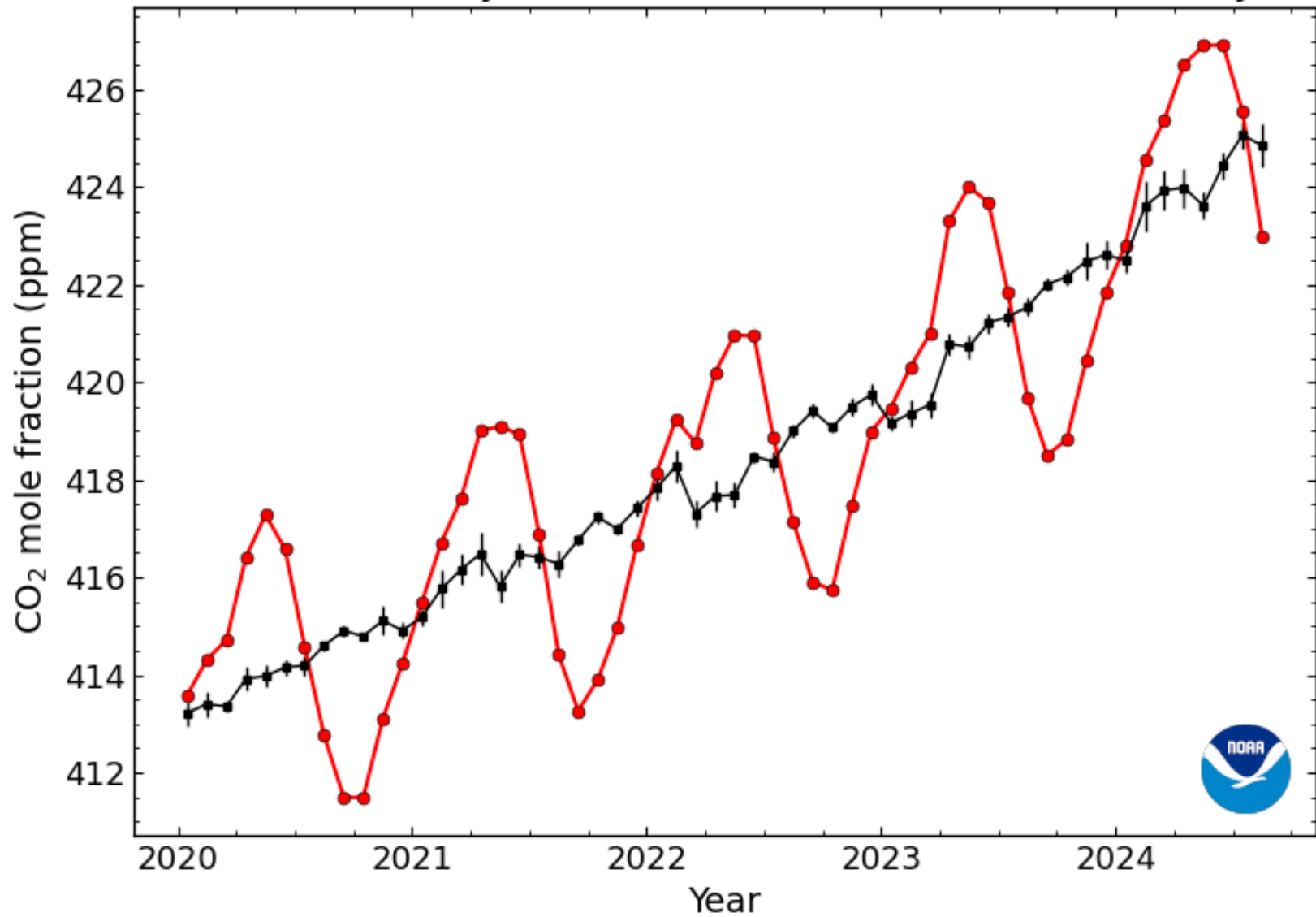


Die Keeling-Kurve aus dem Jahr 1970 zeigt die Variation der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre seit Ende der 1950er-Jahre. Das auffällige Sägezahnmuster resultiert aus den jahreszeitlichen Unterschieden des Wachstums von Pflanzen und Bäumen.



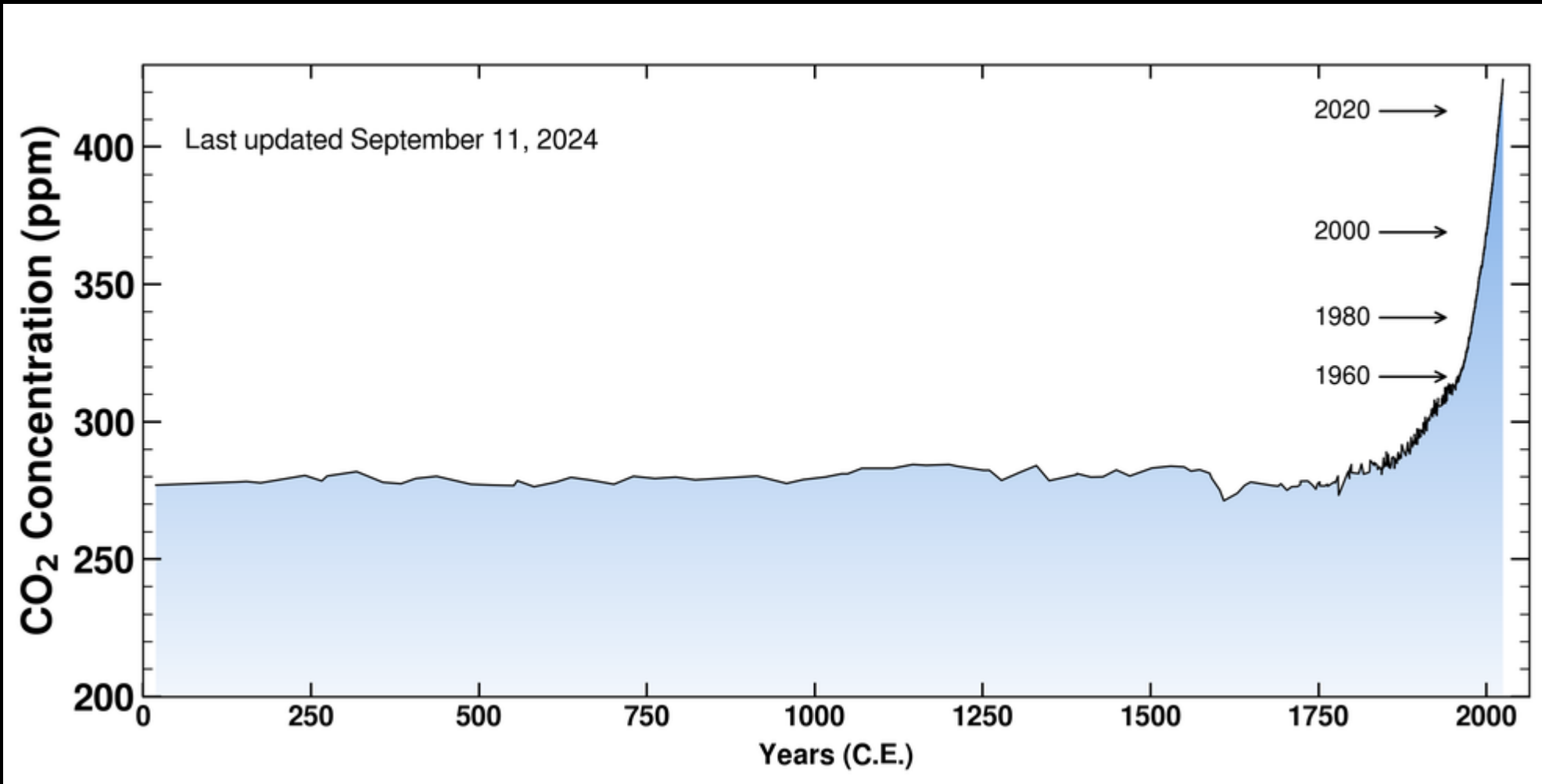
CO₂-Werte erreichen neuen Rekordwert: 426 ppm

Recent Monthly Mean CO₂ at Mauna Loa Observatory

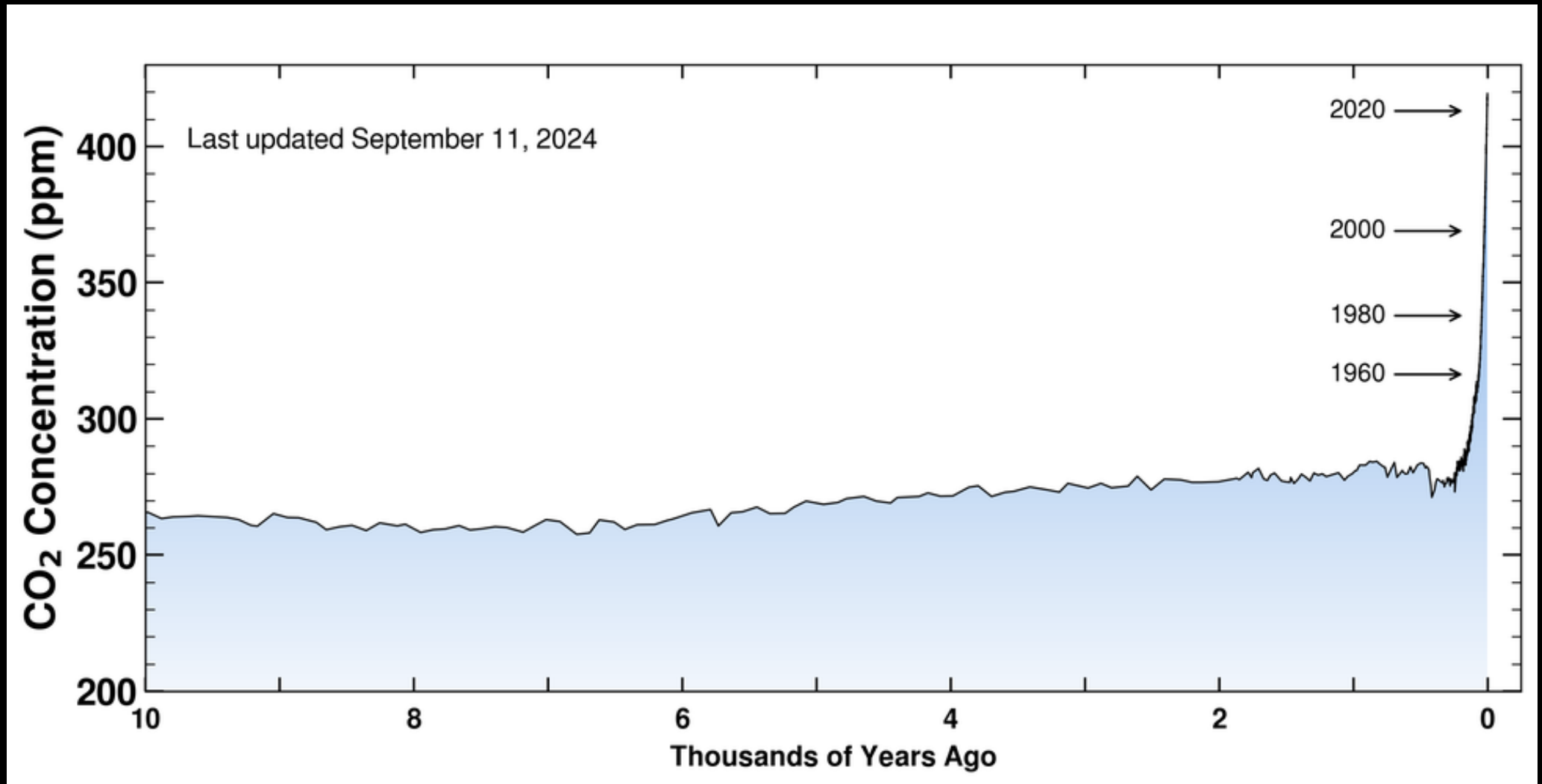


2024-September-12

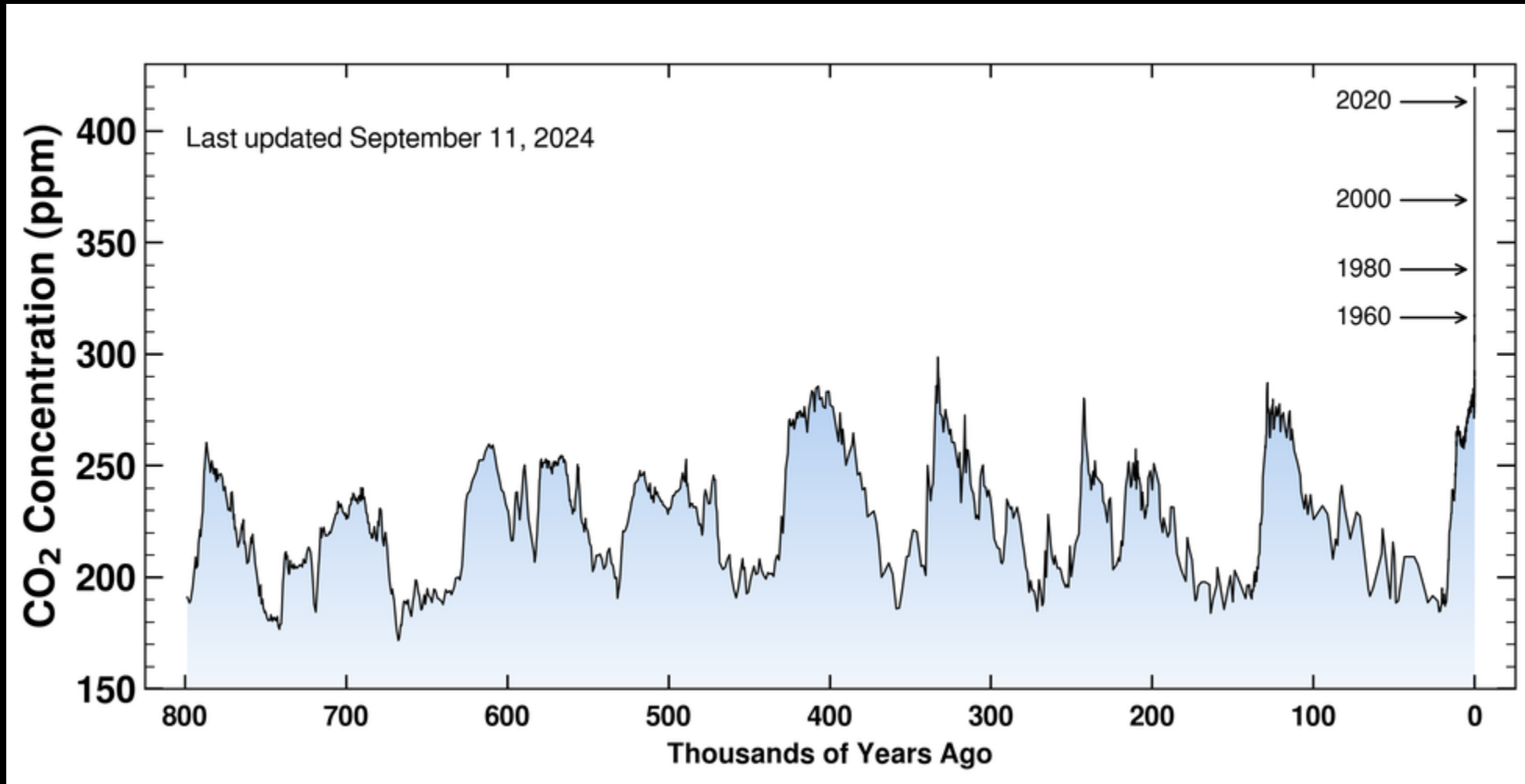
Kohlendioxid in der Erdatmosphäre – die letzten 2000 Jahre seit Christi Geburt



Kohlendioxid in der Erdatmosphäre – die letzten 10.000 Jahre seitdem wir Landwirtschaft betreiben

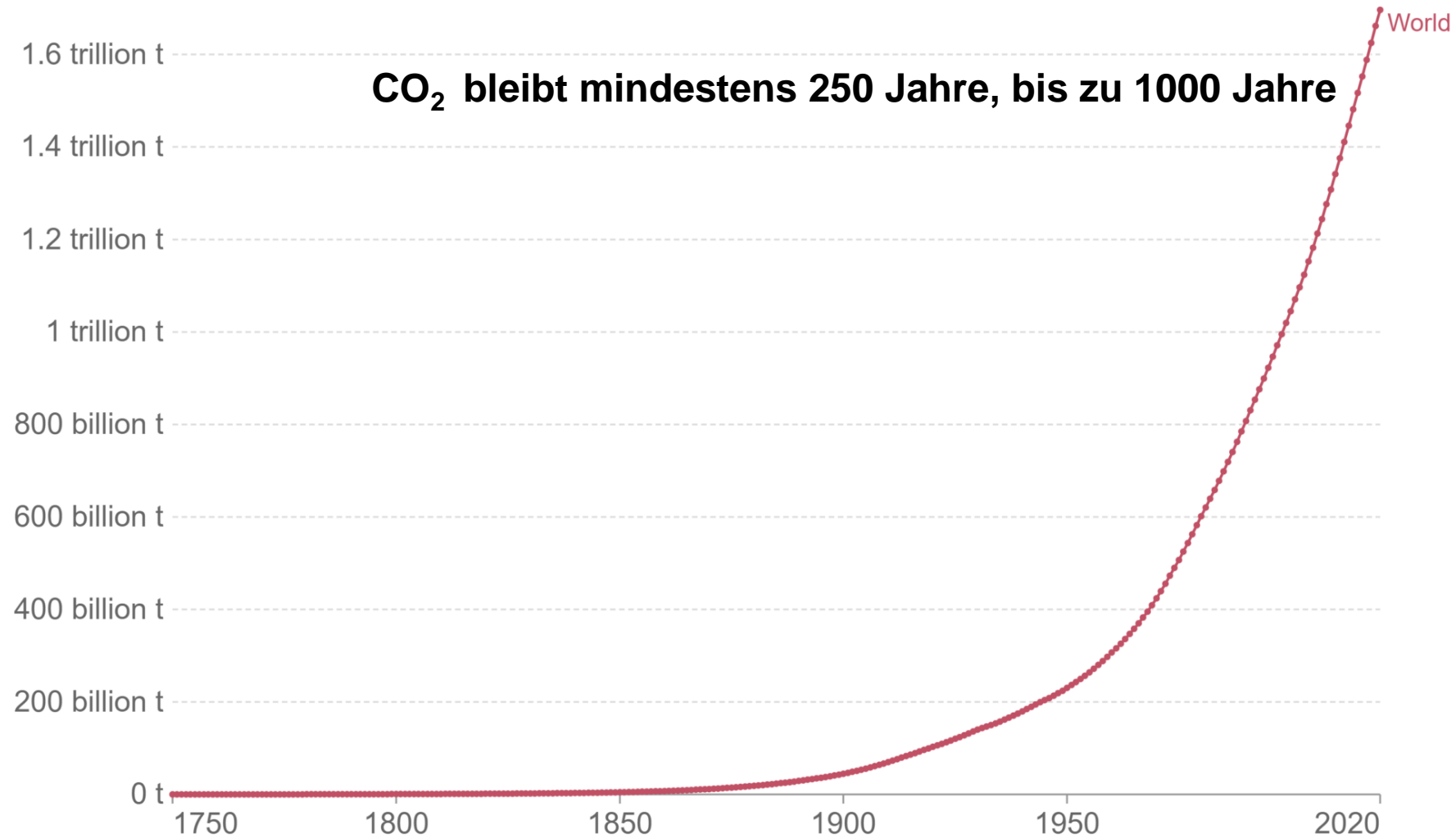


Kohlendioxid in der Erdatmosphäre – die letzten 800.000 Jahren Seitdem es Menschen (Homo sapiens) gibt

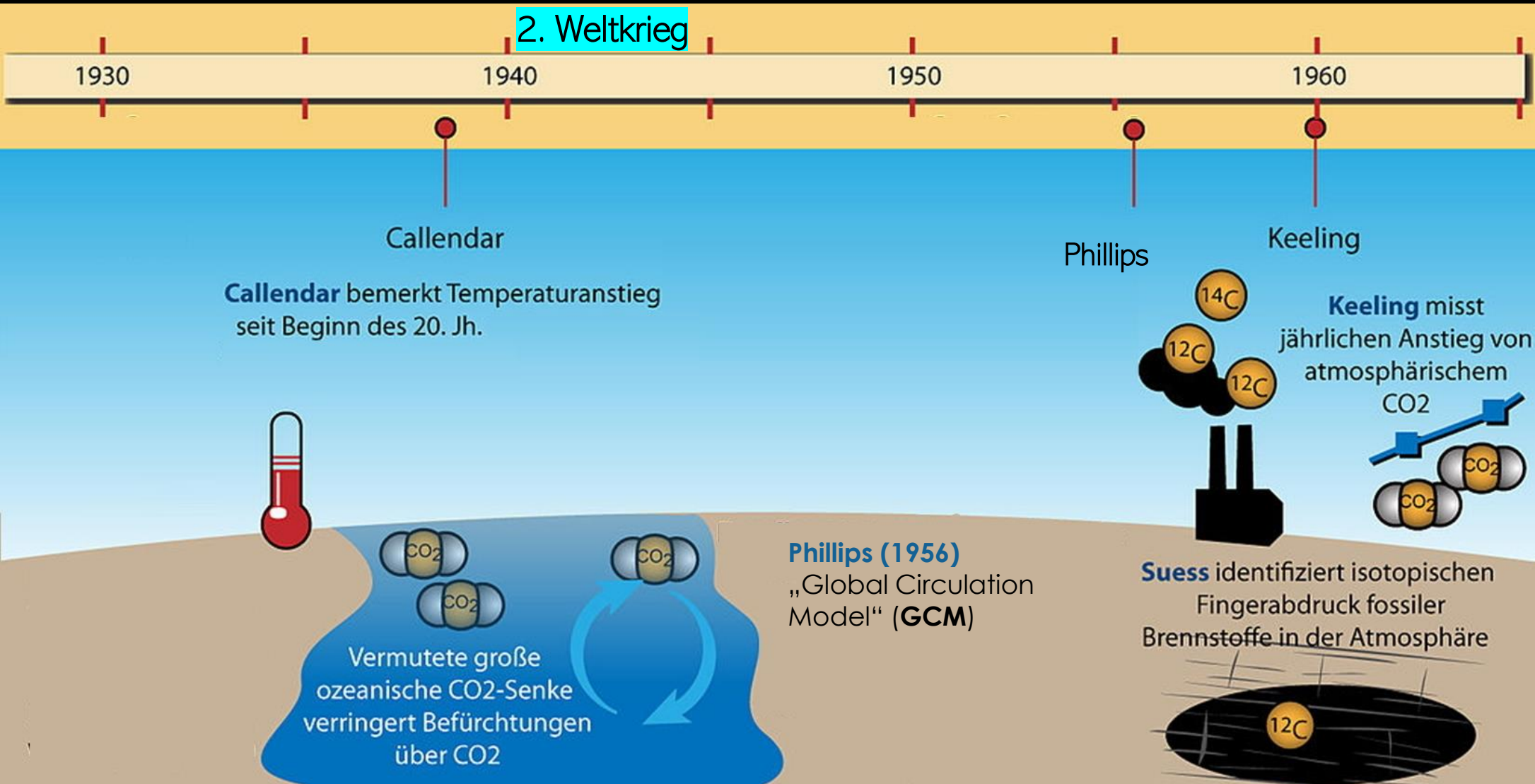


Cumulative CO₂ emissions

Cumulative emissions are the running sum of CO₂ emissions produced from fossil fuels and industry since 1750. Land use change is not included.



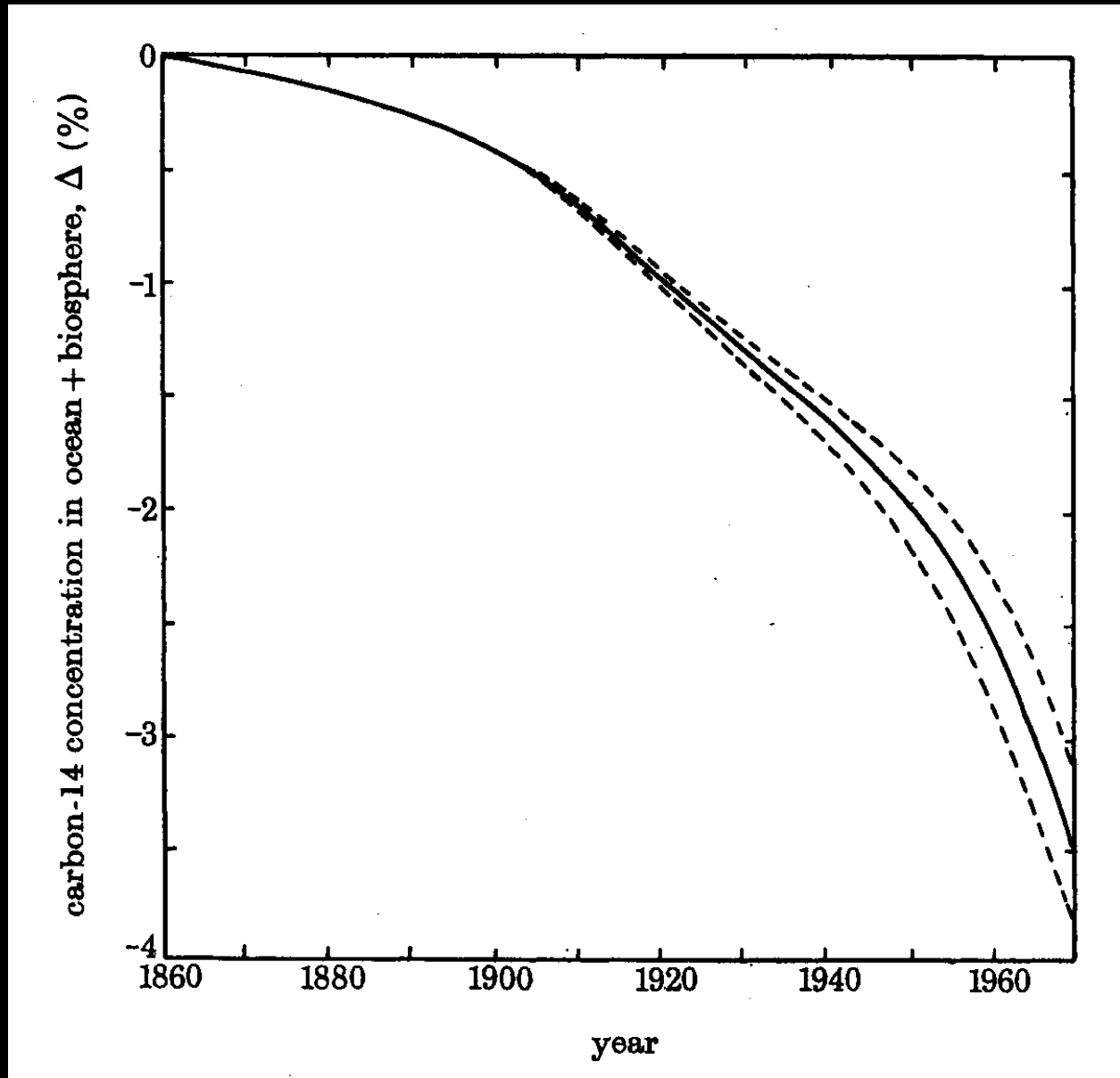
Geschichte der Klimaforschung



Kohlenstoff-13

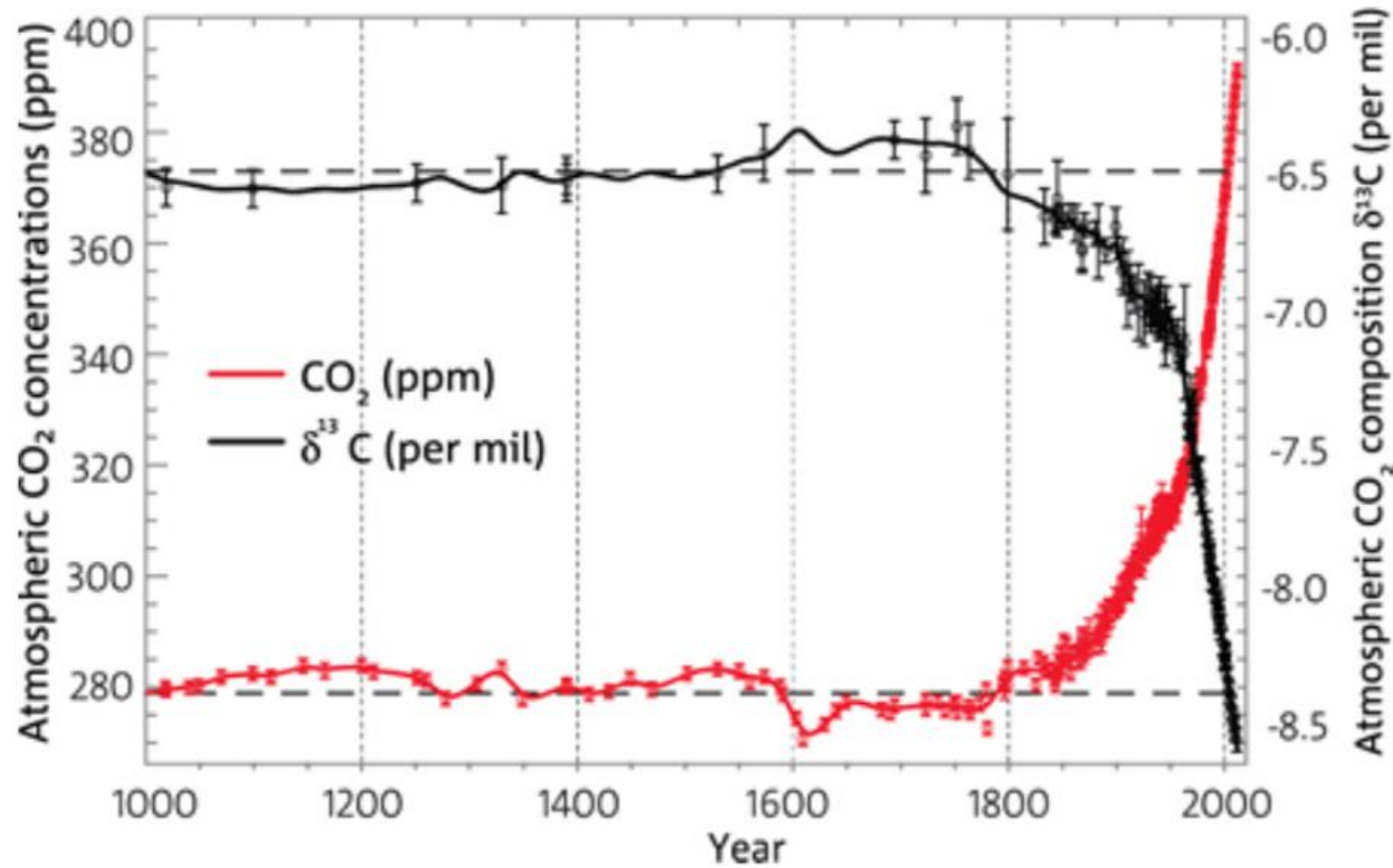
- a. Fossile Brennstoffe (Alter 15-600 Mill. Jahre) enthalten **kein ^{14}C** ($t_{1/2} = 5.730$ Jahre) und **weniger ^{13}C** als Luft
- b. das Verhältnis $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ist in Pflanzen (→ Photosynthese) niedriger als in der Luft und in Meeren
- c. Rückschluss auf **Herkunft des atmosph. CO_2**

Nachweis für den Rückgang von C^{14} : Suess Effekt.



from Baxter and
Walton (1970)

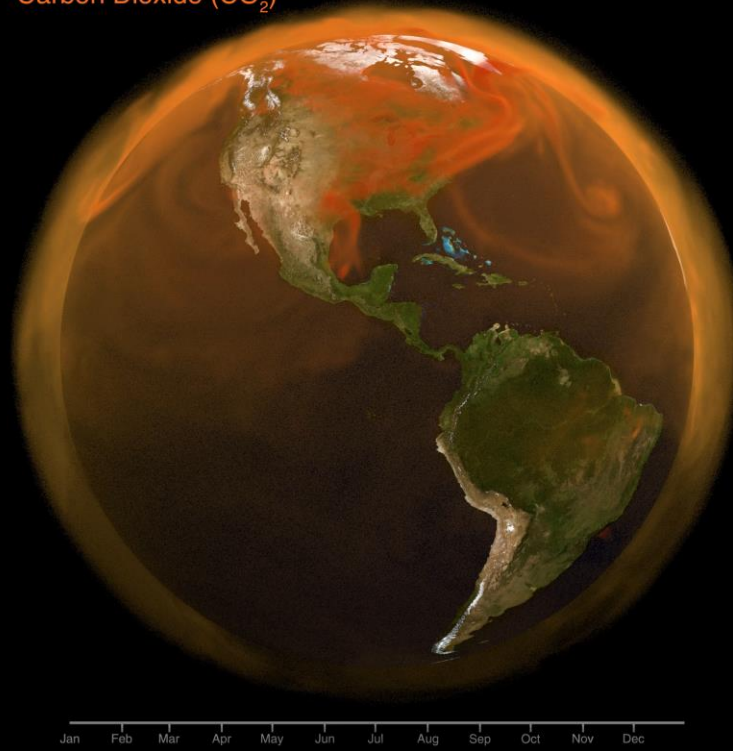
Concentration and isotopic composition of atmospheric carbon dioxide



The decrease in the ratio of the carbon-13 isotope ($\delta^{13}\text{C}$) that accompanies increasing CO₂ trends show that the sources are fossil fuel and land-use change.

Der Himmel über dem Globus

Carbon Dioxide (CO₂)



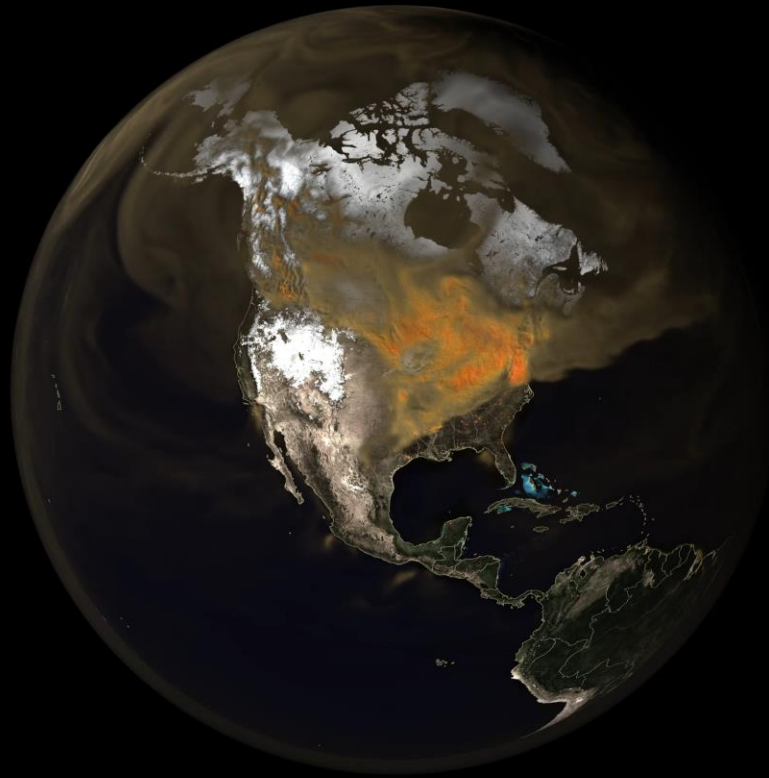
Tag für Tag pumpen wir Kohlenstoff in die Atmosphäre



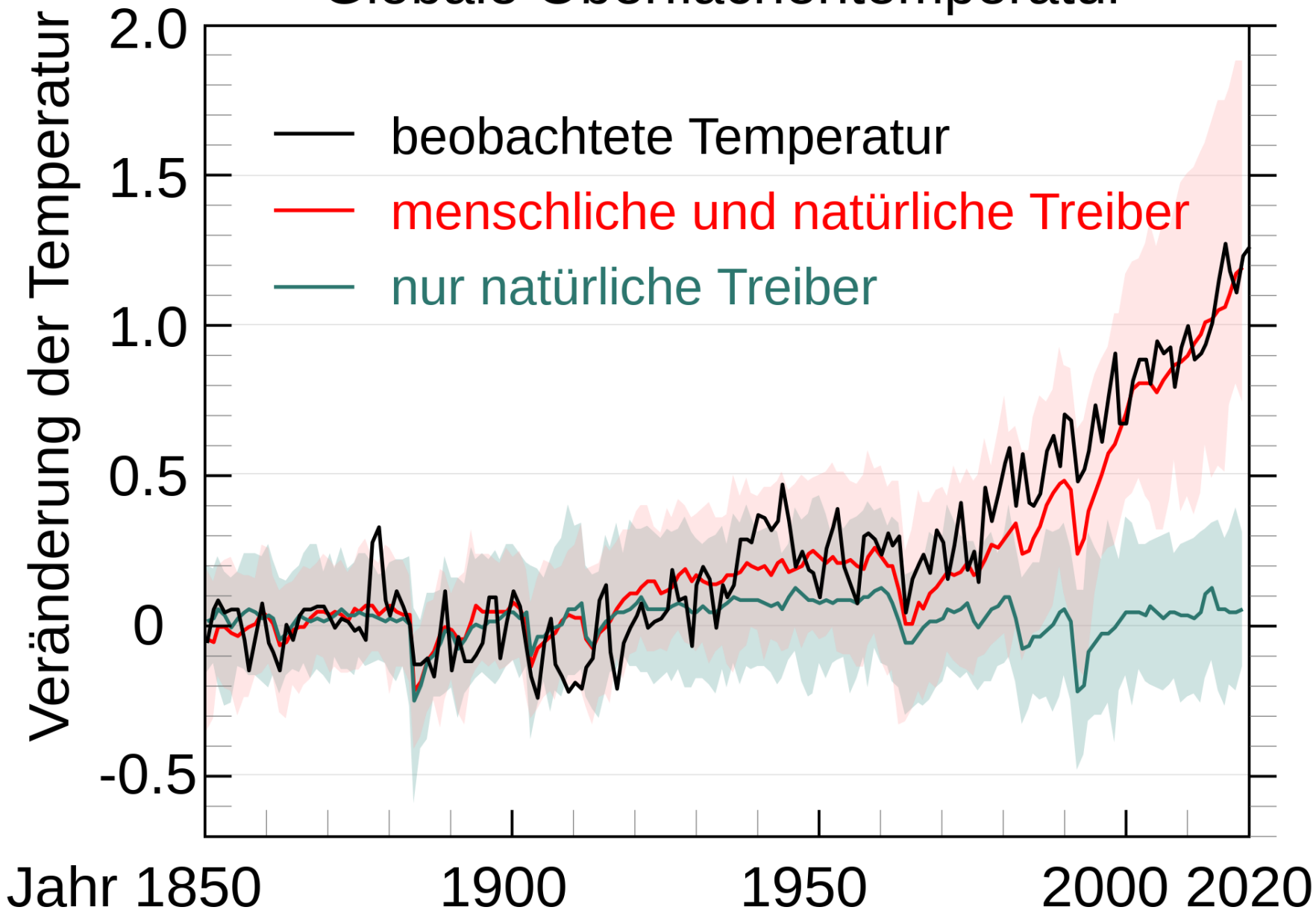
14 Jan 2020 22:00:00.000

NASA

Wir kennen alle Quellen



Globale Oberflächentemperatur



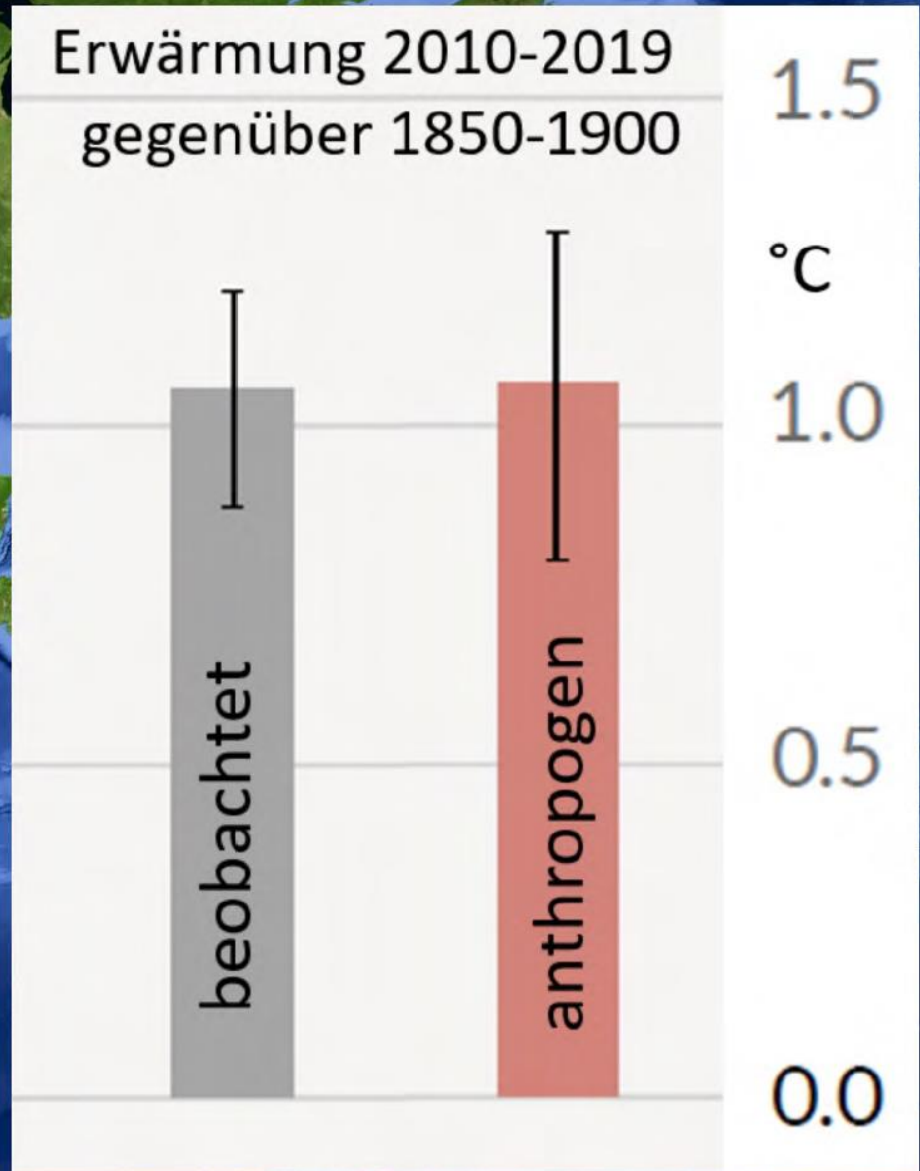
CO₂ Eintrag 2023
anthropogen :
35,8 Gt/Jahr 2023 (*)

= 100 fache CO₂ Eintrag
aller Vulkane der Welt

(*) Liu *et al* (2024) Global carbon emissions in 2023. *Nat Rev Earth Environ* 5, 253–254 (2024). <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00532-2>

Die moderne
Erwärmung ist
komplett
menschengemacht!

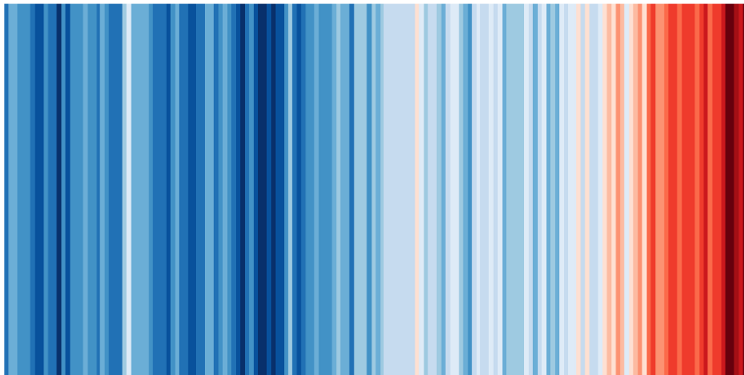
Quelle:
IPCC 2021



WAS WIR HEUTE ÜBERS KLIMA WISSEN

BASISFAKTEN ZUM KLIMAWANDEL, DIE IN DER
WISSENSCHAFT UNUMSTRITTEN SIND

Stand: Juni 2021



herausgegeben von:

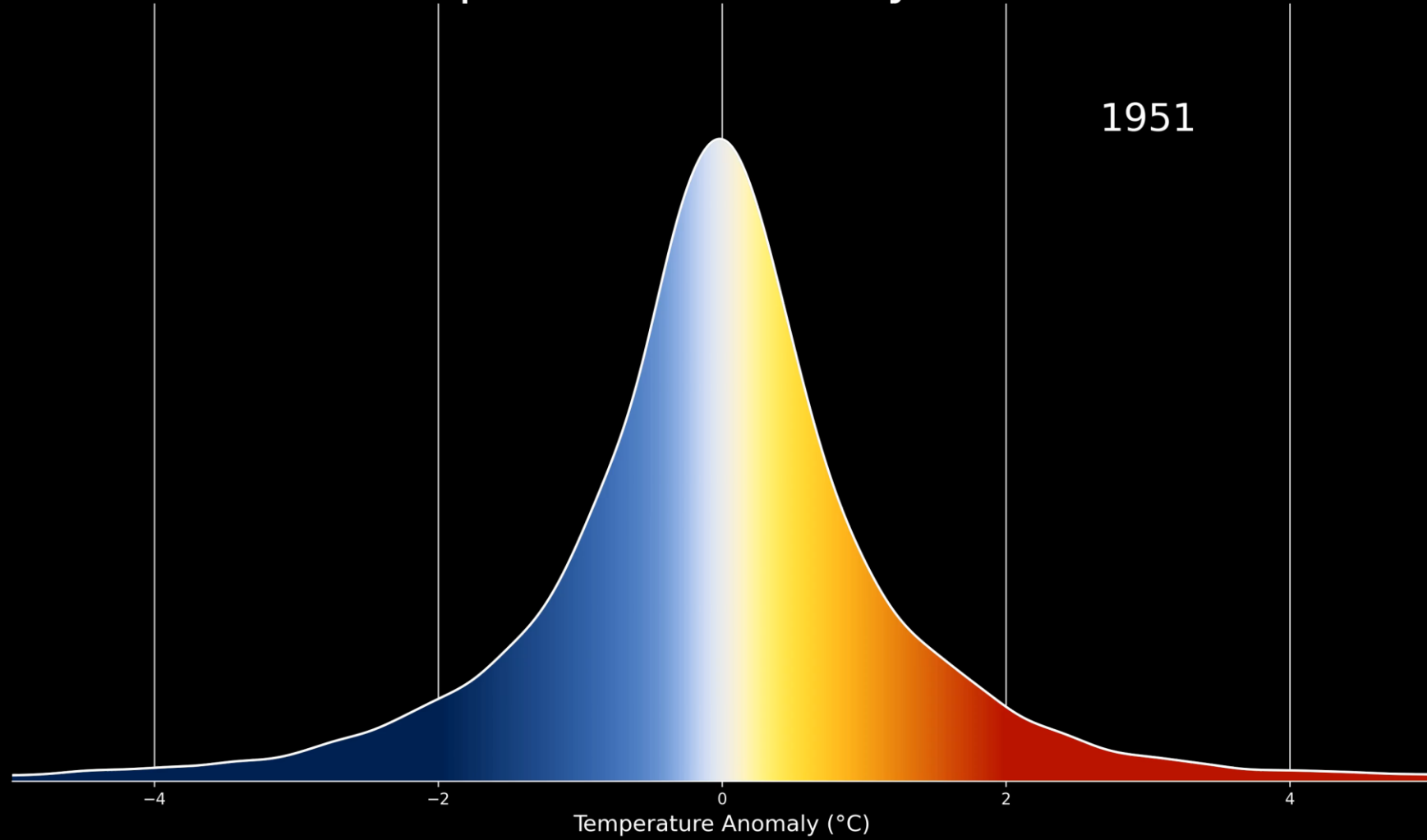
Deutsches Klima-Konsortium, Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Deutscher Wetterdienst,
Extremwetterkongress Hamburg, Helmholtz-Klima-Initiative, klimafakten.de

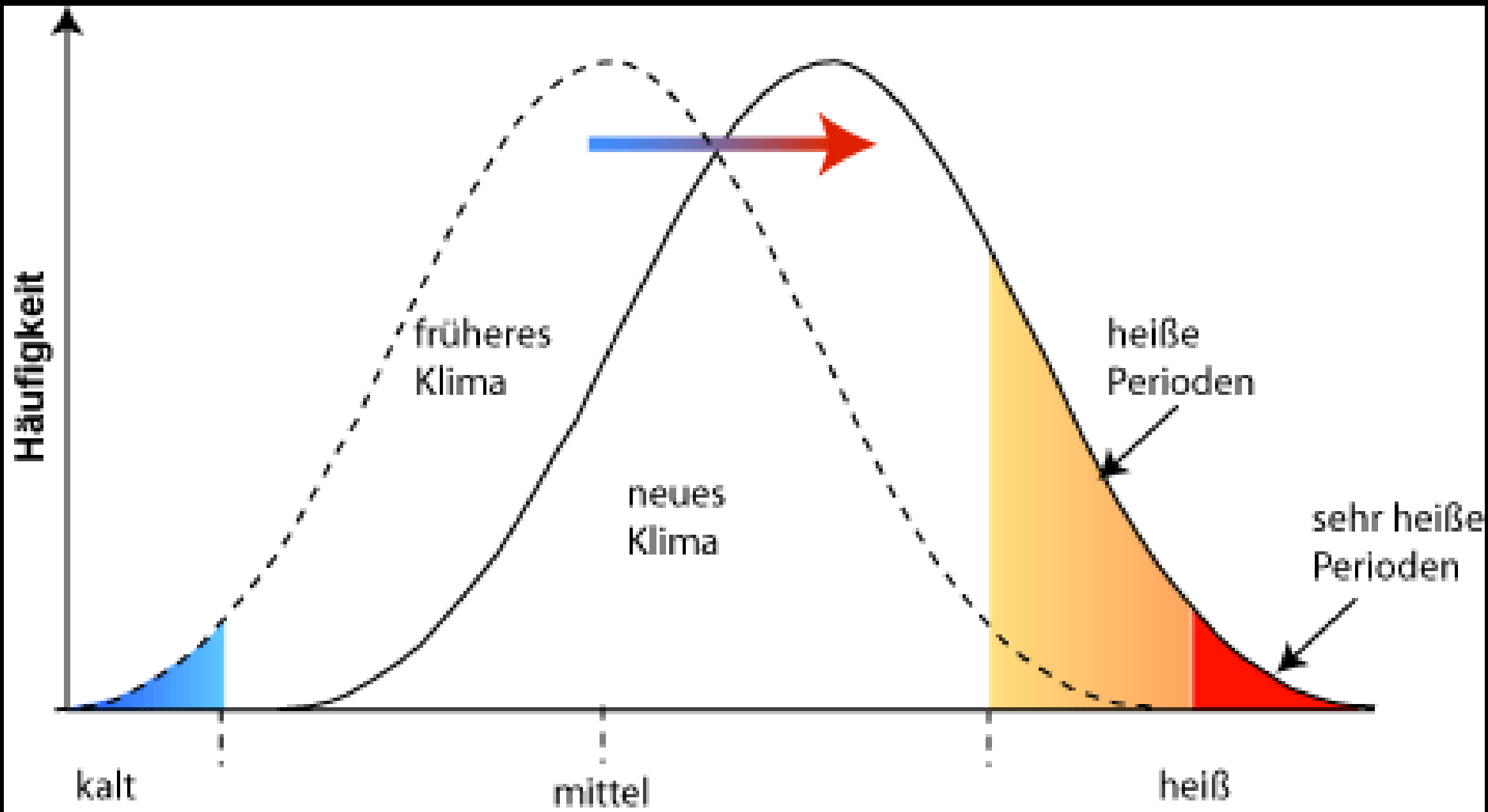


DIE FÜNF KERNINFOS ZUM KLIMAWANDEL
IN NUR 20 WORTEN¹:

1. ER IST REAL.
2. WIR SIND DIE URSACHE.
3. ER IST GEFÄHRLICH.

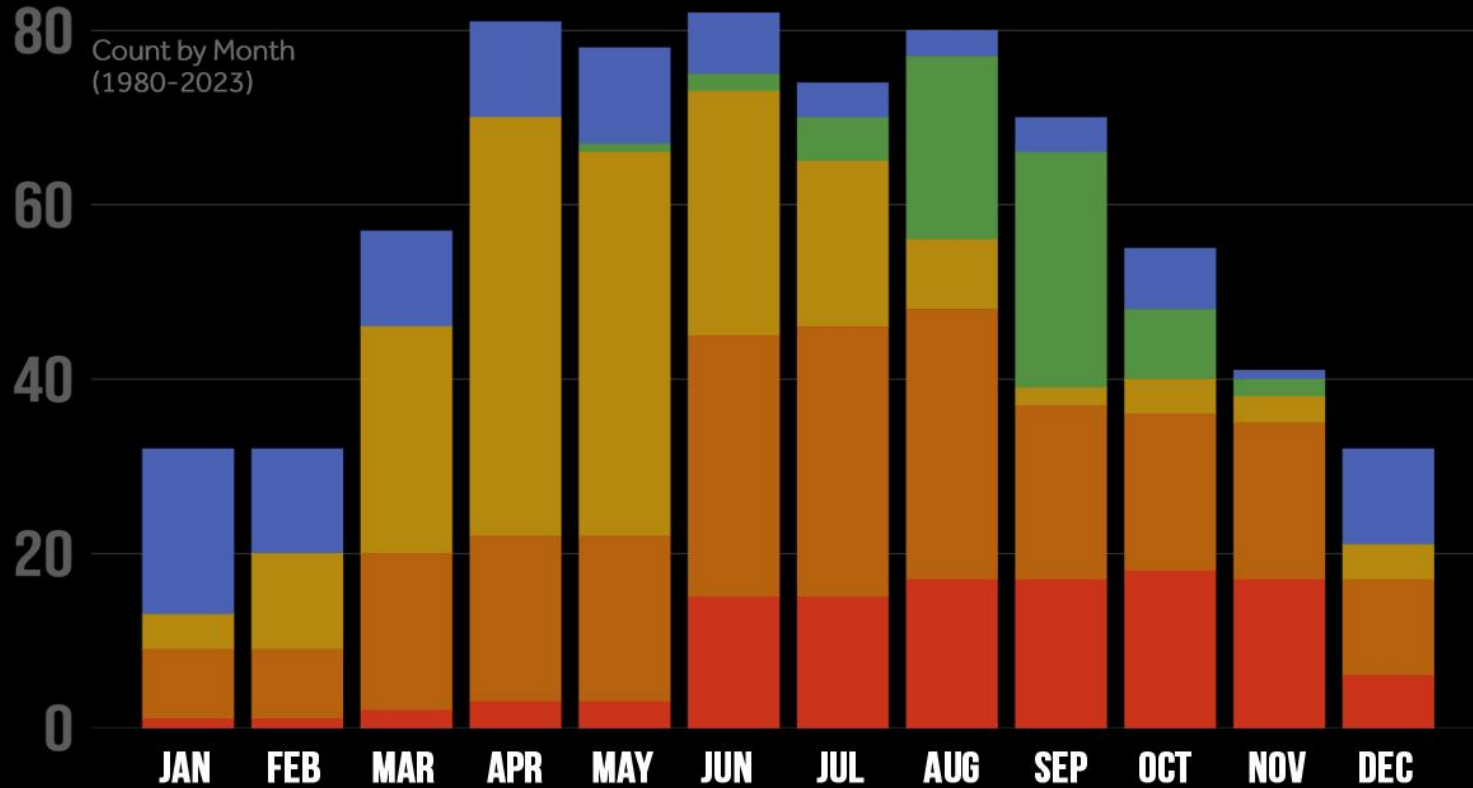
Land Temperature Anomaly Distribution





U.S. BILLION-DOLLAR DISASTER SEASONS

Wildfires Droughts Severe Storms Tropical Cyclones Floods, Freezes, Winter Storms



Total U.S. billion-dollar disasters by month, 1980-2023.
Colored by event type. CPI-adjusted. Source: NOAA NCEI

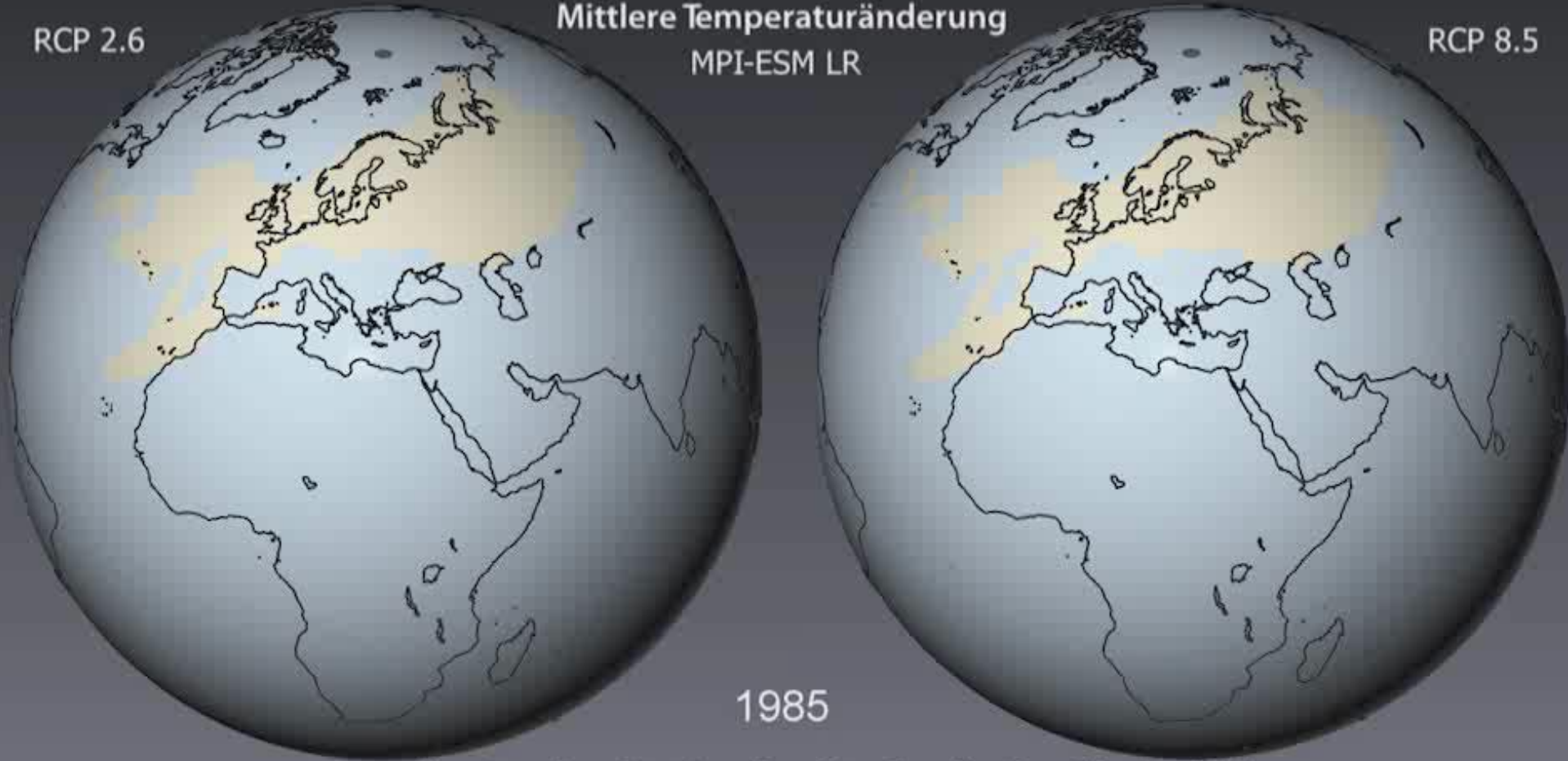


Prediction for the Global Average Temperature 1985 - 2100

RCP 2.6

Mittlere Temperaturänderung
MPI-ESM LR

RCP 8.5



1985

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 [°C]

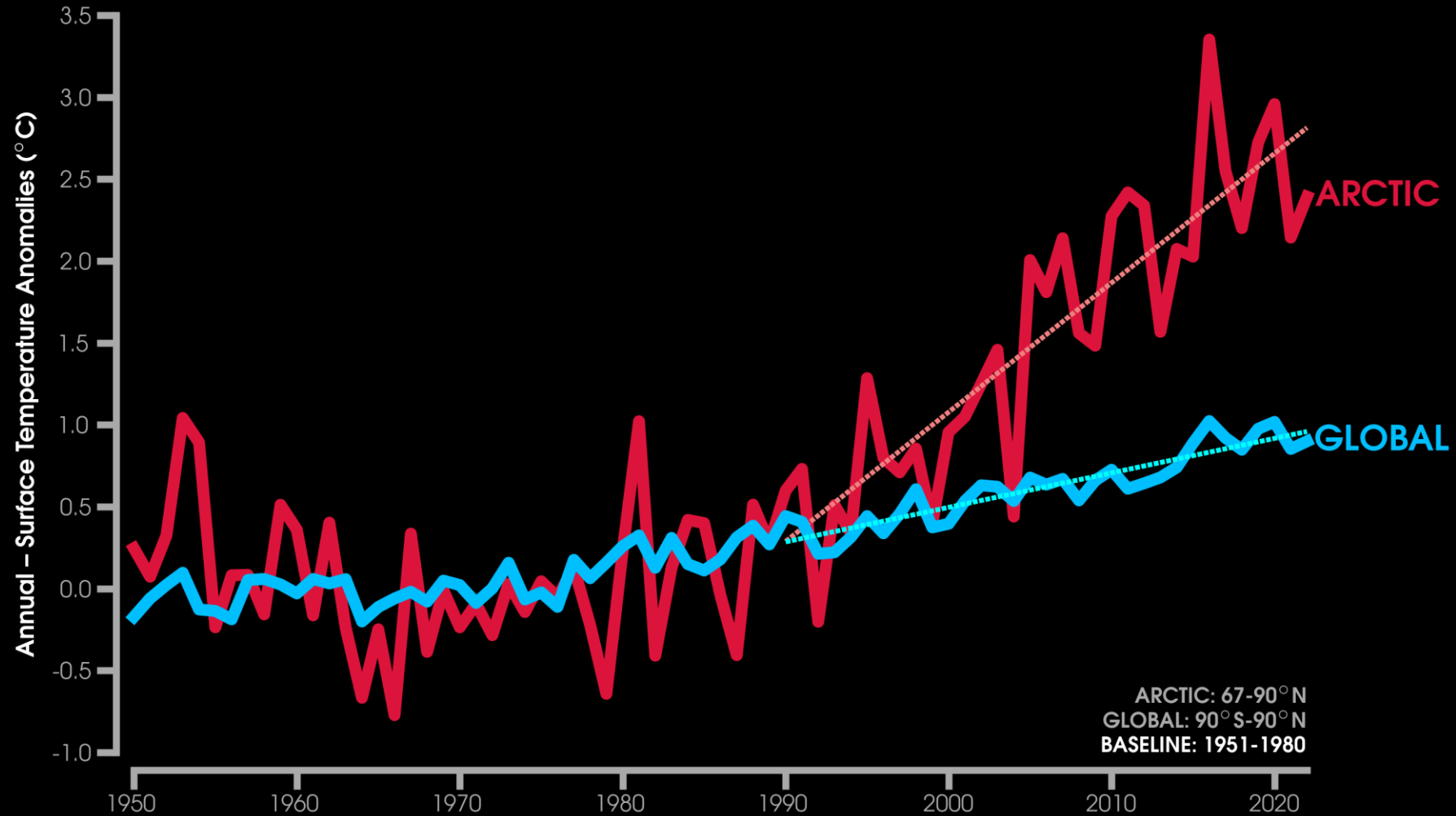


© DKRZ / MPI-M

GEOMAR

ozean der zukunft
DIE KIELER MEERESWISSENSCHAFTEN

ARCTIC AMPLIFICATION



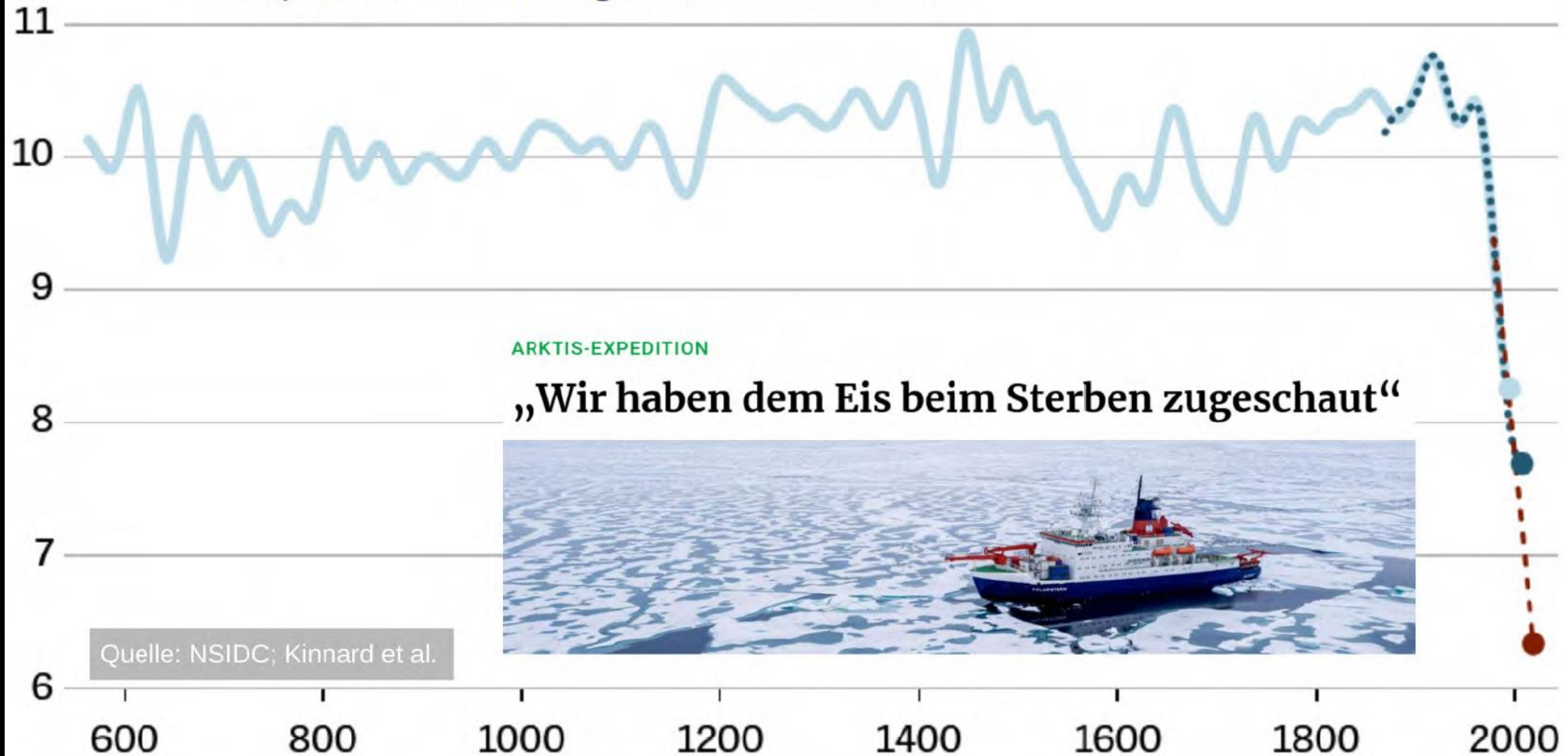
DATA: NOAA/ESRL Physical Sciences Division (NASA/GISS GISTEMPv4)
SOURCE: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/testdap/timeseries.pl>

GRAPHIC: Zachary Labe (@ZLabe)

Arktische Meereisdecke im Spätsommer

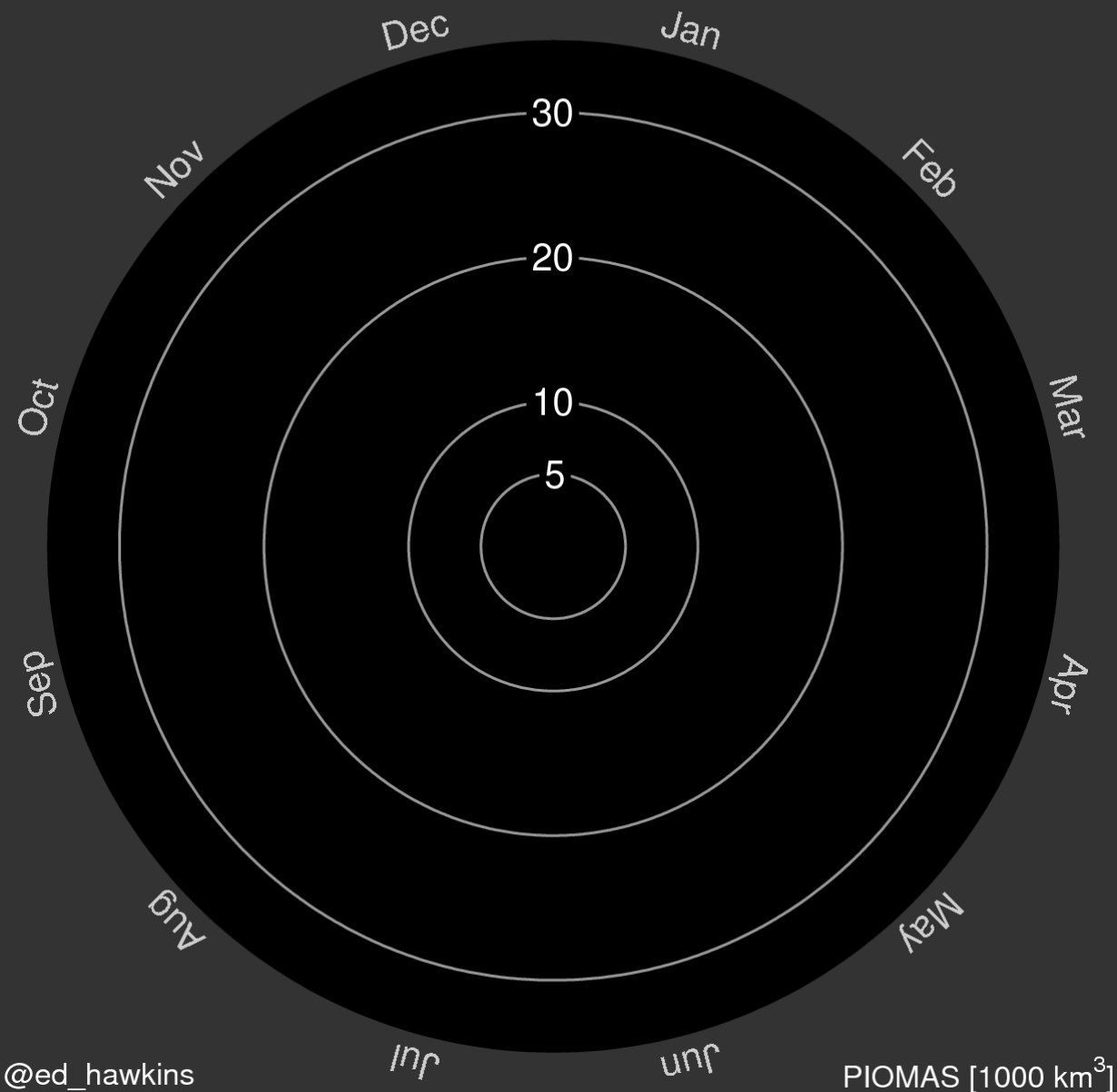
Angabe in Millionen Quadratkilometern über die vergangenen 1450 Jahre

— Proxydaten ··· Beobachtungsdaten - - - Satellitentrend



Quelle: NSIDC; Kinnard et al.

Arctic sea ice volume (1979–2017)



@ed_hawkins

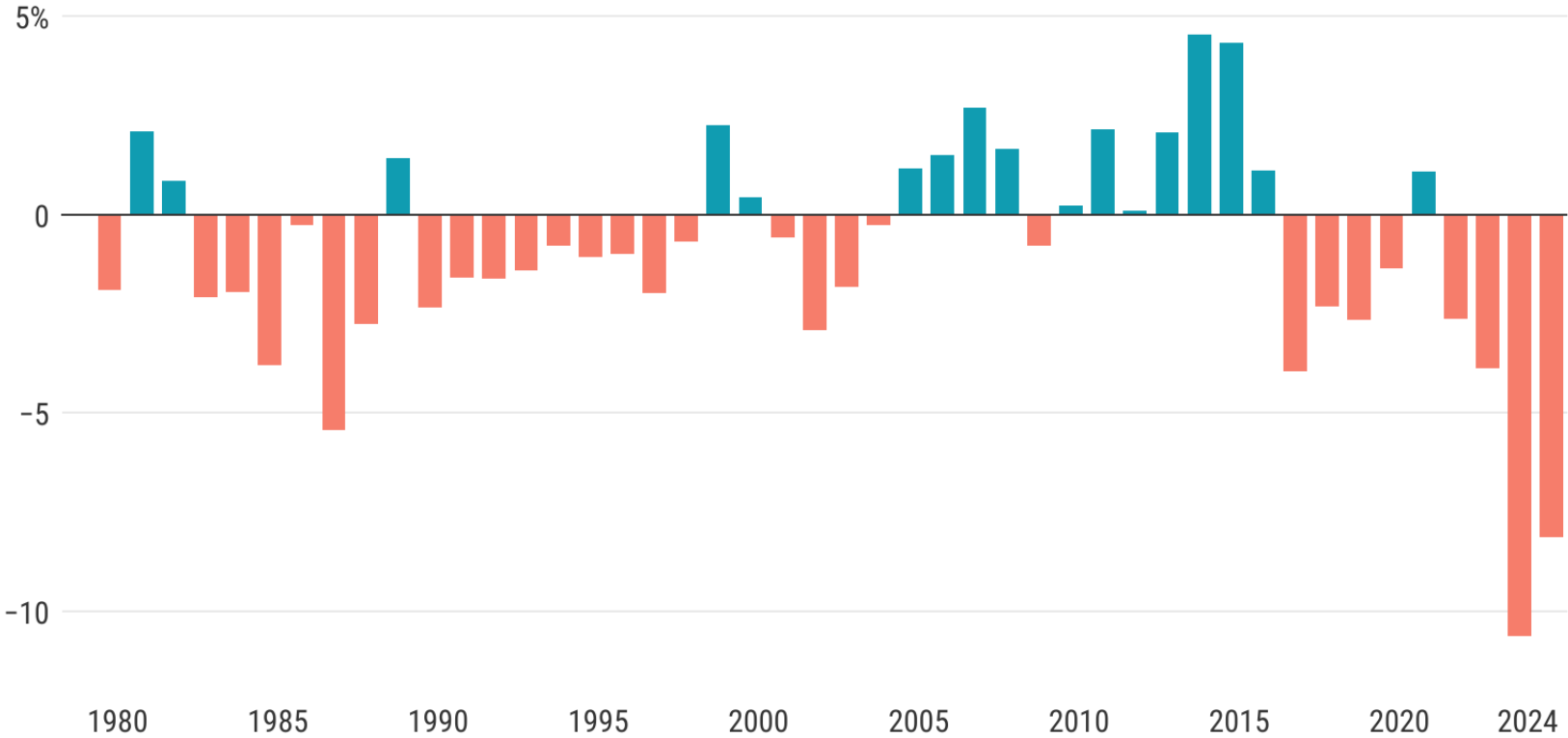
PIOMAS [1000 km³]

Das arktische Eis schmilzt

October Antarctic sea ice extent anomalies



Data: OSI SAF Sea Ice Index v2.2 • Reference period: 1991–2020
Credit: C3S/ECMWF/EUMETSAT



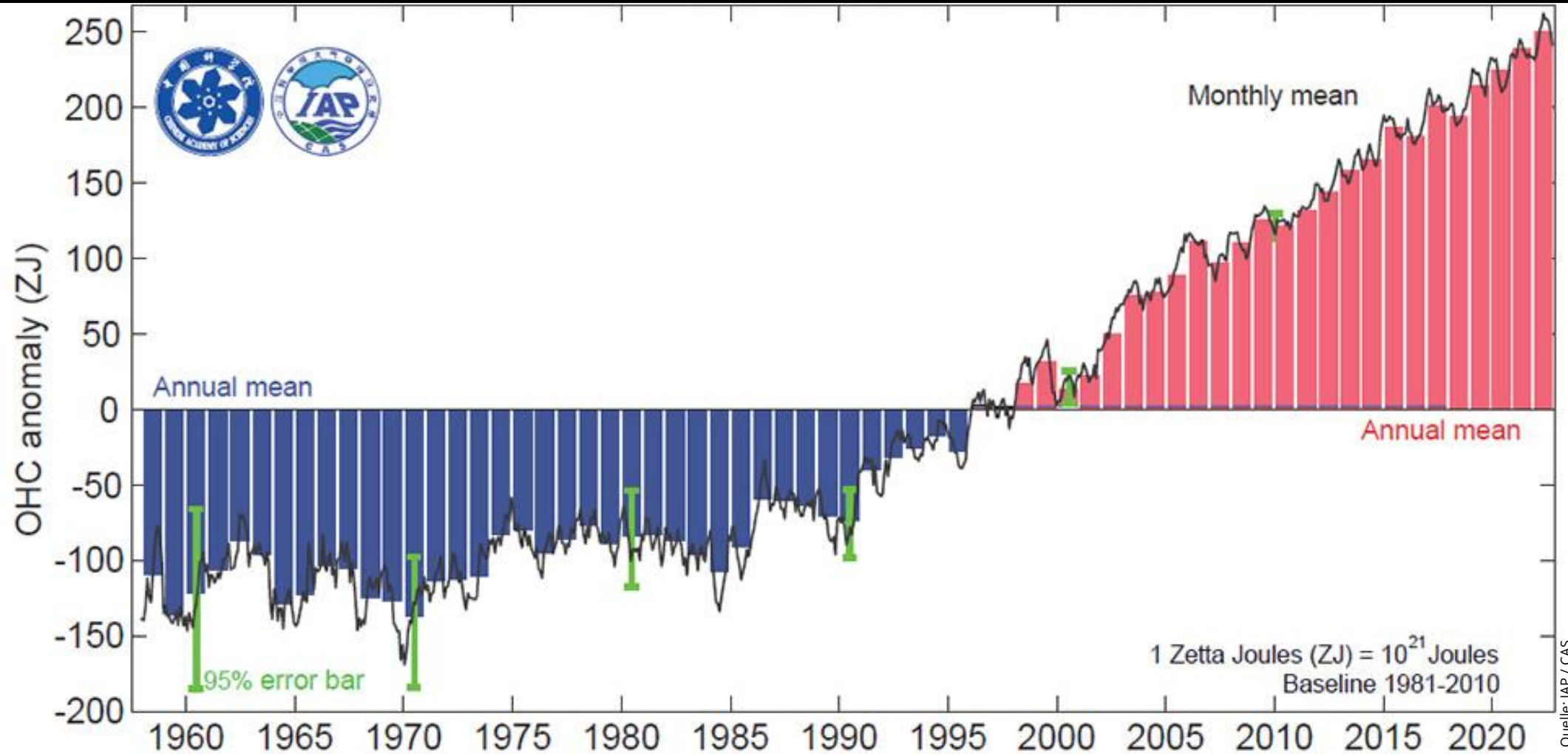
1991-2020 October average sea ice extent: **18.56 million sq. km**



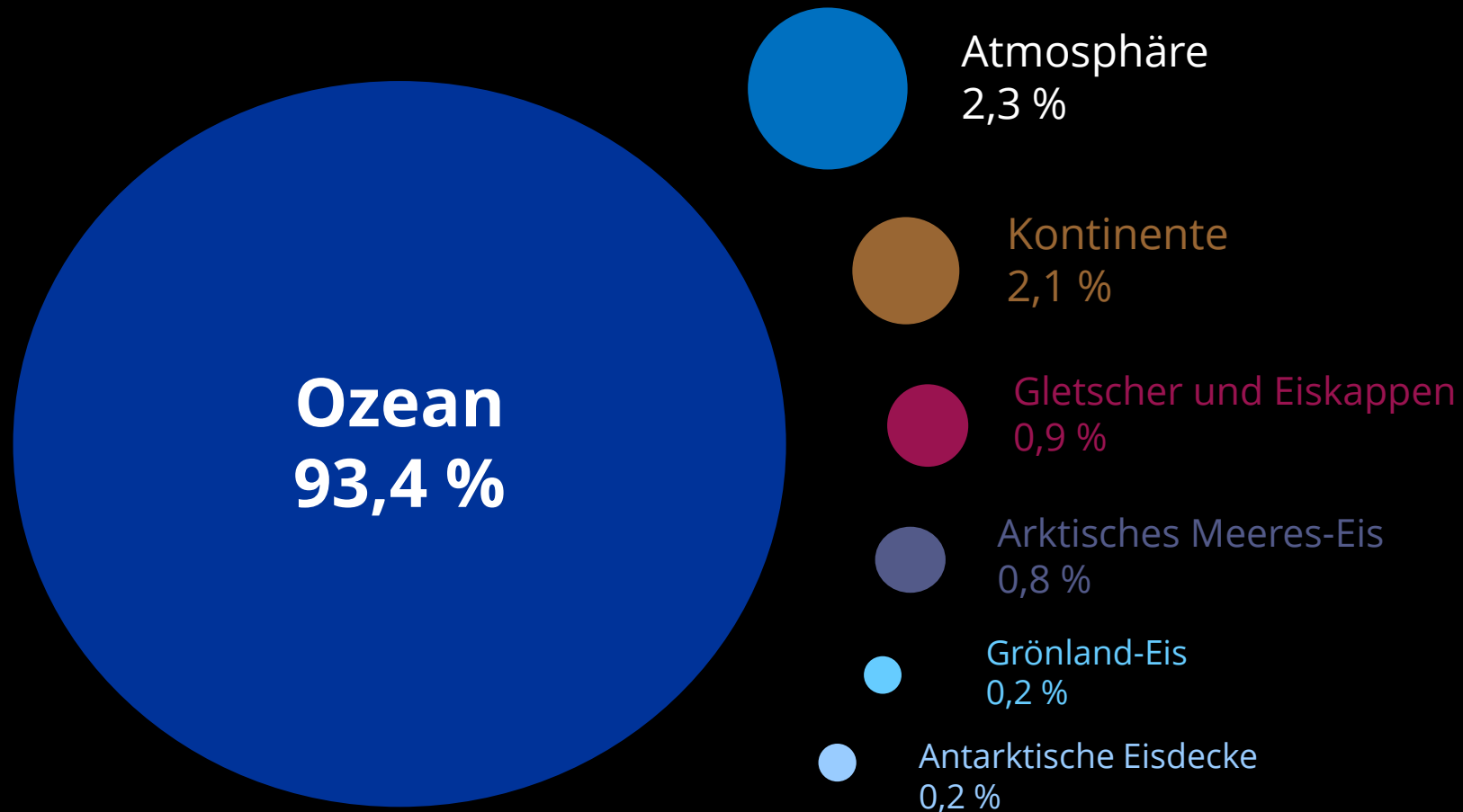
PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION



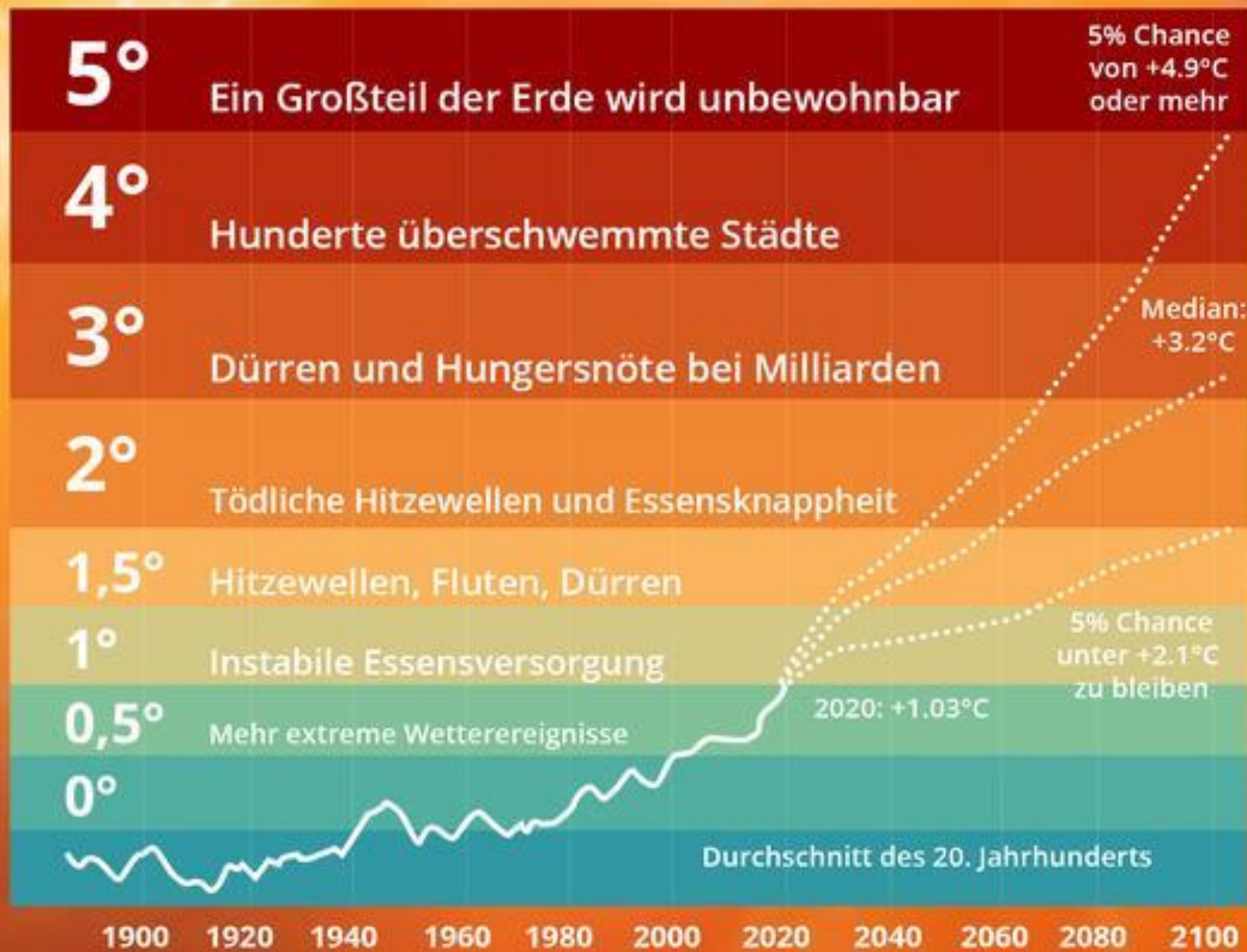
Globale Erhitzung des Ozeans



Wohin geht die Erderhitzung?



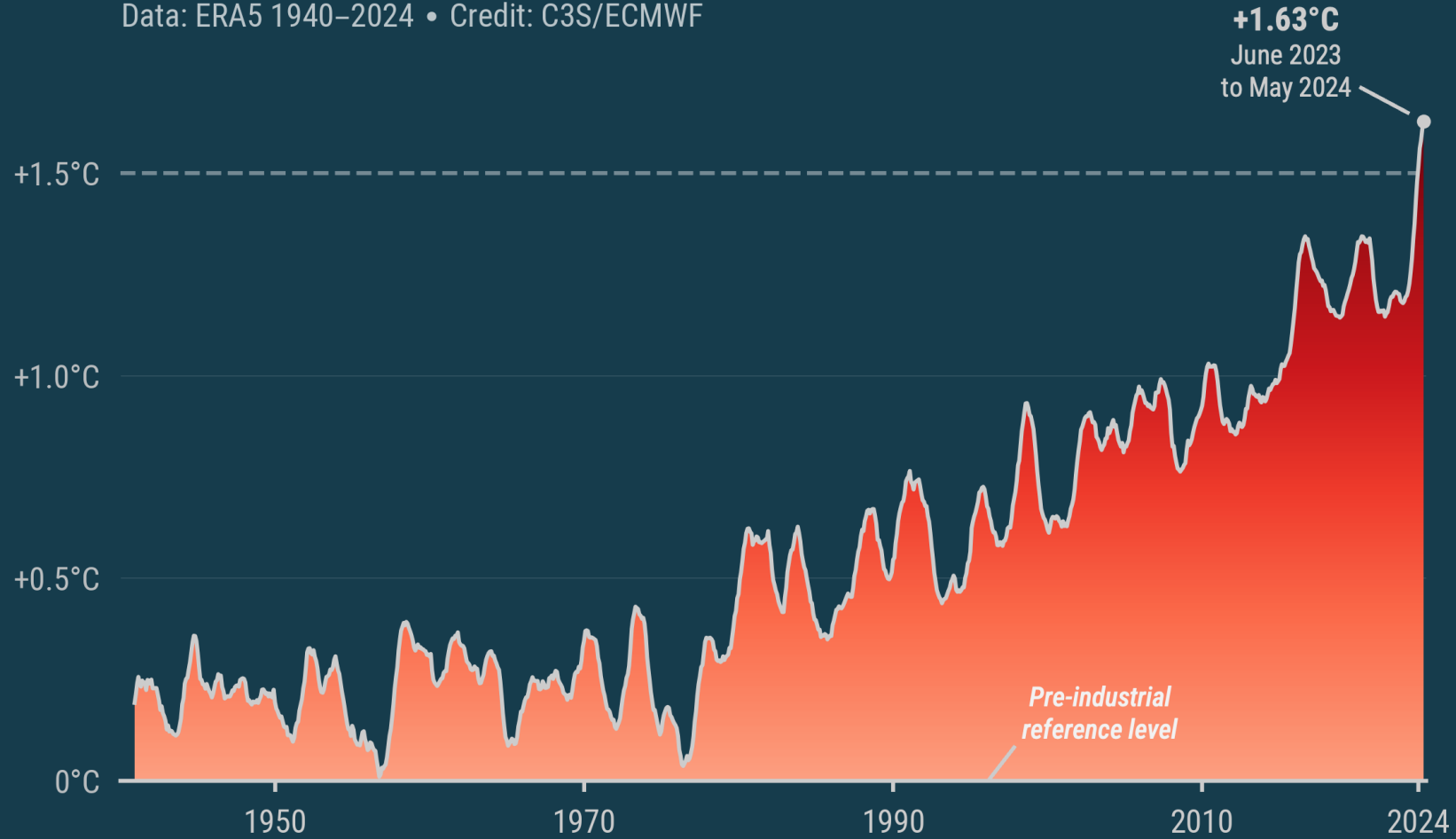
Wie heiß darf es werden?



Global surface temperature increase above pre-industrial

12-month running mean anomalies relative to the 1850–1900 average

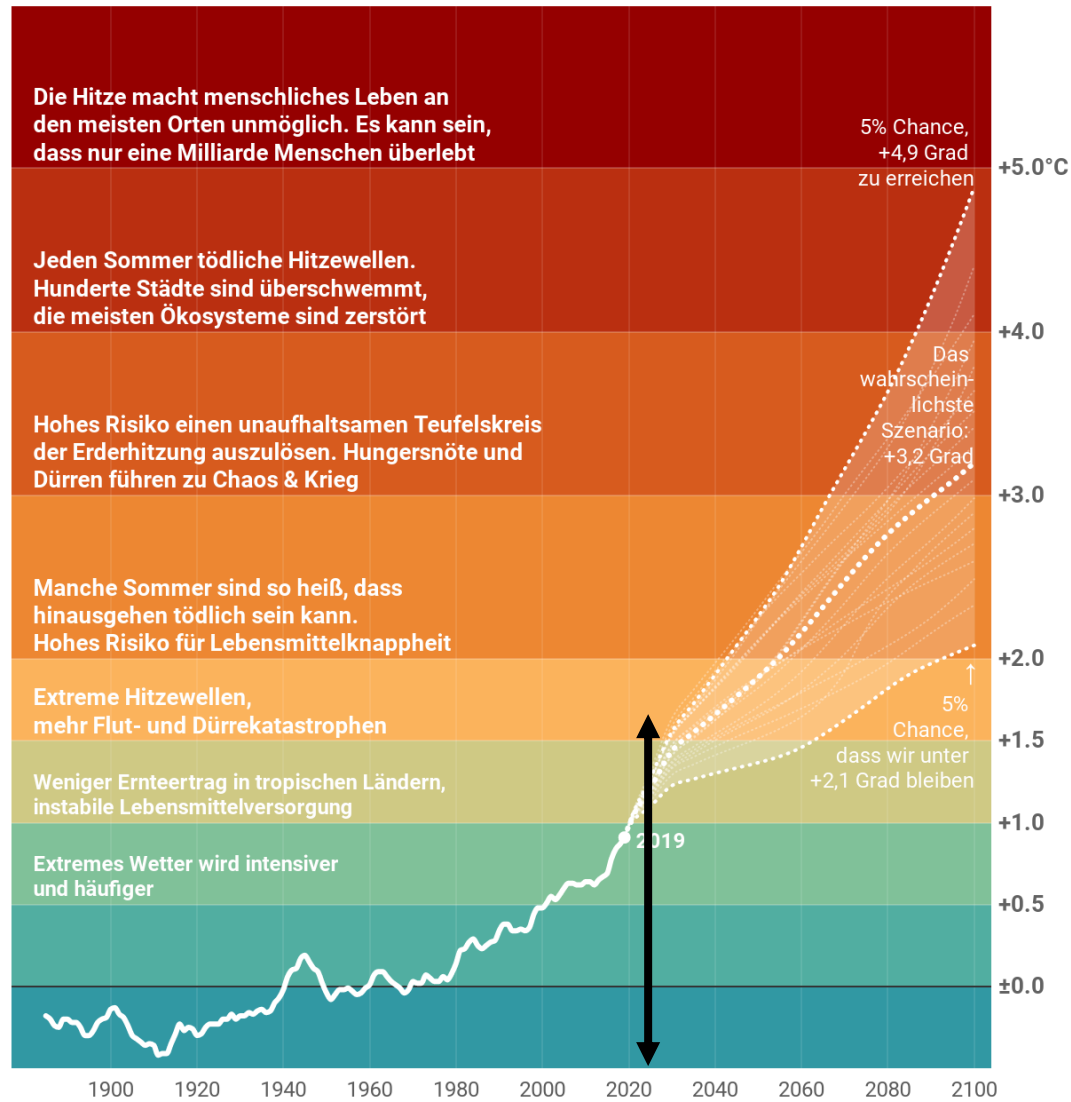
Data: ERA5 1940–2024 • Credit: C3S/ECMWF



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



Was die Klimakatastrophe für uns Menschen bedeutet

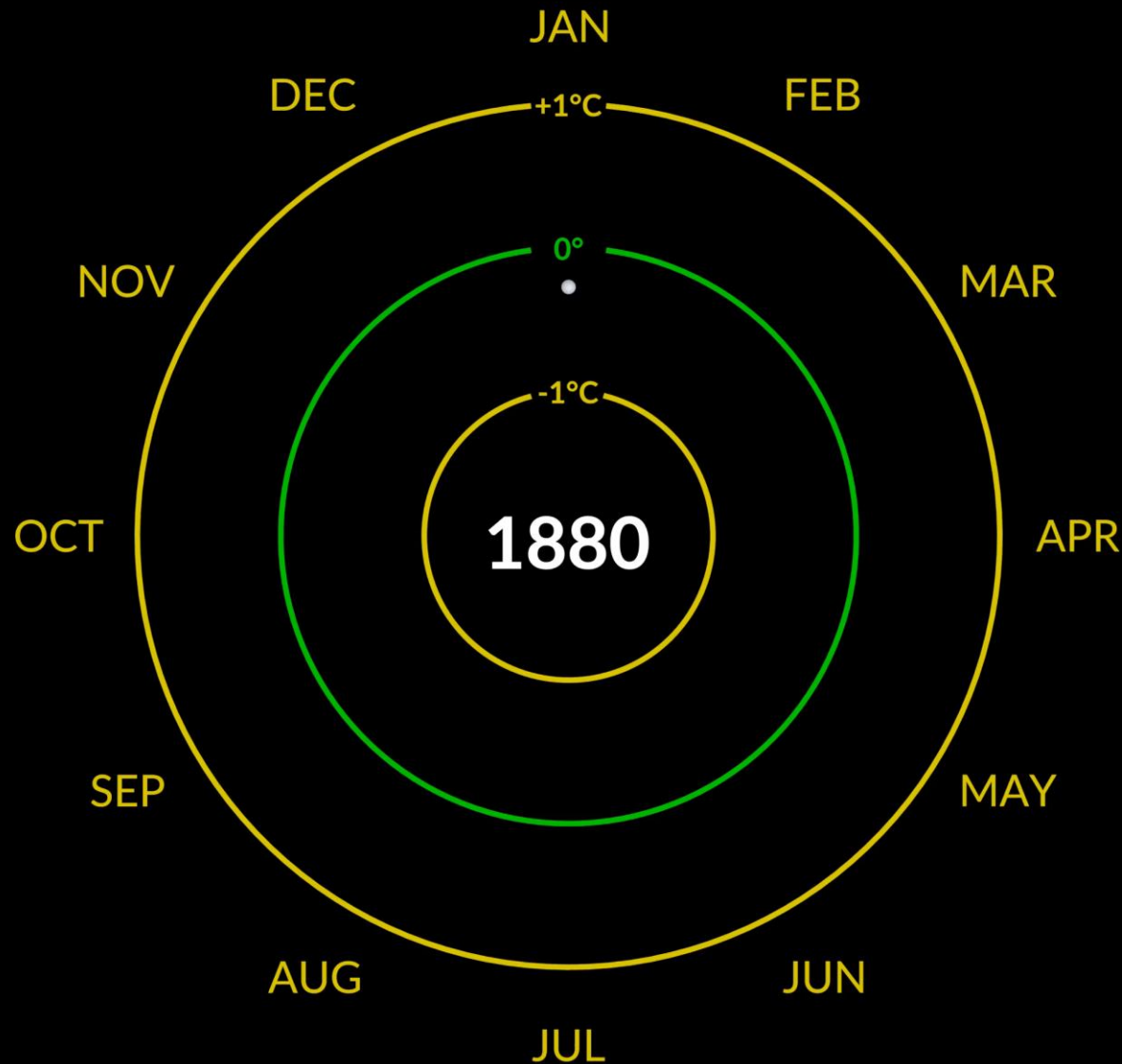


1,63

Die dicke Linie zeigt den 5-Jahres-Durchschnitt der globalen Temperatur-Anomalien (NOAA). Die punktierten Linien zeigen die Perzentile der Vorhersagen zur Erderhitzung nach Raftery et.al, 2017. Die schwarze Linie unten ist der Durchschnitt im 20. Jahrhundert. Inspiriert von The Guardian.

Chart: Gregor Aisch, Datawrapper • Created with Datawrapper

///IOMENT.

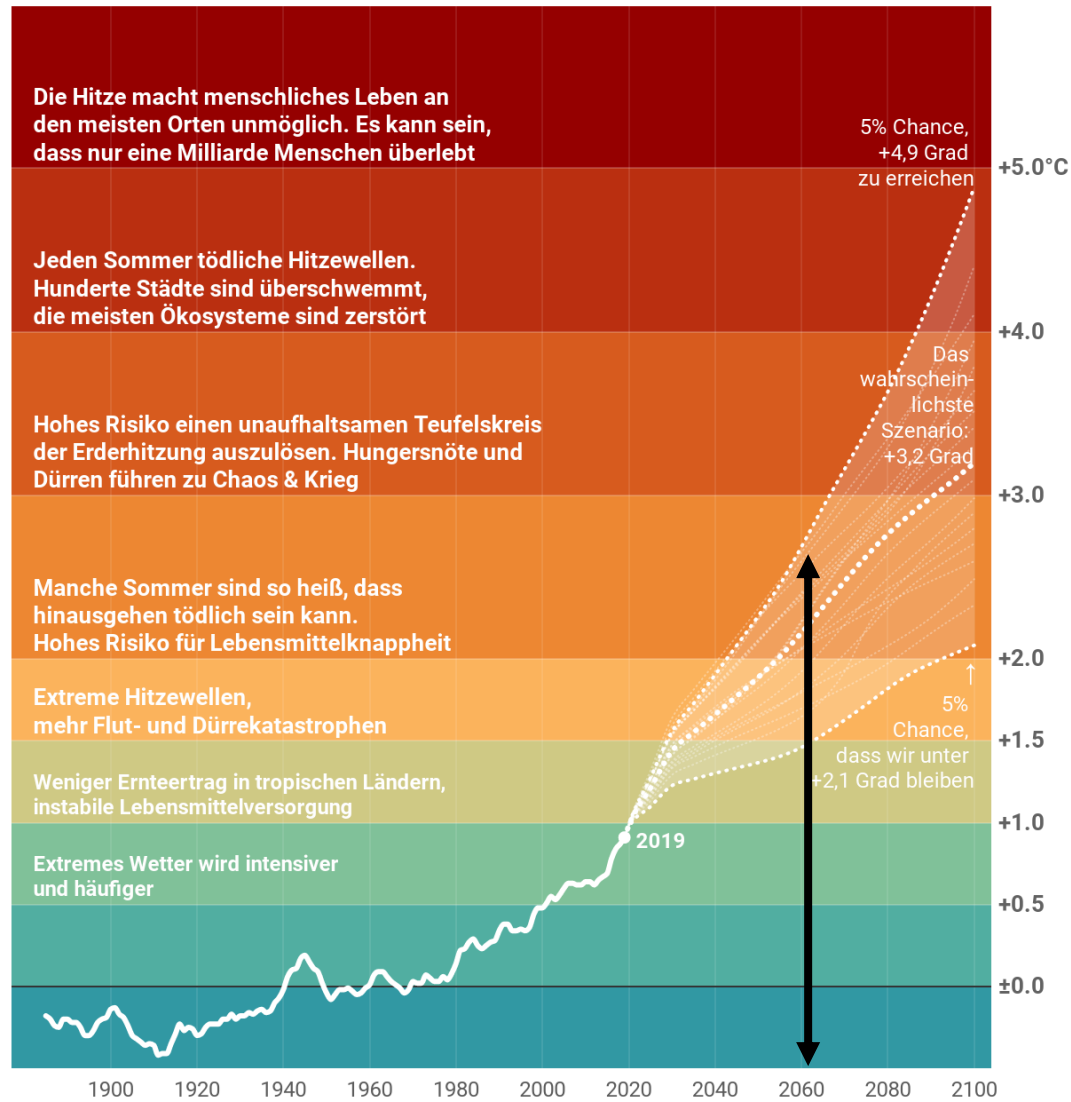


Aktuelle Heizrate:
0,26 Grad Celsius
pro Jahrzehnt.

In 40 Jahren also

NASA

Was die Klimakatastrophe für uns Menschen bedeutet



In 40 Jahren

2,63

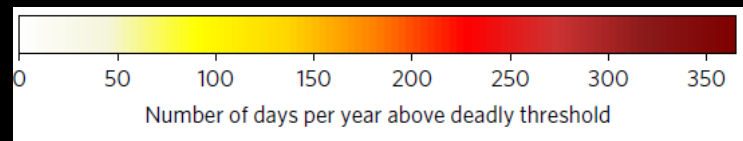
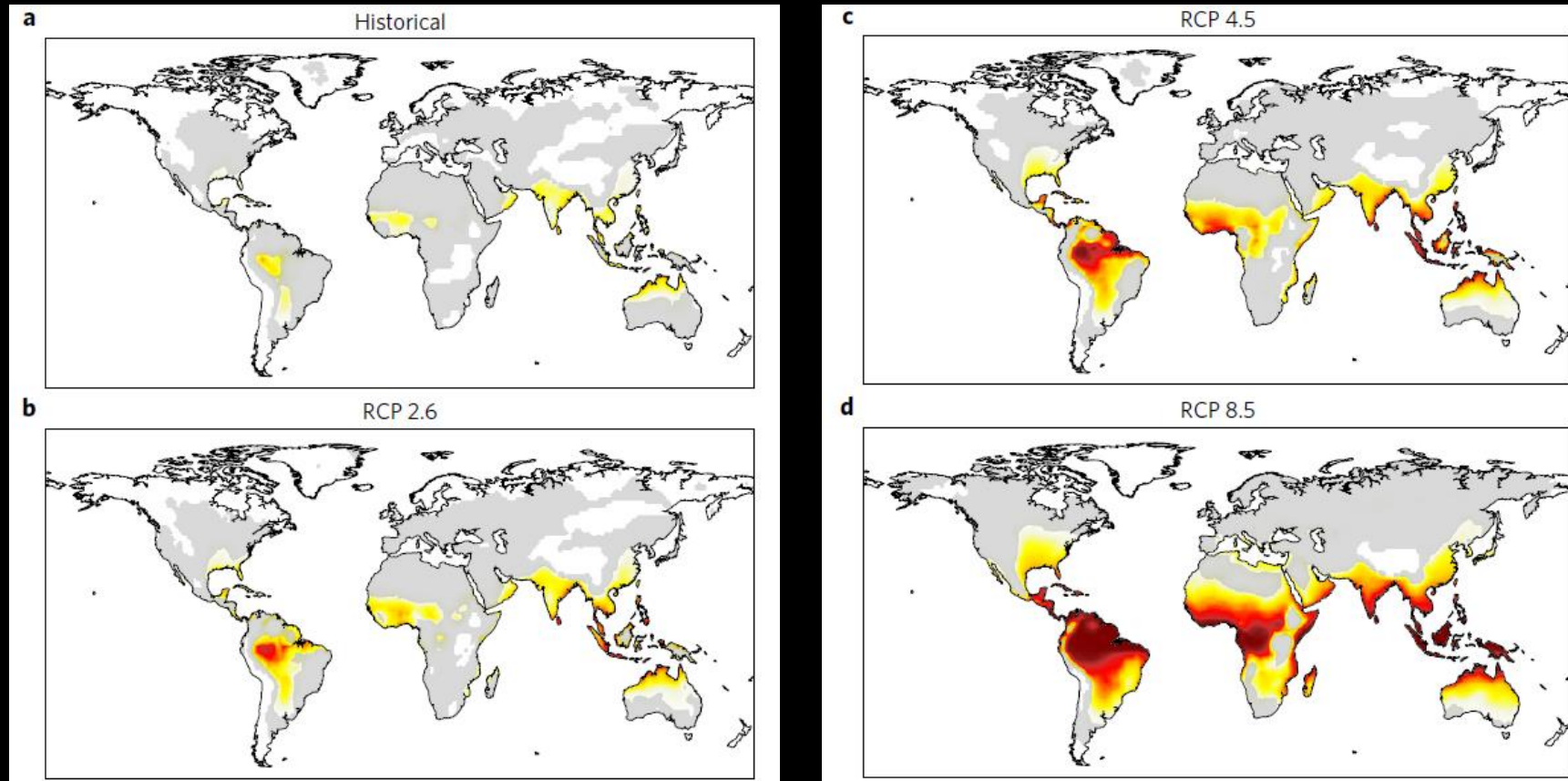
Die dicke Linie zeigt den 5-Jahres-Durchschnitt der globalen Temperatur-Anomalien (NOAA). Die punktierten Linien zeigen die Perzentile der Vorhersagen zur Erderhitzung nach Raftery et.al, 2017. Die schwarze Linie unten ist der Durchschnitt im 20. Jahrhundert. Inspiriert von The Guardian.

Chart: Gregor Aisch, Datawrapper • Created with Datawrapper

///IOMENT.

Klimawandel und Hitzerisiko: Die Grenzen menschlicher Wärmeregulierung

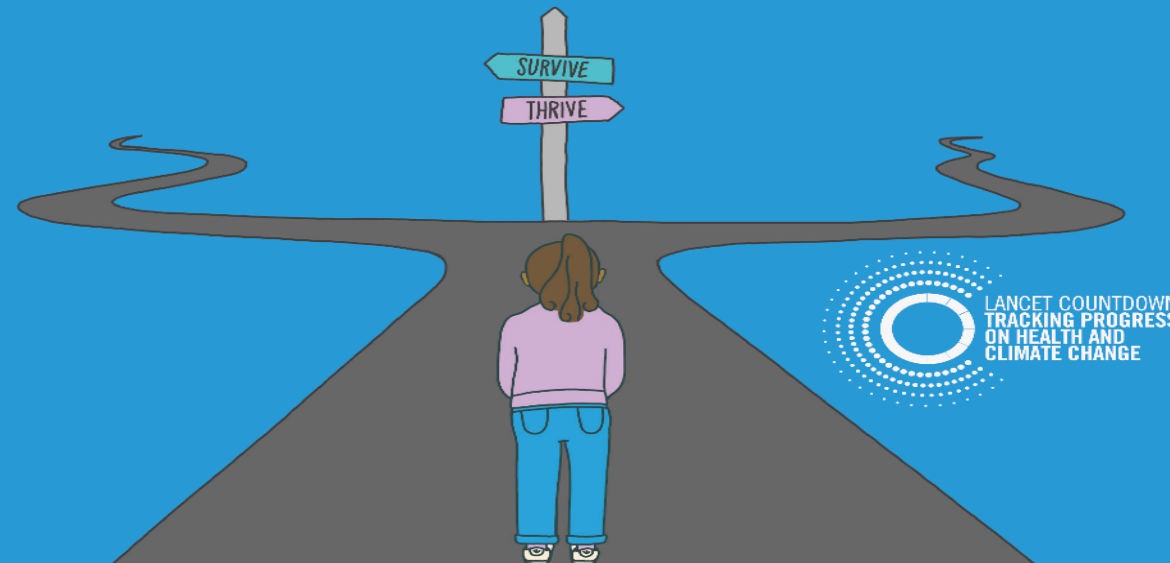
Geographische Verteilung tödlicher Klimazustände unter verschiedenen Emissionsszenarien



„The climate change is the biggest threat for our health within this century.“

Lancet Commission on Climate Change and Health 2019

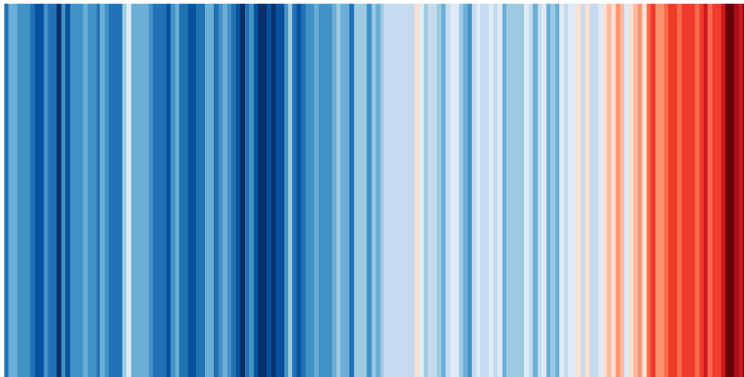
Every child born today will be affected by climate change. How we respond will determine the world we live in tomorrow and will shape the health of children across the globe, at every stage of their lives.



WAS WIR HEUTE ÜBERS KLIMA WISSEN

BASISFAKTEN ZUM KLIMAWANDEL, DIE IN DER
WISSENSCHAFT UNUMSTRITTEN SIND

Stand: Juni 2021



herausgegeben von:

Deutsches Klima-Konsortium, Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Deutscher Wetterdienst,
Extremwetterkongress Hamburg, Helmholtz-Klima-Initiative, klimafakten.de



DIE FÜNF KERNINFOS ZUM KLIMAWANDEL
IN NUR 20 WORTEN¹:

1. ER IST REAL.
2. WIR SIND DIE URSACHE.
3. ER IST GEFÄHRLICH.
4. DIE FACHLEUTE SIND SICH EINIG.

State of the Global Climate 2023

WEATHER CLIMATE WATER



WORLD
METEOROLOGICAL
ORGANIZATION

WMO-No. 1347

SUBJECT TO
COPY EDIT

Key messages



2023 was the warmest year on record at 1.45 ± 0.12 °C above the pre-industrial average.



Concentrations of the three main greenhouse gases – carbon dioxide, methane, and nitrous oxide – reached record high observed levels.



Ocean heat content reached its highest level in the 65-year observational record.



Global mean sea level reached a record high. The rate of sea level rise in the past ten years (2014–2023) has more than doubled since the first decade of the satellite record (1993–2002).



Antarctic sea-ice extent reached an absolute record low in February. The annual maximum extent was around 1 million km² below the previous record low maximum.



Preliminary data from the global set of reference glaciers for the hydrological year 2022–2023 show they experienced the largest loss of ice on record (1950–2023), driven by extremely negative mass balance in both western North America and Europe.



Glaciers in Switzerland lost around 10% of their remaining volume in the past two years.



Extreme weather continued to lead to severe socio-economic impacts. Extreme heat affected many parts of the world. Wildfires in Hawaii, Canada and Europe led to loss of life, the destruction of homes and large-scale air pollution. Flooding associated with extreme rainfall from Mediterranean Cyclone Daniel affected Greece, Bulgaria, Türkiye, and Libya with particularly heavy loss of life in Libya.



Food security, population displacement and impacts on vulnerable populations continue to be of mounting concern in 2023, with weather and climate hazards exacerbating the situation in many parts of the world.

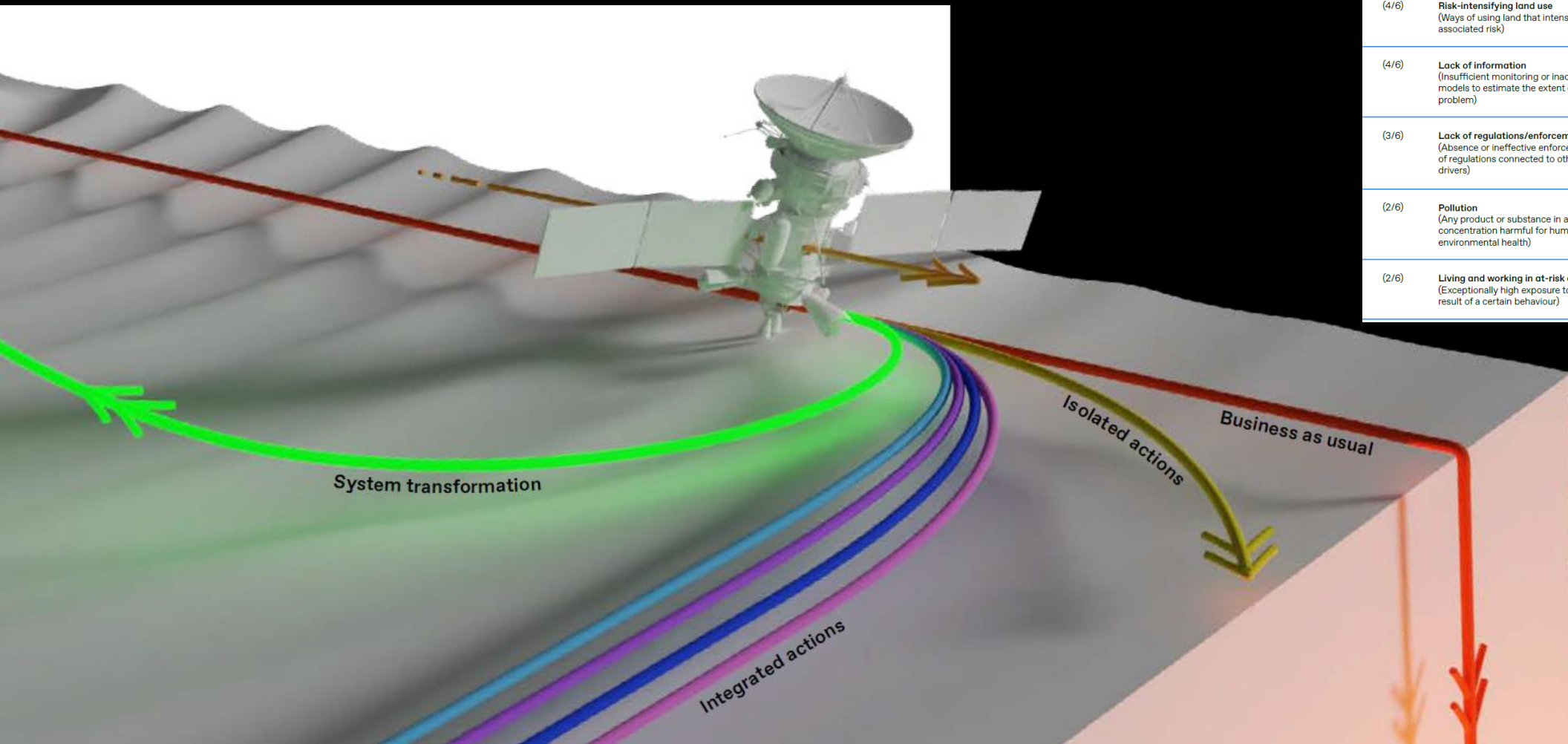
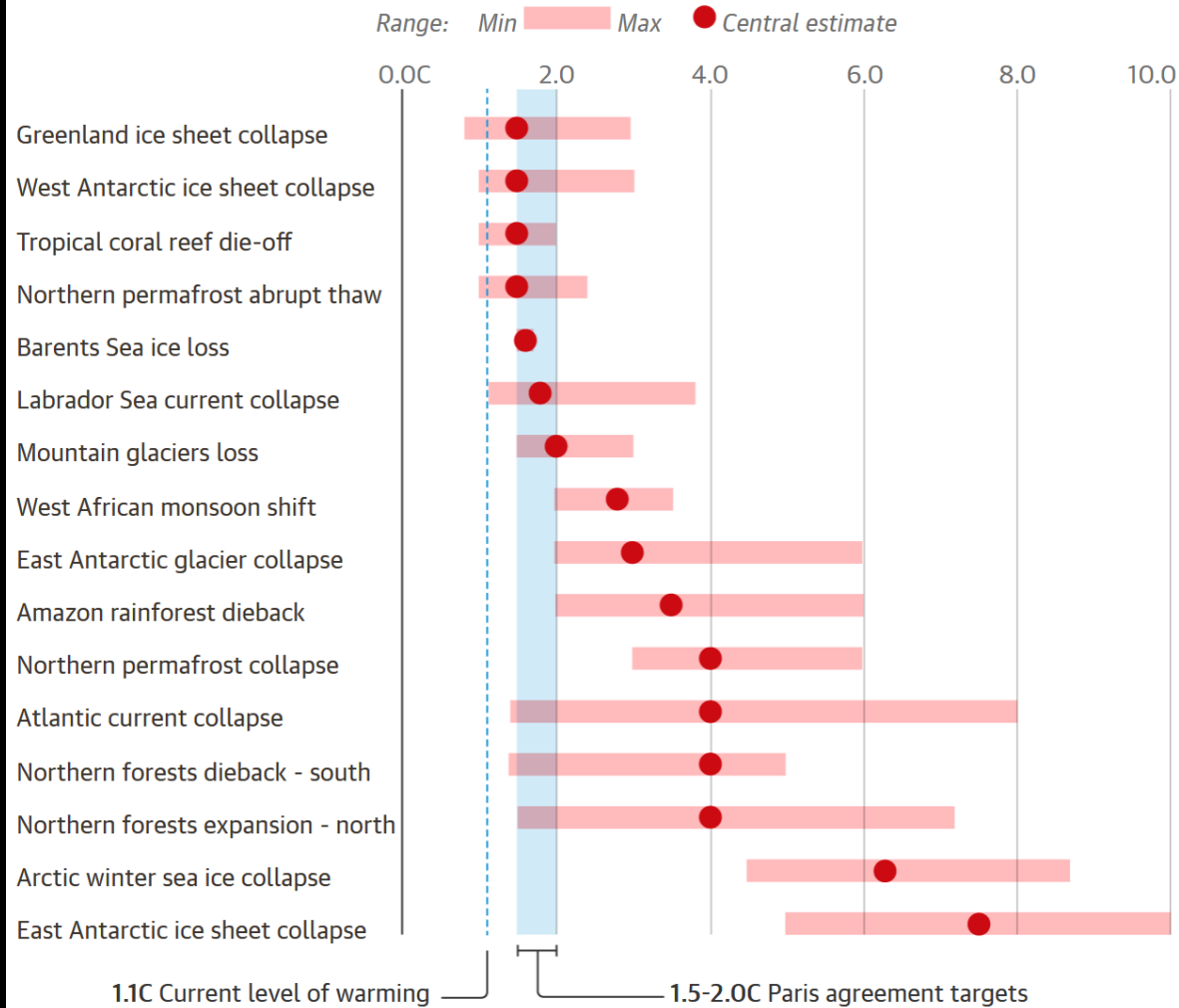


Table 1	Shared drivers 2023	Shared tipping points
(6/6)	Insufficient future planning (Lack of foresight to act on an oncoming problem)	
(4/6)	Atmospheric/ocean warming (Greenhouse gases trapping sunlight and warming the planet)	
(4/6)	Risk-intensifying land use (Ways of using land that intensifies an associated risk)	
(4/6)	Lack of information (Insufficient monitoring or inadequate models to estimate the extent of the problem)	
(3/6)	Lack of regulations/enforcement (Absence or ineffective enforcement of regulations connected to other risk drivers)	
(2/6)	Pollution (Any product or substance in a concentration harmful for human or environmental health)	
(2/6)	Living and working in at-risk areas (Exceptionally high exposure to risks as a result of a certain behaviour)	

Figure 1: Risk tipping point — The path we are on now involves increasing risk until our systems reach tipping points, but taking alternative actions can delay or prevent this tipping point from being passed.

The risk of climate tipping points is rising rapidly as the world heats up

Estimated range of global heating needed to pass tipping point temperature

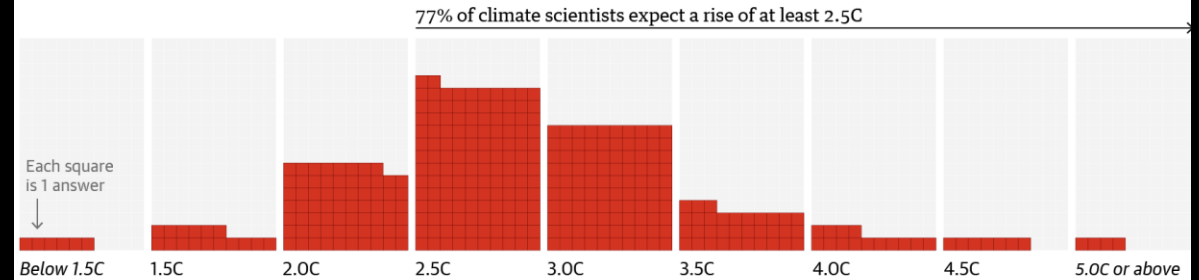


Guardian graphic. Source: Armstrong McKay et al, Science, 2022. Note: Current global heating temperature rise 1.1C Paris agreement targets 1.5-2.0C

How high will global heating go?

How high above pre-industrial levels do you think average global temperature will rise between now and 2100?

Count of answers given by IPCC climate experts



Guardian graphic. Source: Guardian survey of climate experts. 380 responses

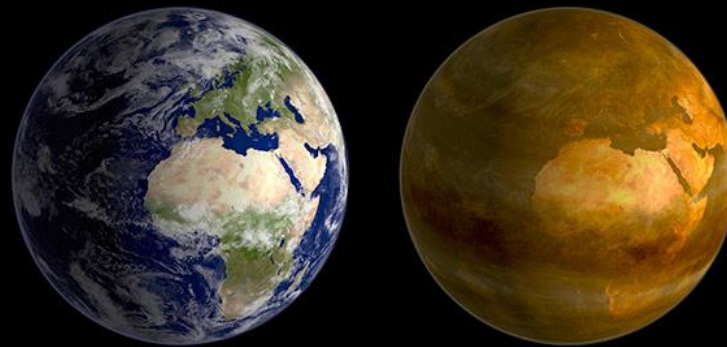
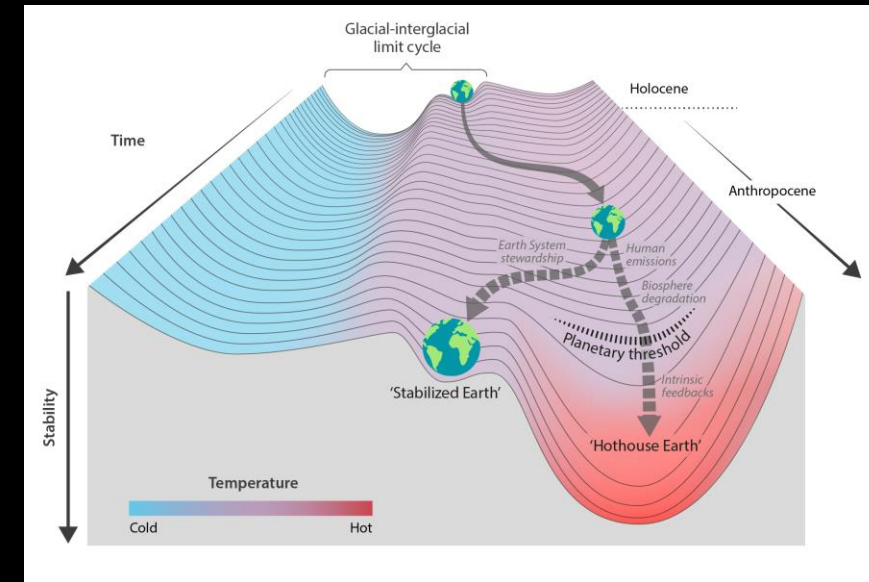
Klimawandel: Droht ein Domino-Effekt?

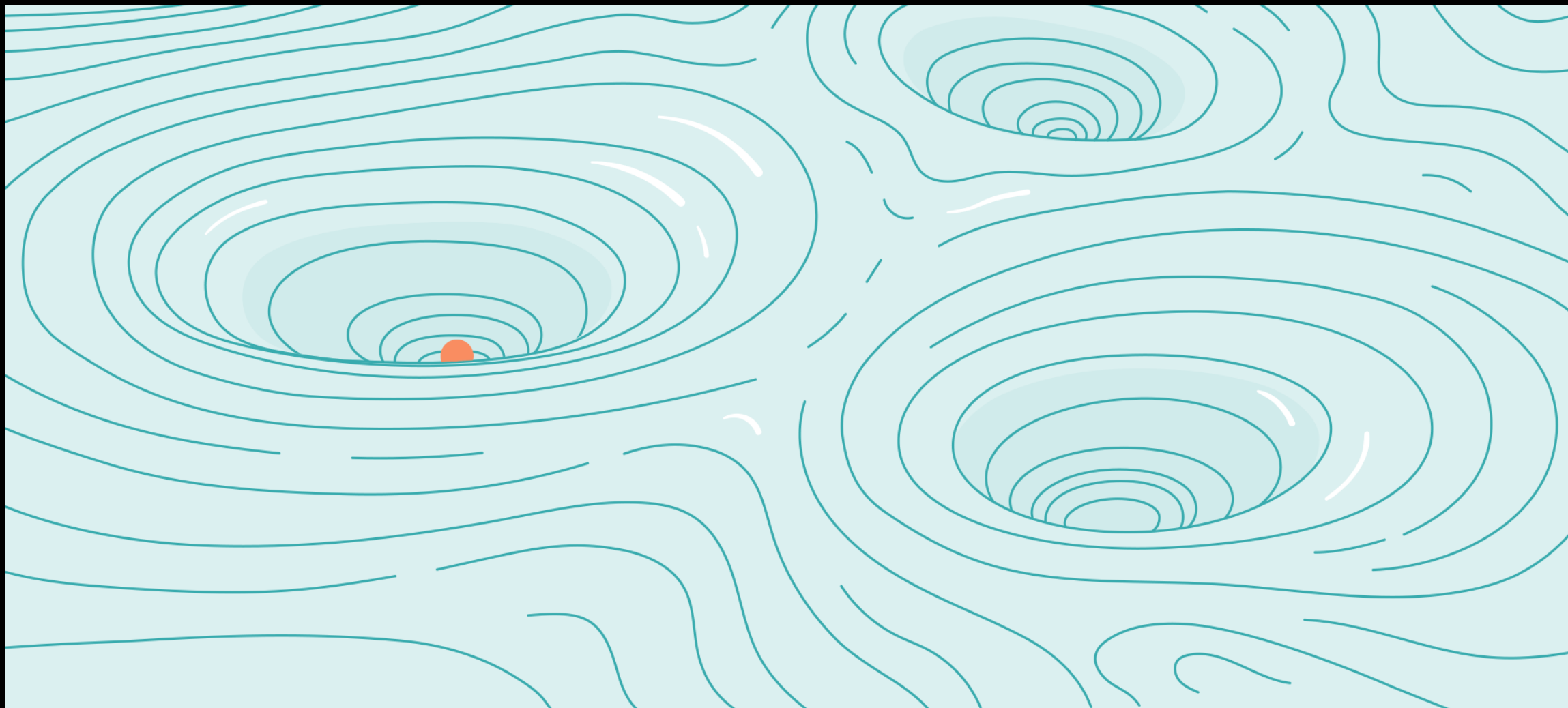
Positive Rückkopplungen könnten das Erdklima schon bei zwei Grad Erwärmung destabilisieren

Fatale Rückkopplung: Das Erdklima ist möglicherweise labiler als bisher gedacht.

Relativ geringe Erwärmung könnte eine Kaskade von positiven Rückkopplungen auslösen, die das Klima irreversibel destabilisiert.

Die Folge: "Umkippen" des irdischen Klimasystems zu einer "Treibhaus-Erde" – einem Klimaregime, in dem die Erwärmung sich selbst verstärkt und kaum mehr aufzuhalten ist.

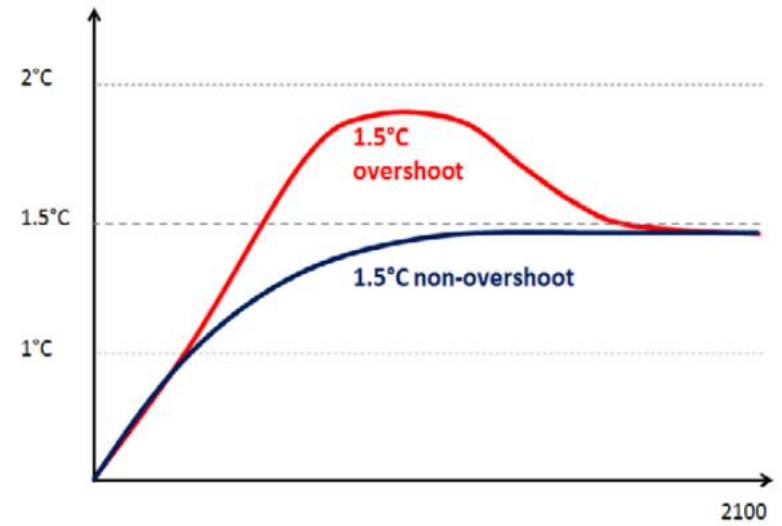




Kippelemente im globalen Klimasystem

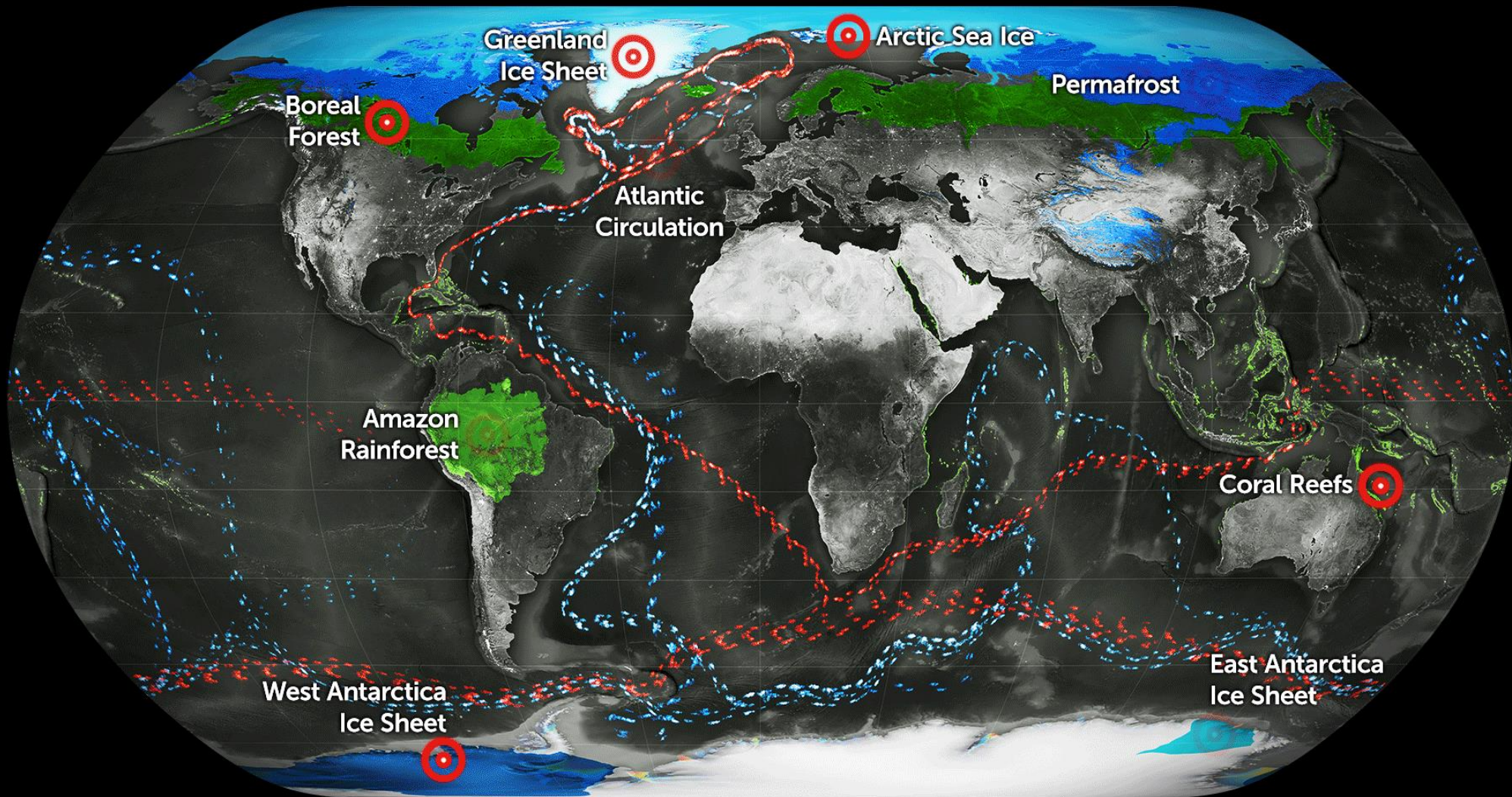


Vorlage: Global map of potential tipping cascades. PNAS, Steffen et al. 2018
 Quelle: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) 2018
 Infografik RAOnline

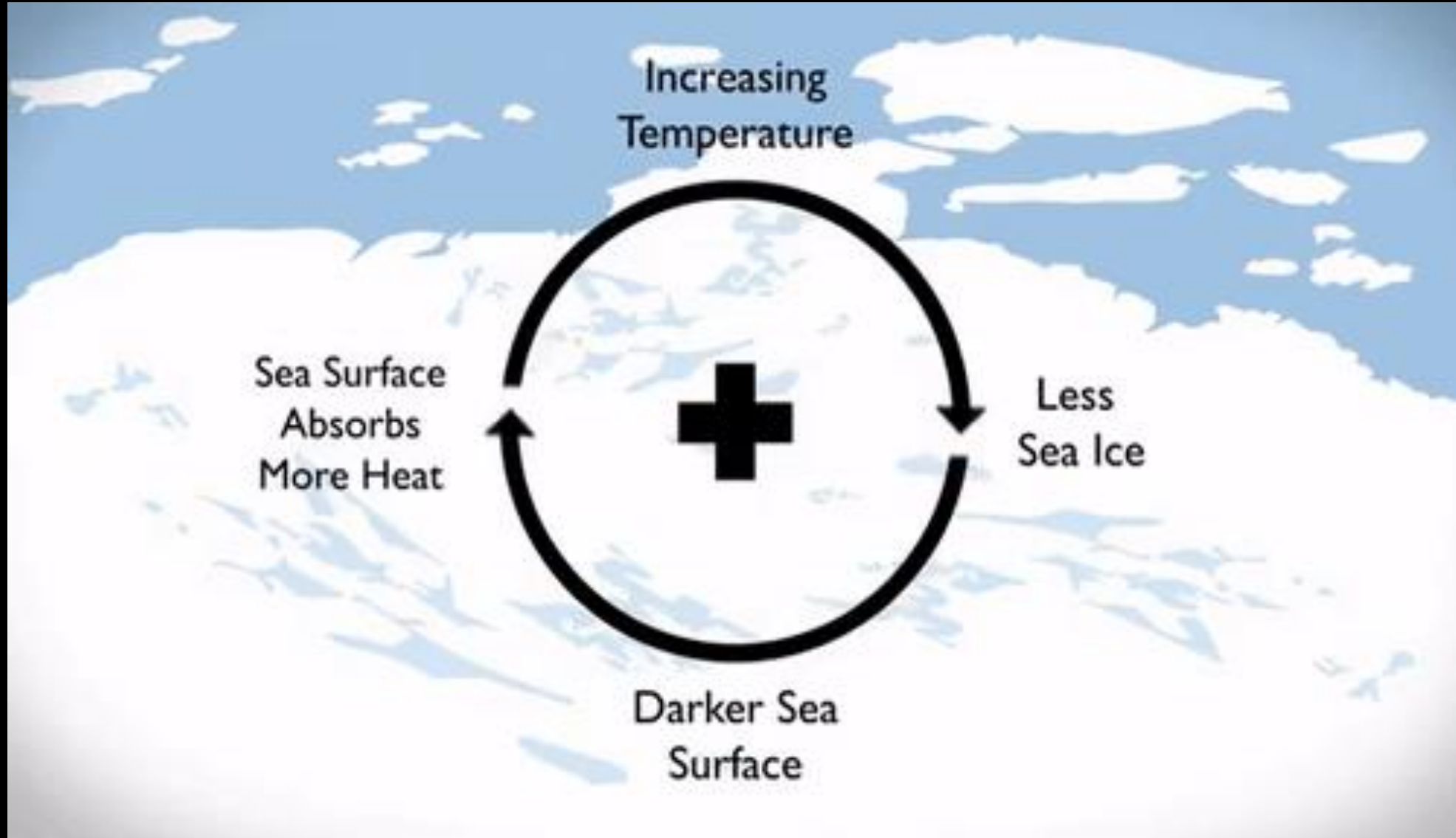


Schleussner et al. 2023, Nature

9 aktive Kipp-Elemente



Albedo-Effekt

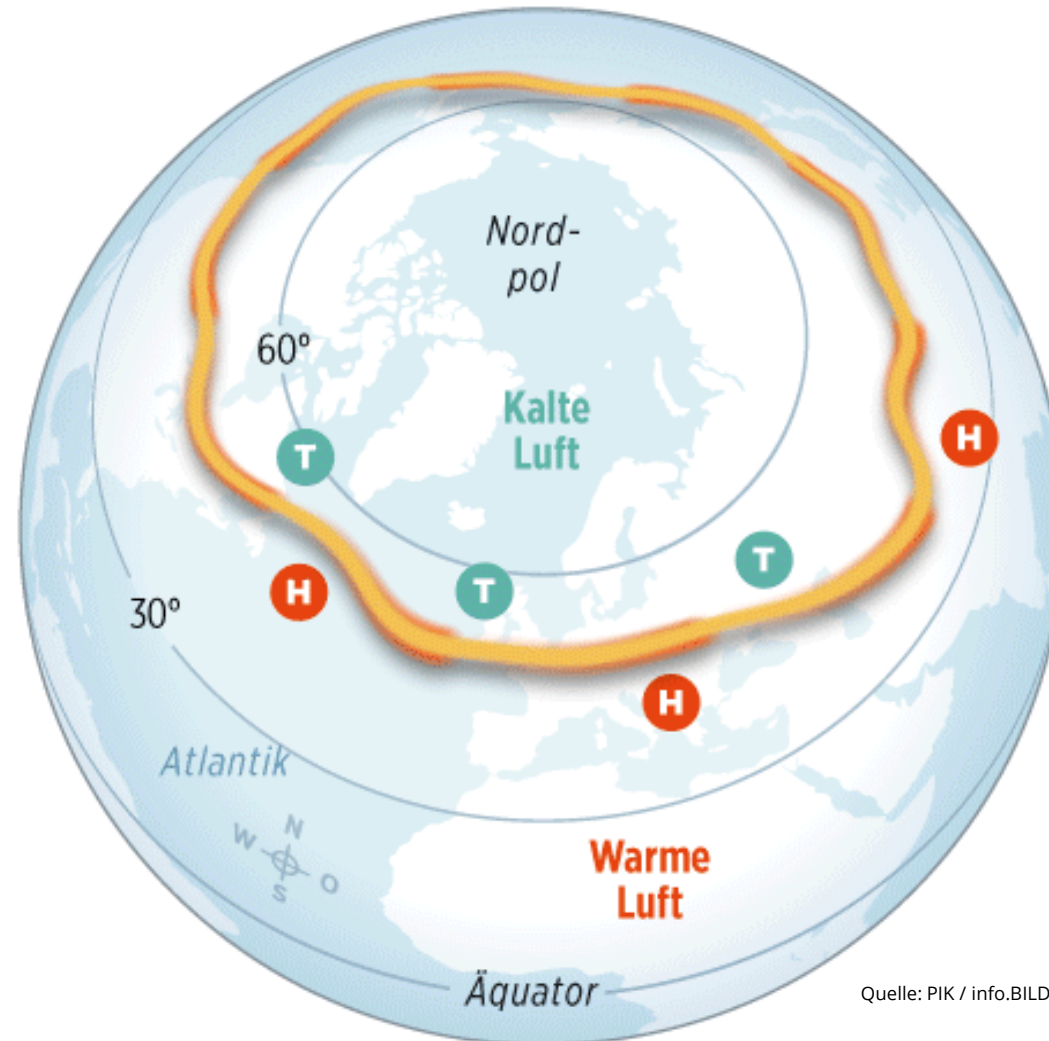


Polar-Jetstream

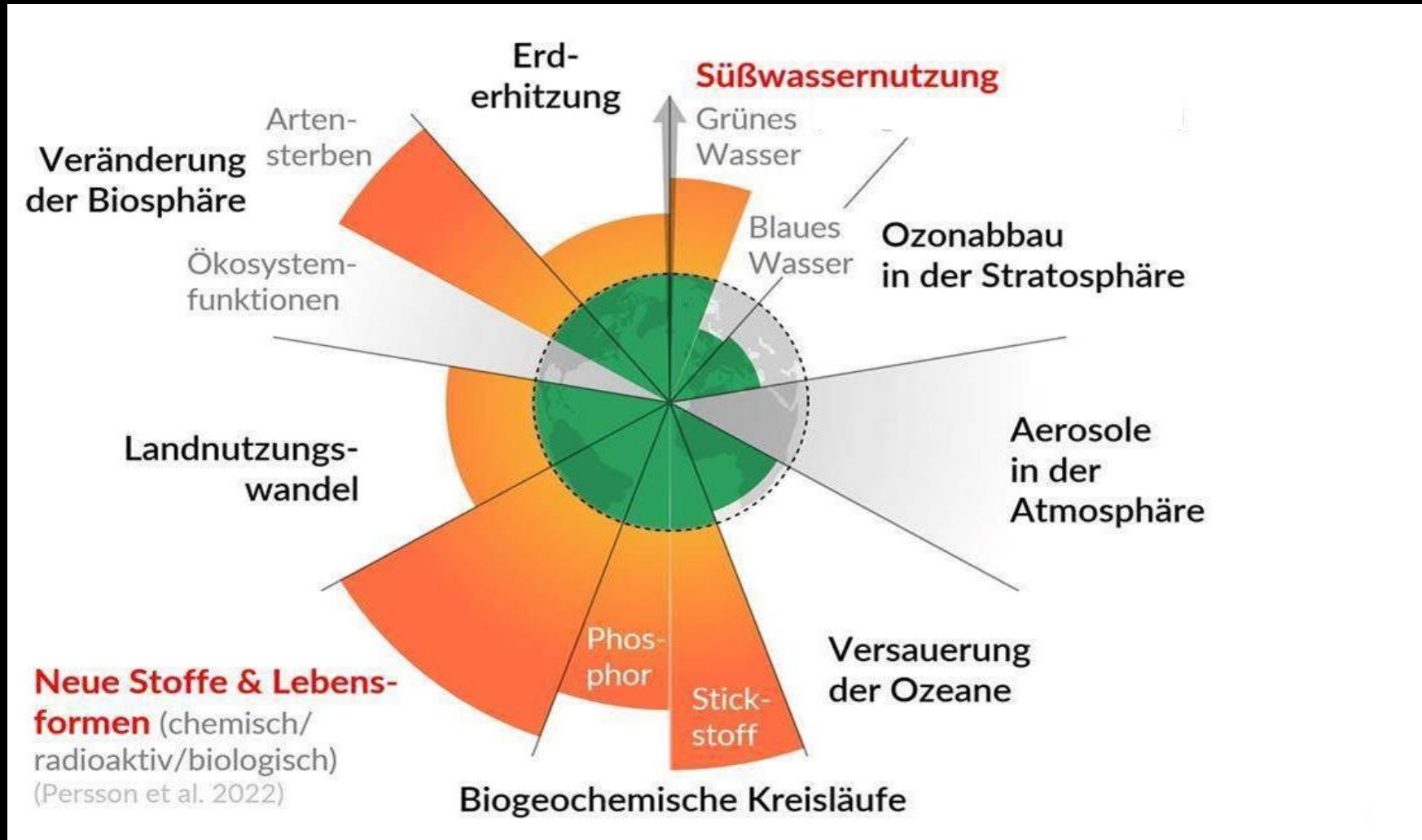
1 →

Der Polarfront-Jetstream **trennt warme und kalte Luftmassen** zwischen dem 30. und 60. Breitengrad

Er bewegt sich in ca. **10 km Höhe** mit **bis zu 500 km/h** gegen den Uhrzeigersinn



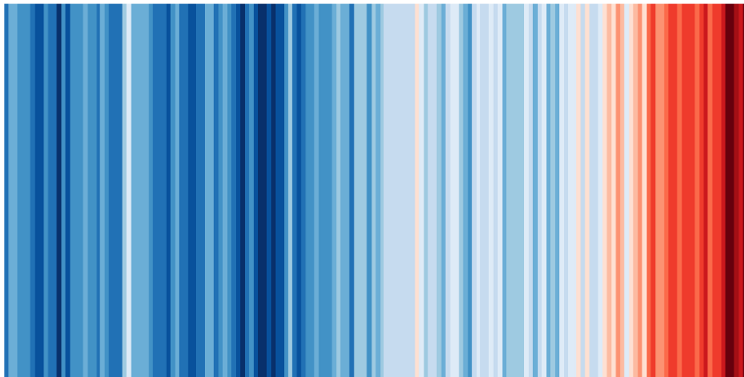
Planetare Grenzen



WAS WIR HEUTE ÜBERS KLIMA WISSEN

BASISFAKTEN ZUM KLIMAWANDEL, DIE IN DER
WISSENSCHAFT UNUMSTRITTEN SIND

Stand: Juni 2021



herausgegeben von:

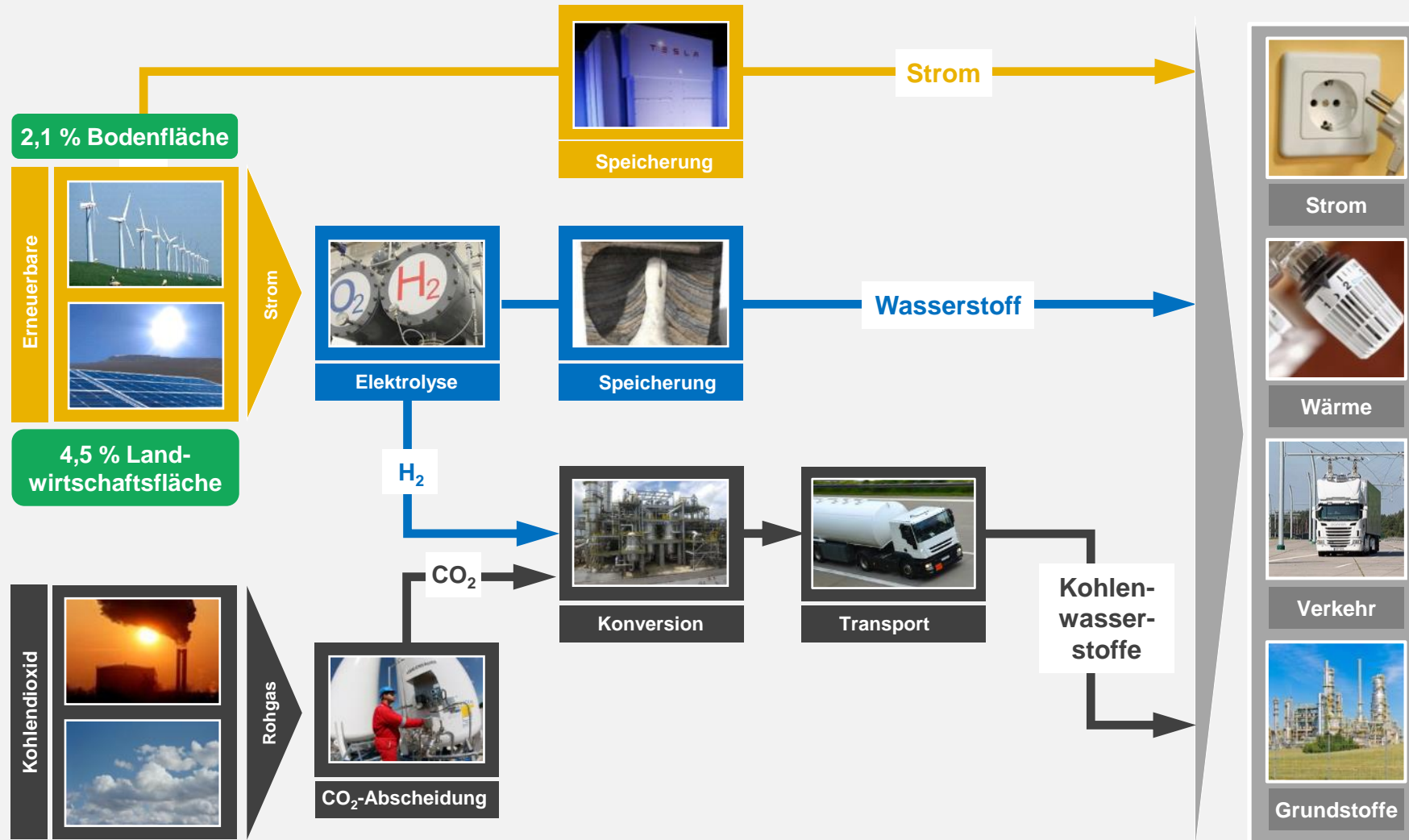
Deutsches Klima-Konsortium, Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Deutscher Wetterdienst,
Extremwetterkongress Hamburg, Helmholtz-Klima-Initiative, klimafakten.de



DIE FÜNF KERNINFOS ZUM KLIMAWANDEL
IN NUR 20 WORTEN¹:

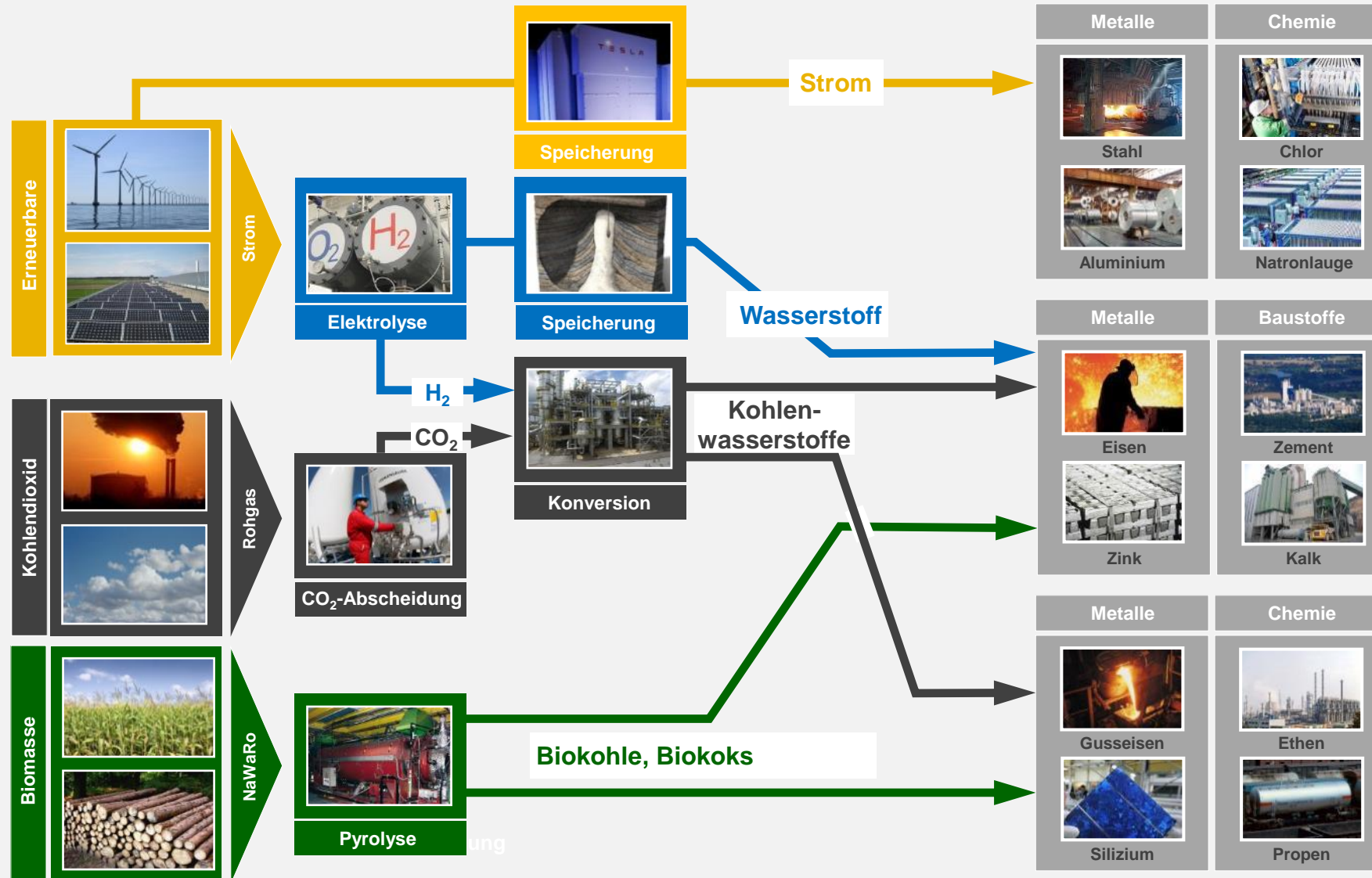
1. ER IST REAL.
2. WIR SIND DIE URSACHE.
3. ER IST GEFÄHRLICH.
4. DIE FACHLEUTE SIND SICH EINIG.
5. WIR KÖNNEN NOCH ETWAS TUN.

PowerWandel in der Energieversorgung (Martin Faulstich SRU)



Wandel in der Industrie (SRU)

Dekarbonisierung der Grundstoffindustrie





Nachhaltige Industriegesellschaft (SRU)

Notwendiger Strukturwandel



PERSPECTIVE | 

Tipping elements in the Earth's climate system

Timothy M. Lenton , Hermann Held, Elmar Kriegler, Jim W. Hall, Wolfgang Lucht, Stefan Rahmstorf, and Hans Joachim Schellnhuber  -3 [Authors Info & Affiliations](#)

Edited by William C. Clark, Harvard University, Cambridge, MA, and approved November 21, 2007

February 12, 2008 | 105 (6) 1786-1793 | <https://doi.org/10.1073/pnas.0705414105>

RESEARCH ARTICLE | SOCIAL SCIENCES | 

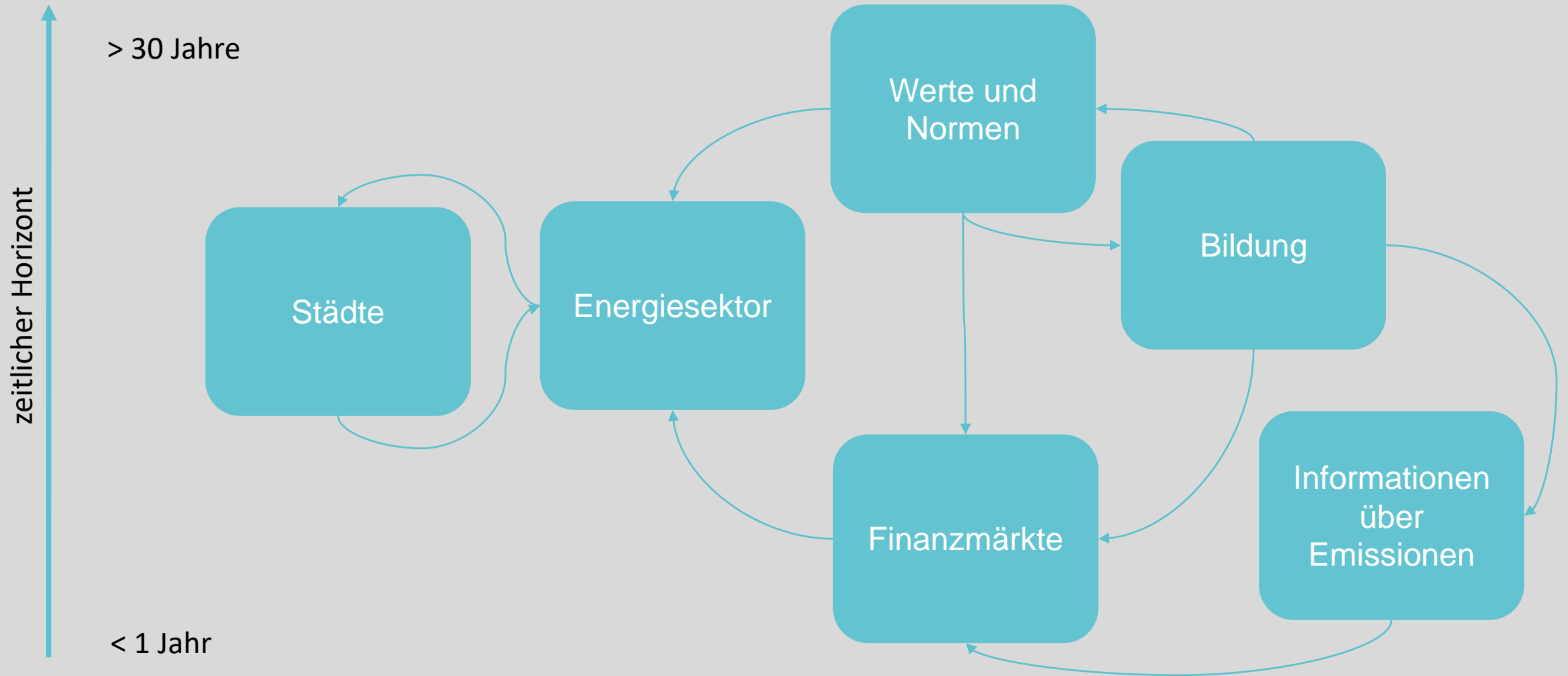
Social tipping dynamics for stabilizing Earth's climate by 2050

Ilona M. Otto , Jonathan F. Donges , Roger Cremades ,  +10, and Hans Joachim Schellnhuber  [Authors Info & Affiliations](#)

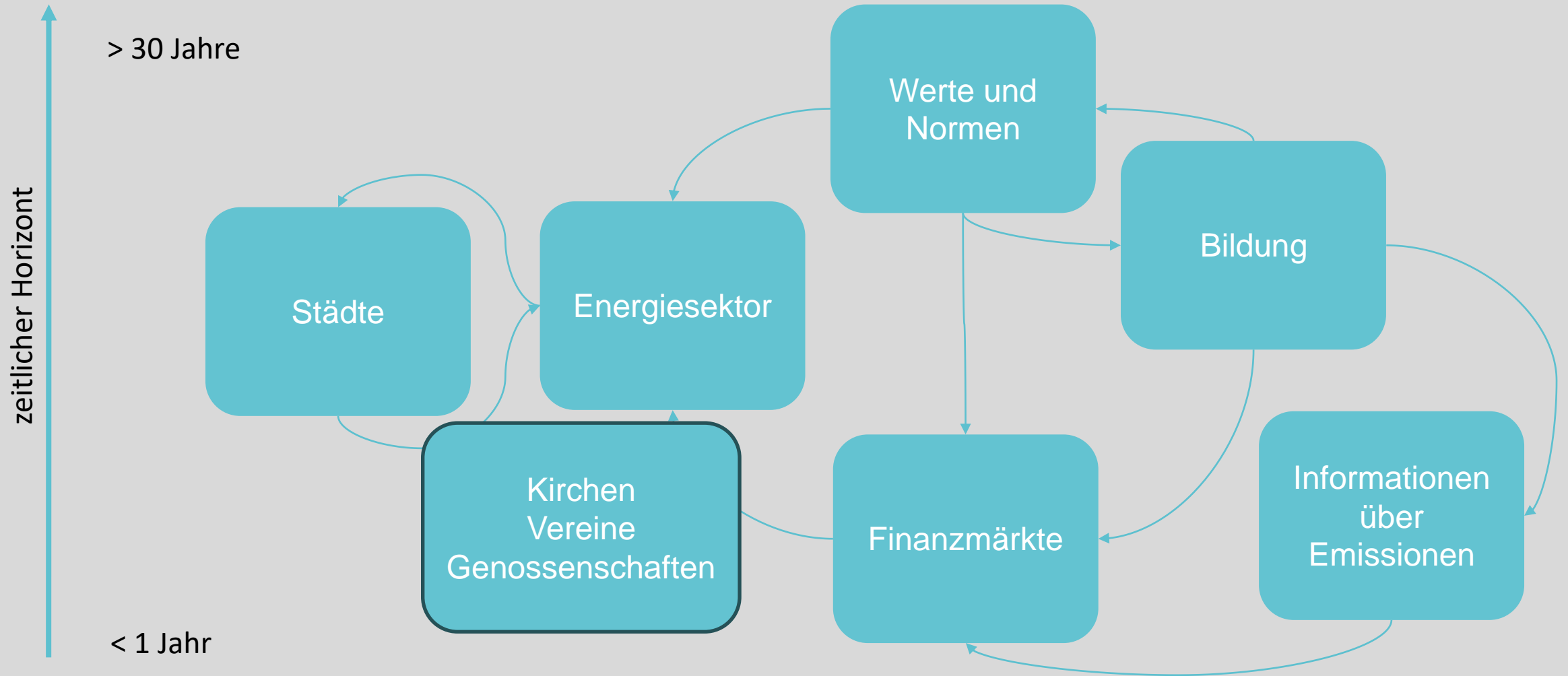
Contributed by Hans Joachim Schellnhuber, November 15, 2019 (sent for review January 22, 2019; reviewed by J. David Tabara and Jessika E. Trancik)

January 21, 2020 | 117 (5) 2354-2365 | <https://doi.org/10.1073/pnas.1900577117>

soziale Kipp-Elemente



soziale Kipp-Elemente



Willkommen in der 4. Energierevolution

Warum weltweit Energie viel schneller sauber wird, als Viele denken. Und was wir dennoch aktiv dafür tun müssen

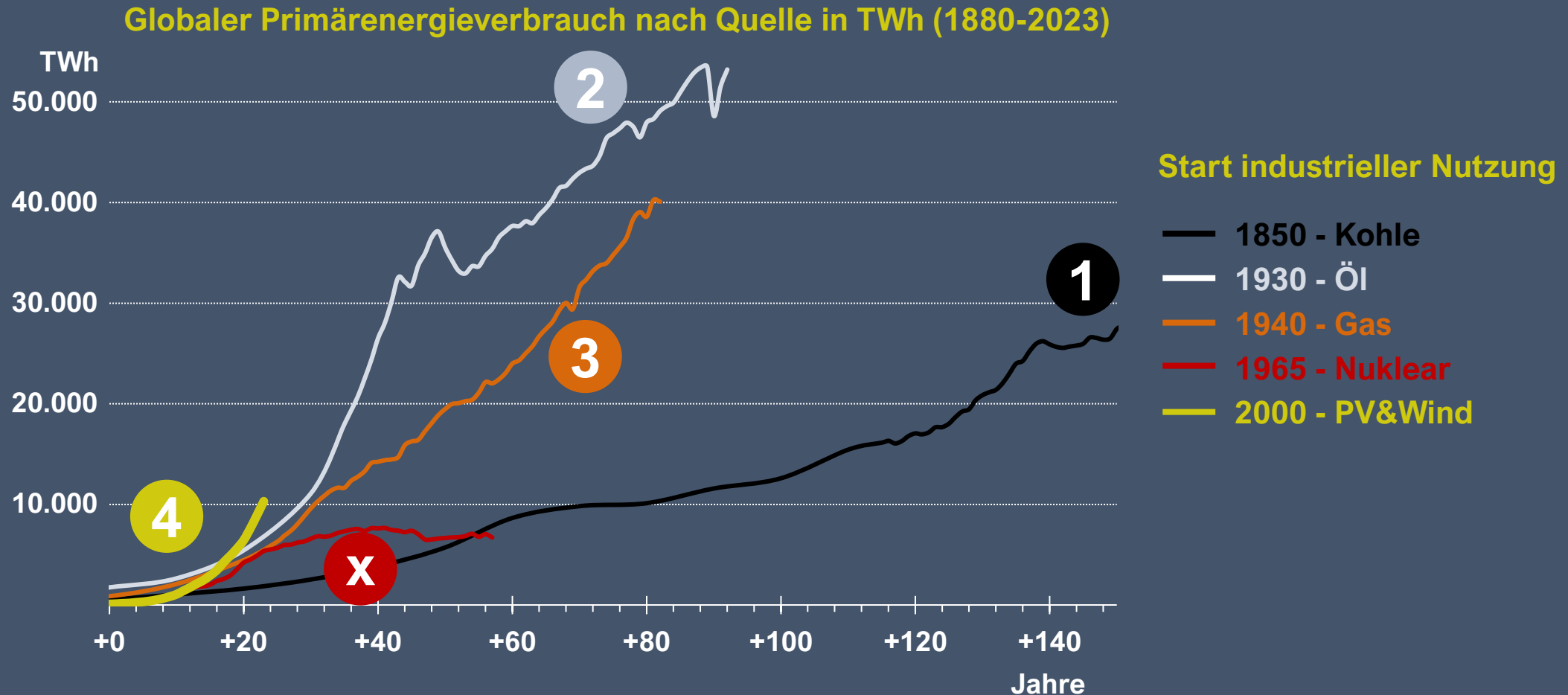
Vortrag Hochschule München, 04.11.2024

3EPunkt, Dr. Tim Meyer

#1

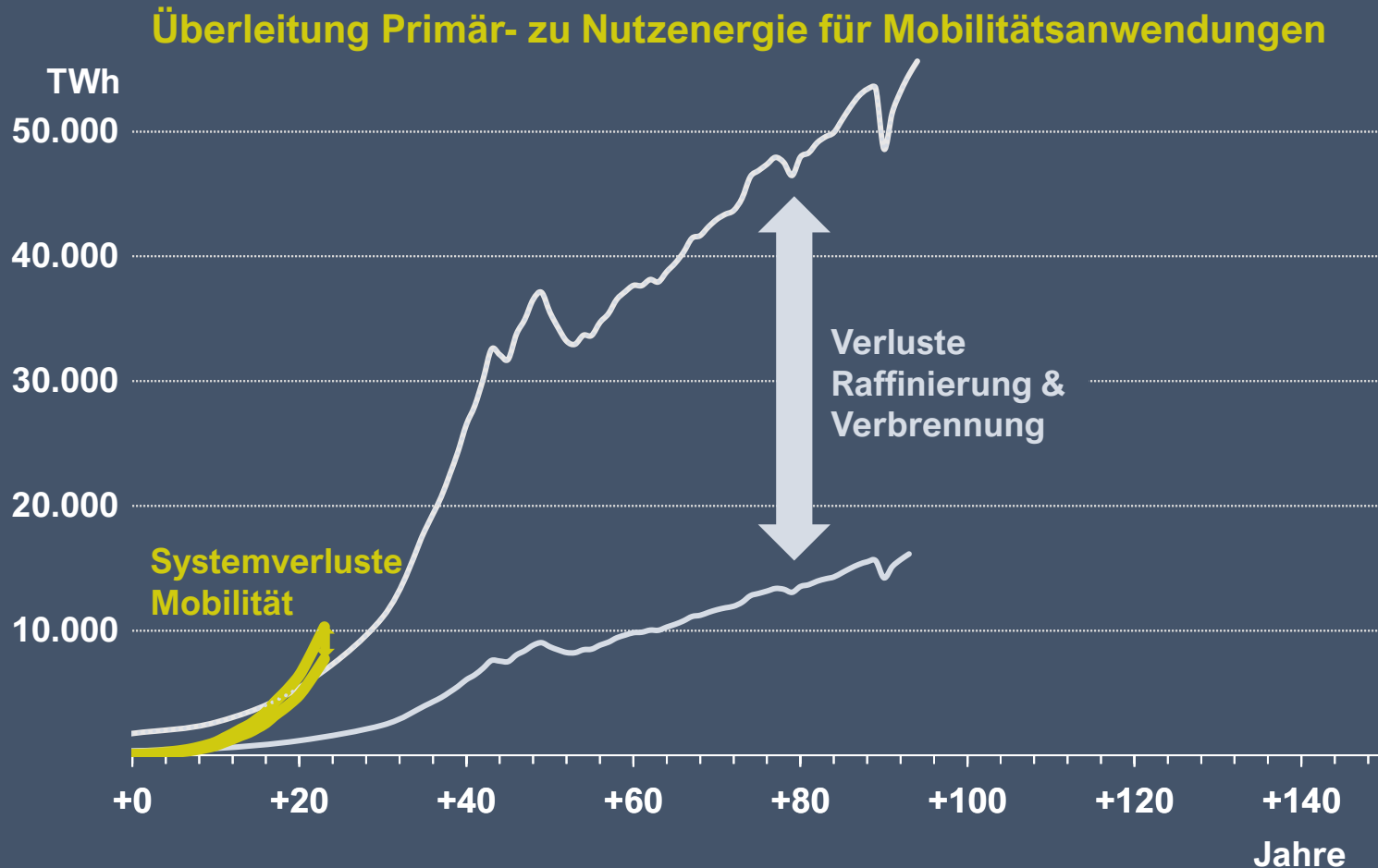
**Das neue Energiezeitalter
hat längst begonnen**

Historisch: Geschwindigkeit der 4. Revolution



Daten: OurWorldInData (eigene Visualisierung)

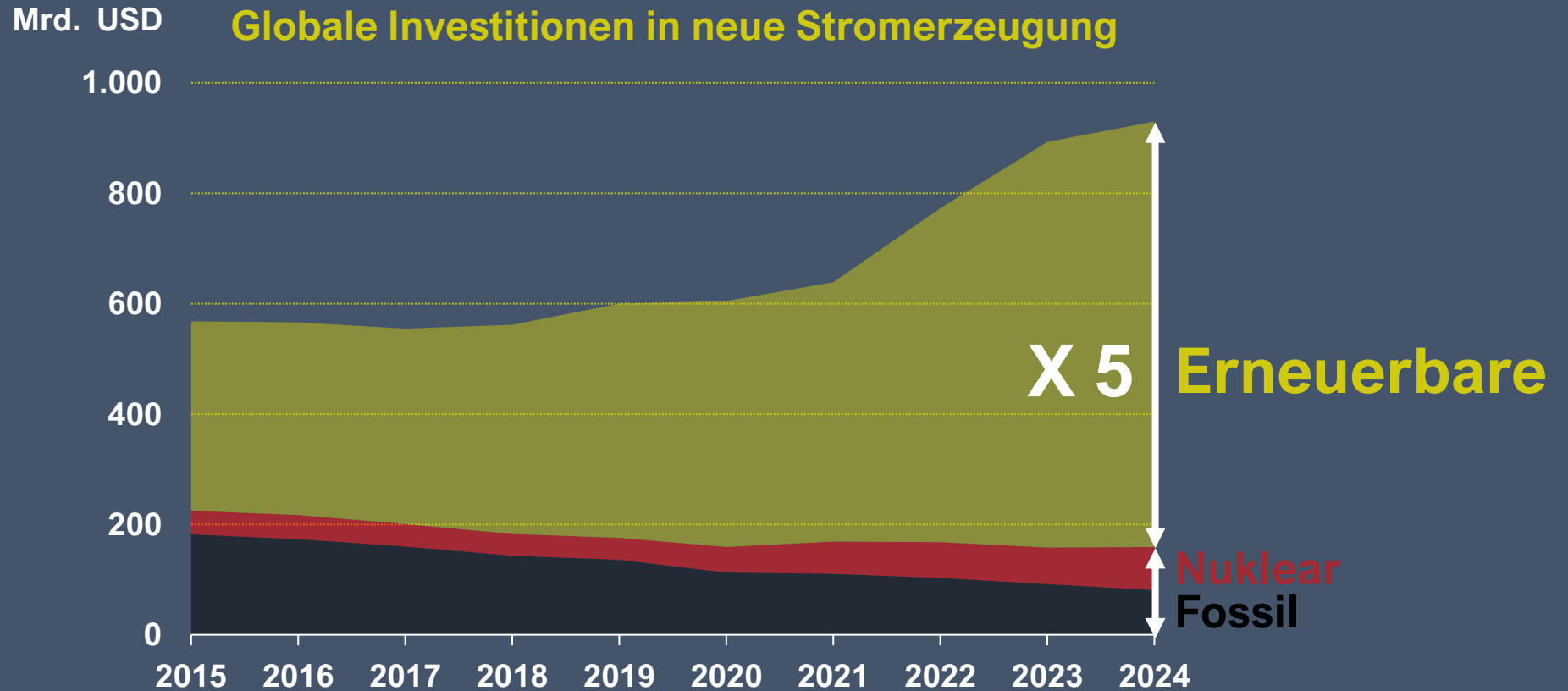
Nutzenergie aus PV & Wind überholt Öl in 3 bis 5 Jahren



Wirkungsgrade

	Öl	Strom
System	87%	95%
Nutzung	35%	75%

Längst dominieren Erneuerbare auch den Finanzmarkt

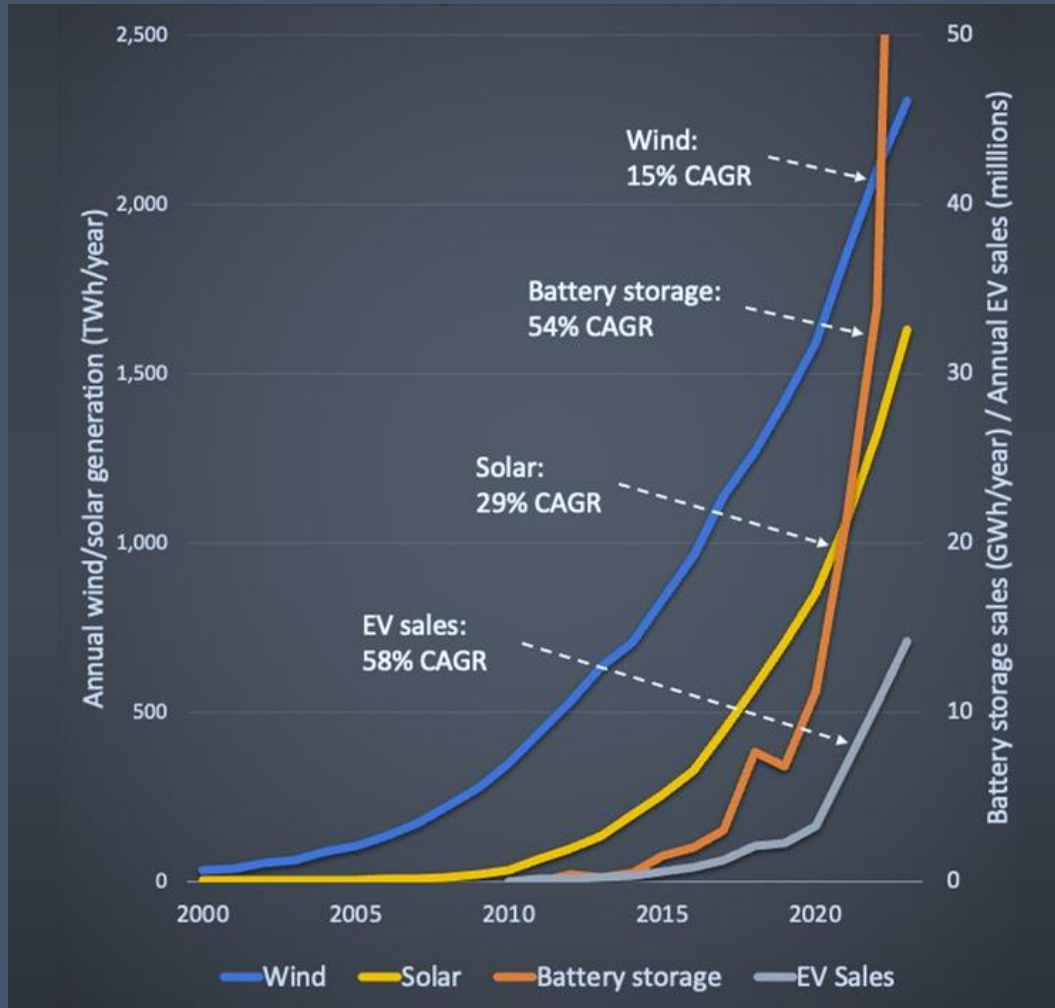


#2

Die Transformation ist
exponentiell

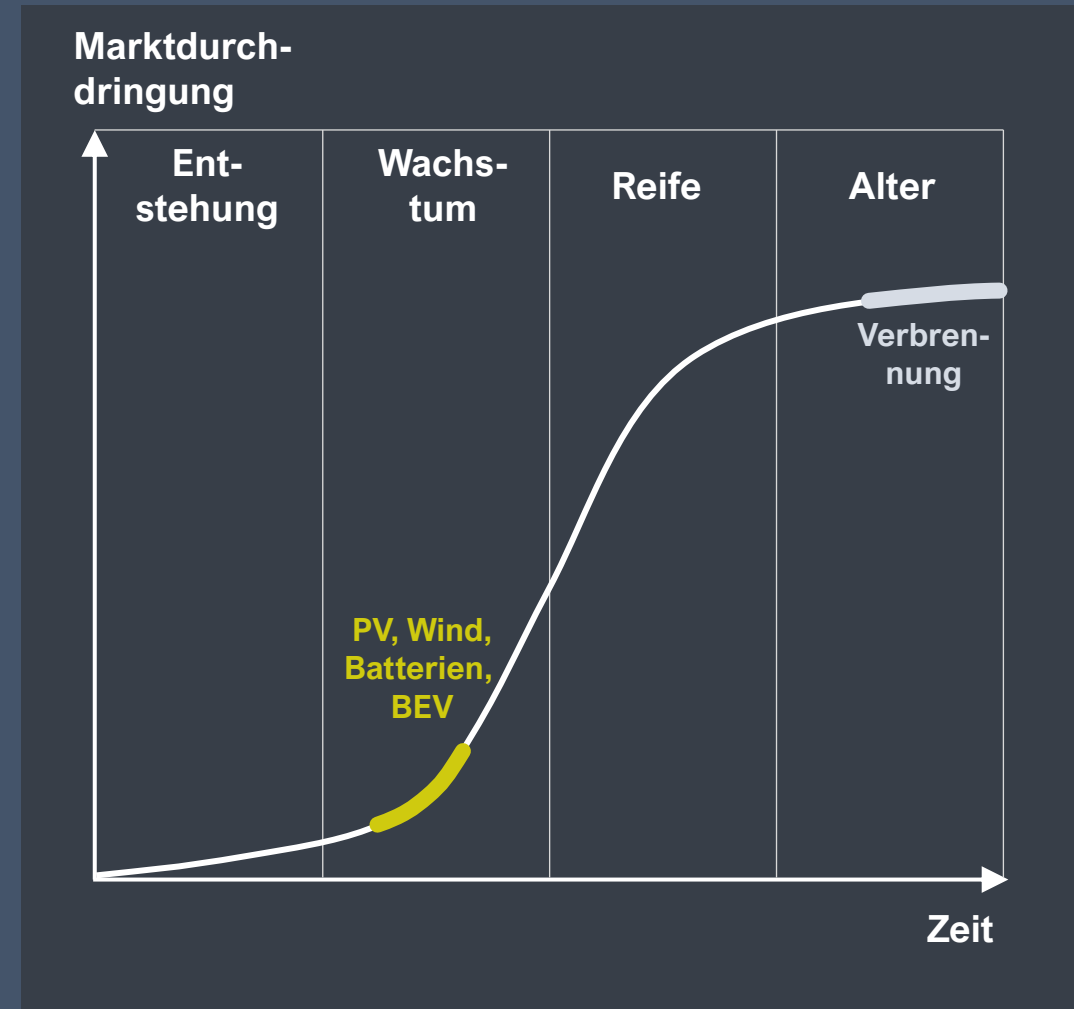
Clean Tech wächst schnell – von hohem Niveau aus

Wachstum von "clean energy tech" 2000-2022



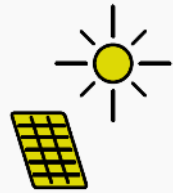
Quelle: @gavinmooney mit Daten von RMI, BNEF, BP, Ember

Typischer Transformationsverlauf „S-Kurve“



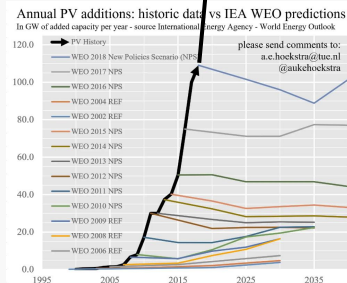
Auch Institutionen unterschätzen E-Funktionen...

Globaler PV-Markt



2023: 413 GW

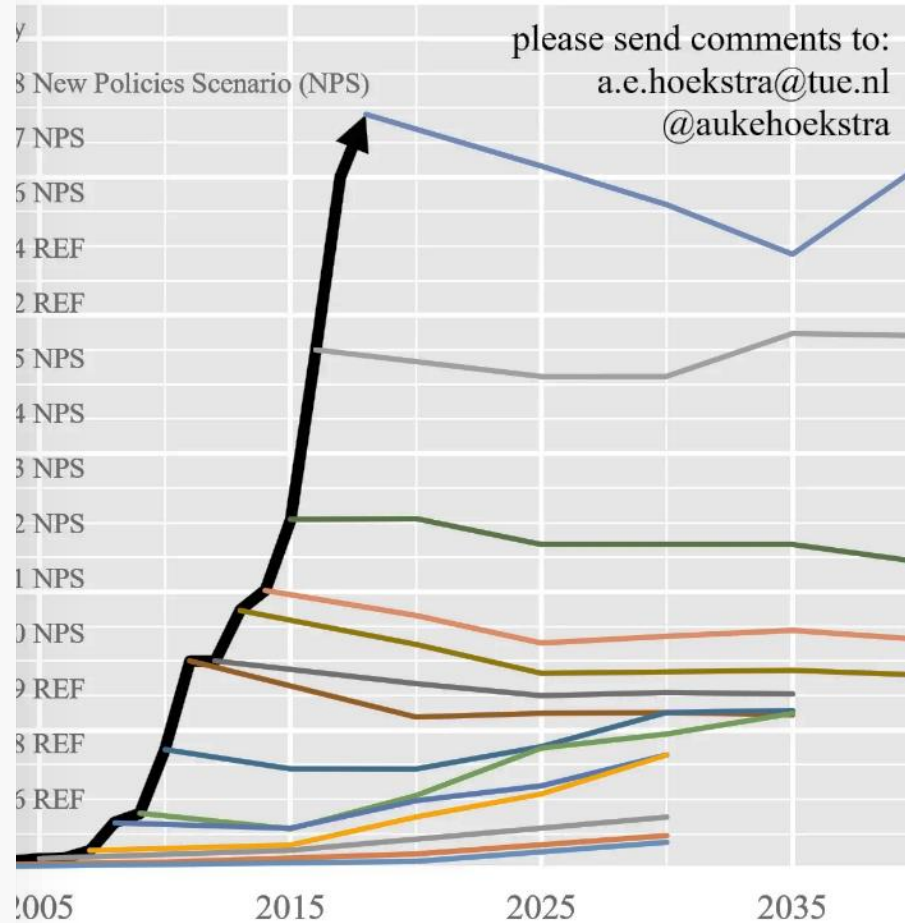
2022: 226 GW



IEA Prognosen bis 2018

Annual PV additions: historic data vs IEA WEO predictions

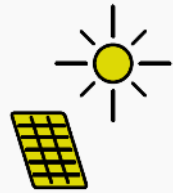
per year - source International Energy Agency - World Energy Outlook



Forecast 2018

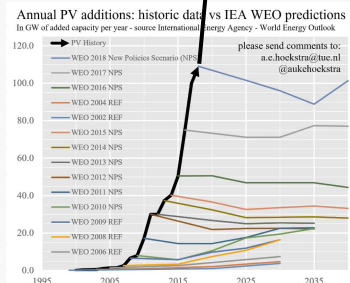
...sektorenübergreifend

Globaler PV-Markt



2023: 413 GW

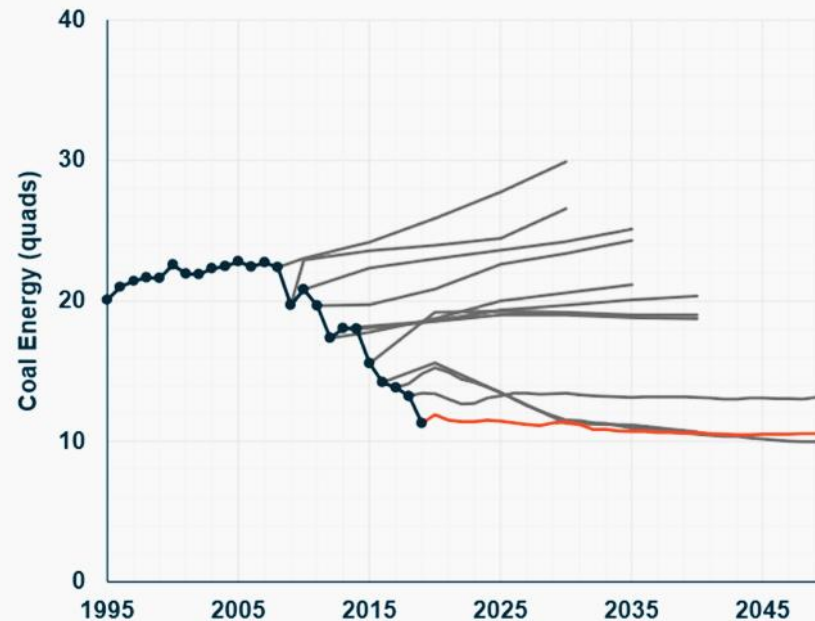
2022: 226 GW



IEA Prognosen bis 2018

Kohleverstromung in den USA

Quelle: Rethinking Energy 2020-2030, RethinkX sector disruption report

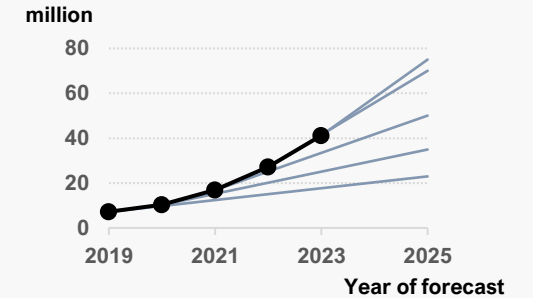


Prognosen der US-Administration EIA bis 2020

E-Mobilität

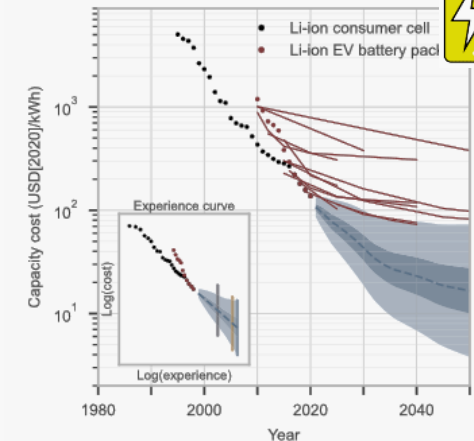


Year 2025
EV fleet forecasts



IEA global EV outlooks 2019-2023

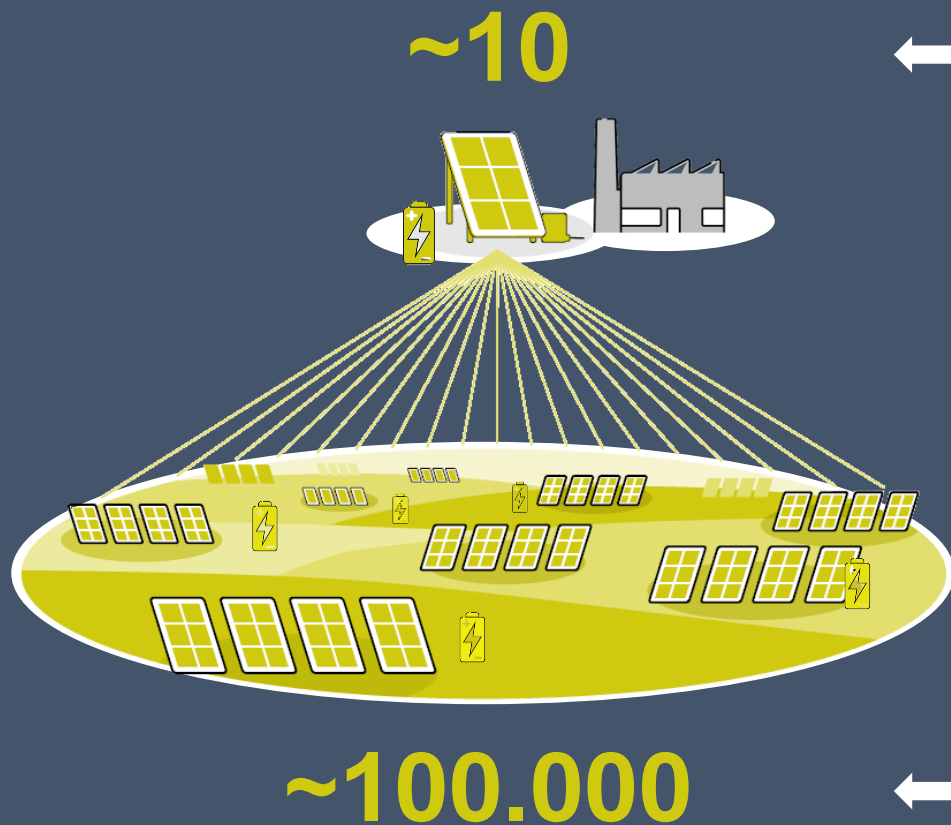
Batteriespeicher



#3 Industrielle Massenfertigung ist DER Game Changer

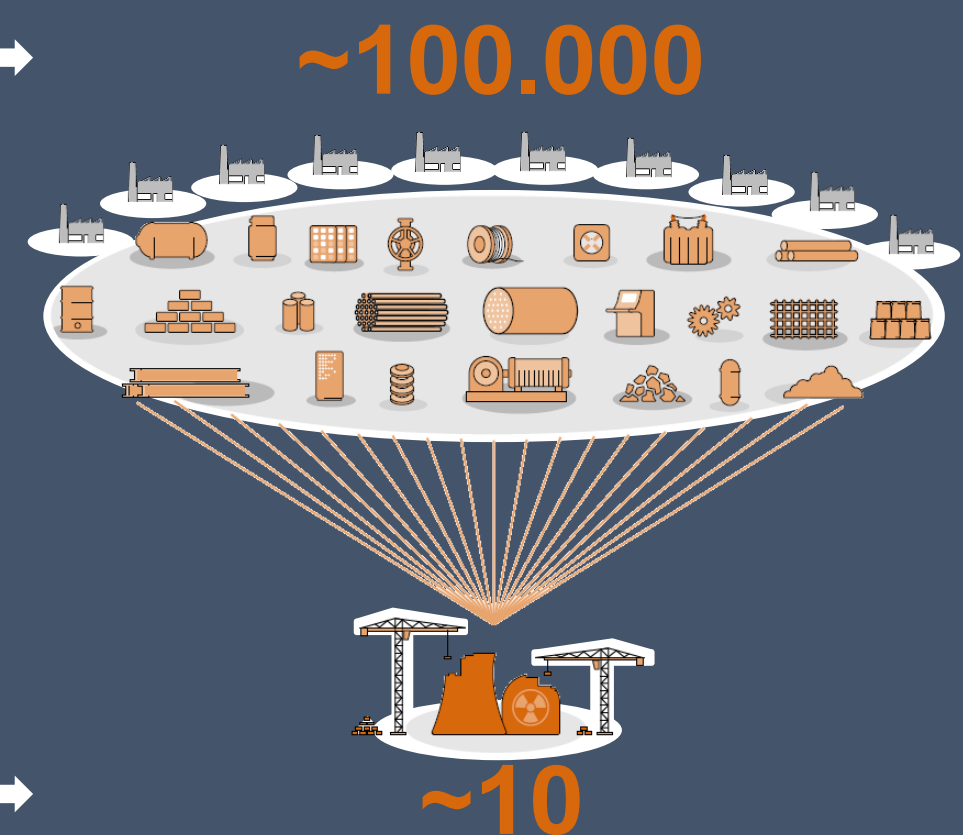
Skalierung? Massenfertigung und Dezentralität!

Dezentraler Kraftwerksbau



Verschiedenartige
Komponenten

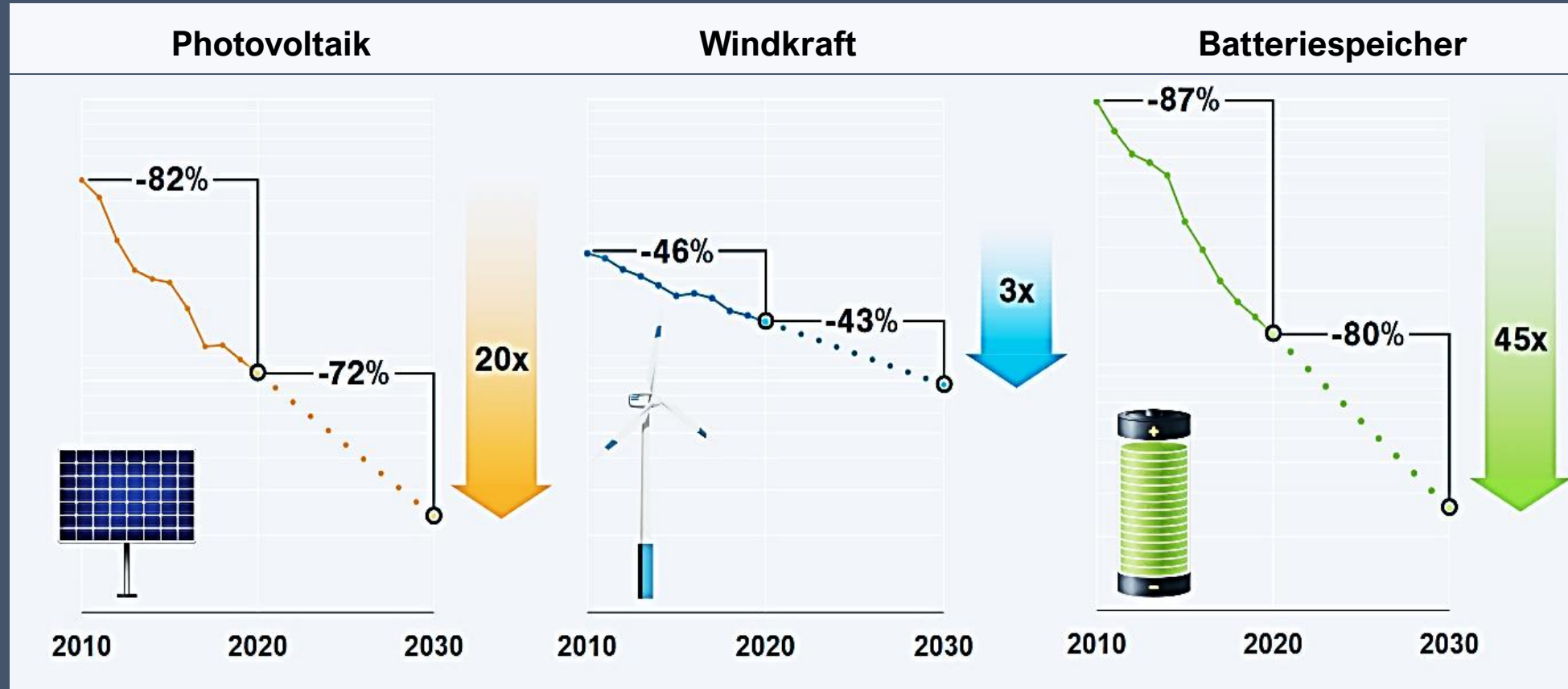
Zentraler Kraftwerksbau



Gleichzeitige
Kraftwerksbauten

Und die Selbstverstärkung des Preisverfalls geht weiter

Entwicklung von Preisen von 2010 to 2020 and Prognose bis 2030



Quelle: Rethinking Energy 2020-2030, RethinkX sector disruption report

Lux fit electricae



Copyright: Solarwatt

Kirche in Georgensgmünd (Bayern)
Für diese Dachfläche müssen keine Dachziegel angeschafft werden

Wir haben es schon immer gewusst!

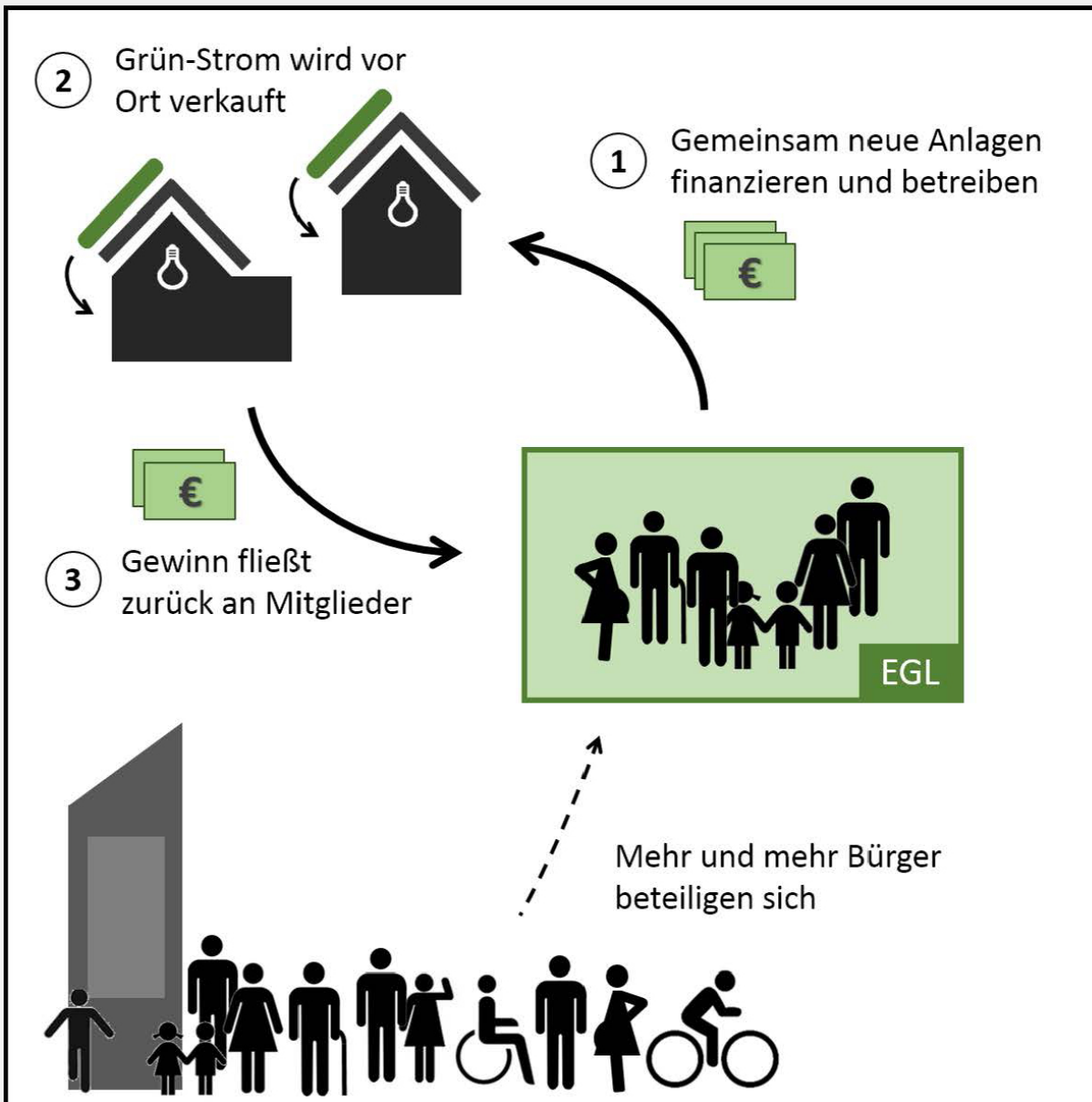


Viele Kirchen sind fast perfekt in Ost-West-Richtung gebaut

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR).

Die ermittelten Zahlen sind beachtlich: „Das theoretische Flächenpotenzial lässt sich auf rund 12.000 Quadratkilometer Fassadenfläche und knapp 6.000 Quadratkilometer Dachfläche beziffern“, erläutert Behnisch.

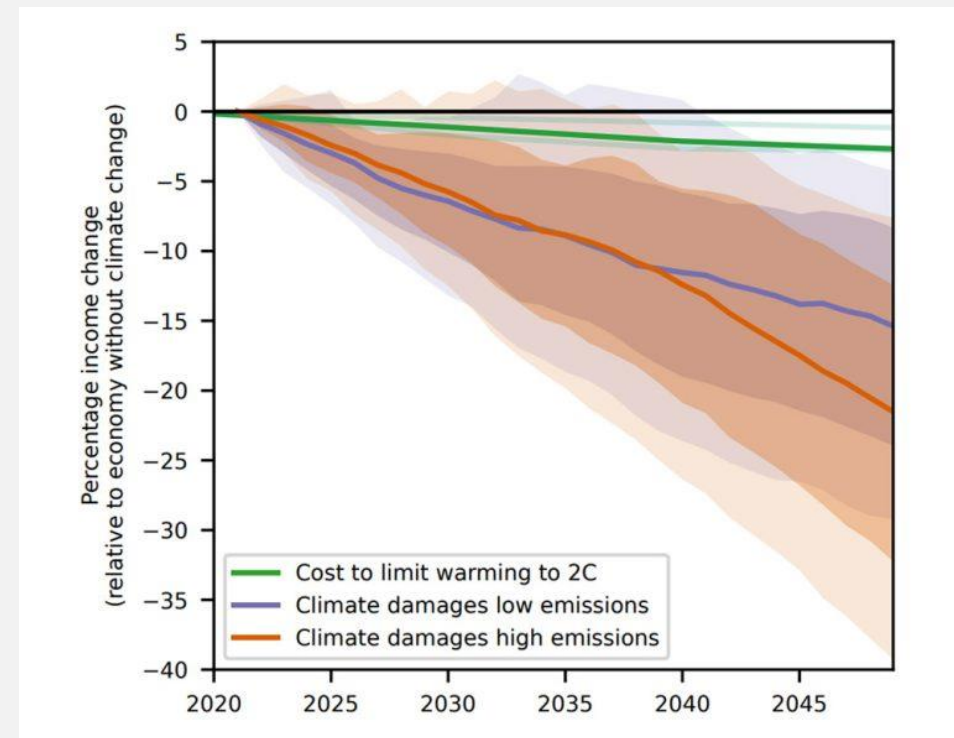
Gebäudefassaden böten damit rund doppelt so viel potenzielle Fläche für Photovoltaik-Module wie Dächer. Das entspricht rund der Hälfte der Fläche von Mecklenburg-Vorpommern



Energiegenossenschaft
Ilmtal eG

Wir bringen die Energiewende voran!

- 100% ÖKOSTROM
- REGIONAL & FAIR
- DIREKT AUS DER REGION



Die Klimafolgen durch steigende Temperaturen und veränderte Niederschläge werden die Weltwirtschaft in den nächsten 26 Jahren mindestens 38 Billionen US-Dollar kosten – diese Kosten sind schon jetzt unabänderlich.

Die globalen Einbußen durch Klimafolgen sind bis 2050 deutlich höher als die Kosten für effektiven Klimaschutz.

© Maximilian Kotz

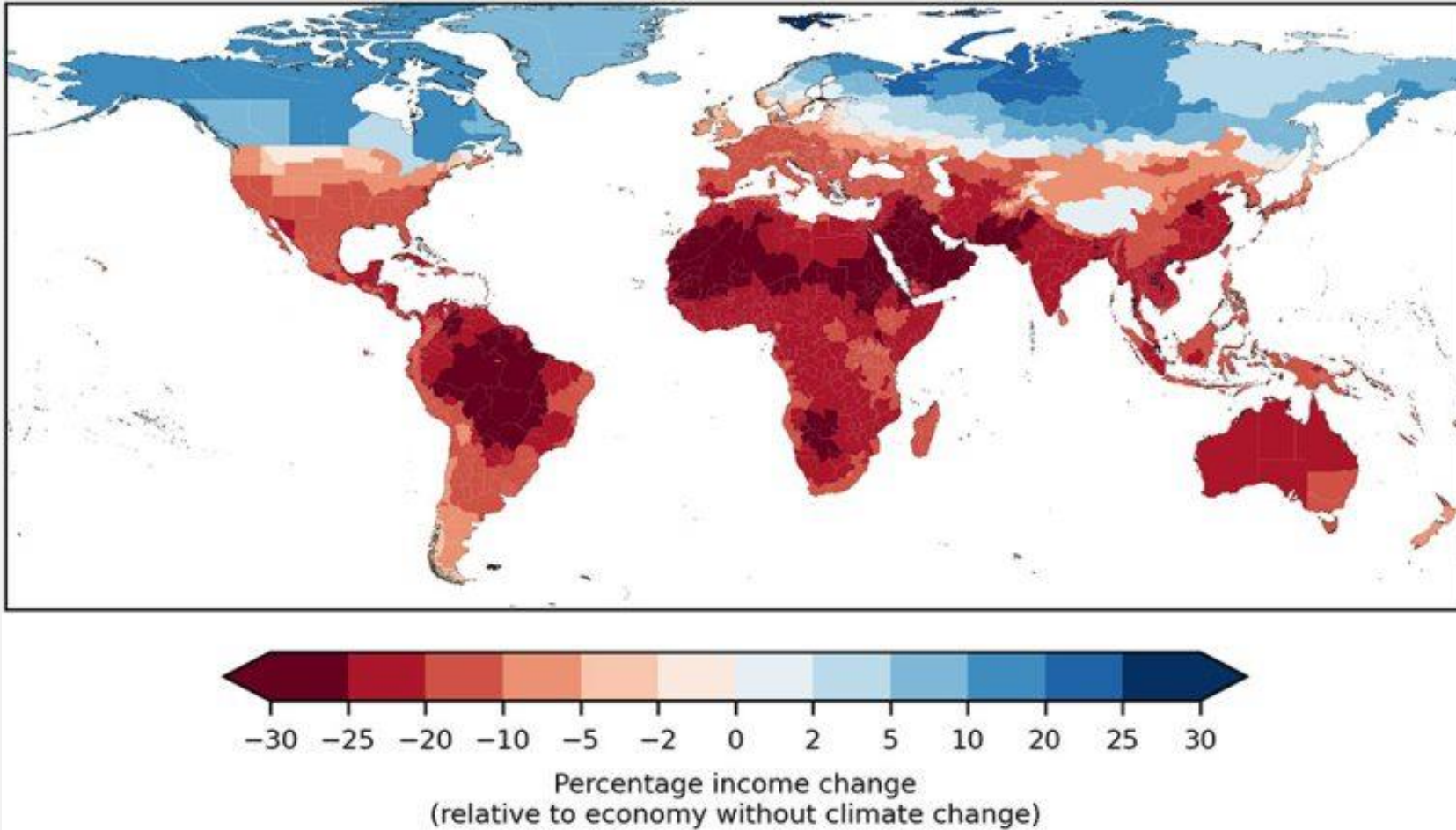
© bluebay2014/ iStock

Article | [Open access](#) | Published: 17 April 2024

The economic commitment of climate change

[Maximilian Kotz](#), [Anders Levermann](#) & [Leonie Wenz](#)

[Nature](#) 628, 551–557 (2024) | [Cite this article](#)



Ökonomische Einbußen nach Regionen: Tropische Länder sind stärker betroffen, aber auch die reichen Industrieländer werden die Folgen spüren. © Maximilian Kotz

Article | [Open access](#) | Published: 17 April 2024

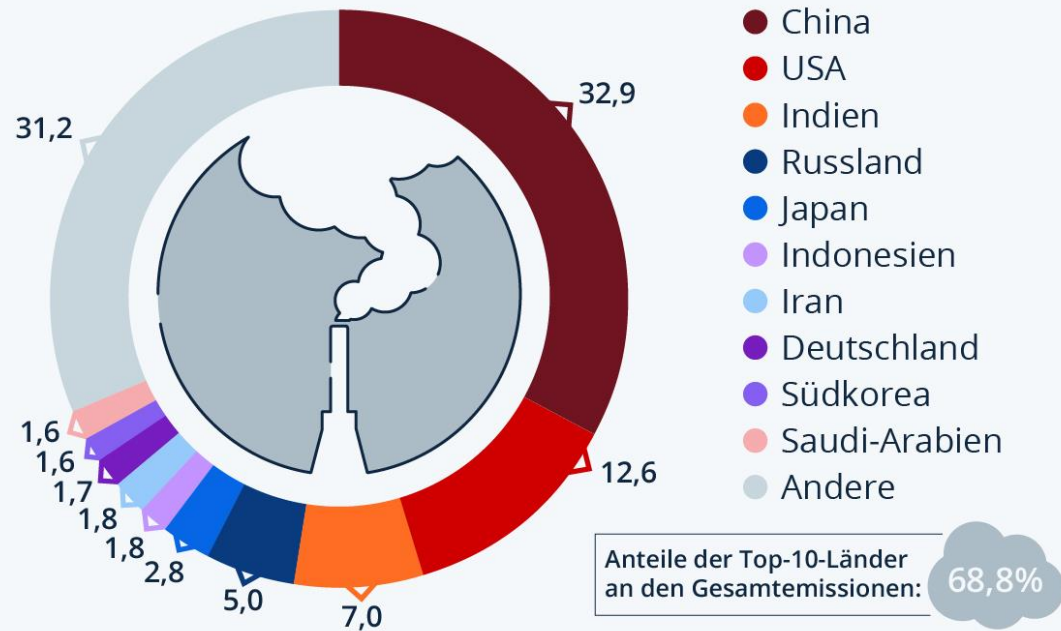
The economic commitment of climate change

[Maximilian Kotz](#), [Anders Levermann](#) & [Leonie Wenz](#) 

Nature **628**, 551–557 (2024) | [Cite this article](#)

10 Länder verursachen zwei Drittel der CO₂-Emissionen

Anteil der Länder an den weltweiten CO₂-Emissionen 2022 (in %)

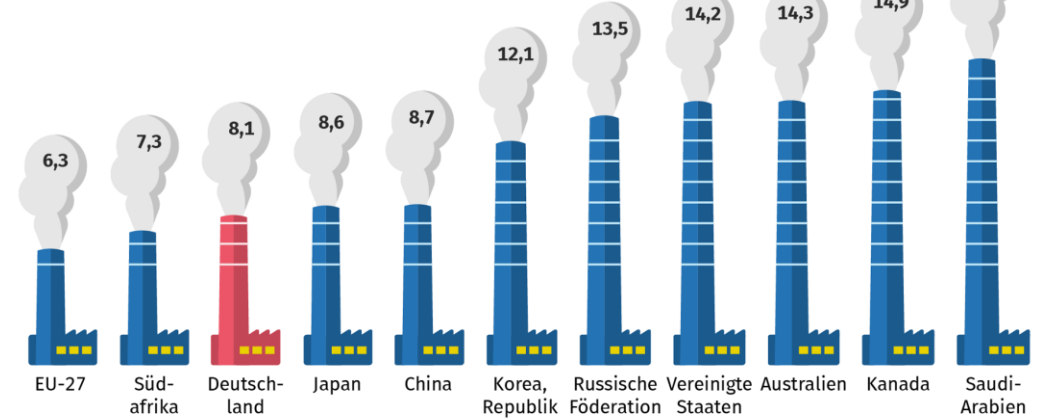


Quellen: EU-Kommission, Statista-Berechnung



Kohlendioxidemissionen je Einwohner/-in im Jahr 2021

in Tonnen

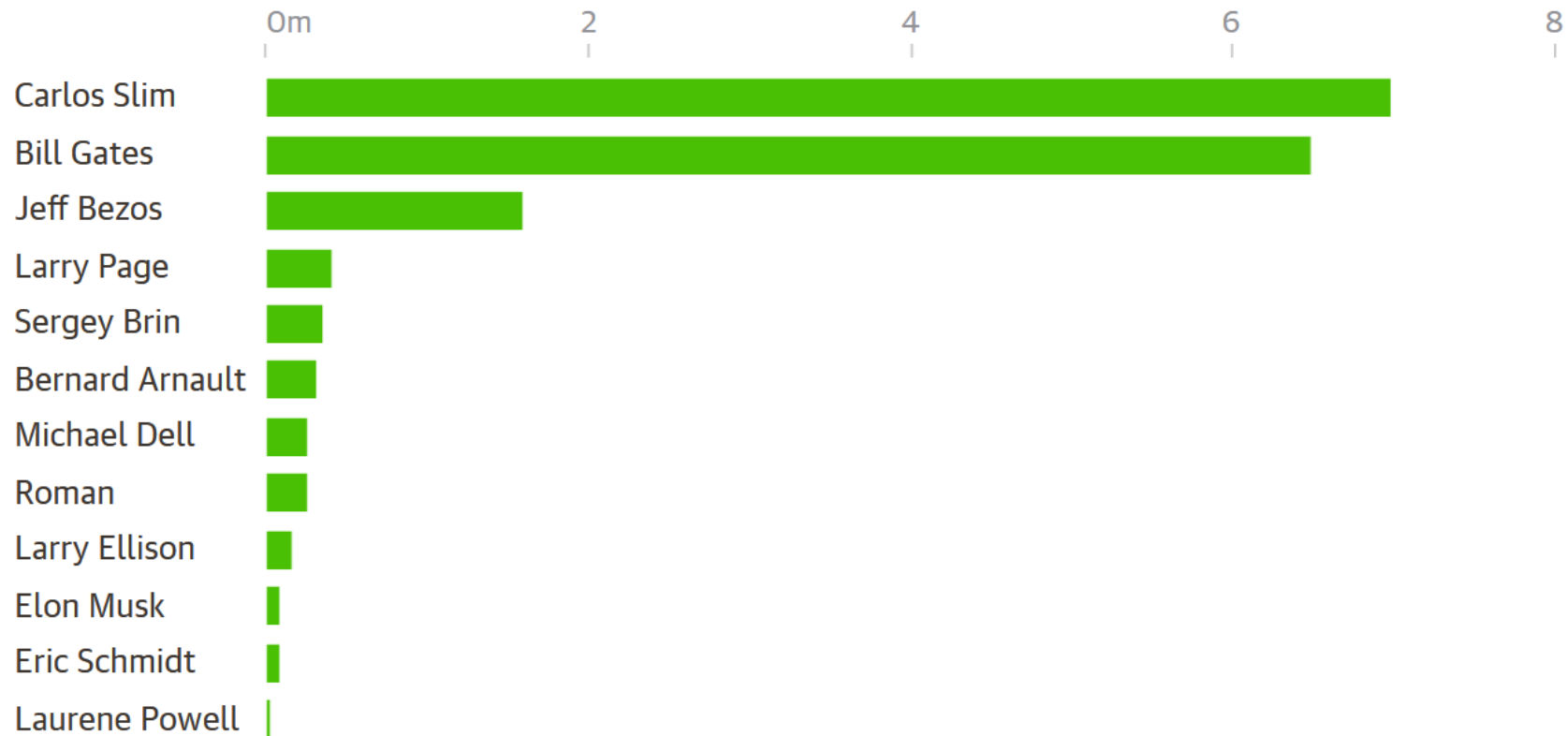


Quelle: EDGAR/JRC

© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2022

A dozen of the world's richest billionaires are responsible for nearly 17m tonnes of greenhouse emissions

Emissions from dwellings, transport, yachts and investments, tonnes of CO2 equivalent, millions



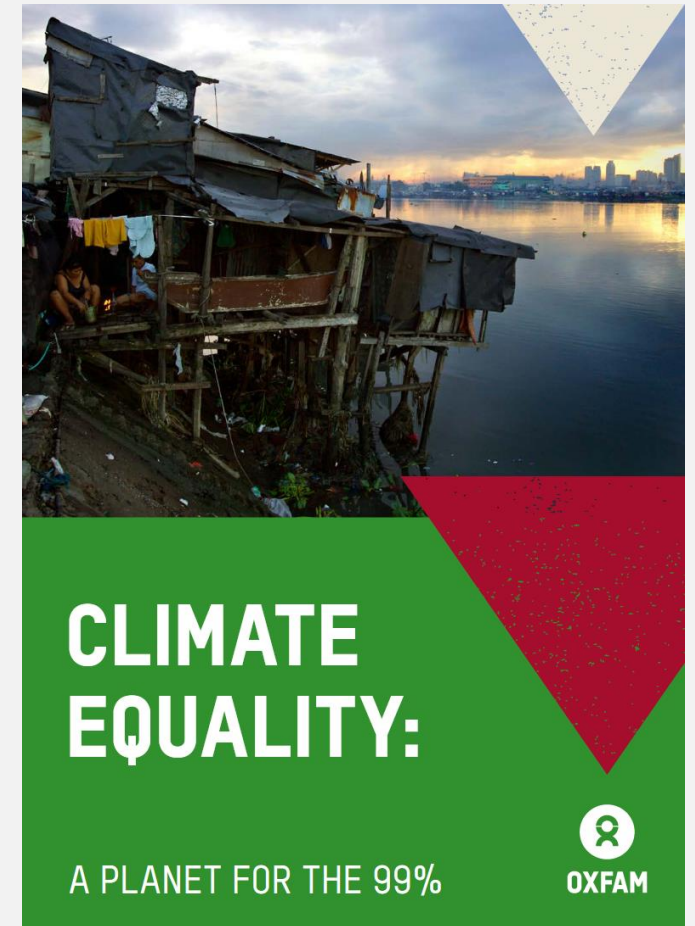
Guardian graphic. Source: Beatriz Barros & Richard Wilk. Note: carbon footprints of investments were calculated using equity stakes held in a company by each individual and estimates of the carbon impact of company's holdings calculated using their declarations on emissions

2019 waren die reichsten 1% der Menschheit (80 Millionen) verantwortlich für 16% der globalen Kohlenstoff-Emissionen, dies entspricht der Emission der ärmsten 66% der Menschheit (5 Milliarden)

Seit 1990 haben die reichsten 1% doppelt so viel Kohlenstoff verbrannt, wie die ärmsten 50% der Menschheit insgesamt.

Die Emissionen der reichsten 1% sind 22mal höher als das Limit des Pariser Klimaabkommens

Die Emissionen der reichsten 1% entsprechen der Menge, die von ca. 1 Million Windräder gespart werden könnte





Golfers finish their round while a wildfire burns in Eagle Creek near Portland, Oregon. © Kristi McCluer

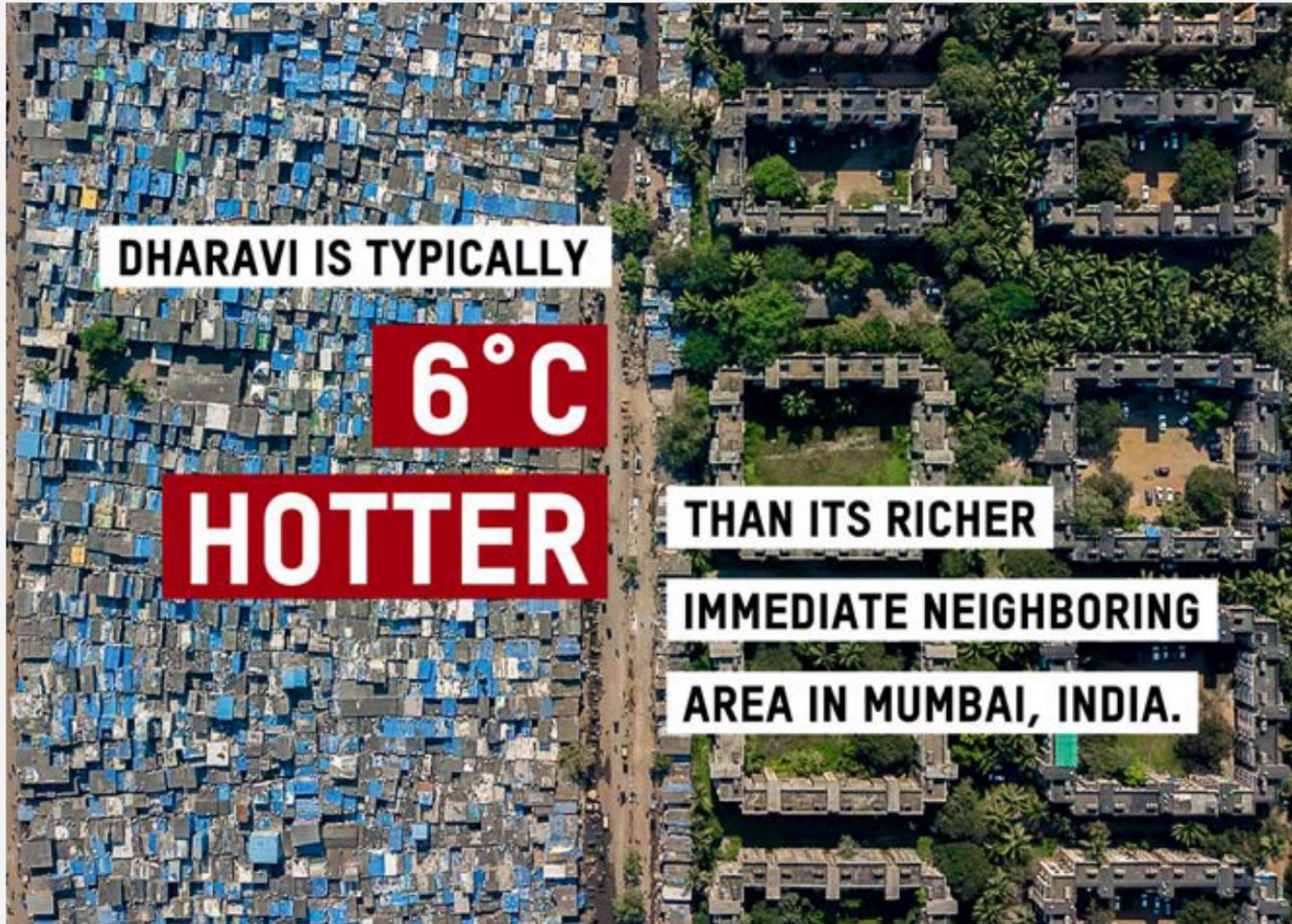


CLIMATE EQUALITY:

A PLANET FOR THE 99%



OXFAM



The area surrounding the Bandra Kurla complex in Mumbai is a mixture of extreme wealth and extreme poverty.⁵² © Johnny Miller/Unequal Scenes

