



# Das Wetter der Zukunft

Christian Häckl

# Zeitreise

1982-1990 Innsbruck

1991-1993 Schweiz/Kachelmann

1994-20?? Köln/RTL



# Klimarelevante Zeiträume



10 Jahre



20 Jahre



30 Jahre



50 Jahre

# Wetter / Wettervorhersage der Zukunft

## WUNSCH-WETTER

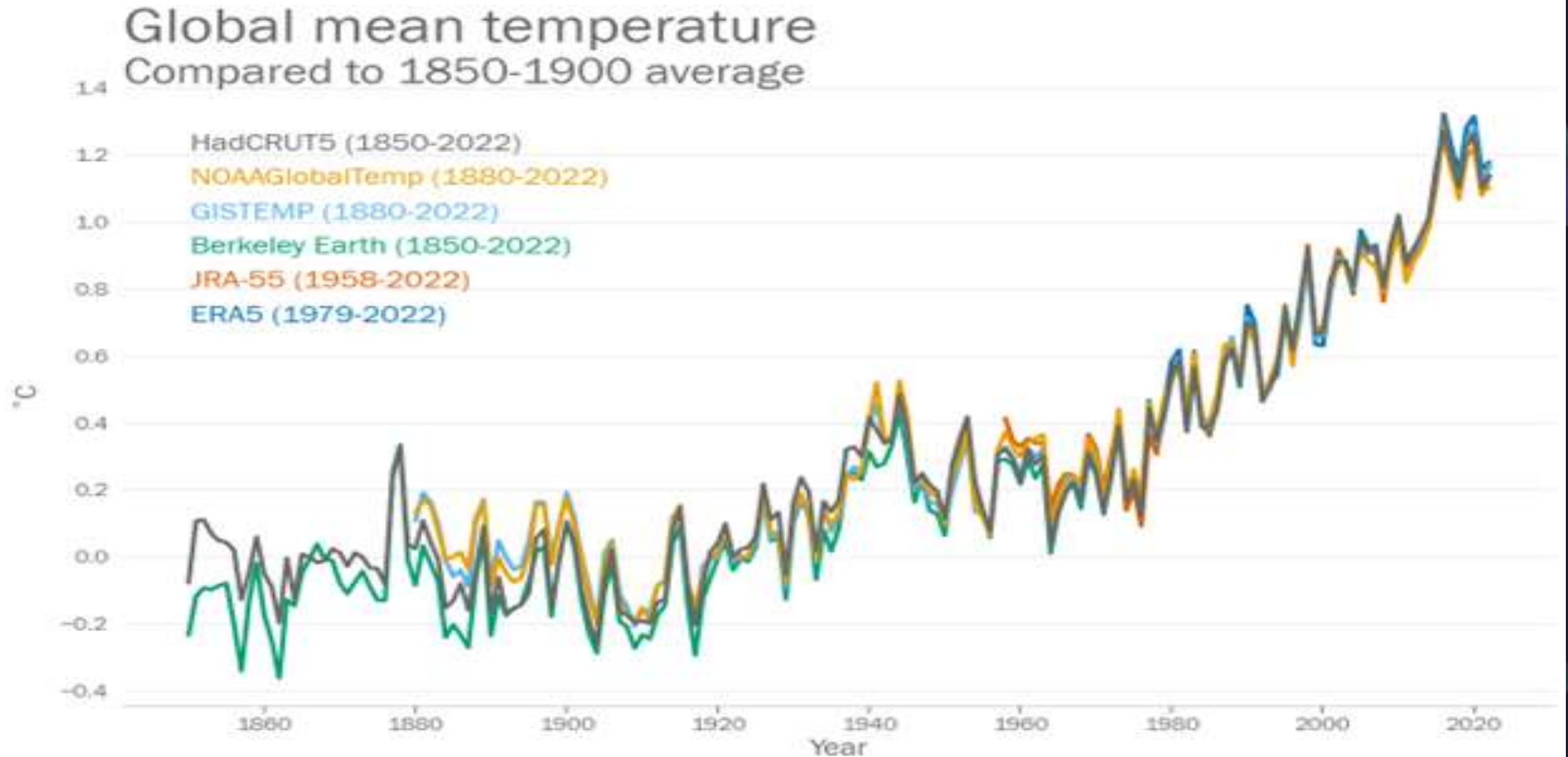
- Sehr subjektiv – zum Glück ist Wetter nur sehr begrenzt (derzeit) manipulierbar
- Wunschwetter vor 30 Jahren (Köln): möglichst viel Sonne, möglichst warm
- Wunschwetter jetzt: regelmäßig Regen, im Sommer nicht zu heiß

## WETTERVORHERSAGE

- Pro Jahrzehnt gewinnen wir einen Vorhersage-Tag
- Wie weit im Voraus kann man Wetter vorhersagen?
- Nowcasting 0 bis 12 Stunden, Kurzfrist 1 bis 5 Tage, Mittelfrist 5 bis 15 Tage, Langfrist bis 6 Monate/Klimatrend

# Temperatur

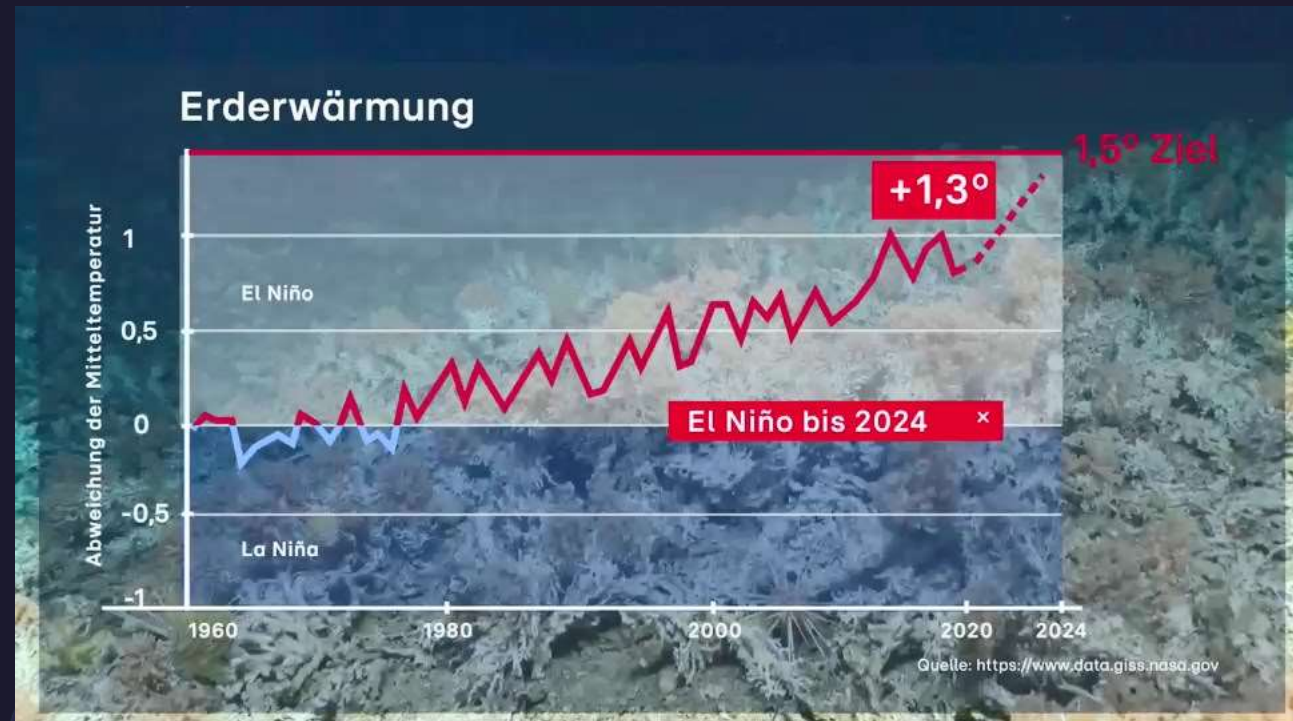
# Erwärmung weltweit



# El Nino-Southern Oscillation: Globaler Temperaturanstieg

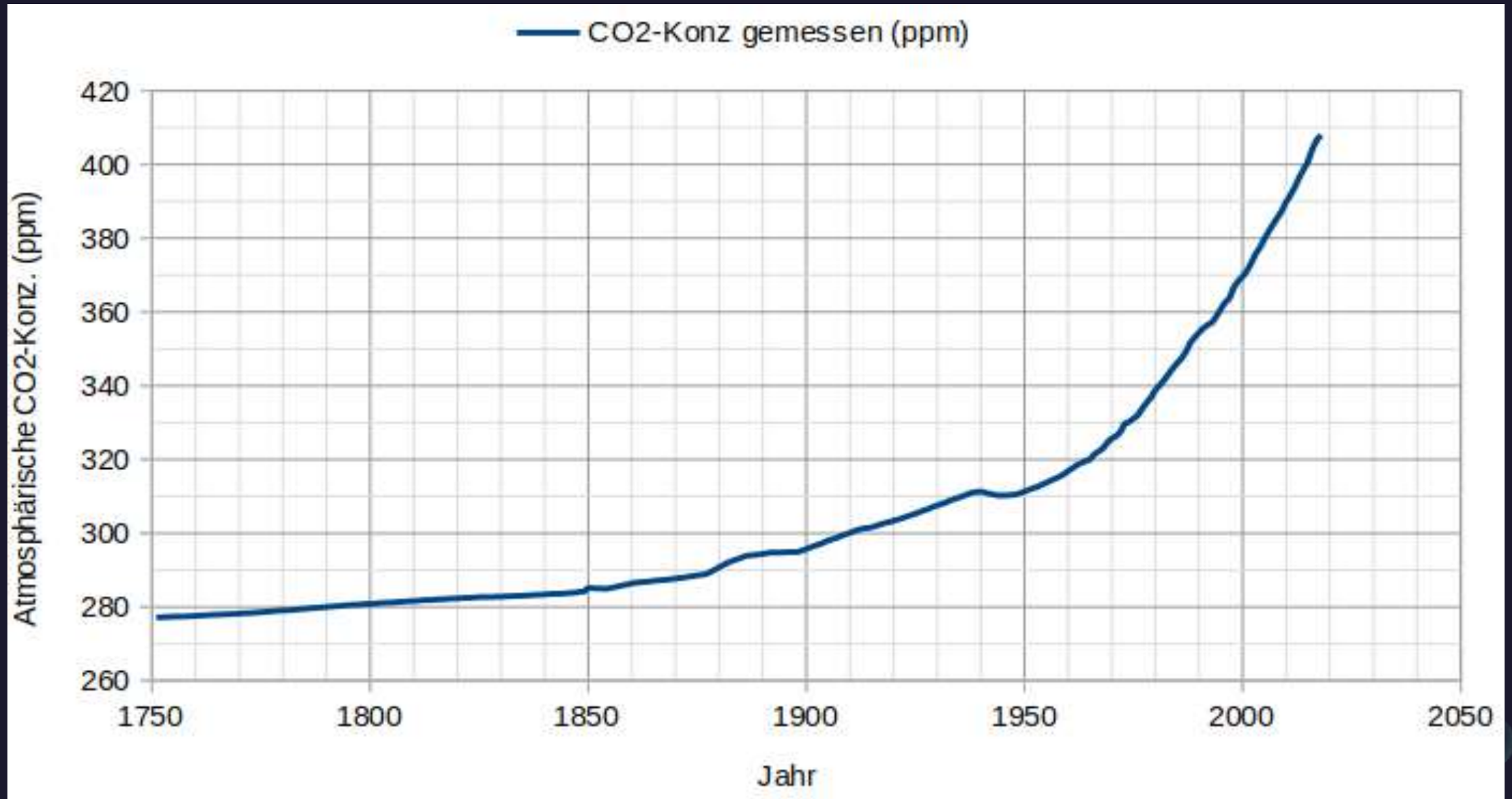


Ausgabe vom 24.06.2023 auf [YouTube](#)



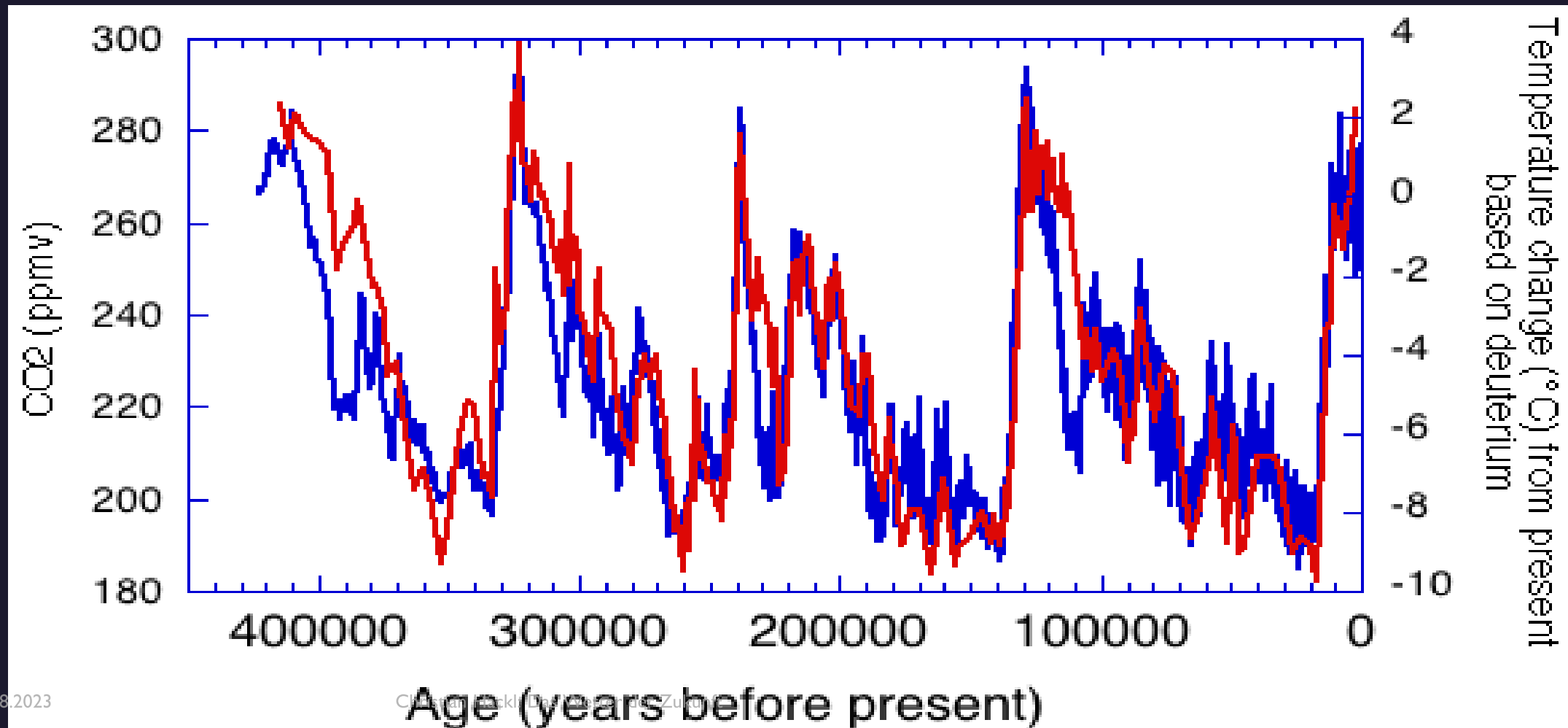
# CO<sub>2</sub>-Konzentration global

Quelle: Climate Data Check



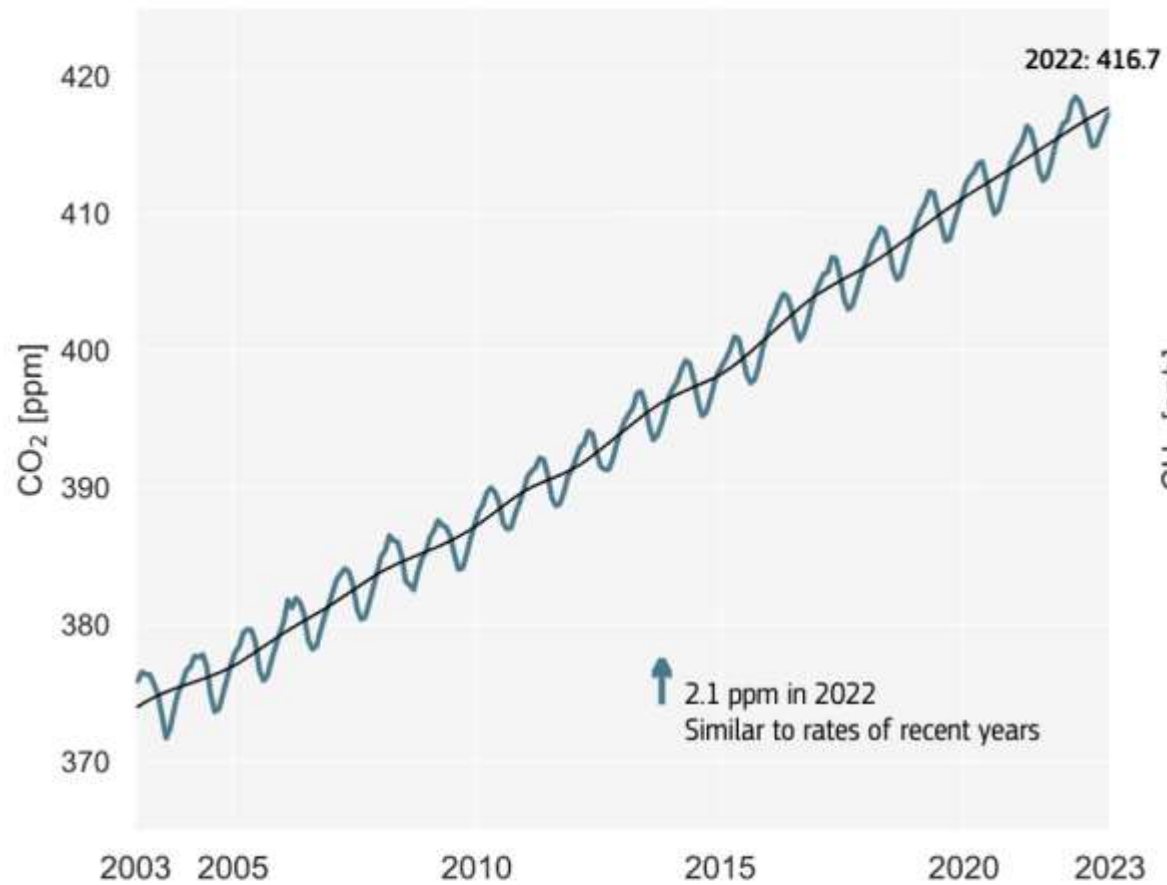
# Verlauf der Temperatur (blaue Kurve) und der CO<sub>2</sub>-Konzentration (rote Kurve) in den letzten 400.000 Jahren

linke Skala: CO<sub>2</sub>-Konzentration, rechte Skala: Temperaturabweichung vom Mittel Quelle: [National Climatic Datacenter \(USA\)](#),

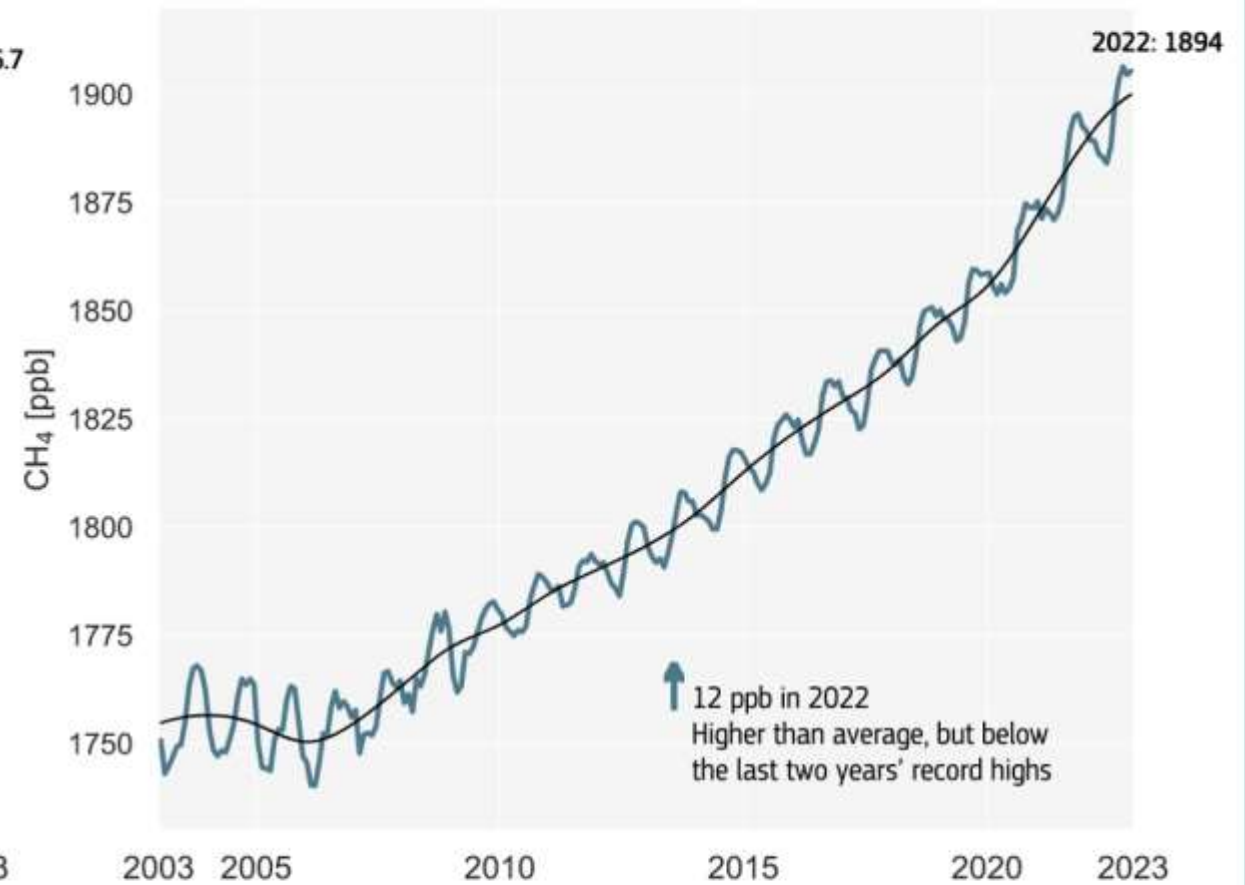




Global atmospheric concentration of carbon dioxide



Global atmospheric concentration of methane



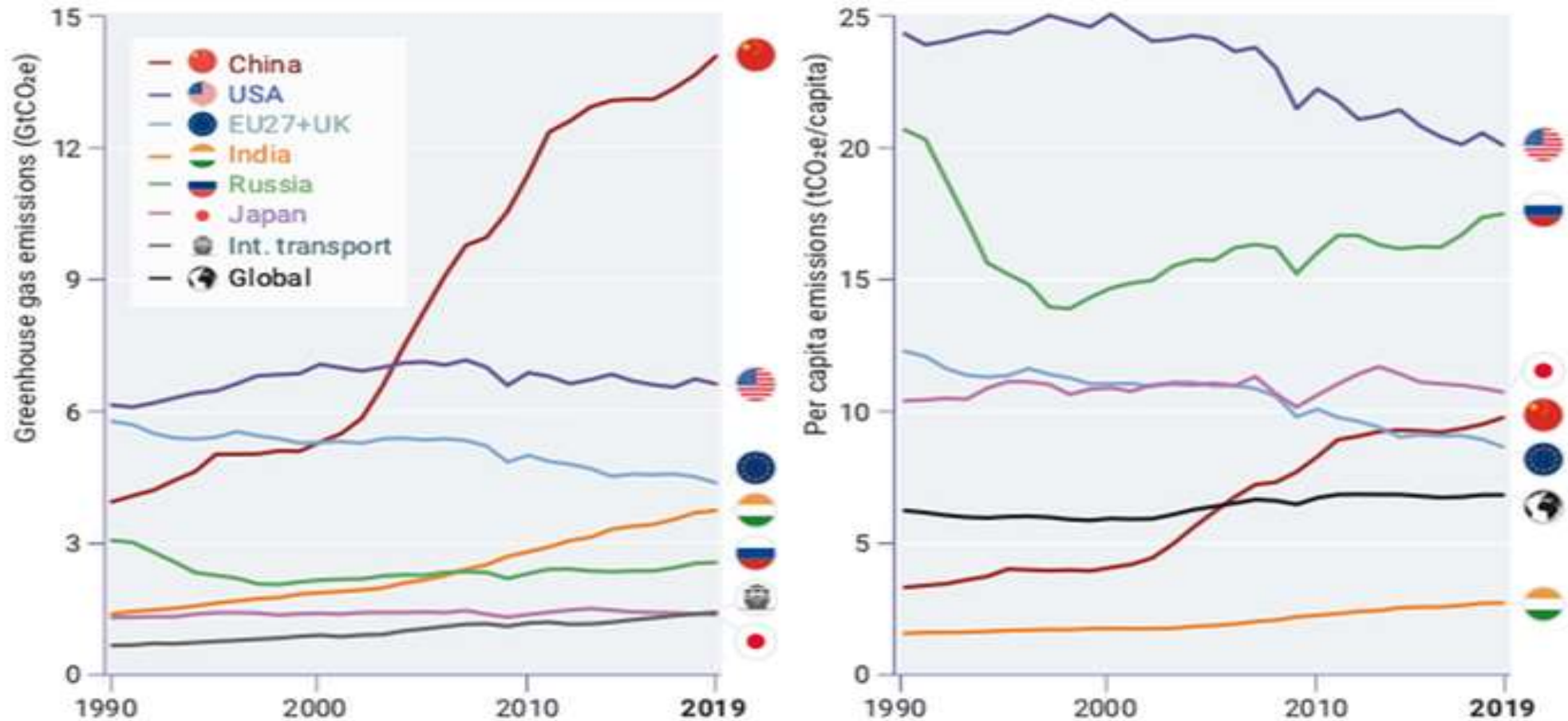
Data: Satellite-derived column-averaged CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> dry-air mole fractions (XCO<sub>2</sub> and XCH<sub>4</sub>) (60S-60N, land); C3S: XCO2&XCH4 OBS4MIPS v4.4; CAMS NRT: CO2\_GOS\_BESD and CH4\_GOS\_SRFP; 20230102\_v1\_MB20230103



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION



# Absolute Treibhausgasproduktion der größten sechs Emittenten und dem internationalen Transport (links) und Pro-Kopf-Emissionen der größten sechs Emittenten und der globale Durchschnitt (rechts) (Emissions Gap Report 2020 – United Nations Environment Programme)



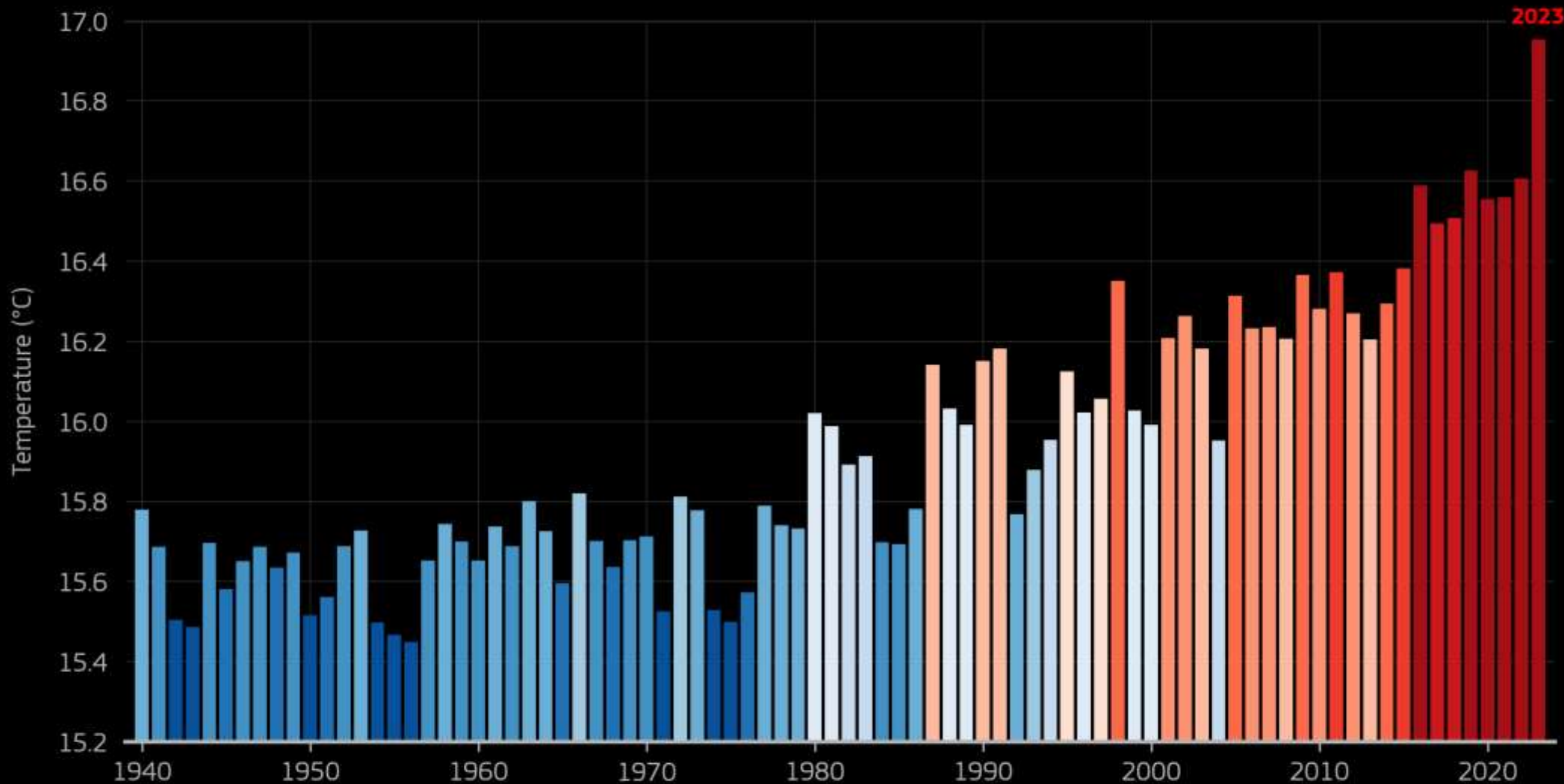
# GLOBAL SURFACE AIR TEMPERATURE • JULY

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



Climate Change Service

[climate.copernicus.eu](https://climate.copernicus.eu)



PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY



# La Nina – El Nino: Meerestemperaturen



Ausgabe vom 22.06.2023 auf [YouTube](#)



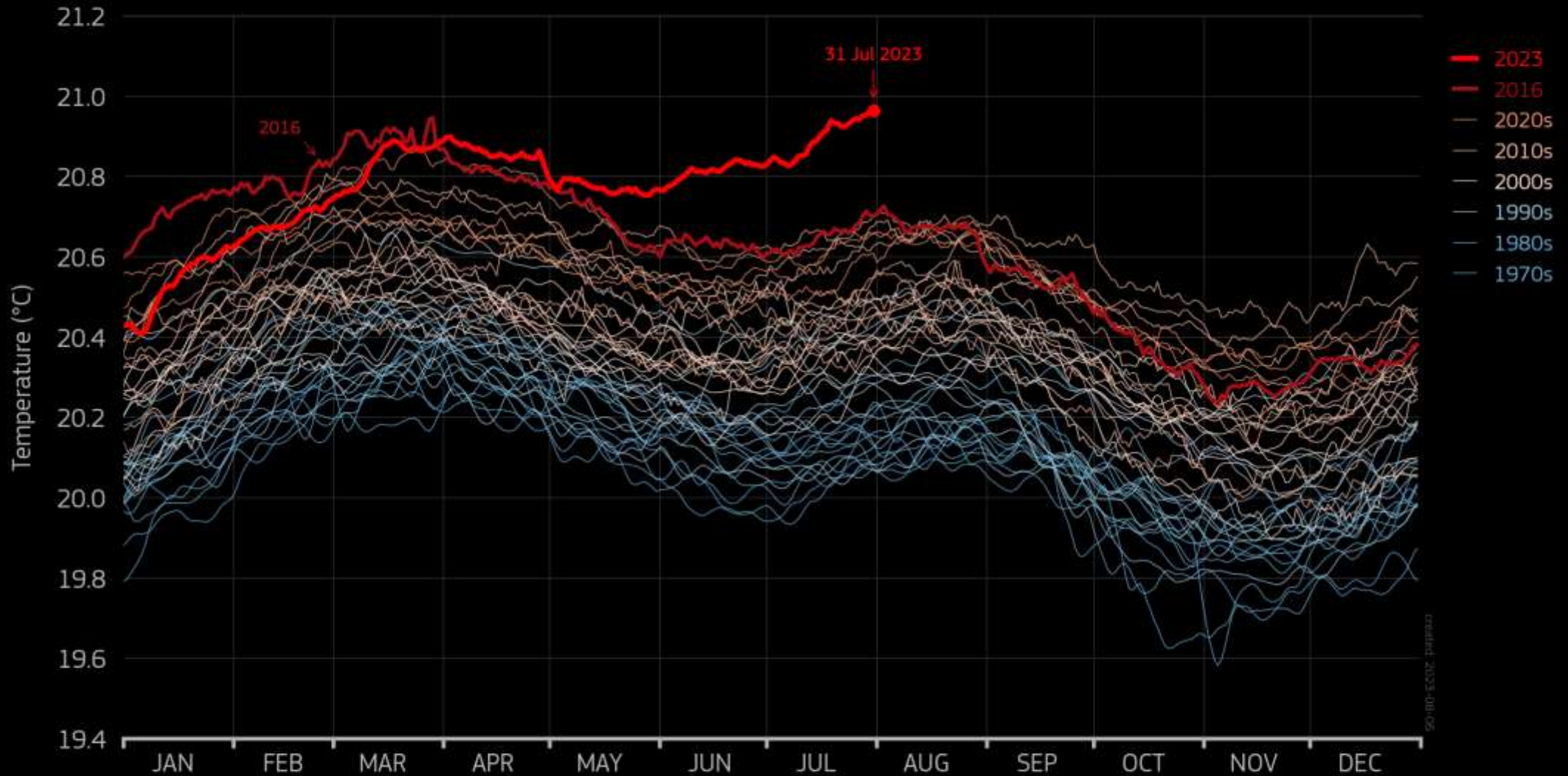
# DAILY SEA SURFACE TEMPERATURE 60°S–60°N

Data: ERA5 1979–2023 • Credit: C3S/ECMWF



Climate  
Change Service

[climate.copernicus.eu](https://climate.copernicus.eu)



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION

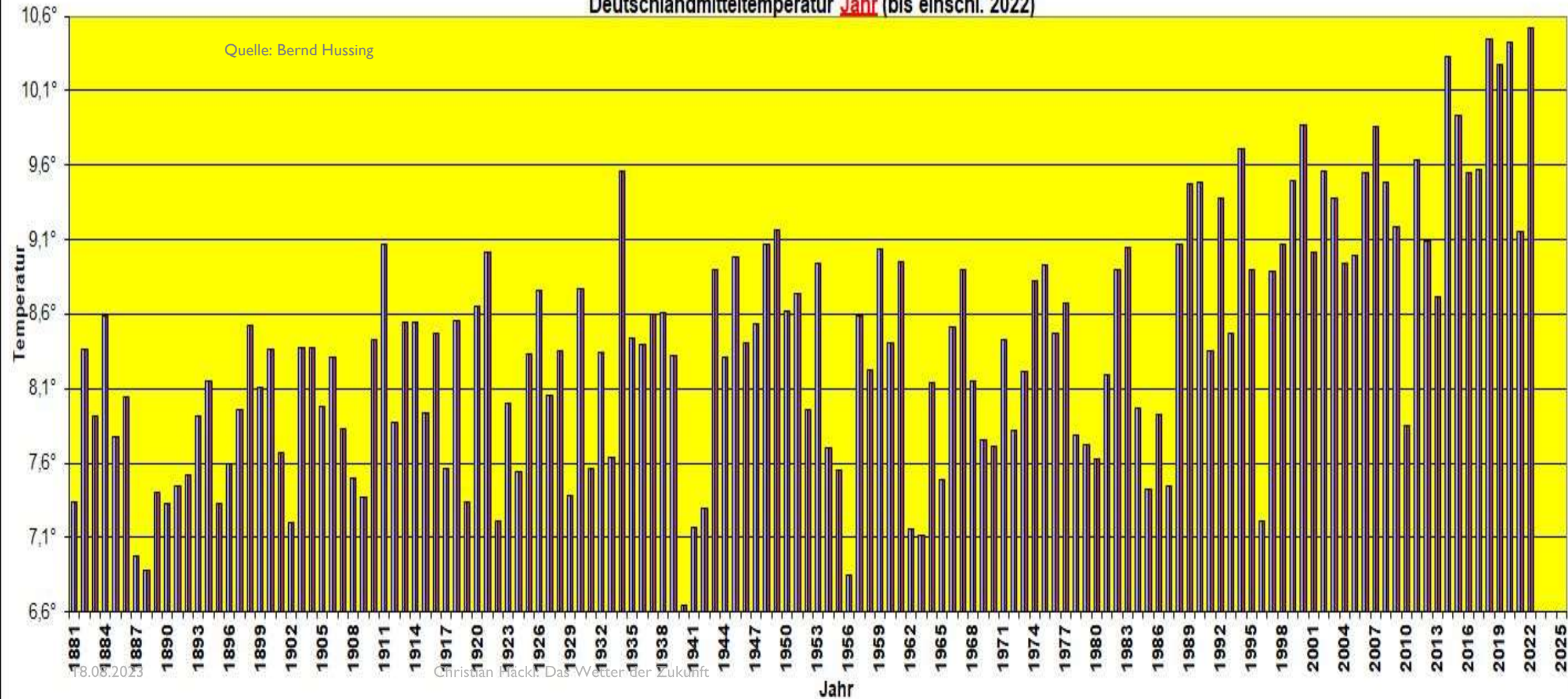


# Temperatur

# Erwärmung Deutschland

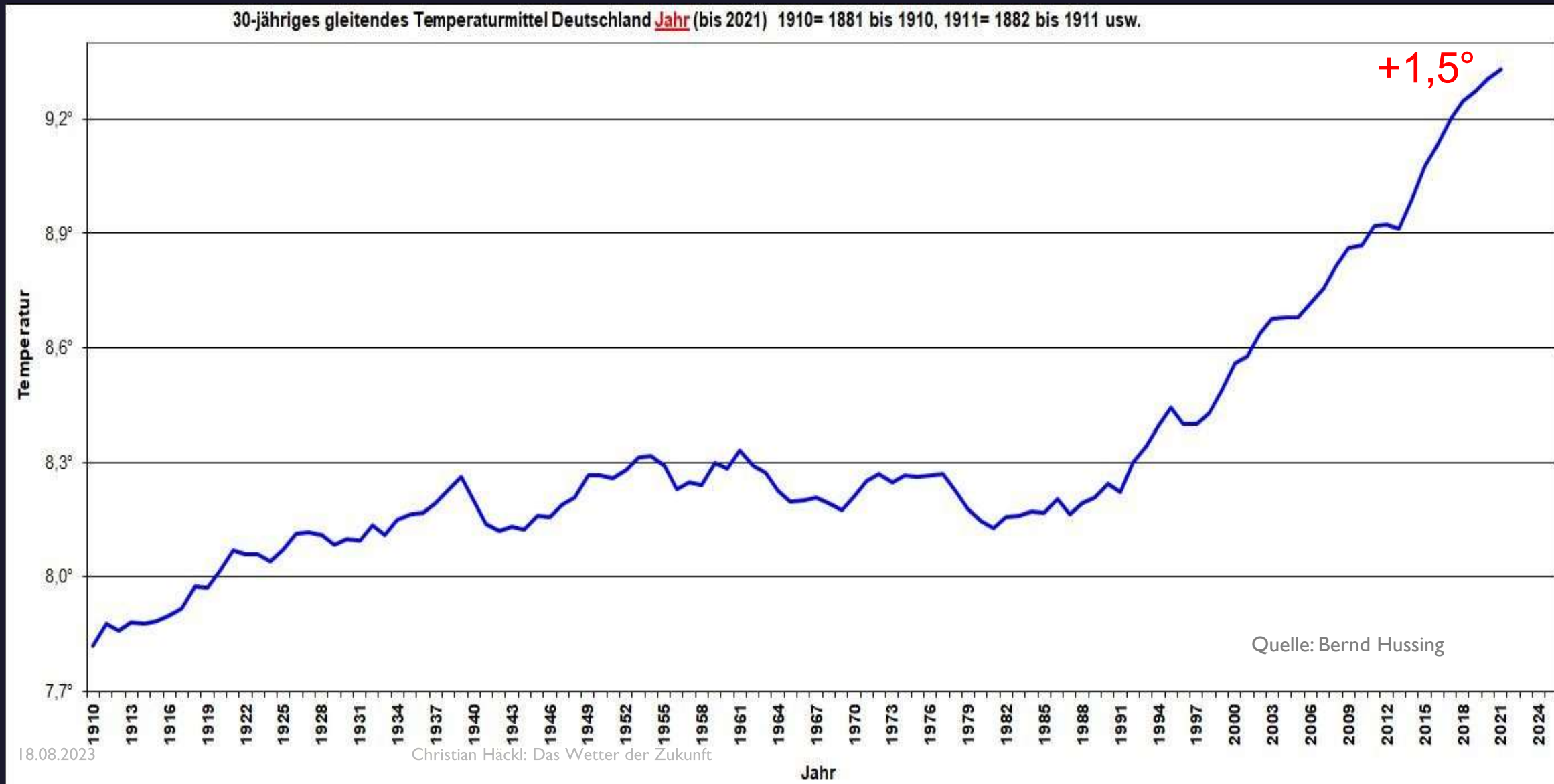
Deutschlandmitteltemperatur **Jahr** (bis einschl. 2022)

Quelle: Bernd Hussing



# Temperatur

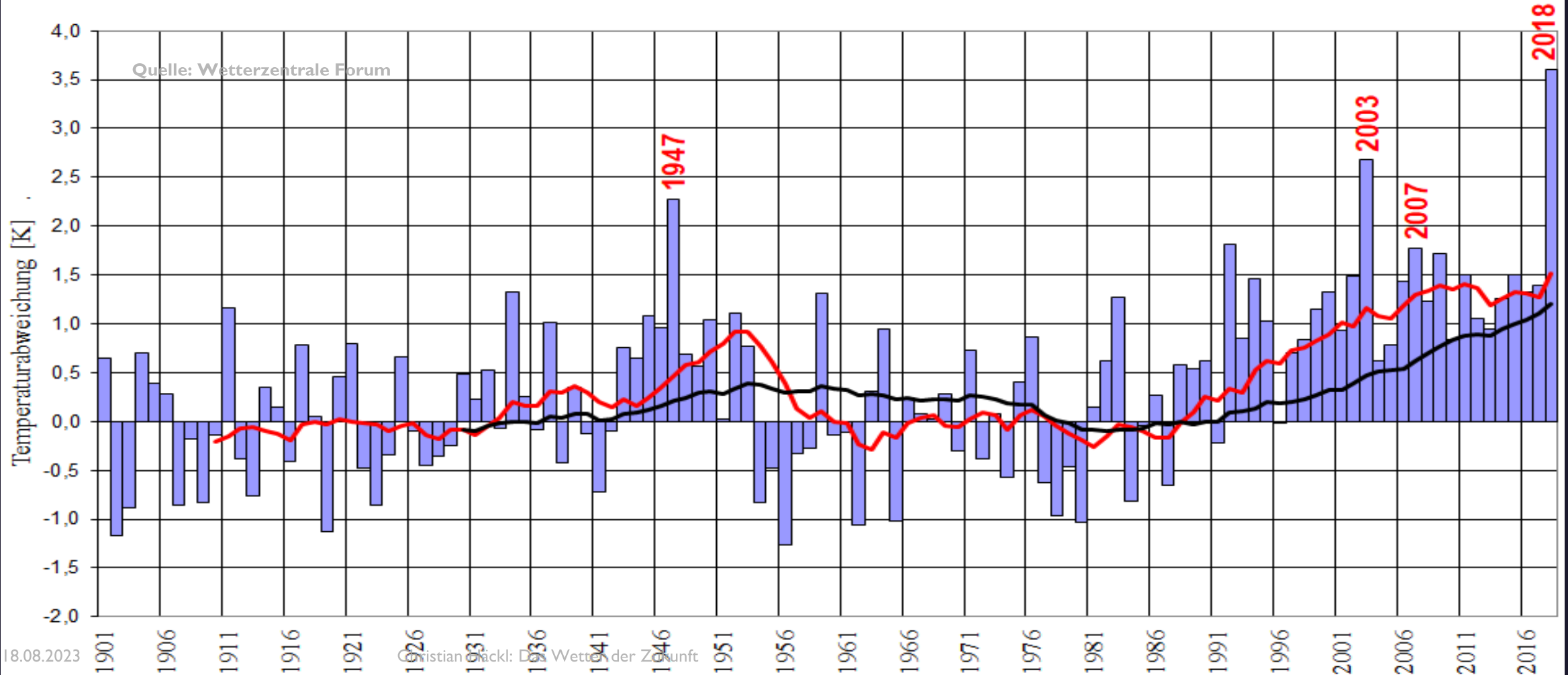
# Erwärmung Deutschland



# Temperatur

Immer heißere Sommer...

Abweichung der Mitteltemperatur 1. April - 31. August vom Mittel 1961-90  
(deutsches Flächenmittel) + 10- und 30-jähriges gleitendes Mittel

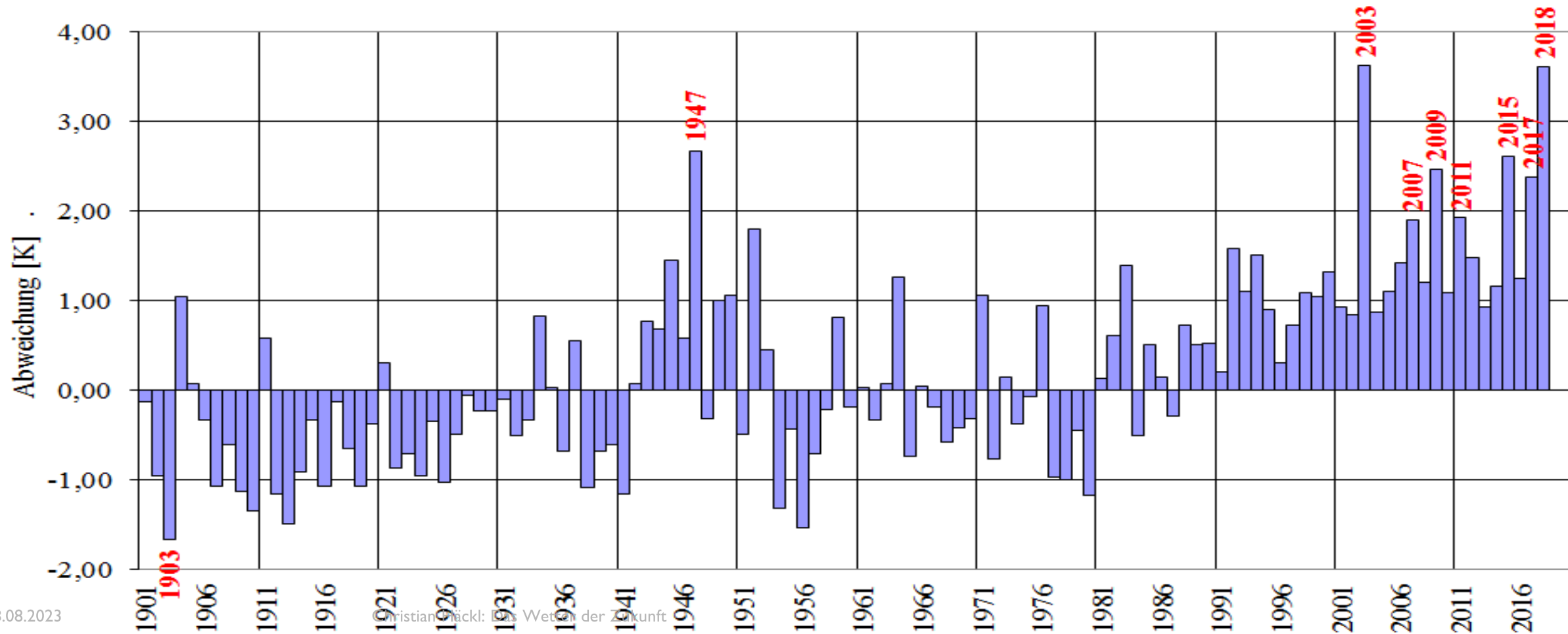




# Temperatur

...kommen aus dem Süden

Temperaturmittel 1. April - 31. August in Basel  
(Abweichung vom Mittelwert 1961-90 = 15,2 °C)

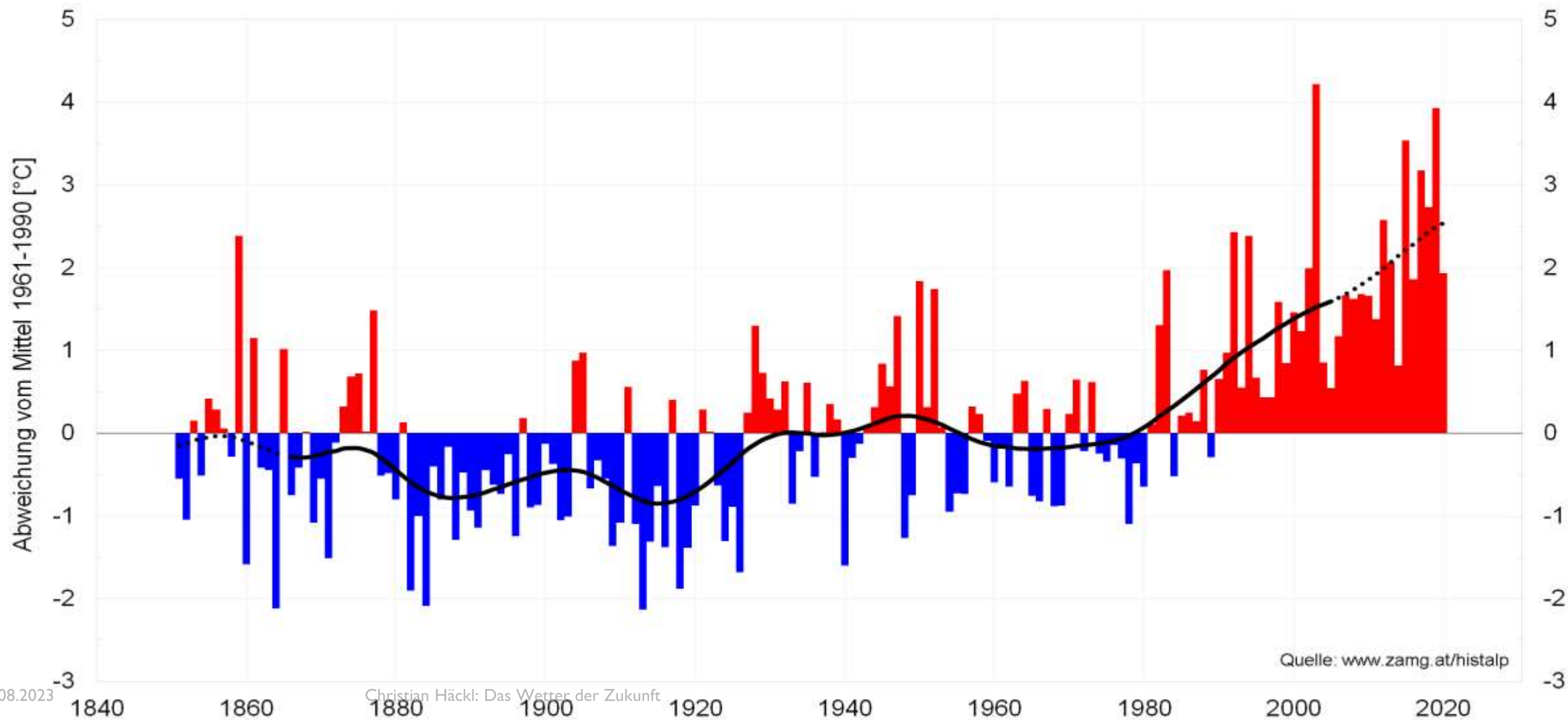


# Die Geschichte der magischen 40°-Marke



# Temperatur

# Sommer auf den Alpengipfeln





Aletschgletscher

um 1900



2005

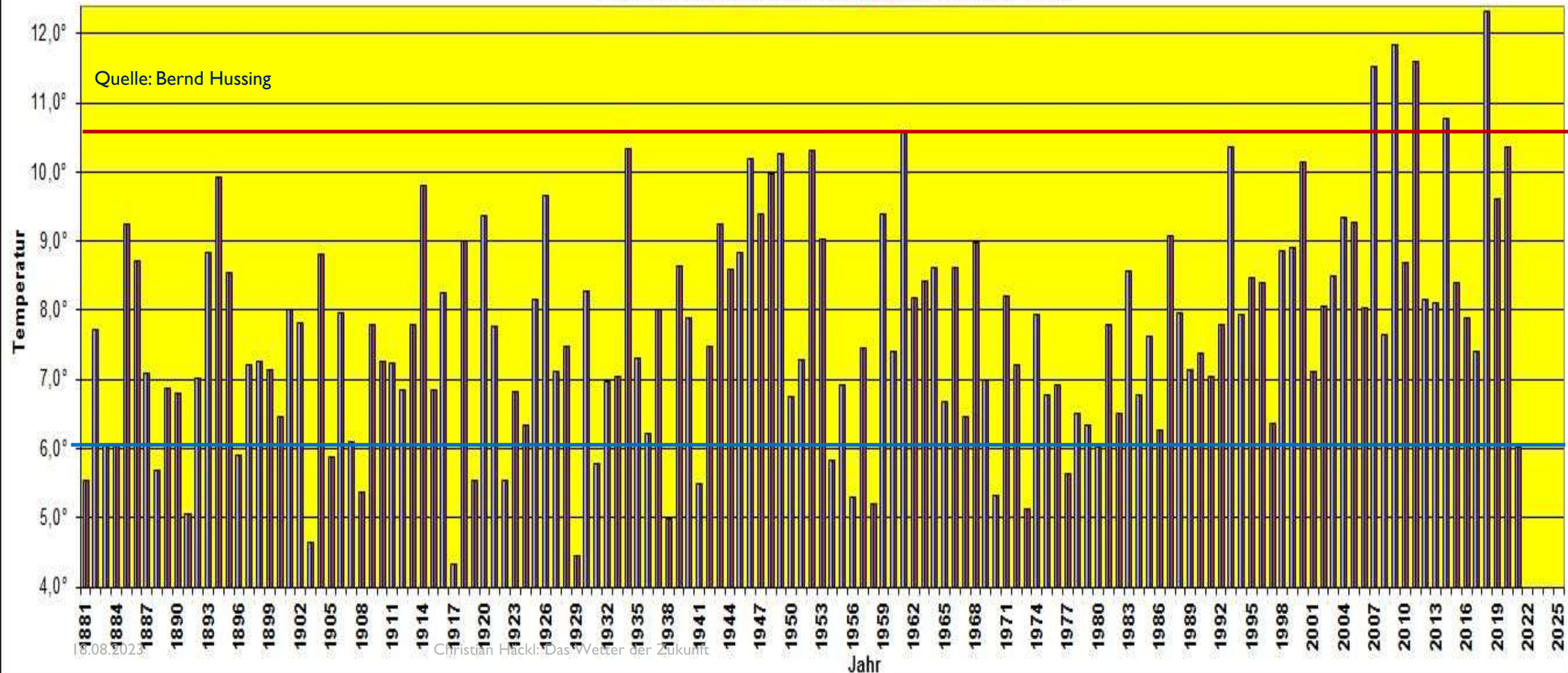


2015

# Temperatur

## April macht was er will

Deutschlandmitteltemperatur **April** (bis einschl. 2021)

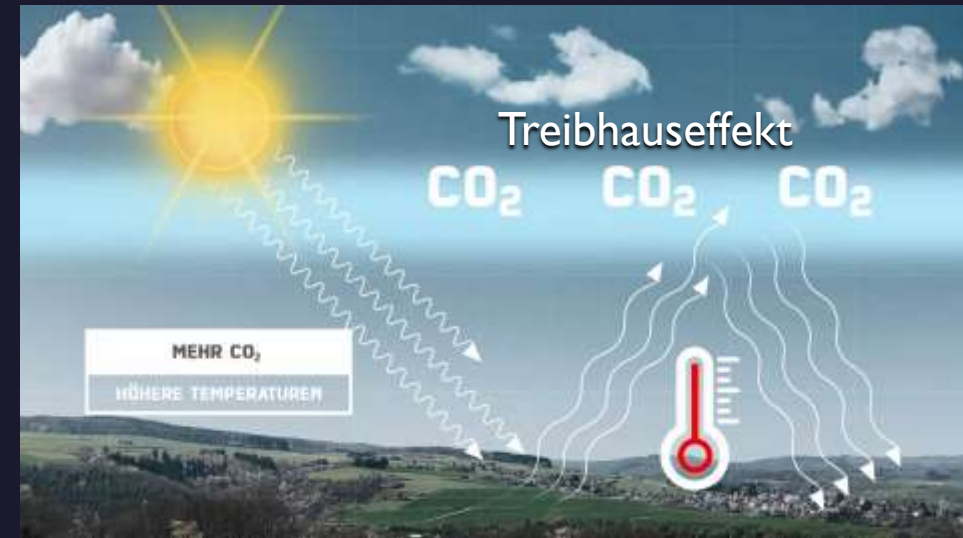


# Warum wird es wärmer und warum so schnell?

Treibhauseffekt H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, Methan

Rück-Kopplungen, Kipp-Punkte

Änderung der Großwetterlagen



Albedo



# Der Jetstream wird schwächer



# Wetter der Zukunft

## TEMPERATUREN

- Der Trend nach oben ist stabil, es wird sehr wahrscheinlich weiterhin noch deutlich wärmer werden.
- Der Temperaturanstieg betrifft alle Jahreszeiten (Herbst weniger)
- Besonders spürbar im Sommerhalbjahr – Hitzewellen werden häufiger (40° plus x)

## SONNENSCHENDAUER

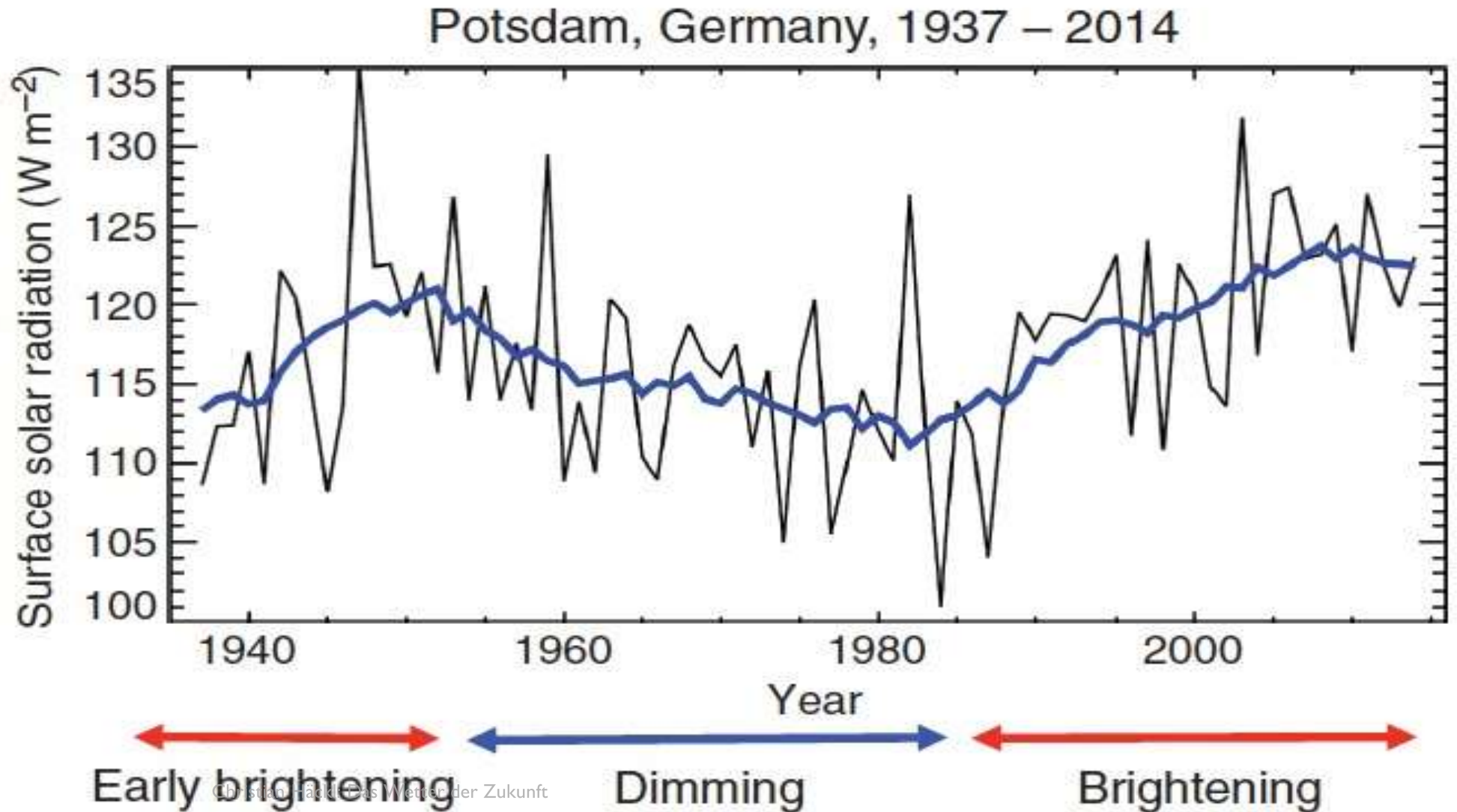


Erwärmung  
läuft über Treib  
haus (CO<sub>2</sub>),  
Änderung der  
Wetterlagen  
und... die Sonne



# Sonne

# Mehr Einstrahlung

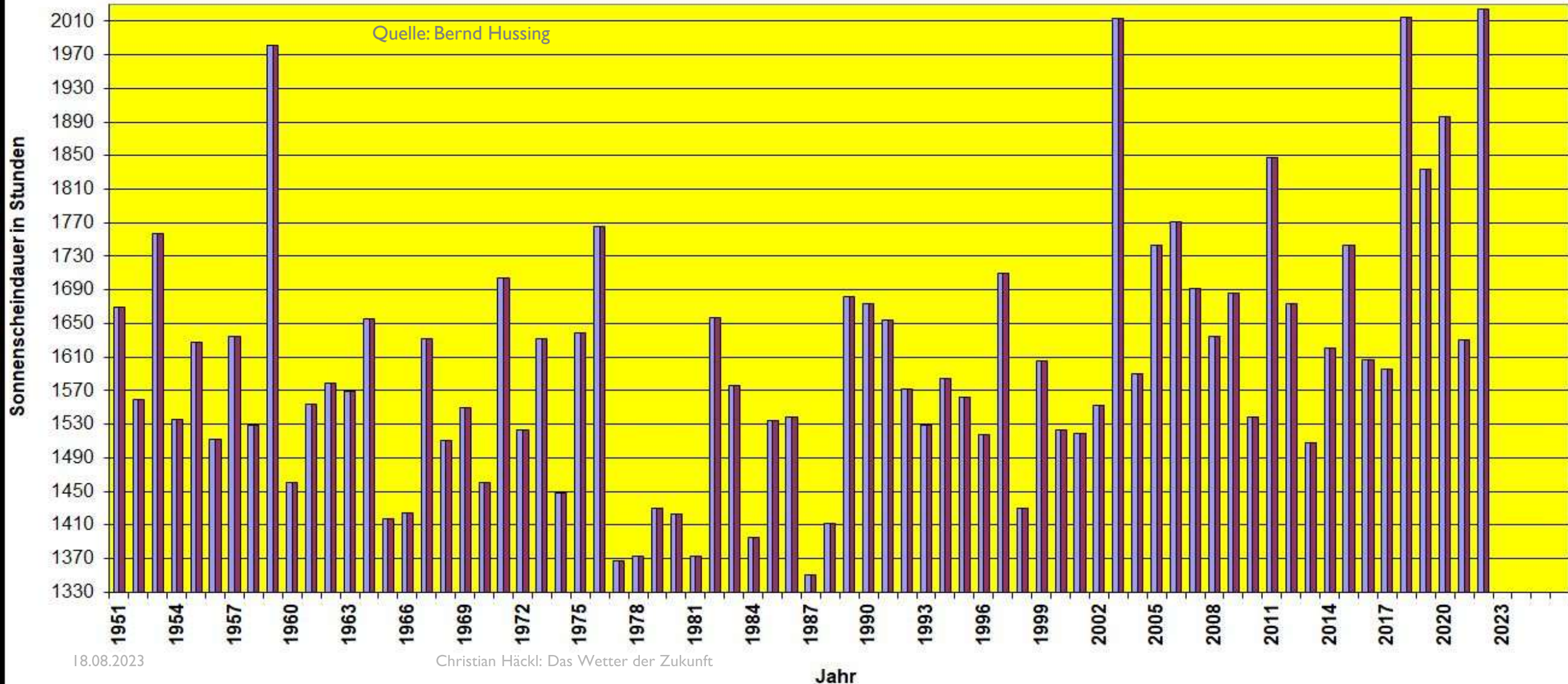


# Sonne

# Mehr Sonnenstunden/Jahr

mittlere Sonnenscheindauer Deutschland Jahr (bis einschl. 2022)

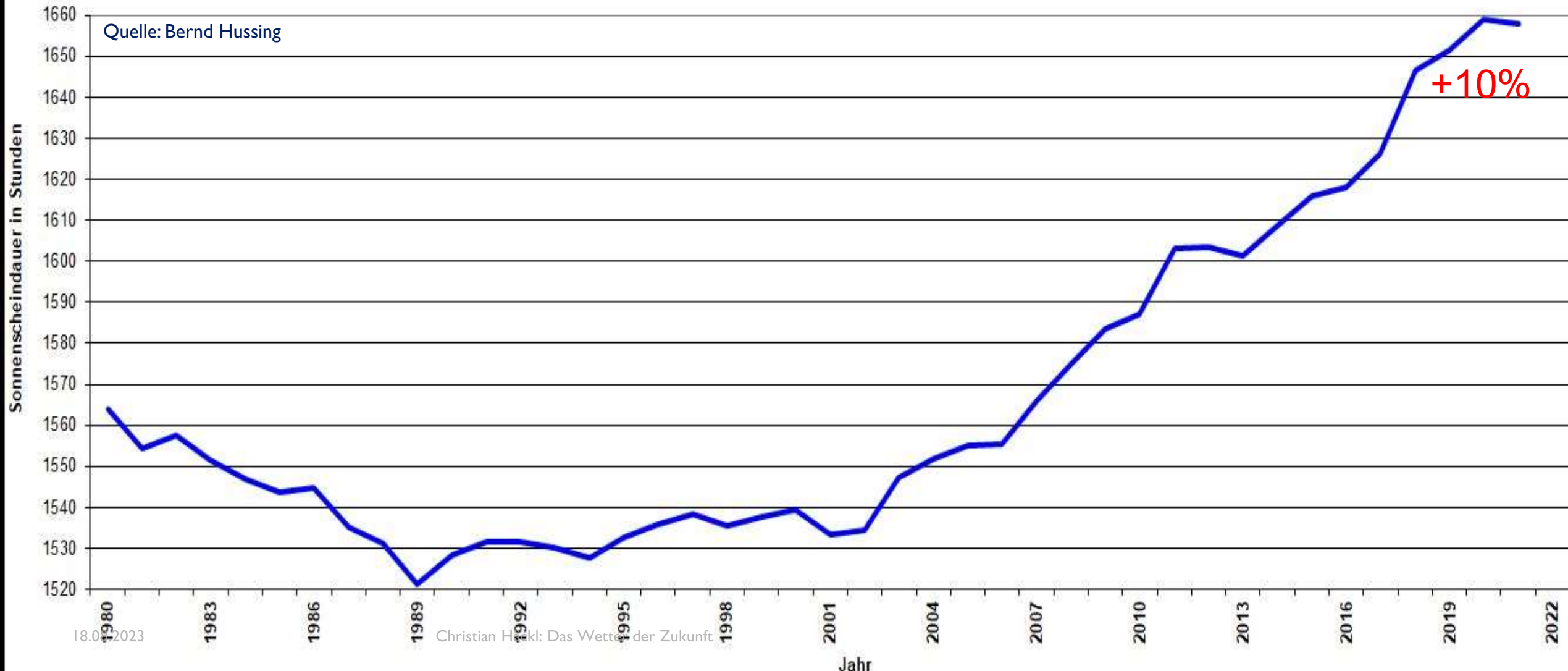
Quelle: Bernd Hussing



# Sonne

# Mehr Sonnenstunden/Jahr

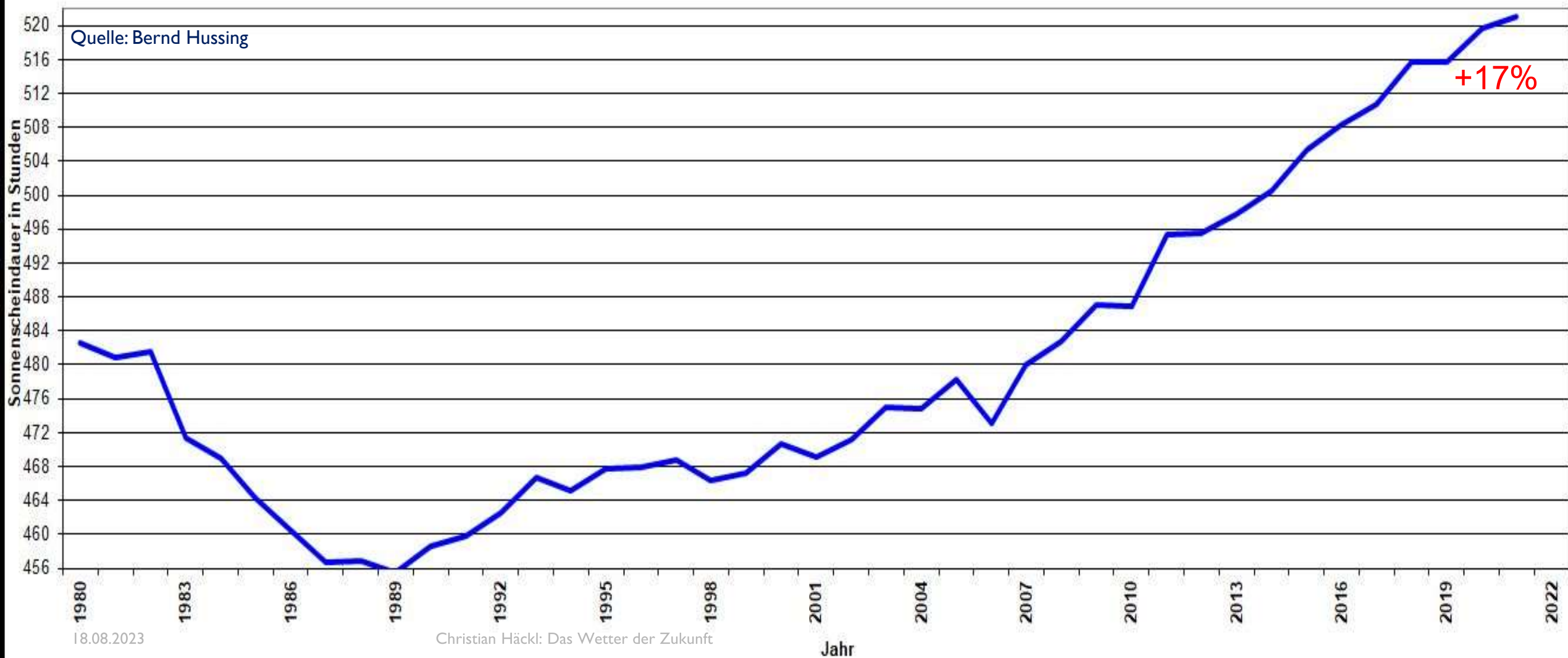
30-jähriges gleitendes Mittel der Sonnenscheindauer in Deutschland Jahr (bis einschl. 2021) 1980 = 1951 bis 1980; 1981 = 1952 bis 1981 usw.



# Sonne

# Mehr Sonnenstunden/Frühling

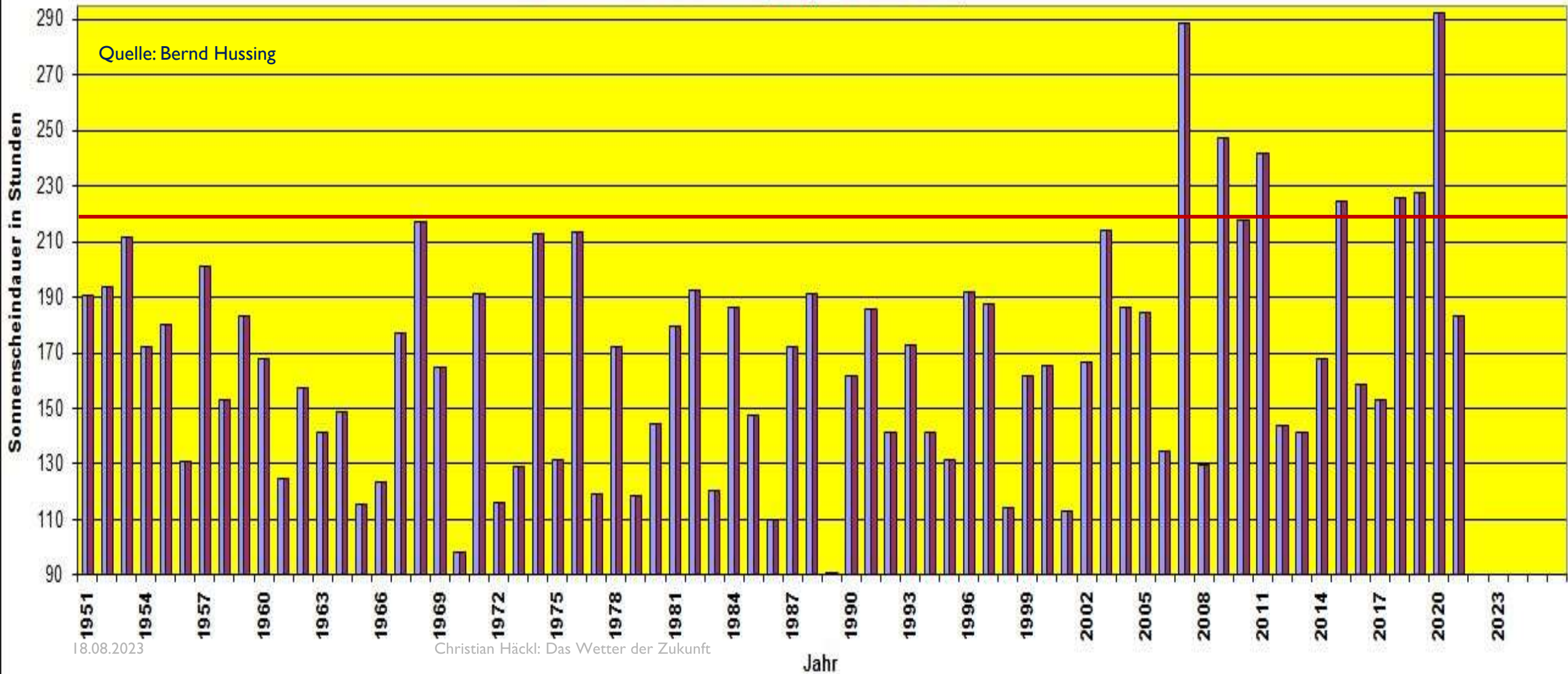
30-jähriges gleitendes Mittel der Sonnenscheindauer in Deutschland **Frühling** (bis einschl. 2021) 1980 = 1951 bis 1980; 1981 = 1952 bis 1981 usw.



# Sonne

# Mehr Sonnenstunden/April

mittlere Sonnenscheindauer **April** (bis einschl. 2021)



# Sonne

# Mehr Sonnenstunden?/Herbst

30-jähriges gleitendes Mittel der Sonnenscheindauer in Deutschland Herbst (bis einschl. 2021) 1980 = 1951 bis 1980; 1981 = 1952 bis 1981 usw.



# Wetter der Zukunft

## TEMPERATUREN

- Der Trend nach oben ist stabil, es wird sehr wahrscheinlich weiterhin noch deutlich wärmer werden.
- Der Temperaturanstieg betrifft alle Jahreszeiten (Herbst weniger)
- Besonders spürbar im Sommerhalbjahr – Hitzewellen werden häufiger (40° plus x)

## SONNENSCHENDAUER

- Global brightening und wärmere Atmosphäre bringen uns mehr Sonne
- Vor allem Frühling und Sommer werden deutlich sonniger (April-Sonnenmonat?)
- Der Trend zu mehr Sonne ist übers Jahr gesehen aber (noch?) nicht so eindeutig und belastbar wie bei den Temperaturen

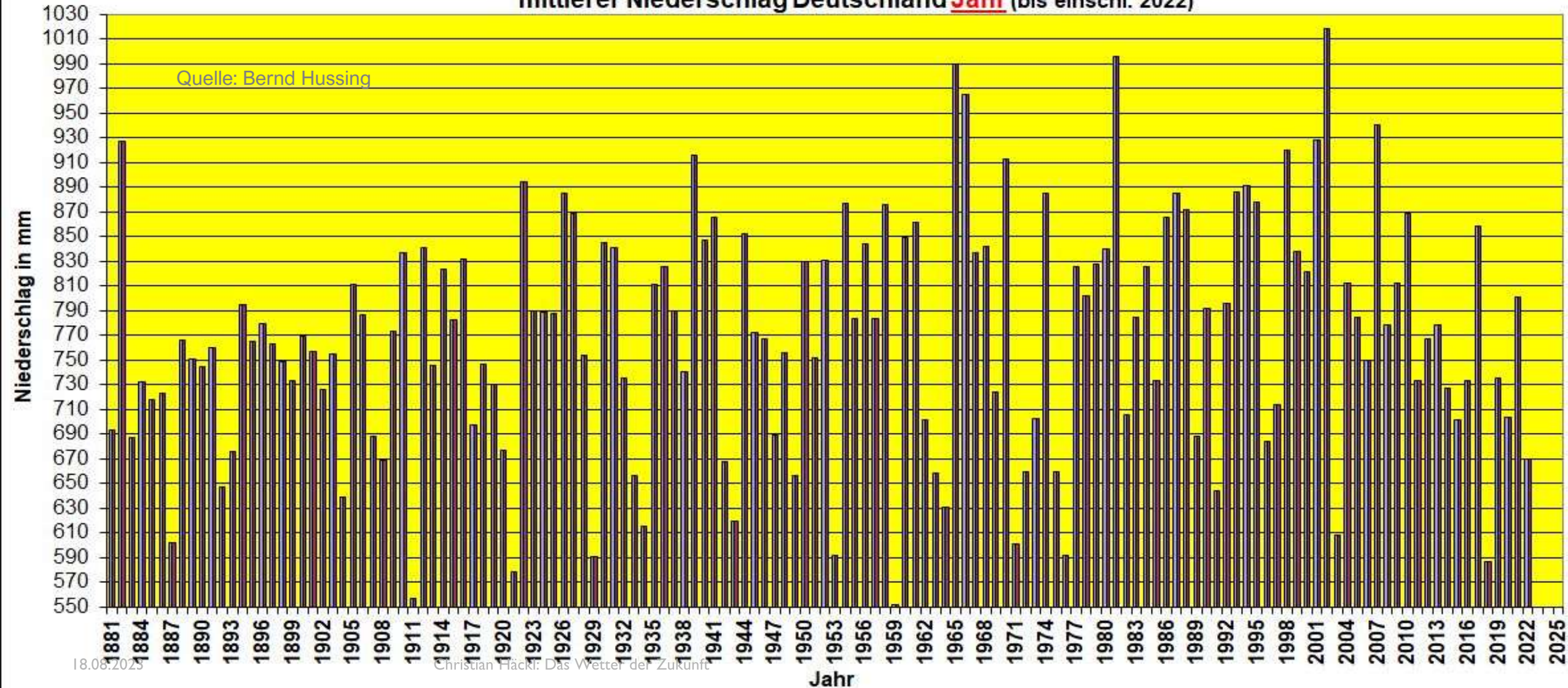


# Niederschlag

# im Deutschlandmittel

mittlerer Niederschlag Deutschland **Jahr** (bis einschl. 2022)

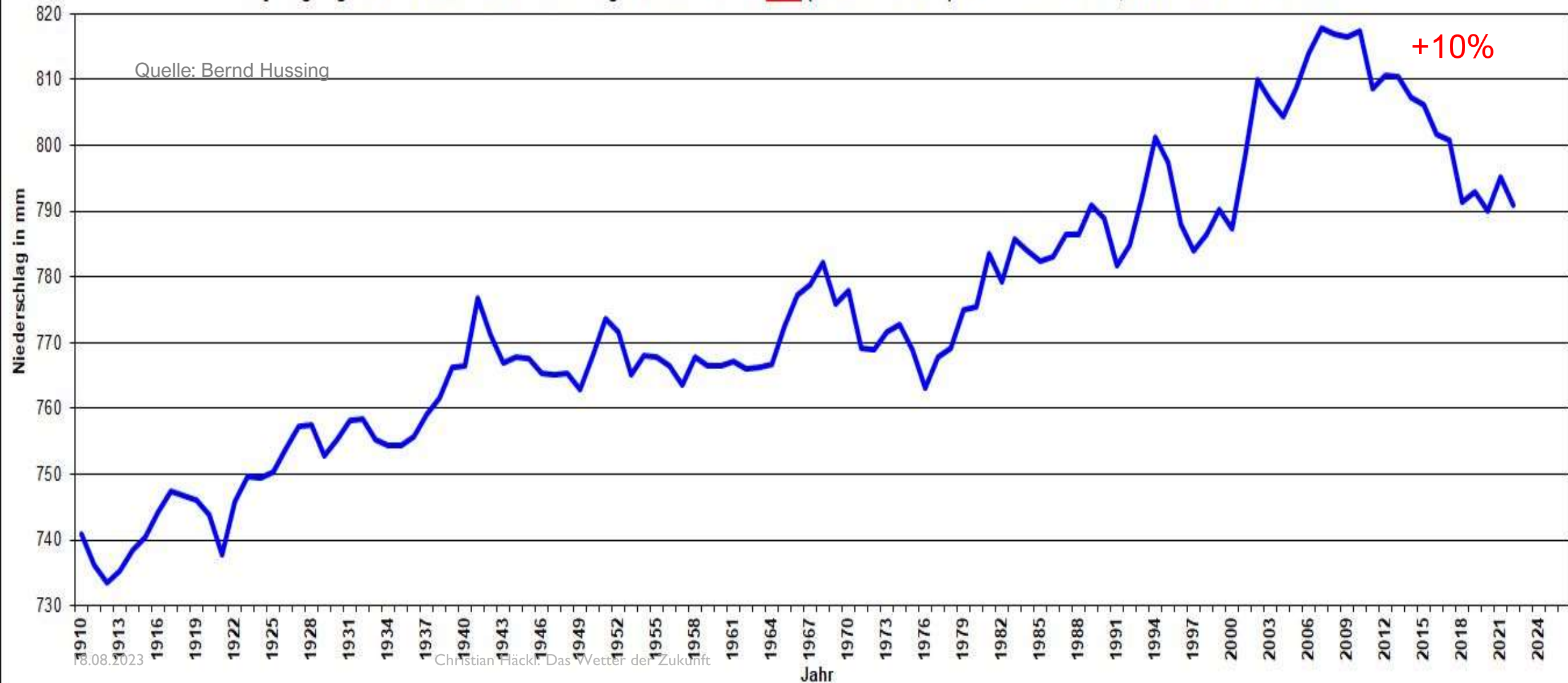
Quelle: Bernd Hussing



# Niederschlag

Eigentlich eindeutig...

30-jähriges gleitendes Mittel des Niederschlages in Deutschland Jahr (bis einschl. 2022) 1910= 1881 bis 1910, 1911= 1882 bis 1911 usw.



# Niederschlag

...vor allem im Winter

30-jähriges gleitendes Mittel des Niederschlages in Deutschland Winter (bis einschl. 2022) 1910= 1881 bis 1910, 1911= 1882 bis 1911 usw.

+30%!!

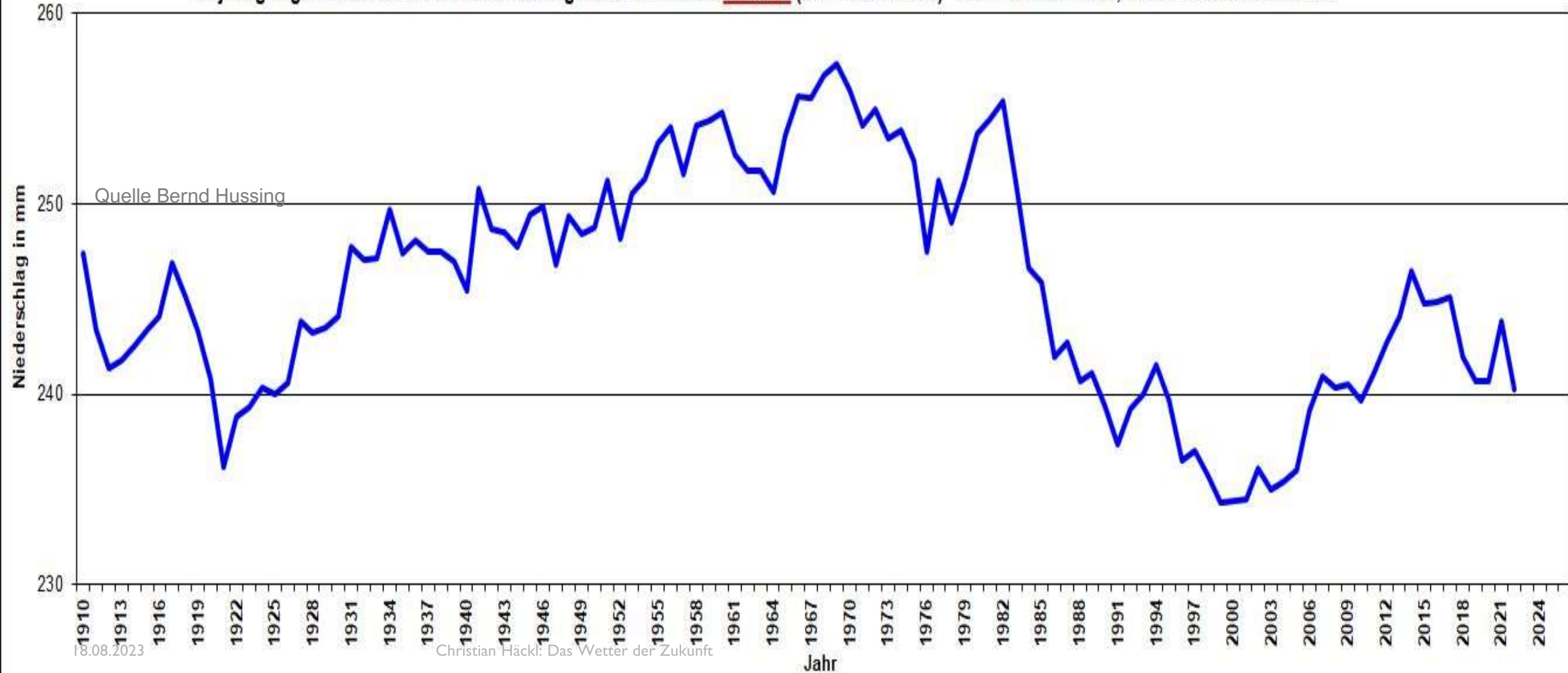
Quelle: Bernd Hussing



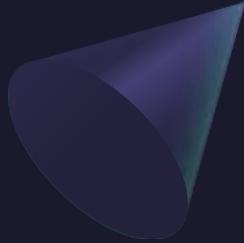
# Niederschlag

# Ganz anders der Sommer

30-jähriges gleitendes Mittel des Niederschlages in Deutschland **Sommer** (bis einschl. 2022) 1910= 1881 bis 1910, 1911= 1882 bis 1911 usw.



# Mehr Verdunstung und trockenere Sommer



# Wetter der Zukunft

## NIEDERSCHLAG

- Kein einheitlicher Trend, regional/ jahreszeitlich große Unterschiede W/S
- Über das ganze Jahr gesehen und auch global KÖNNTE mehr Regen fallen – weil wärmere Luft mehr Wasserdampf aufnehmen kann
- Allerdings steigt auch die Verdunstung

## WAS UNS SORGEN MACHT

- Regelmäßigkeit der Regenfälle dürfte abnehmen (Sommerhalbjahr) – immer längere Trocken-/Dürrephasen
- Starkregen werden nach Modellen in Zukunft häufiger (Statistikproblem!)
- Also gleichzeitig mehr Dürre und mehr Starkregen – wie geht's das??

# Der Jetstream wird langsamer: Beständigerere Wetterlagen



Mehr Trockenheit  
und  
mehr Starkregen:



# Das Wetter der Zukunft bringt häufiger Extreme

Dürren und vor allem Hitzewellen

Drohen mehr Stürme/Sturmfluten?

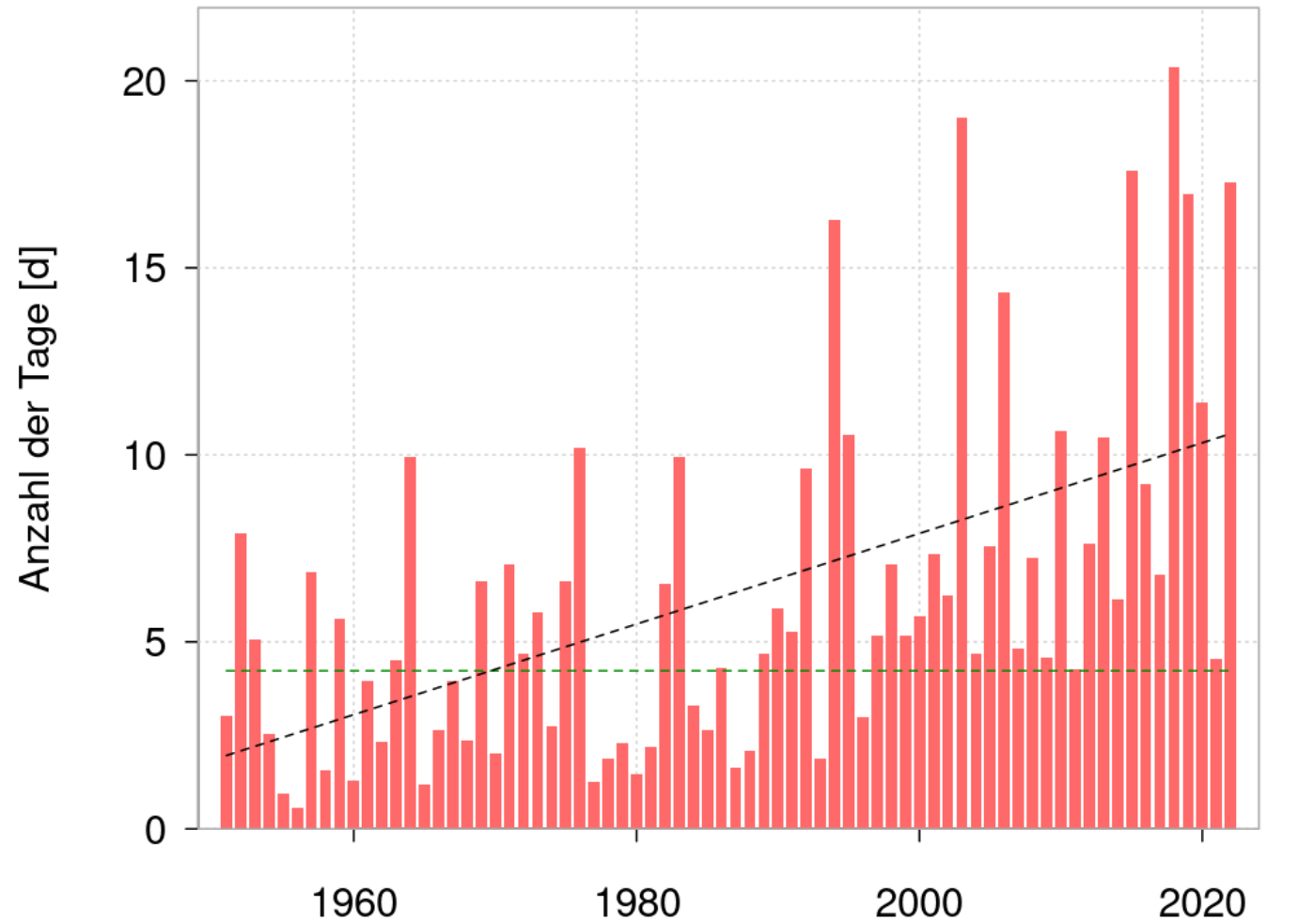
Werden Tornados häufiger?





# Heiße Tage

Deutschland Jahr  
1951 - 2022

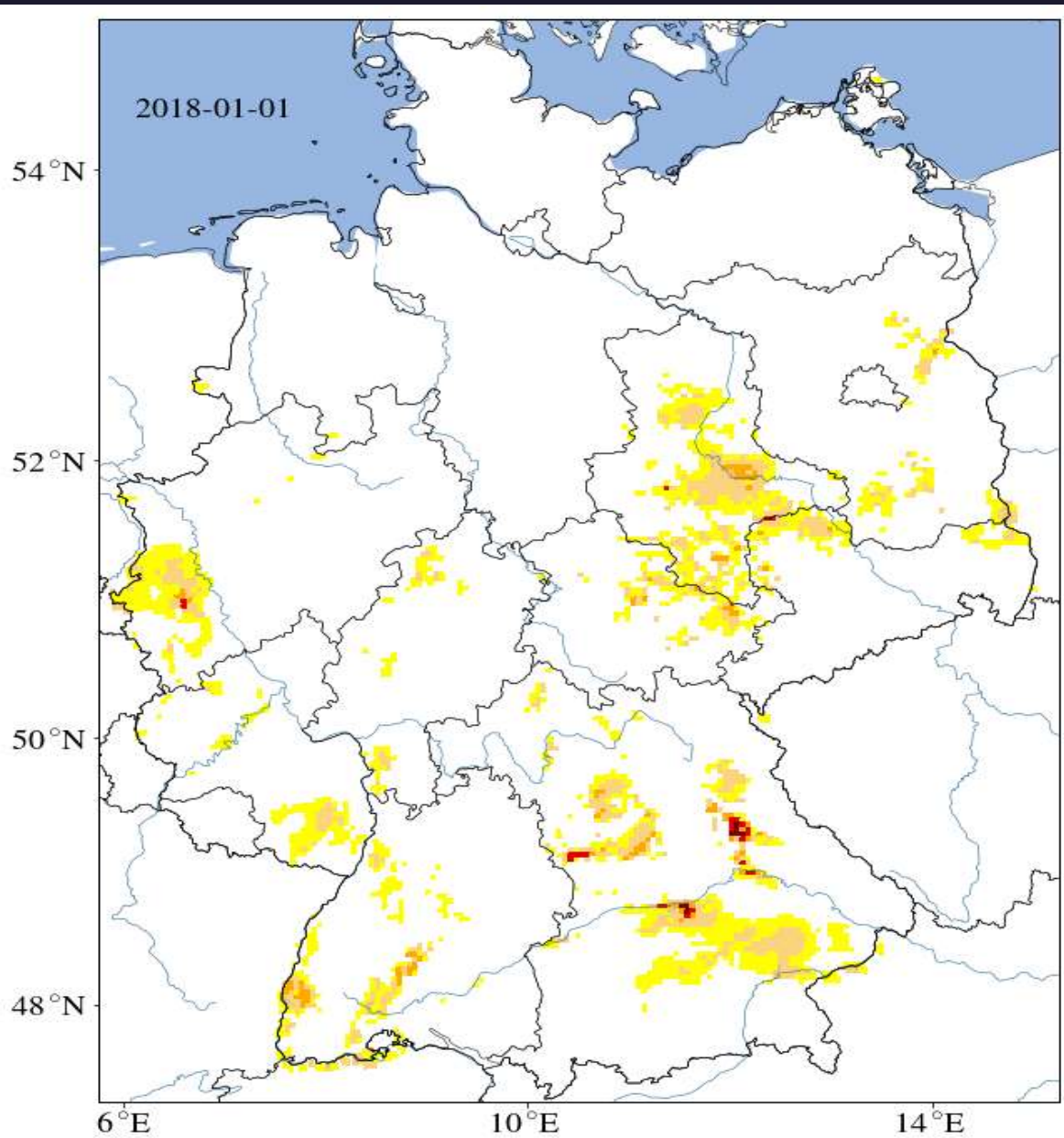


Gebietsmittel

--- vieljähriger Mittelwert (1961 - 1990): 4,2 Tage

--- linearer Trend (1951 - 2022): +8,6 Tage

## Dürremonitor (UFZ Helmholz) für das Jahr 2018 Gesamtboden ca. 1,8 Meter



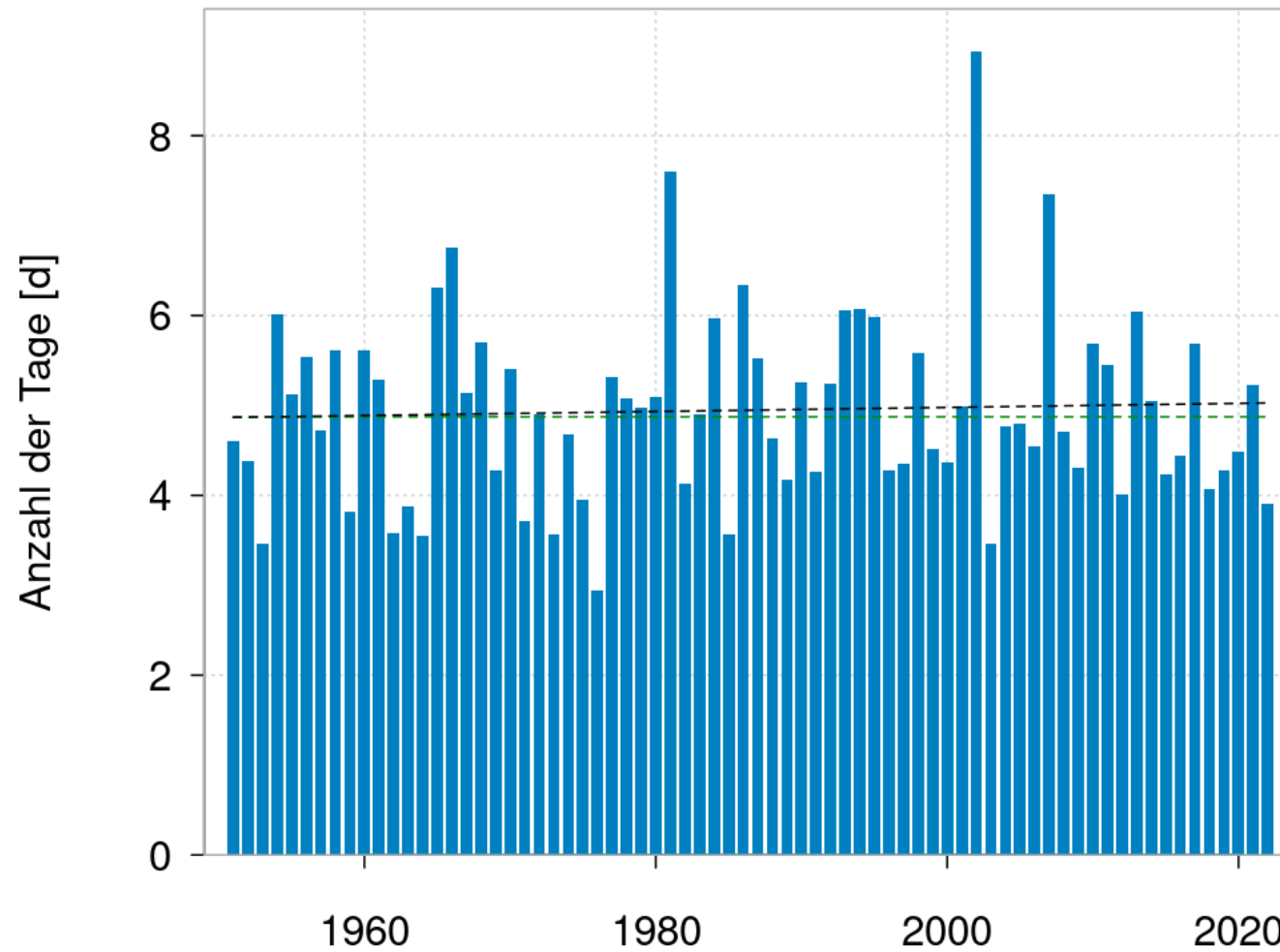
## 6. DIFFERENZIERTE BETRACHTUNG DER STARKNIEDERSCHLÄGE WICHTIG (Quelle DWD 2021)

Bei der Verteilung und Häufigkeit von Starkregenereignissen zeigen sich große Unterschiede. Der Zusammenhang Klimawandel – Starkniederschlag ist komplex und Gegenstand intensiver Forschung. **Im Gebietsmittel für Deutschland hat sich im Zeitraum 1951-2020 die Anzahl von Tagen mit Niederschlägen  $\geq 20$  mm nur unwesentlich verändert. Für die in Mitteleuropa vorwiegend im Sommerhalbjahr relevanten Starkniederschläge kurzer Dauerstufen (kürzer als 24 Stunden) gibt es ebenfalls noch verhältnismäßig wenige Erkenntnisse.** Es existieren zwar einige Anhaltspunkte für eine Zunahme der Intensität sogenannter konvektiver Ereignisse mit steigender Temperatur. Hier besteht aber noch Forschungsbedarf. Neben den Stationsmessungen existieren für die vergangenen 20 Jahre zusätzlich auch flächendeckende Radardaten. Für einige Regionen deuten diese auf eine Zunahme der Häufigkeit von Starkniederschlagsereignissen hin, jedoch lassen sich daraus aufgrund der hohen Variabilität von Jahr zu Jahr sowie der kurzen Zeitreihe noch keine Rückschlüsse auf eine Zunahme von Extremereignissen im Zusammenhang mit dem Klimawandel ziehen. Der beobachtete leichte Anstieg könnte auch durch kurz- und mittelfristige Schwankungen bedingt sein.

# Tage mit Niederschlag $\geq 20$ mm

Deutschland Jahr

1951 - 2022

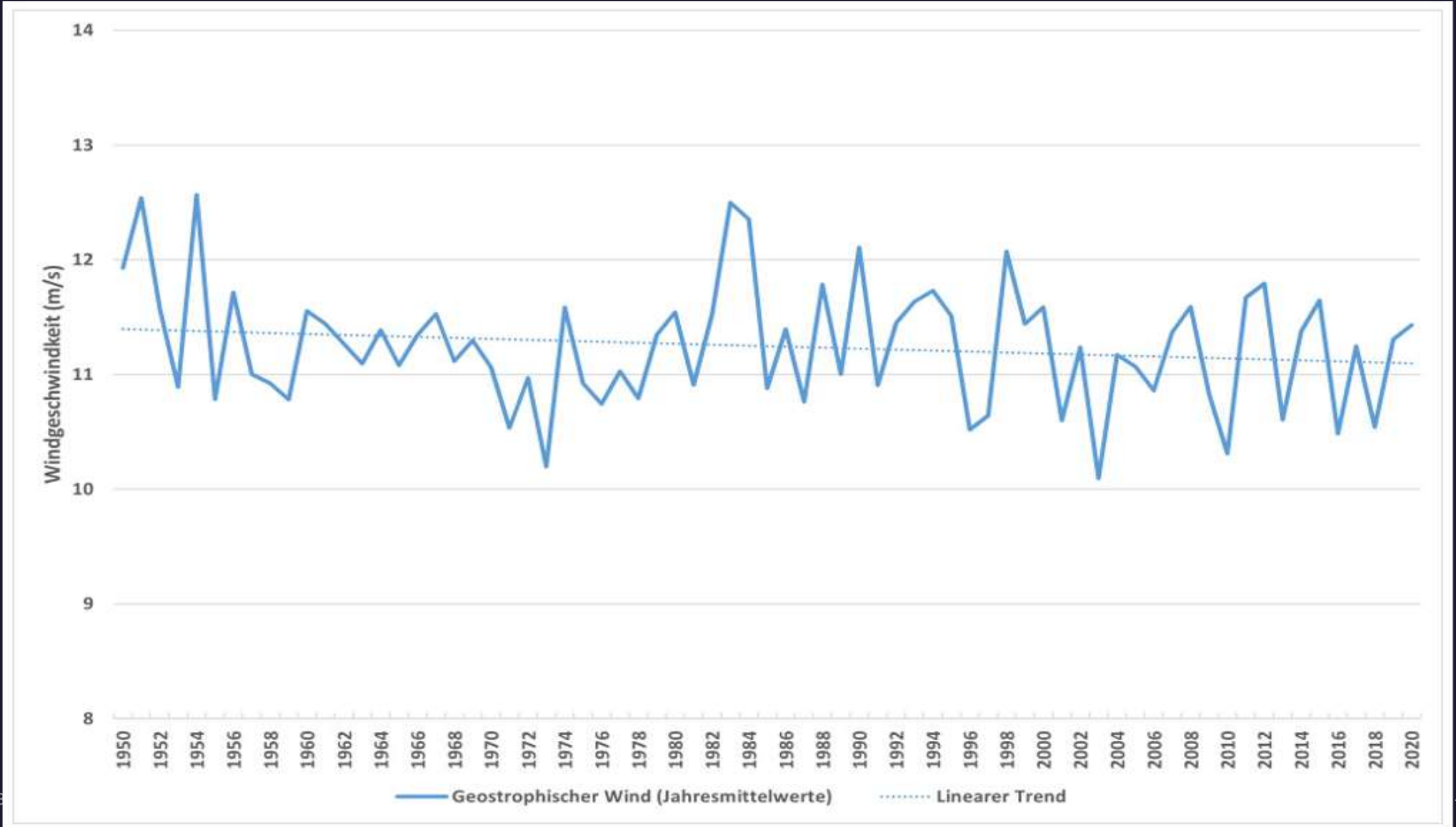


Gebietsmittel

--- vieljähriger Mittelwert (1961 - 1990): 4,9 Tage

--- linearer Trend (1951 - 2022): +0,2 Tage

Jahresmittel des geostrophischen Windes aus den bodennahen Luftdruckdaten der Stationen Hamburg, Emden und List. Dargestellt ist der Zeitraum 1950 bis 2020. Die gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend / Quelle: DWD



# Rekordhagel Italien

Juli 2023



# Hagel Reutlingen

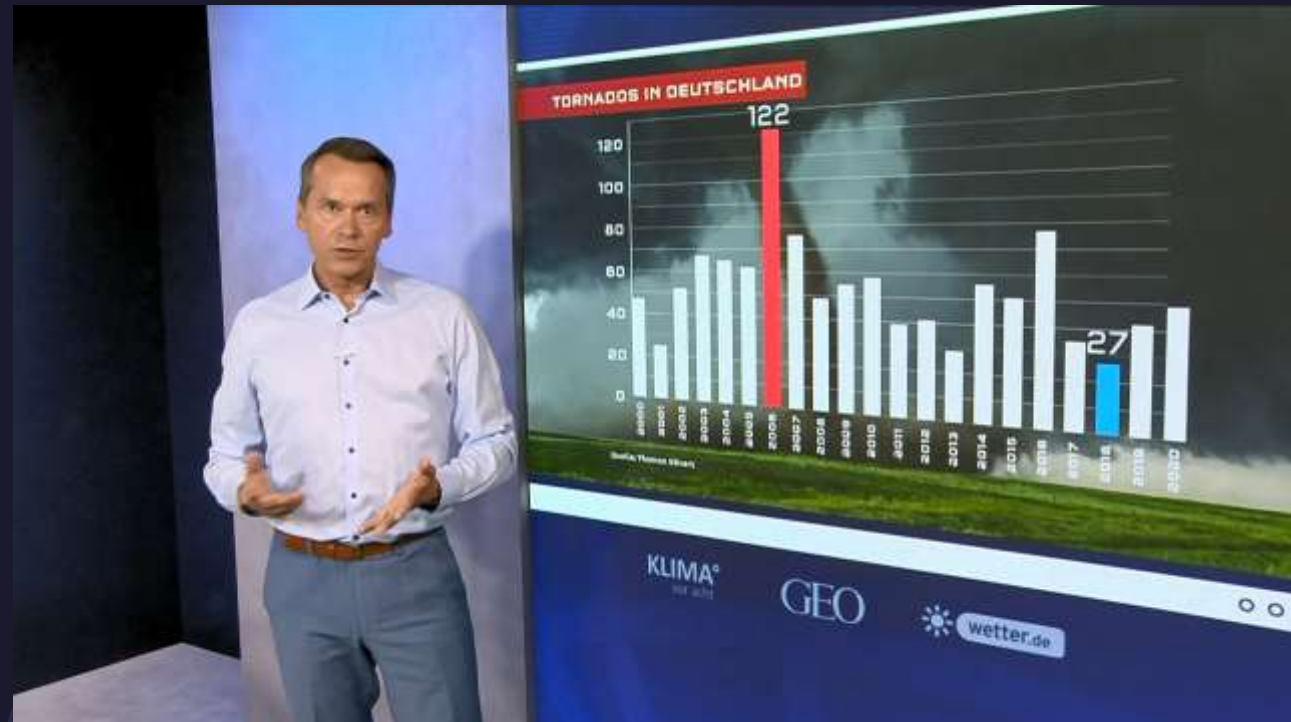
August 2013



# Tornado



Ausgabe vom 24.07.2021 auf [YouTube](#)





Schäden Pforzheim-Tornado 10 Juli 1968  
Quelle: Stadtarchiv Pforzheim, S1-12-13-V-180, Fotograf: Notton

# Tornado-Kräfte



Video aus 2016 auf [YouTube](#)



# Doppel-Tornado



Tornado in Schleswig auf [YouTube](#)

# Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!!!



10 Jahre



20 Jahre



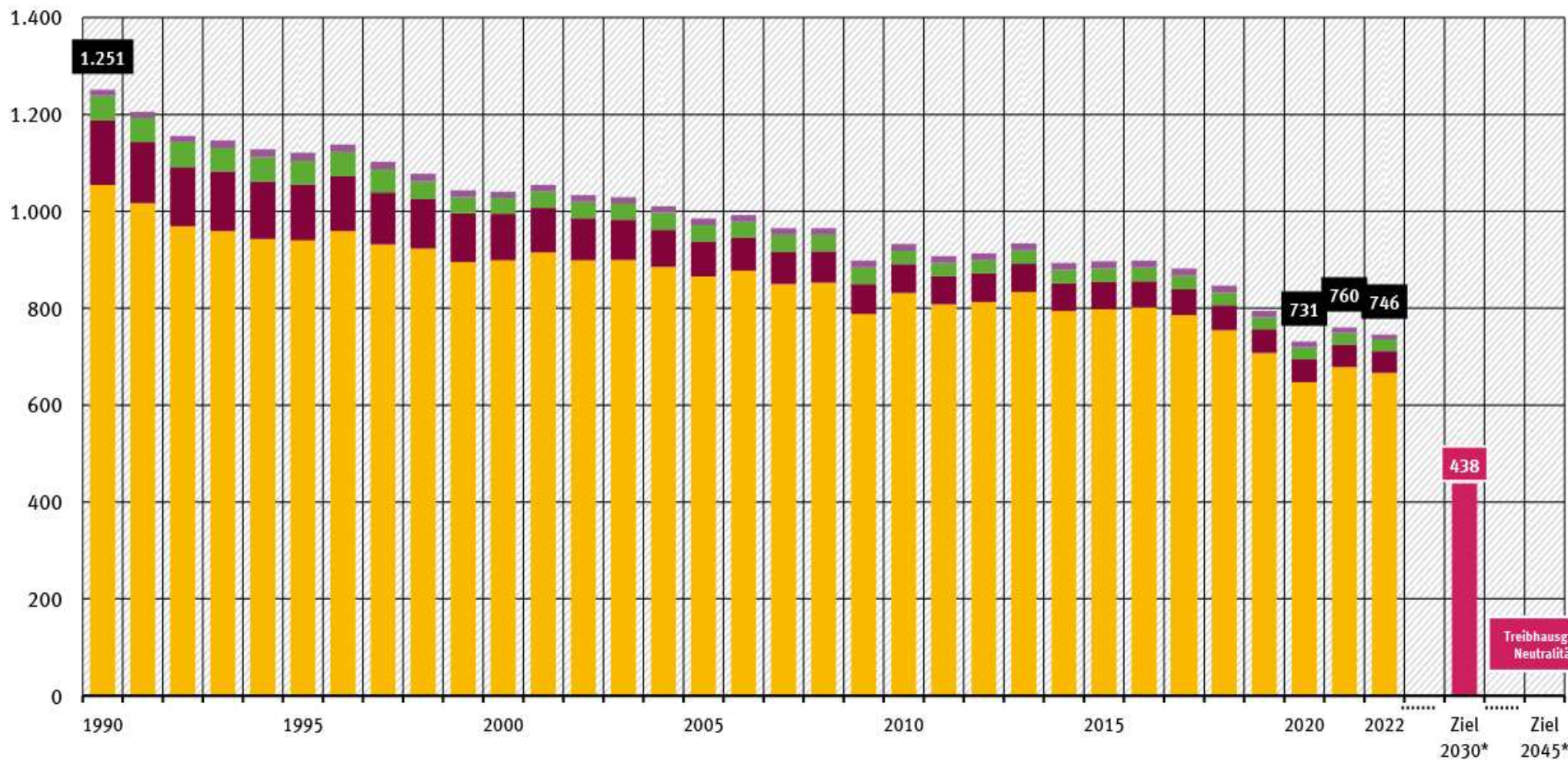
30 Jahre



50 Jahre

# Treibhausgas-Emissionen seit 1990 nach Gasen

Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente



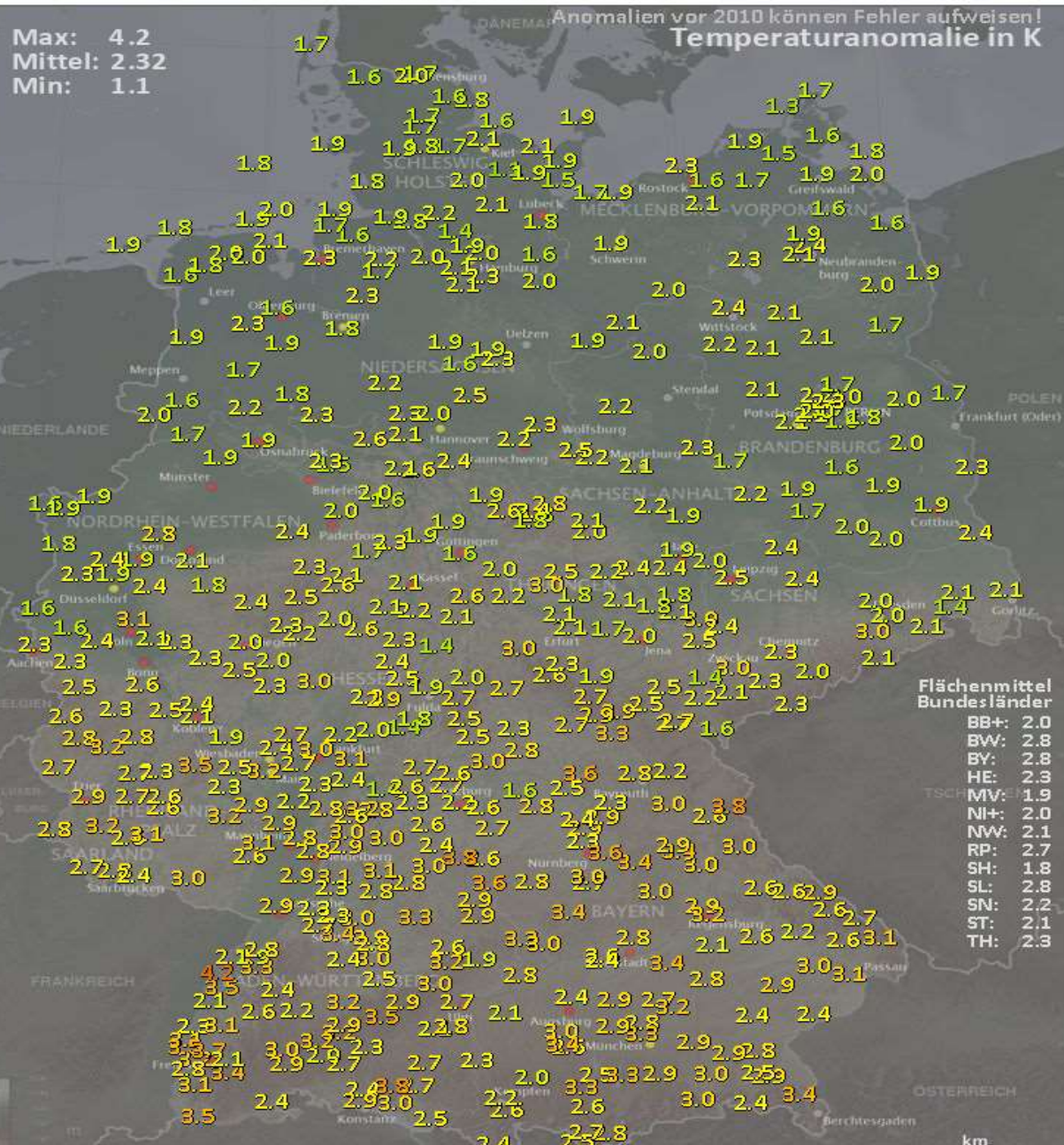
■ Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)    
 ■ Methan (CH<sub>4</sub>)    
 ■ Distickstoffoxid (Lachgas, N<sub>2</sub>O)    
 ■ F-Gase (HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub> & Mix)

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

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2021  
 (Stand 03/2023), für 2022 vorläufige Daten (Stand 15.03.2023)

# Abweichung der Mitteltemperatur vom Mittel 1961-1990

## Sommerhalbjahr 2003



# Abweichung der Mitteltemperatur vom Mittel 1961-1990

## Sommerhalbjahr 2018

