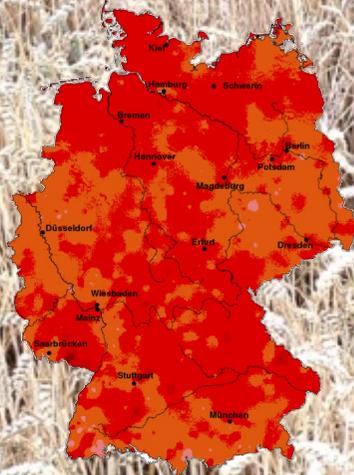
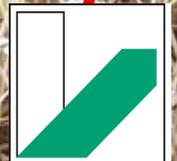
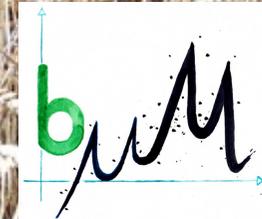


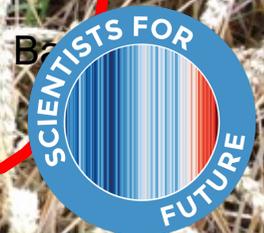
Regionale Klimaveränderung in Oberfranken: Messbare Signale und Auswirkungen



Bayreuth
11. November 2024



CO₂

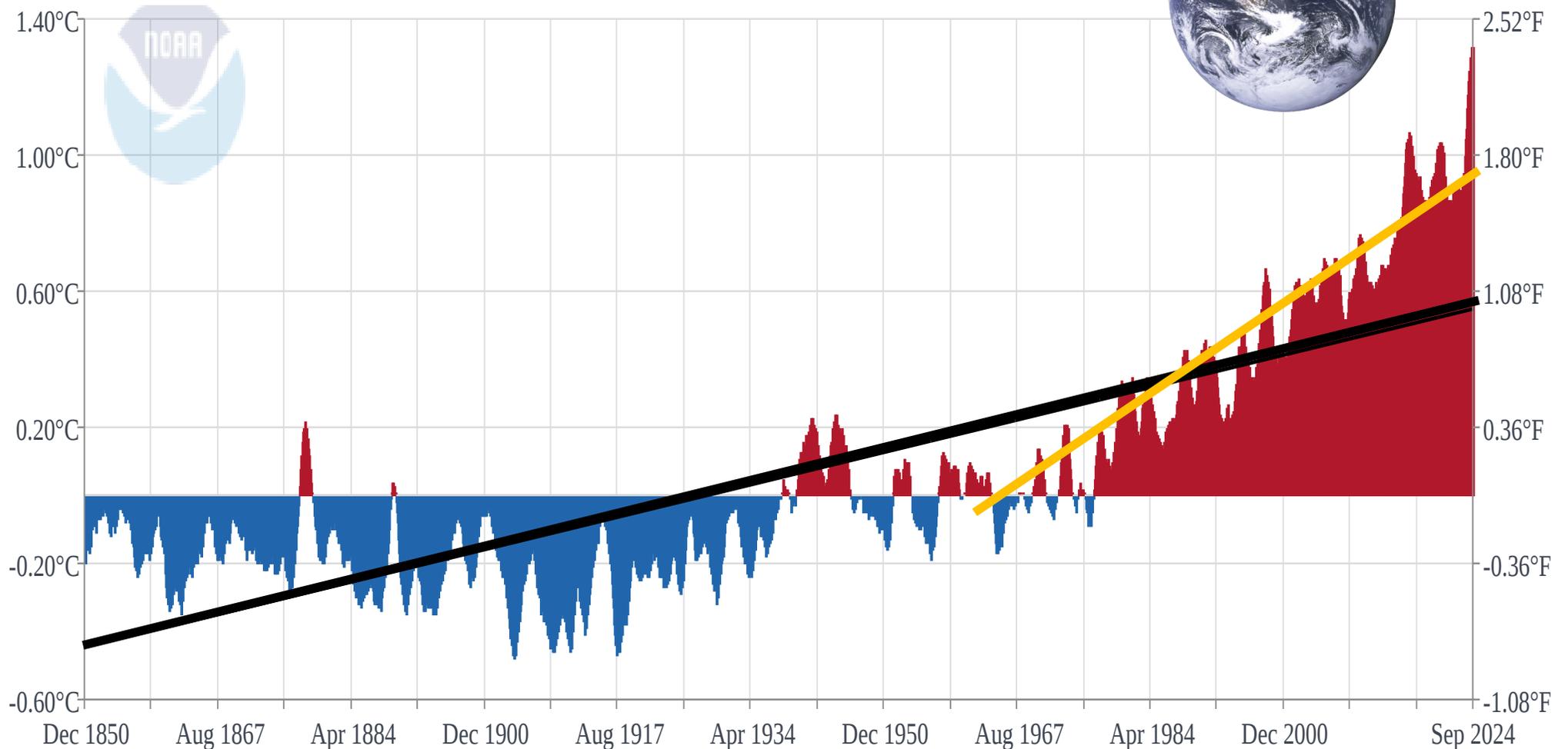


Prof. Dr. Christoph Thomas und Dr. Wolfgang Babel
Mikrometeorologie, Universität Bayreuth
christoph.thomas@uni-bayreuth.de, wolfgang.babel@uni-bayreuth.de

Klimaentwicklung Global über Land & Ozean - Temperatur

Trend 1850-2024: + 0,57 ° C pro 100 Jahre

Trend 1961-2024: + 1,76 ° C pro 100 Jahre



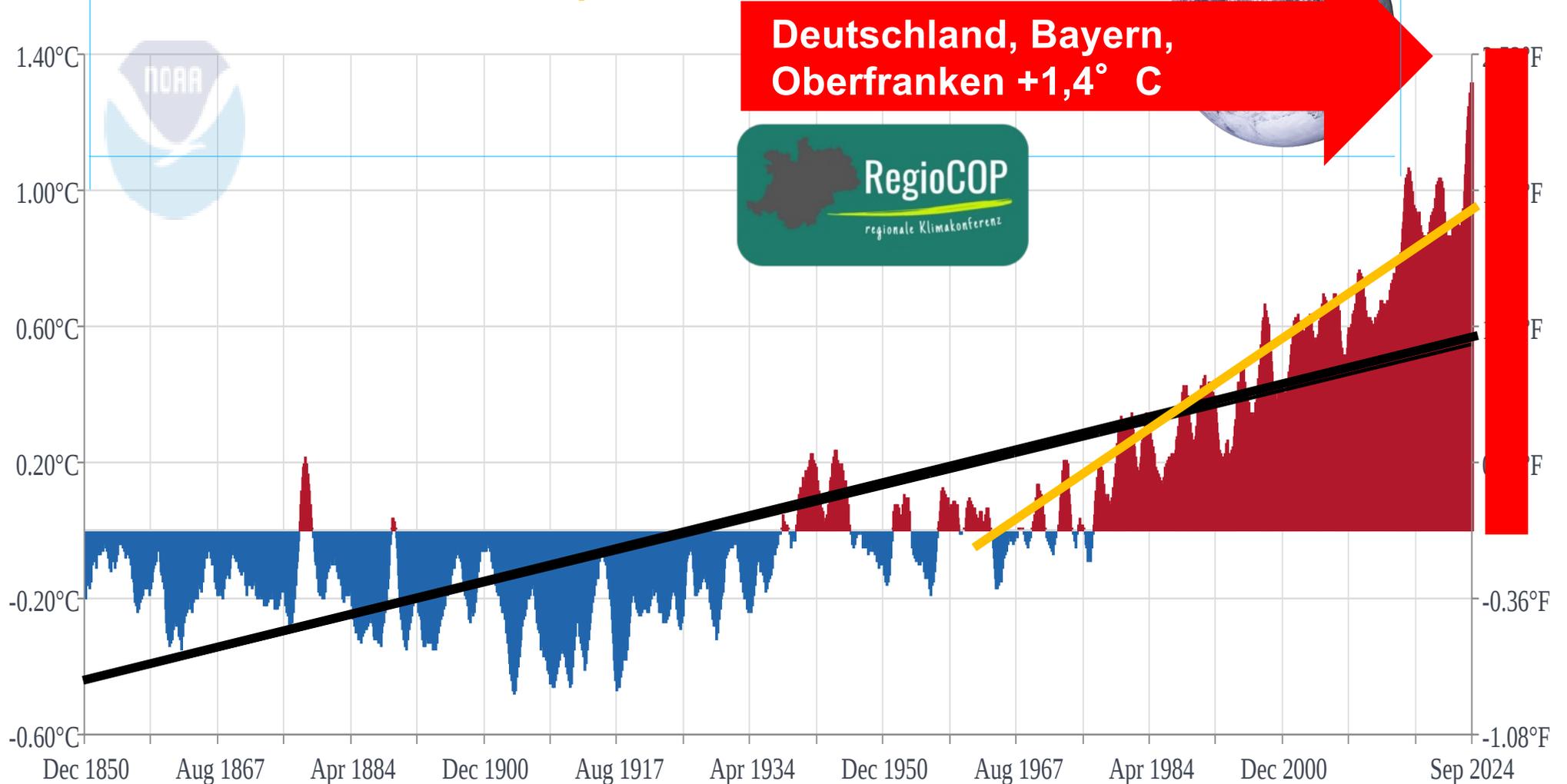
Referenz: Mittelwert über das 20. Jhd

NOAA National Centers for Environmental information, Climate at a Glance: Global Time Series, published November 2024, retrieved on November 10, 2024 from <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series>

Klimaentwicklung Global über Land & Ozean - Temperatur

Trend 1850-2024: + 0,57 ° C pro 100 Jahre

Trend 1961-2024: + 1,76 ° C pro 100 Jahre

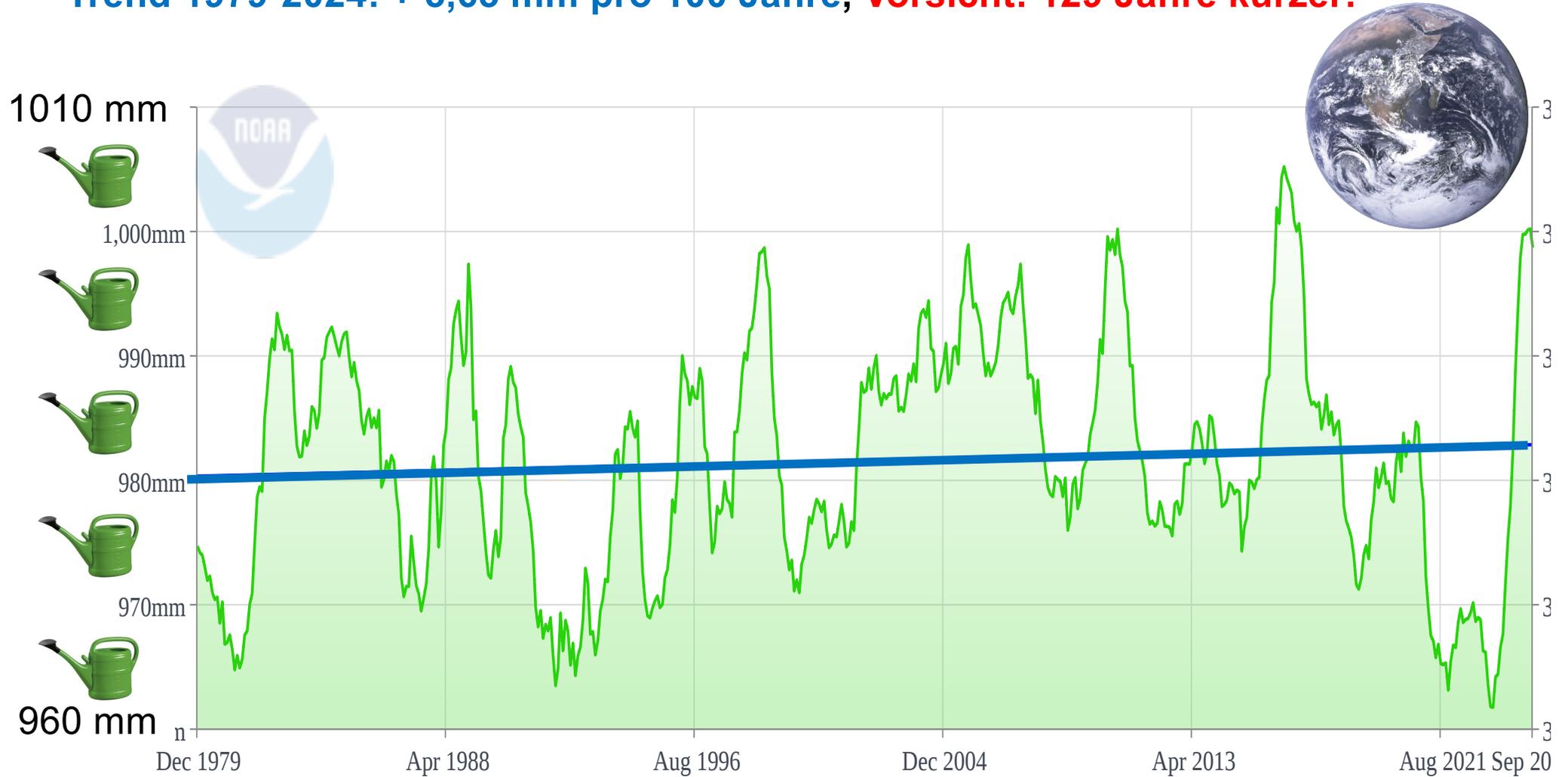


Referenz: Mittelwert über das 20. Jhd

NOAA National Centers for Environmental information, Climate at a Glance: Global Time Series, published November 2024, retrieved on November 10, 2024 from <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series>

Klimaentwicklung Global über Land & Ozean - Niederschlag

Trend 1979-2024: + 5,65 mm pro 100 Jahre, **Vorsicht: 129 Jahre kürzer!**



NOAA National Centers for Environmental information, Climate at a Glance: Global Time Series, published November 2024, retrieved on November 10, 2024 from <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series>

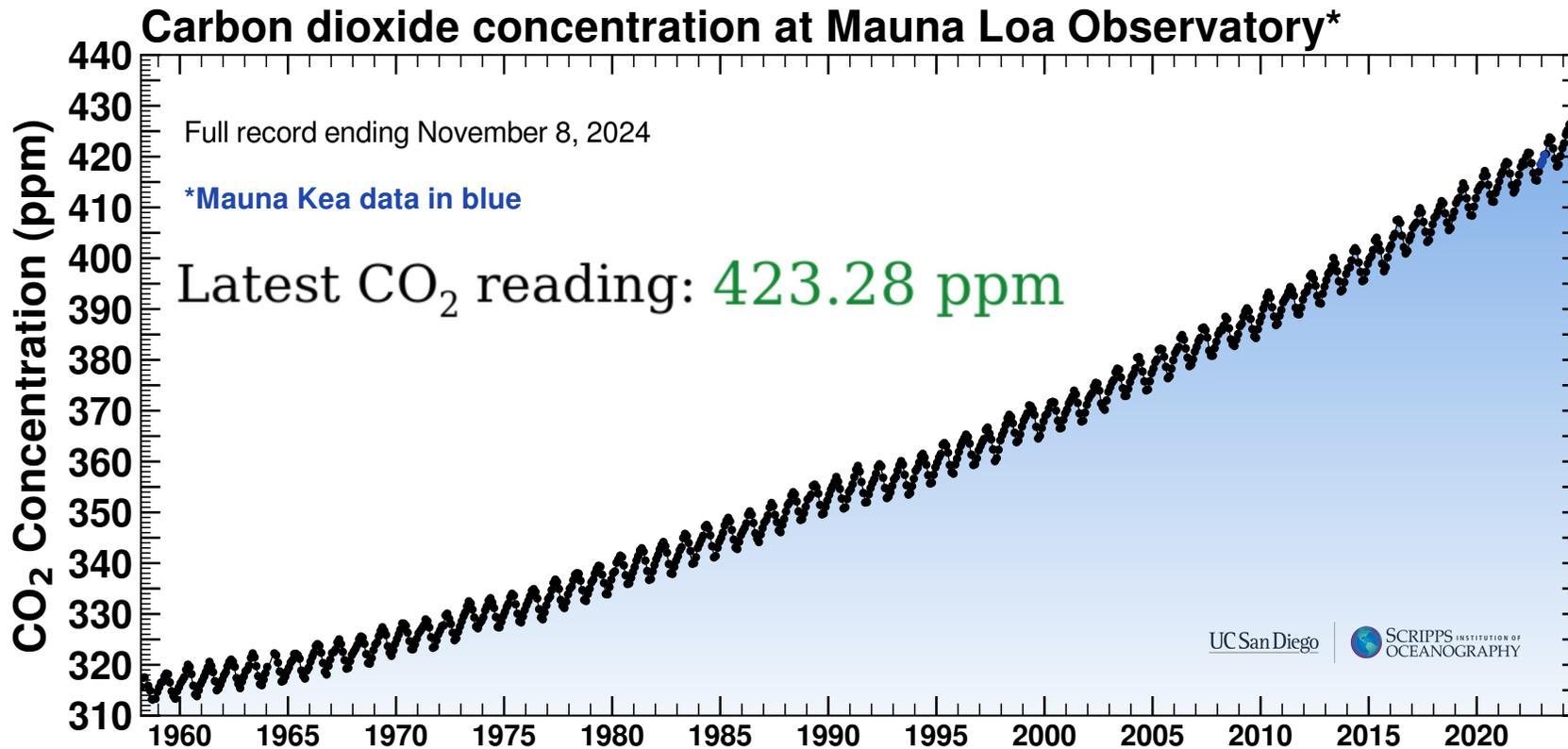
Die Ikone der Klimaveränderungen ?



Menschengemachter Anstieg des CO₂ Gehalts der Atmosphäre: Die Keelingkurve



Charles David Keeling (1928 – 2005)



Mittlere Anstiegsrate seit 1958: $1.6 \pm 0.15 \text{ ppm yr}^{-1}$

Quelle: <http://keelingcurve.ucsd.edu>

Höchster Anstieg über 1 Jahr:

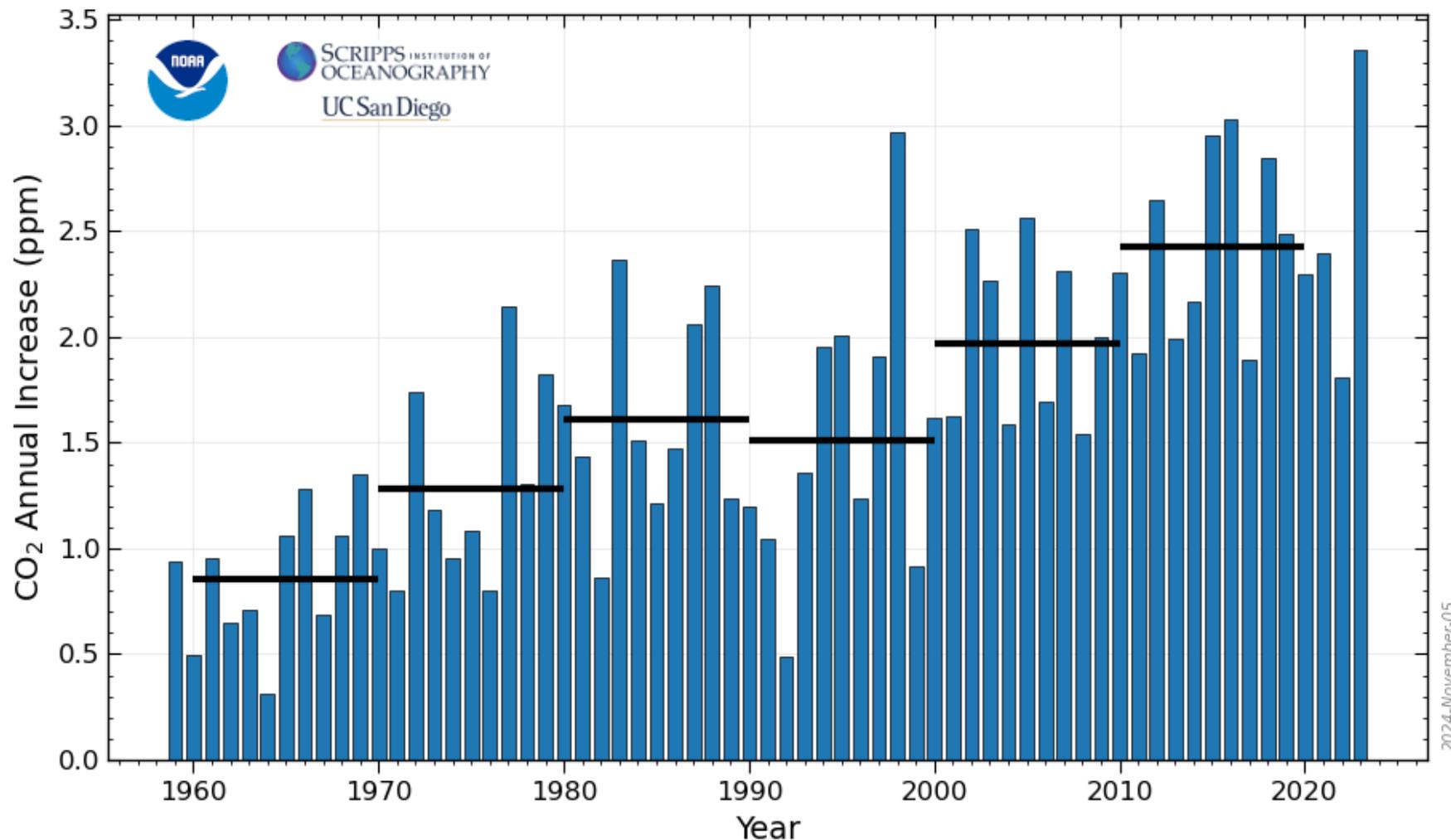
März 2023 bis März 2024: +4,7 ppm CO₂

Menschengemachter Anstieg des CO₂ Gehalts der Atmosphäre: Die Keelingkurve

<https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/gr.html>

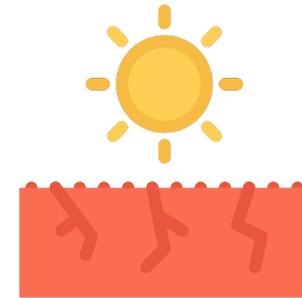


Mittlere Anstiegsrate jeweils über 10 Jahre



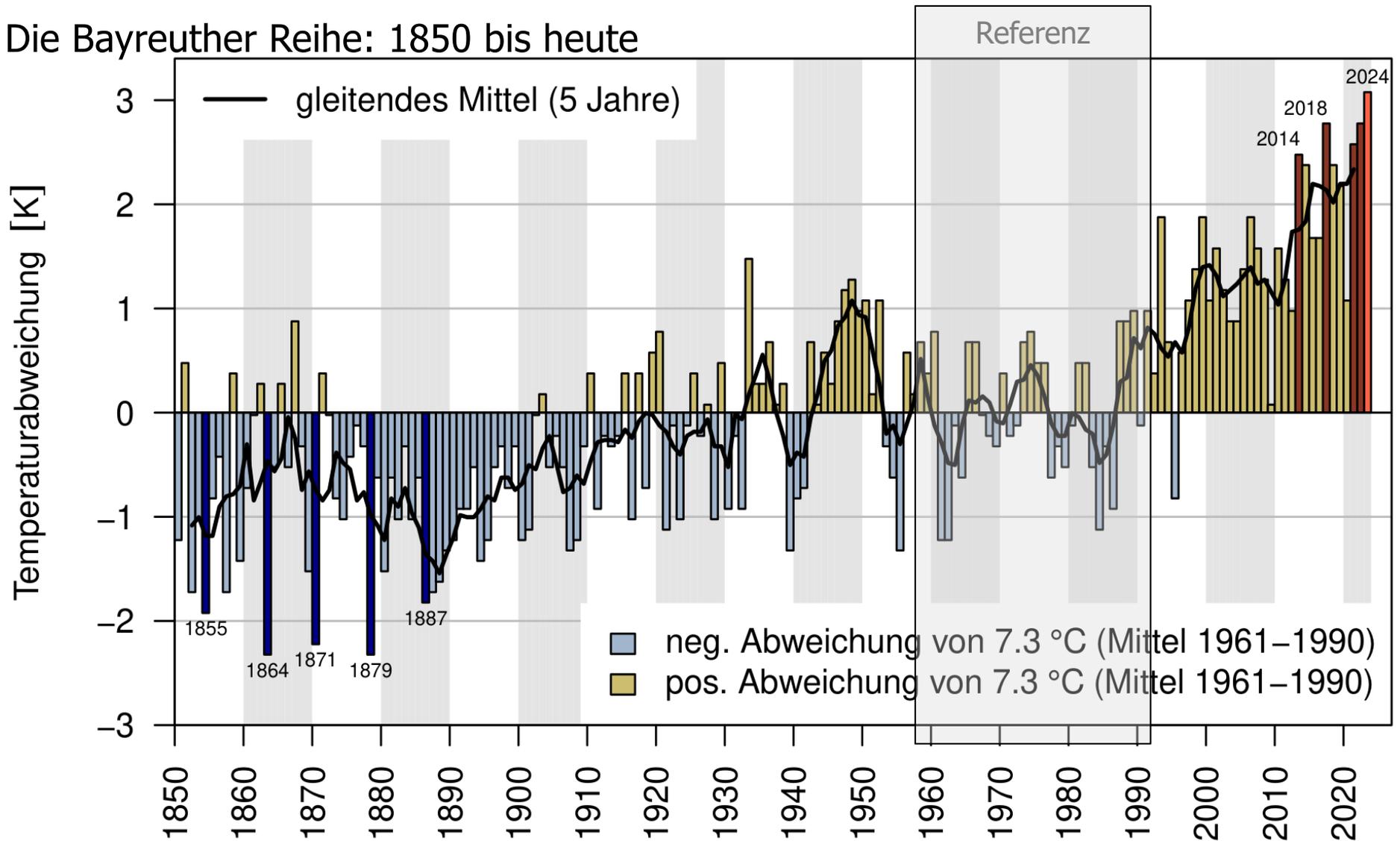
Source:
https://gml.noaa.gov/webdata/ccgg/trends/co2_data_mlo_anngr.png

Messbare Klimaveränderung in Oberfranken



Klimaentwicklung in Oberfranken - Lufttemperatur

Die Bayreuther Reihe: 1850 bis heute

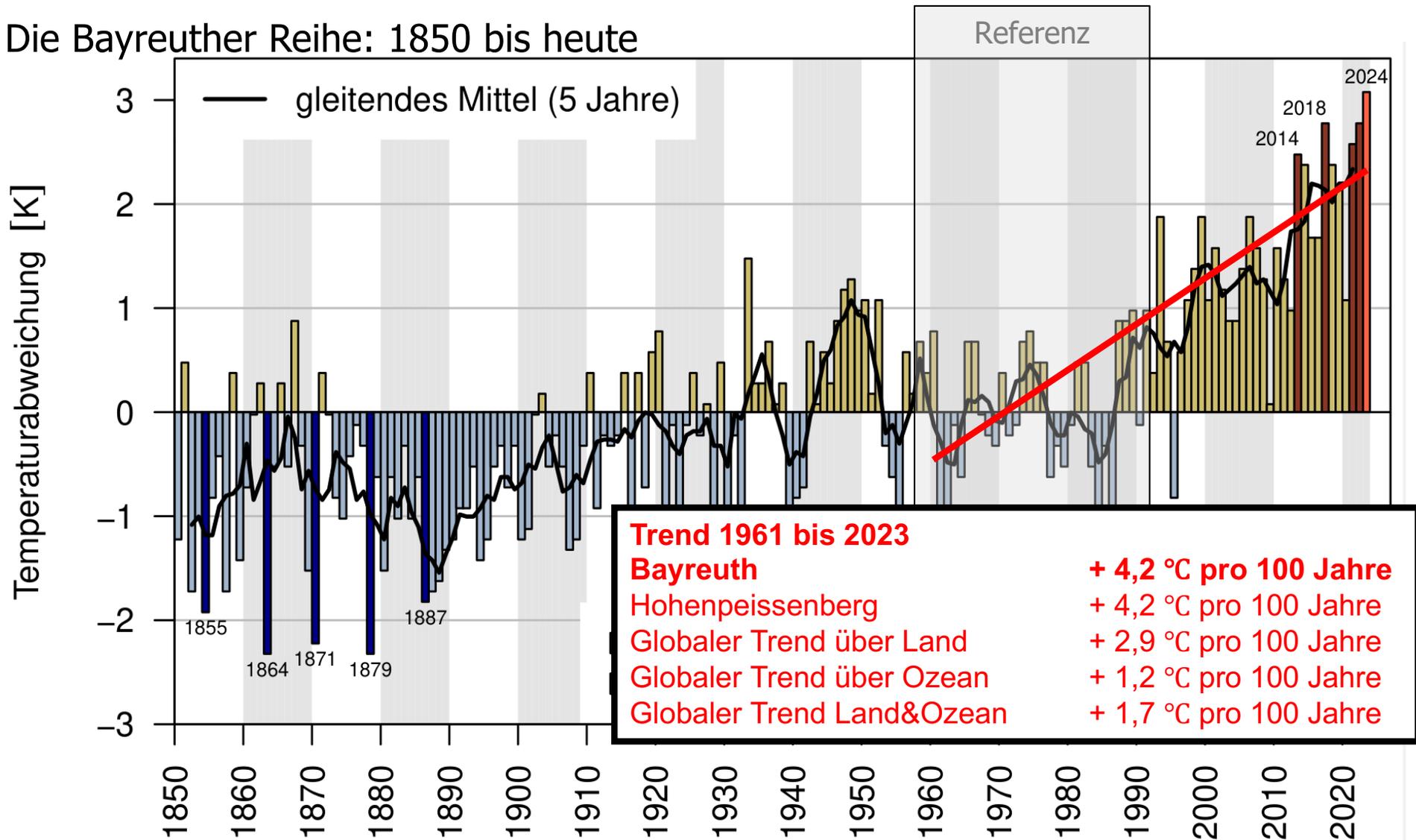


Homogenisierte Zeitreihe der Lufttemperatur in K, ÖBG Bayreuth, 1851 bis 2024.
Abweichung der jeweiligen Jahresmittel vom langjährigen Mittel 1961 bis 1990 (7.25 ° C).
Markierte Jahre: Quantile 2.5% (kälteste) und 97.5% (wärmste).

Nach: [Lüers et al., 2014, Arbeitsergebnisse, Mikrometeorologie, Universität Bayreuth](#)

Klimaentwicklung in Oberfranken - Lufttemperatur

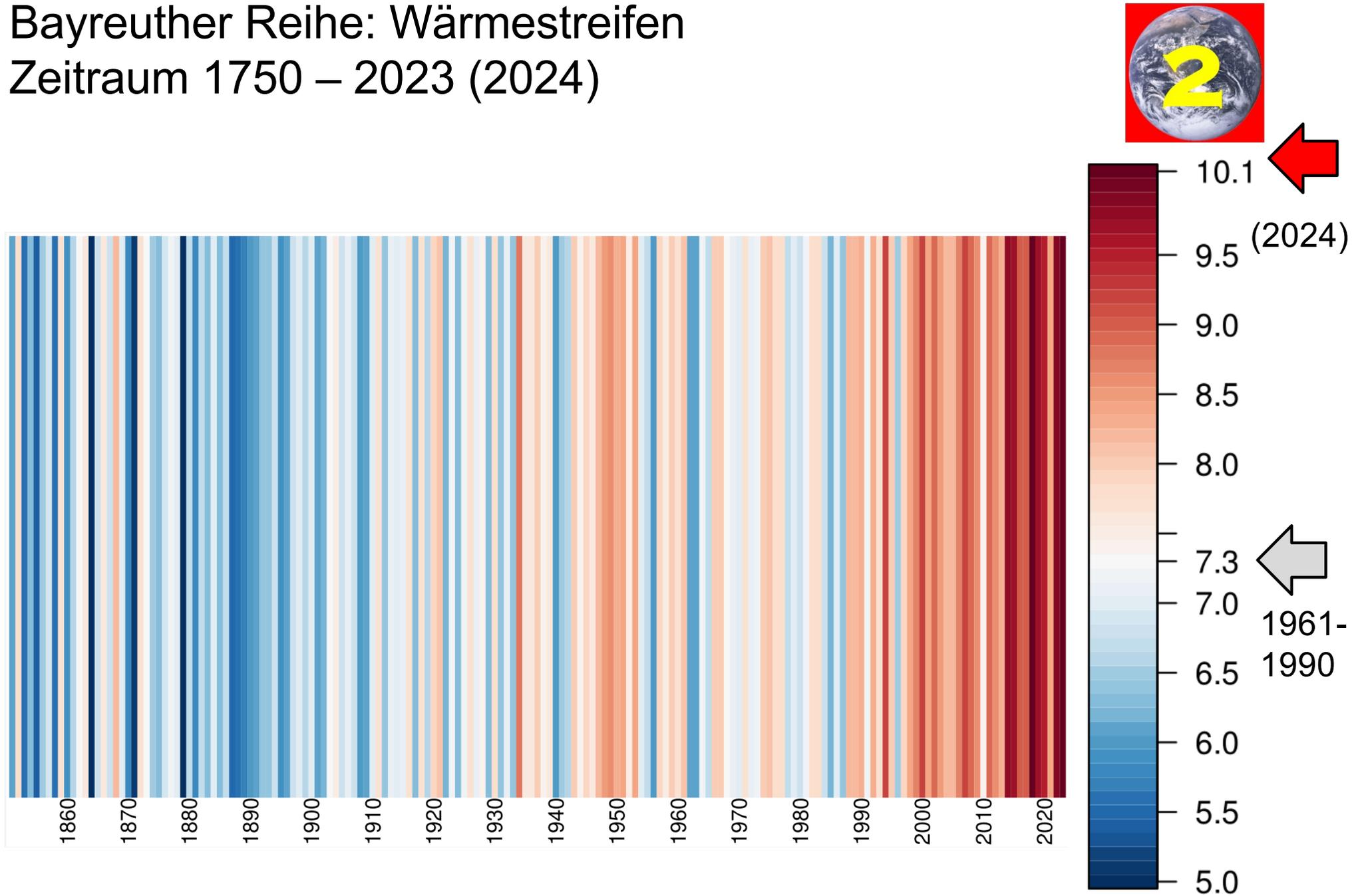
Die Bayreuther Reihe: 1850 bis heute



Homogenisierte Zeitreihe der Lufttemperatur in K, ÖBG Bayreuth, 1851 bis 2024.
Abweichung der jeweiligen Jahresmittel vom langjährigen Mittel 1961 bis 1990 (7.25 ° C).
Markierte Jahre: Quantile 2.5% (kälteste) und 97.5% (wärmste).

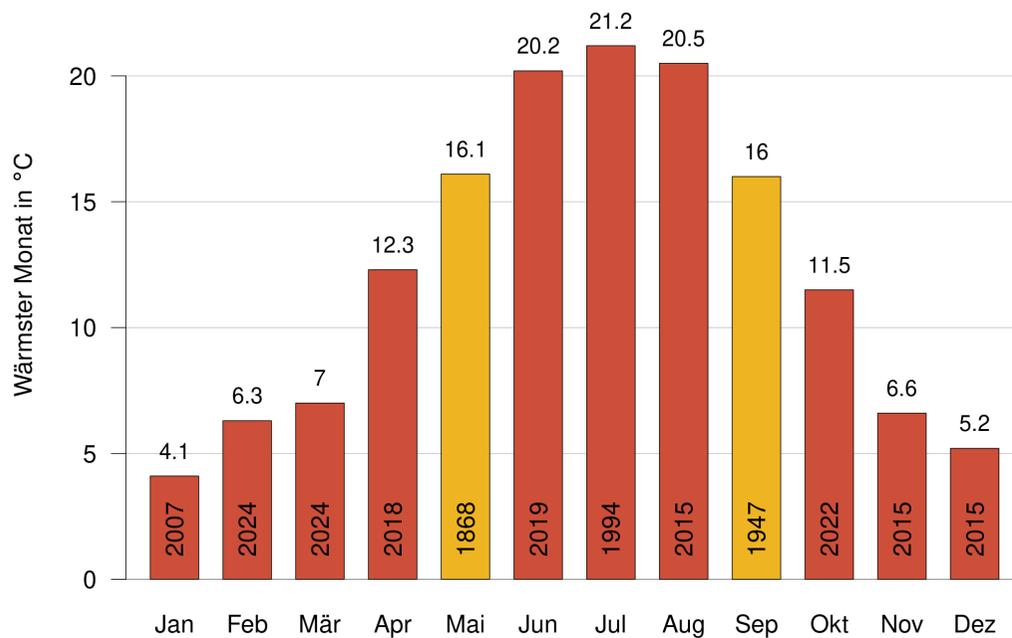
Nach: [Lüers et al., 2014, Arbeitsergebnisse, Mikrometeorologie, Universität Bayreuth](#)

Bayreuther Reihe: Wärmestreifen Zeitraum 1750 – 2023 (2024)



Lufttemperatur in Bayreuth – Extremwerte

Wärmster (oben) bzw. kältester (unten) Monatswert im Zeitraum 1851 bis 2024, Bayreuth.

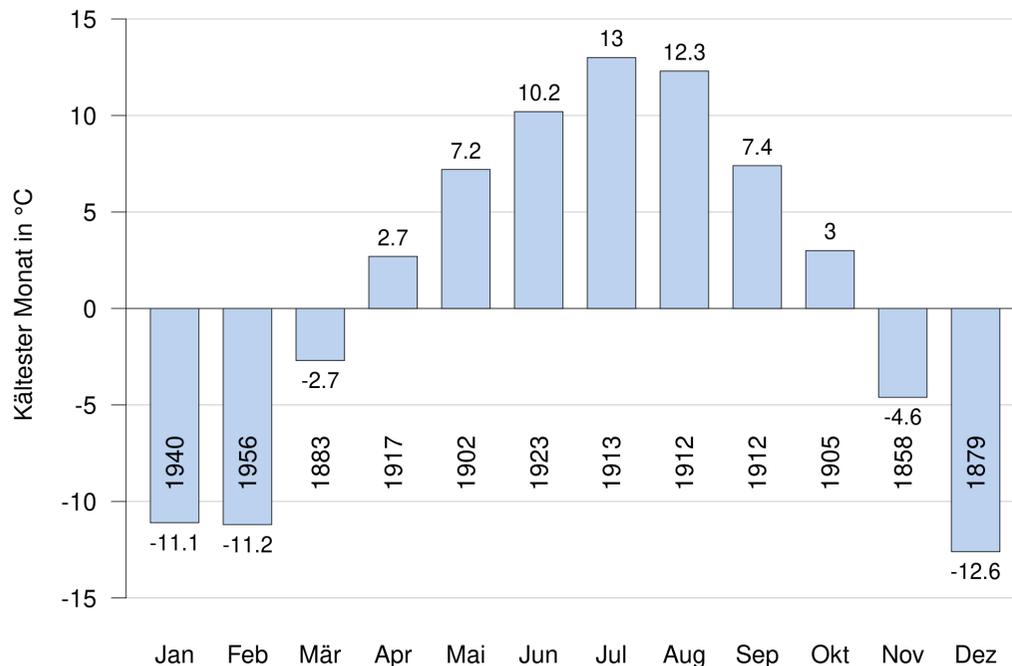


- Wärmeextreme**

10 Rekordmonate **nach 1990**



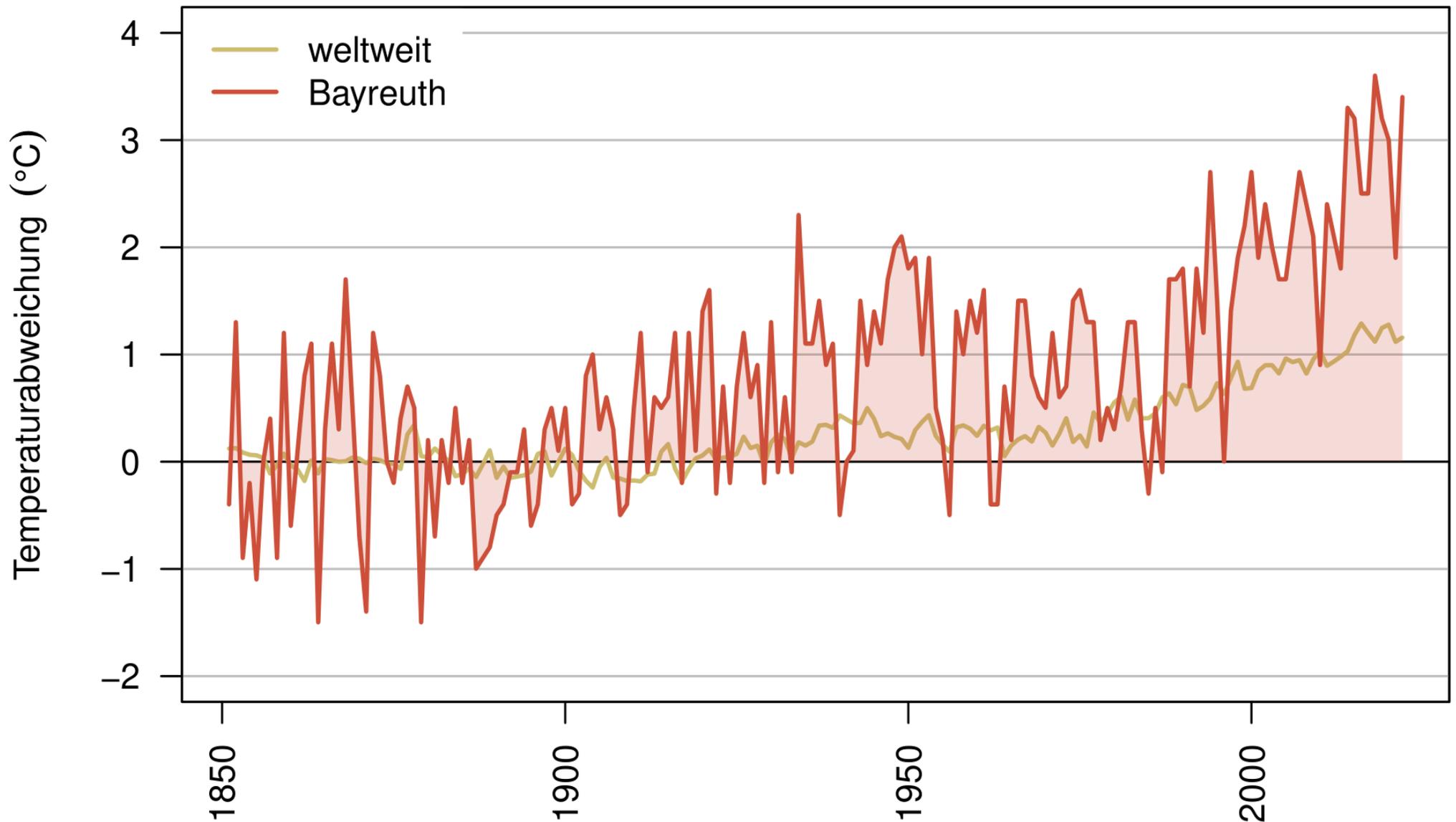
2024: Februar **+6,8°C** und März **+4,1 °C** gegenüber 1961-1990



- Kälteextreme**

12 Rekordmonate **vor 1960**

Klimaentwicklung in Bayreuth und weltweit - Lufttemperatur



Lufttemperatur – Was bedeutet das für Oberfranken?

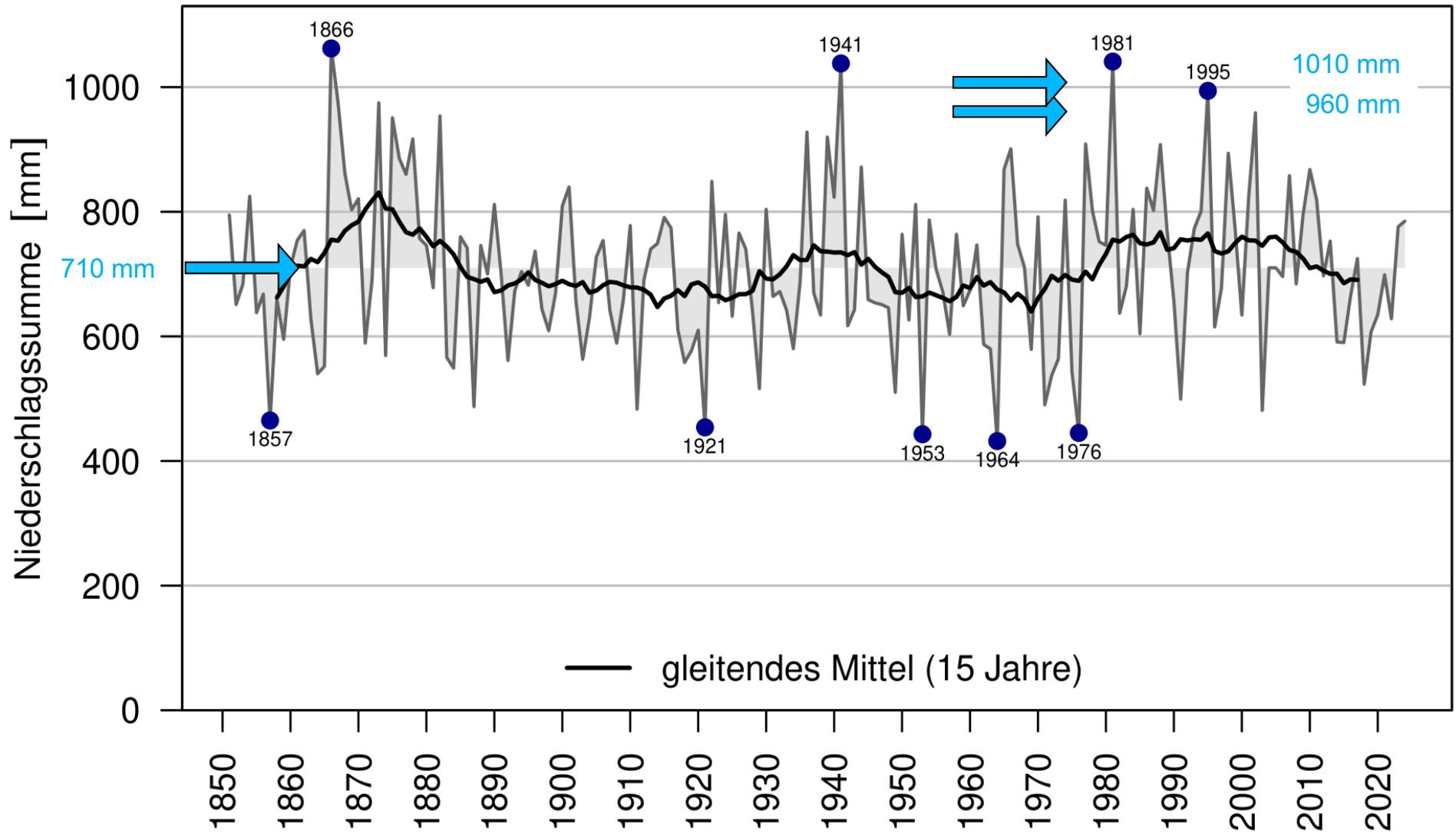
- Oberfranken wird im **Mittel erheblich wärmer**, in allen Monaten, **vor allem aber im Winter und Sommer** (Dezember&Januar, April bis August). Die Jahre 2014, 2015, 2018 und 2033 waren die wärmsten seit Aufzeichnungsbeginn im Jahr 1850. **Wenn der jetzige November und Dezember nicht sehr kalt werden, dann wird 2024 das wärmste Jahr!**
- Die momentane (1961-2023) Zunahme der **Erwärmung in Oberfranken/ Bayern/ Deutschland ist mehr als doppelt so stark** im Vergleich zum globalen Mittel (+4,2 °C vs. +1,7 °C pro 100 Jahre).
- Die monatlichen **Wärmeextreme häufen sich** in den letzten 30 Jahren, **die Kälteextreme sind verschwunden**.
- Weniger Wasser für Mensch, Pflanze & Tier durch mehr **erhöhte Verdunstung und dadurch entstehender Dürre** nur durch hohe Temperaturen, selbst ohne Niederschlagsmangel
- Mögliche Ausbreitung **wärmeliebender Krankheitserreger** und deren Überträger



© Ennio
Leanza/KEYSTONE
/dpa/Archivbild

Klimaentwicklung in Oberfranken - Niederschlag

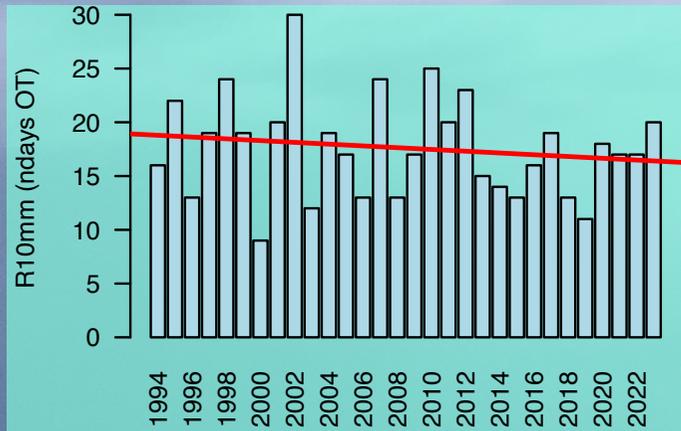
Die Bayreuther Reihe: 1851 bis heute



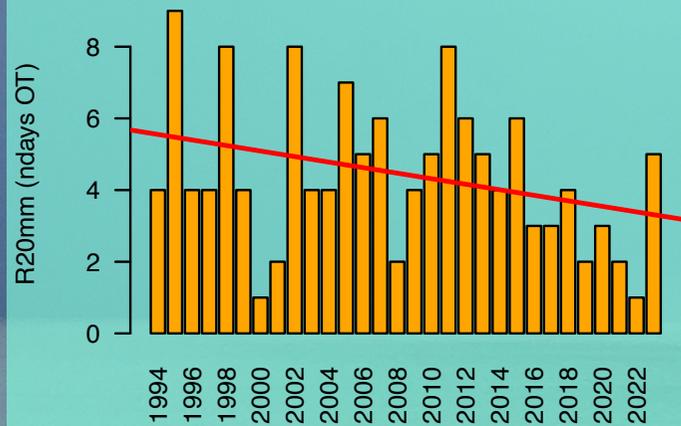
Homogenisierte Zeitreihe der Niederschläge in mm, ÖBG Bayreuth, 1851 bis 2024.
Abweichung der jeweiligen Jahressumme vom langjährigen Mittel 1961 bis 1990 (710 mm).

Nach: [Lüers et al., 2014, Arbeitsergebnisse, Mikrometeorologie, Universität Bayreuth](#)

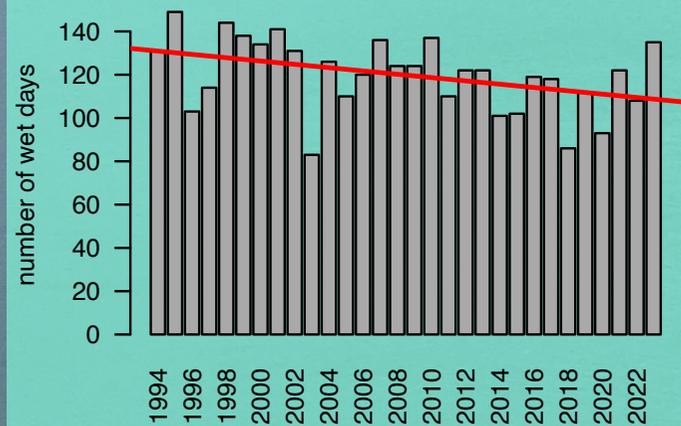
Klimaentwicklung in Oberfranken – Niederschlag 1994 bis 2023



Anzahl der **Starkregentage** (> 10mm)



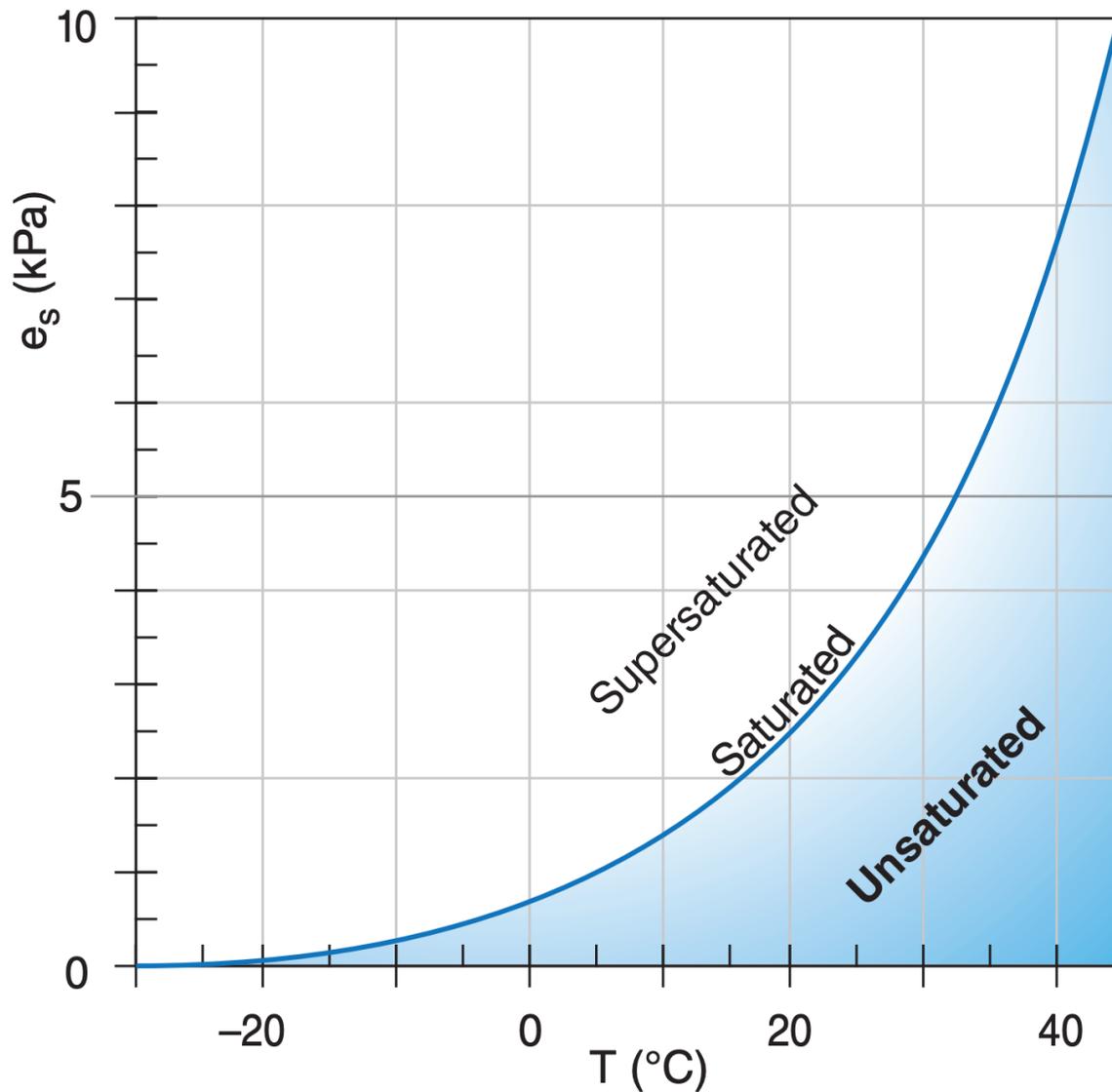
Anzahl der **Stärkstregentage** (> 20mm)



Anzahl der **Feuchttage** (> 1mm)



Maximaler Wasserdampfanteil hängt von der Temperatur ab

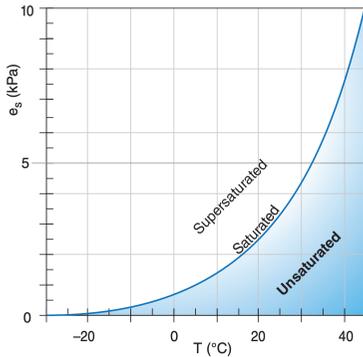


Der variable Anteil des Wasserdampfs (0 bis 5%) wird hauptsächlich durch die **Temperatur** bestimmt, und dann erst durch die **Wasserverfügbarkeit** und **Durchmischungsprozesse** in der Atmosphäre.

Physikalischer Zusammenhang (sog. **Klimaskalierung**):

+ 7% pro 1 °C

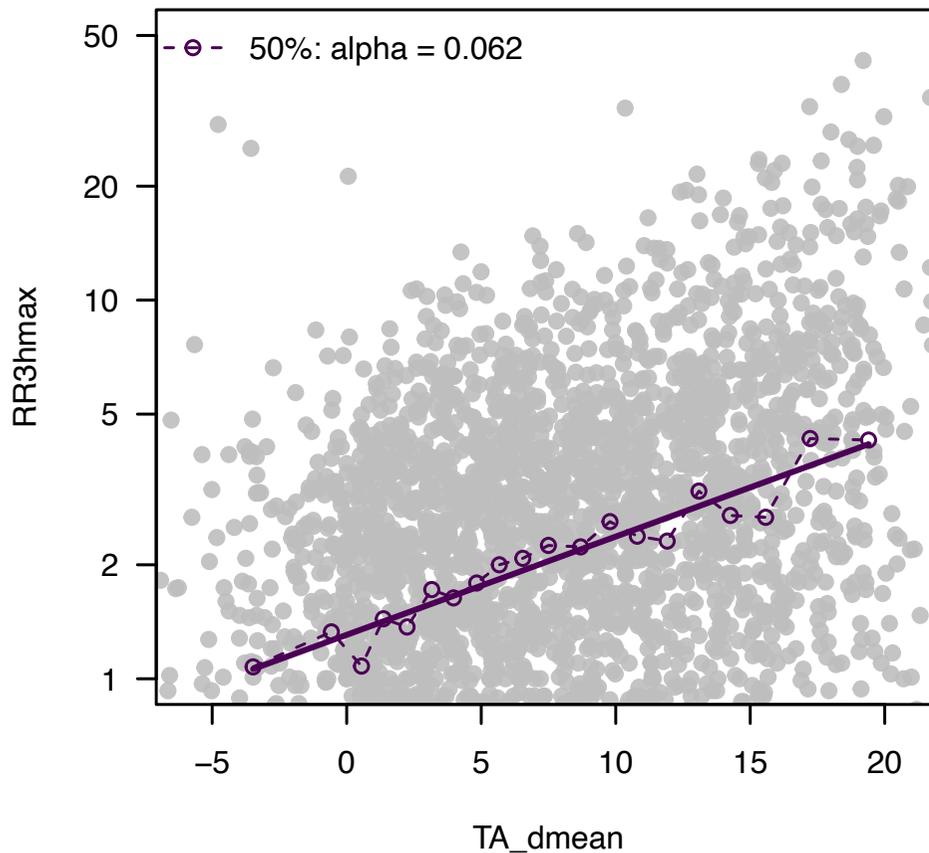
Klimaentwicklung in Oberfranken – Niederschlag 1994 bis 2023



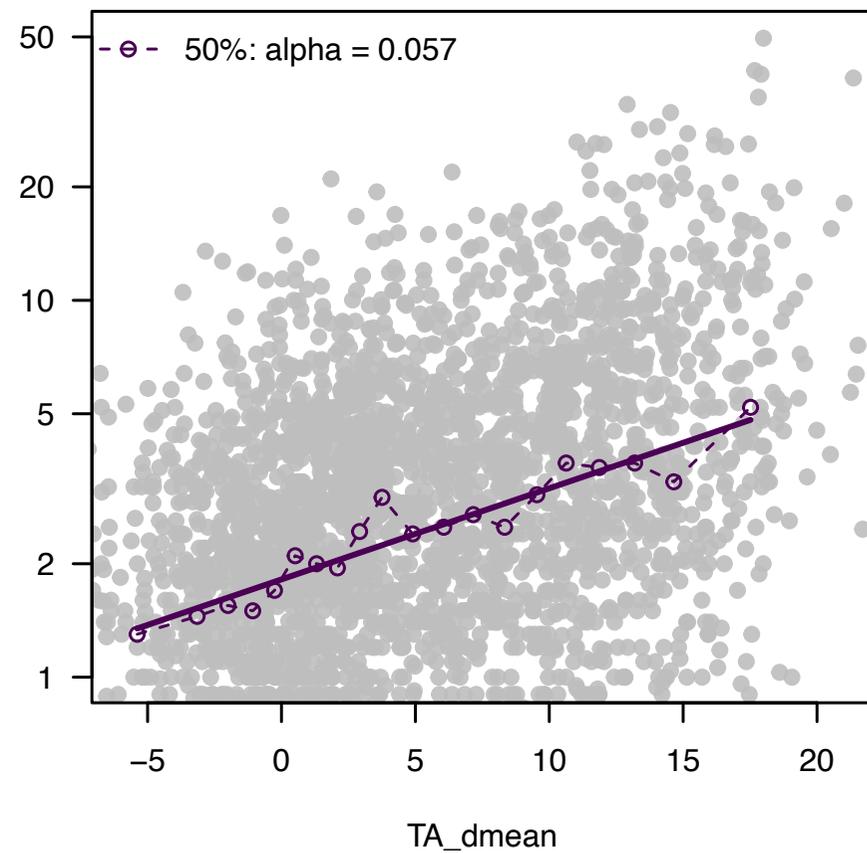
Klimaskalierung der Einzelereignisse:

Maximaler Niederschlag in 3 h

Bayreuth

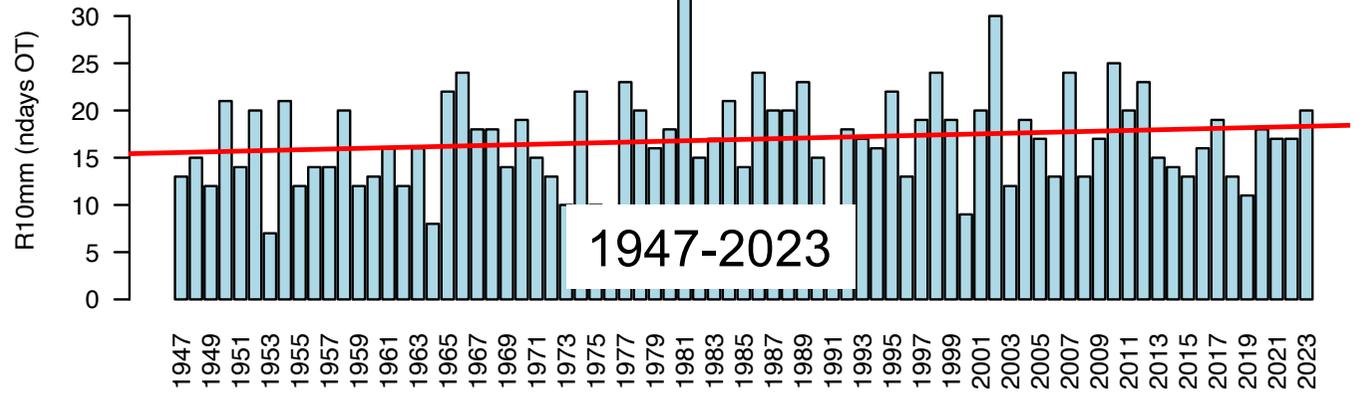
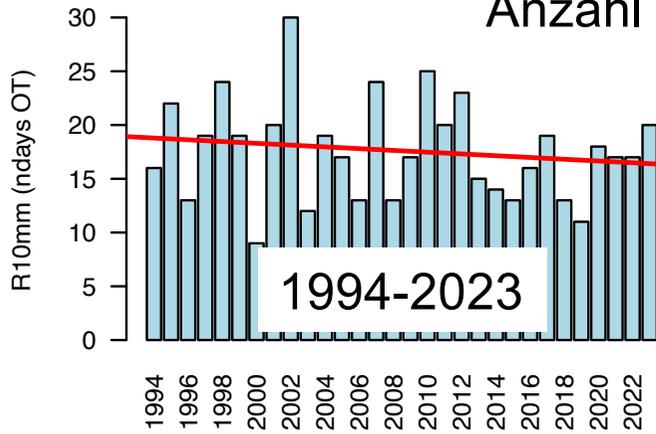


Waldstein, Fichtelgebirge

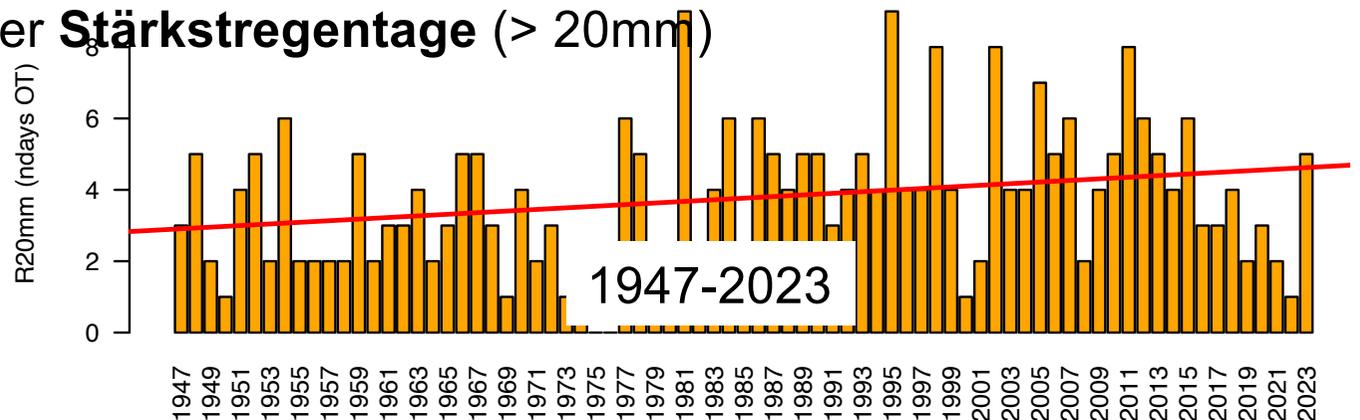
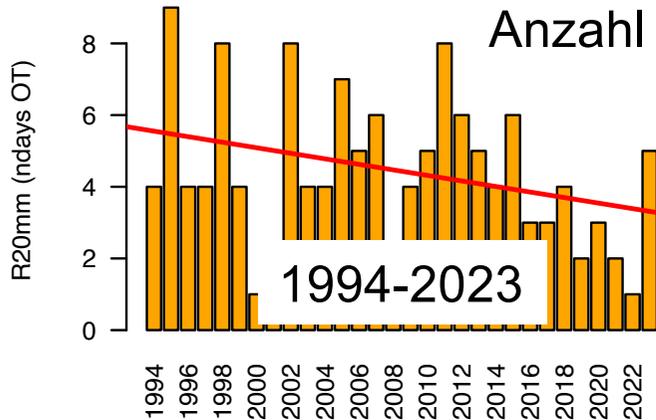


Klimaentwicklung in Oberfranken – Niederschlag

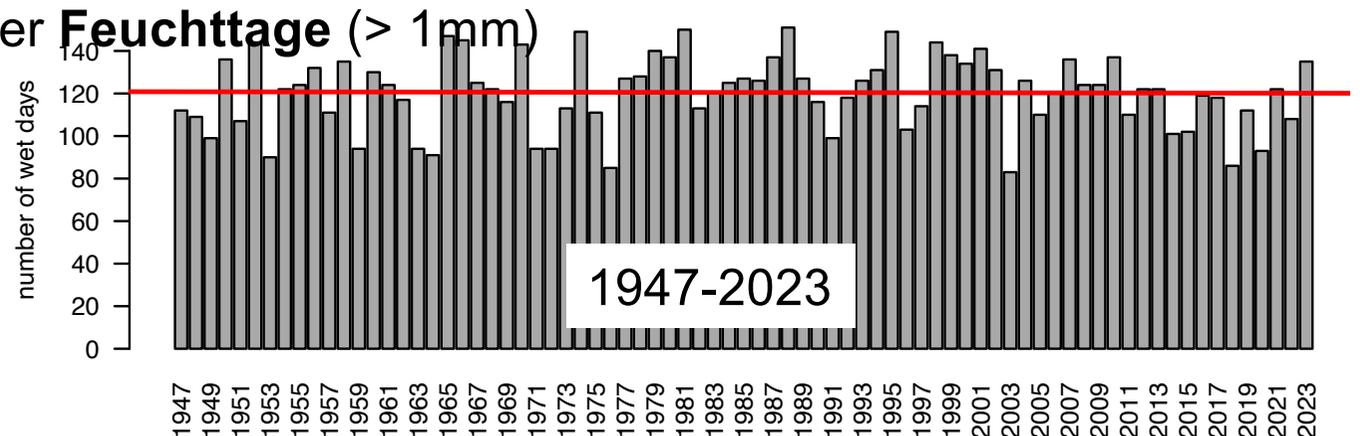
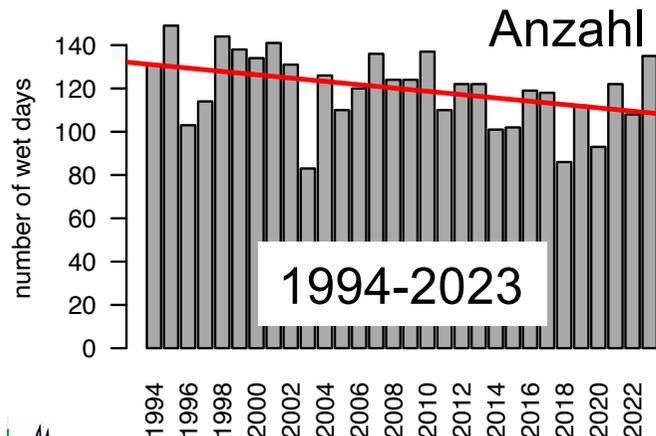
Anzahl der Starkregentage (> 10mm)



Anzahl der Stärkstregentage (> 20mm)



Anzahl der Feuchttage (> 1mm)



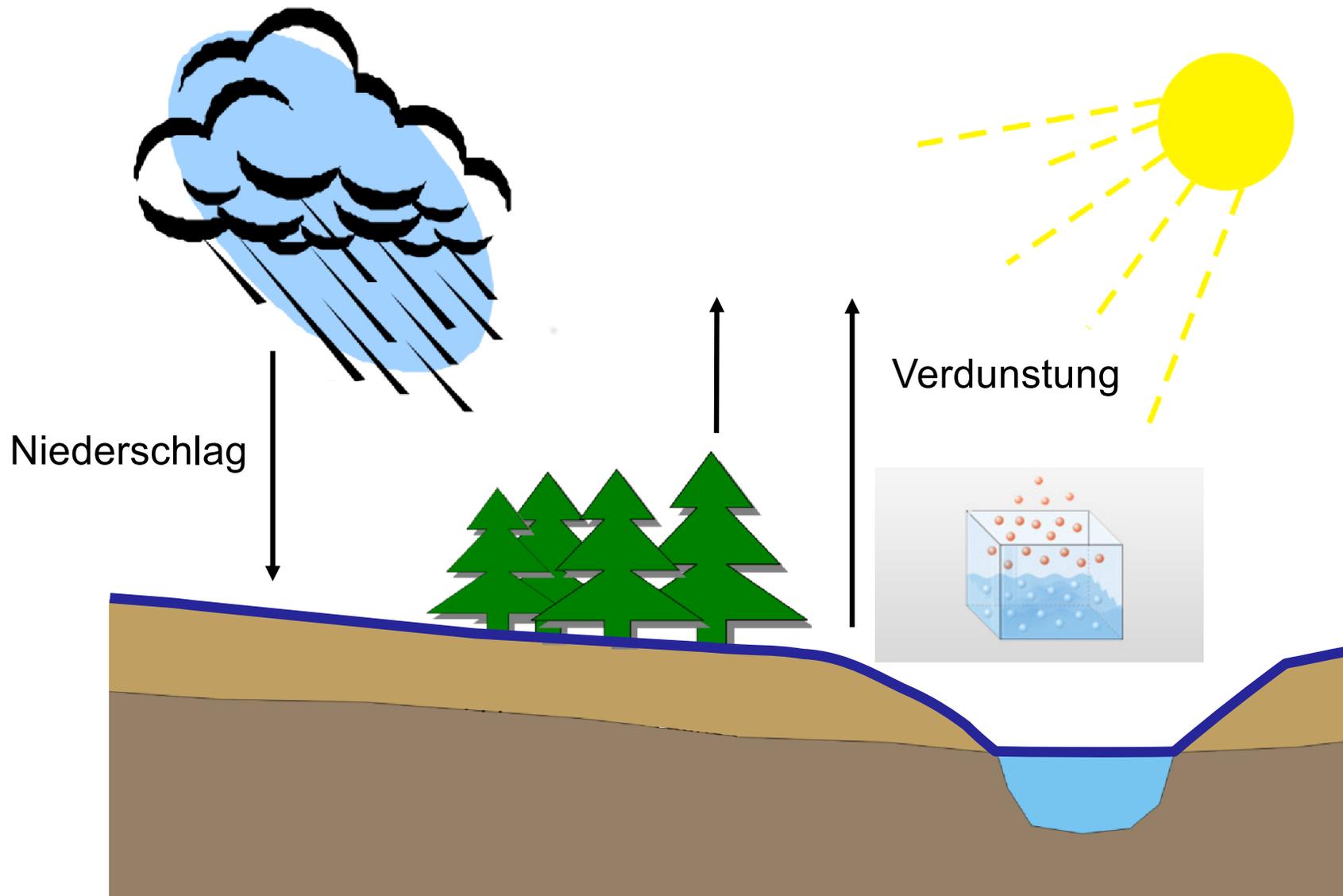
Niederschlag – Was bedeutet das für Oberfranken?

- **Kein eindeutiger Trend im Jahresniederschlag** trotz stark zunehmender Lufttemperaturen. Mögliche Erklärung ist der Unterschied in der Erwärmung zwischen Tage ohne Niederschlag und Feuchttagen (vor allem im Winter)
- **Verschiebung des Niederschlags innerhalb eines Jahres** vom Winter & Frühjahr (nun Verlust) in den Sommer und Herbst (nun Zugewinn)
- **Wassermangel im Frühjahr** verschärft sich zunehmend, Frühjahrsdürre durch fehlenden Niederschlag und hohe Temperaturen wird häufiger
- **Anzahl der Stark- und Stärkstregentage nimmt leicht ab**, auch die Anzahl der Feuchttage. Trend hängt jedoch stark vom Beobachtungszeitraum ab.
- **keine Tendenz zur Zunahme der Trockenheitsandauer**, d.h. der Abstand zwischen Niederschlagsereignissen

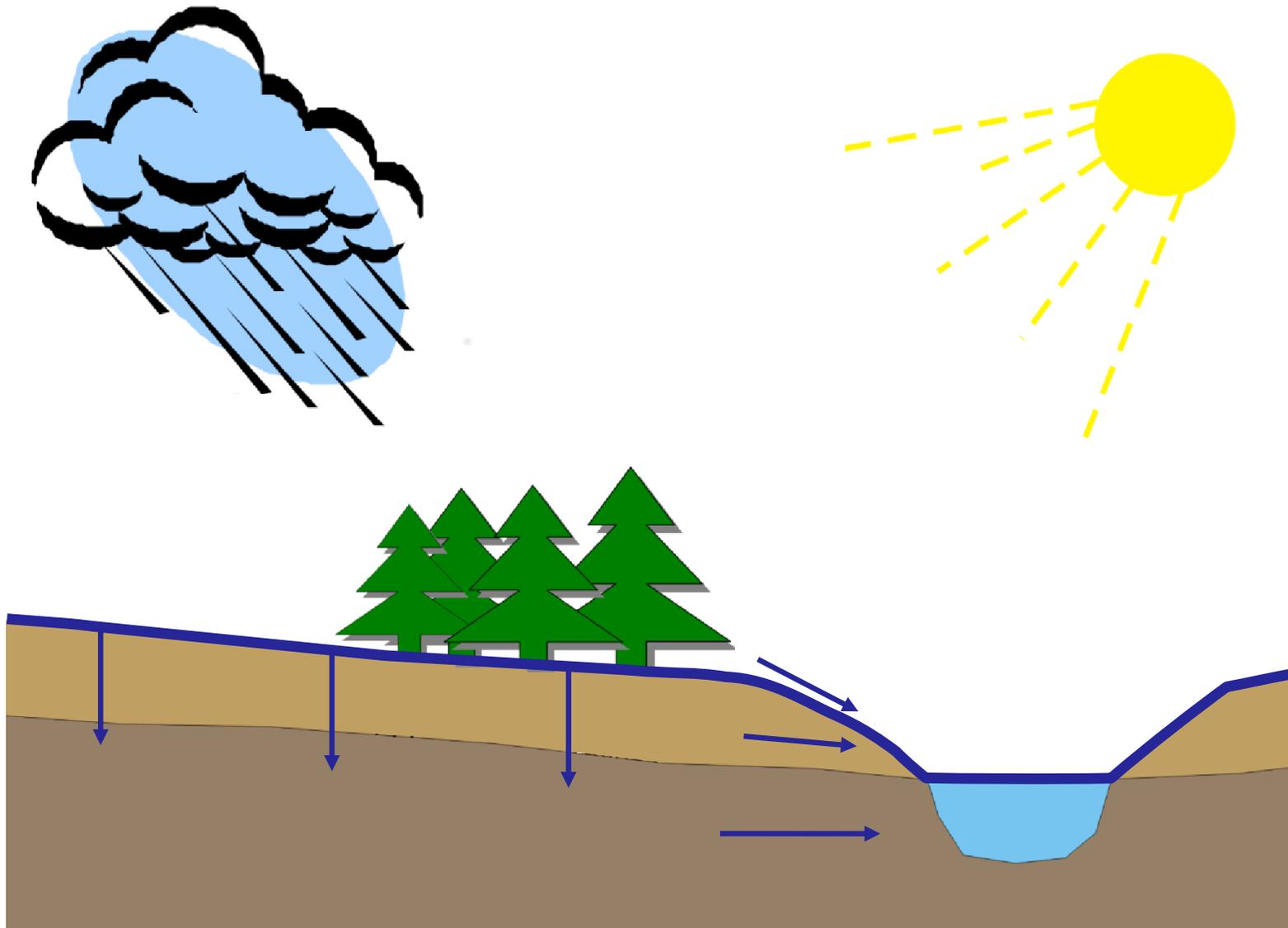


Wasserbilanz der

Dürrejahre seit 2018 ...



Oberflächenwasserbilanz: An der Erdoberfläche durch Niederschlag abzüglich Verdunstung „verfügbares“ Wasser



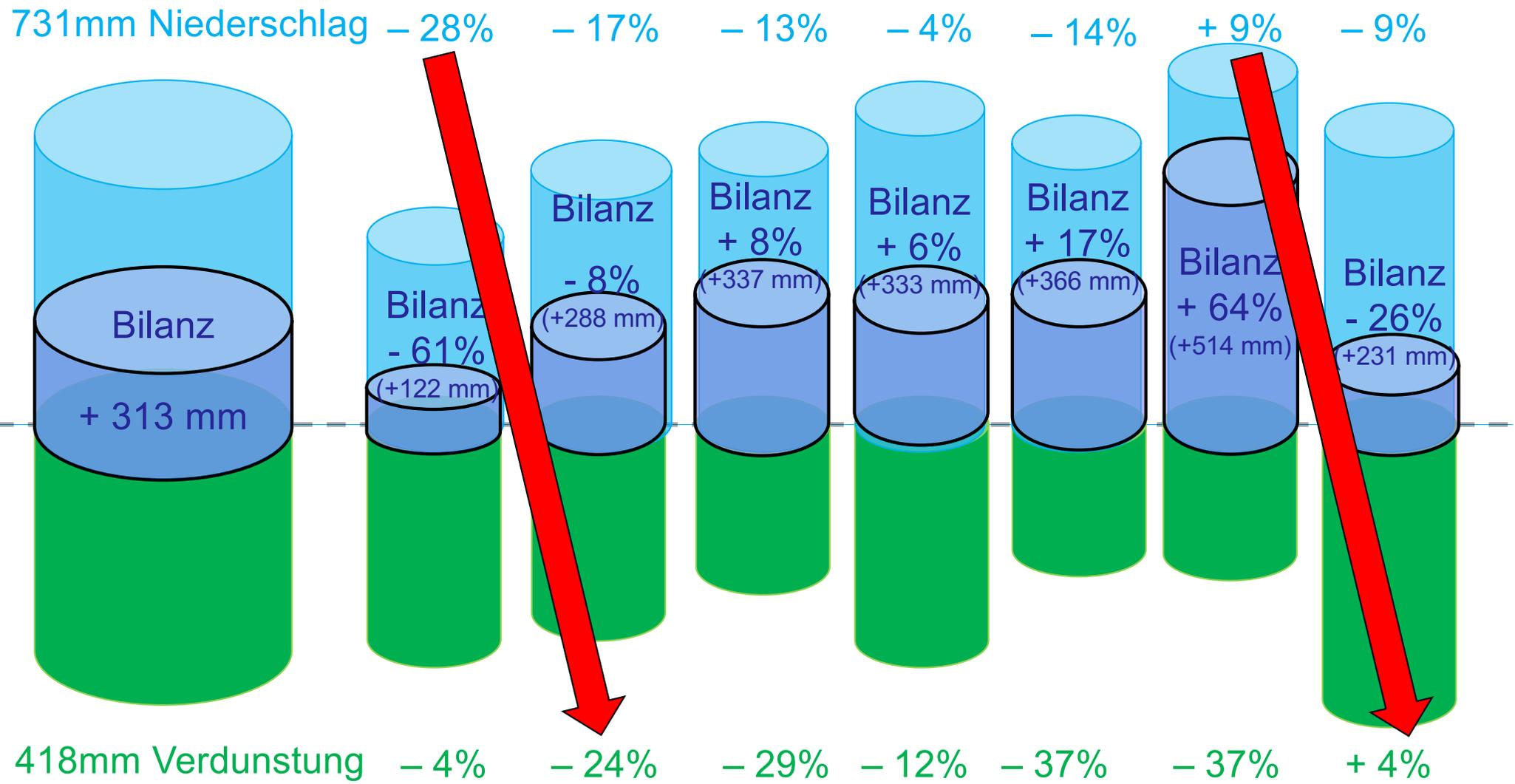
Oberflächenwasserbilanz: Wo geht es hin? Was passiert mit diesem Wasser?

- Grundwasserneubildung → Trinkwasser, **Speicherung**
- **Abfluss** über die Flüsse und Bäche

Referenz

Mittelwert
2001 bis 2017

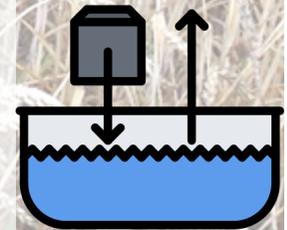
2018 **2019** **2020** **2021** **2022** **2023** **2024**

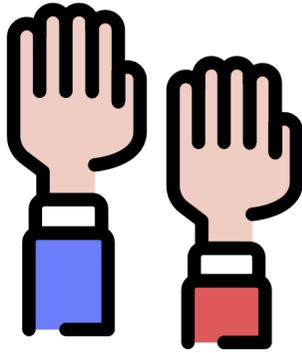


Übertragungseffekte seit 2018 auf Folgejahre

Dürre 2018 bis heute – was bedeutet das für Oberfranken?

- Die sehr bis extrem warmen Frühjahre und Spätsommer verursachen vor allem eine **Verdunstungsdürre. Gefahr von Niedrigwasser!**
- Niedrige Niederschläge ab April führten erst im Spätsommer zu einer **Niederschlagsdürre, als die Wasserbilanz negativ wurde.**
- **Dürre bedarf keinem geringe(re)n Niederschlag, nur steigenden Temperaturen.** Diese sind eindeutig vorhanden!
- Auch Deutschland und Bayern als **technisch hoch entwickeltes Land sind verletzlich gegenüber Dürre.** Die **Speicherung und Rückhalt von Wasser in der Landschaft** (Boden, Pflanzen), und zusätzlich in **Zisternen** muss gefördert werden, erfordert jedoch erhebliche Mittel und Anstrengungen. Die **Wasserbilanz** muss immer mitgedacht werden!



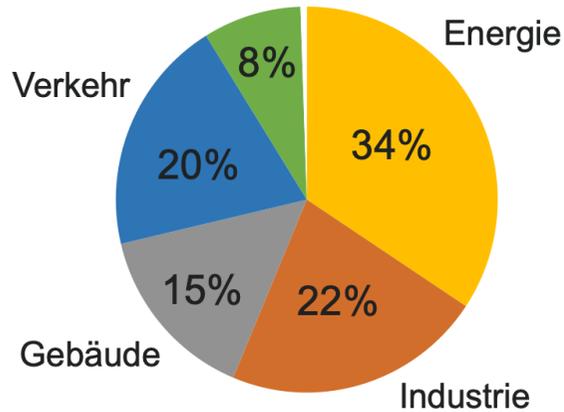


Klimakrise - was tun?

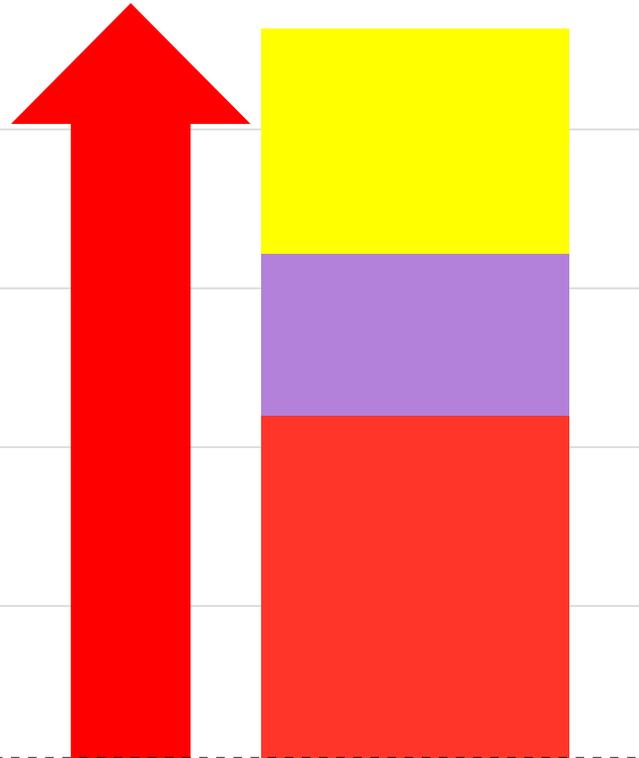


Treibhausgasbilanz von Bayreuth, Oberfranken

Bundesweit...



CO_{2,e} Ausstoß = 9,3 t/Jahr pro Kopf



- Strom
- Verkehr
- Wärme
- Erholungsflächen
- sonstige Grünflächen
- Agrarflächen
- Wald



**Kohlendioxid_e
freisetzen**

0
4
2
-2



Senken

CO_{2,e} Aufnahme = 0,4 t/Jahr pro Kopf

Quellen

**Kohlendioxid_e
aufnehmen**



Wieviel kann **mehr Wald** helfen?

- Fichtenwald im Fichtelgebirge nimmt durchschnittlich ca. $1,8 \text{ kgCO}_{2,e} \text{ m}^{-2} \text{ Jahr}^{-1}$ auf.
- Der Nettoausstoß ist ca. $9.300 - 400 = 8.900 \text{ kgCO}_{2,e} \text{ Jahr}^{-1}$ pro Kopf.

Die benötigte **zusätzliche** Waldfläche beträgt

$$A = \frac{8900 \text{ kgCO}_{2,e} \text{ m}^2 \text{ Jahr}}{1,8 \text{ kgCO}_{2,e} \text{ Jahr Kopf}} = 4.944 \frac{\text{m}^2}{\text{Kopf}} \approx 0,5 \frac{\text{ha}}{\text{Kopf}} \text{ oder } 370,3 \frac{\text{km}^2}{\text{Bayreuth}}$$



Waldstein (Weidenbrunnen)
Weissenstadt

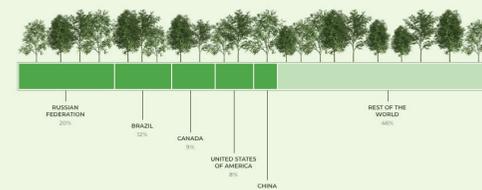
- Wälder brauchen viel **Wasser, keine Dürre!**
- Woher die **Fläche** nehmen?
- Wald/Holz darf **nicht genutzt** werden, **kein Insektenbefall zulässig!**



Keine Lösung!



*Weltweit: Waldfläche
ca. 0,5 ha pro Kopf,
Tendenz abnehmend*



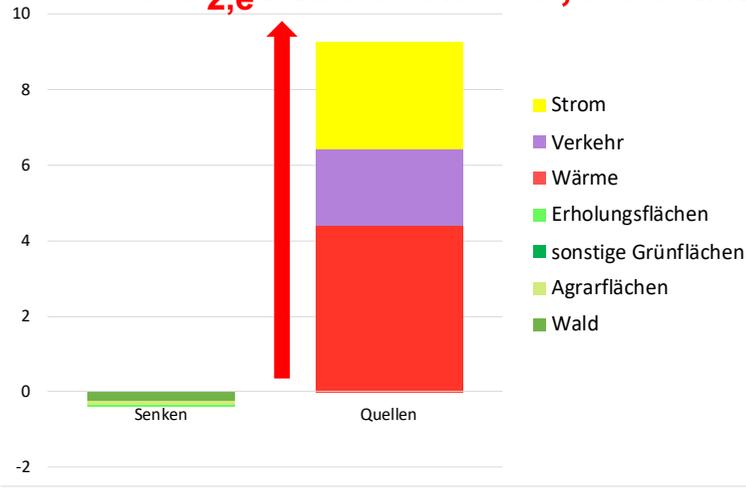
Quelle: <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/2020/en/>



Treibhausgasbilanz von Bayreuth, Oberfranken

CO_{2,e} Ausstoß = 9,3 t/Jahr pro Kopf

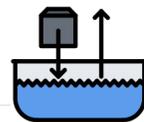
Der Ausstoß muss runter!



Auf Flugreisen verzichten, und wenn, dann kompensieren!



*Ernährung macht bis zu 20% des Ausstoßes aus!
Lokal, gesund, fleisch- und butterarm essen!*



Weniger Wasser verbrauchen, im Winter für Bewässerung speichern!



Pullover anstatt 25°C im Haus, Häuser dämmen!



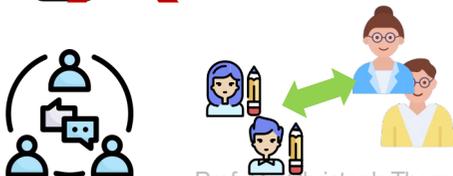
Das Fahrrad zum Einkaufen & Freizeit nehmen, lokal bewegen!



Keine wilden unnötigen Shoppingtouren, Konsum macht bis zu 30% des Ausstoßes aus!



Das 'alte' Handy tut für viele Jahre, Konsum reduzieren, Komponenten tauschen!



*Informiert euch, tauscht euch aus, redet mit Familie, Freunden, Kollegen, Vorgesetzten, Nachbarn ! Klimaschutz ist **heiss** und **für uns von uns!***



Dr. Wolfgang Babel

Johannes
Olesch



Johann
Schneider

Markus Friedrich



Klimaforschung haben ...



Dr. Johannes Lüers



Franziska
Schwab



Tino
Schneidewind



Prof. Dr.
Christoph
Thomas