

Wohin bewegen wir uns mit den Anbaubedingungen?

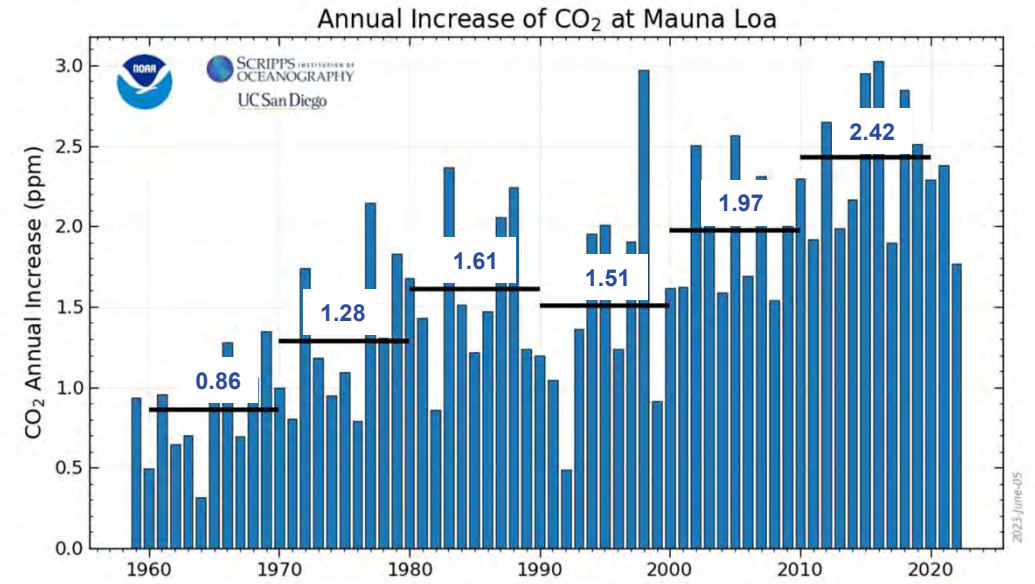
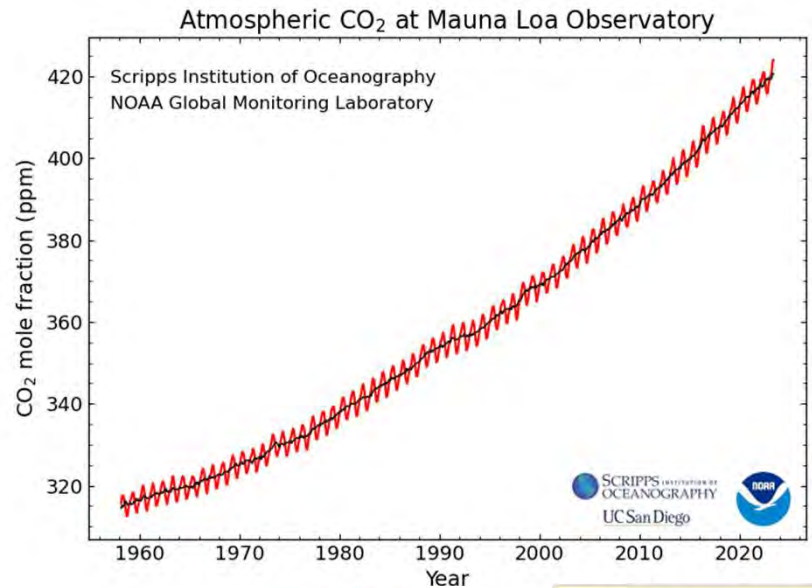
Cathleen Frühauf

Deutscher Wetterdienst, Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung



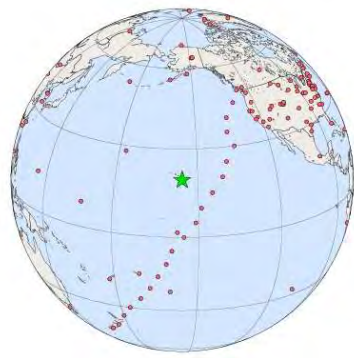
Treibhausgase

CO₂ Beobachtungen



Due to the eruption of the Mauna Loa Volcano, measurements from Mauna Loa Observatory were suspended as of Nov. 29. Observations starting in December 2022 are from a site at the Maunakea Observatories, approximately 21 miles north of the Mauna Loa Observatory.

- Location**
- » Country: United States
 - » Latitude: 19.5362° North
 - » Longitude: 155.5763° West
 - » Elevation: 3397.00 masl
 - » Time Zone: Local Time + 10 hour(s) = UTC



<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo/>



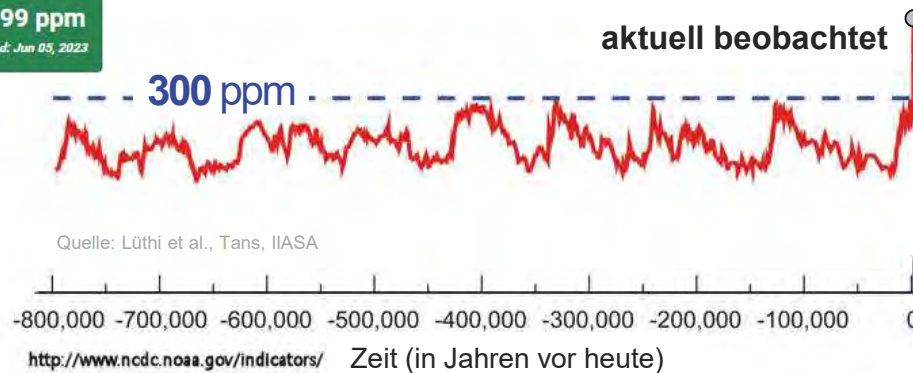
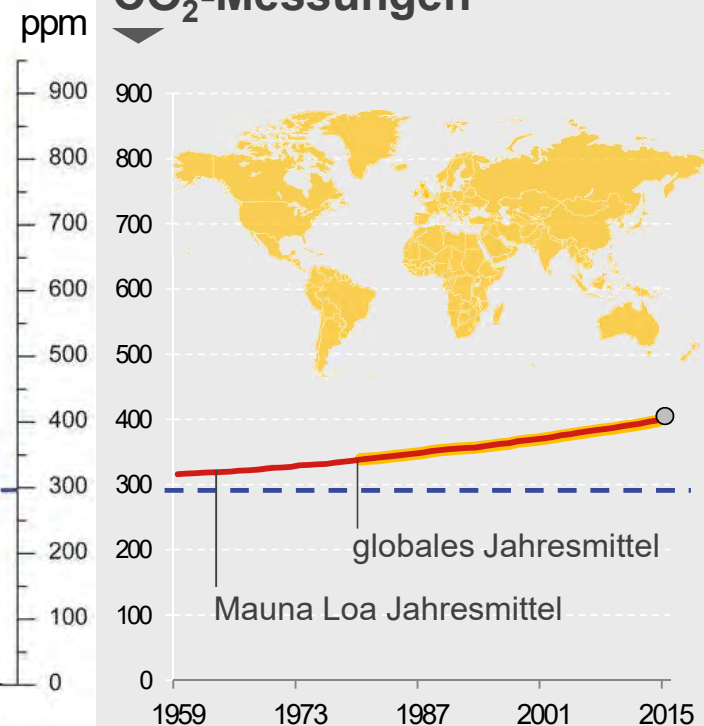
Entwicklung der atm. CO₂-Konzentration

Eiskernbohrungen



May 2023: 424.00 ppm
May 2022: 420.99 ppm

Last updated: Jun 05, 2023

CO₂-Messungen

CO₂

Auswirkungen

Mitwirkung am FACE Projekt des Thünen Instituts

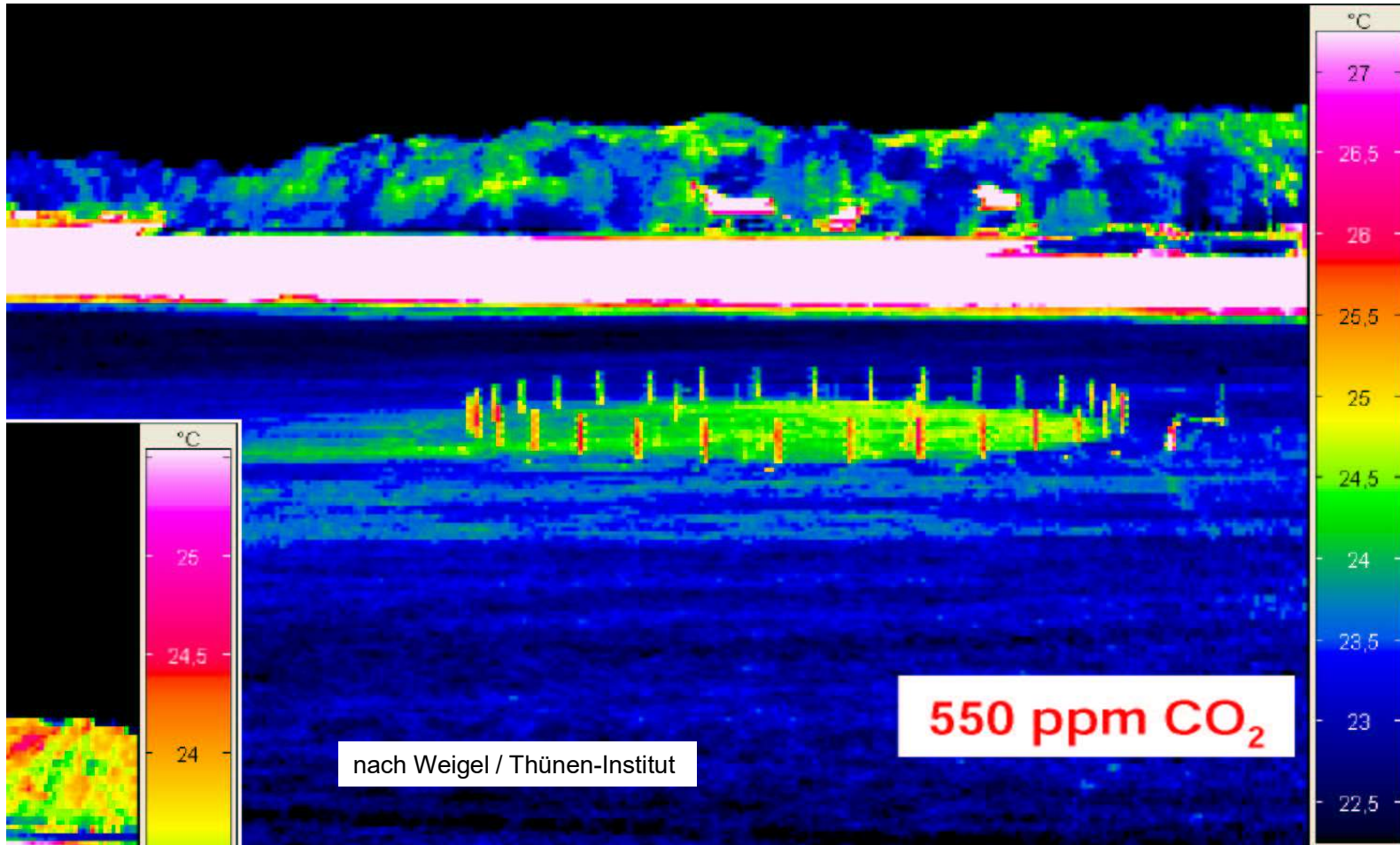
Auswirkungen erhöhtes CO₂ auf Pflanzen

hier Ringe mit CO₂-Anreicherung

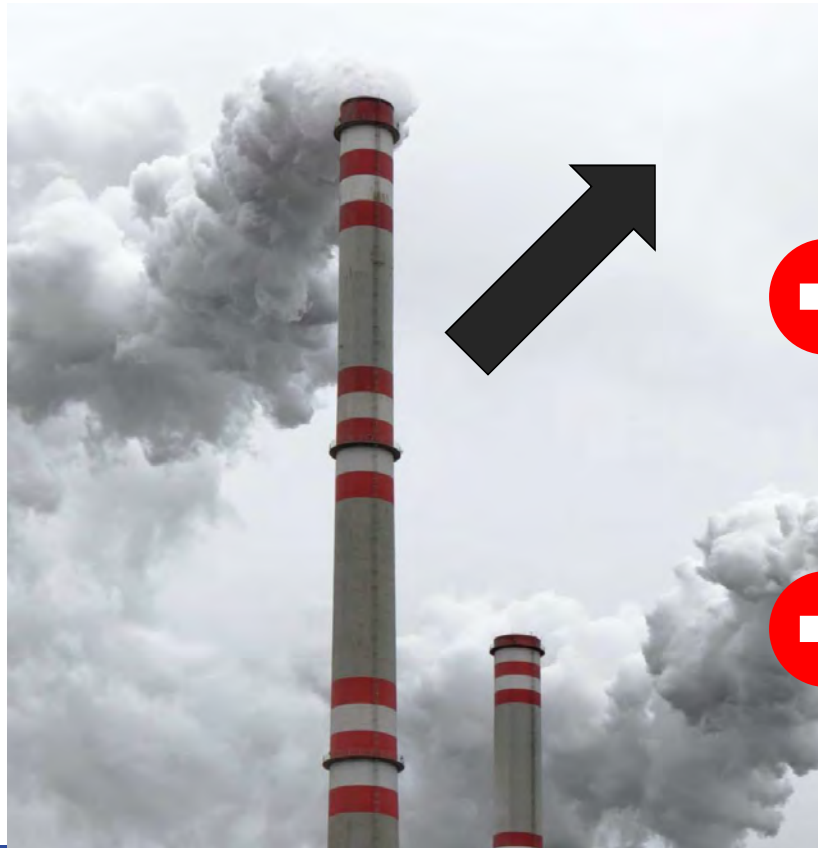


CO₂

Auswirkungen



Auswirkungen des CO₂-Anstiegs auf das Pflanzenwachstum



**höhere Photosynthese- und
Wachstumsraten**

*(Wenn kein anderer
Wachstumsfaktor limitierend
wirkt)*



**verbesserte
Wassernutzungseffizienz**



The background of the slide features a close-up of a thermometer on the left, with a blue liquid column rising to approximately 35 degrees. The thermometer scale is marked with large numbers 10, 20, 30, and 40. To the right of the thermometer is a bright sun shining in a clear blue sky. A dark blue rounded rectangle is overlaid on the right side of the image, containing the word 'Temperatur' in white text.

Temperatur

Temperatur

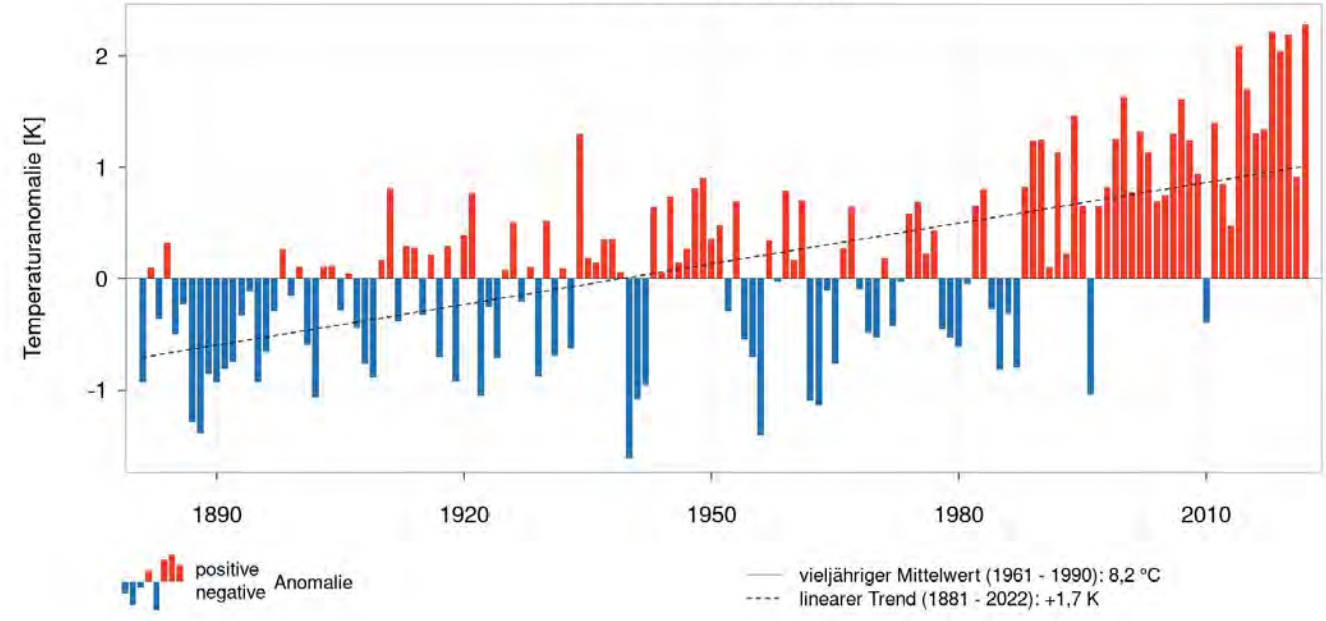
Beobachtungen

Deutschland wird wärmer
Abweichung zu 1961 - 1990

kurz notiert:

- ungebrochener Trend der Erwärmung in Deutschland
- Anstieg der Jahresmitteltemperatur um **1,7 °C** seit **1881**

Temperaturanomalie
Deutschland Jahr
1881 - 2022
Referenzzeitraum 1961 - 1990



- **Anderung der Extreme:**
 - mehr Sommertage und heiße Tage
 - weniger Frost- und Eistage



Änderung bei Kerntagen (Extreme)



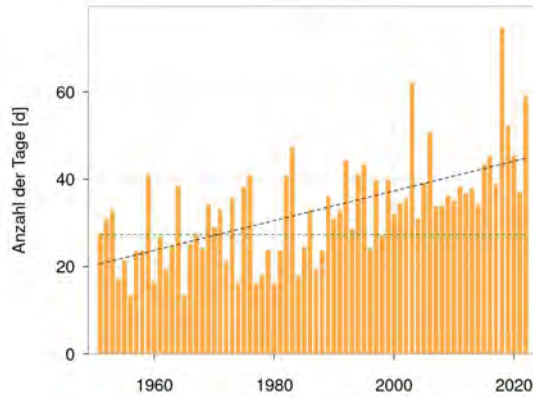
Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Temperatur

Beobachtungen

Kerntagen

Sommertage
Deutschland Jahr
1951 - 2022



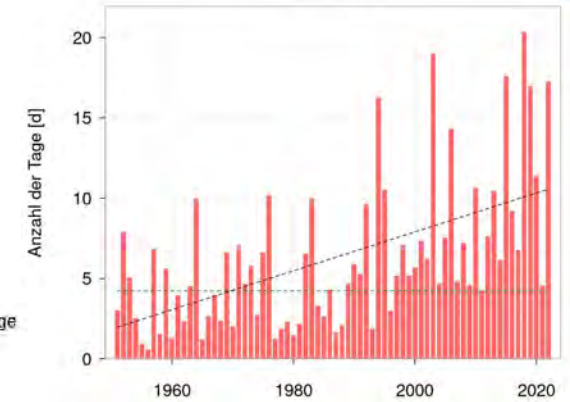
$$T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$$

Gebietsmittel
 - - - - - vieljähriger Mittelwert (1961 - 1990): 27,3 Tage
 - - - - - linearer Trend (1951 - 2022): +24,2 Tage

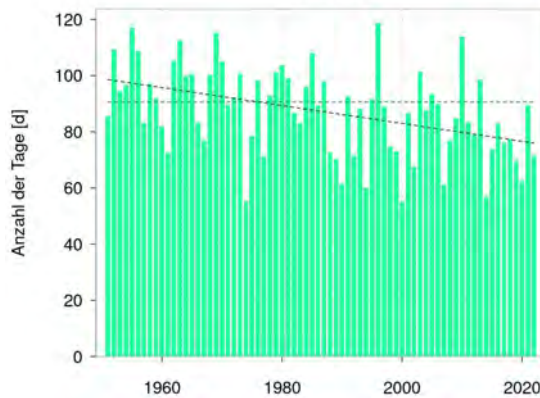
$$T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$$

Gebietsmittel
 - - - - - vieljähriger Mittelwert (1961 - 1990): 4,2 Tage
 - - - - - linearer Trend (1951 - 2022): +8,6 Tage

Heiße Tage
Deutschland Jahr
1951 - 2022



Frosttage
Deutschland Jahr
1951 - 2022



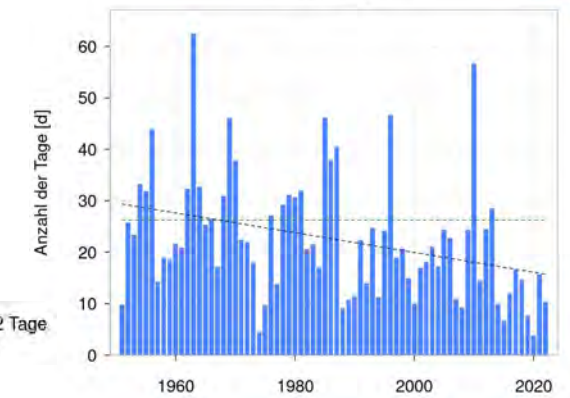
$$T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$$

Gebietsmittel
 - - - - - vieljähriger Mittelwert (1961 - 1990): 90,7 Tage
 - - - - - linearer Trend (1951 - 2022): -22,6 Tage

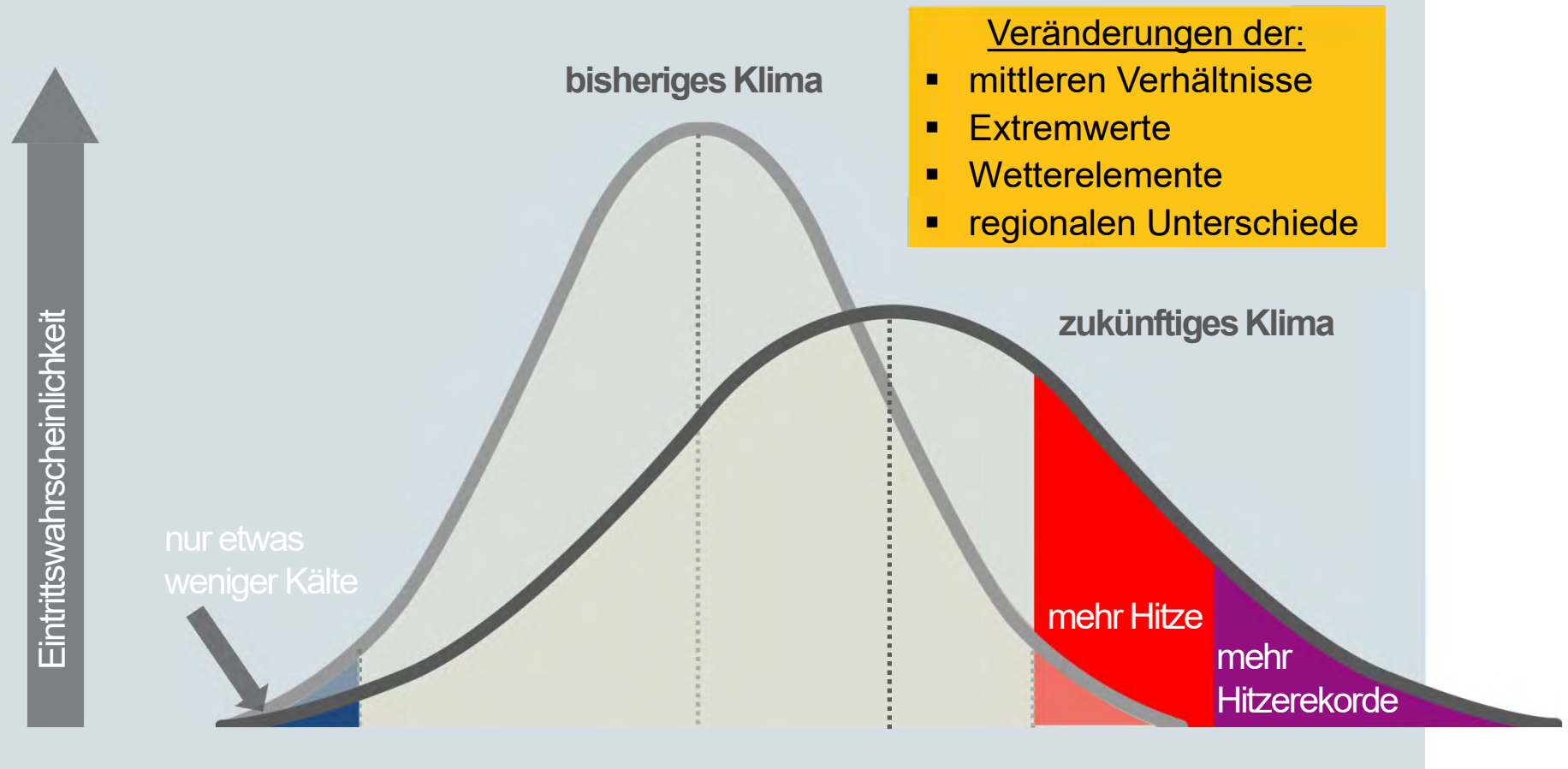
$$T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$$

Gebietsmittel
 - - - - - vieljähriger Mittelwert (1961 - 1990): 26,2 Tage
 - - - - - linearer Trend (1951 - 2022): -13,6 Tage

Eistage
Deutschland Jahr
1951 - 2022

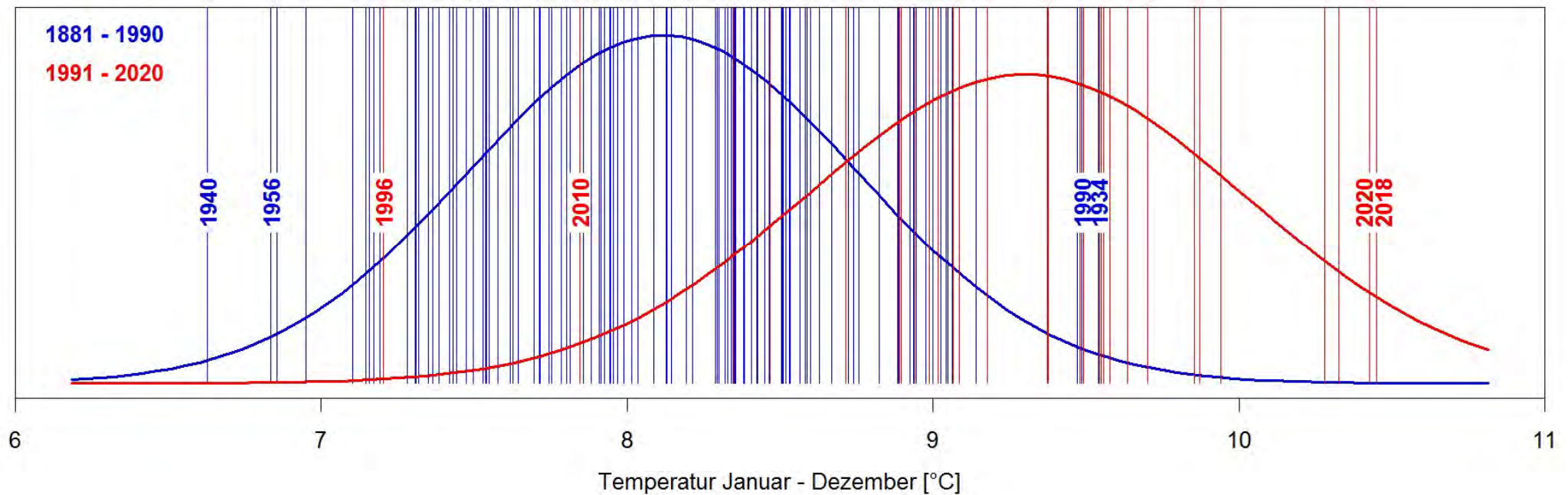


Klimawandel – was heißt das?



→ Häufigkeitsverteilung der Jahresmitteltemperatur
1881 - 1990 und 1991 - 2020 in Deutschland

→ Was früher extrem war, ist heute normal



Klimawandel – was war am 20. Jahrhundert so besonders?

Übergang von der letzten Kaltzeit zur gegenwärtigen Warmzeit:

- Dauer etwa 5000 Jahre (etwa 20.000 Jahre bis 15.000 Jahre vor heute)
- global gemittelte Erwärmung ca. 5°C

Kaltzeit → Warmzeit:	1 °C Erwärmung in 1000 Jahren
20. Jahrhundert:	1 °C Erwärmung in 100 Jahren

“Die Menschheit erwärmt das globale Klima mindestens zehnmals schneller als es die Natur je vermochte” *

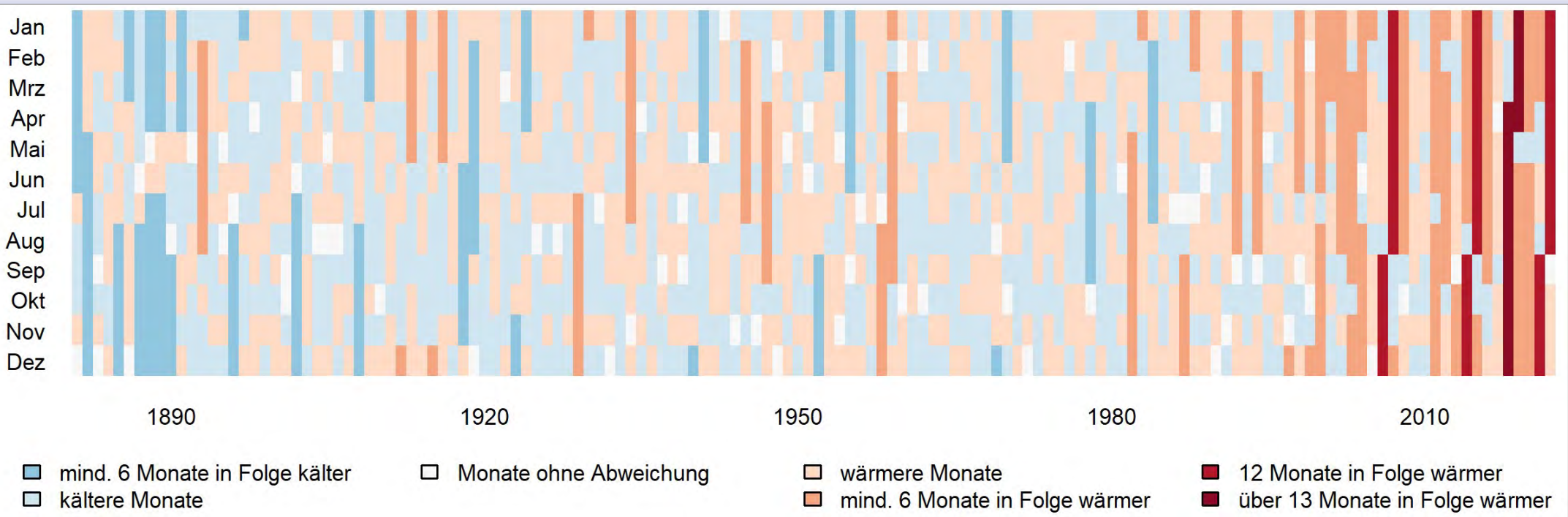
*IPCC (2007, WG1, p. 451)

Temperatur

Beobachtungen

Einordnung aller Monate seit 1881 - 2022

Perioden positiver und negativer Temperaturanomalien (Referenzzeitraum 1961 - 1990)



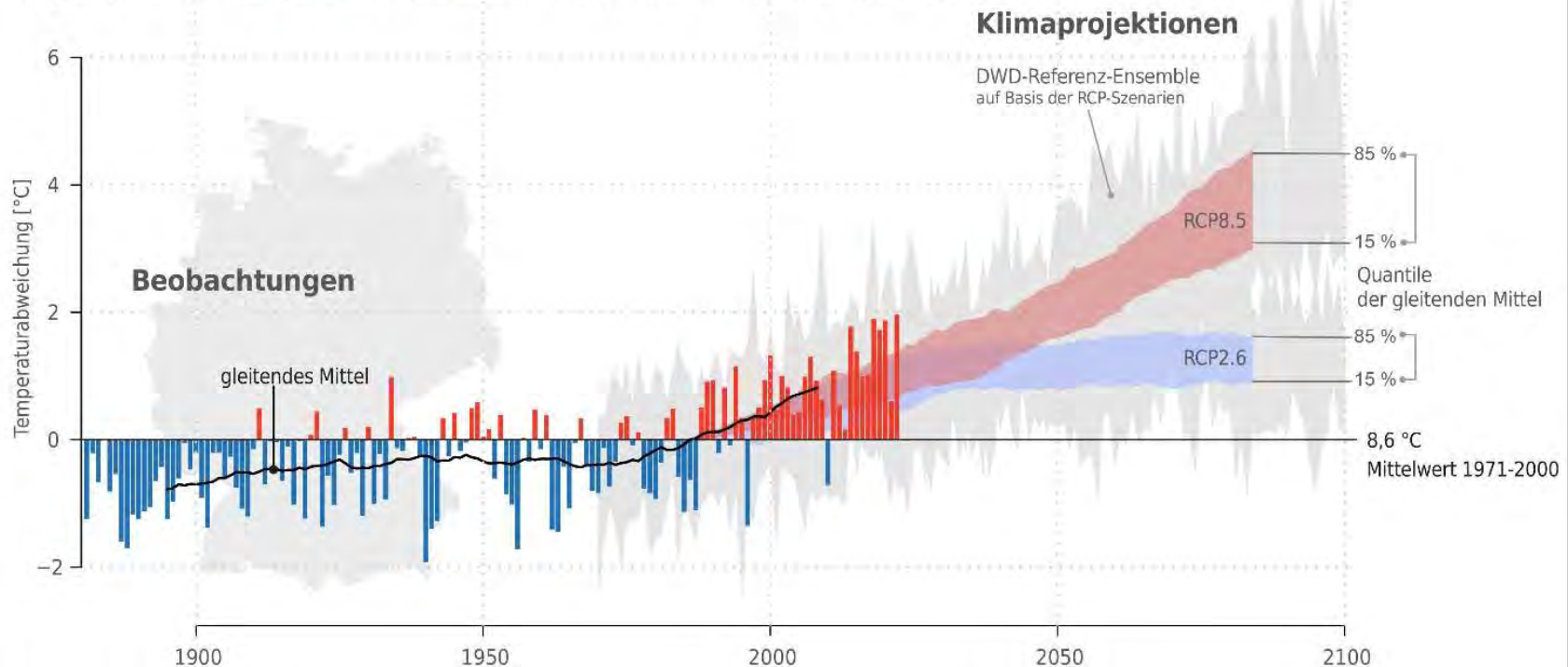
Quelle: DWD



Die Temperatur wird im Mittel weiter steigen

Deutschland im Klimawandel

Abgebildet sind die **positiven** und **negativen** Abweichungen der Lufttemperatur vom vieljährigen Mittelwert 1971 - 2000 sowie die zu erwartende Zunahme bis 2100



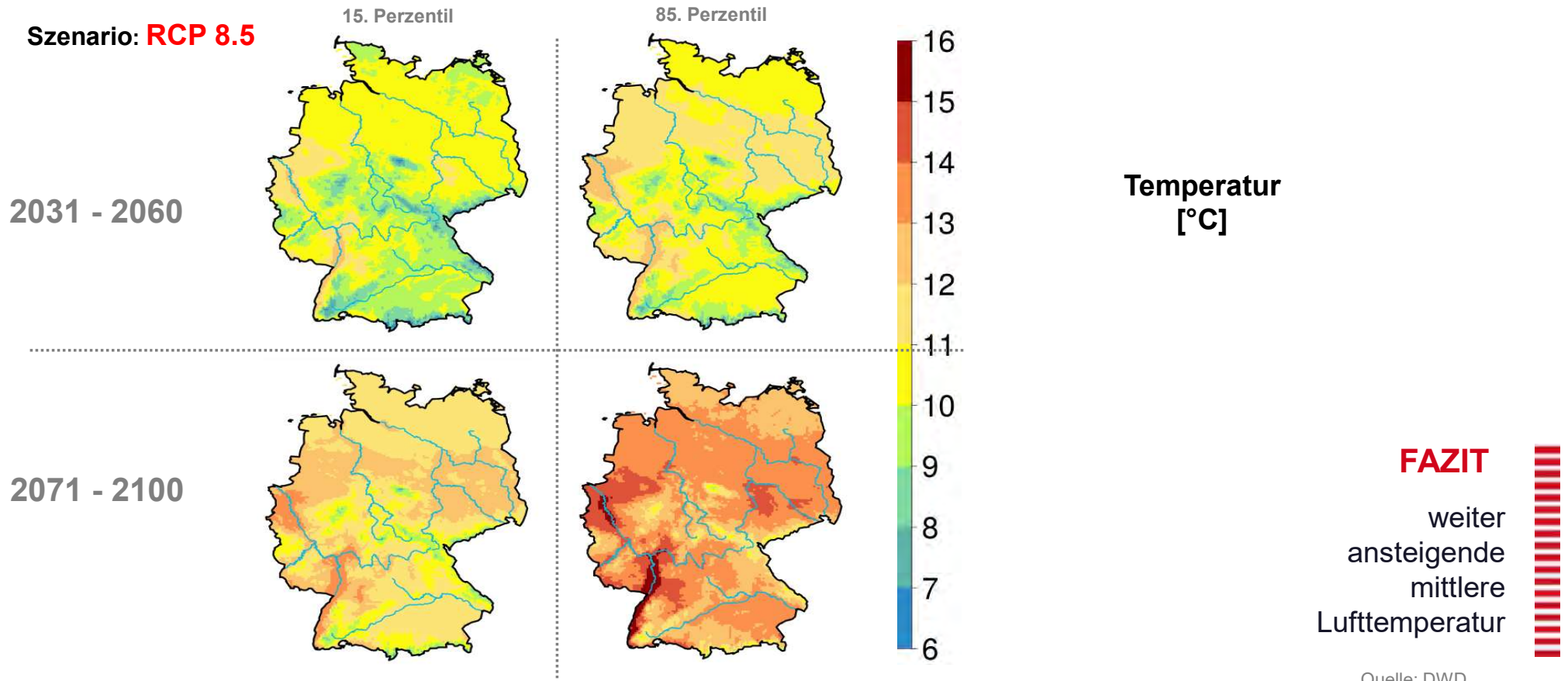
Quelle: DWD



Temperatur

Projektionen

Räumliche Verteilung der jährlichen Mitteltemperatur in der Zukunft



Quelle: DWD



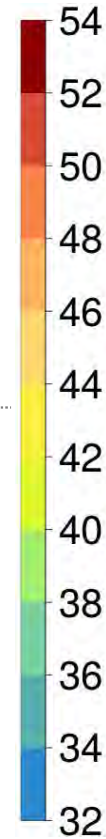
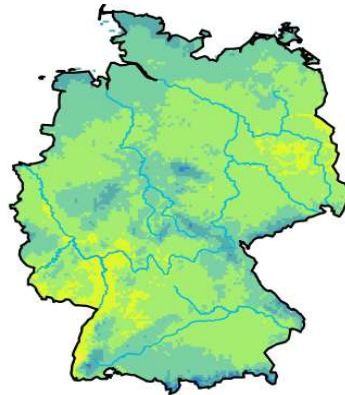
Absolut maximal sommerliche Maximaltemperaturen in der Zukunft

Szenario: **RCP 8.5**

15. Perzentil

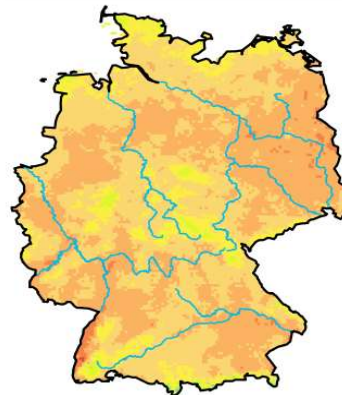
85. Perzentil

2031 - 2060



Temperatur
[°C]

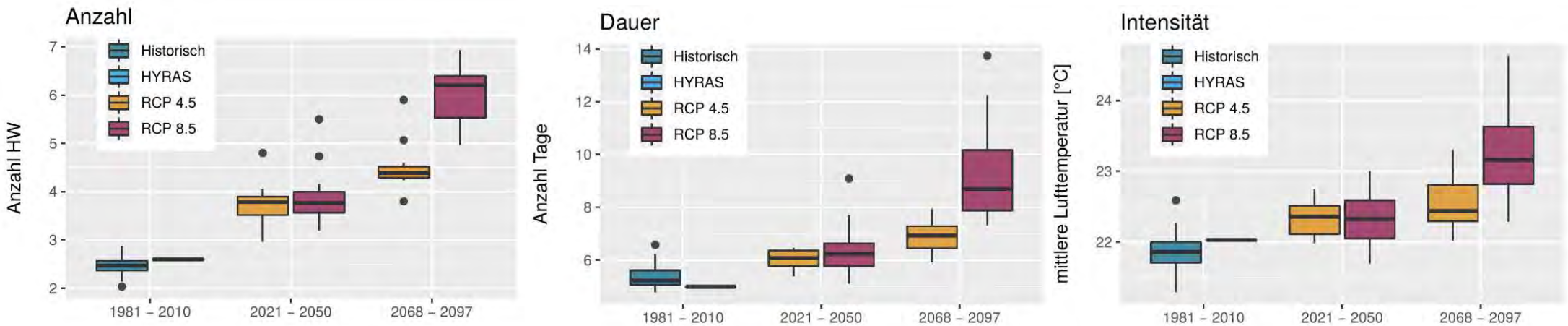
2071 - 2100



Quelle: DWD



Anzahl und Dauer der Hitzewellen in Zukunft



Definition Hitzewelle:

Perioden von mind. 3 Tagen Dauer an denen die Tagesmitteltemperatur über dem 95. Perzentil der Referenzperiode 1981-2010 liegt.

Quelle: DWD



Auswirkungen des Temperaturanstiegs auf das Pflanzenwachstum



tendenziell

Verfrühung der Pflanzenentwicklung



Temperatur **Auswirkungen**

Pflanzenentwicklung in Deutschland

Leitphasen, mittlerer Beginn und Dauer der phänologischen Jahreszeiten

Zeiträume 1961-1990 und 1991-2020 im Vergleich

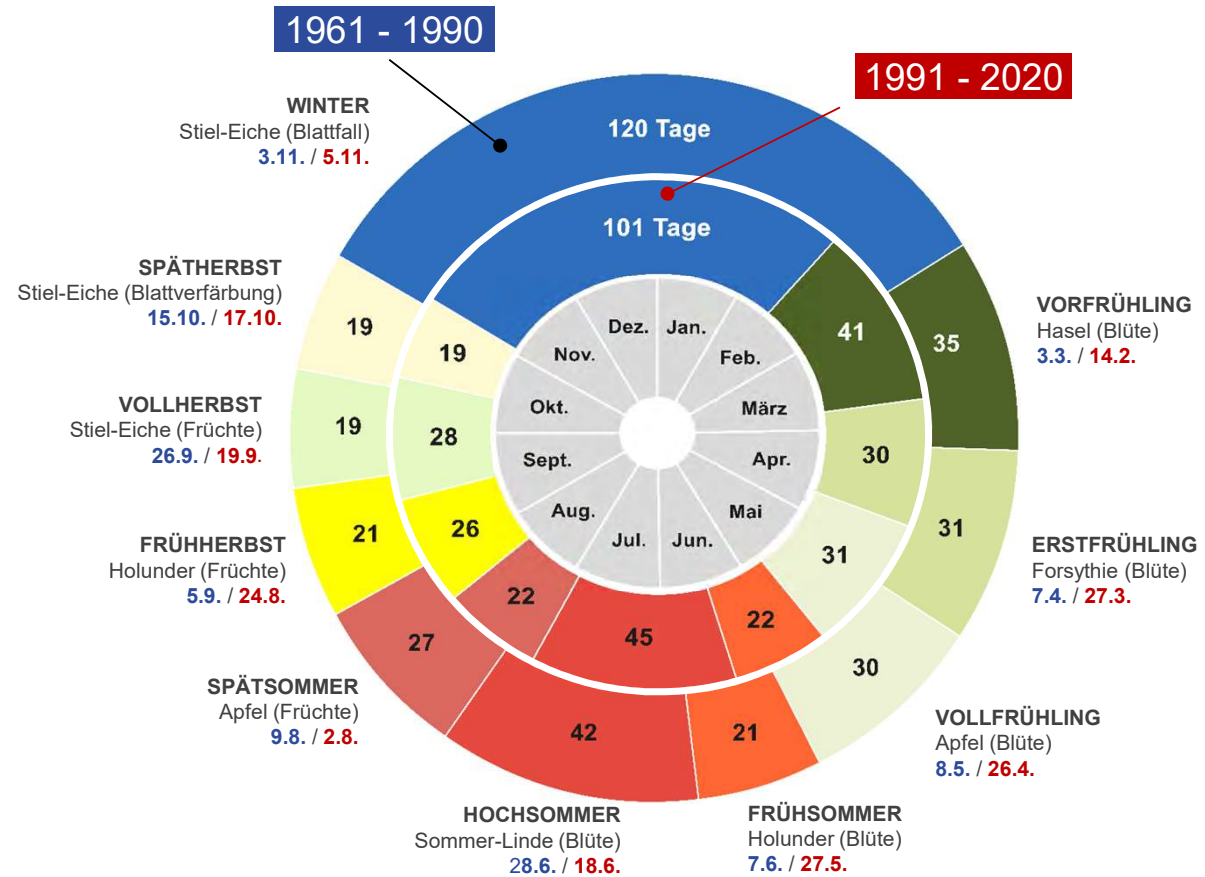
Außenring: Mittel 1961-1990

Innenring: Mittel 1991-2020

kurz notiert:

Verschiebung der phänologischen Jahreszeiten

Vegetationsperiode beginnt früher



Auswirkungen des Temperaturanstiegs auf das Pflanzenwachstum



tendenziell



Verfrühung der Pflanzenentwicklung



dadurch größere Gefahr durch Spätfröste (Aprikosen, Süßkirschen, Äpfel)



Auswirkungen des Temperaturanstiegs auf das Pflanzenwachstum



tendenziell



frühere Ernte im Herbst wegen beschleunigter Entwicklung



Abnahme der Frostgefahr im Winter



geringere Frosthärte der Pflanzen erforderlich

Anbau von mediterranen Pflanzen möglich?



Auswirkungen des Temperaturanstiegs auf das Pflanzenwachstum



tendenziell



teilweise fehlende Vernalisationsreize bei warmen Wintern



Hitzestress im Sommer (*bei gleichzeitig abnehmendem Wasserangebot*); frühere Abreife / Notreife bei Trockenheit, Sonnenbrand



Teilweise bessere Überlebenschancen für Schädlinge



aber: hohe Variabilität von Jahr zu Jahr





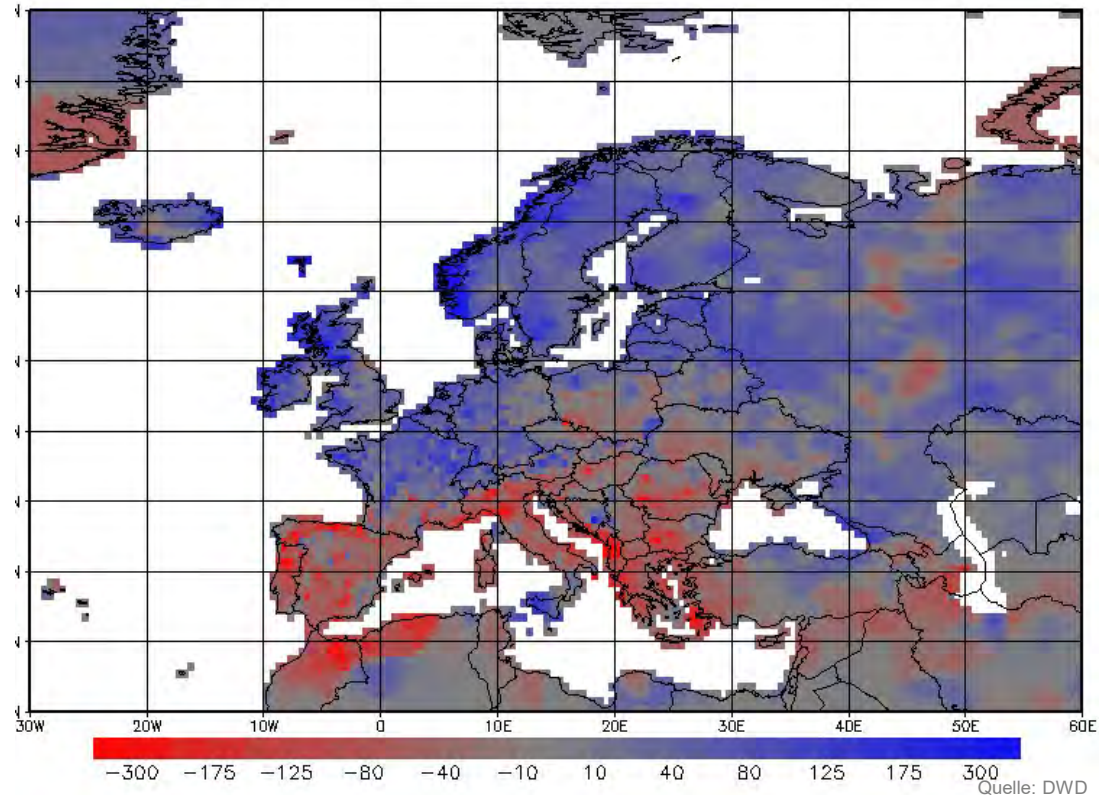
Niederschlag

Niederschlagstrends in Europa

- Nordeuropa wird feuchter
- Südeuropa wird trockener
- Ausnahmen: Sizilien wird feuchter und Ostdeutschland und Polen trockener
- große Gradienten der Trends an den Alpen

Niederschlagsanomalie: 1981-2010 minus 1951-1980

GPCC langjährige Mittel



Änderung der Niederschlagssumme im Winter seit 1963



leichte Zunahme, hohe Variabilität

1963 - 1972

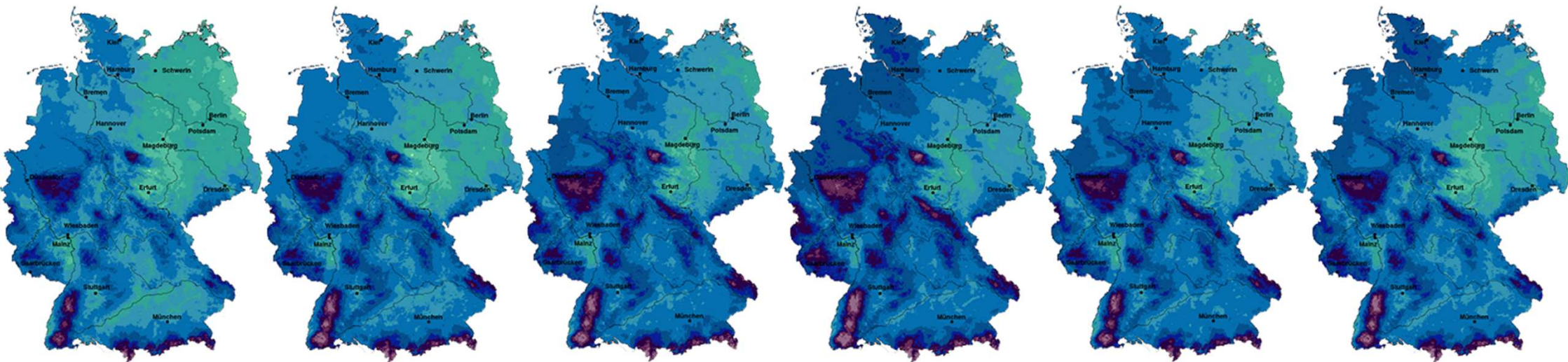
1973 - 1982

1983 - 1992

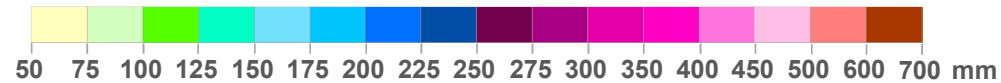
1993 - 2002

2003 - 2012

2013 - 2022



Min = 54 mm / Max = 727 mm



Änderung der Niederschlagssumme im Sommer seit 1963



leichte Abnahme, hohe Variabilität

1963 - 1972

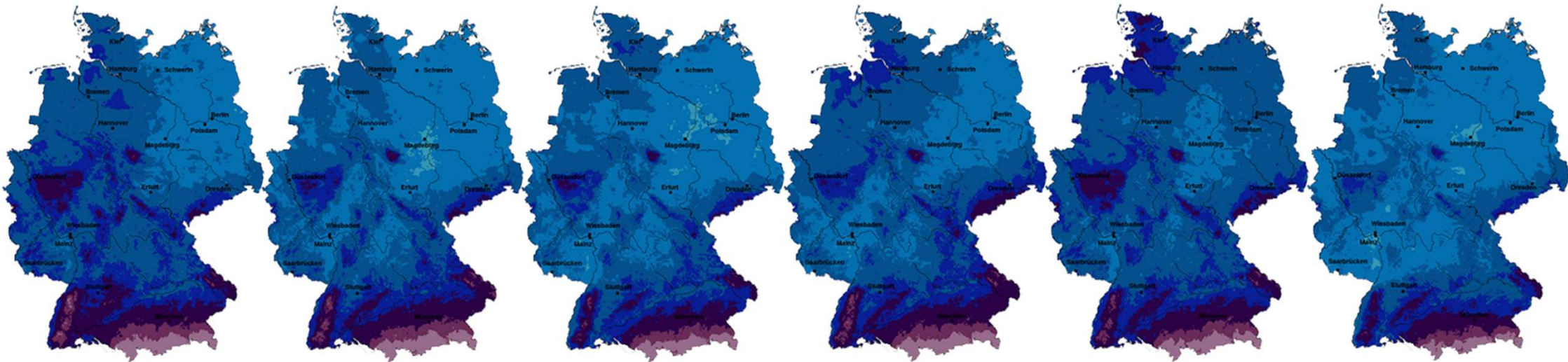
1973 - 1982

1983 - 1992

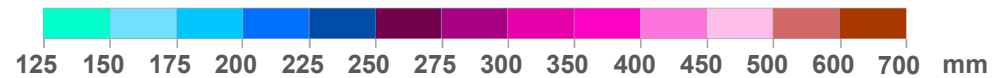
1993 - 2002

2003 - 2012

2013 - 2022



Min = 123 mm / Max = 1025 mm



Frühjahrstrockenheit

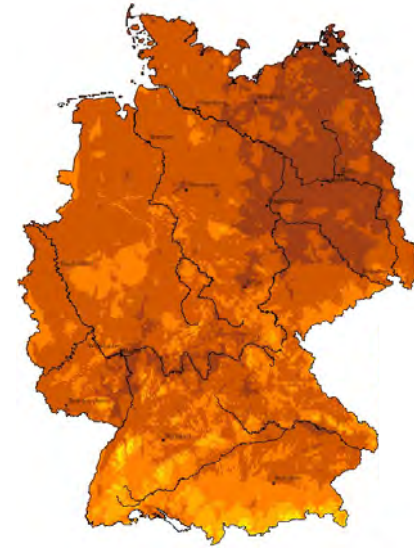
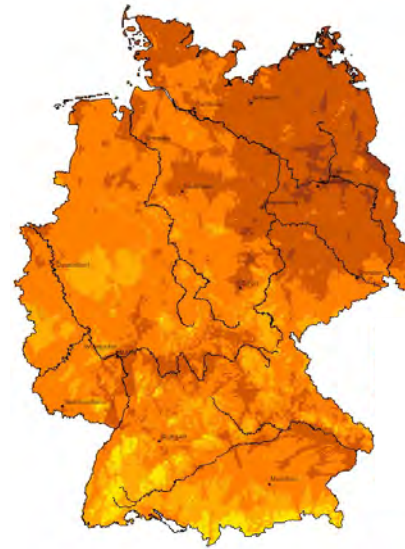
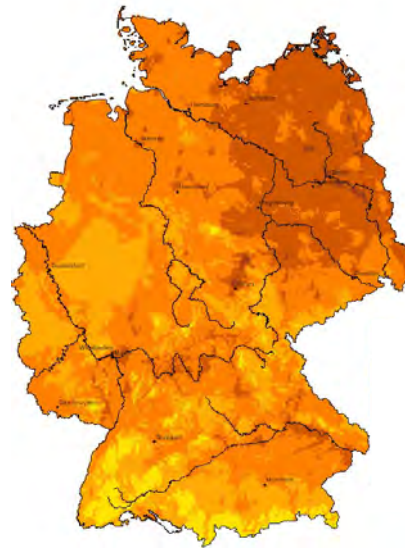
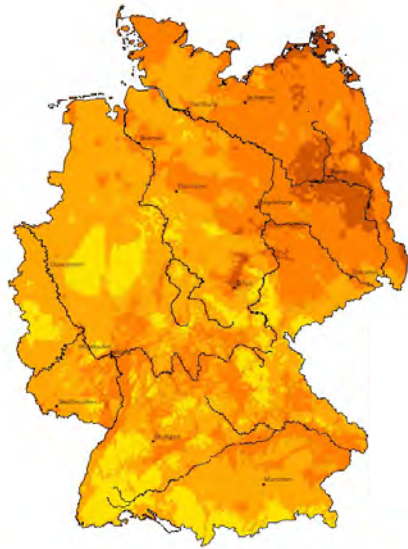
Zunahme der trockenen Tage

1961 - 1990

1971 - 2000

1981 - 2010

1991 - 2020



Tage ohne Niederschlag
zwischen 15.03. und 15.05.

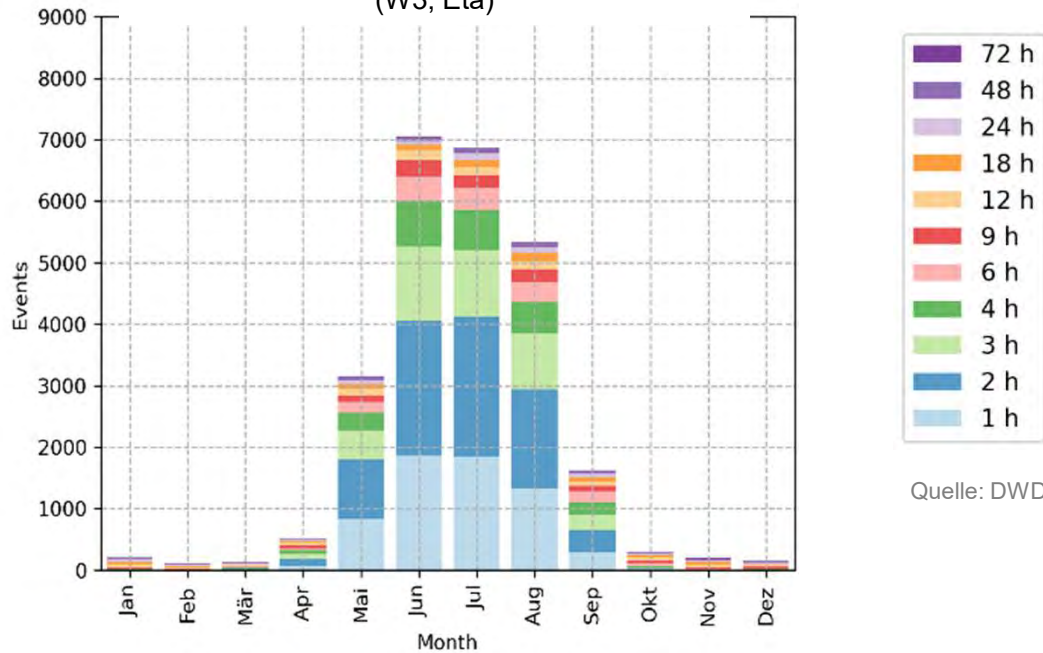


Quelle: Studie „Agrarrelevante Extremwetterlagen“ (2015), **ergänzt 11/2020**

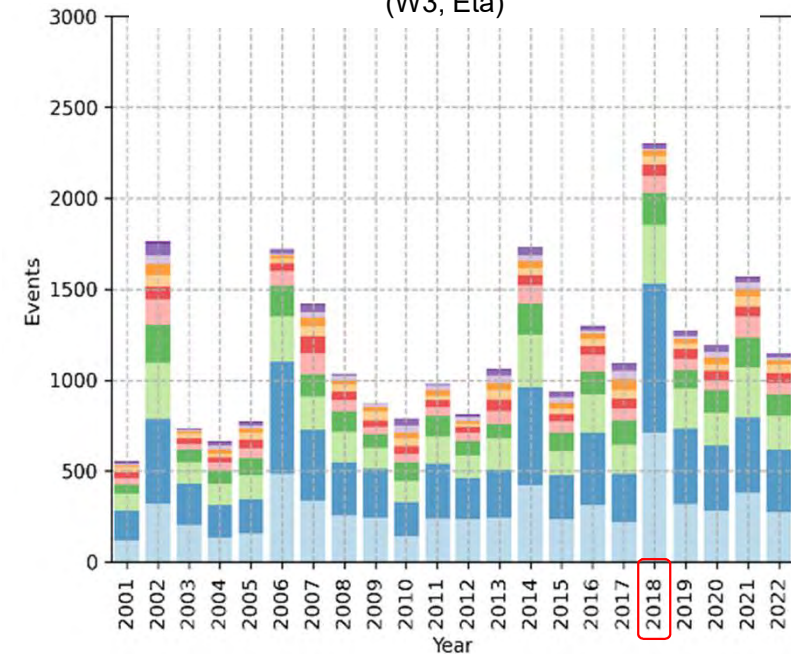


Starkregenereignisse 2001-2022 in Deutschland

Ereignisse pro Monat 2001 – 2022
(W3, Eta)



Niederschlagsereignisse pro Jahr
(W3, Eta)



→ Das Auftreten von Starkregenereignisse hat einen markanten Jahresgang

→ Starkregenereignisse treten mit hoher Jahr-zu-Jahr Variabilität auf.
→ Hitzejahre (Sommermärchen 2006; Jahrhundertssommer 2018) haben viele Ereignisse besonders kleinräumiger und kurzer Gewitter.

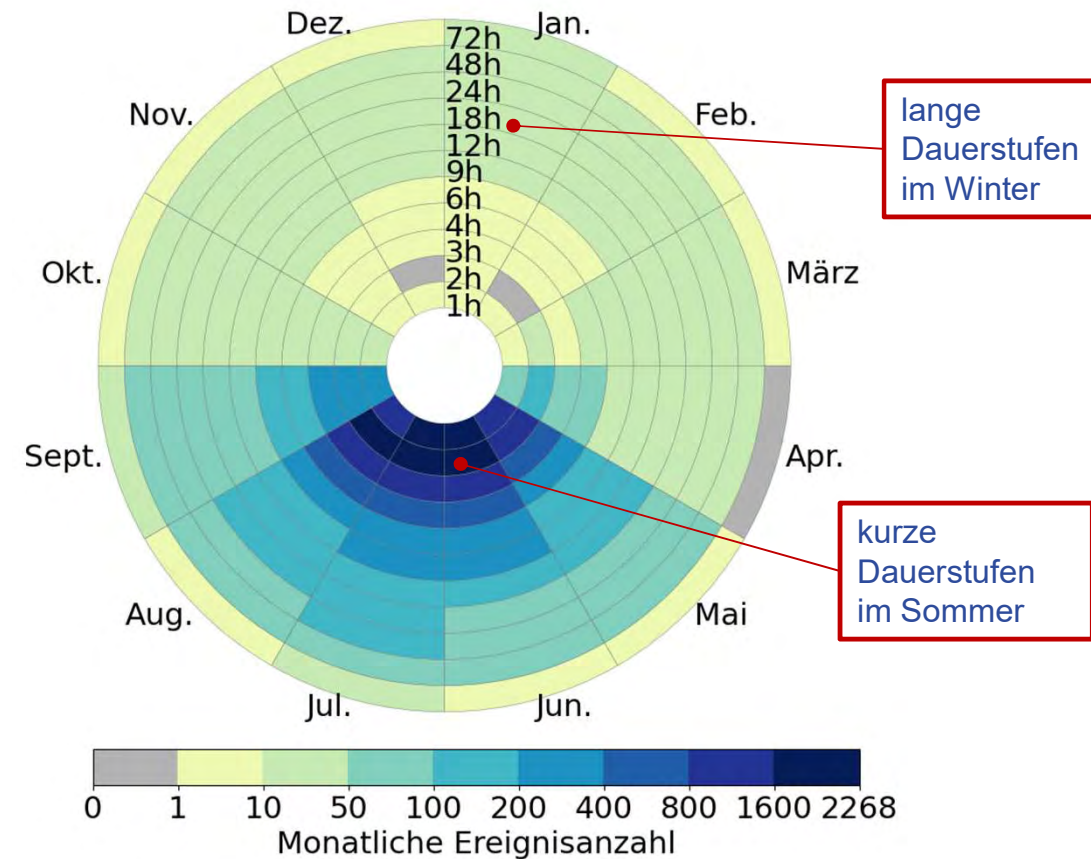
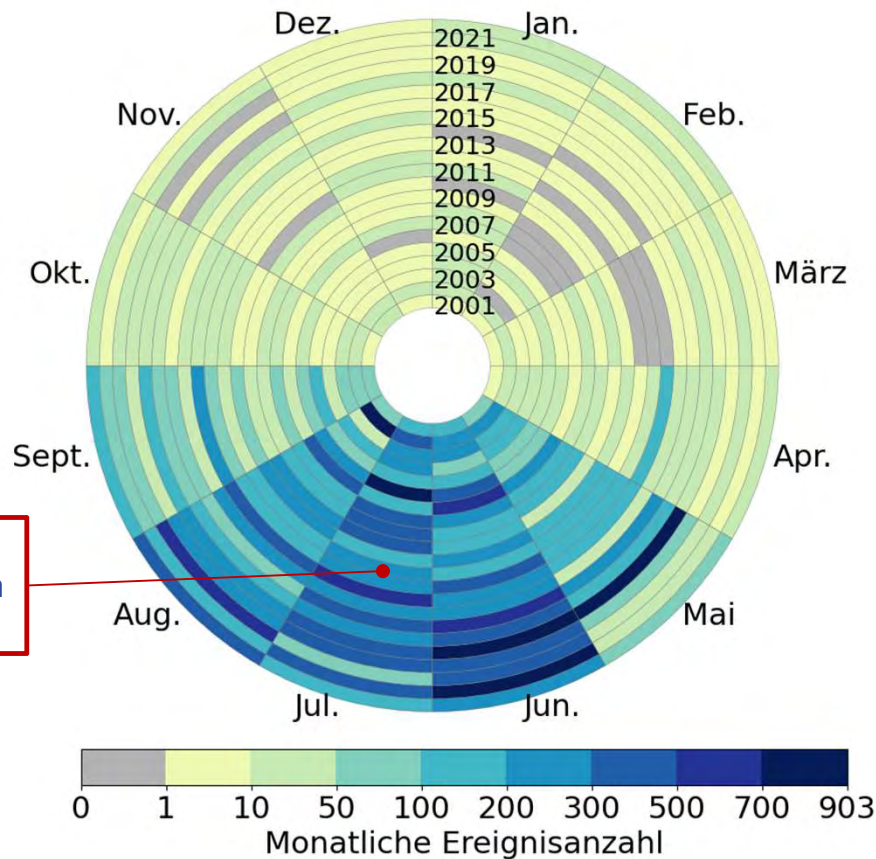


Niederschlag

Beobachtungen

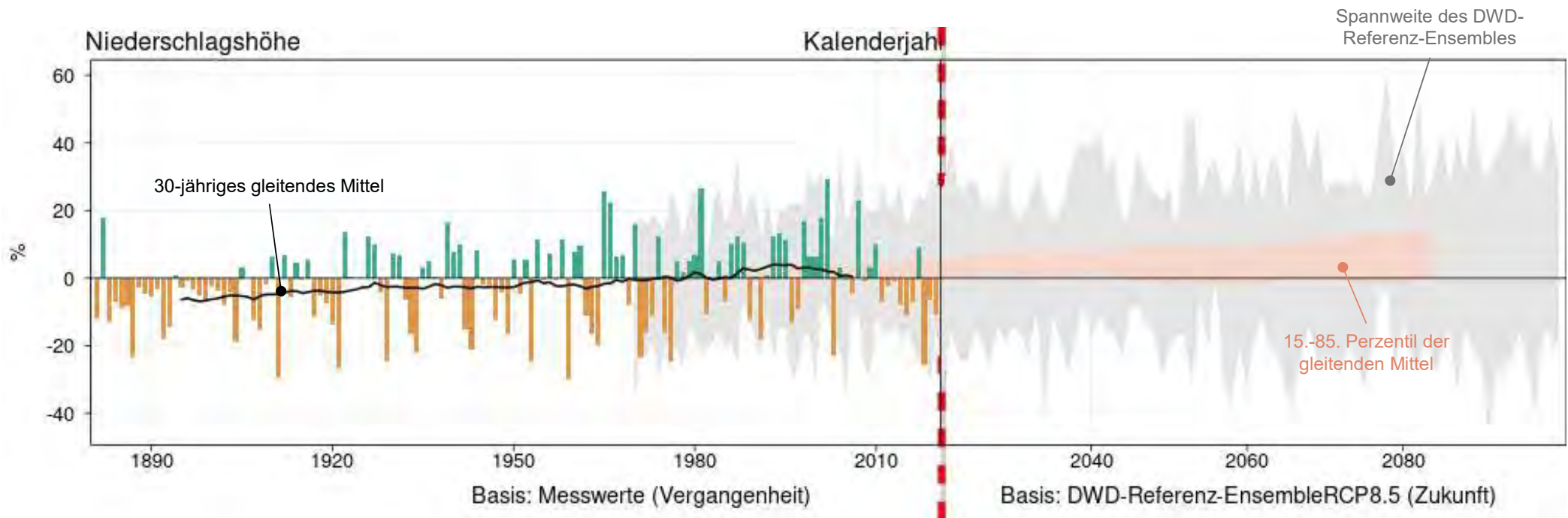
Starkregen

Monatliche Ereignisanzahlen 2001-2022 - pro Jahr und Dauerstufe



Quelle: DWD

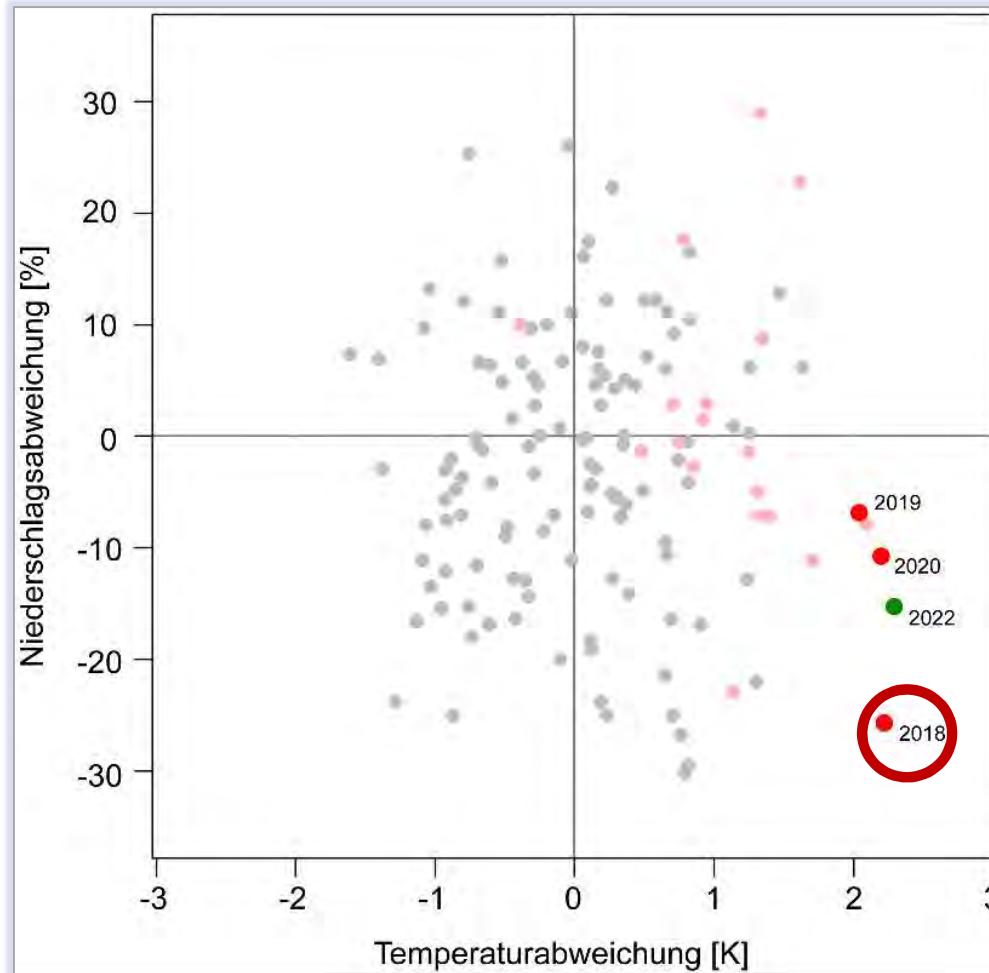




Quelle: DWD / KlimaAtlas



Abweichungen der Temperatur
und des Niederschlags
1881-2022 vom vieljährigen
Mittelwert 1961-1990

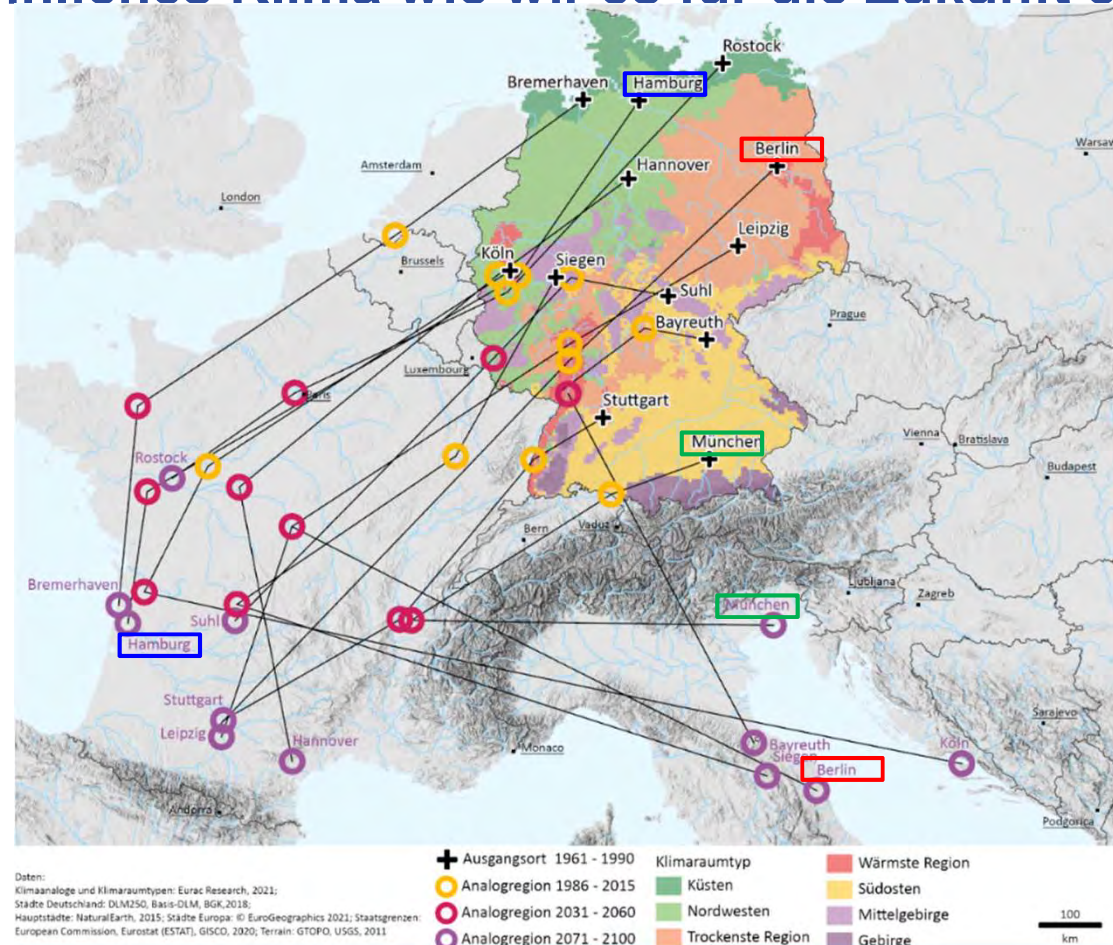


rot:
Jahre seit Beginn 21.
Jahrhunderts

Welcher Ort hat heute ein ähnliches Klima wie wir es für die Zukunft erwarten?

Berücksichtigte Variablen:
 Mitteltemperatur (DJF, MAM, JJA, SON)
 Maximumtemperatur (JJA)
 Minimumtemperatur (DJF)
 Niederschlagsmenge (DJF, MAM, JJA, SON)

Betrachtete Zeiträume:
 Referenzperiode: 1961-1990
räumliche Verschiebung im gesamten Analysezeitraum ■ RCP 8.5



Daten:
 Klimaanaloge und Klimaraumtypen: Eurac Research, 2021;
 Städte Deutschlands: DLM250, Basis-DLM, BGK, 2018;
 Hauptstädte: NaturalEarth, 2015; Städte Europa: © EuroGeographics 2021; Staatsgrenzen:
 European Commission, Eurostat (ESTAT), GISCO, 2020; Terrain: GTOPO, USGS, 2011

Legende:
 DJF: Dez. – Feb. (Winter); MAM: Mrz. – Mai (Frühling); JJA: Jun.-Aug. (Sommer); SON: Sep. - Nov. (Herbst)

Quelle (Literatur): Analysing spatial patterns of climate change: climate clusters, hotspots and analogues to support climate risk assessment and communication in Germany
 A. Crespi, K. Renner, M. Zebisch, I. Schausser, N. Leps, A. Walter
 Submitted to "Climate Services", 2022.



Auswirkungen der Niederschlagsänderung auf das Pflanzenwachstum



tendenziell

- ➔ mehr Niederschläge im Winter, weniger im Sommer
- ➔ Erosion und Überflutung im Winter, Nährstoffauswaschung
- ➔ aber hohe Variabilität von Jahr zu Jahr

Auswirkungen der Niederschlagsänderung auf das Pflanzenwachstum



tendenziell



Wassermangel im Sommer:
höhere Verdunstung
bei weniger Niederschlag
Bewässerung!

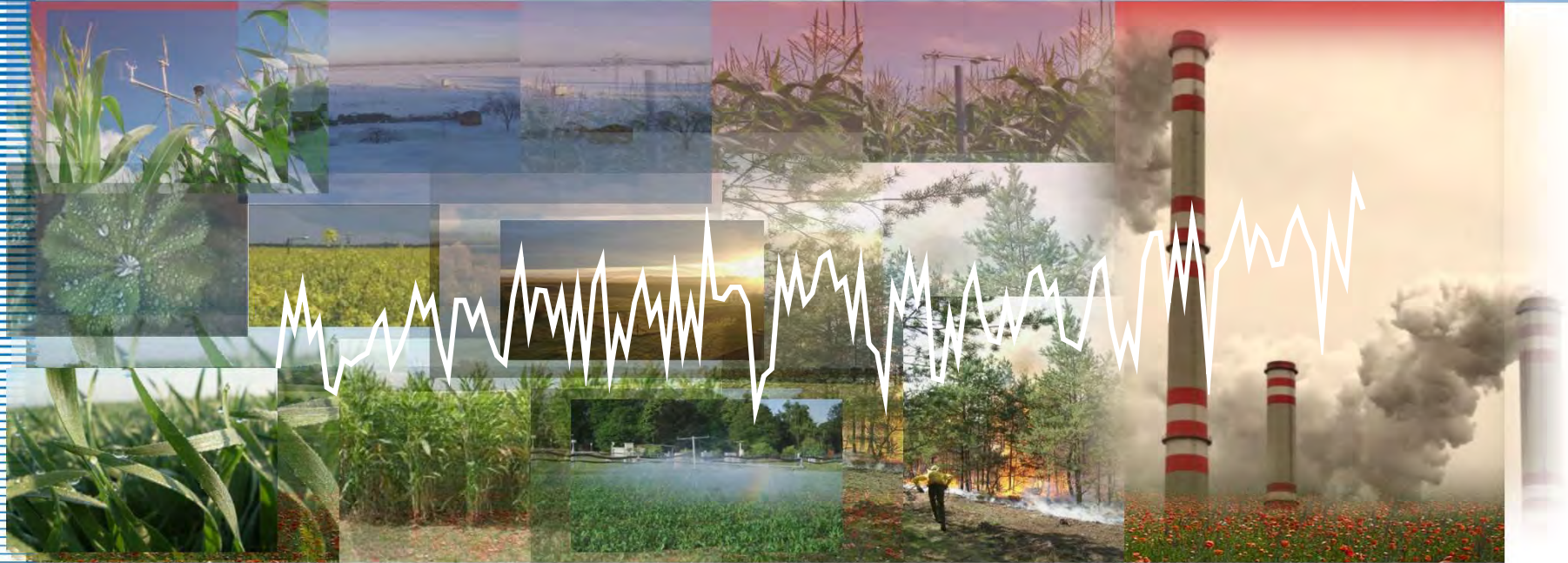


Niederschlagsereignisse werden
extremer



Trockenperioden wechseln mit
Starkregen, besonders im Sommer





**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit**