

Quelle: unsplash / Ralph / Ray Kayden

Auswirkungen des Klimawandels auf das Grünflächenmanagement

GVD-Jahresversammlung 2024 | Bayreuth | 21.02.2024

Dr. Wolfgang Kurtz | DWD Agrarmeteorologie Weihenstephan



Nachrichten 2022

Landwirte bangen: Trockenheit setzt massiv zu

29.03.2022 BLW

Hitze und Dürre machen Bauern massiv zu schaffen

Versorgungssicherheit in Gefahr: Politik ist gefordert

02.08.2022 BBV

Weiter kein Regen?

Ausgetrocknet: So sehr setzen Hitze und Dürre Franken derzeit zu

09.08.2022 www.nordbayern.de

Klimawandel

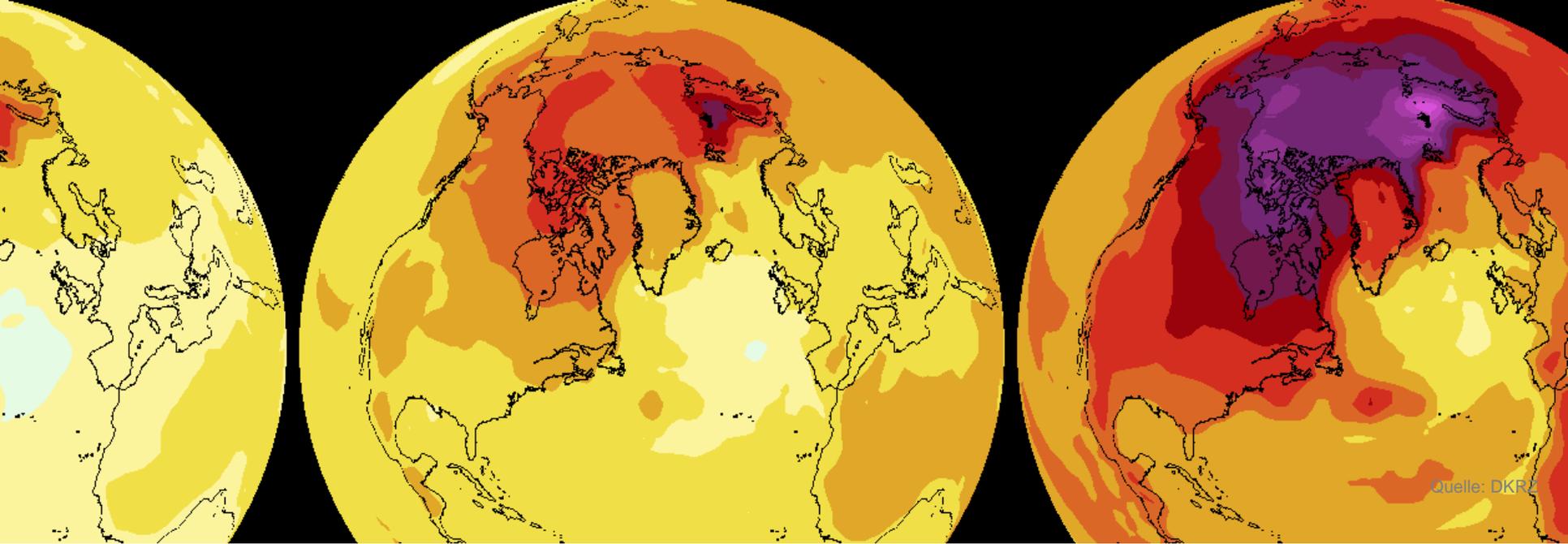
Böden bleiben trotz Regen zu trocken

26.09.2022 Süddeutsche Zeitung

Katastrophenfall ausgerufen: Waldbrand in Bayern – 300 Einsatzkräfte im Kampf gegen die Flammen

28.07.2022 Münchner Merkur





Klimasystem und Szenarien



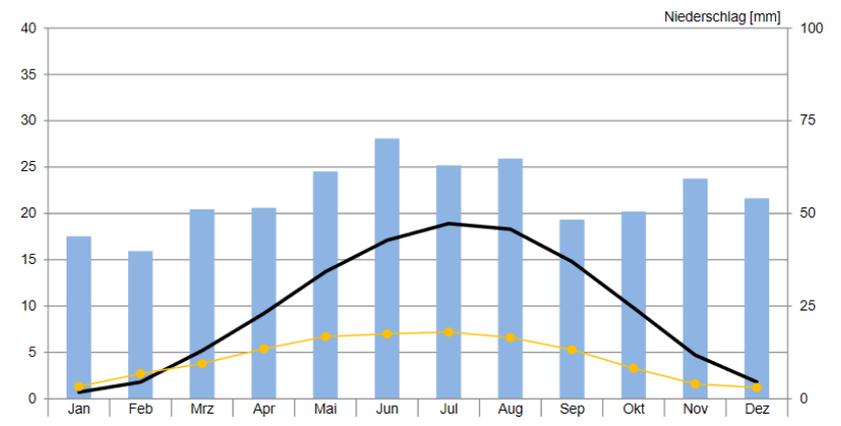
Unterschied zwischen Wetter und Klima

Wetter



Was ist der physikalische Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt?

Klima



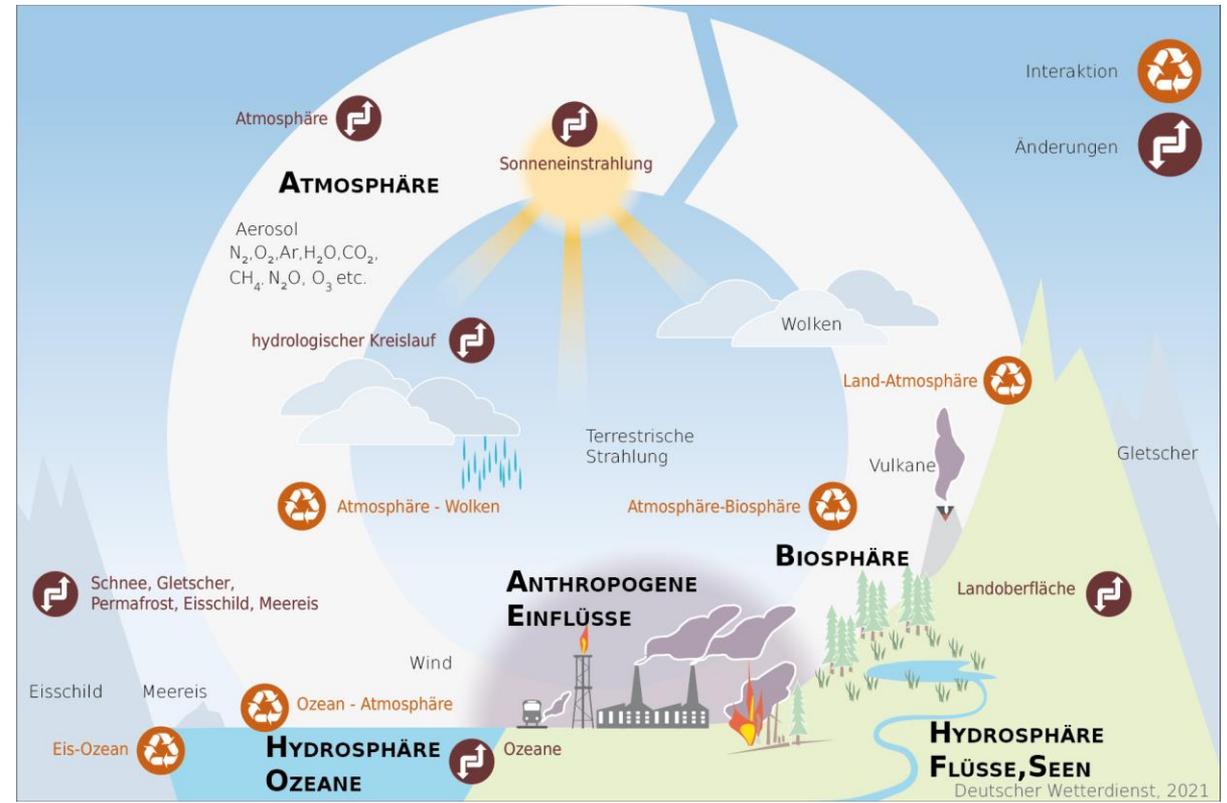
Wie verhält sich die Atmosphäre über einen Zeitraum von 30 Jahren? Es fließen auch Extremwerte in die Statistik mit ein.



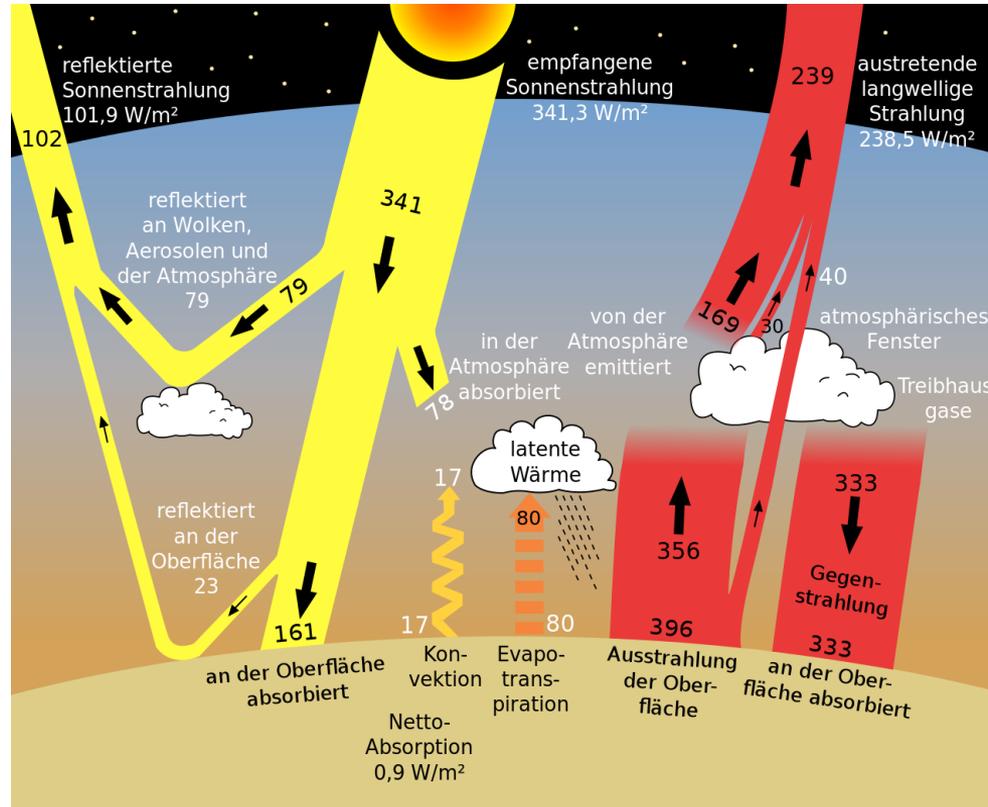
Das Klimasystem

Komplexes Zusammenspiel aller Komponenten des Systems Land- Atmosphäre-Ozeane.

Dazu gehören auch die Kryosphäre (Eis), die Biosphäre, die Hydrosphäre und der Boden.



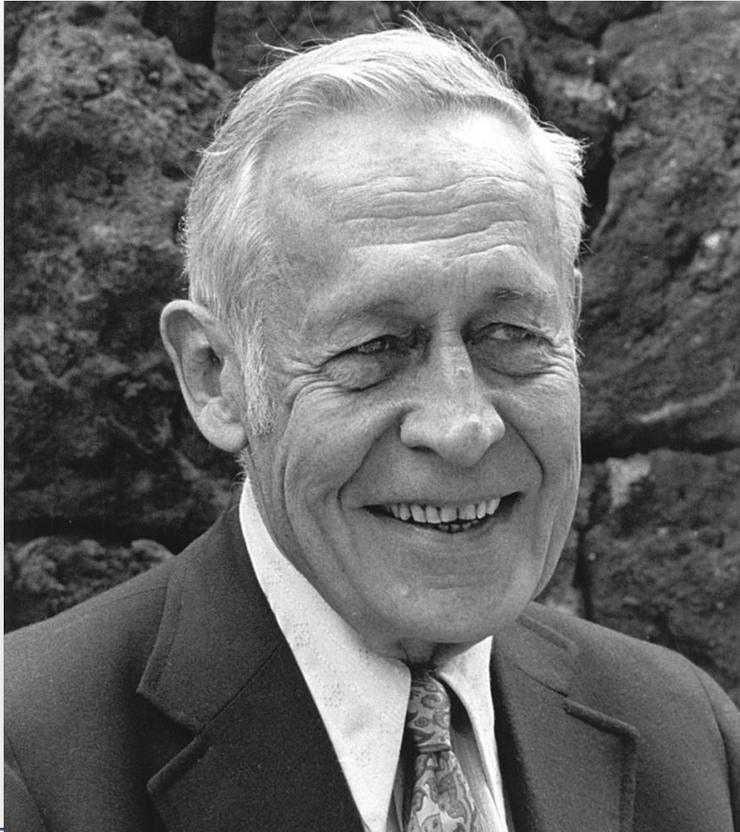
Strahlungsbilanz der Atmosphäre



Quelle: NASA, modifiziert

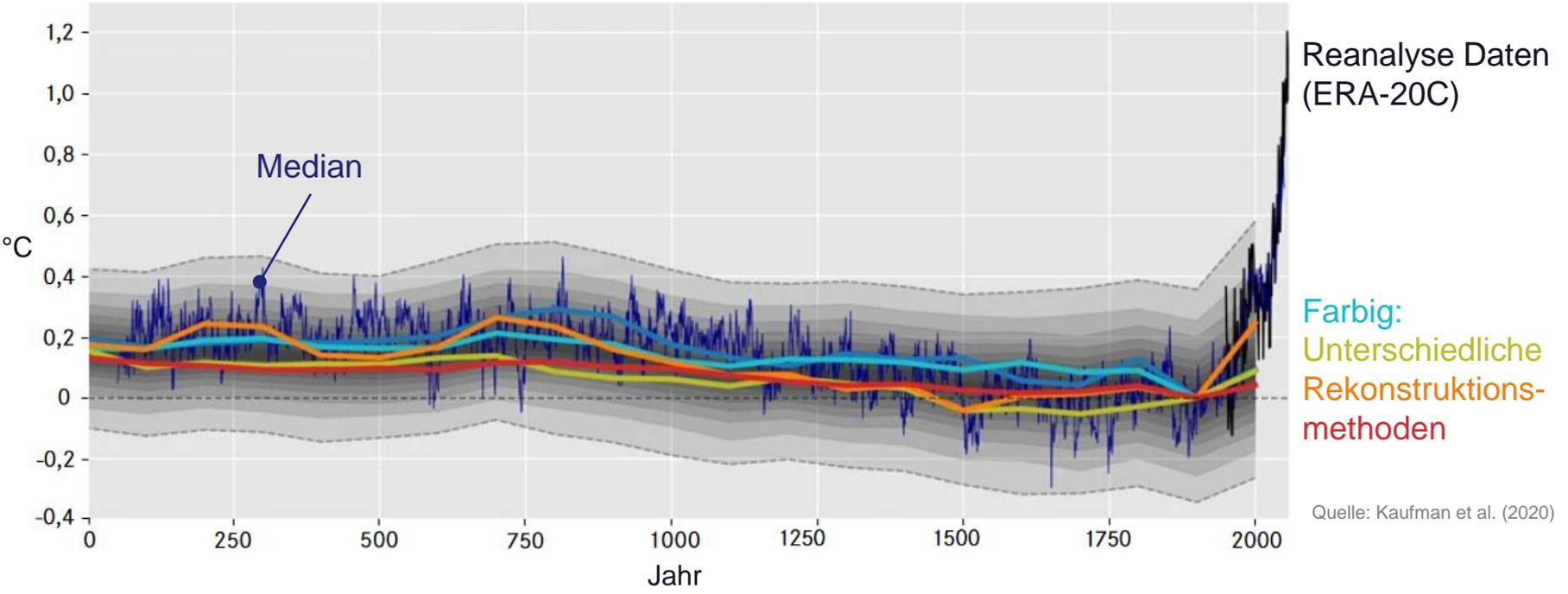
Roger Revelle, Ozeanograph und Klimatologe, 1957

„Die Menschen führen momentan ein großangelegtes geophysikalisches Experiment aus, das so weder in der Vergangenheit hätte passieren können noch in der Zukunft wiederholt werden kann.“

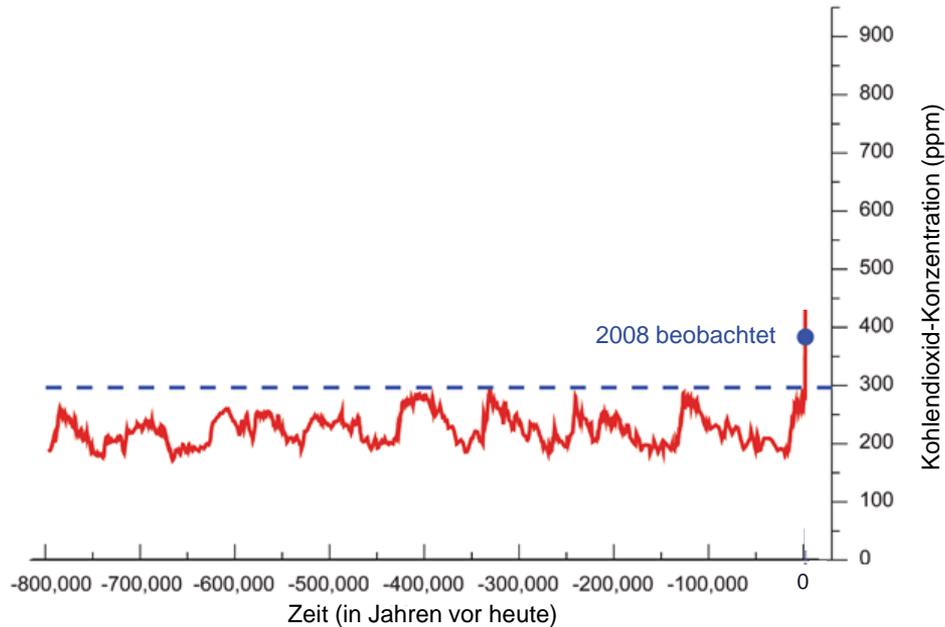


Quelle: Robert Glasheen / UCSD

Entwicklung der globalen Mitteltemperatur seit 2000 Jahren

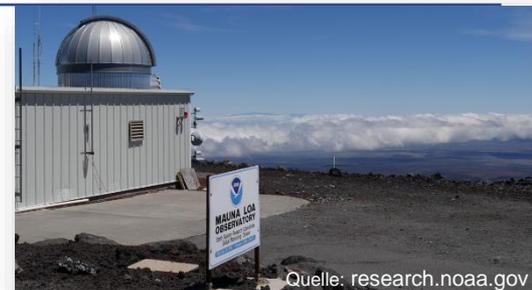
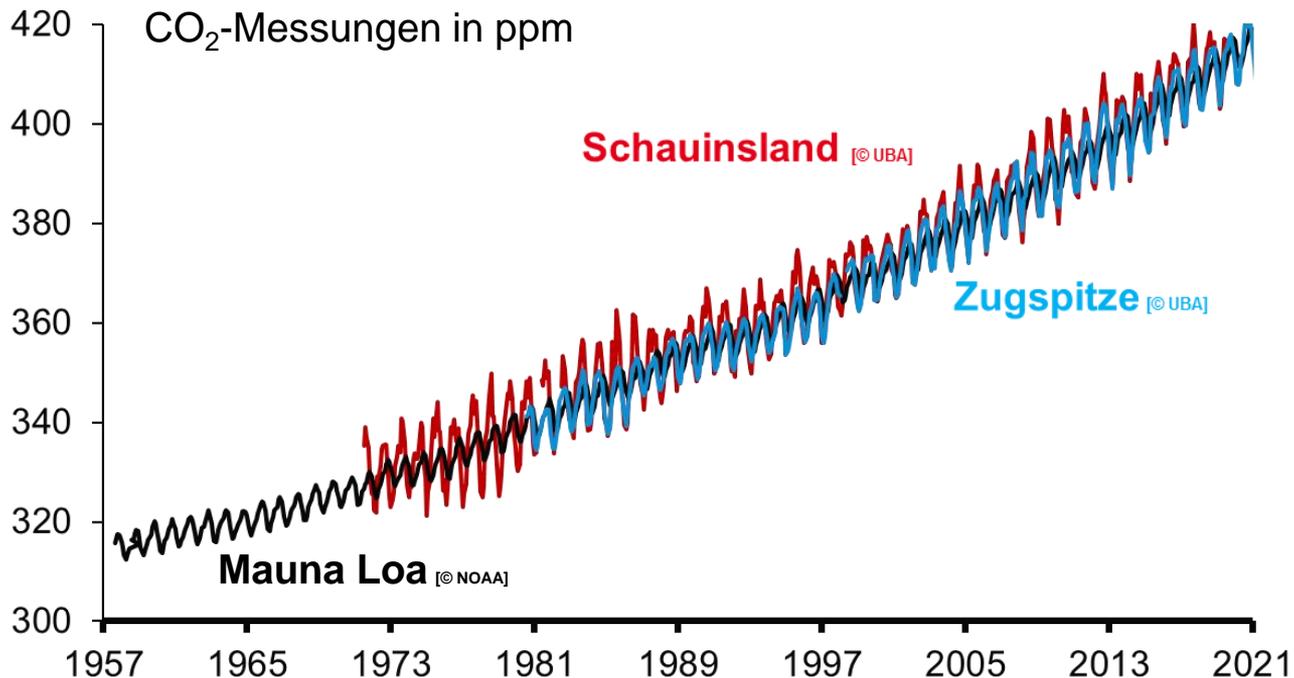


CO₂-Konzentration der letzten 800.000 Jahre

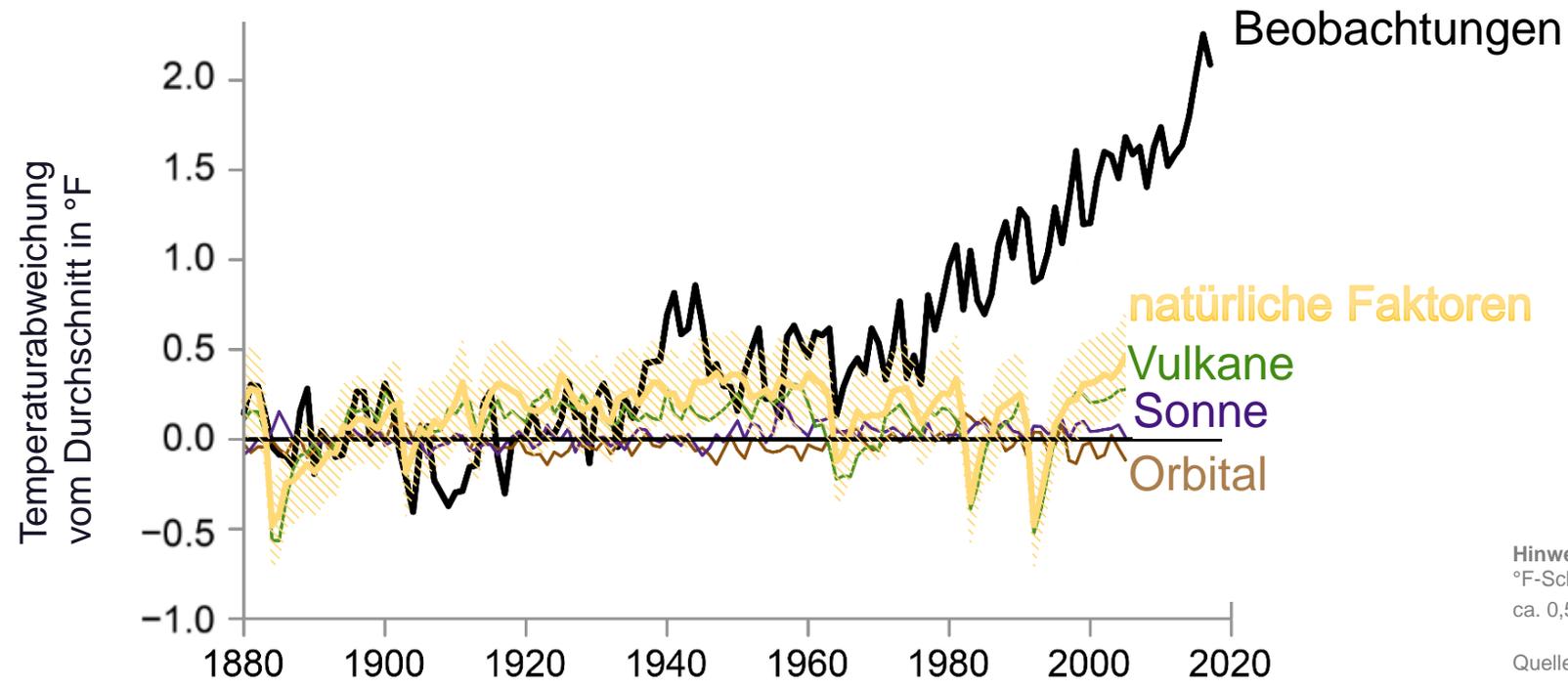


Quelle: Lüthi et al., Tans, IIASA

Direkte Messung der CO₂-Konzentration



Natürliche Einflüsse aufs Klima

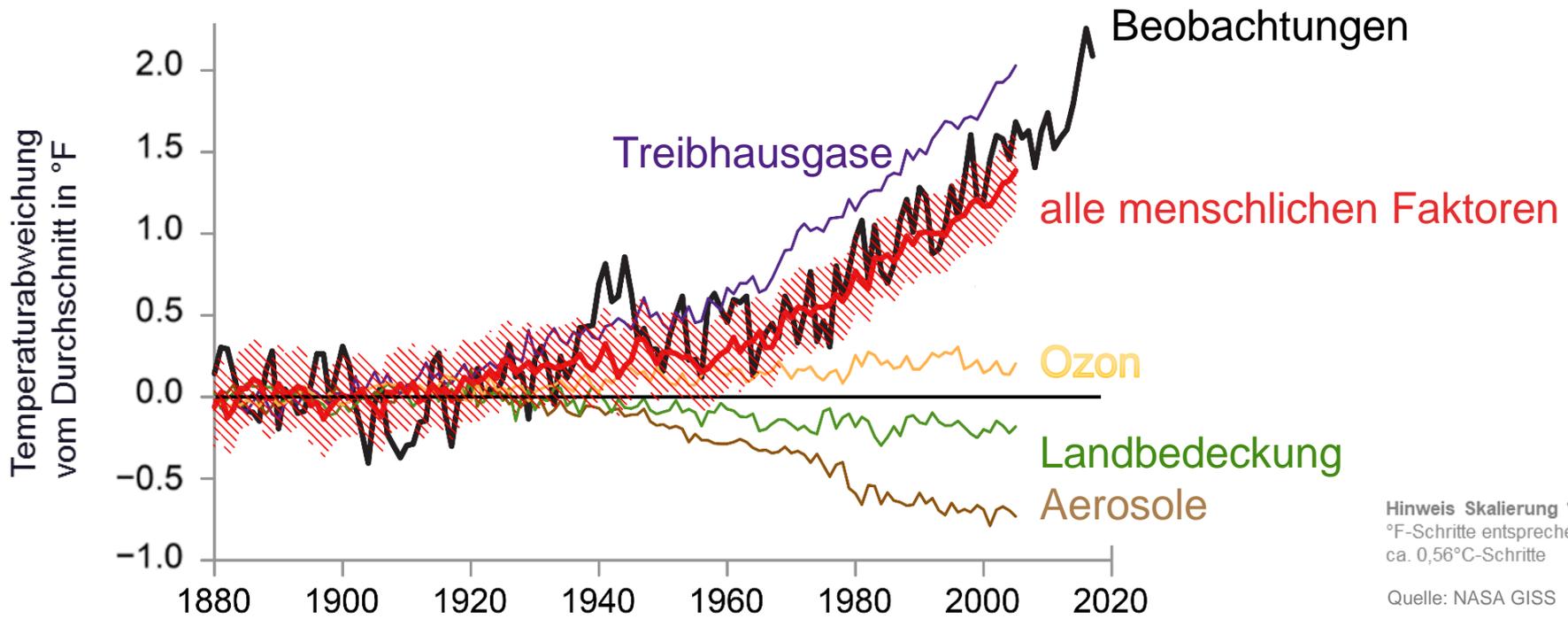


Hinweis Skalierung °F:
°F-Schritte entsprechen
ca. 0,56°C-Schritte.

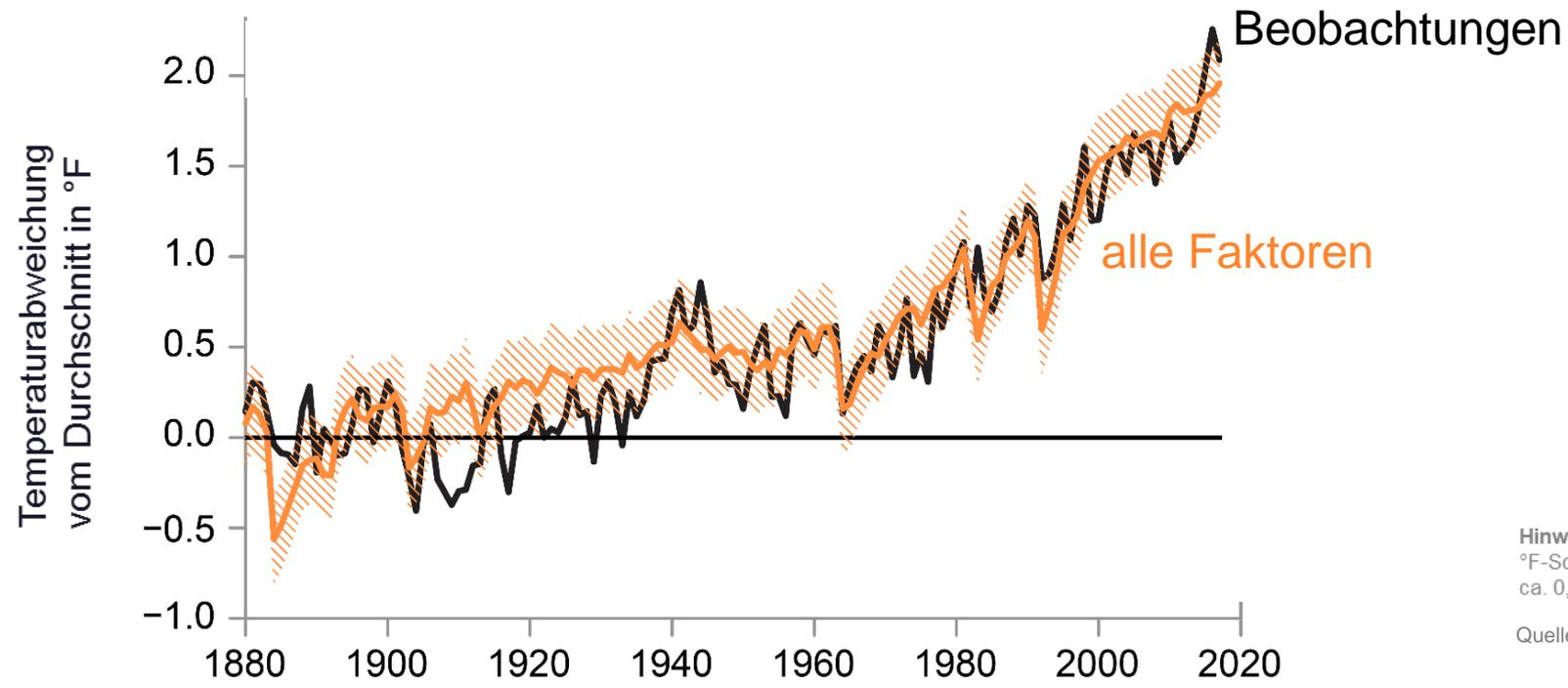
Quelle: NASA GISS



Einfluss des Menschen aufs Klima



Kombination der Einflüsse



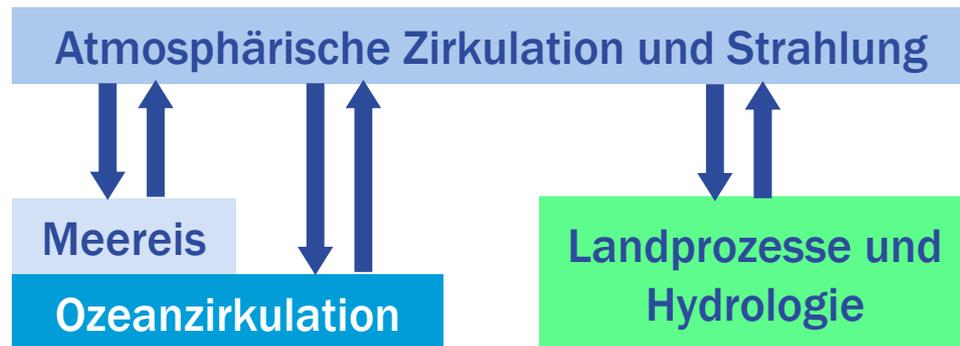
Hinweis Skalierung °F:
°F-Schritte entsprechen
ca. 0,56°C-Schritte

Quelle: NASA GISS



Was ist ein Klimamodell?

- **numerische Darstellung des Klimasystems** basierend auf den physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften seiner Bestandteile und deren **Wechselwirkungen** und Rückkopplungsprozesse
- Klimamodelle werden als **Forschungsinstrument** verwendet
- Klimamodelle werden für **operative Zwecke** verwendet, einschließlich monatlicher, saisonaler und jahresübergreifender **Klimaprognosen** sowie **Klimaprojektionen**

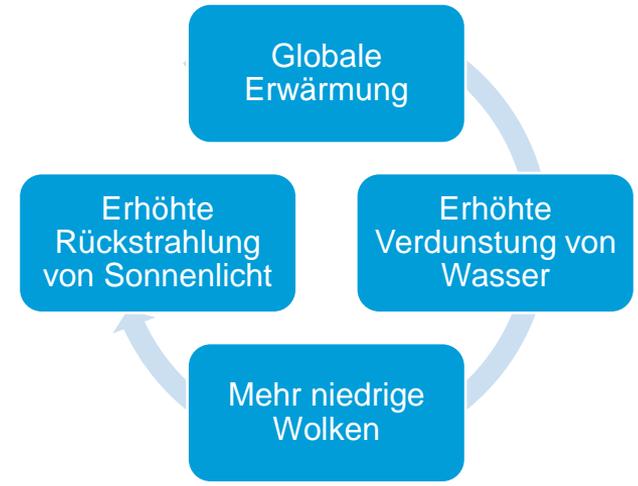


Rückkopplungen des Klimasystems

Positive Rückkopplung

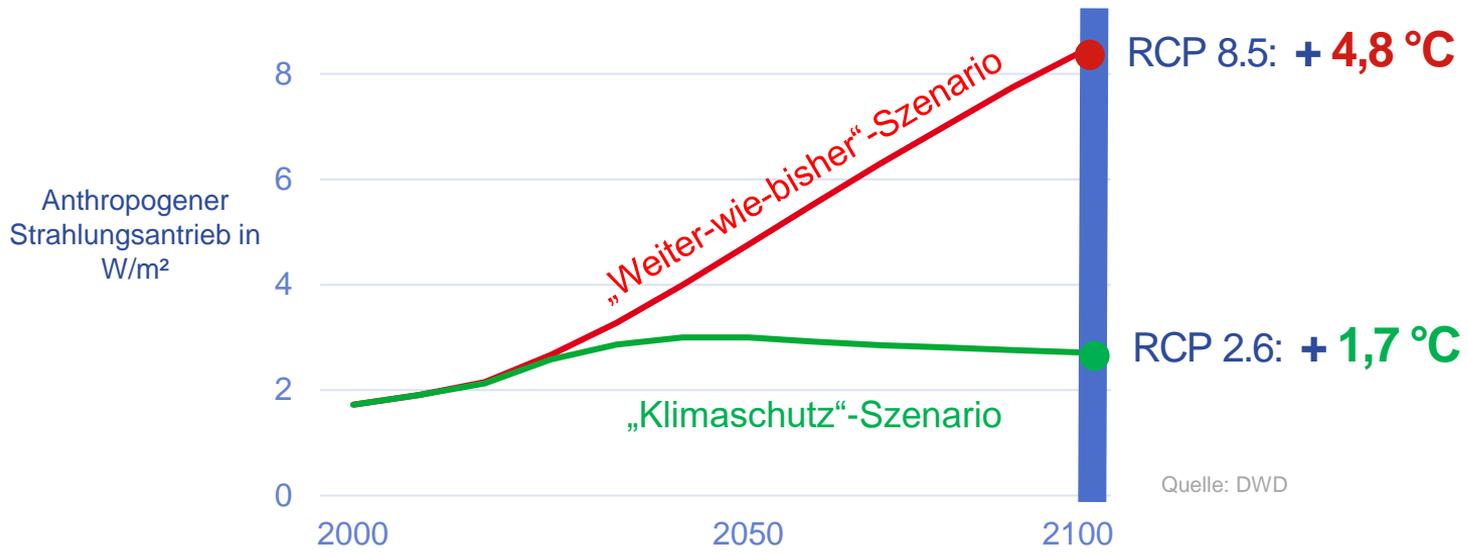


Negative Rückkopplung



Die künftigen CO₂-Emissionen sind entscheidend

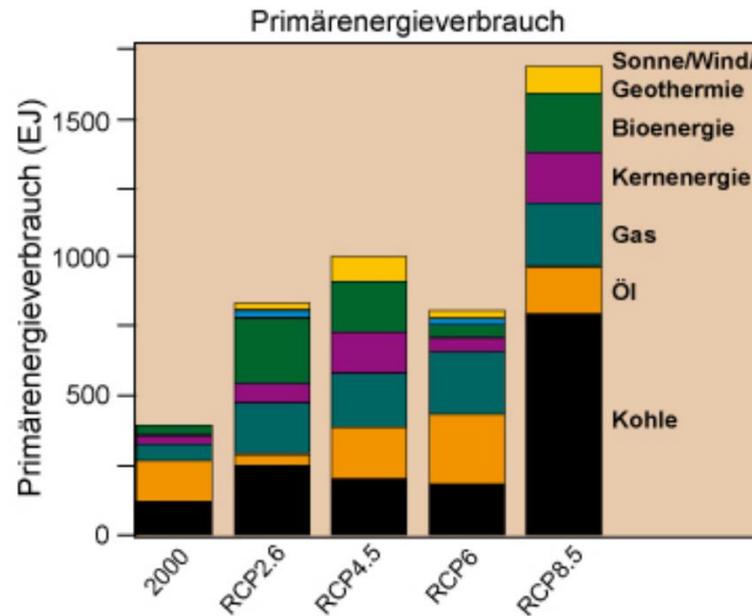
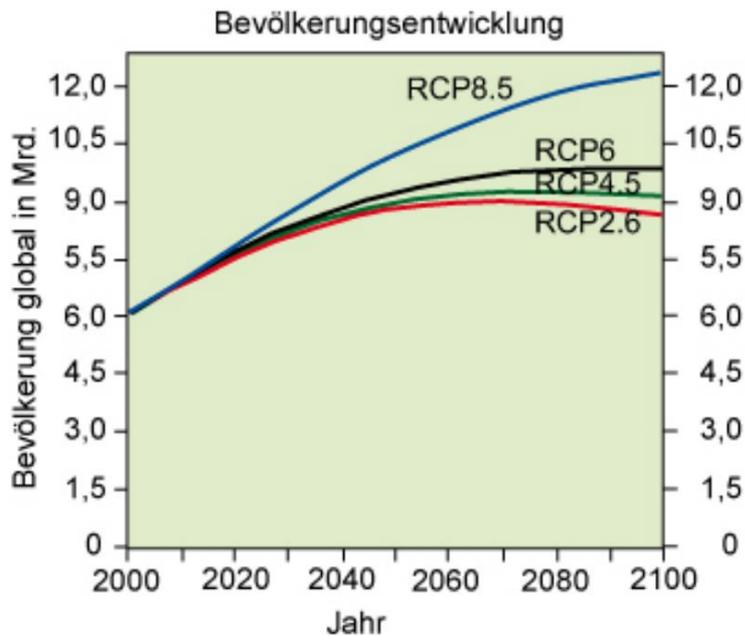
RCP-Szenarien im Vergleich



FAZIT
2 Grad-Ziel nur durch RCP 2.6 zu realisieren. Dazu sind negative Emissionen nötig.

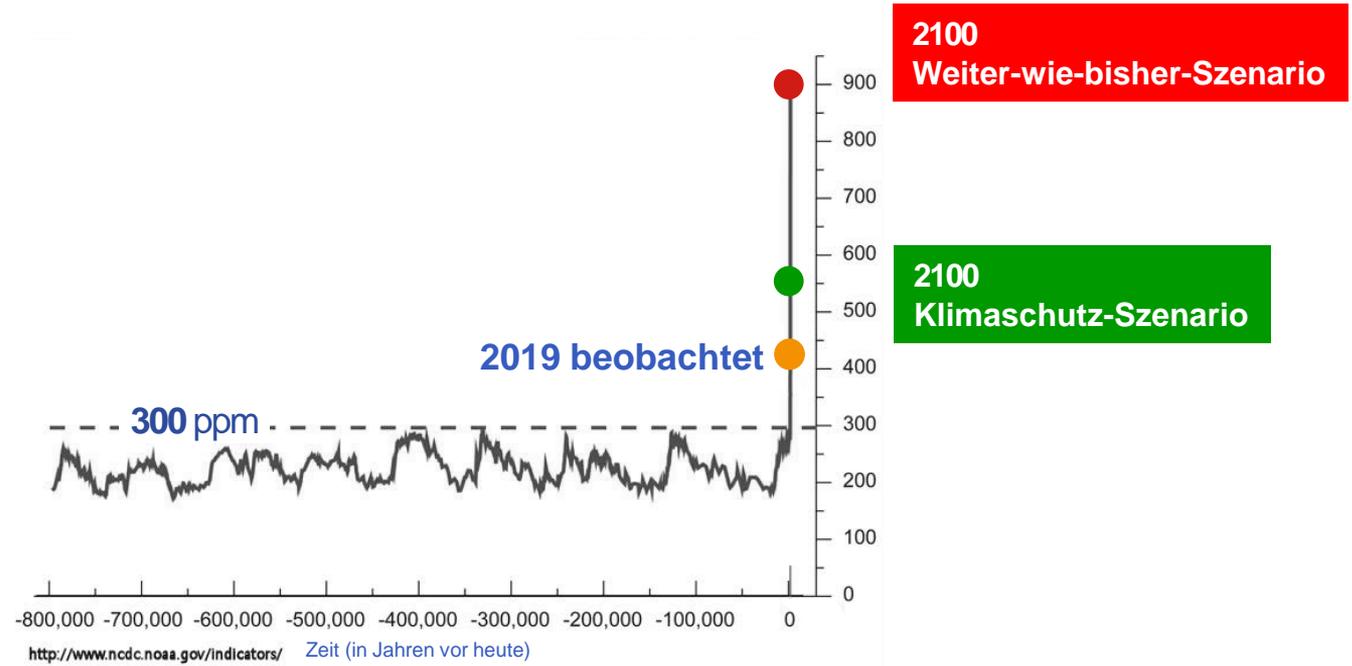


Die RCP-Szenarien



Quelle: wiki.bildungsverver.de

Zunahme der anthropogenen Treibhausgase



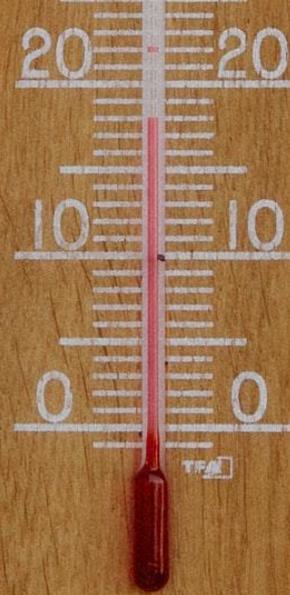
Eintrittswahrscheinlichkeit Klimaszenarien

Studie des Exzellenzclusters Climate, Climatic Change, and Society (CLICCS):

„Das 1,5-Grad-Ziel des Pariser Klimaabkommens wird realistischerweise nicht eingehalten werden. Eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter zwei Grad Celsius kann sich als plausibel erweisen, wenn die Ambitionen deutlich erhöht, Maßnahmen konsequent umgesetzt und Wissenslücken geschlossen werden.“

<https://www.cliccs.uni-hamburg.de/de/results/hamburg-climate-futures-outlook.html>



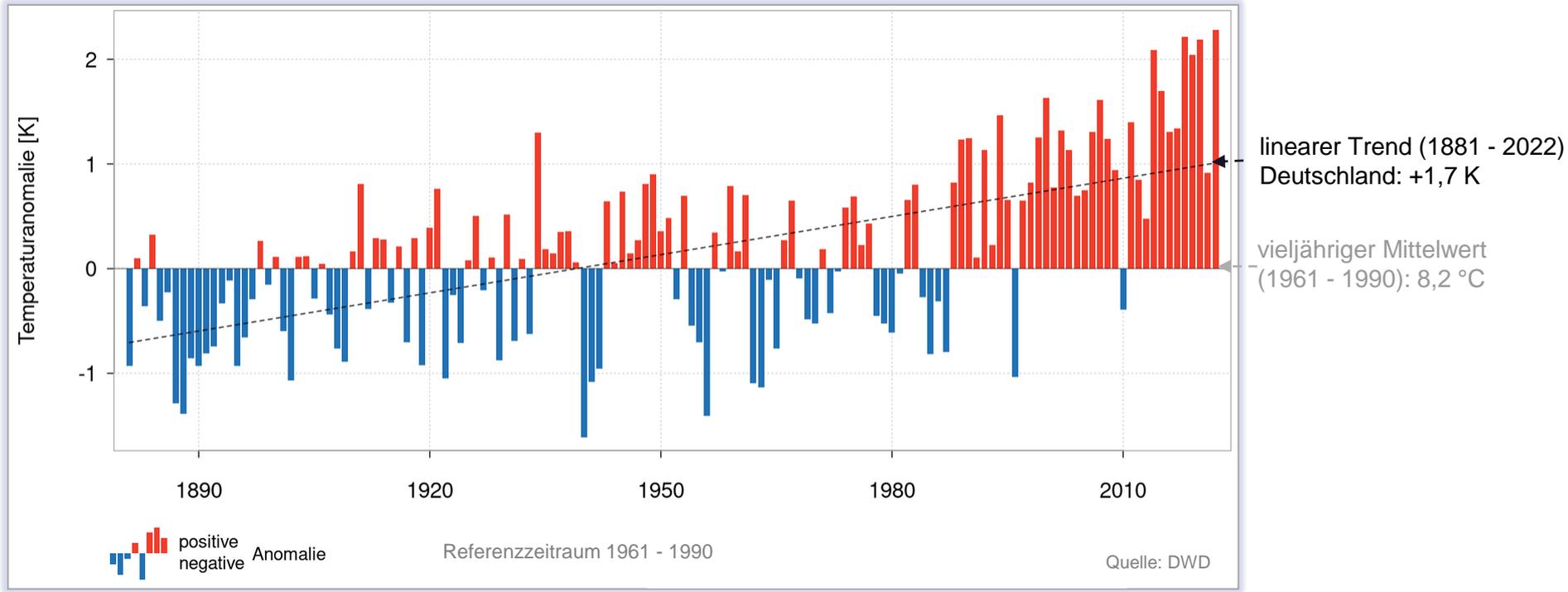


Quelle: unsplash /Bianca Ackermann

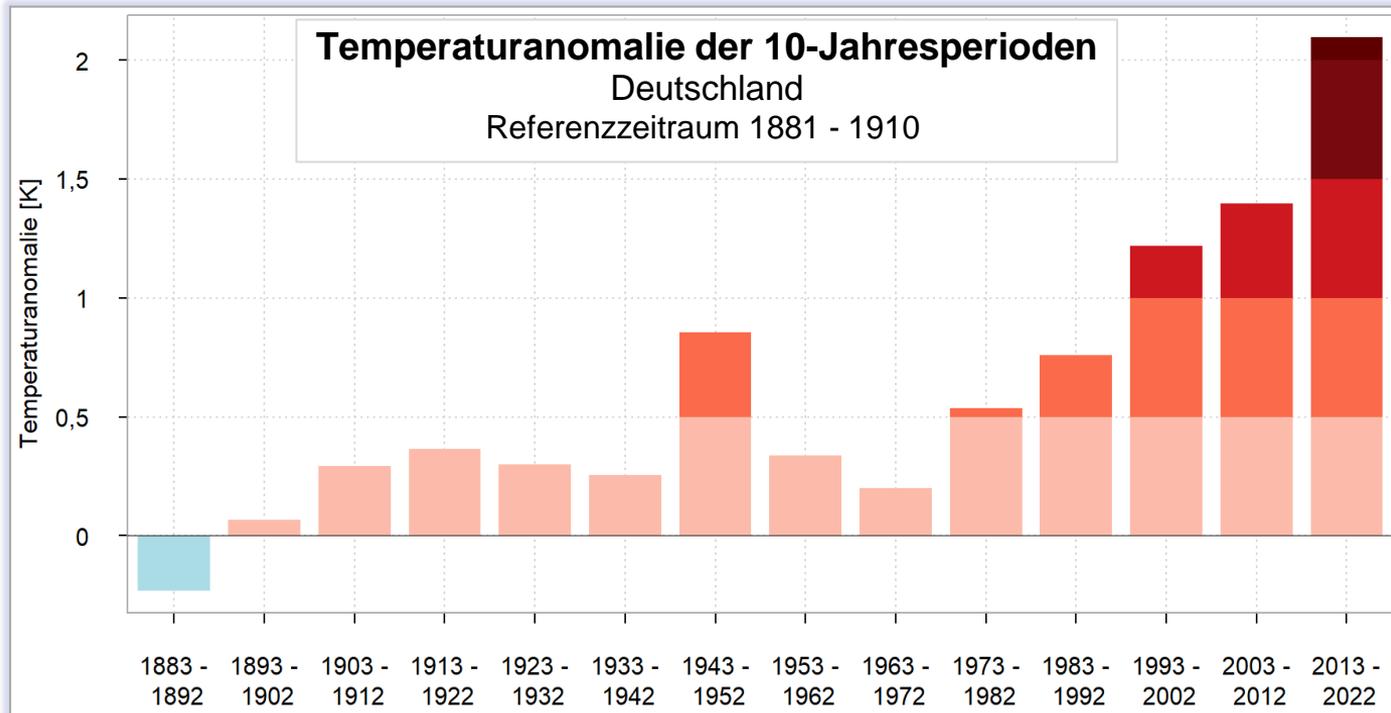
Temperaturentwicklung



Temperaturanomalien in Deutschland seit 1881- 2022



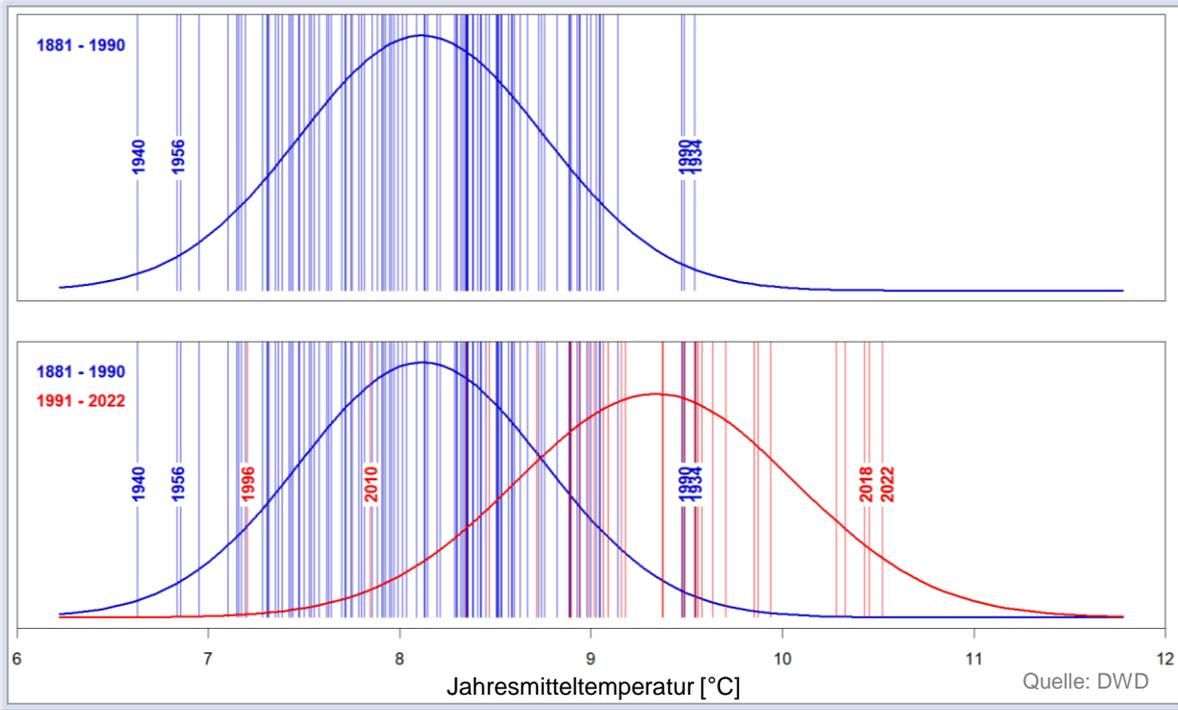
Die Dekaden werden immer wärmer



Quelle: DWD



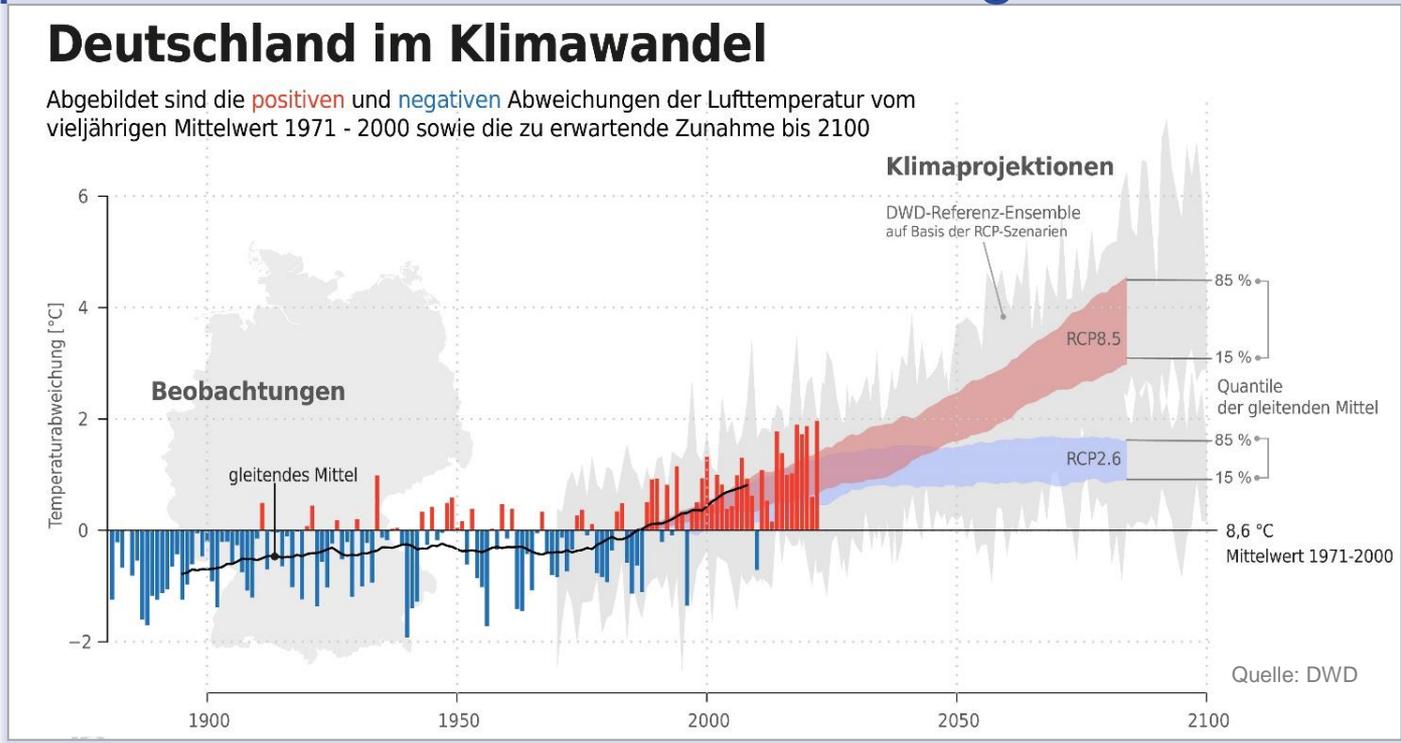
Häufigkeitsverteilungen der Jahresmitteltemperaturen



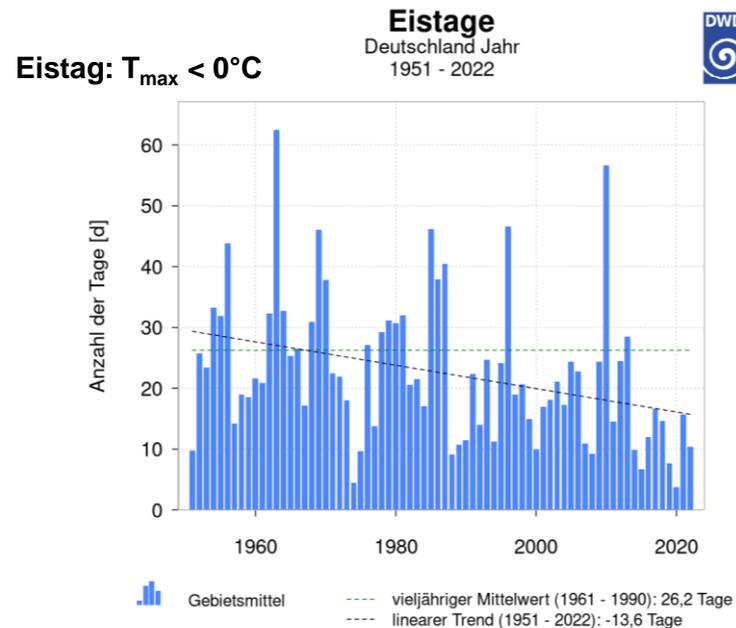
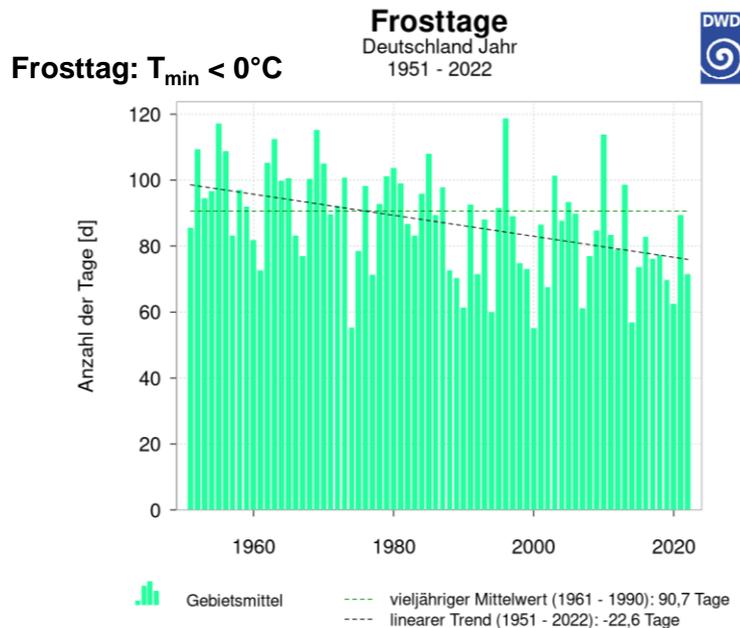
FAZIT
Was früher extrem
war, ist heute
bereits normal



Die Temperatur wird im Mittel weiter steigen



Messungen der Frost-/Eistage 1951- 2022



Räumliche Verteilung der Frosttage seit 1963

 deutlich weniger Frosttage

1963 - 1972

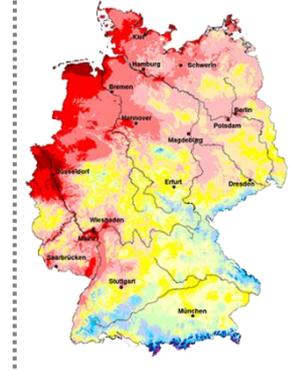
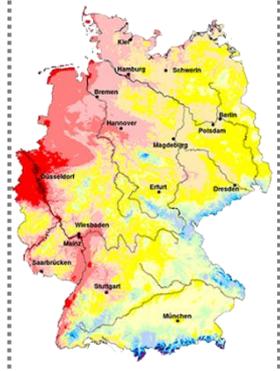
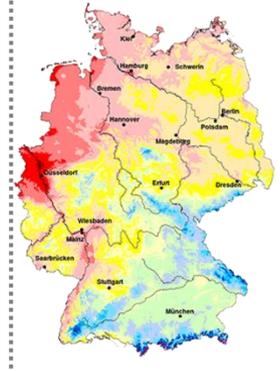
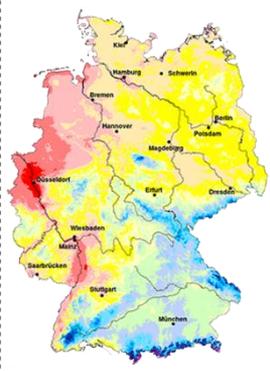
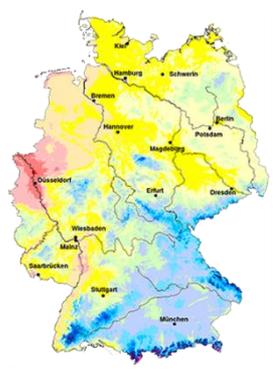
1973 - 1982

1983 - 1992

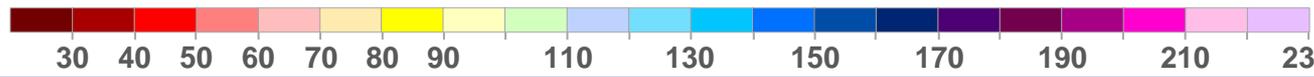
1993 - 2002

2003 - 2012

2013 - 2022



Frosttag: $T_{min} < 0^{\circ}C$

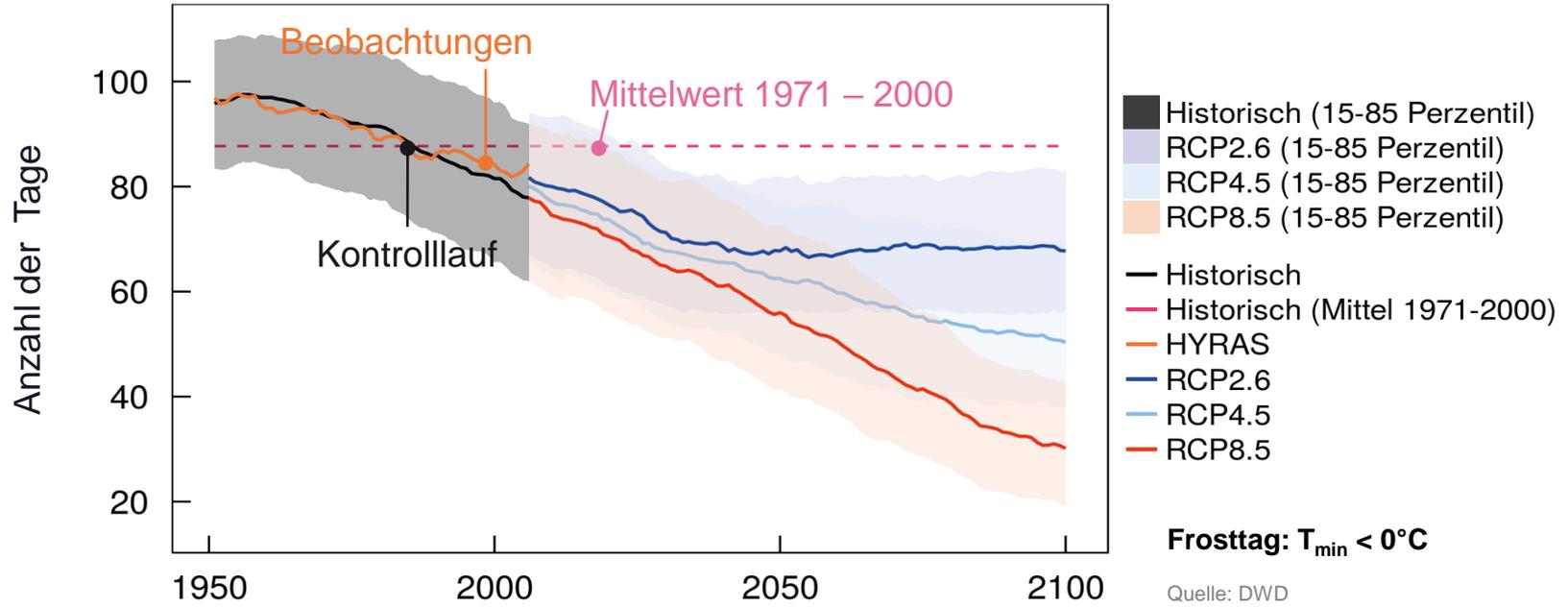


Min = 17 Tage / Max = 274 Tage

Quelle: DWD



Die Anzahl der Frosttage nimmt im Mittel zukünftig ab



Pflanzenentwicklung in Deutschland

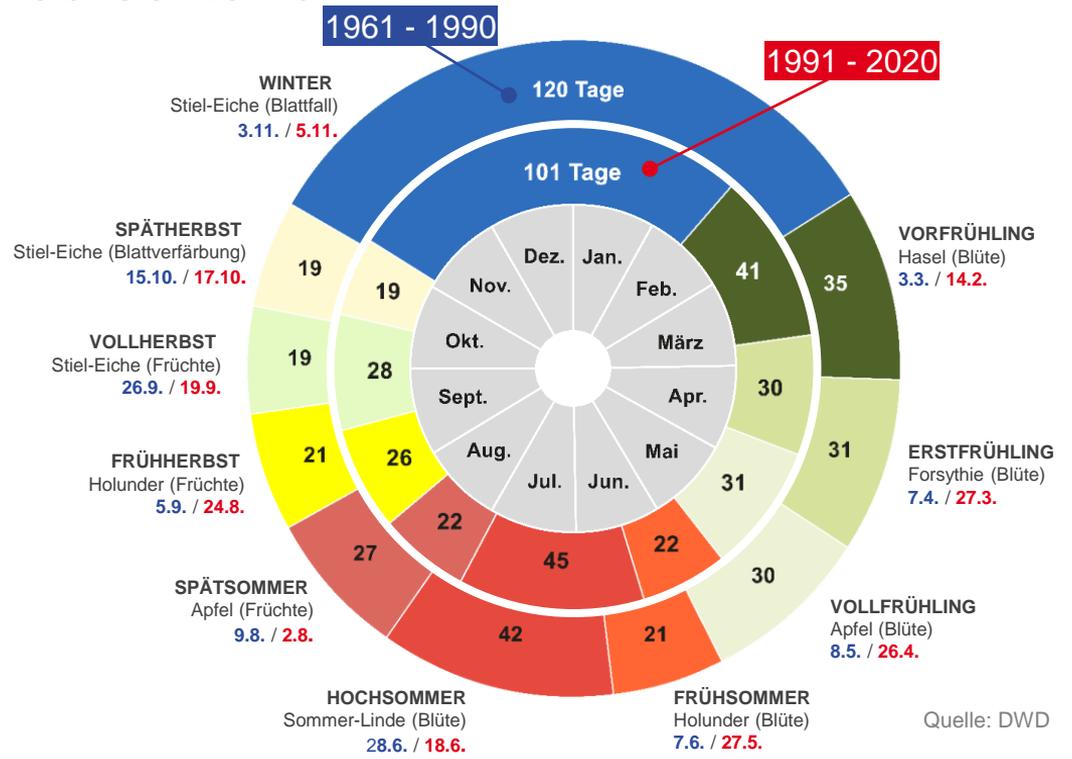
Leitphasen, mittlerer Beginn und Dauer der phänologischen Jahreszeiten

Zeiträume 1961-1990 und 1991-2020 im Vergleich

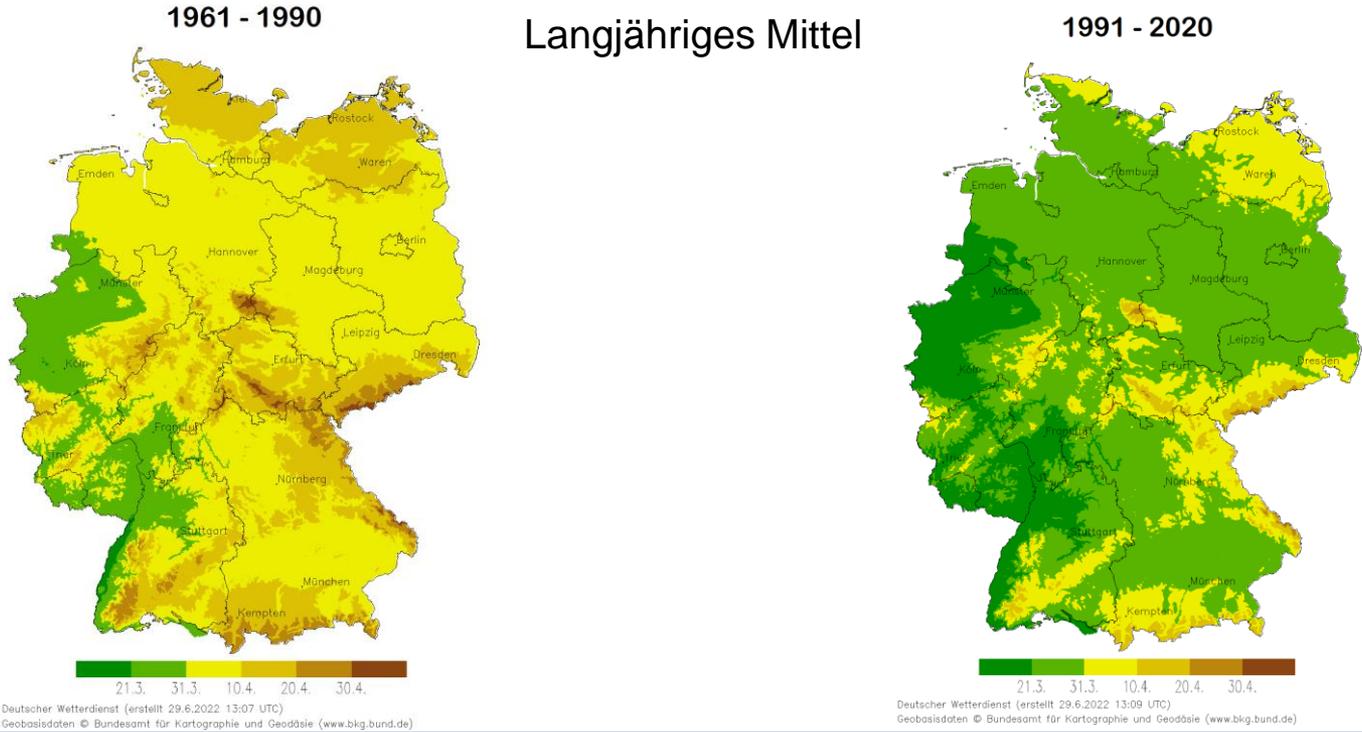
Außenring: Mittel 1961-1990

Innenring: Mittel 1991-2020

- Verschiebung der phänologischen Jahreszeiten
- Vegetationsperiode beginnt früher



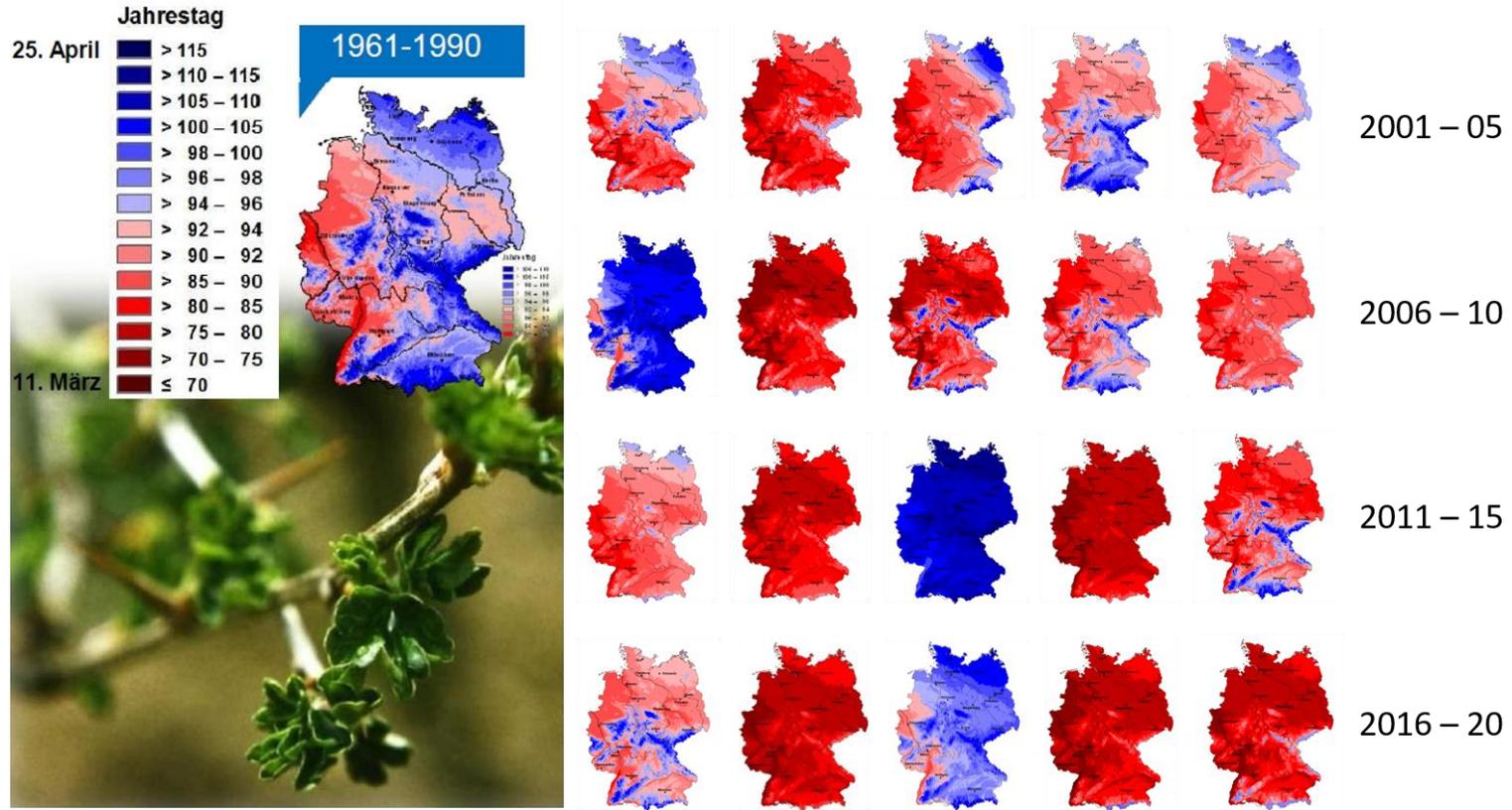
Lokale Unterschiede in der Verschiebung des Vegetationsbeginns



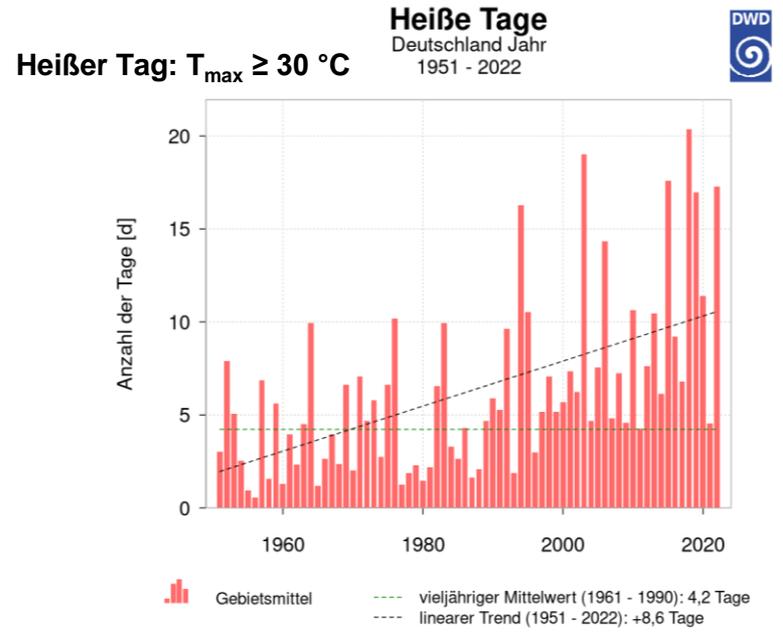
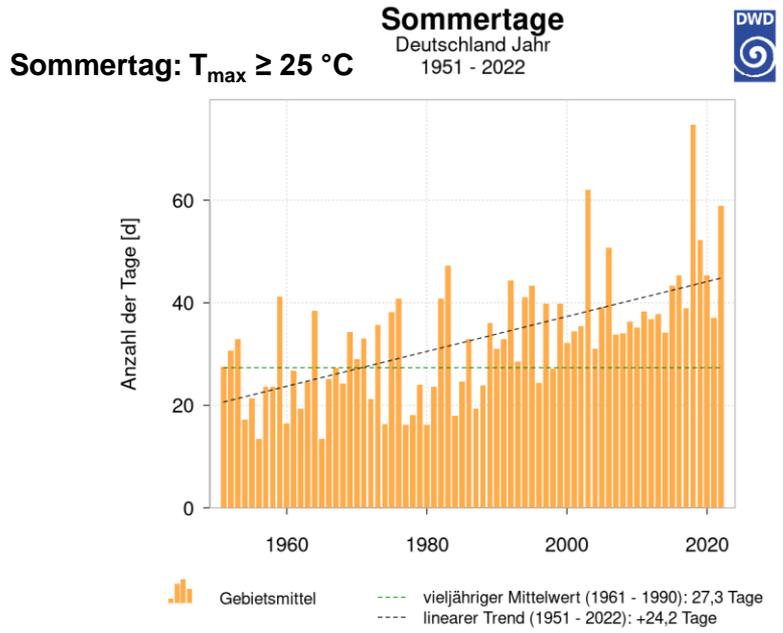
Quelle: DWD



Vegetationsbeginn bleibt jedoch variabel



Messungen der Sommertage 1951 - 2022



Räumliche Verteilung der Sommertage seit 1963

 deutliche Zunahme an Sommertagen

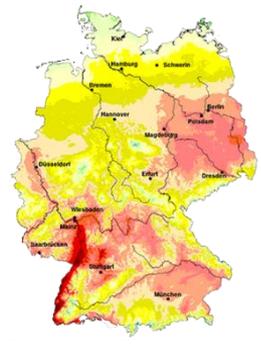
1963 - 1972



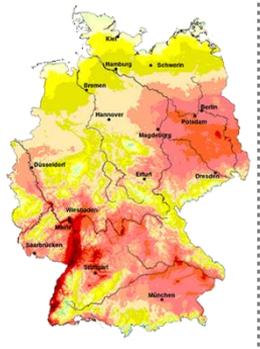
1973 - 1982



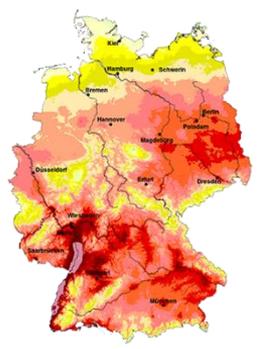
1983 - 1992



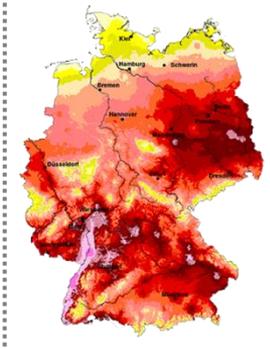
1993 - 2002



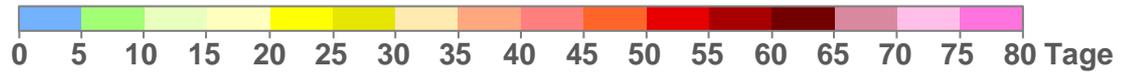
2003 - 2012



2013 - 2022



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

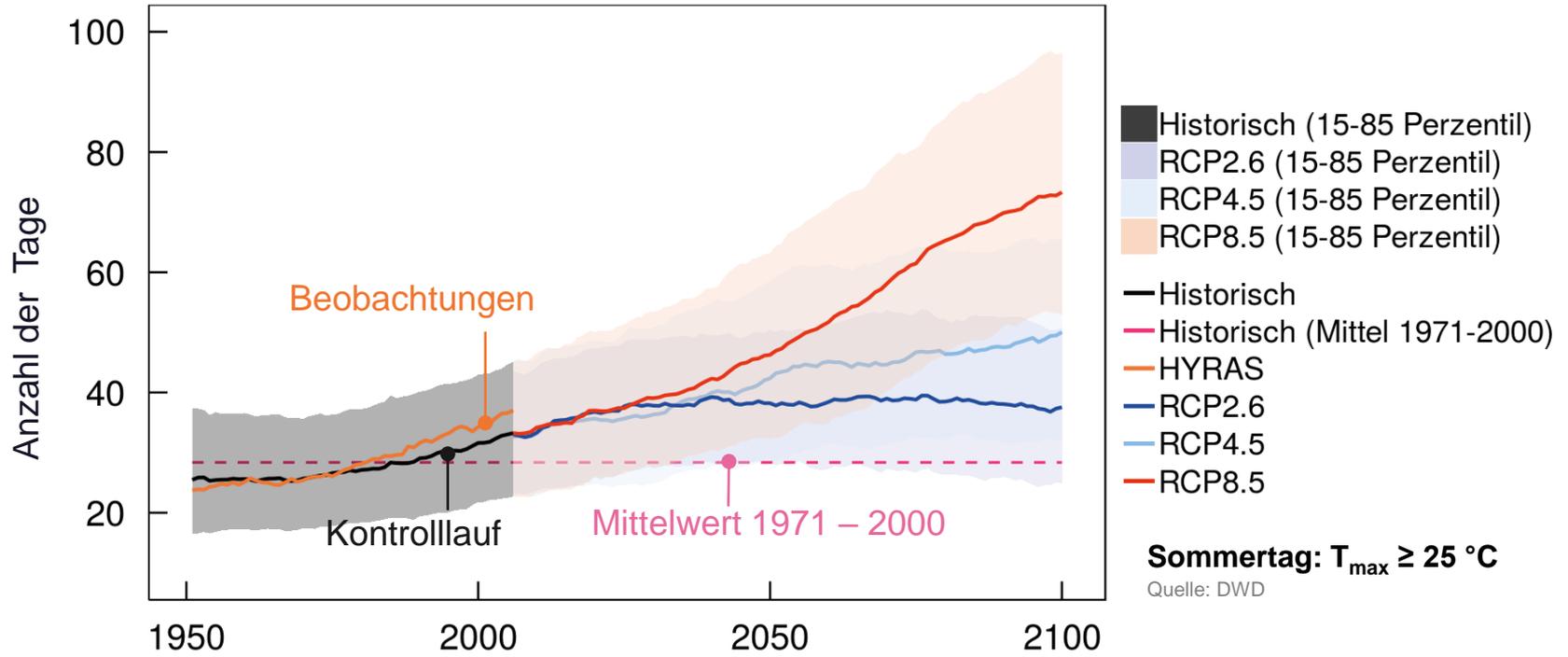


Min = 0 Tage / Max = 82 Tage

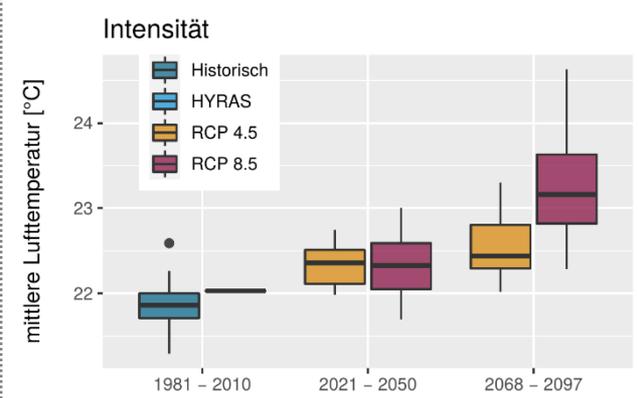
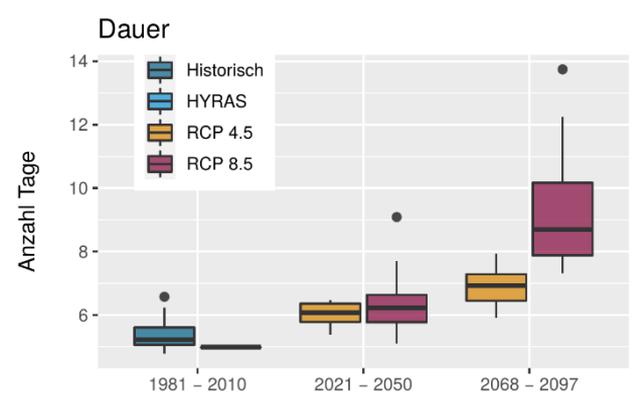
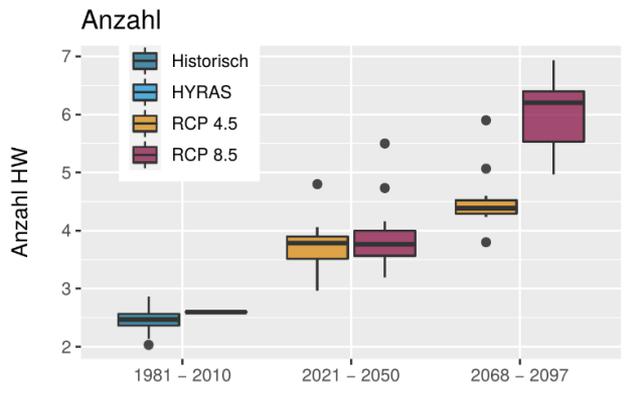
Quelle: DWD



Die Anzahl Sommertage nimmt zukünftig im Mittel zu



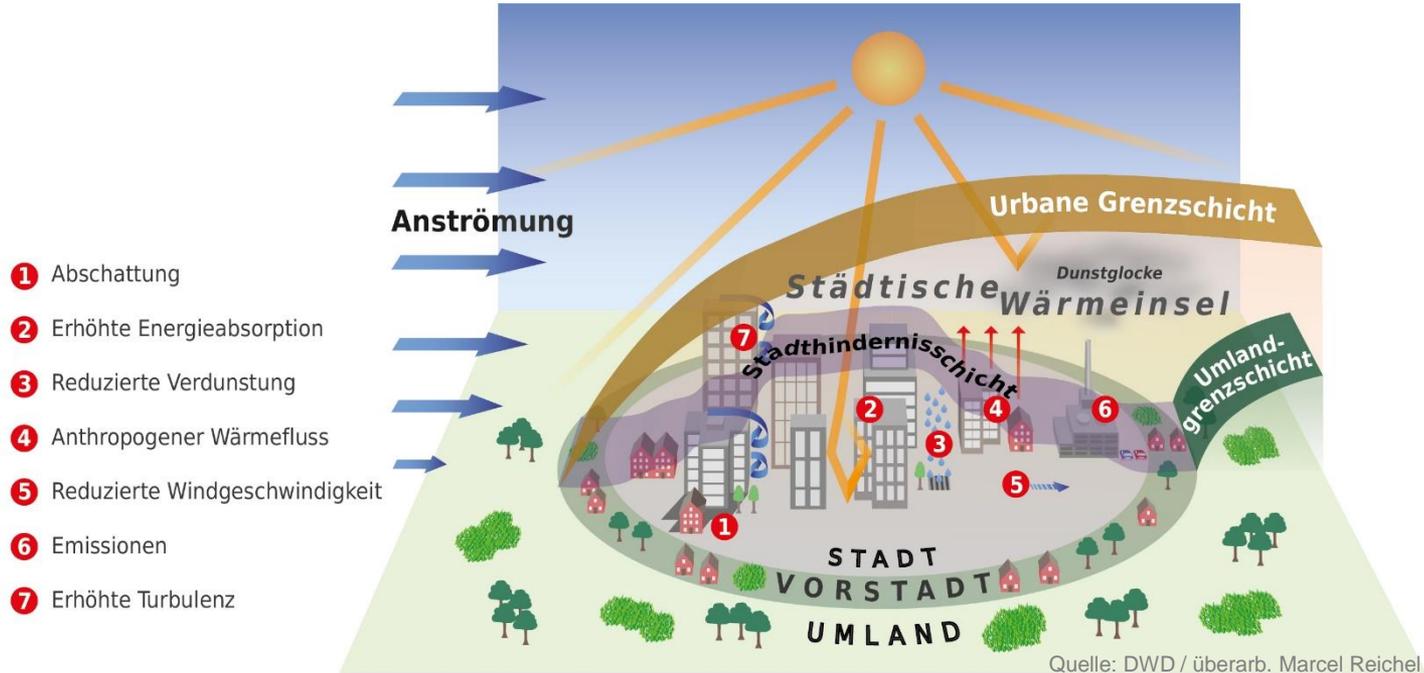
Anzahl und Dauer der Hitzewellen in der Zukunft



Quelle: DWD



Städte entwickeln ihr eigenes Klima

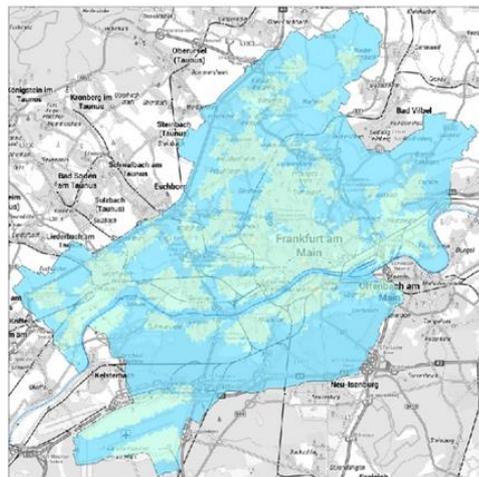


Auch die Städte erreicht der Klimawandel

Mittlere jährliche Anzahl "Heiße Tage" für Vergangenheit und Zukunft

Vergangenheit

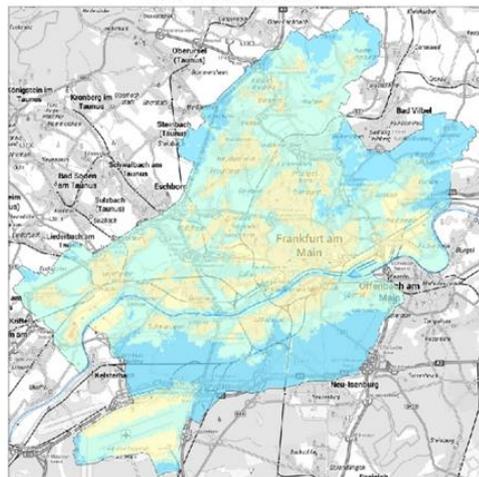
1971 - 2000



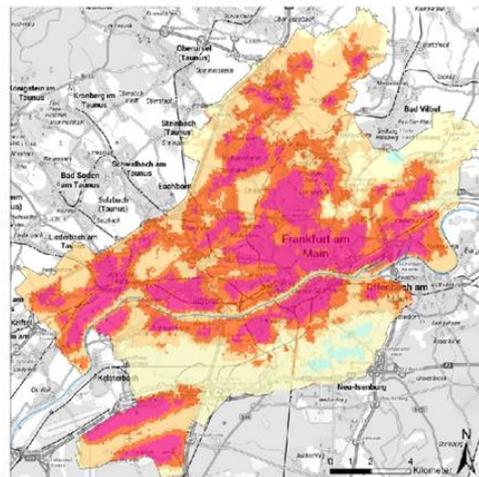
Zukunft mit dem „Weiter-wie-bisher-Szenario“ (RCP8.5)

2031 - 2060

15. Perzentil



85. Perzentil



Heiße Tage



Quelle: DWD / überarb. Marcel Reichel

Tendenzielle Auswirkungen des Temperaturanstiegs auf das Pflanzenwachstum

- Längere Vegetationsperiode aufgrund der Temperaturerhöhung im Winter/ Frühjahr
- Verfrühung phänologischer Wachstumsphasen, aber weiterhin hohe Jahr-zu-Jahr-Variabilität
- Hitzestress im Sommer (bei gleichzeitig abnehmendem Wasserangebot)
- Positive Auswirkungen von Grünflächen auf das Stadtklima



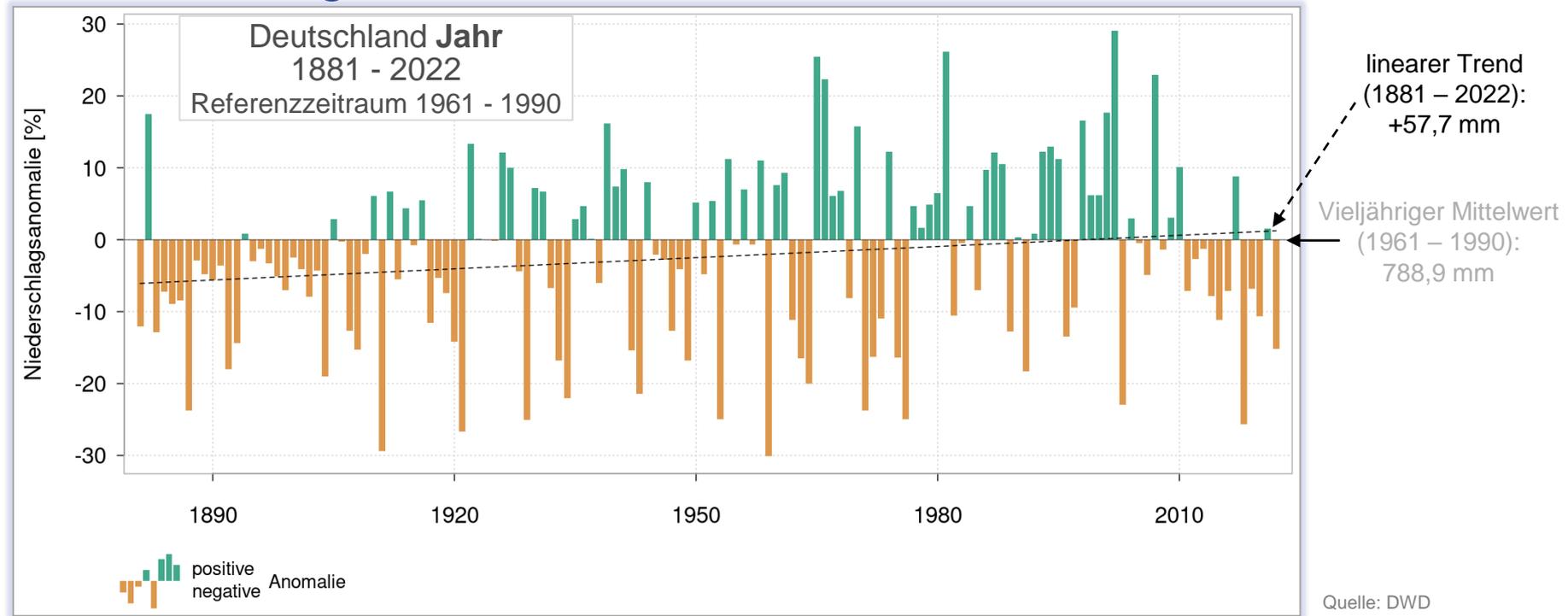


Quelle: pixabay / Benfe

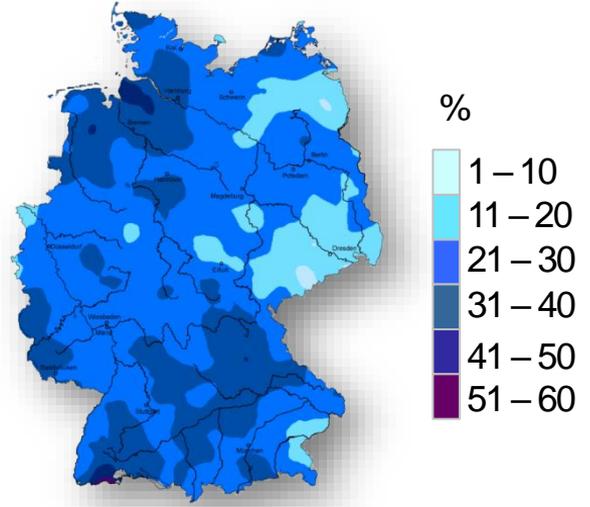
Entwicklung der Niederschläge



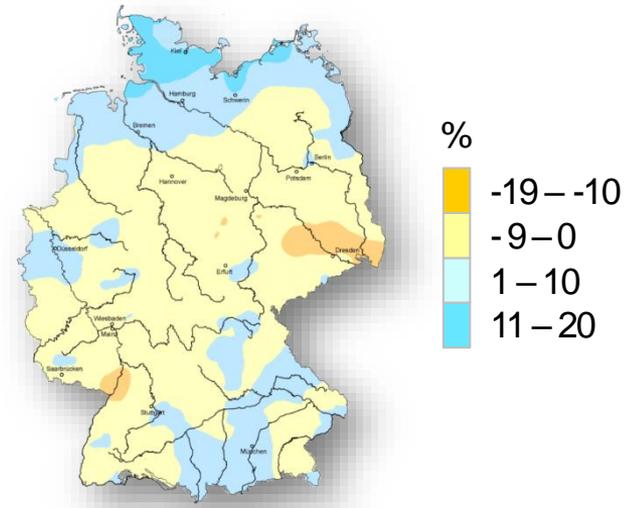
Niederschlagsanomalie



Änderungen der Niederschlagssummen: Große räumliche und zeitliche Variabilität



Winter: linearer Trend ab 1881
Zunahme: 20% bis 30%



Sommer: linearer Trend ab 1881
Abnahme: 0% bis -5%

Quelle: DWD

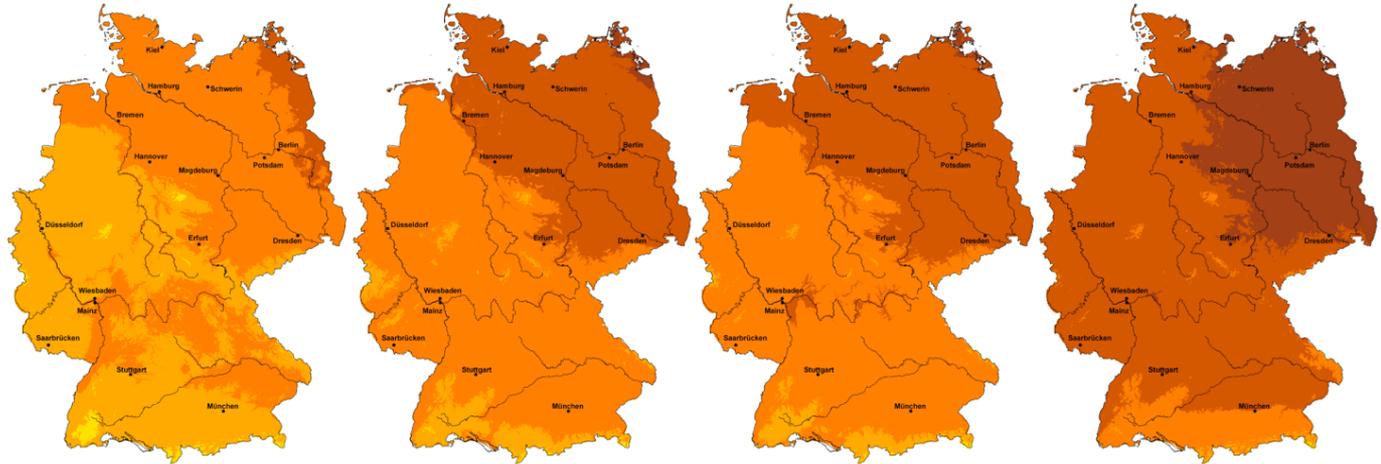
Frühjahrstrockenheit

1961 - 1990

1971 - 2000

1981 - 2010

1991 - 2020



Tage ohne Niederschlag
 zwischen 15.03. und 15.05.

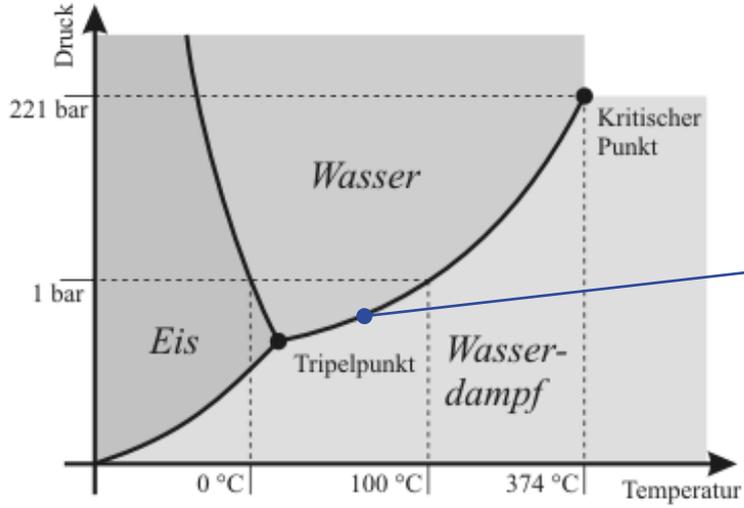


Zunahme der trockenen Tage im Frühjahr

Quelle: Studie "Agrarrelevante Extremwetterlagen" (2015), ergänzt 11/2020



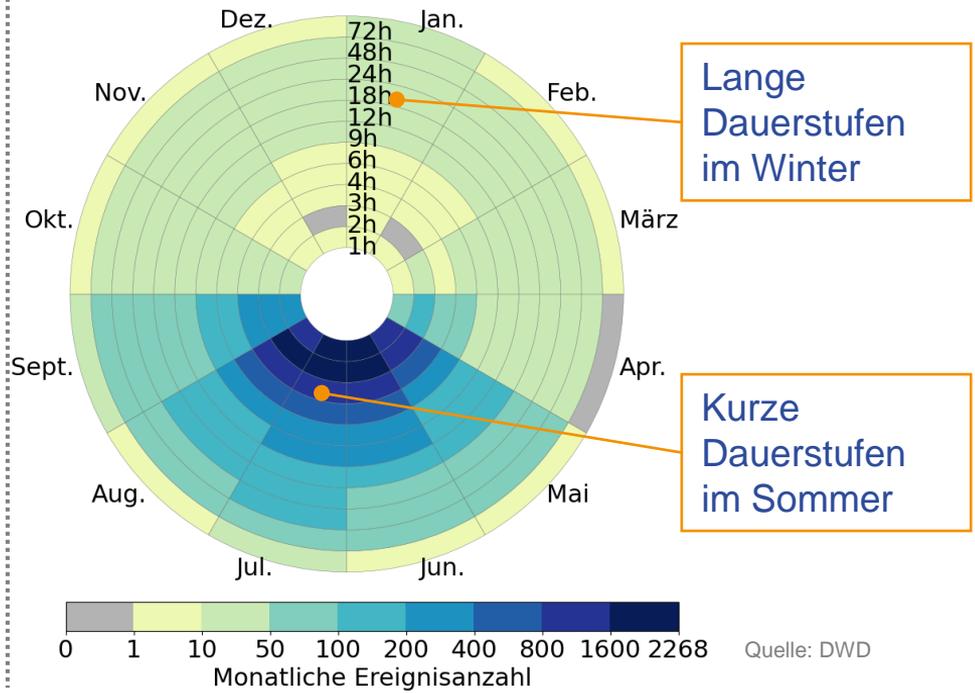
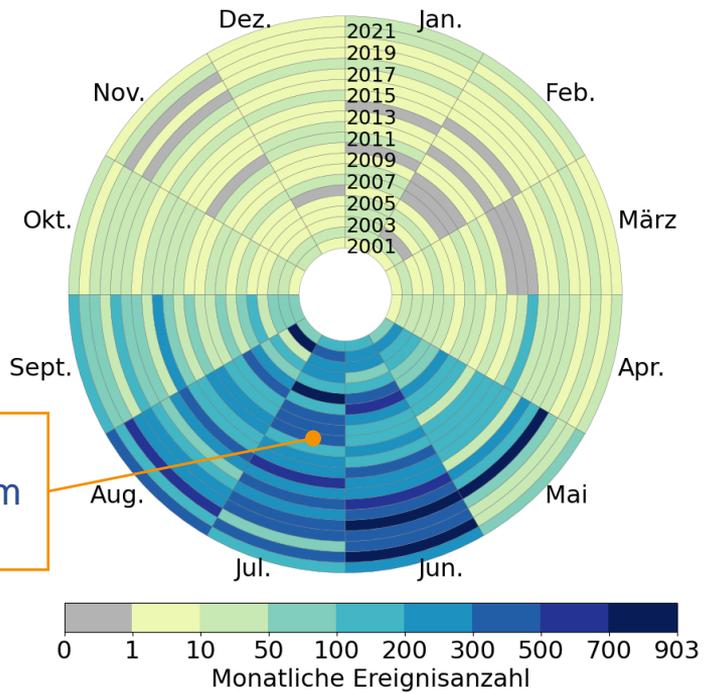
Eine wärmere Atmosphäre kann mehr Feuchtigkeit aufnehmen



Erwärmt sich die Atmosphäre im Schnitt um 1 °C, dann nimmt der **Wasserdampfgehalt** der Atmosphäre nach der Clausius-Clapeyron-Gleichung um **rund 7% zu**.

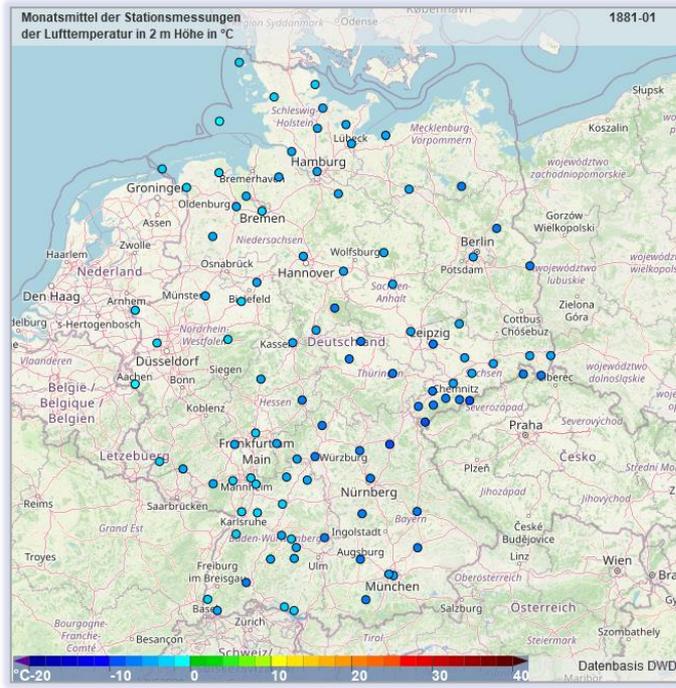
Globaler Temperaturanstieg → Mehr Wasserdampf in der Atmosphäre

Monatliche Ereignisanzahlen 2001-2022 - pro Jahr und Dauerstufe

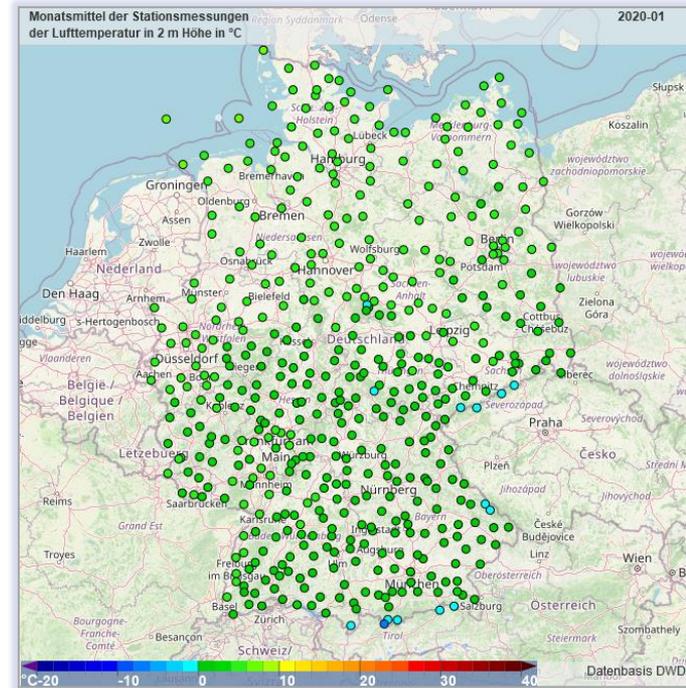


Das Messnetz hat sich verdichtet

Januar 1881



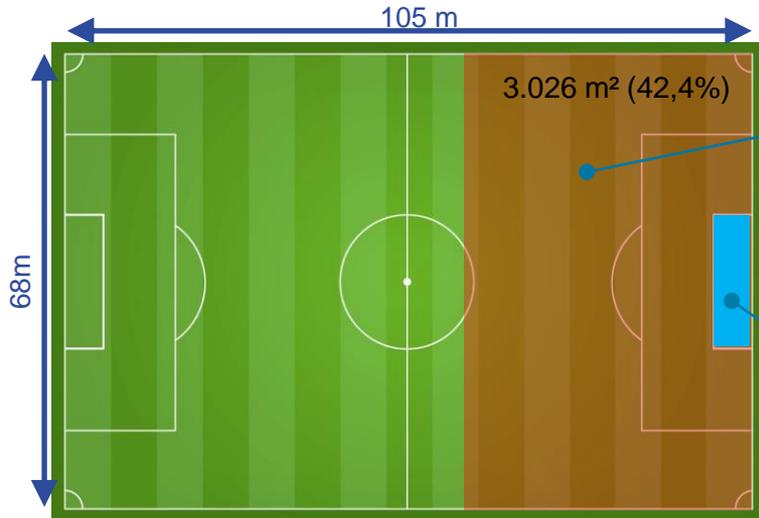
Januar 2020



Quelle: DWD



Niederschlagsmessungen sind eine kleine Strichprobe



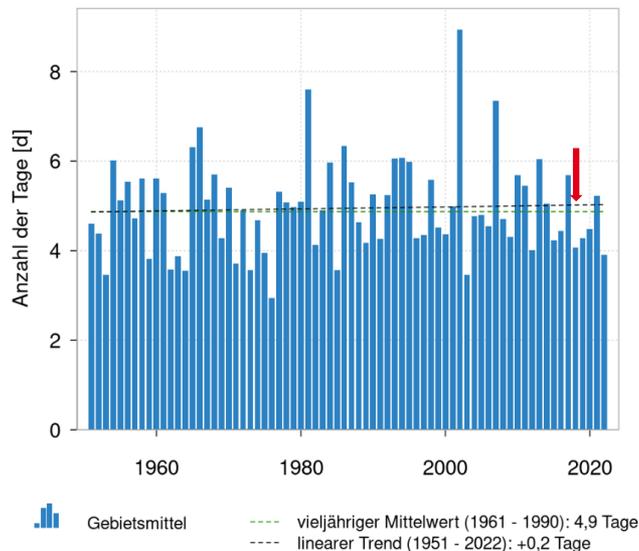
„Die Gesamtfläche, die von allen derzeit verfügbaren Regenmessern weltweit erfasst wird, ist erstaunlich klein und entspricht weniger als einem halben Fußballfeld.“

Die Gesamtfläche aller DWD-Niederschlagsmesser beträgt 50-80 m² und passt in einen halben bis ganzen Fünfmeteraum.

Quelle: Bulletin of the American Meteorological Society 98, 1;
10.1175/BAMS-D-14-00283.1; bearbeitet: DWD

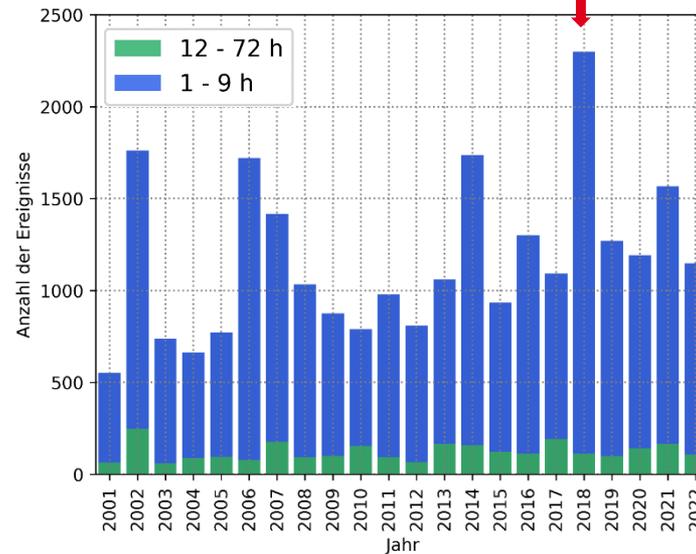
Veränderung von Starkregen

Tage mit Niederschlag ≥ 20 mm
Deutschland Jahr
1951 - 2022



Mit punktuellen Niederschlagsmessungen erfasste
Starkregenereignisse
Anzahl der Tage pro Jahr

Starkregenereignisse pro Jahr
Warnstufe 3 (Unwetter)



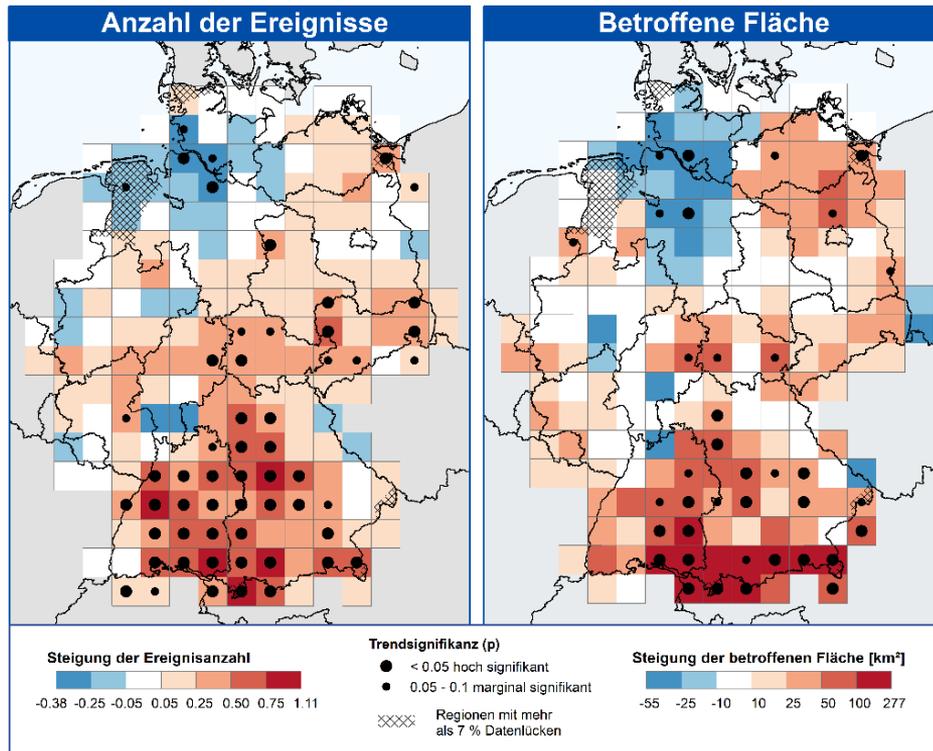
Mit Radar erfasste Starkregenereignisse (Starkregen
bzw. Dauerregen)
Anzahl der Ereignisse pro Jahr

Quelle: DWD



Ereignisse \geq Warnstufe 3: 2001 - 2022 Trend Analyse

(CatRaRE W3Eta, V.2023.01, D: 1 bis 72 Std., 50x50 km Gitter)

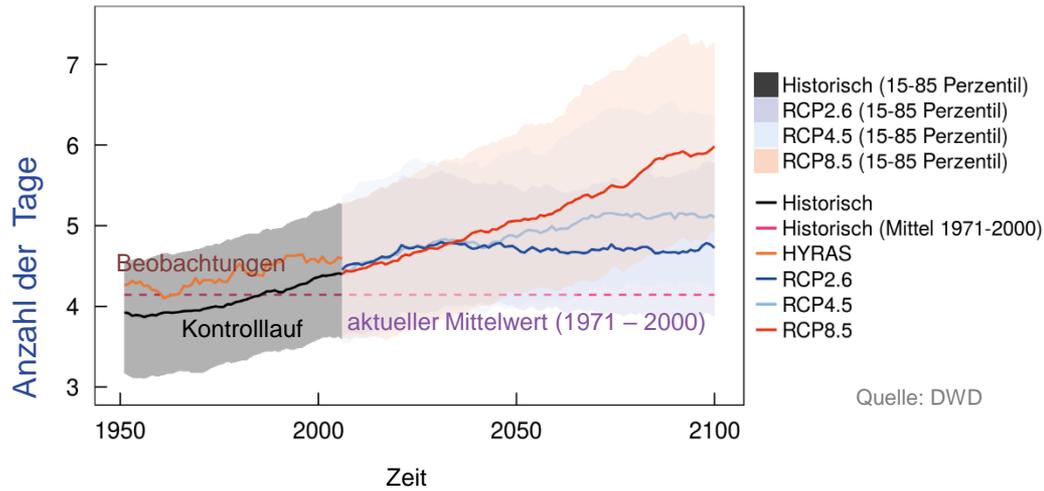


Quelle: DWD

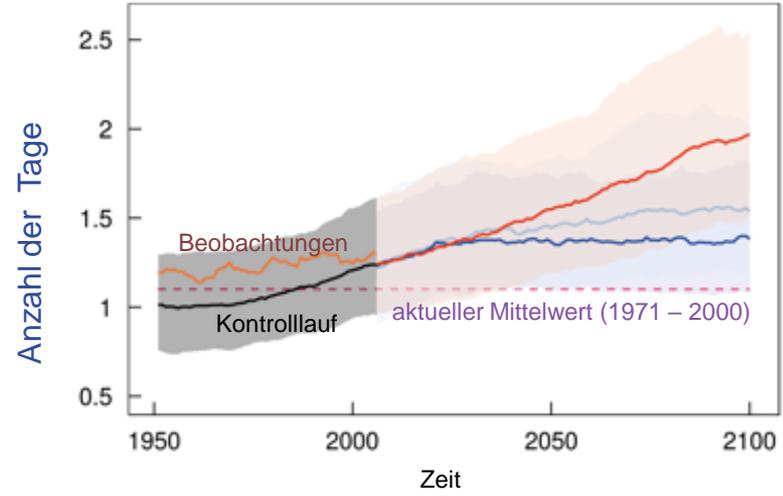
Klimadaten und Darstellung: © DWD 2023 (CatRaRE DOI: 10.5676/DWD/CatRaRE_W3_Eta_v2023.01); Geodaten: © GeoBasis-DE / BKG 2020 (Stand: 01.01.2022).

Zunahme von Starkniederschlägen in Zukunft

Anzahl der Tage mit > 20 mm pro Jahr



Anzahl der Tage mit > 30 mm pro Jahr



Allgemeine Bodenabtragsgleichung

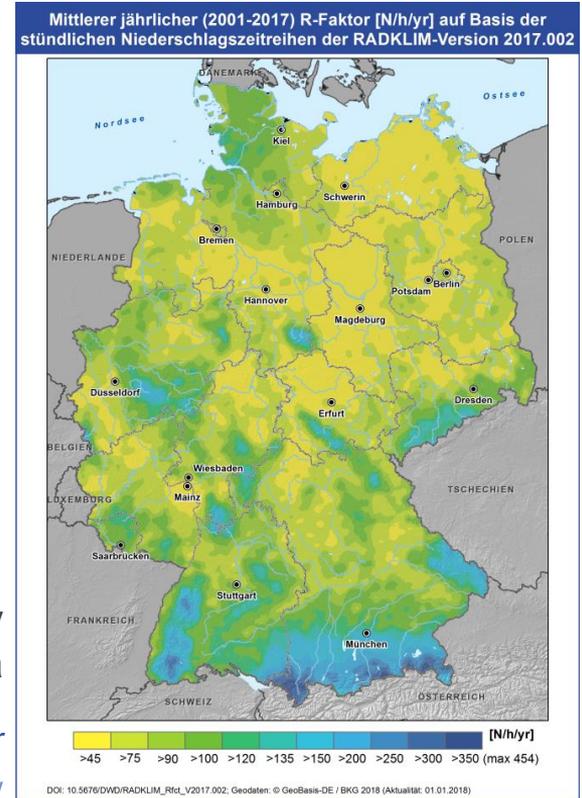
$$A = R \cdot K \cdot S \cdot L \cdot C \cdot P$$

- ➔ Regenerosivität R ist einer von 6 Faktoren zur Bestimmung der Erosionsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Ackerflächen
- ➔ basiert ausschließlich auf der meteorologischen Komponente „Regen“

Rain erosivity map for Germany
derived from contiguous radar rain data

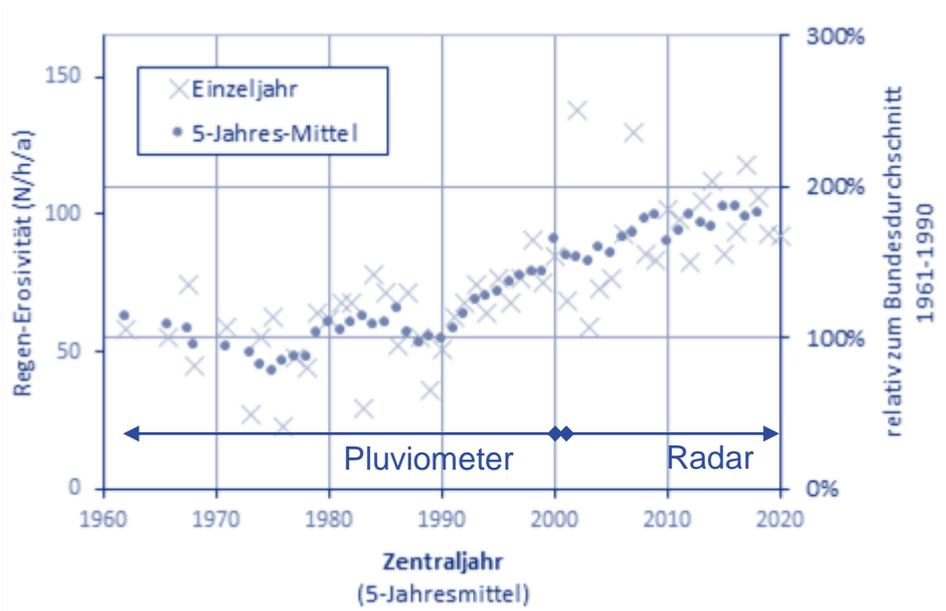
K. Auerswald, F. K. Fischer, T. Winterrath und R. Brandhuber

<https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/23/1819/2019/>



Trend in der Niederschlagserosivität

- ➔ Deutschlandmittel der R-Faktoren von 1961 bis 2020
- ➔ starke Schwankungen von Jahr zu Jahr
- ➔ positiver Trend – nahezu eine Verdopplung bezogen auf das Klimamittel
- ➔ direkte Auswirkung auf den Bodenabtrag

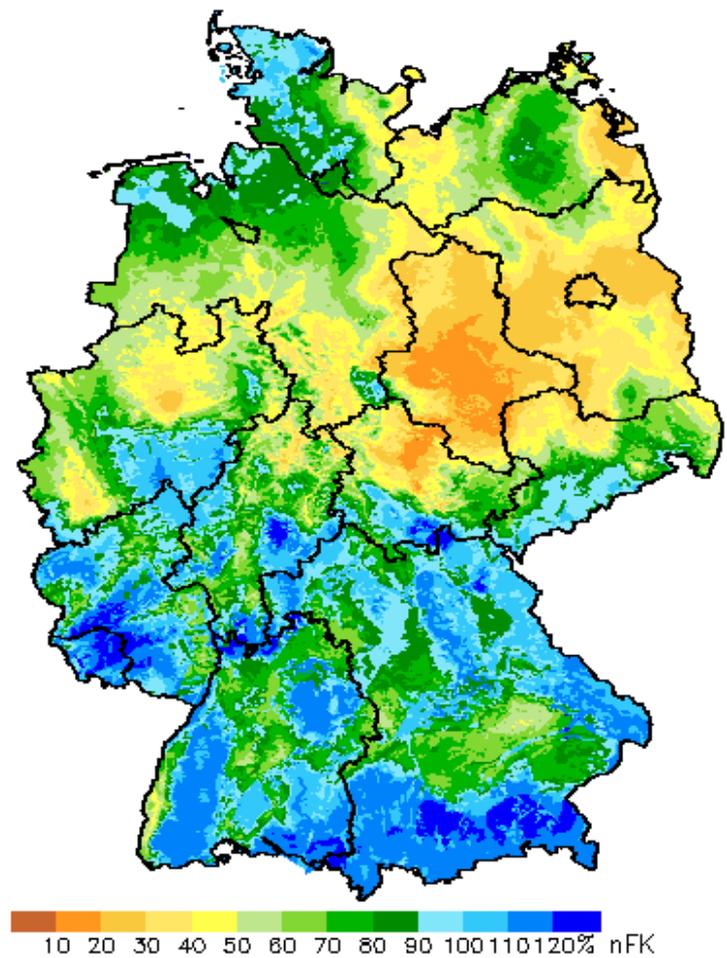


Bildquelle: Karl Auerswald; mit leichten Änderungen





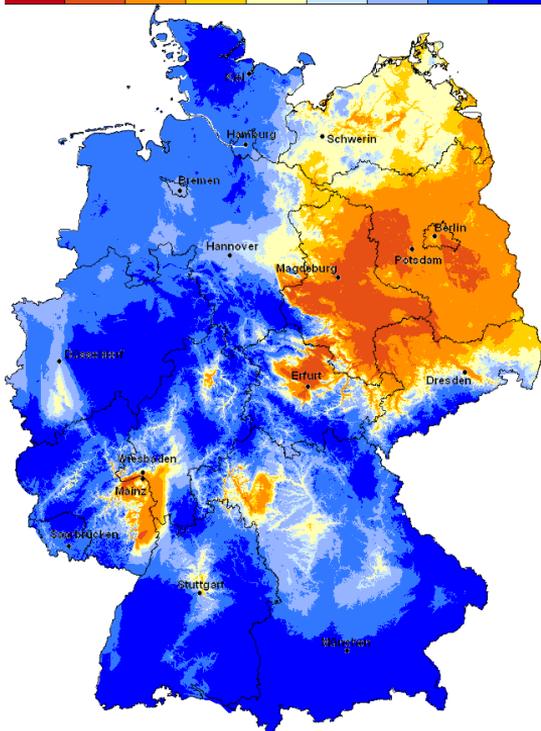
Bodenfeuchte



Klimatische Wasserbilanz (Niederschlag – ET_{pot})

RR-VFAO 1961-1990 JT:001-366
Summe in mm
Min/Max: -187.0 / 1665.6
-250 -125 -50 -25 25 50 125 250

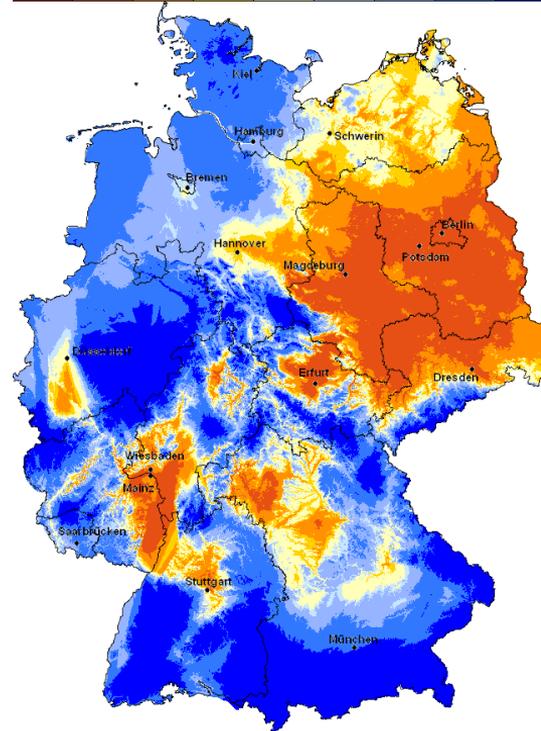
Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Geobasisdaten © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (www.bkg.bund.de)

RR-VFAO 1991-2020 JT:001-366
Summe in mm
Min/Max: -217.2 / 1672.6
-250 -125 -50 -25 25 50 125 250

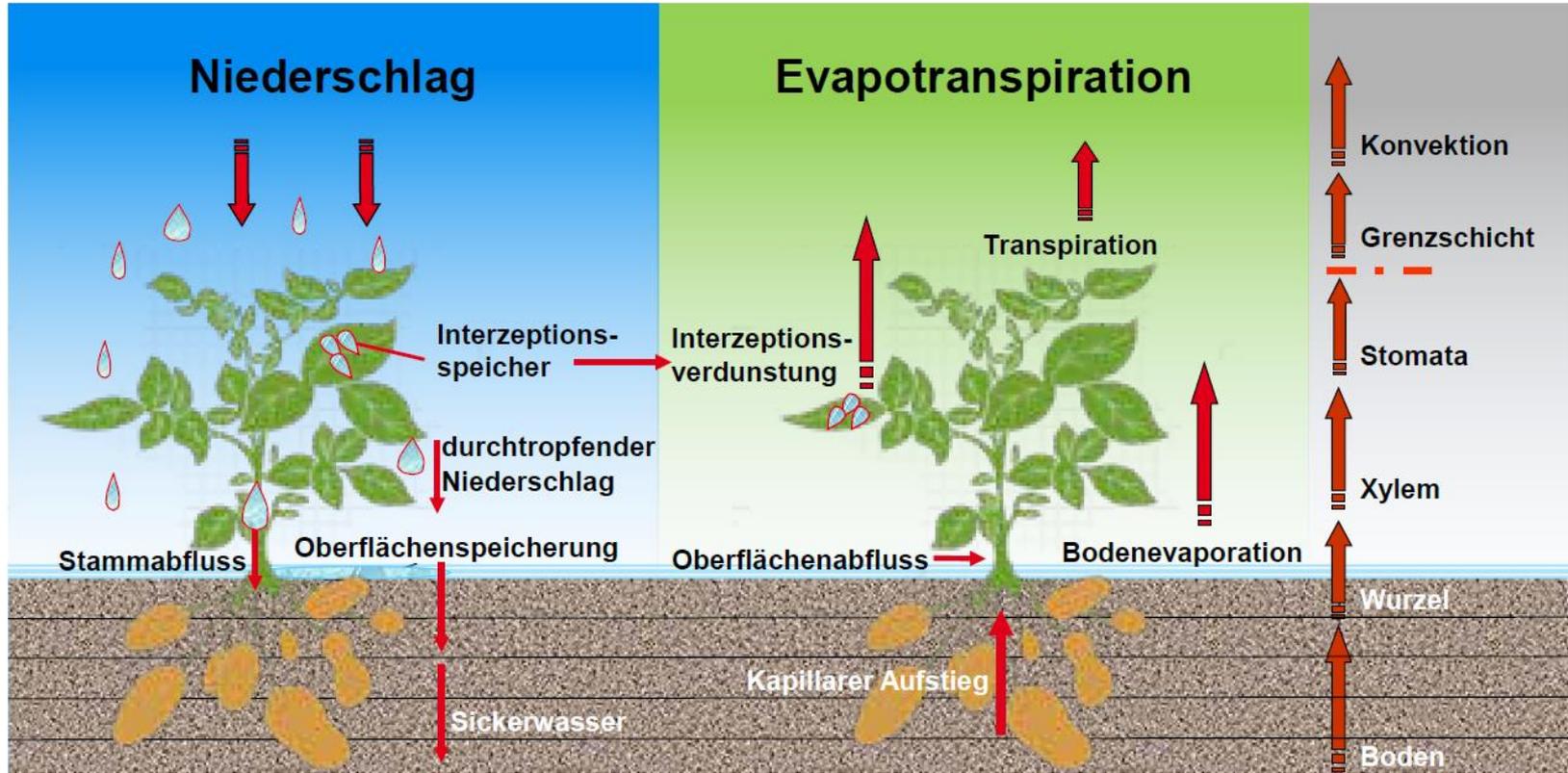
Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Geobasisdaten © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (www.bkg.bund.de)

Quelle: DWD

Wasserhaushaltsmodellierung mit AMBAV

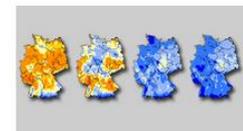
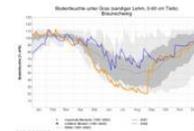


Quelle: DWD



- ➔ Tägliche deutschlandweite Berechnung der Bodenfeuchte auf 1km-Raster mit dem agrarmeteorologischen Wirkmodell AMBAV
- ➔ Bereitstellung statischer/ interaktiver Karten zur Bodenfeuchteverteilung/ Wasserbilanz, etc. bis 2m Tiefe
- ➔ Zeitreihen der Bodenfeuchte für ausgewählte Punkte und DWD-Stationen
- ➔ Statistische Einordnung der aktuellen Situation
- ➔ Daten rückwirkend bis 1991

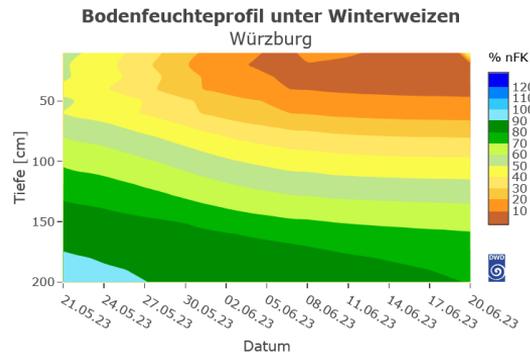
www.dwd.de/bodenfeuchteviewer



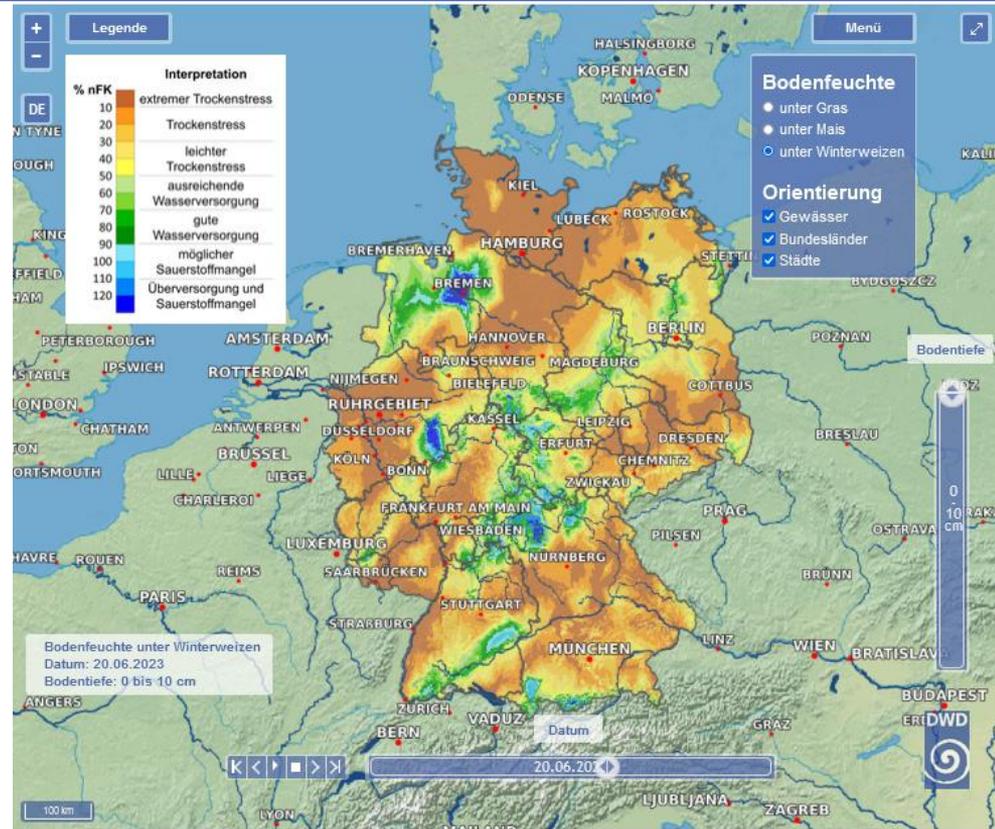
Quelle: DWD

Bodenfeuchteviewer – Interaktive Karte

- ➔ 3 Kulturen: Gras, Mais, Winterweizen
- ➔ Bodenfeuchte in 10cm Schichten
- ➔ Daten rückwirkend für 1 Jahr
- ➔ Erstellung von Profilen für einzelne Standorte



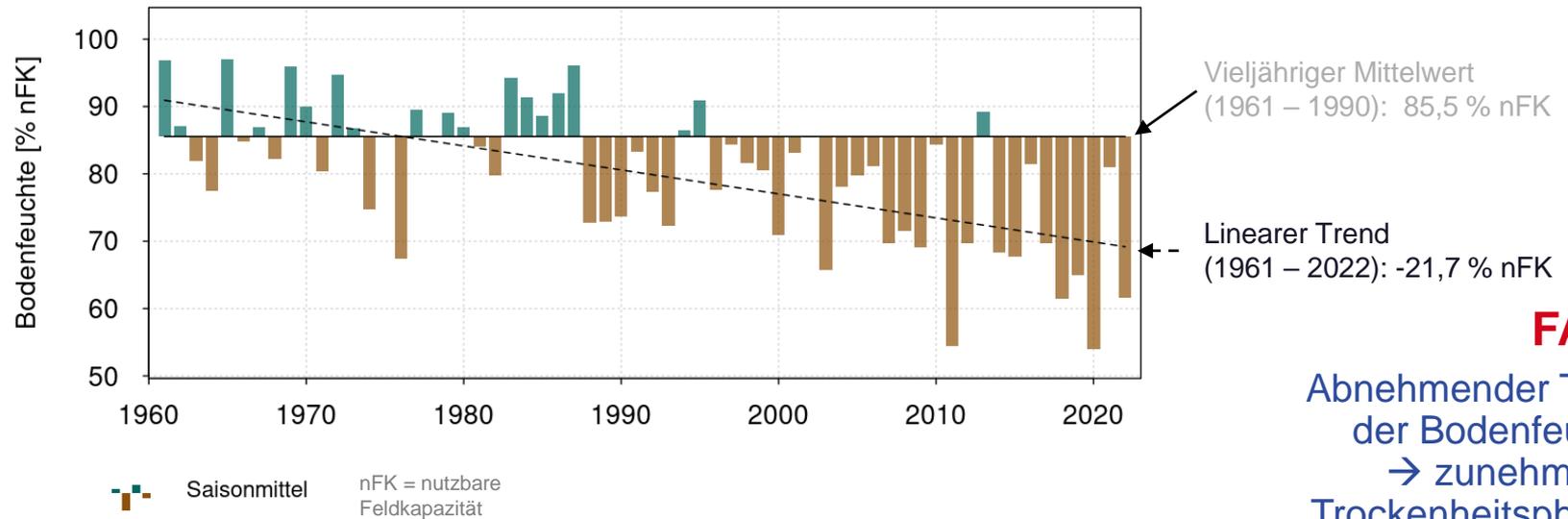
Quelle: DWD



Beobachtete Änderung und Trend der Bodenfeuchte

Mittlere Bodenfeuchte unter Gras

Bodenart: lokaler Boden | Tiefe: 0 bis 60 cm
Zeitraum: April bis Juni | Gebiet: Deutschland



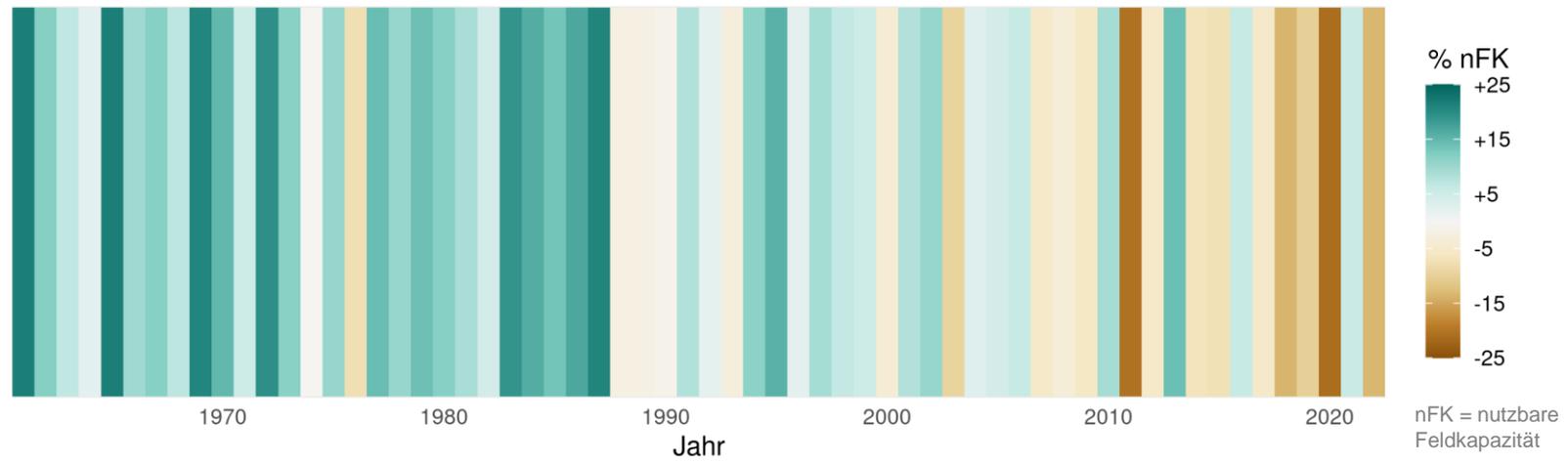
FAZIT
Abnehmender Trend
der Bodenfeuchte
→ zunehmende
Trockenheitsphasen



Beobachtete Änderung der Bodenfeuchte

Abweichung der mittleren Bodenfeuchte unter Gras

Bodenart: lokaler Boden | Tiefe: 0 bis 60 cm
Vergleichsperiode: 1991-2020 | Zeitraum: April - Juni | Gebiet: Deutschland



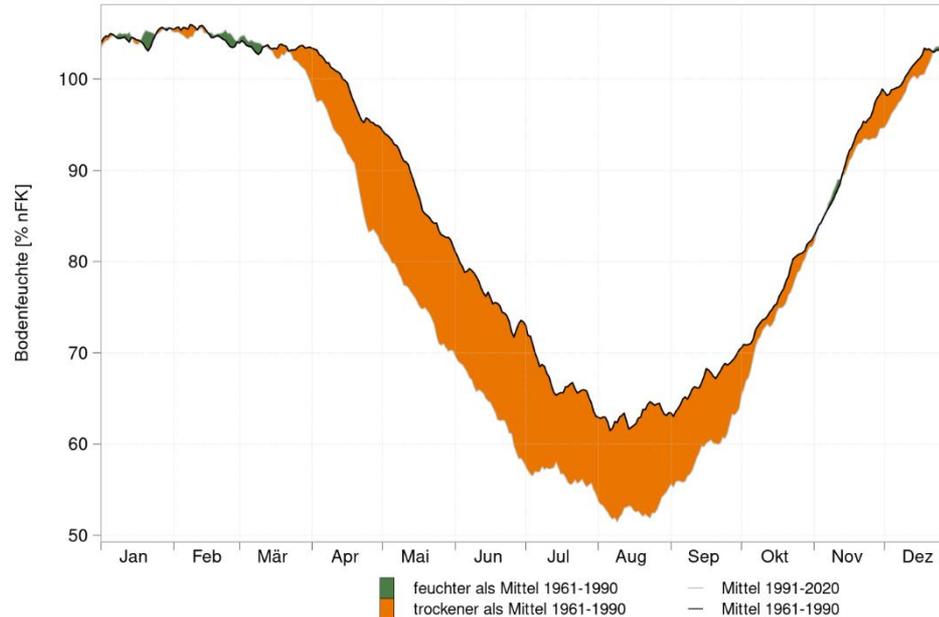
Stand: 14.03.2023 08:28

nFK = nutzbare Feldkapazität

Quelle: DWD

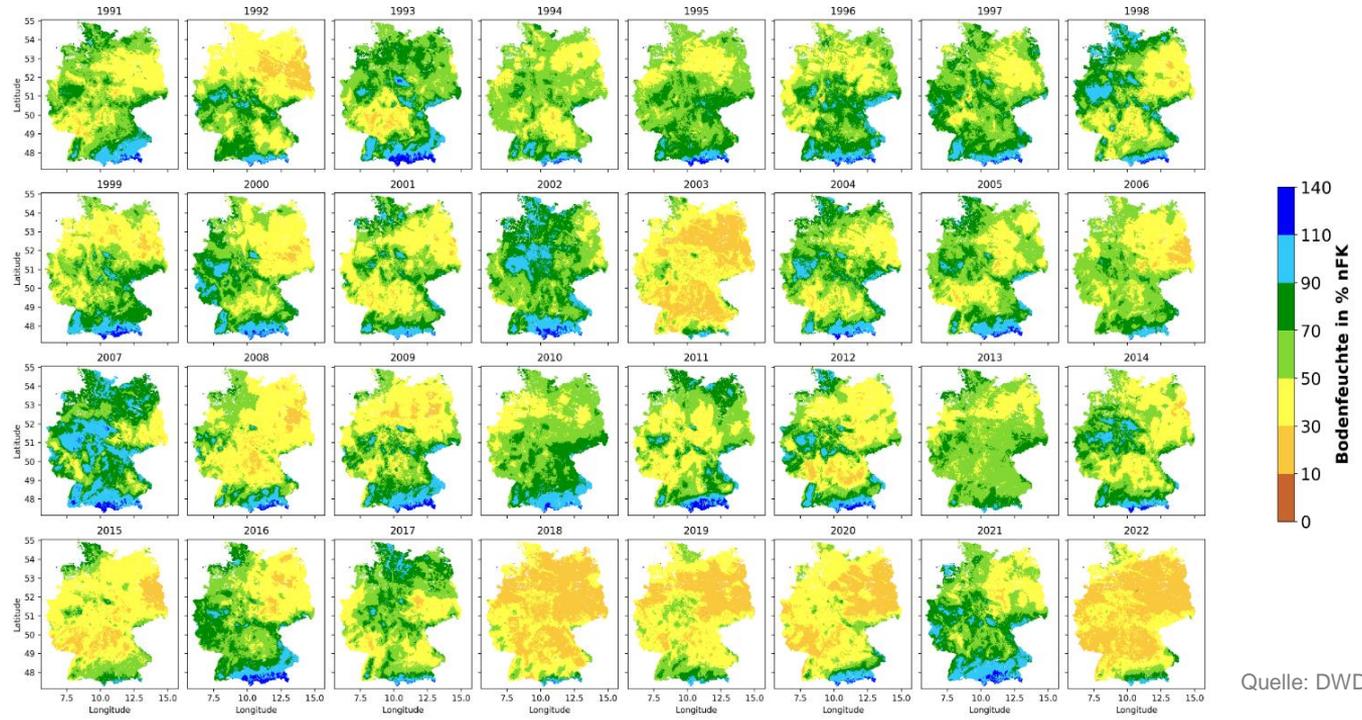


Bodenfeuchte unter Gras
Vergleich Mittel 1991-2020 mit dem Mittel 1961-1990
Deutschland



Erstellt: 11.11.2022 16:26
Kontakt: Landwirtschaft@dwd.de

Durchschnittliche Bodenfeuchte Sommer 1991-2022



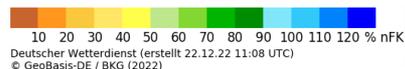
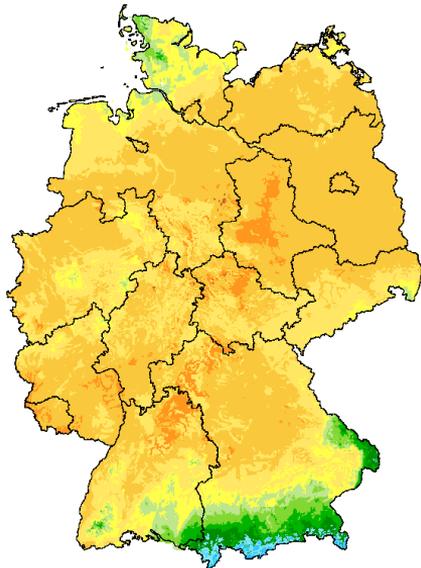
Quelle: DWD



Bodenfeuchte Sommer 2022 / 2023

2022

Bodenfeuchte unter Gras (Mittelwert) im Sommer 2022
lokaler Boden, 0 bis 60 cm Tiefe

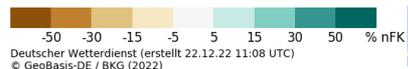
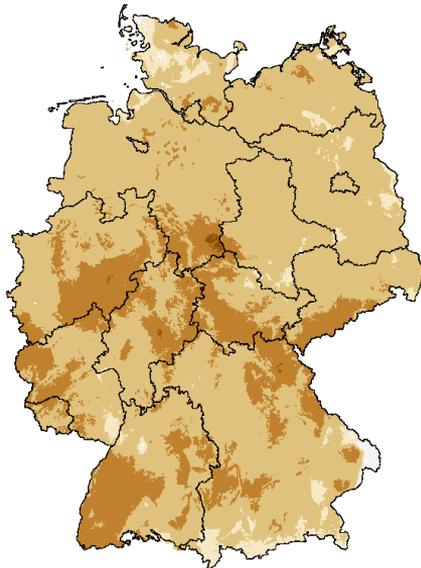


Deutscher Wetterdienst (erstellt 22.12.22 11:08 UTC)

© GeoBasis-DE / BKG (2022)



Bodenfeuchte unter Gras (Abweichung) im Sommer 2022
lokaler Boden, 0 bis 60 cm Tiefe



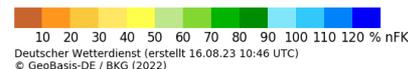
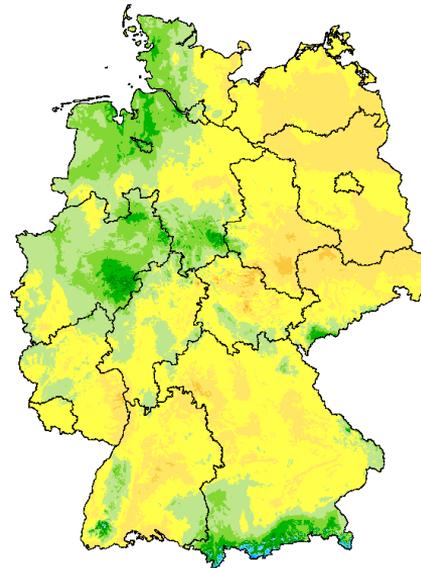
Deutscher Wetterdienst (erstellt 22.12.22 11:08 UTC)

© GeoBasis-DE / BKG (2022)



2023

Bodenfeuchte unter Gras (Mittelwert) im Sommer 2023
lokaler Boden, 0 bis 60 cm Tiefe

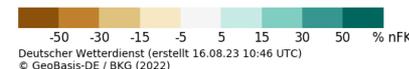
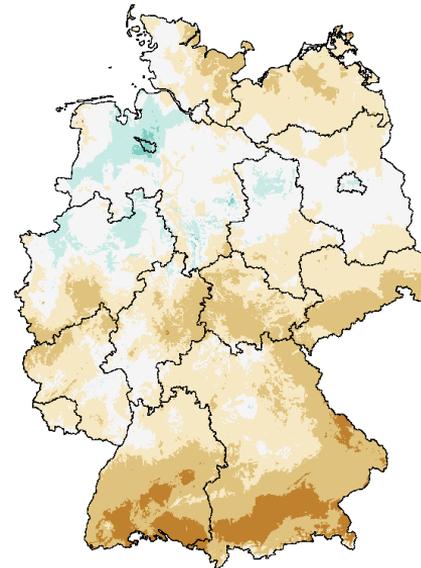


Deutscher Wetterdienst (erstellt 16.08.23 10:46 UTC)

© GeoBasis-DE / BKG (2022)



Bodenfeuchte unter Gras (Abweichung) im Sommer 2023
lokaler Boden, 0 bis 60 cm Tiefe



Deutscher Wetterdienst (erstellt 16.08.23 10:46 UTC)

© GeoBasis-DE / BKG (2022)

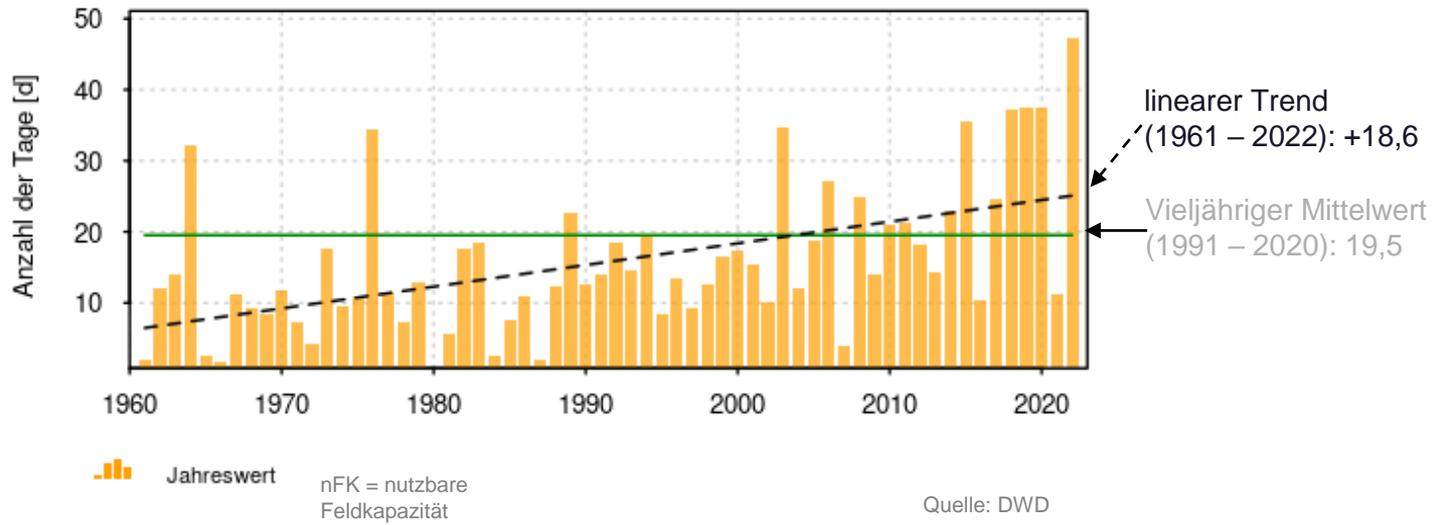


Quelle: DWD



Tage mit Bodenfeuchte <30% nFK

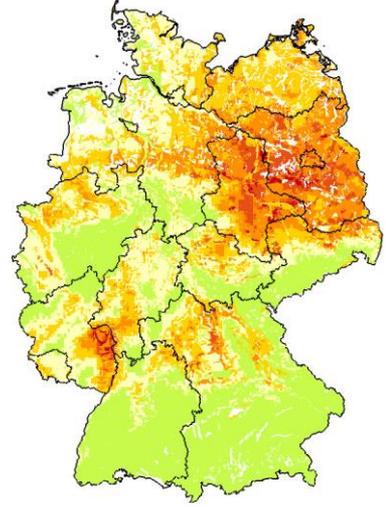
(Winterweizen, lehmiger Sand) 1961 - 2022



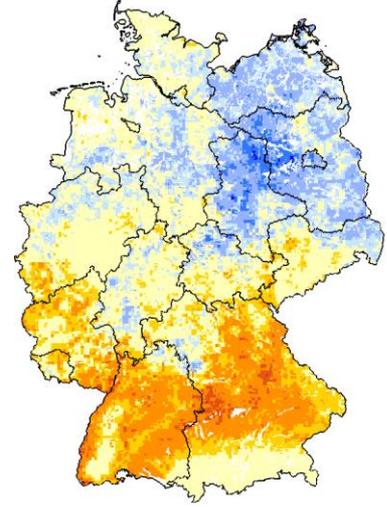
Änderung der Anzahl der Tage mit Trockenheit

Nutzbare Feldkapazität unter 30 % in der Bodenschicht 0-60cm unter Winterweizen von April bis Oktober

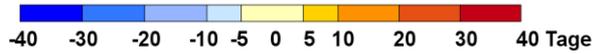
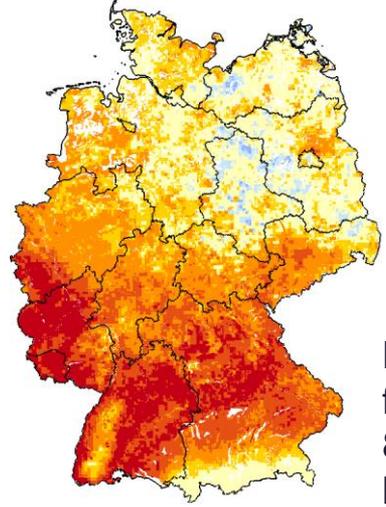
Mittelwert 1971-2000



2031-2060



2071-2100



Klimaänderung
für das RCP
8.5 „Weiter wie
bisher“
Szenario

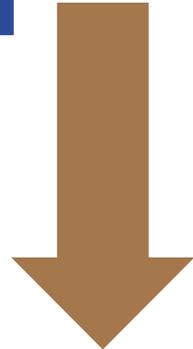
Quelle: DWD



Auswirkungen der Niederschlags-/ Bodenfeuchteänderung auf das Pflanzenwachstum



geringerer Krankheitsdruck (insbes. Pilzkrankheiten)



Mehr **Niederschläge** im Winter, weniger im **Sommer**
Erosion und Überflutung im Winter, Nährstoffauswaschung
Wassermangel im Sommer wegen höhere Verdunstung bei weniger Niederschlag
Niederschlagsereignisse werden **extremer**
Trockenperioden **wechseln** mit Starkregen, besonders im Sommer
Aber hohe **Variabilität** von Jahr zu Jahr

Quelle: unsplash / dan carlson



Mögliche Anpassungsstrategien

Pflanzenbauliche Anpassungen

- Züchterische Anpassung von Pflanzen (.z.B. Hitze-/Trockenstresstoleranz)

Technische Anpassungen:

- Drainage
- Effiziente Bewässerung
- Wasserspeicherung/ alternative Wasserquellen

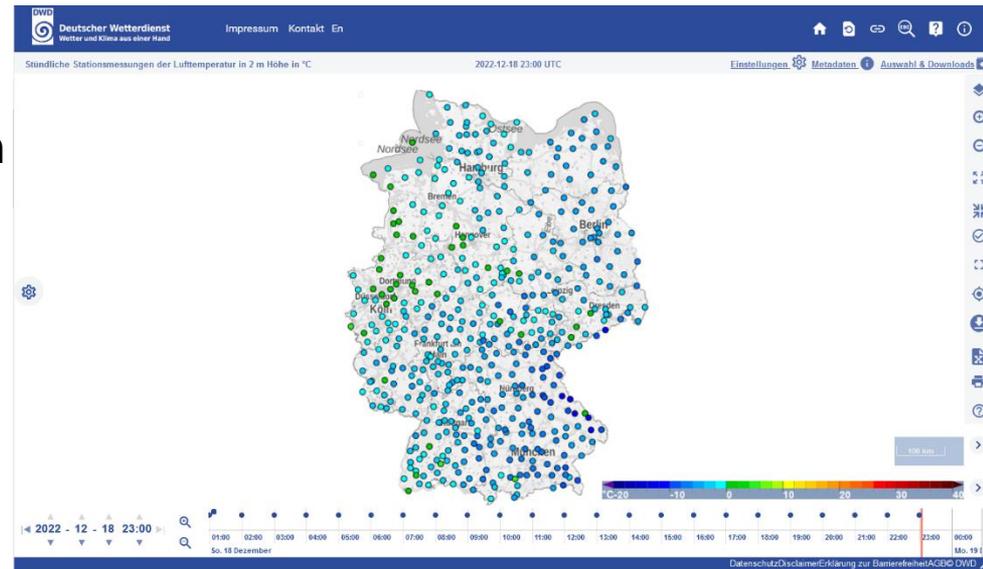
Nutzung von Informationsangeboten:

- Lokale Wetterdaten
- Climate Data Center/ DWD-Warnwetter-App
- Bodenfeuchteviewer
- Berechnungsberatung
- Witterungsvorhersagen/ Saisonale Vorhersagen

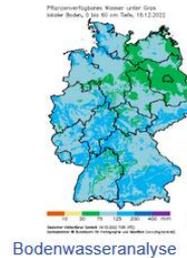
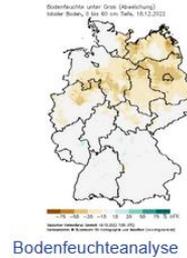


- Open-Data-Portal des DWD
- Kostenfreie Abgabe der meteorologischen Daten des DWD an die Bürger
- Freitextsuche nach Produkten
- Interaktive Karte zur Darstellung verfügbarer Stationen/ Rasterdaten
- Downloadmöglichkeit für alle Stations-/Rasterdaten

<https://cdc.dwd.de/portal>



- ➔ Tägliche deutschlandweite Berechnung der Bodenfeuchte auf 1km-Raster mit dem agrarmeteorologischen Wirkmodell AMBAV
- ➔ Bereitstellung statischer/ interaktiver Karten zur Bodenfeuchteverteilung/ Wasserbilanz, etc. bis 2m Tiefe
- ➔ Zeitreihen der Bodenfeuchte für ausgewählte Punkte und DWD-Stationen
- ➔ Statistische Einordnung der aktuellen Situation
- ➔ Daten rückwirkend bis 1991



InformationsSystem zur Agrarmet. BEratung für die Länder (ISABEL)



- Zusammenstellung agrarmeteorologischer Informationen für Land- und Forstwirtschaft
- Agrarmeteorologische Wochenberichte und aktuelle Themen
- Agrarmeteorologische Gefahrenhinweise und Vorhersagen
- <https://isabel.dwd.de>
- Zugriff erfolgt über bundeslandspezifische Kontaktpunkte
 - Bayern: StMELF/ LfL
 - Baden-Württemberg: MLR/ LTZ Augustenberg

AgroWetter Berechnung

- ➔ Kostenpflichtiger Service (ca. 125 Euro/ Jahr)
- ➔ Demoversion verfügbar
- ➔ Verfügbarkeit: 1.März bis 31.Oktober
- ➔ Auswahl aus 42 Kulturarten
- ➔ Eingabe von Bodeneigenschaften und Niederschlagsort
- ➔ Berechnung des Bewässerungsbedarfs nach modifiziertem „Geisenheimer Modell“



Aufträge			Niederschlag einpflegen		
Feld	Name	Kultur	Pflanzenentwicklung	Berechnungsmenge	Berechnung
Feld01	Auftrag01	Apfel, nackter Boden (Test)	bearbeiten	eingeben	starten
Feldname	Beeserstraße links	Kartoffel, spät	bearbeiten	eingeben	starten
Feldname	Auftragsname	Winterlinde - tilia cordata	bearbeiten	eingeben	starten
Heidel	Auftragsname	Himbeere	bearbeiten	eingeben	starten
Linda links	Auftragsname	Mais, Körner	bearbeiten	eingeben	starten
Maisfeld	Wasser Marsch	Kartoffel, früh	bearbeiten	eingeben	starten
Rohrbeck re.	Auftragsname 1	Kartoffel, spät	bearbeiten	eingeben	starten
Stadtbaum	Auftragsname	Sieleiche - quercus robur	bearbeiten	eingeben	starten
Stadtbaum	Auftragsname	Winterlinde - tilia cordata	bearbeiten	eingeben	starten



Quelle: DWD

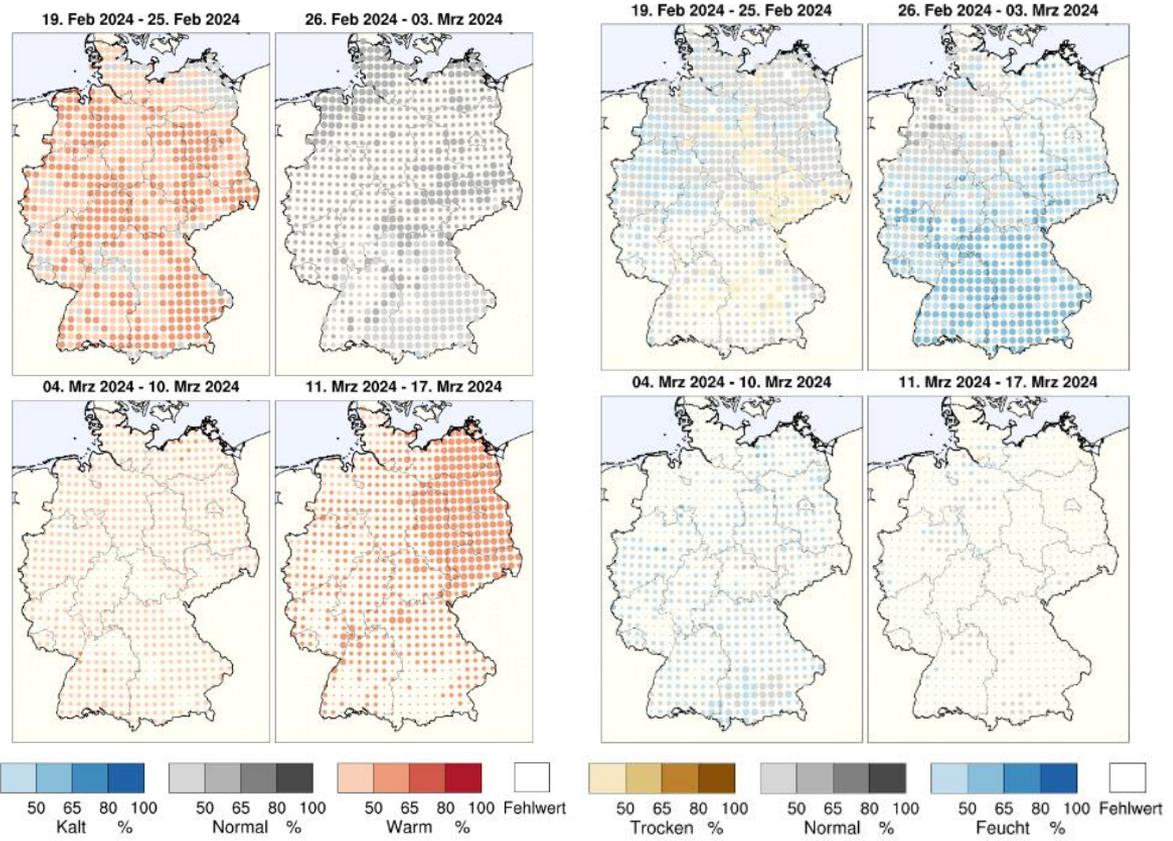
Übergangsbereich zwischen Wettervorhersage und Klimaprojektion:

- ➔ Witterungsvorhersage
- ➔ Saisonale Klimavorhersage



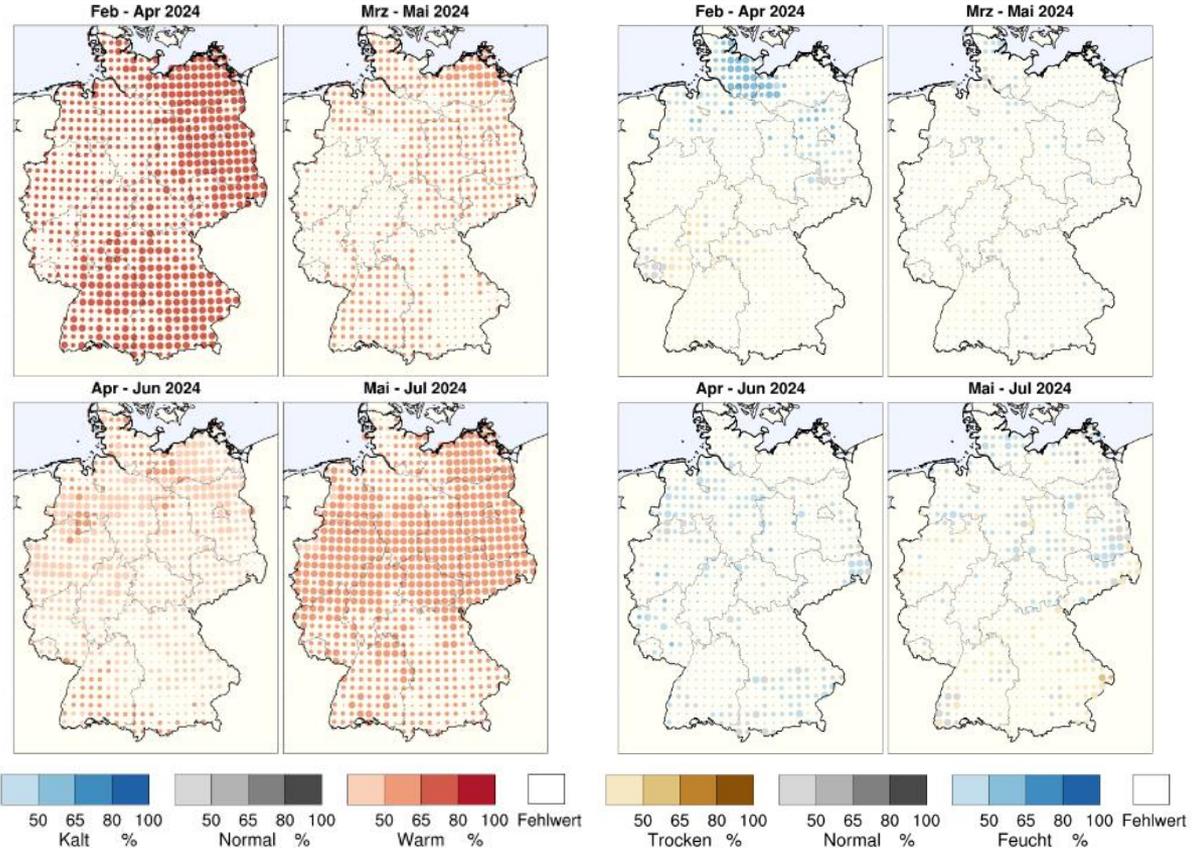
Witterungsvorhersage

- Vorhersagezeitraum: 2-5 Wochen
- ‚Nur‘ statistische Einordnung anhand eines Referenzzustandes
- Unsicherheit der Vorhersage wird mit abgebildet
- Gröber aufgelöstes Ausgangsmodell



Saisonale Vorhersage

- ➔ Vorhersagezeitraum: 6 Monate
- ➔ ‚Nur‘ statistische Einordnung anhand eines Referenzzustandes
- ➔ Unsicherheit der Vorhersage wird mit abgebildet
- ➔ Gröber aufgelöstes Ausgangsmodell



Quelle: DWD

Auswirkungen Klimawandel

72



21.02.2024

DIE FÜNF KERNINFOS ZUM KLIMAWANDEL IN NUR 20 WORTEN:

1. ER IST REAL.

1 2 3

2. WIR SIND DIE URSACHE.

4 5 6 7

3. ER IST GEFÄHRLICH.

8 9 10

4. DIE FACHLEUTE SIND SICH EINIG.

11 12 13 14 15

5. WIR KÖNNEN NOCH ETWAS TUN.

16 17 18 19 20

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

Fragen?

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

