

Klimawandel - Beobachtungen und Projektionen

Dr. Harald Maier

Agrarmeteorologie, Leiter NL Weihenstephan
Deutscher Wetterdienst, Alte Akademie 16, 85354 Freising

Email: Harald.Maier@dwd.de

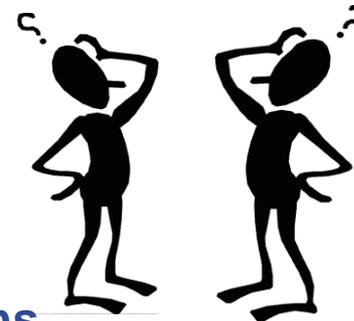
Sicher:

- derzeit rasche Klimaänderung
- Mensch als Hauptverursacher



Unsicher:

- Modellergebnisse
- Verhalten des Menschen (größte Unsicherheit)



- ⇒ **Chance** für uns, eine zu starke Klimaänderung zu verhindern
- ⇒ Szenarien beschreiben das menschliche Verhalten = Basis für Klimaprojektionen

Wirkung der Klimaänderung auf die landwirtschaftliche Produktion hängt ab von:

Ausgangslage, Vulnerabilität

- Boden, Klima, Pflanzen:
- Gunstlage Deutschland
 - Große Variabilität



X

Bisherige Änderung

Wir befinden uns im (anthropogenen) Klimawandel



CO₂
Niederschlag
Lufttemperatur
Strahlung
Extrema

X

Erwartete Änderung

Klimaprojektionen in Abhängigkeit vom Verhalten der Menschheit

hier: **Klimaschutz-Szenario RCP2.6** und **Weiter-wie-bisher-Szenario RCP8.5**

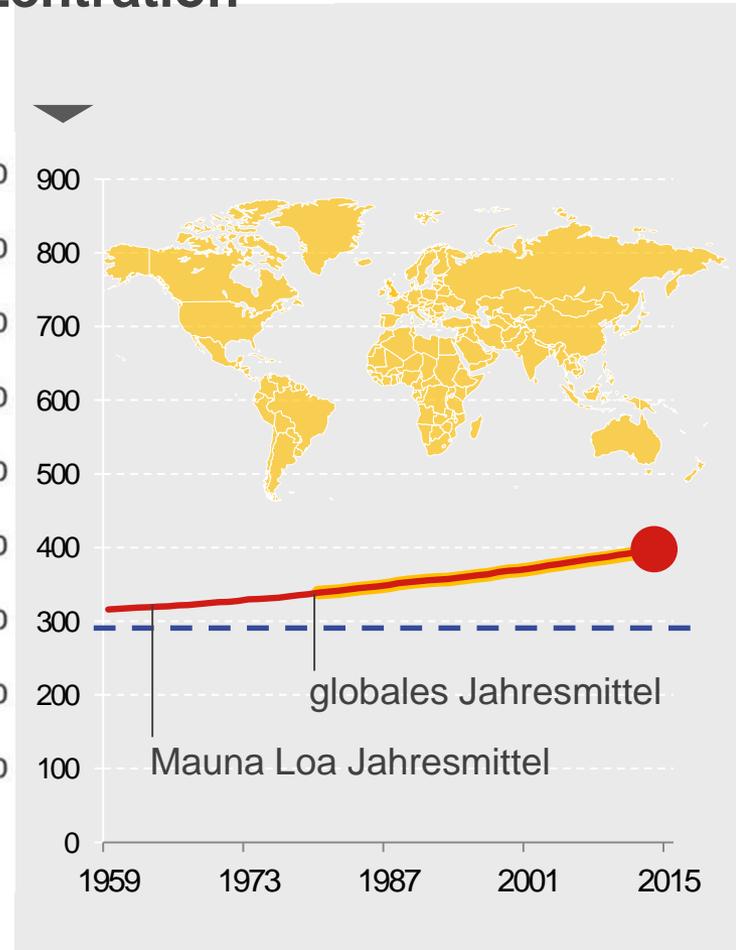
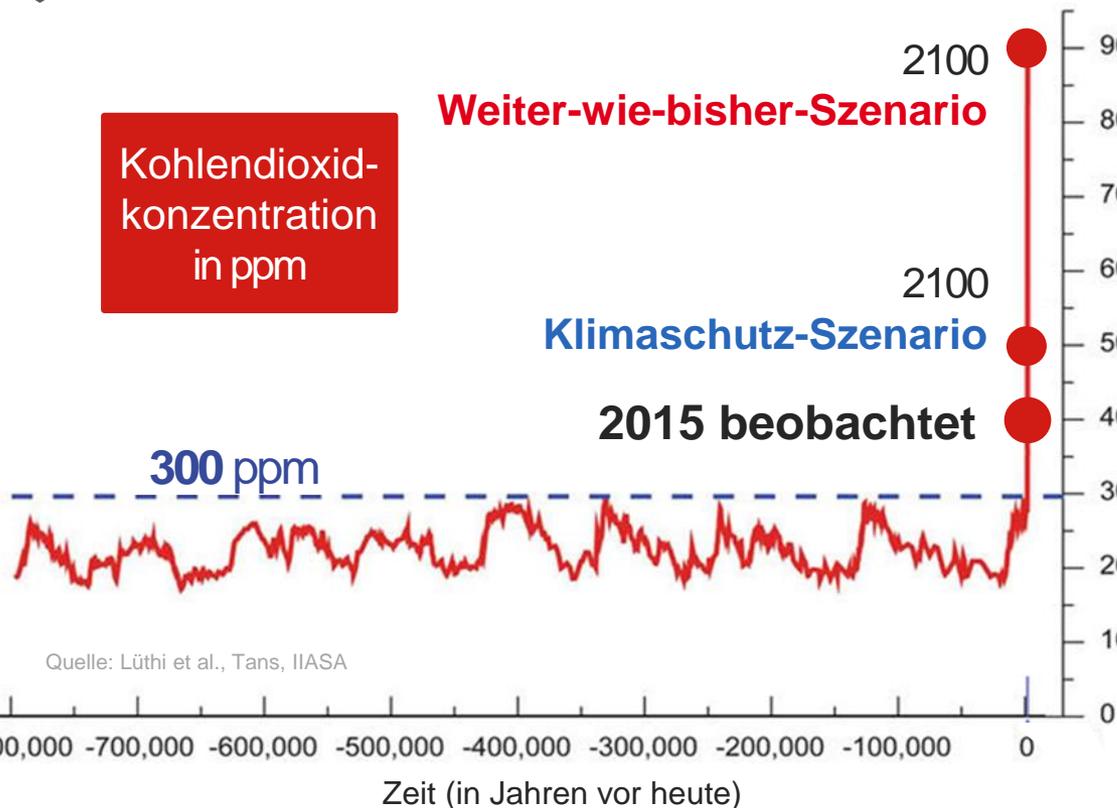




CO₂: Beitrag zur Klimaerwärmung

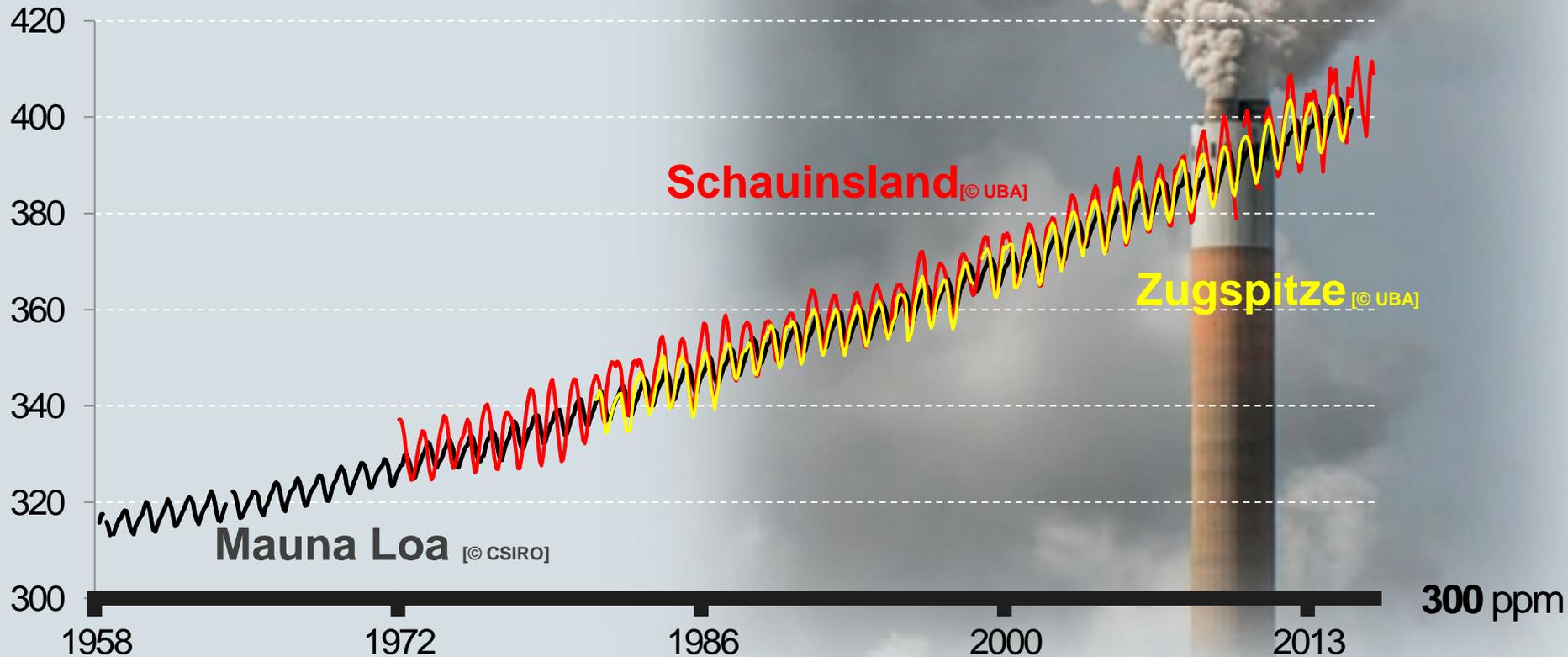
Entwicklung der atmosphärischen CO₂-Konzentration

Eiskernbohrungen



Entwicklung der atm. CO₂-Konzentration

CO₂-Messungen in ppm



CO₂: Erhöhung der Photosyntheseleistung

Wirkung auf das Pflanzenwachstum (Auswahl)



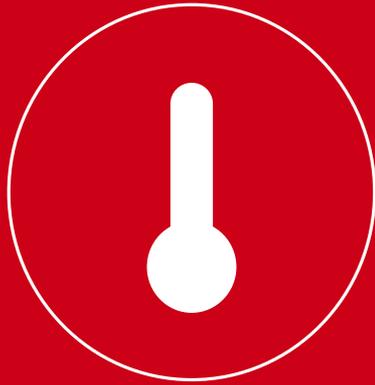
Höhere Photosynthese- und Wachstumsraten, **ceteris paribus**



Verbesserte Wassernutzungseffizienz



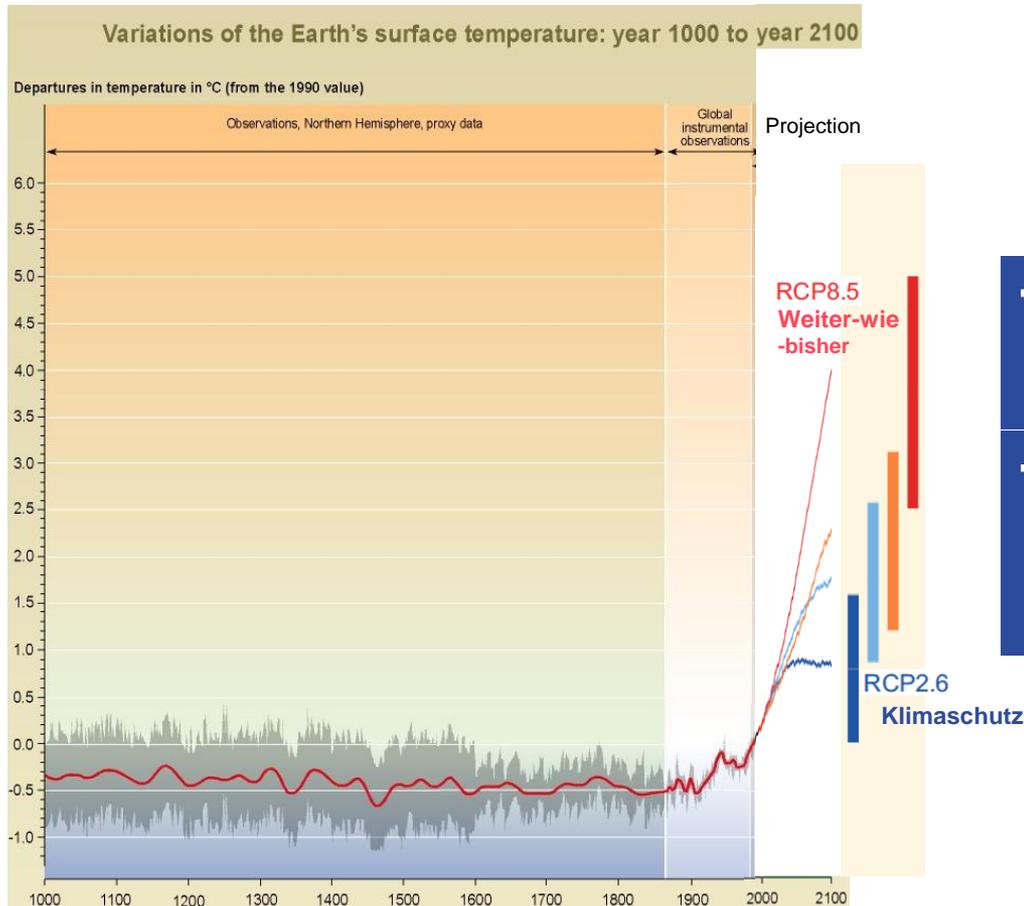
Schlechtere Qualitäten (Eiweiß)



Temperatur



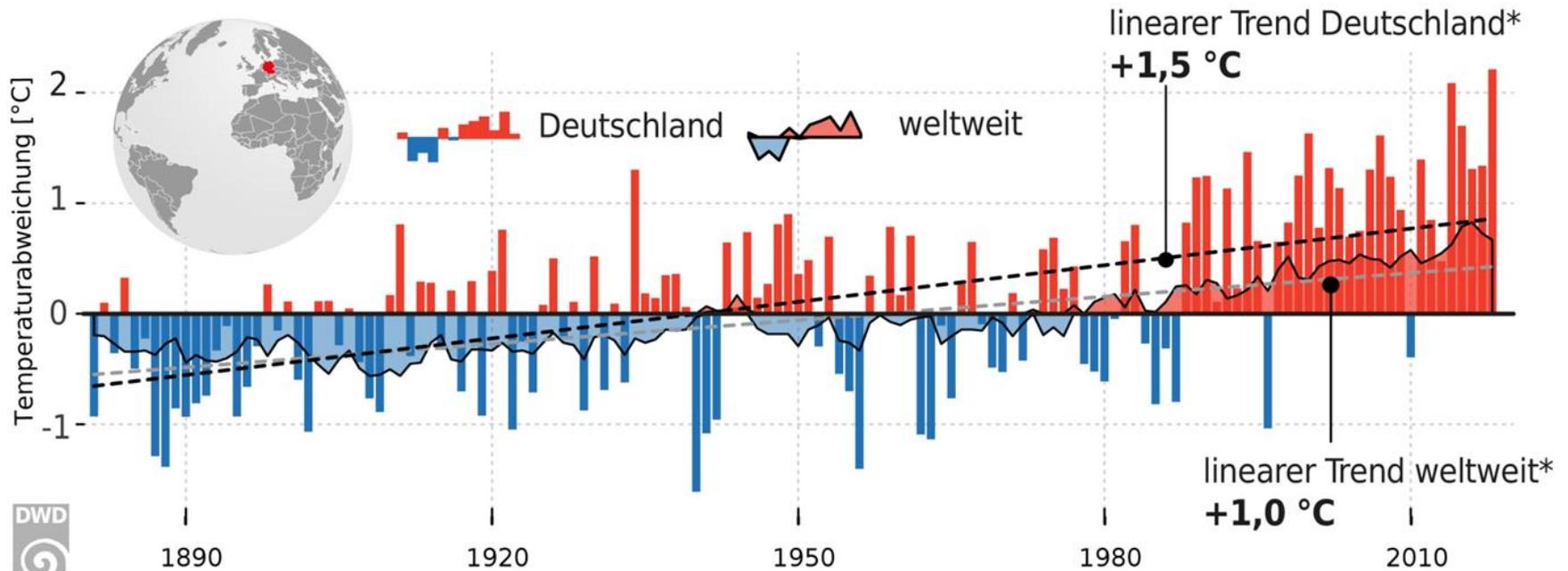
Die globale Temperatur vom Jahr 1000 bis 2100



- Mögliche künftig Erwärmung ist ein Vielfaches der Schwankungen der letzten 1000 Jahre
- Ab 2 Grad Erwärmung steigt das Risiko des
 - Auftretens extremer Ereignisse
 - Erreichens eines Kipppunktes

Erwärmungstrend in Deutschland stärker als weltweit

Abgebildet sind die **positiven** und **negativen** Abweichungen der Lufttemperatur vom vieljährigen Mittelwert 1961 - 1990 für Deutschland und weltweit



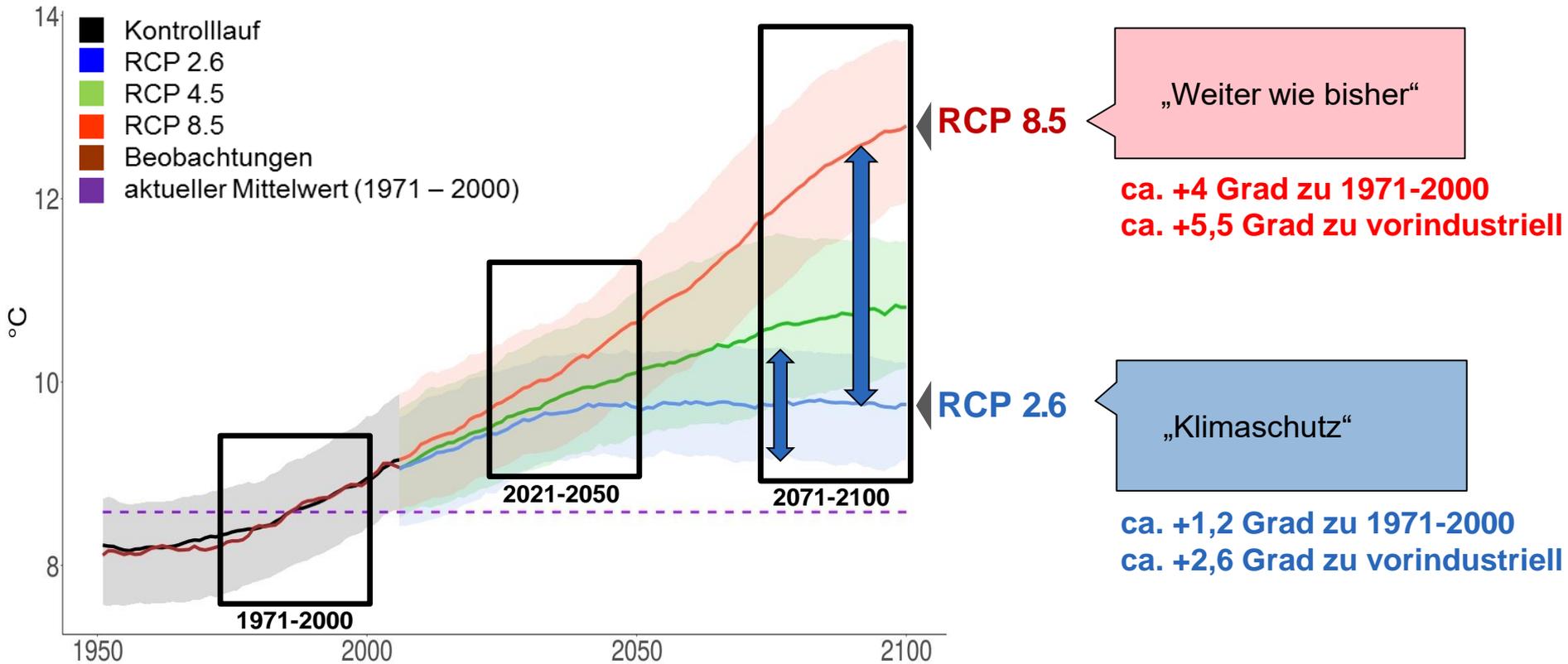
2019

www.dwd.de/klima |
Quelle: Deutschland: DWD, Global: NOAA

* Zeitraum 1881-2018



Jahresmittel-Temperaturen, Deutschland, Zukunft



Quelle: DWD-Referenz-Ensemble v2018; biasadjustiert, regionalisiert, BMVI-ExpertenNW

- Regionale Unterschiede: $+\Delta T_{\text{Süden}} > +\Delta T_{\text{Norden}}$
- Jahreszeitliche Unterschiede: gering, nur Frühjahr etwas kleineres $+\Delta T$



Direkte Wirkungen des Temperaturanstiegs auf das Pflanzenwachstum (Auswahl)



grundsätzlich



Unterschiedliche Wirkung (Standort, Pflanzenart, -zusammensetzung)



Verfrühung Pflanzenentwicklung, Verlängerung Vegetationsperiode

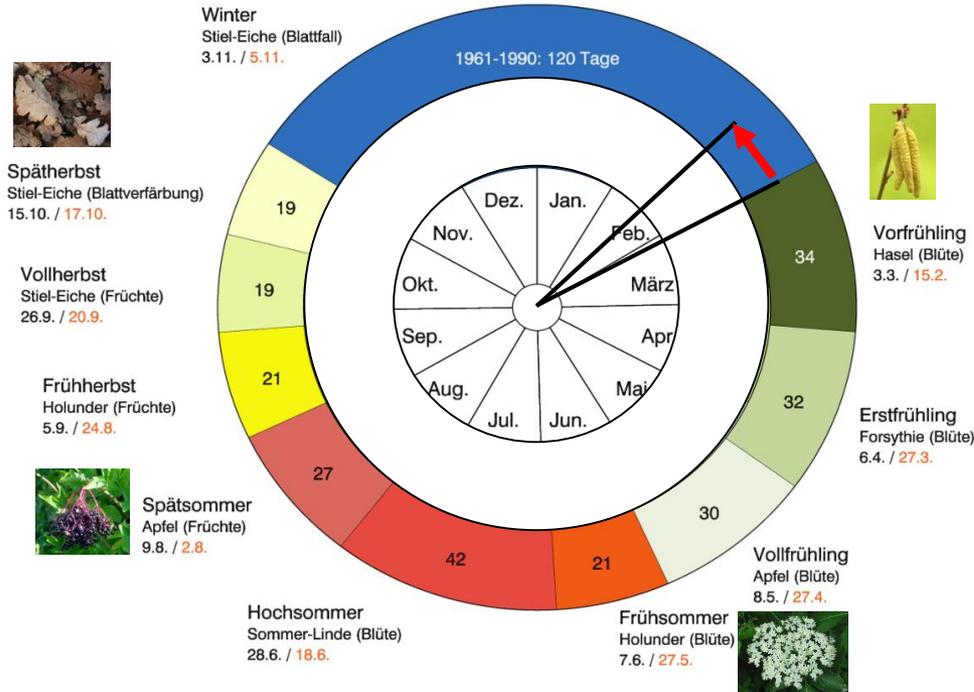


Beschleunigung phänologischer Entwicklung

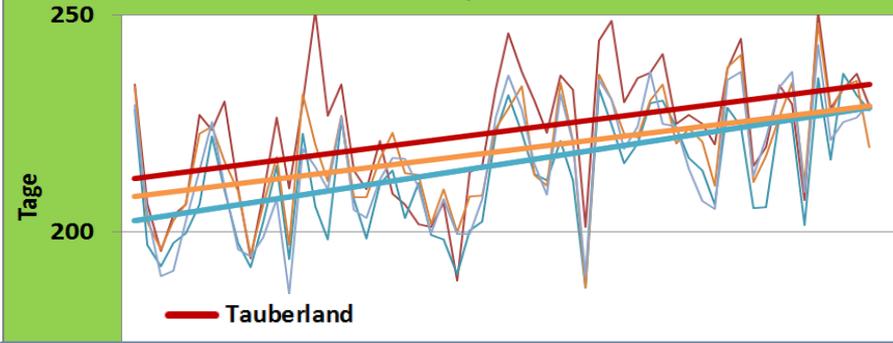


Anstieg Wasserverbrauch

Phänologische Uhr für Deutschland Zeiträume 1961-1990 und 1991-2018



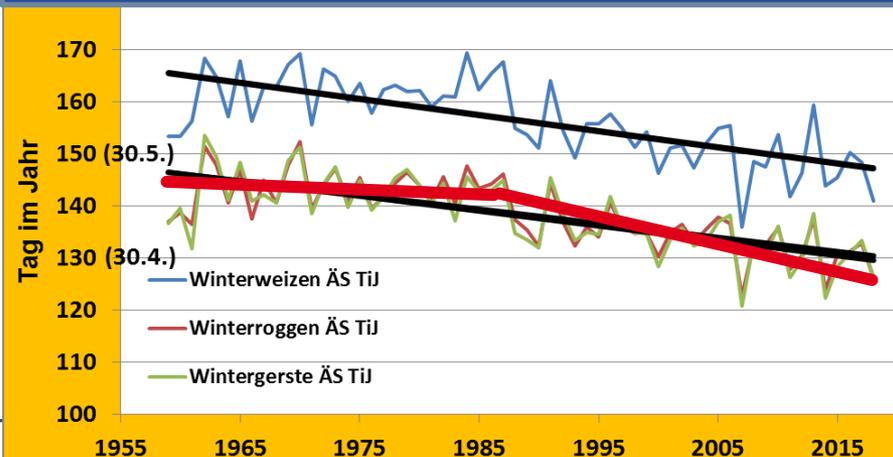
Länge der Vegetationsperiode süddeutscher Naturräume, 1960 - 2018



- **Große Variabilität von Jahr zu Jahr**
- **Regionale quantitative Unterschiede**
- **Eindeutiges Klimasignal**

Im Vergleich zum Mittel 1961-90:

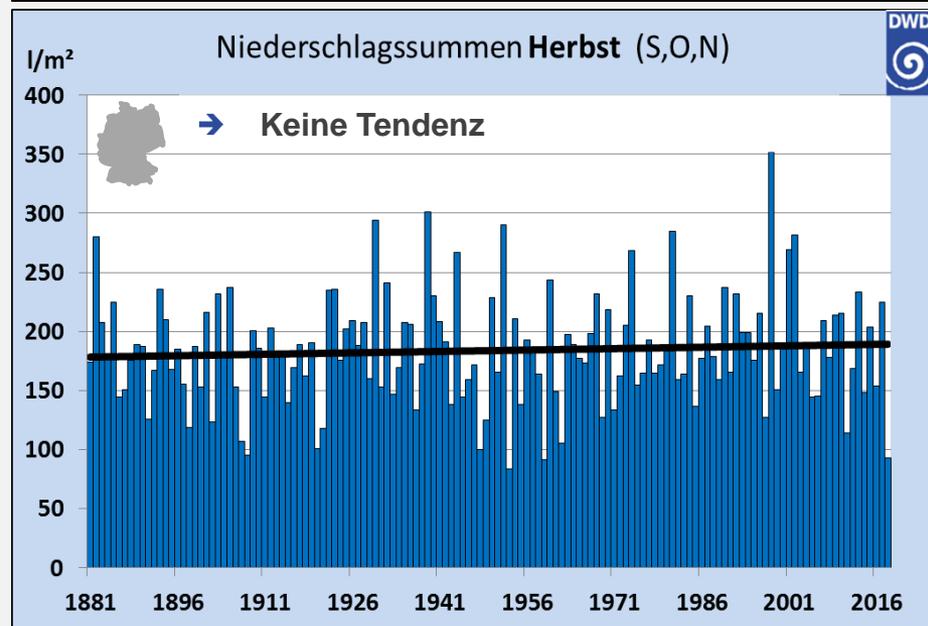
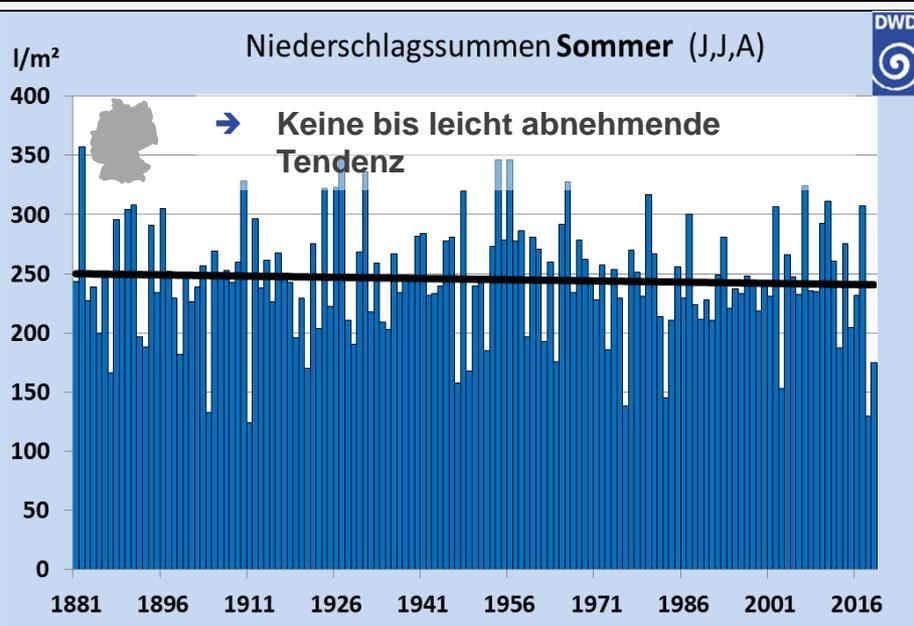
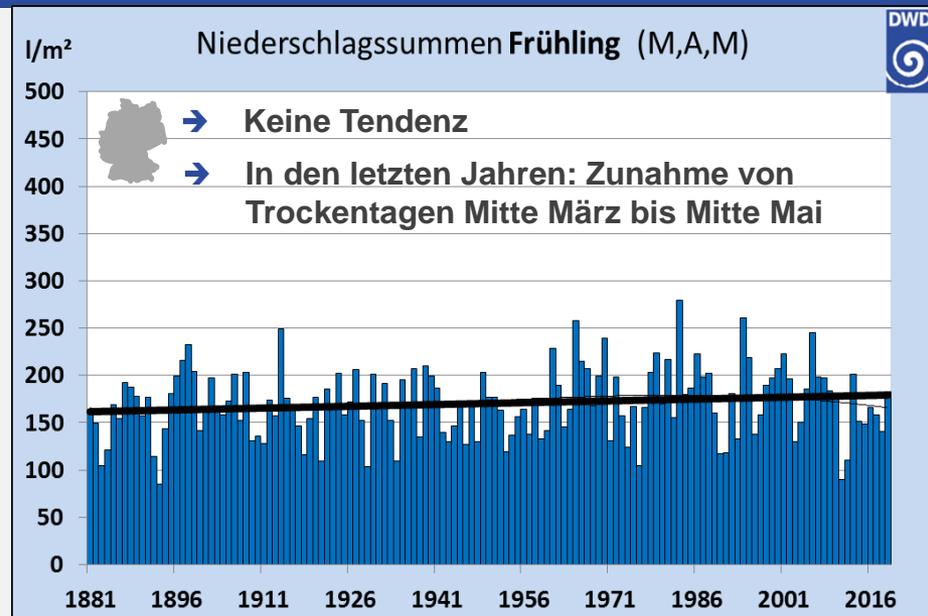
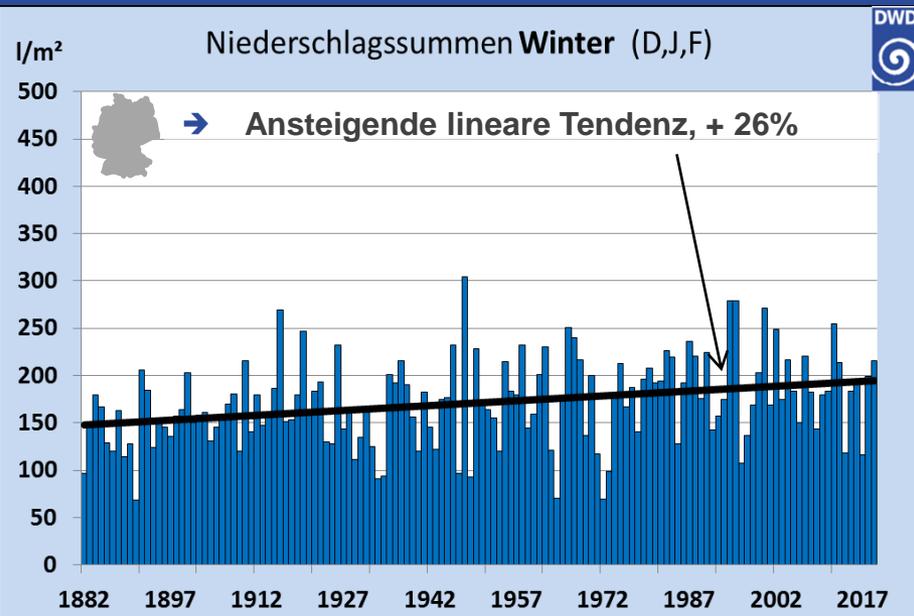
- **2,5 Wochen Früherer Vegetationsbeginn**
- **Längere Vegetationsperiode**
- **Verschiebung der phänologischen Jahreszeiten**

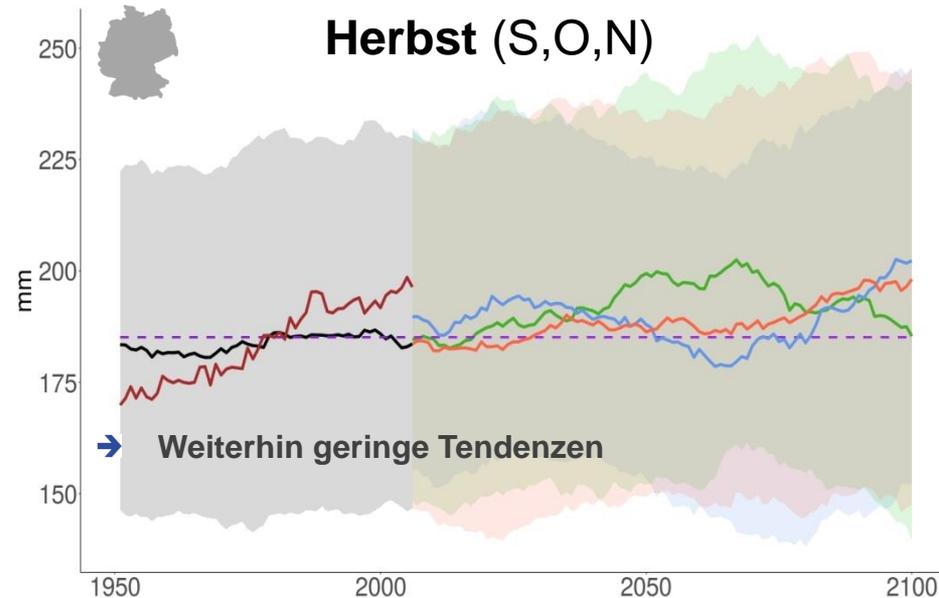
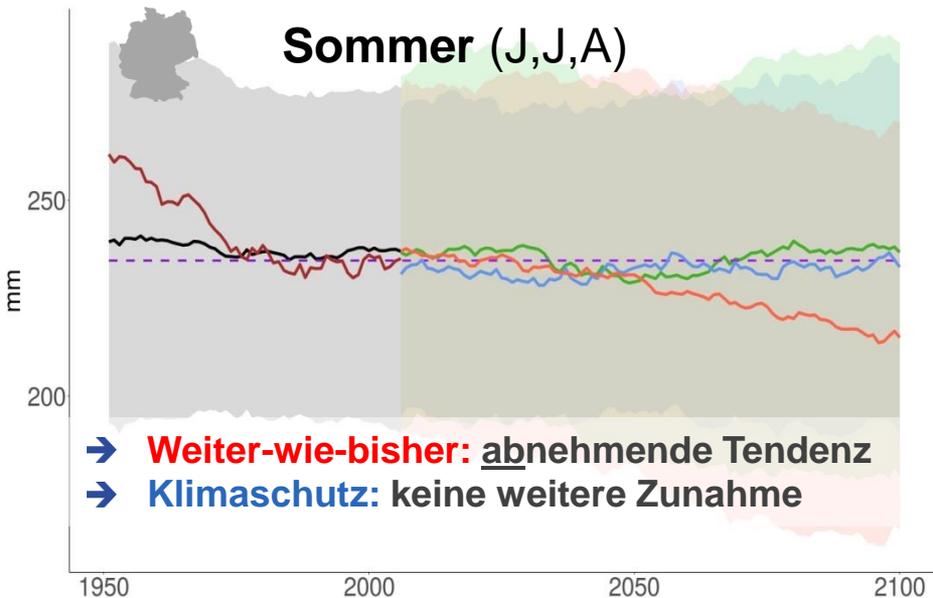
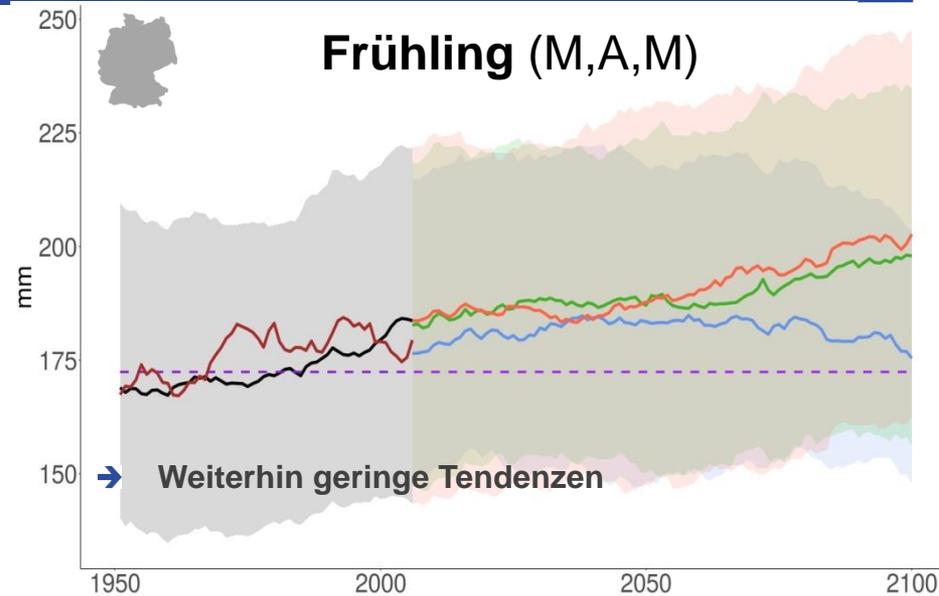
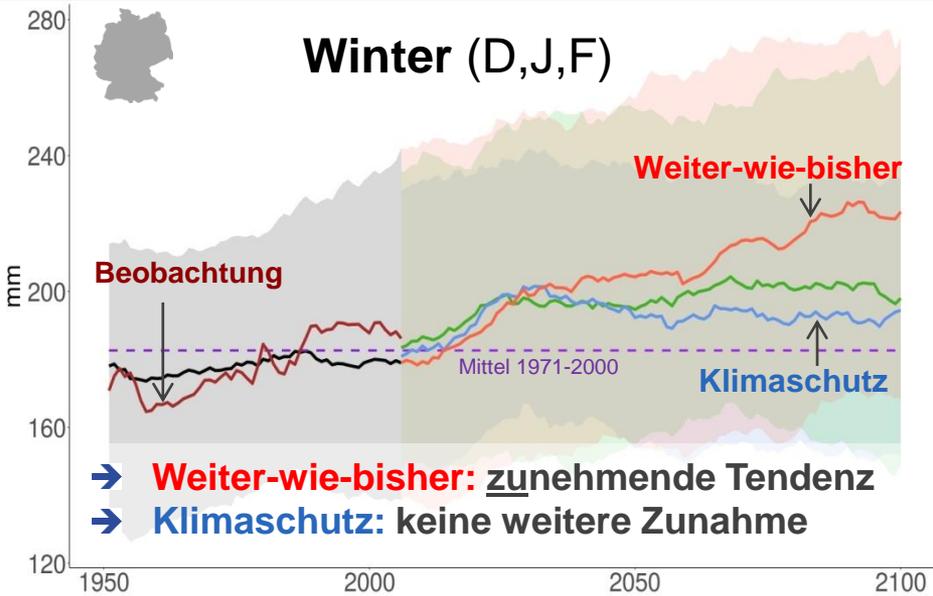




Niederschlag

Variable Niederschlagsmenge, Vergangenheit 1881-2018







tendenziell



Wassermangel
im Sommer:
höhere Verdunstung
bei weniger Niederschlag



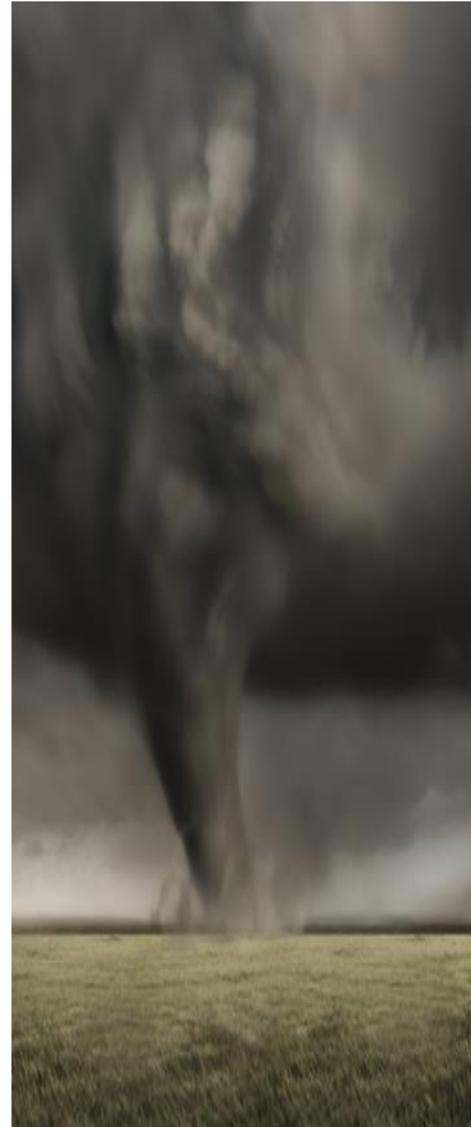
Wasserüberschuss im Winter

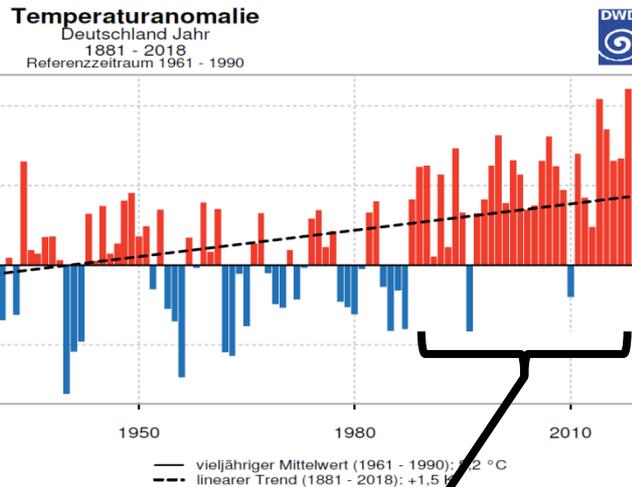


Aber weiterhin hohe Variabilität von
Jahr zu Jahr

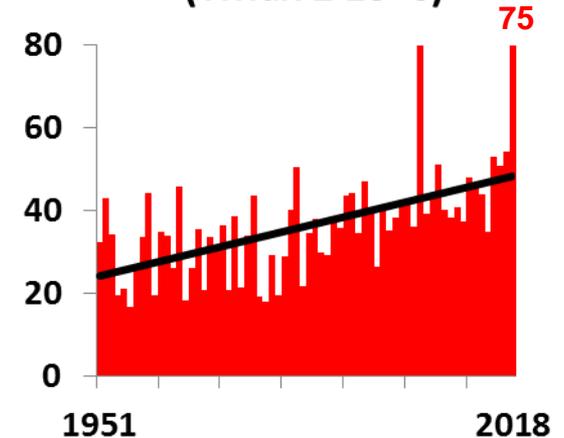


Extreme



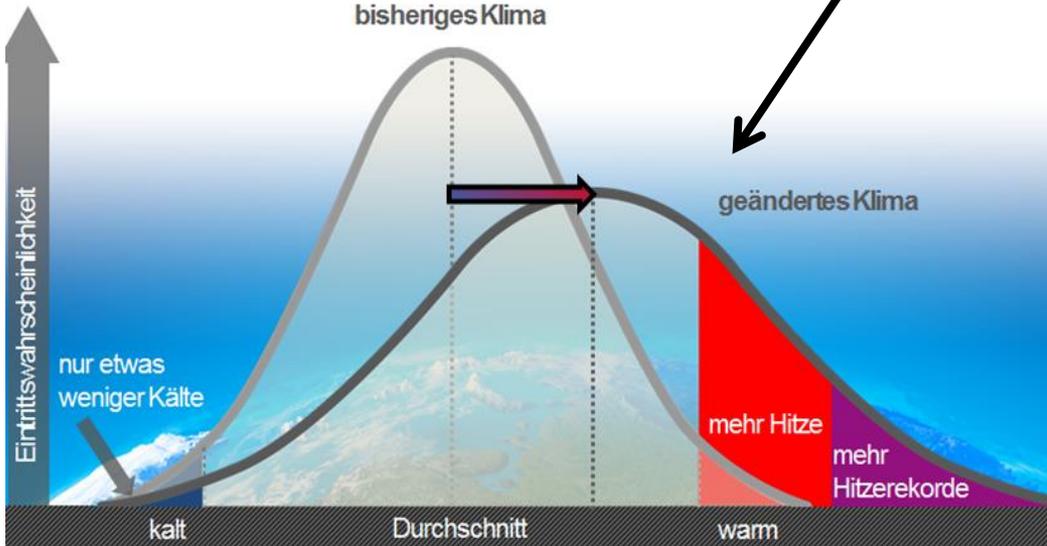


Anzahl Sommertage
 (TMax ≥ 25°C)



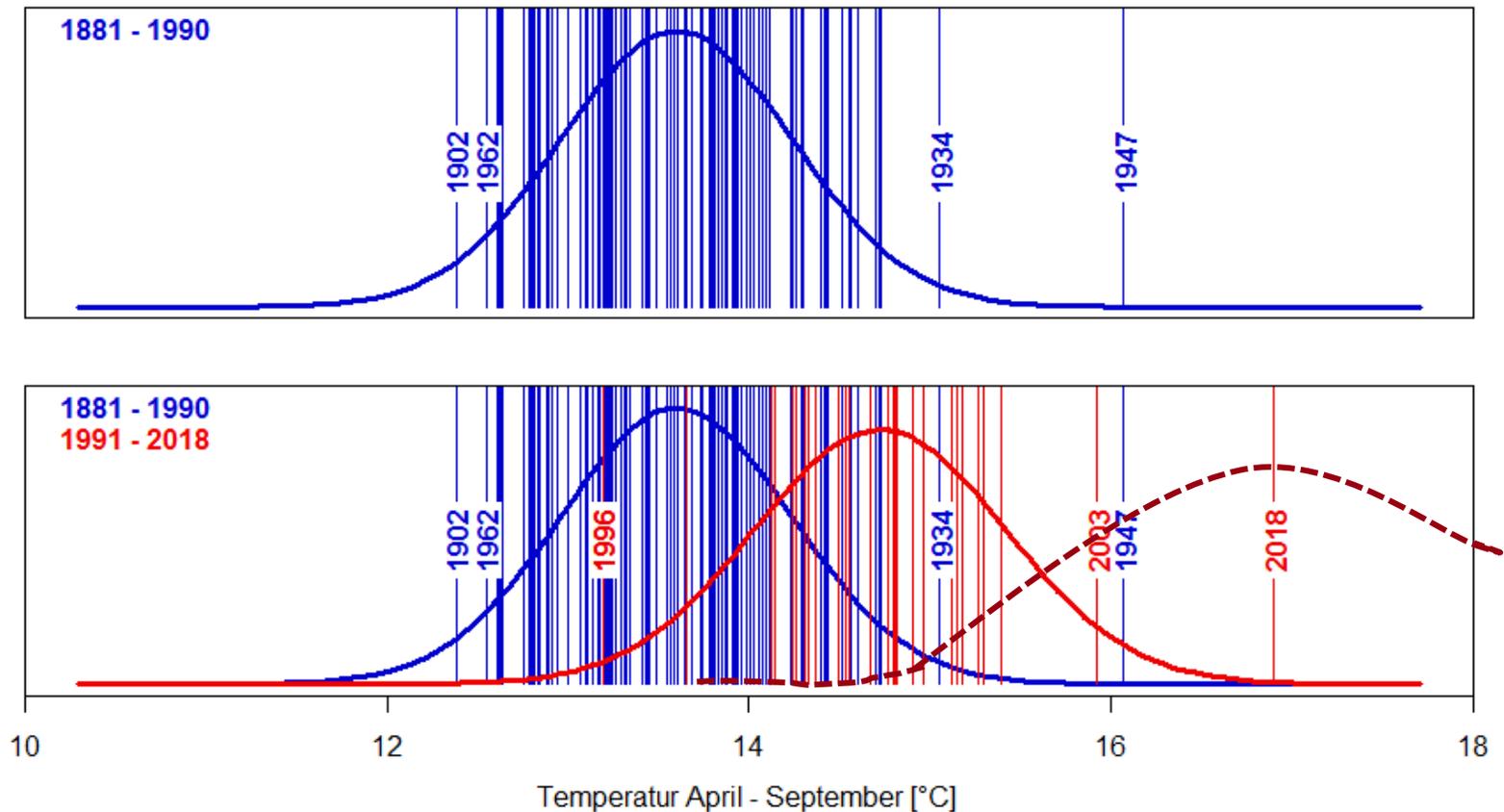
bisheriges Klima

geändertes Klima



- Kleine Verschiebung des Temperatur-Mittelwertes bewirkt häufigere Hitzeperioden, seltener Kälteperioden
- Typische Variabilität unserer Klimaregion bleibt mindestens erhalten, könnte sich vergrößern

Häufigkeitsverteilung der Temperaturmittel April-September für die Zeiträume 1881-1990 und 1991-2018 in Deutschland



Immer mehr Sommertage (TMax > 25°C)

1959 - 1968

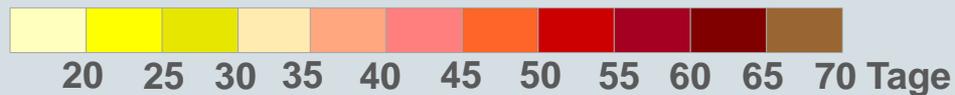
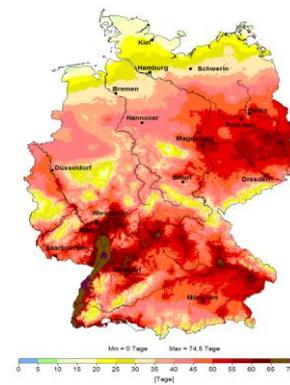
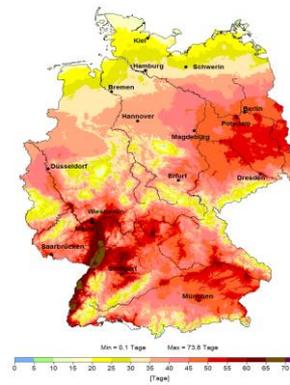
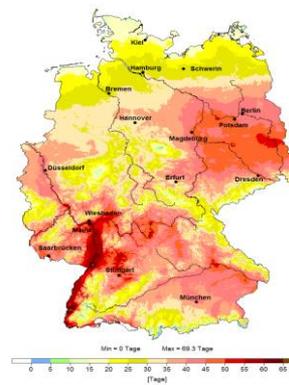
1969 - 1978

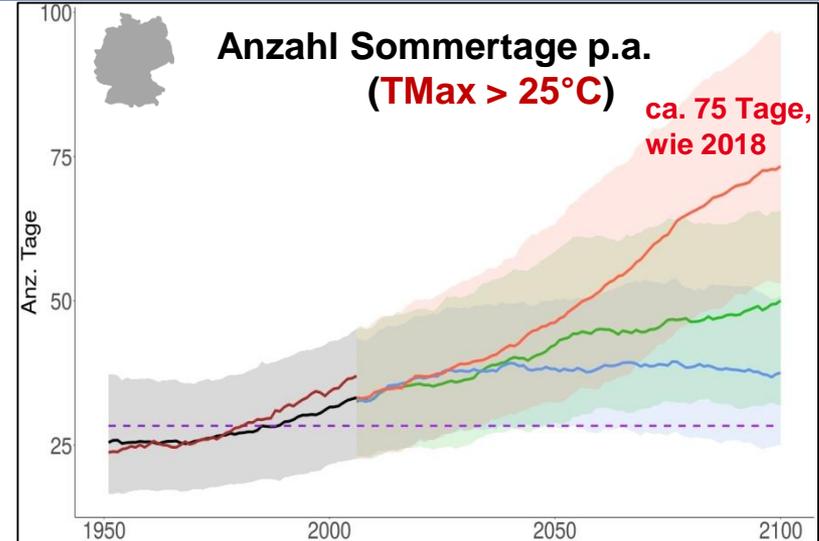
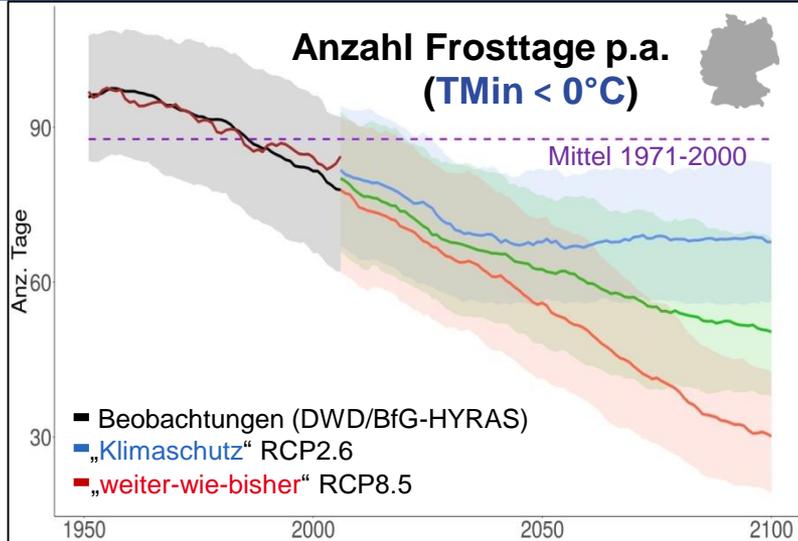
1979 - 1988

1989 - 1998

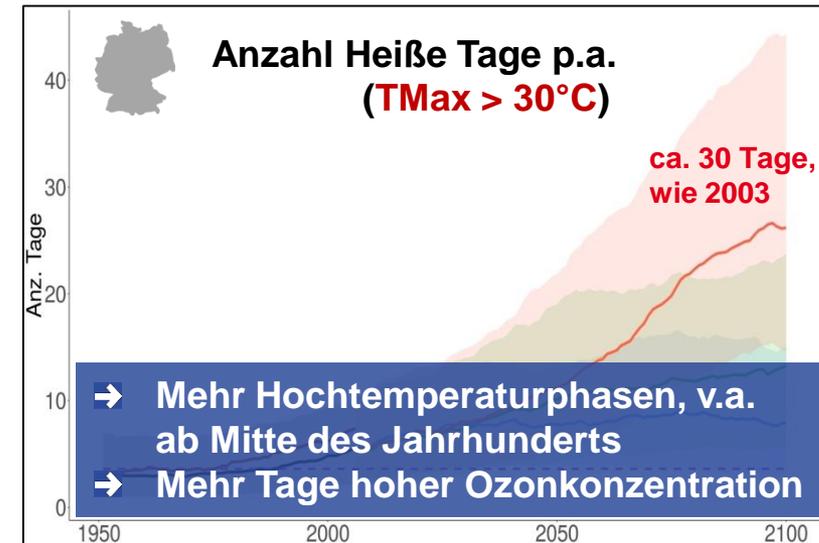
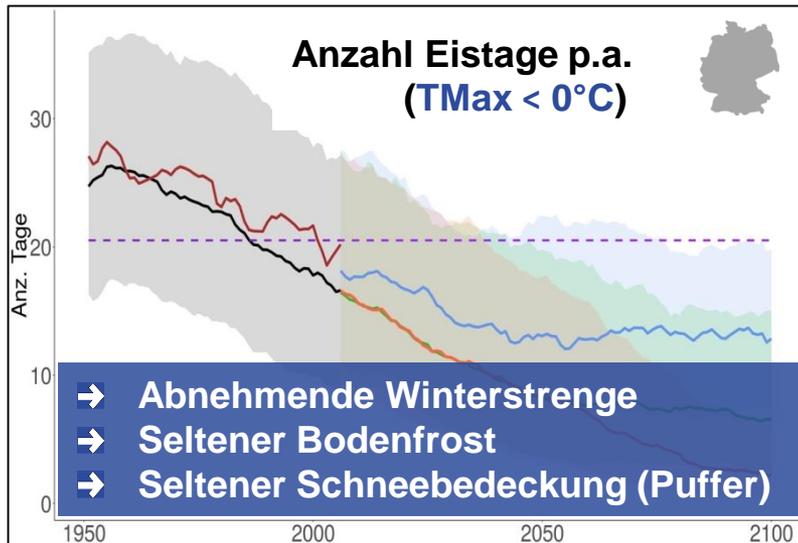
1999 - 2008

2009 - 2018

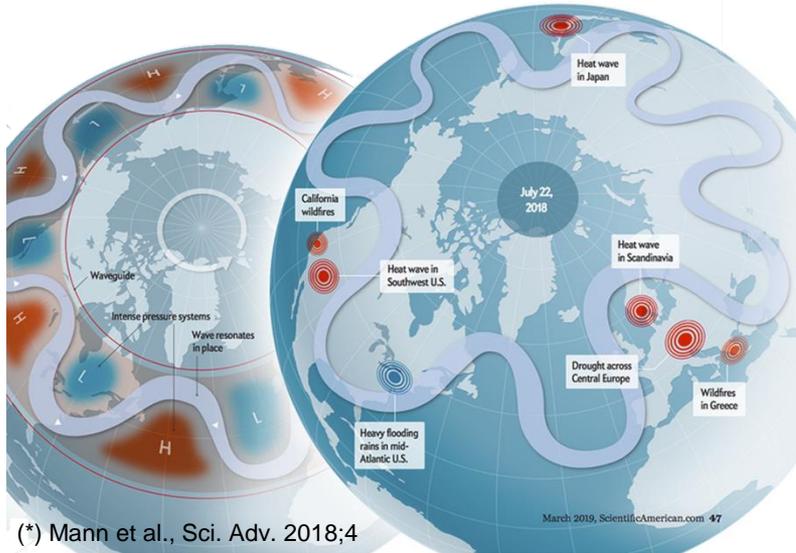




→ Deutliche Unterschiede zwischen den Szenarien



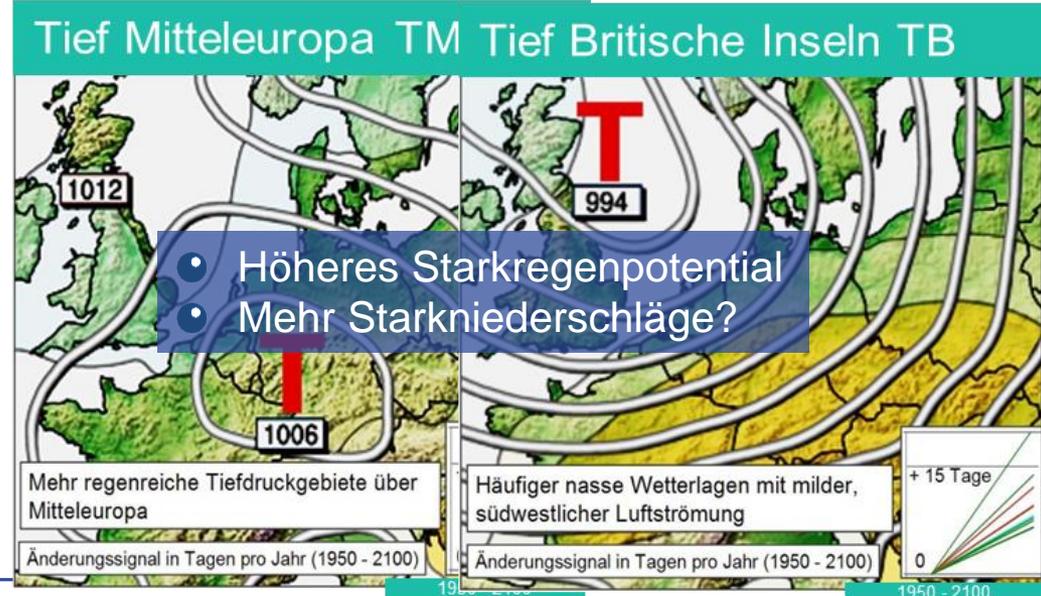
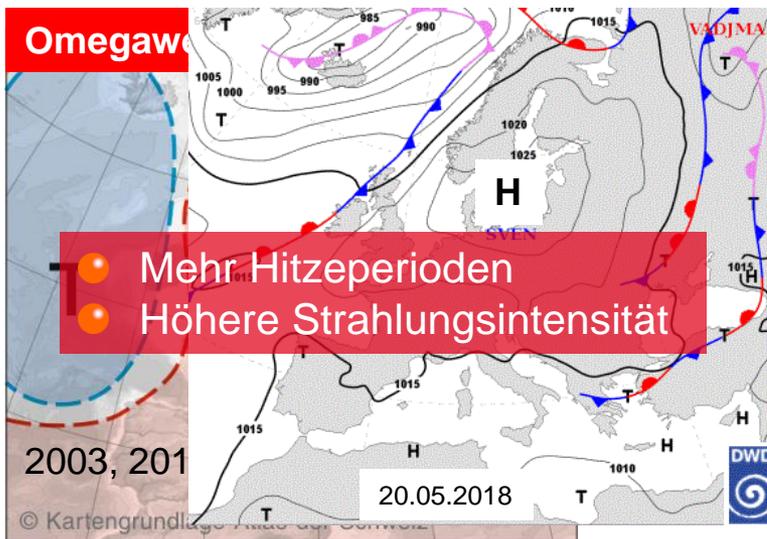
Ursache 1: Klimaerwärmung verändert Wetterlagen (Dynamik)



(*) Mann et al., Sci. Adv. 2018;4

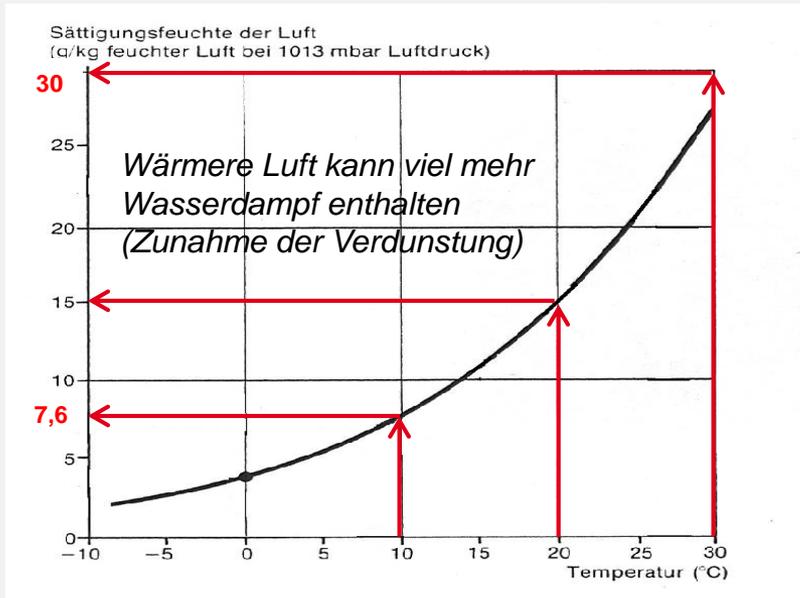
In der Arktis erwärmt sich die bodennahe Lufttemperatur doppelt so stark, wie in niederen Breiten

- ➔ Temperatur- und Druckgefälle zwischen polarer und tropischer Luftmasse nimmt ab
- ➔ Jetstream (Höhenwind) wird schwächer und mäandert stärker (höhere Wellenzahl 6-8)
- ➔ Mehr länger anhaltende, stationäre (stabile) Wetterlagen **hohen** und **tiefen** Drucks



Prinzipiell führt eine **Temperaturerhöhung** zu höherem (**Stark-**)**Regenpotential** wegen

1. mehr Wasserdampf in der Atmosphäre



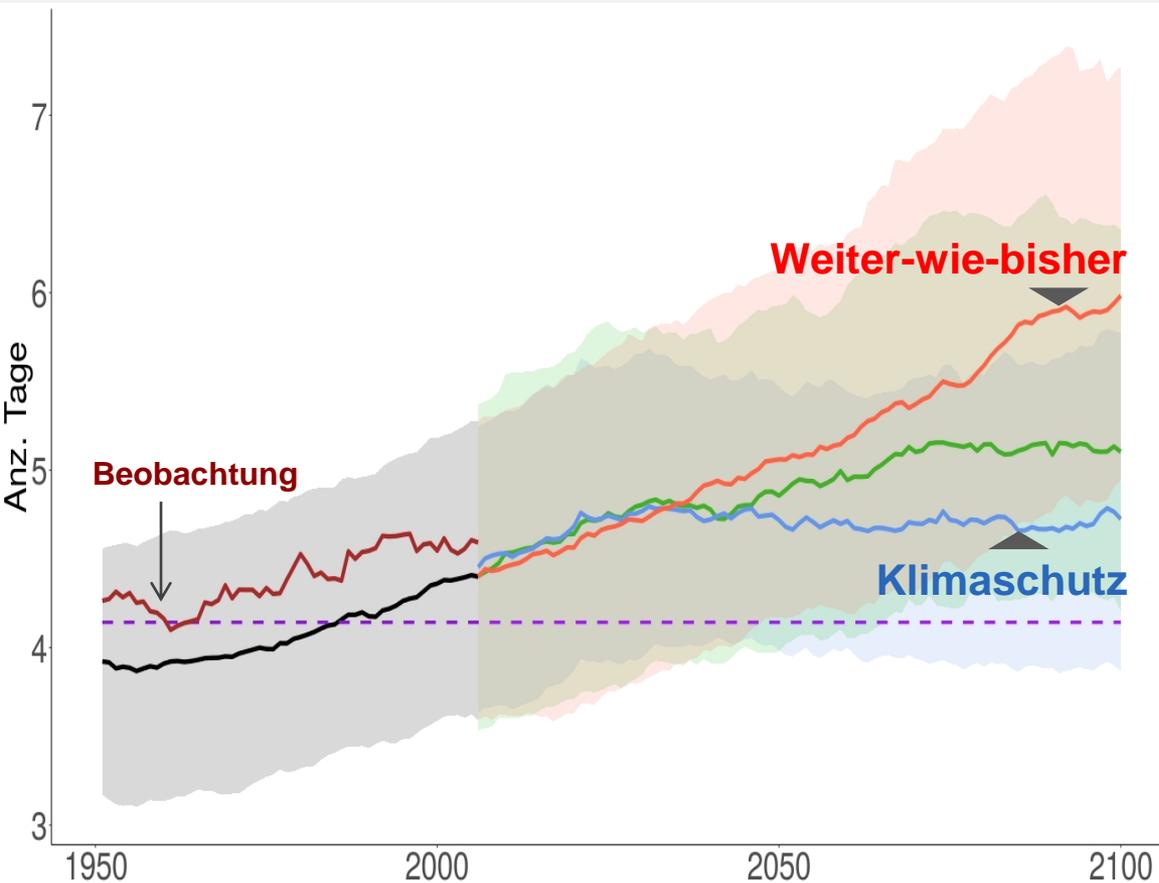
Alle 10°C verdoppelt sich die Wasserdampfkapazität bzw. 7% mehr Wasserdampf pro Grad Erwärmung

- ➔ mehr Wasserdampf pro Niederschlagsereignis
- ➔ Zunahme der Dürregefahr wegen höherer Verdunstung

2. mehr Energie, die eine Intensivierung der ablaufenden wolken- und niederschlagsbildenden Prozesse bewirkt

(+erhöhtes Risiko von Hagel, Gewitter, örtlichen Starkwinden, aber Klimamodelle können kleinräumige, kurzzeitige Ereignisse noch nicht deterministisch beschreiben)

Tage mit Niederschlag > 20 mm pro Jahr



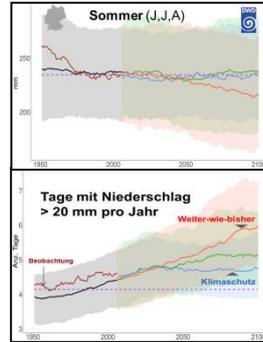
Quelle: DWD-Referenz-Ensemble v2018; biasadjustiert, regionalisiert, BMVI-ExpertenNW

Im Gegensatz zu den klaren Trends der Temperaturextrema:

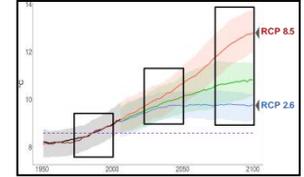
- ➔ Starkregentrends leicht positiv aber große Streuung
- ➔ Beobachtungen am oberen Rand der Prognosen
- ➔ Gewittrige Niederschläge in Modellen nicht gut repräsentiert

Mehr Trockenheit, schwer vorhersagbar, aber wahrscheinlich

Rückgang der sommerlichen Niederschlagsmenge
+
Mehr Verlust (Abfluss) durch intensiver Niederschläge

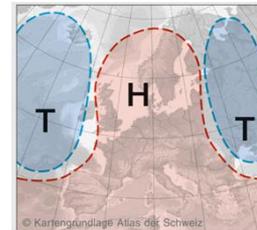


Mehr Verdunstung durch einer wärmeren Atmosphäre (solange Bodenfeuchte reicht)



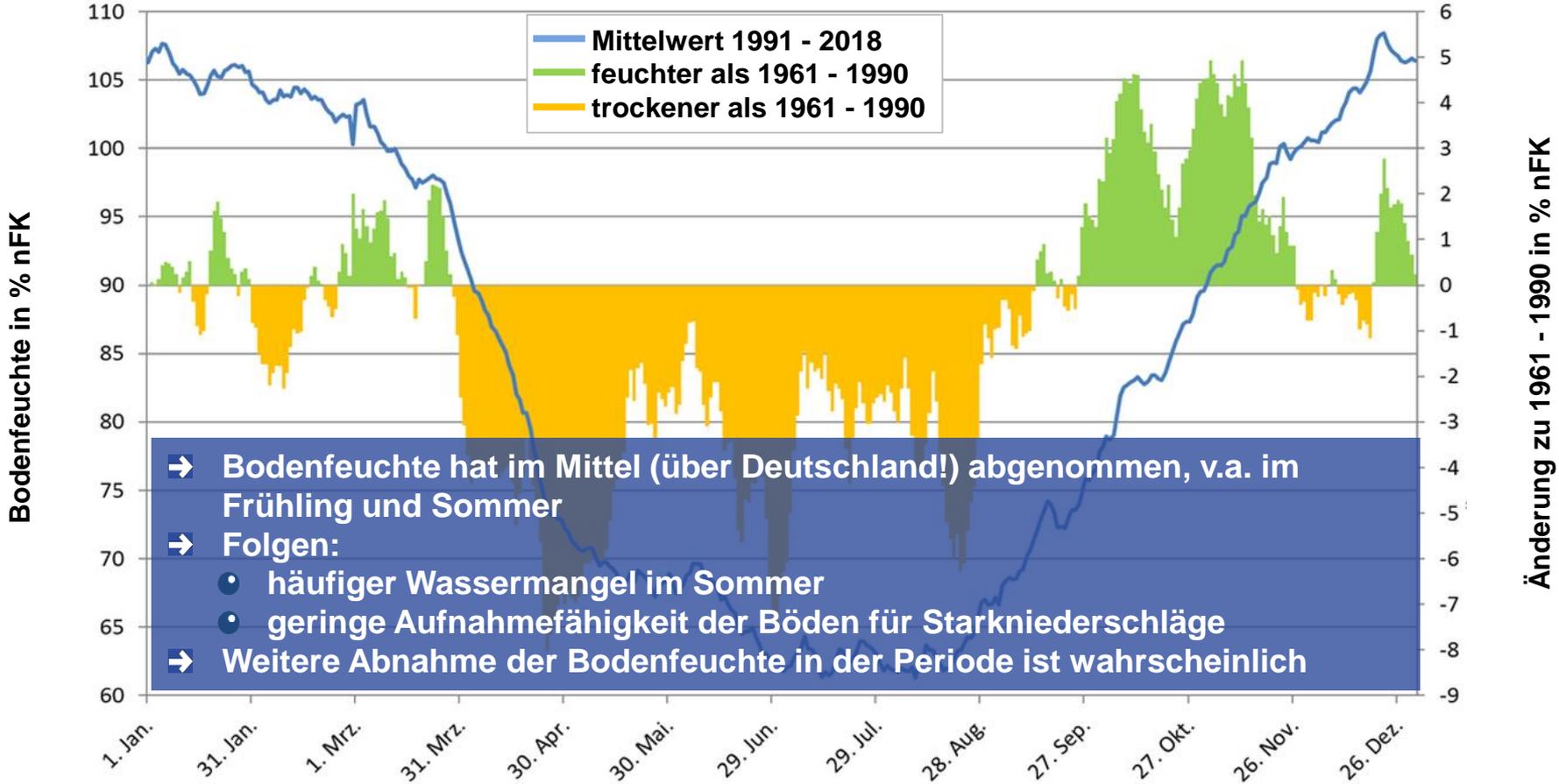
Längere Trockenperioden, größere Dürregefahr

Größere Langlebigkeit sommerlichen Hockdruckwetterlagen



Abnahme der Bodenfeuchte, **Vergangenheit**

Bodenfeuchte unter Gras, sandiger Lehm, Deutschland 1991 – 2018 vs. 1961 – 1990



Änderungen extremer Ereignisse haben die größte Wirkung auf das Wachstum



tendenziell

-  Hitzeperioden und Trockenperioden nehmen zu
-  Kälteperioden werden weniger
-  Wetterlagen, nasse und trockene, halten länger an
-  Das Potential für extreme Niederschlagsereignisse nimmt zu (Prognose kleinräumiger, kurzzeitiger Ereignisse sehr unsicher)
-  Die hohe Variabilität von Jahr zu Jahr bleibt mindestens erhalten



”

Man kann der
Verantwortung für morgen
nicht dadurch entkommen,
ihr heute auszuweichen

Abraham Lincoln (1809 – 1865)

16. Präsident der Vereinigten Staaten von Amerika (1861-1865)

<http://saintpetersblog.com/wp-content/uploads/2016/12/abe-lincoln-donald-trump.jpg>



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Haben Sie Fragen?

Kontakt:

Dr. Harald Maier

E-Mail: harald.maier@dwd.de

Tel.: +49-(0)-8161-53769-11

Deutscher Wetterdienst

Agrarmeteorologie, Ast. Weihenstephan

Alte Akademie 16

85354 Freising