

Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft in Deutschland

Dr.-Ing. Andreas Marx
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
Thüringer Niedrigwasserkonferenz, 19.10.202

Team:

Friedrich Boeing, Chaitanya Malla, Özge Can, Timo Houben;
HI-CAM: Luis Samaniego, Oldrich Rakovec, Sebastian Müller,
Stephan Thober



Leipzig, Stünzer Park. Abflussloses Gewässer



Sept 2019

Sept. 2021



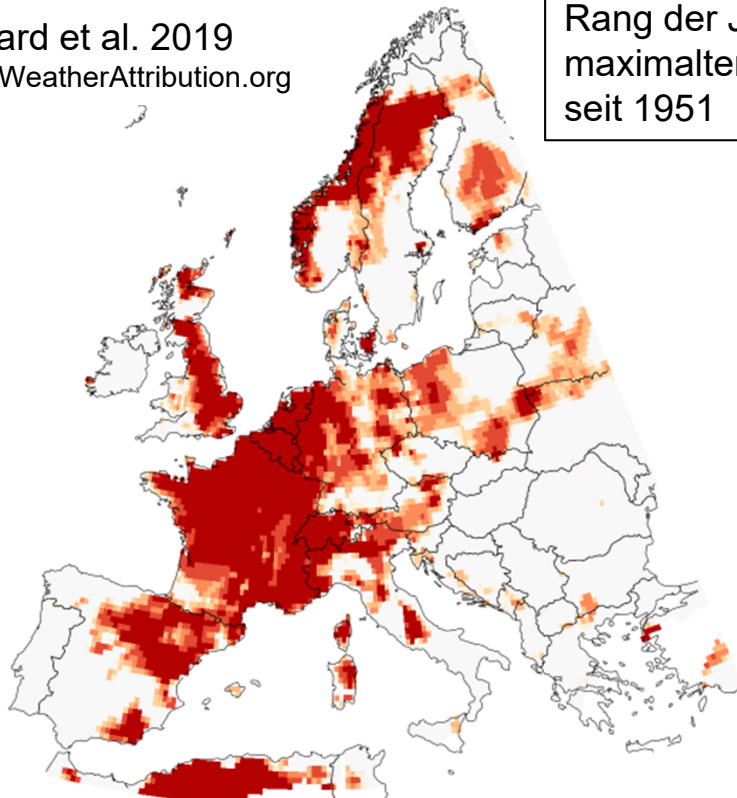
- Wie hat sich das Klima geändert und welche Auswirkungen hat das auf den Wasserhaushalt?
- Wie ändern sich Hitze und Grundwasserneubildung zukünftig? Was kann man heute sicher sagen?
- Zunehmende Wasserkonflikte in Deutschland?



Veränderung Hitzewellen durch Klimawandel: Beispiel Juli 2019

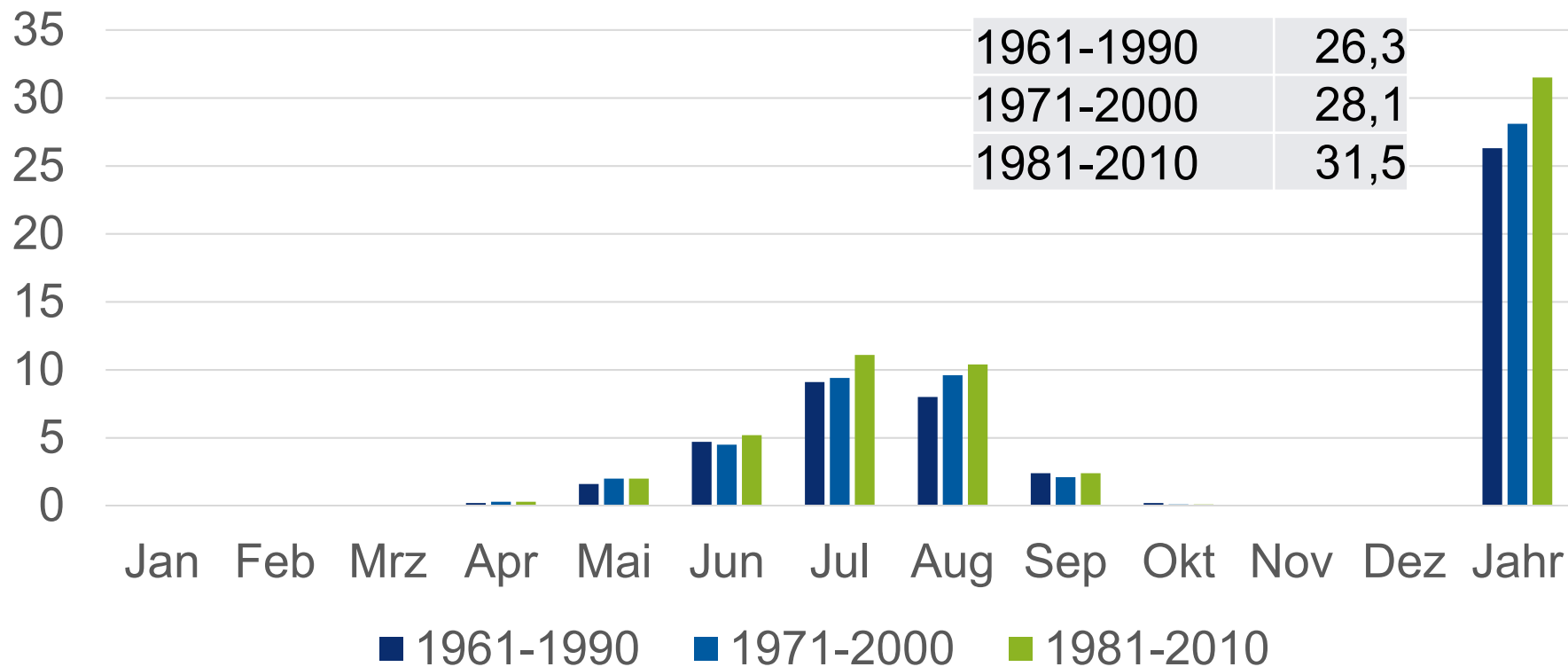
Vautard et al. 2019
WorldWeatherAttribution.org

Rang der Jahres-
maximaltemperatur
seit 1951



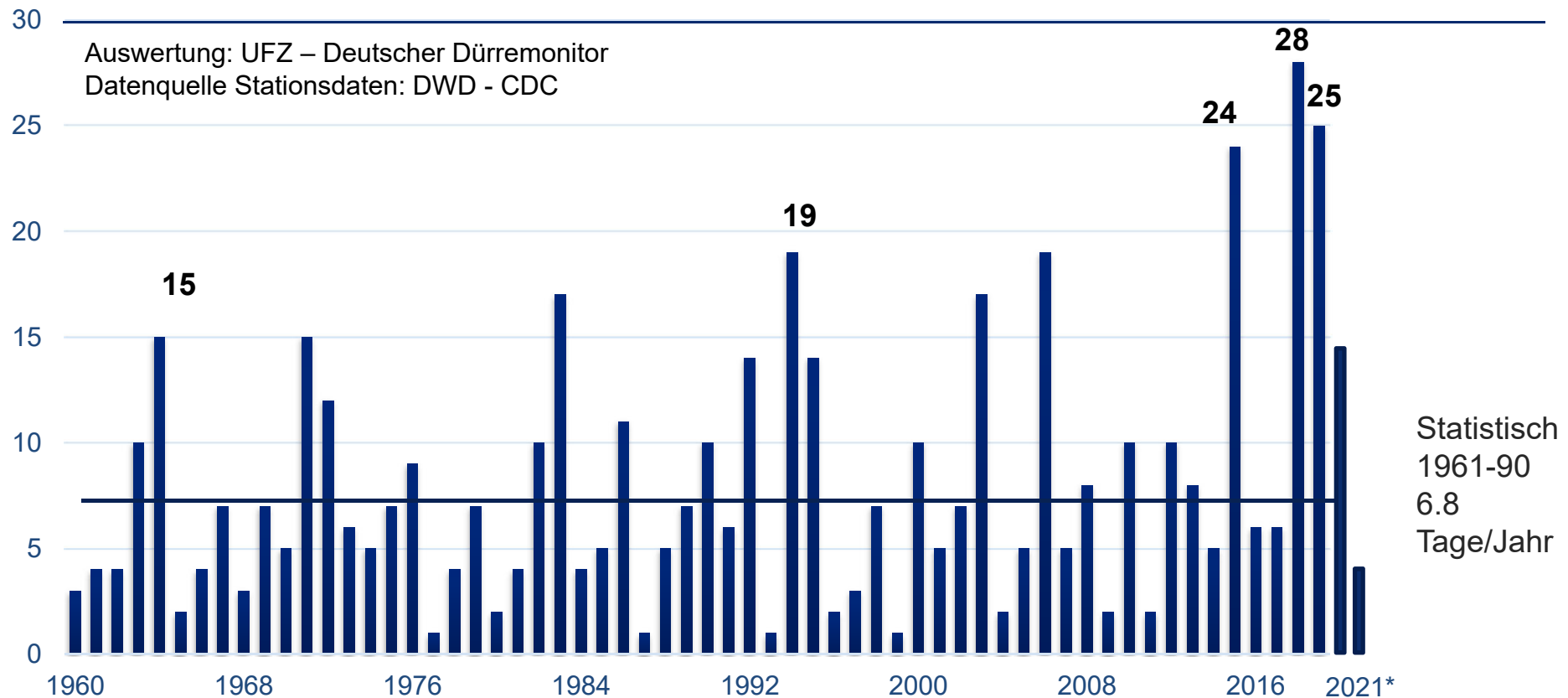
- Deutschland: neue Temperaturrekorde
- Wahrscheinlichkeit ist durch Klimawandel im Mittel ungefähr um den Faktor 10 gestiegen.

Sommertage >25°C/Jahr (Station Erfurt-Weimar) haben bis 2010 **im Mittel** um 20% zugenommen



Datenquelle: DWD

Heiße Tage >30°C an der Station Dresden-Klotzsche 1960-2021: **Extreme Jahre häufen sich**

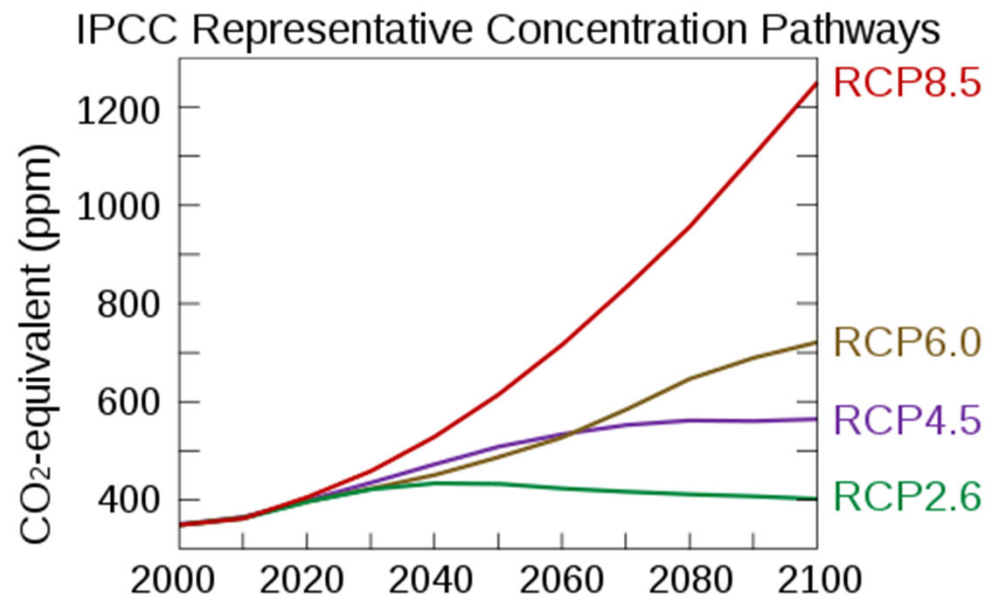


Treibhausgasemissionen: Repräsentativer Konzentrationspfad (RCP)

THG: bisherige Emissionen führen zu ca. zusätzlichen 3 Wm⁻² „Strahlungsantrieb“

Szenarien entsprechend dem angenommenen Bereich des **Strahlungsantriebs im Jahre 2100** (z. B. 2,6 Wm⁻²) als RCP2.6

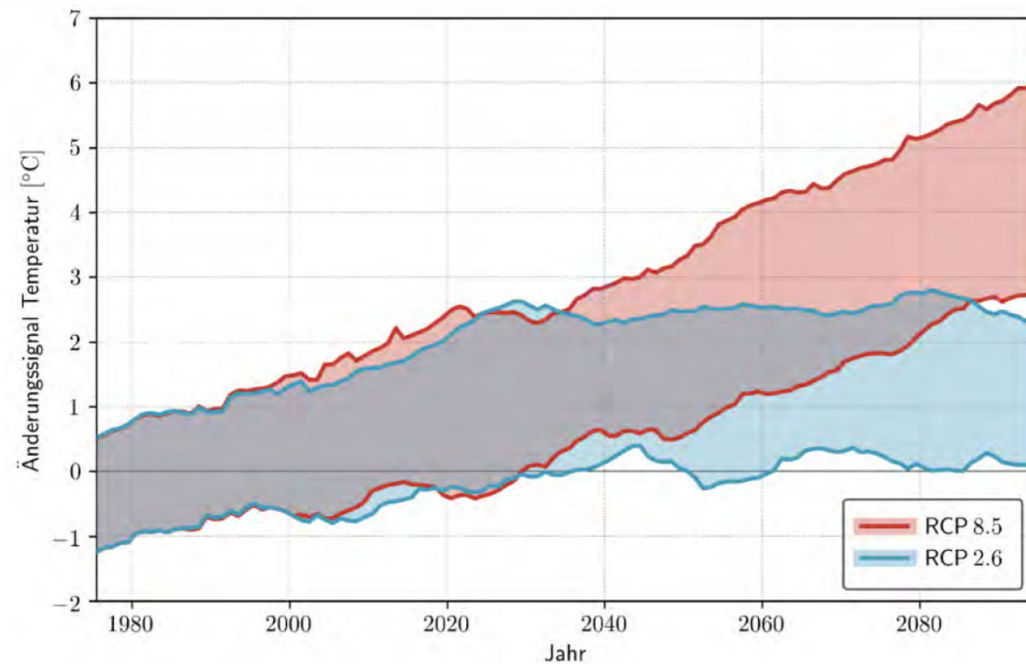
RCP2.6 Klimaschutzszenario
RCP8.5 „Weiter-so-wie-bisher“-Szenario



Quelle: IPCC AR5

... und resultierende Erwärmung für Deutschland

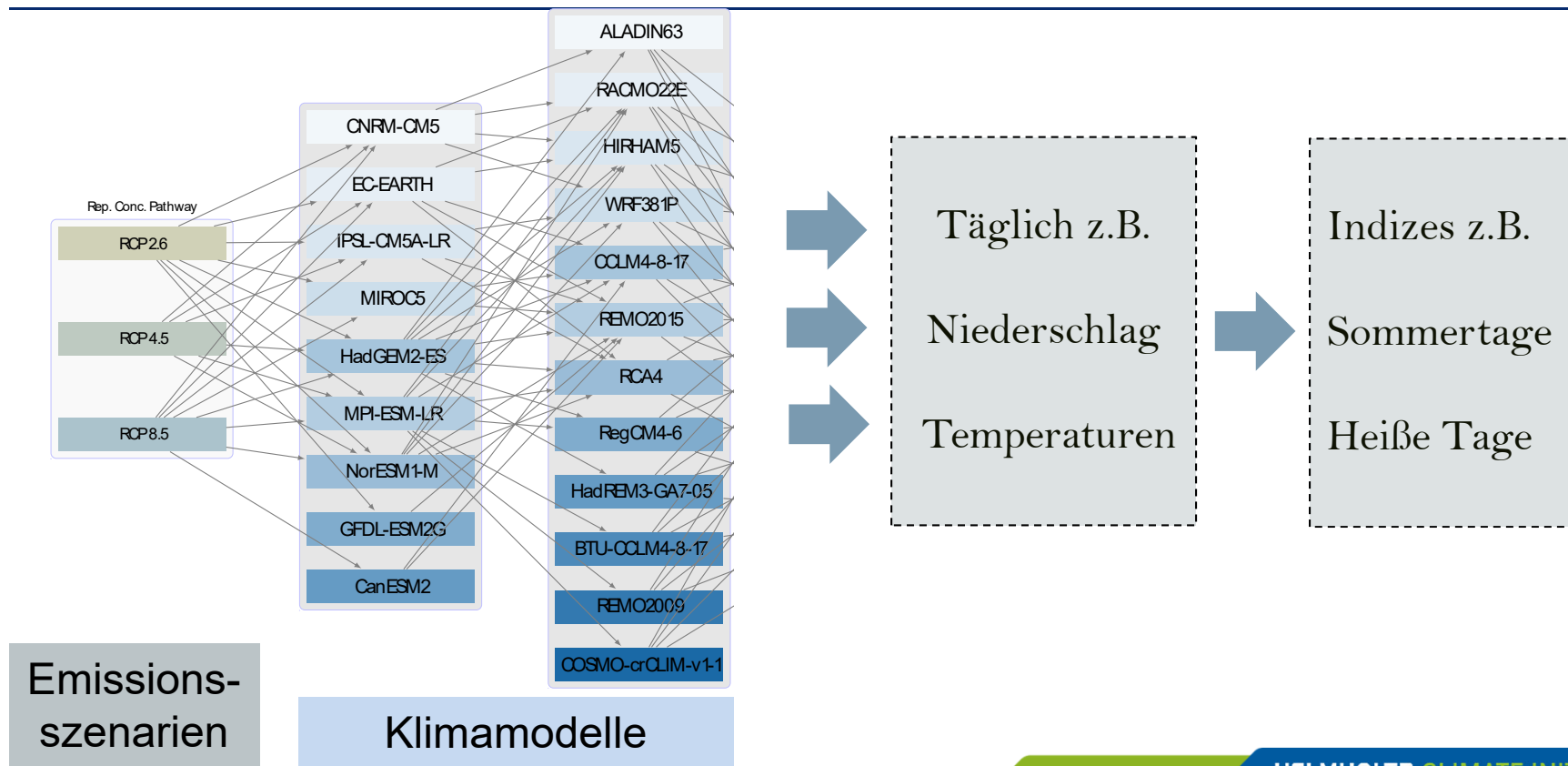
Weiter-wie-bisher-Szenario eine **Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um fast 4 K** (Bandbreite 2,8 bis 5,2 K)
Klimaschutz-Szenario Erwärmung ~ 1 K (Bandbreite von 0,7 bis 2,4 K)



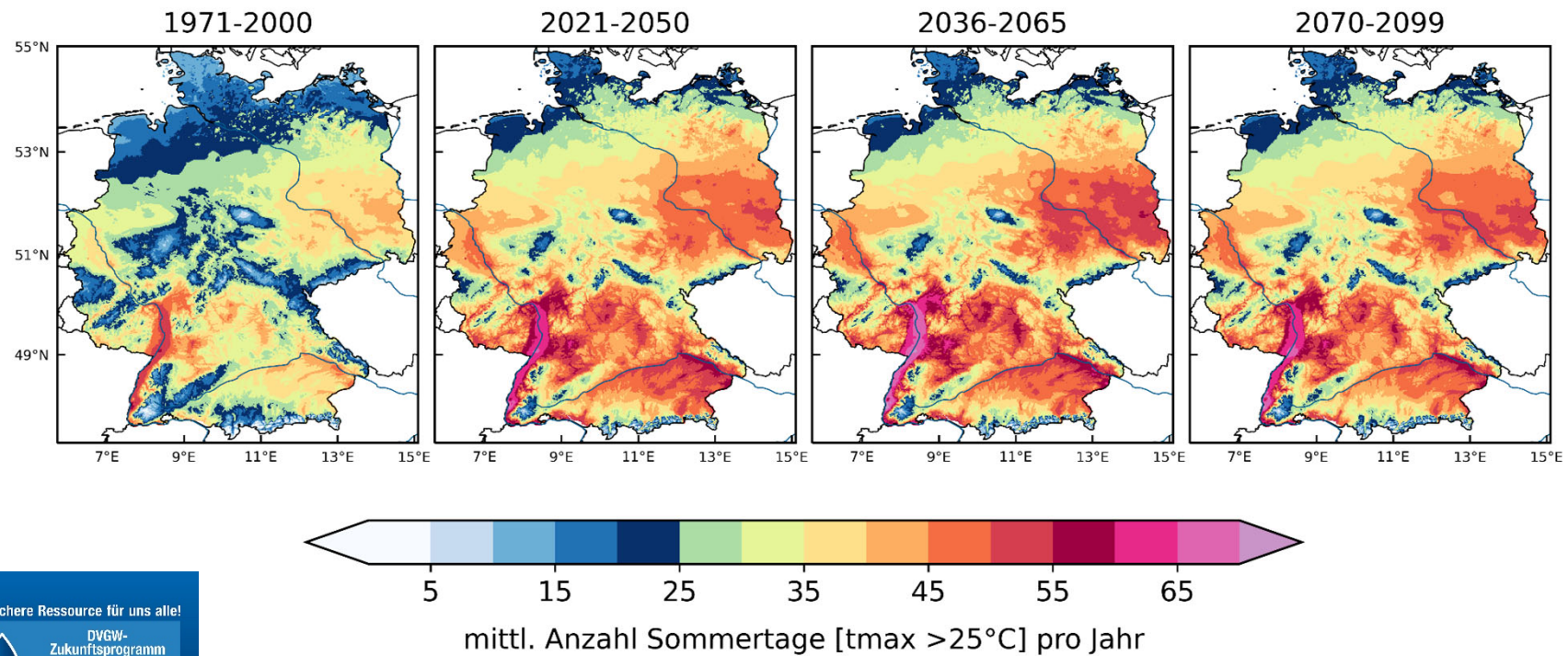
Quelle: ReKlies-DE Endbericht

Und zukünftig? Hitze unter Klimawandel

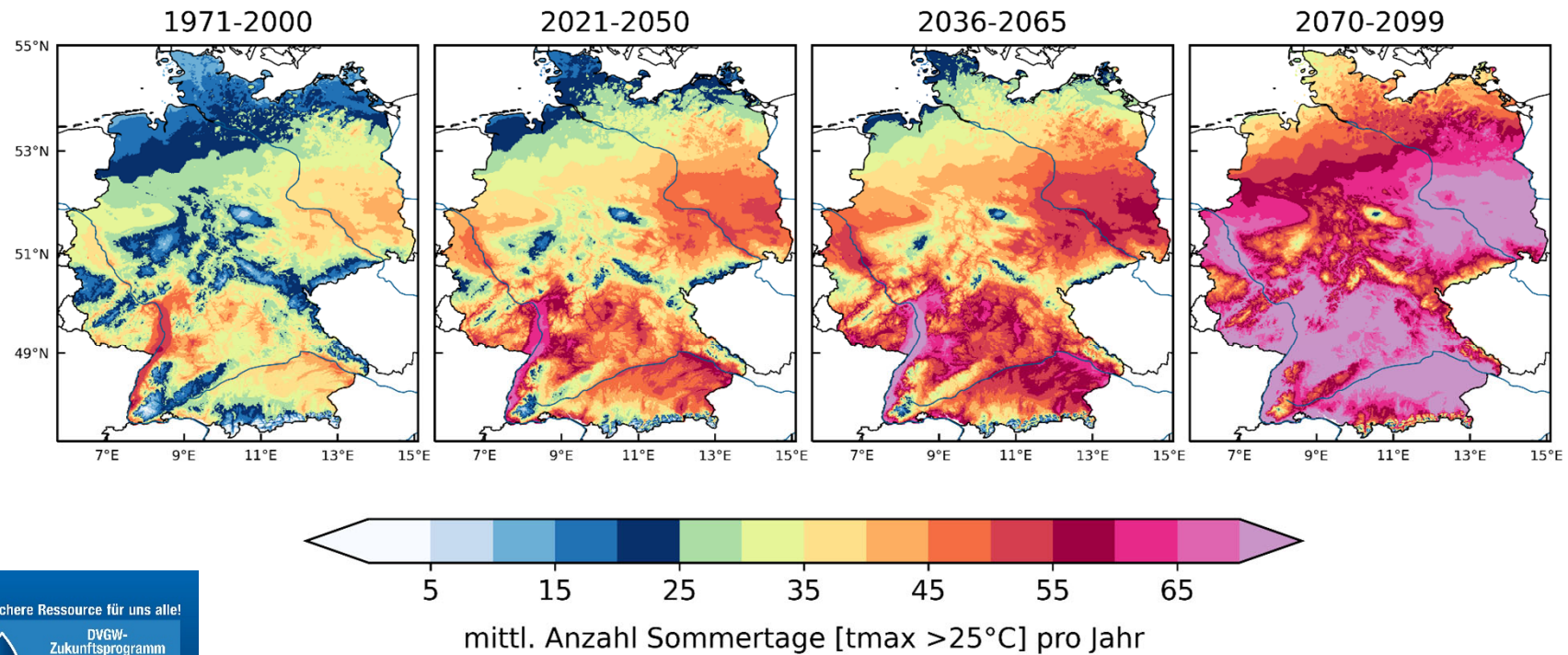
Modellensemble aus insgesamt 88 Simulationen



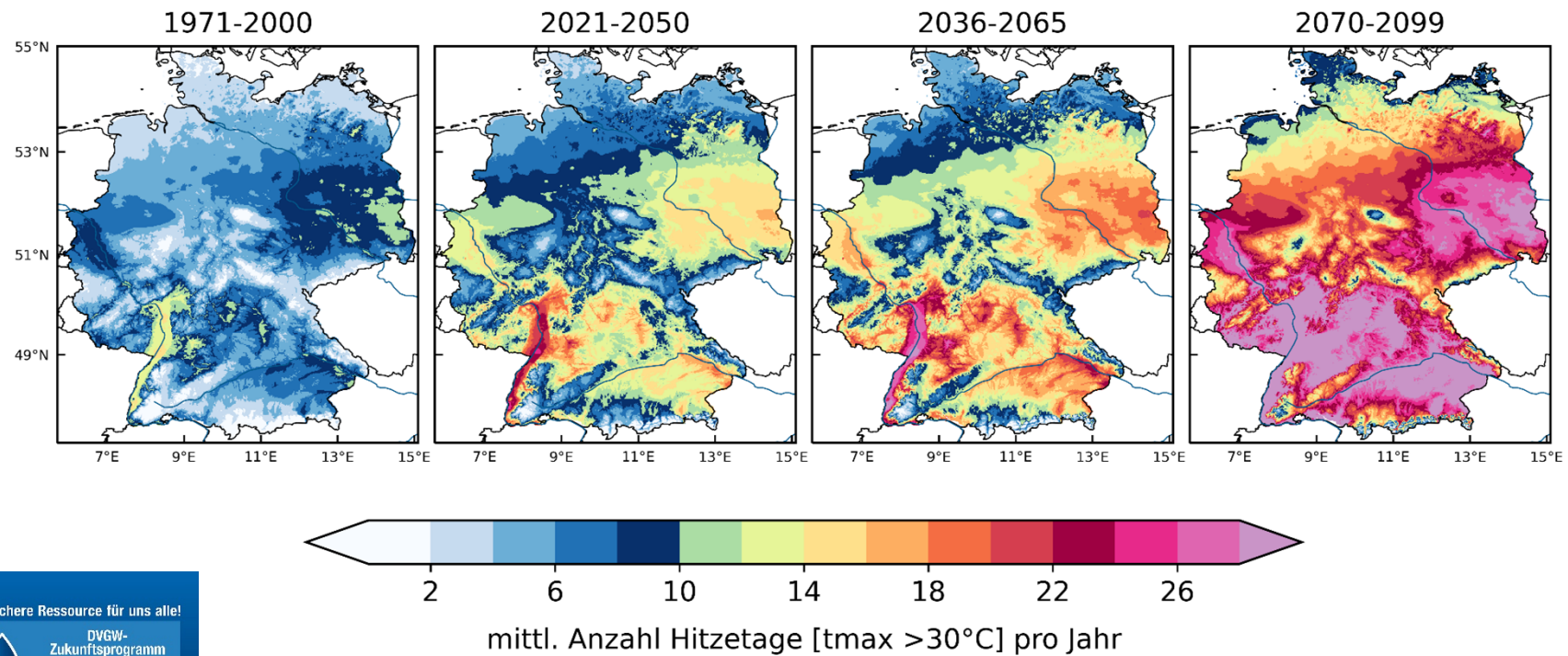
Entwicklung der Sommertage $>25^{\circ}\text{C}$ Median aus Modellensemble unter RCP2.6



Entwicklung der Sommertage $>25^{\circ}\text{C}$ Median aus Modellensemble unter RCP8.5



Entwicklung der heißen Tage >30°C Median aus Modellensemble unter RCP8.5

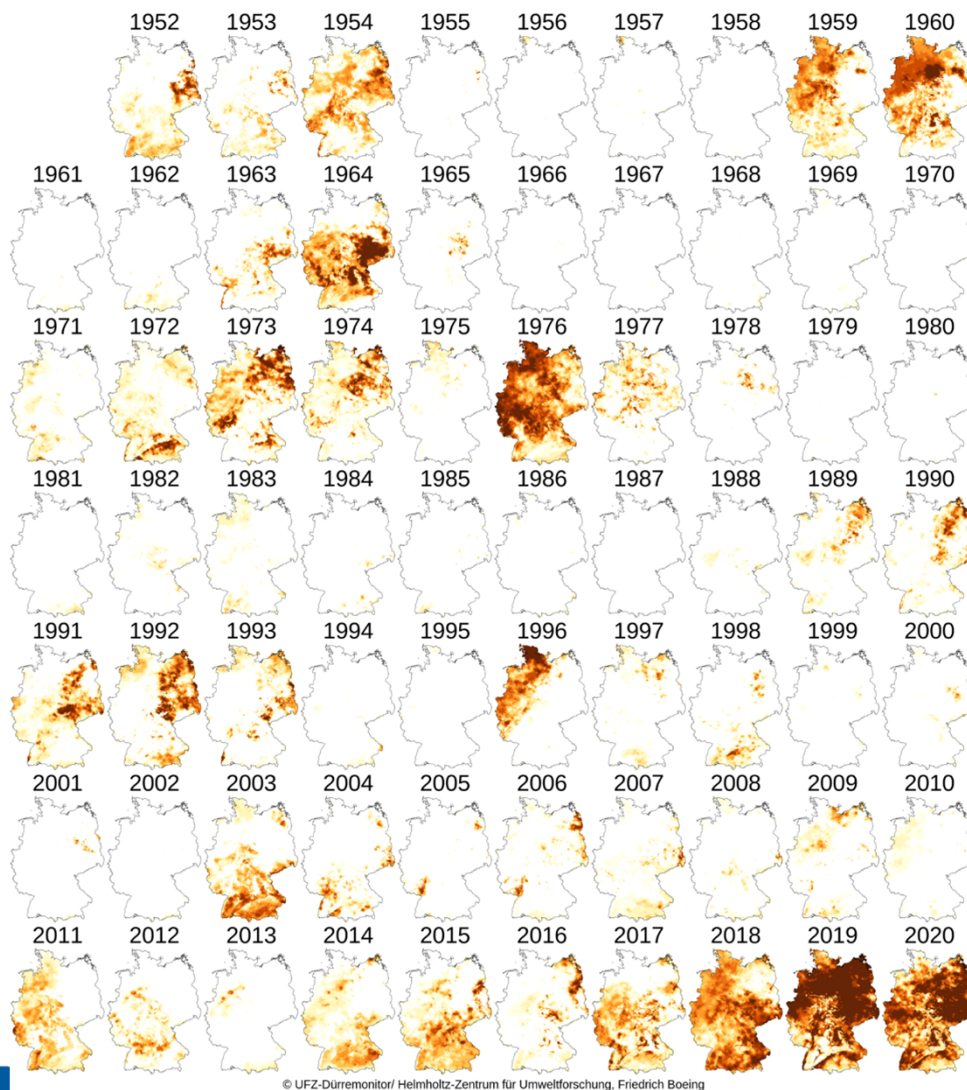


Fazit 1



- Neben den mittleren Temperaturen nehmen unter Klimawandel auch Hitzewellen weiter zu – diese Aussagen sind statistisch sicher
- Sommertage und Heiße Tage
 - nehmen bis zur Mitte des Jahrhunderts in allen Szenarien zu
 - stagnieren nach 2050 in moderaten Klimaszenarien (RCP 2.6)
 - Nehmen nach 2050 unter starkem Klimawandel weiter zu (RCP8.5)
- Wasserbedarf wird im Sommerhalbjahr weiter steigen





Dürremagnituden Gesamtboden 1952-2019



www.ufz.de/duerremonitor

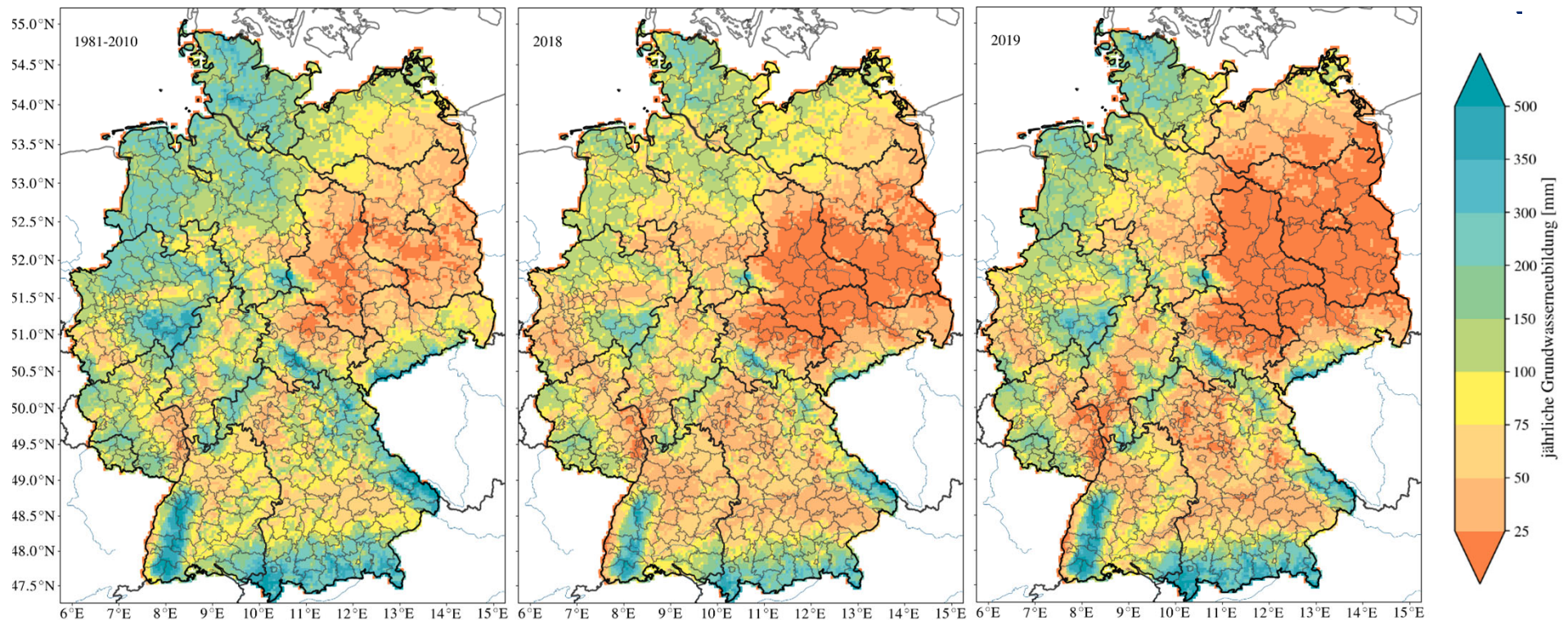
Dürremagnitude [.]:

Funktion aus

- Andauer,
- betroffener Fläche und
- Bodenfeuchteperzentil

$$SDM = \sum_{t=t_0}^{t_1} \int A_{t,i} [0.2 - SMi(t)]_+$$

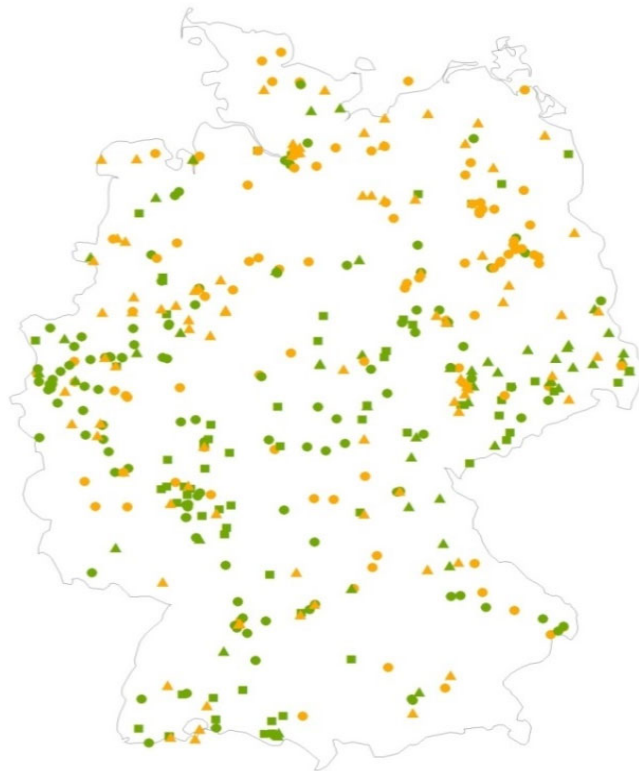
Hydrologische Dürre: Langjährige Grundwasserneubildung und Zustand 2018/19 [mm/a]



Datenquelle: www.ufz.de/duerremonitor

HELMHOLTZ CLIMATE INITIATIVE

2018: Vorfälle auf Gewässergüte und TW-Versorgung



- Events - Blaualgen
- ▲ Events - Fischsterben
- Vorsorgemaßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität
- ▲ Vorsorgemaßnahmen zur Sicherung des Fischbestandes
- Entnahmeverbote

102 Fälle giftiger
Algenblüten(Cyanophyceen),
93 Fischsterben, 252 Fälle mit
Maßnahmen zur Gefahrenabwehr

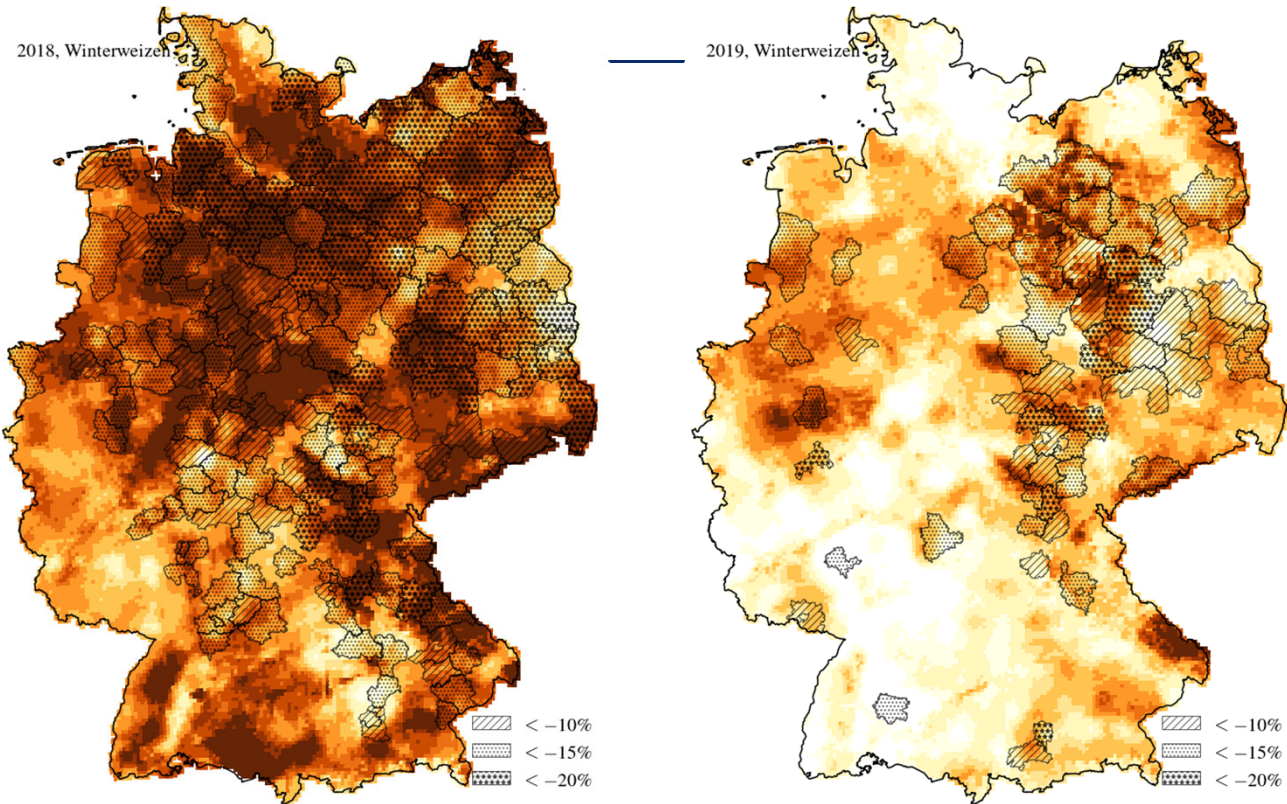
Quelle: O. Büttner, C. Katterfeld,
D. Borchardt (UFZ)



/// Entnahmeverbot

/// Appell, Wasser zu sparen, bzw. Hinweis, dass Entnahme generell genehmigungspflichtig ist

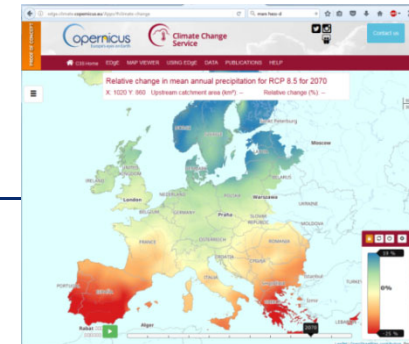
Dürre vs. Ernteertrag 2018-19 Winterweizen



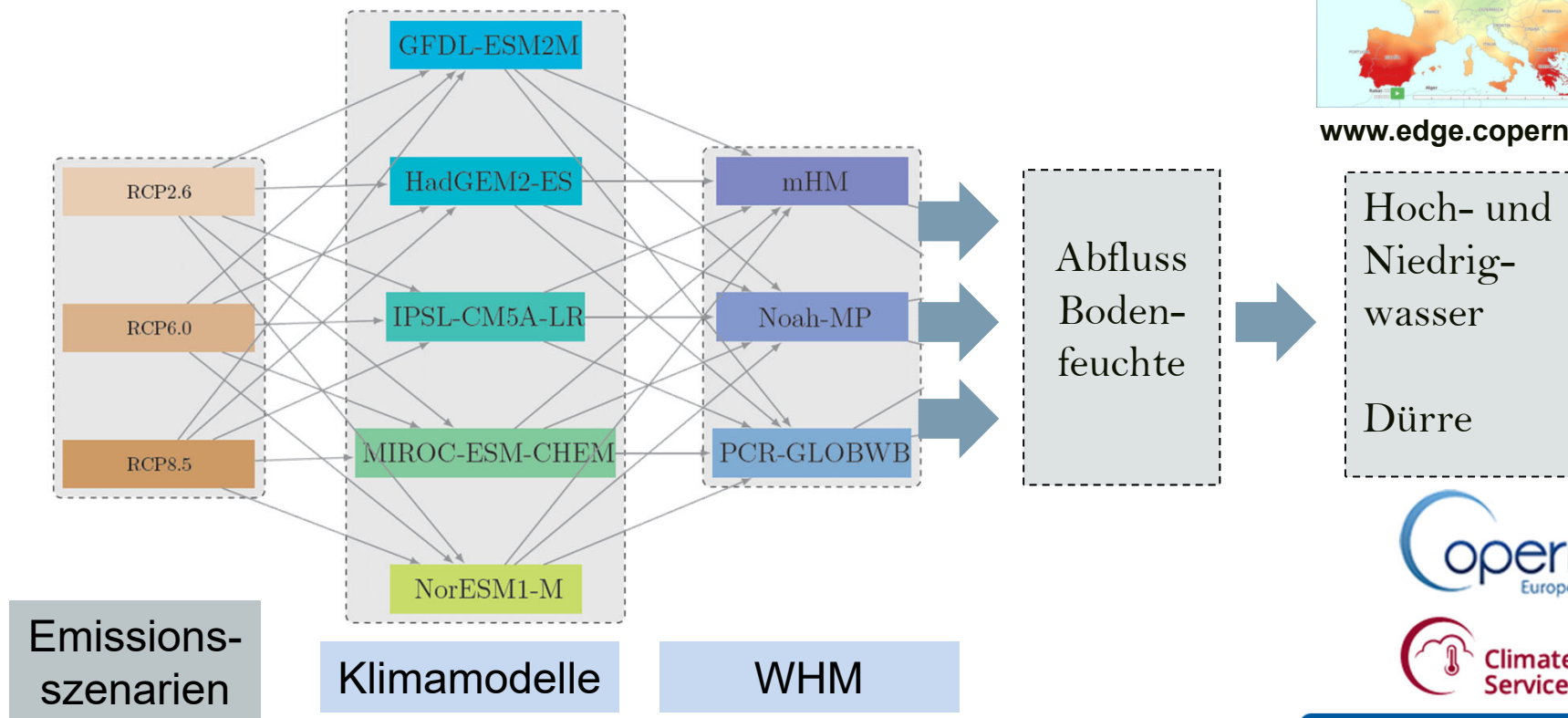
Quellen: M.Peichl (UFZ), www.ufz.de/duerremonitor, www.destatis.de

Und zukünftig? Wasserhaushalt und Klima

Modellensembles anstelle von Einzelsimulationen



www.edge.copernicus.eu

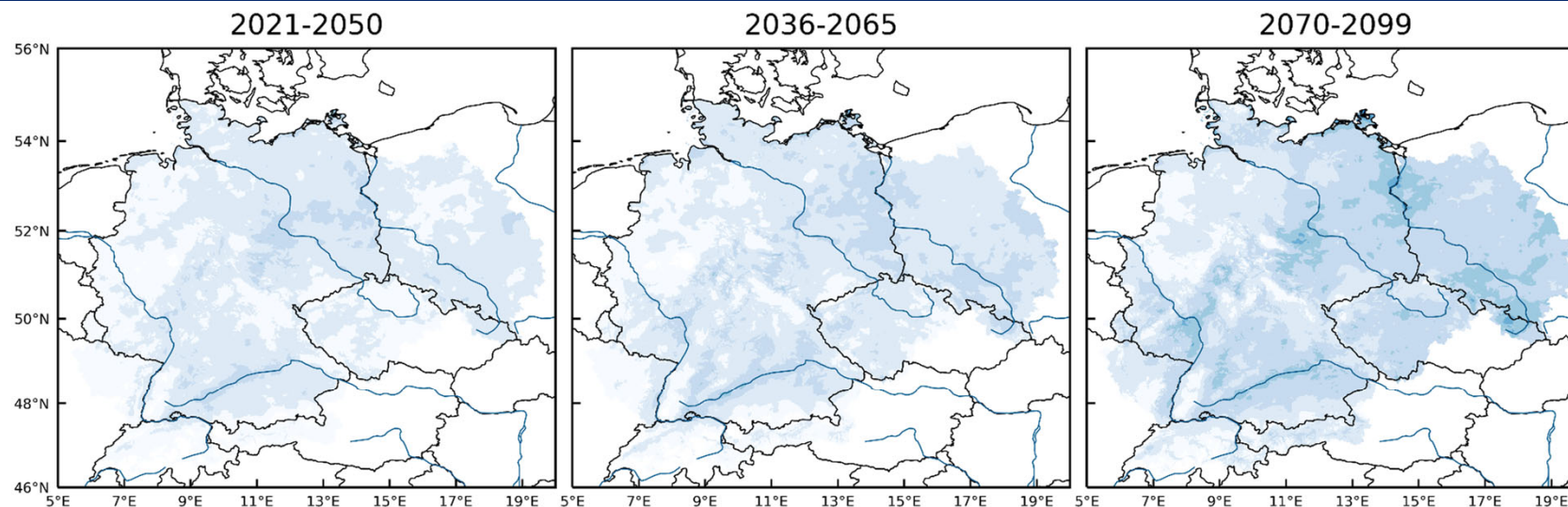


Copernicus
Europe's eyes on Earth

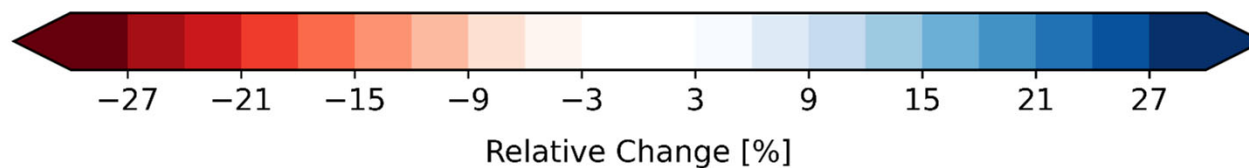
Climate Change Service

HELMHOLTZ CLIMATE INITIATIVE

Klimaänderungen bis 2100: Jahresniederschlag aus 18 Klimasimulationen unter RCP4.5

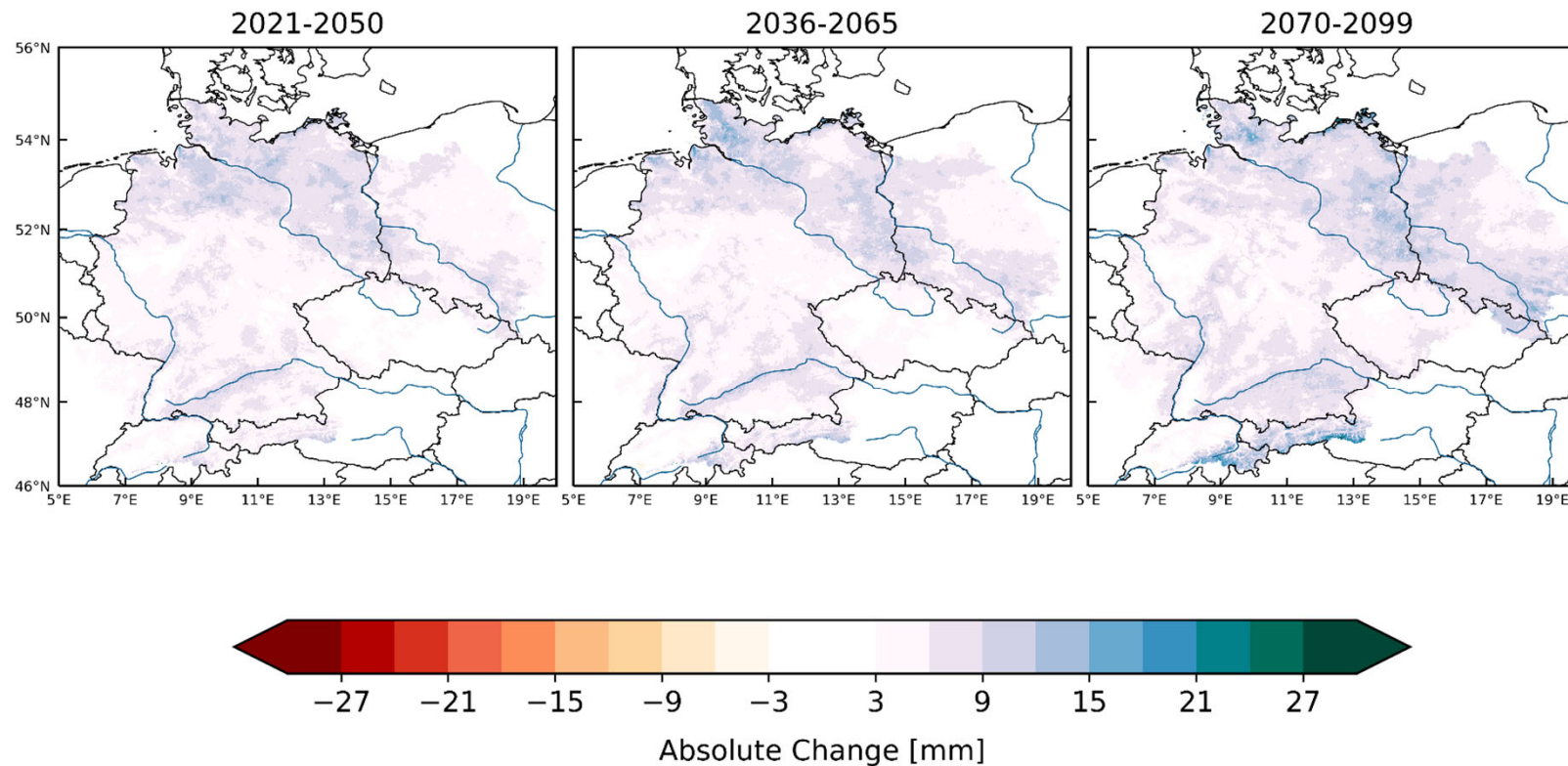


Median der relativen Änderung aus 18 Klima-Hydrologie Simulationen unter RCP4.5

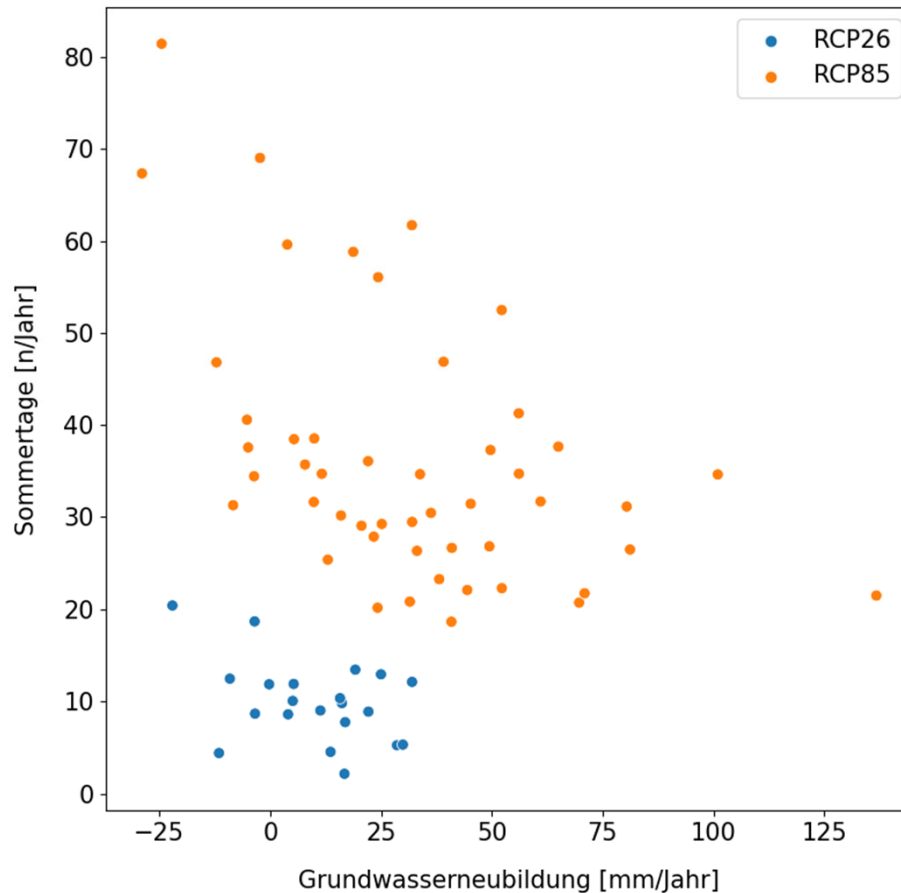


Grundwasserneubildung

Median aus 18 Euro-Cordex & Reklies-DE Simulationen x mHM, RCP4.5



Grundwasserneubildung vs Sommertage, Germany
(Mittlere Änderung zwischen 1971-2000 und 2070-2099)

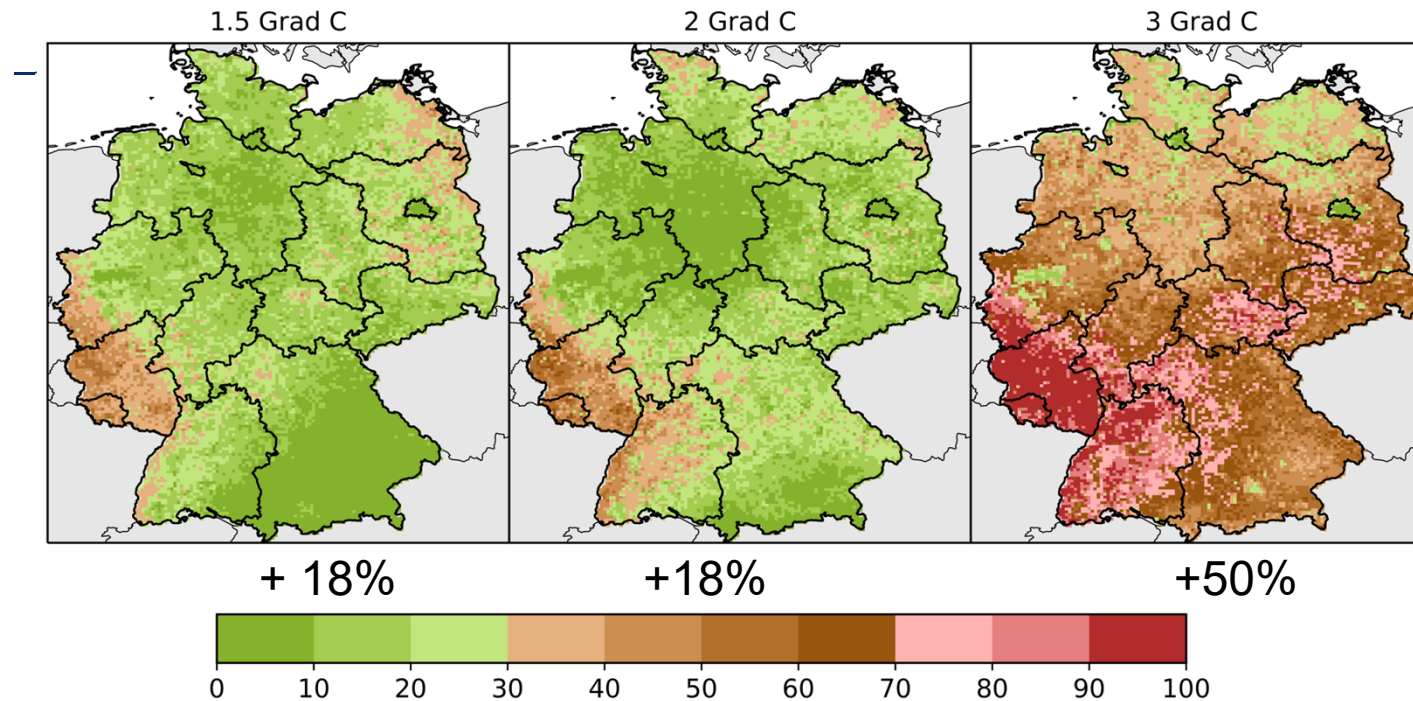


Wasserbedarf und Grundwasserverfügbarkeit steigen mit zunehmender Erwärmung auf langen Zeiträumen.

Also alles gut?



Klimafolgen: Zeiten unter agrarischer Dürren



Median der relativen Zunahme [%] von Dürren (zu 1971-2000)
aus 60 Klima-Hydrologiesimulationen

Sicherheit der Aussagen: mittel (1.5 Grad) bis hoch (3 Grad)

Datenquelle:
Samaniego,
Thober, Marx et al.
2018, Nature
Climate Change

H O K L I M

GEFÖRDERT VOM



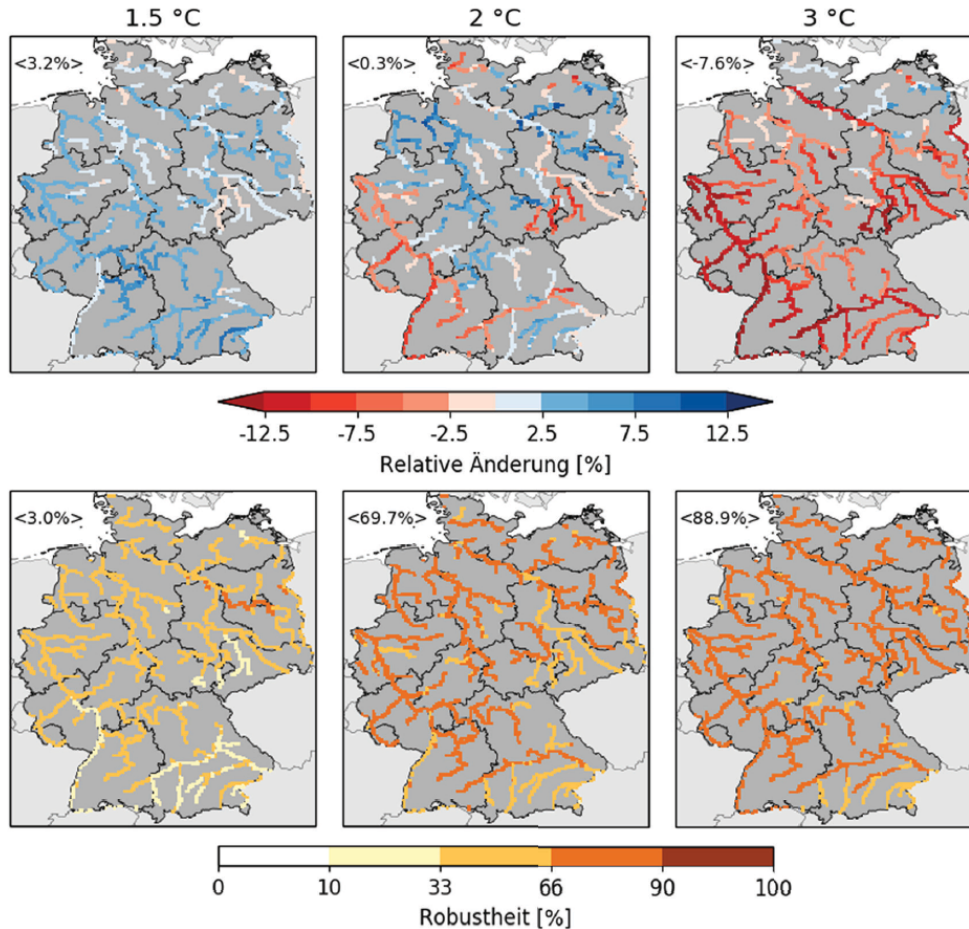
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Climate Change
Service

HELMHOLTZ CLIMATE INITIATIVE

Klimafolgen: Zukünftige Hydrologische Dürren



Median der relativen Zunahme [%] von Dürren
(zu 1971-2000)
aus 45 Klima-Hydrologiesimulationen
Sicherheit der Aussagen: mittel (1.5 Grad) bis
hoch (3 Grad)
Datenquelle: Marx et al. 2018, HESS



Fazit 2



-
- Jahresniederschlag und Winterniederschlag nehmen mit zunehmender Erwärmung leicht zu, relative Änderungen in **langjähriger** GWN ebenfalls
 - **Temporäre** agrarische Dürren werden länger andauern
 - Während hydrologischer Dürren sinkt der Gerinnetdurchfluss (+3K)
 - Bewässerungswasserbedarf wird steigen, industrieller WB?
 - In agrarischen und hydrologischen Dürrephasen könnten sich bestehende (sektorale und regionale) Wasserkonflikte verschärfen

zdf.de > Nachrichten > Panorama > Klimawandel: Katastrophenschutz warnt vor Wasserknappheit

Klimawandel Katastrophenschutz warnt vor Wasserknappheit

18.05.2021 05:59 Uhr

Der Präsident des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenschutz, warnt vor Trinkwasserknappheit in Deutschland. Wasser droht zu werden.



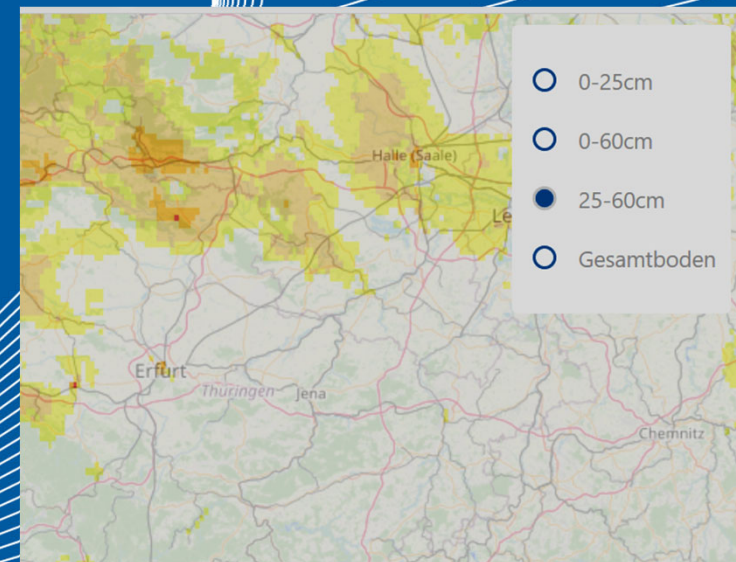
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

**Danke an das gesamte Team:
Friedrich Boeing, Chaitanya Malla, Özge Can,
Timo Houben; HI-CAM: Luis Samaniego,
Oldrich Rakovec, Sebastian Müller, Stephan
Thober**



**Wasserressourcen-Informationssystem
für Deutschland**

- *Verfügbarmachung von Klima- und Wasserhaushaltsdaten*
- *Praxispartner definieren Indizes und Indikatoren*
- *Monitoring - Klimafolgen - Vorhersagen*



Klimafolgen: Zukünftige 2-jährige meteorologische Sommerdürren

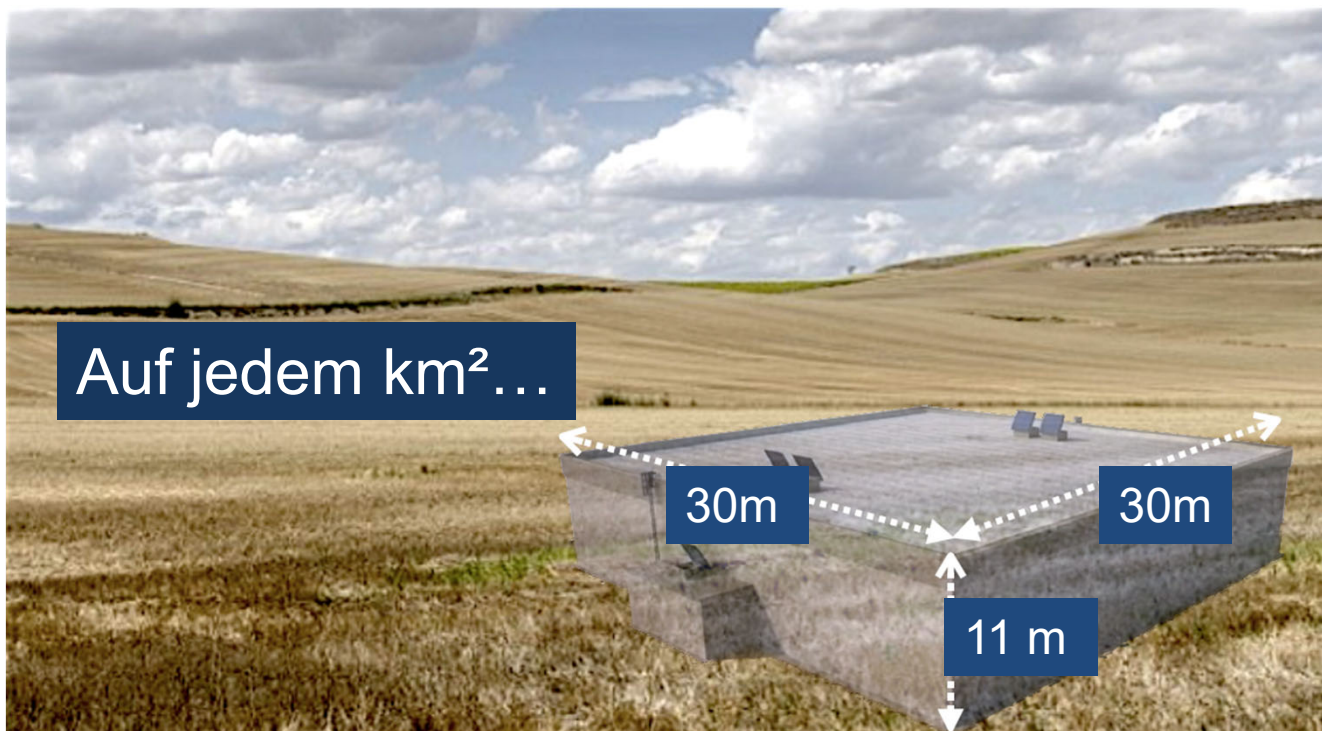


Wahrscheinlichkeit 2-jähriger Sommerdürren steigt unter Klimawandel um das 7-fache

Hari, V., Rakovec, O., Markonis, Y. *et al.* Increased future occurrences of the exceptional 2018–2019 Central European drought under global warming. *Sci Rep* **10**, 12207 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68872-9>



Klimaanpassung: Maximaler Dürreanpassungsbedarf Sachsen (unter 3 Grad Erwärmung, Herbst)



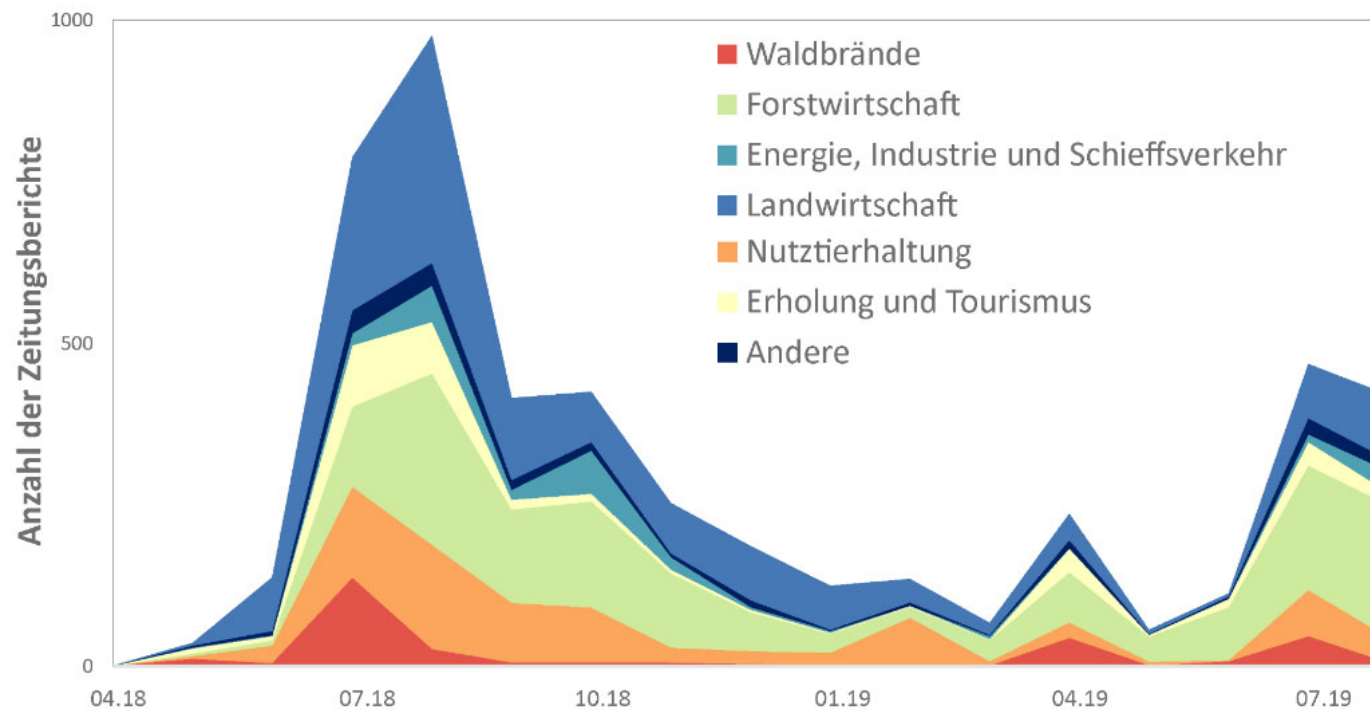
TH: Größtes
Wasserdefizit im
Herbst, maximal
 $\sim 10000 \text{ m}^3/\text{km}^2$ in
zukünftigen Dürren

**Extremsituation,
kein
Normalzustand!**

www.ufz.de/hoklim

Daten aus Samaniego und Thober et al. 2018, Nature Climate Change

Dürre: Multi-sektorale Betroffenheit



Quelle: de Brito et al. 2020 (ERL)