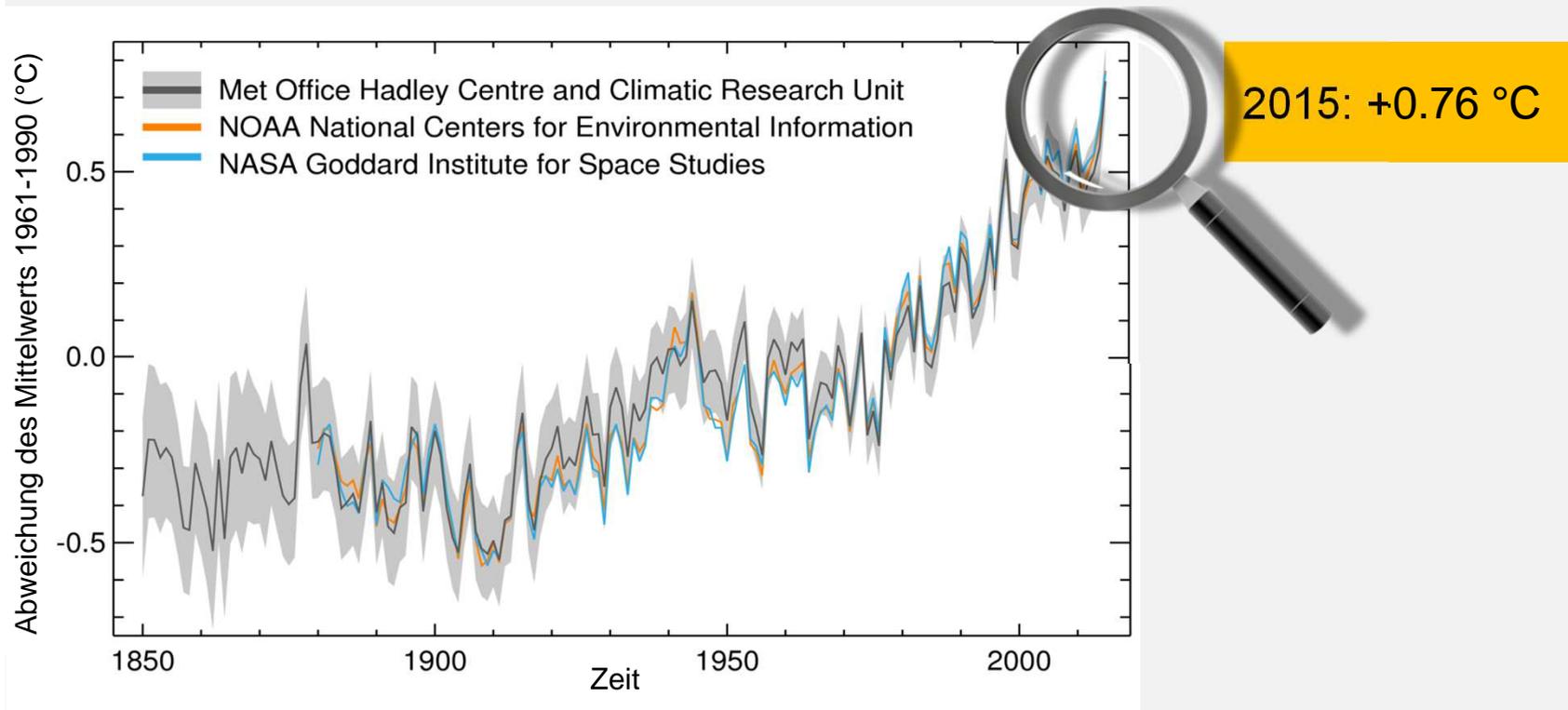


# Klimawandel in Deutschland: Was wissen wir und worauf fußen diese Erkenntnisse?

Dr. Thomas Deutschländer  
Deutscher Wetterdienst

1850 bis 2015 von der Klimareferenzperiode 1961 bis 1990

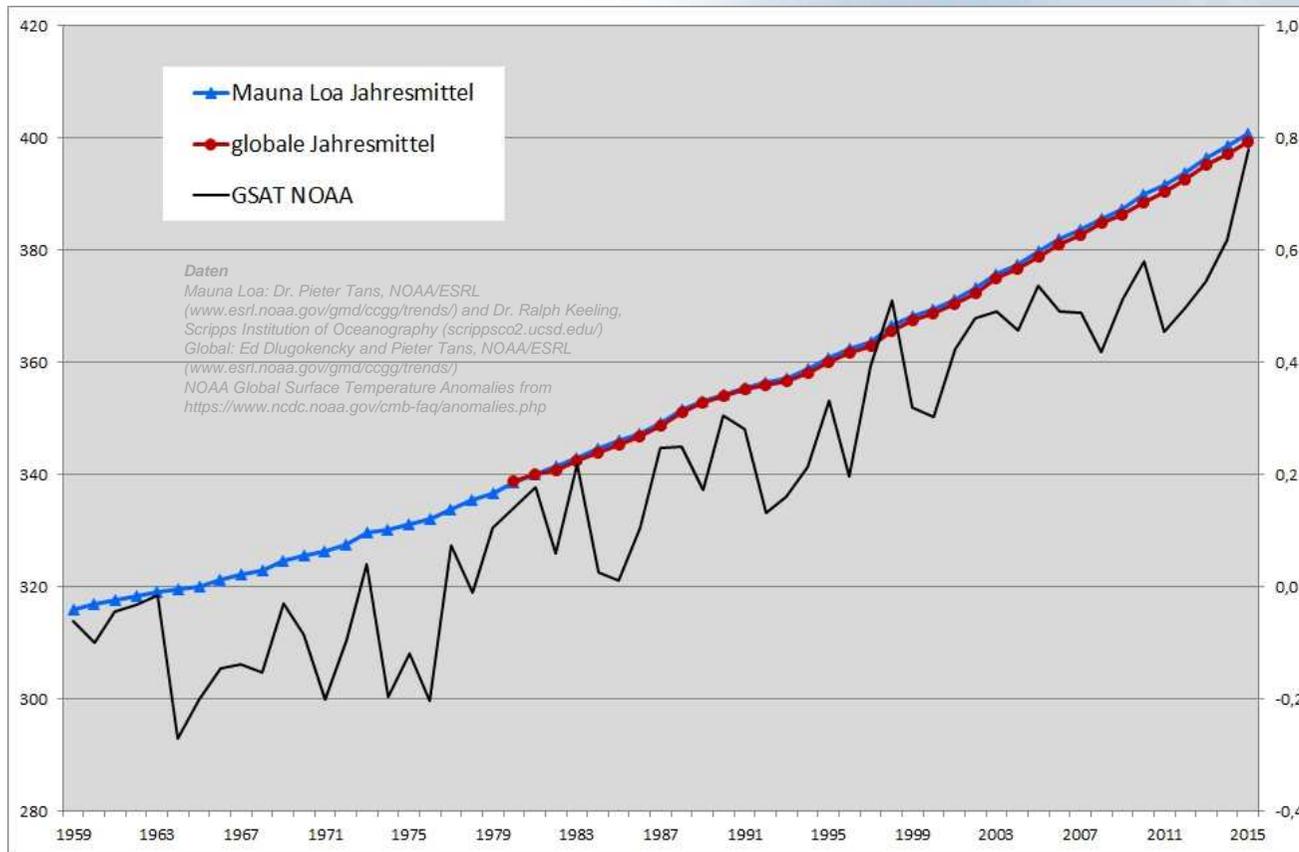


“2015 war global das wärmste bisher beobachtete Jahr”

Quelle: WMO Press Release N° 2, 25 January 2016

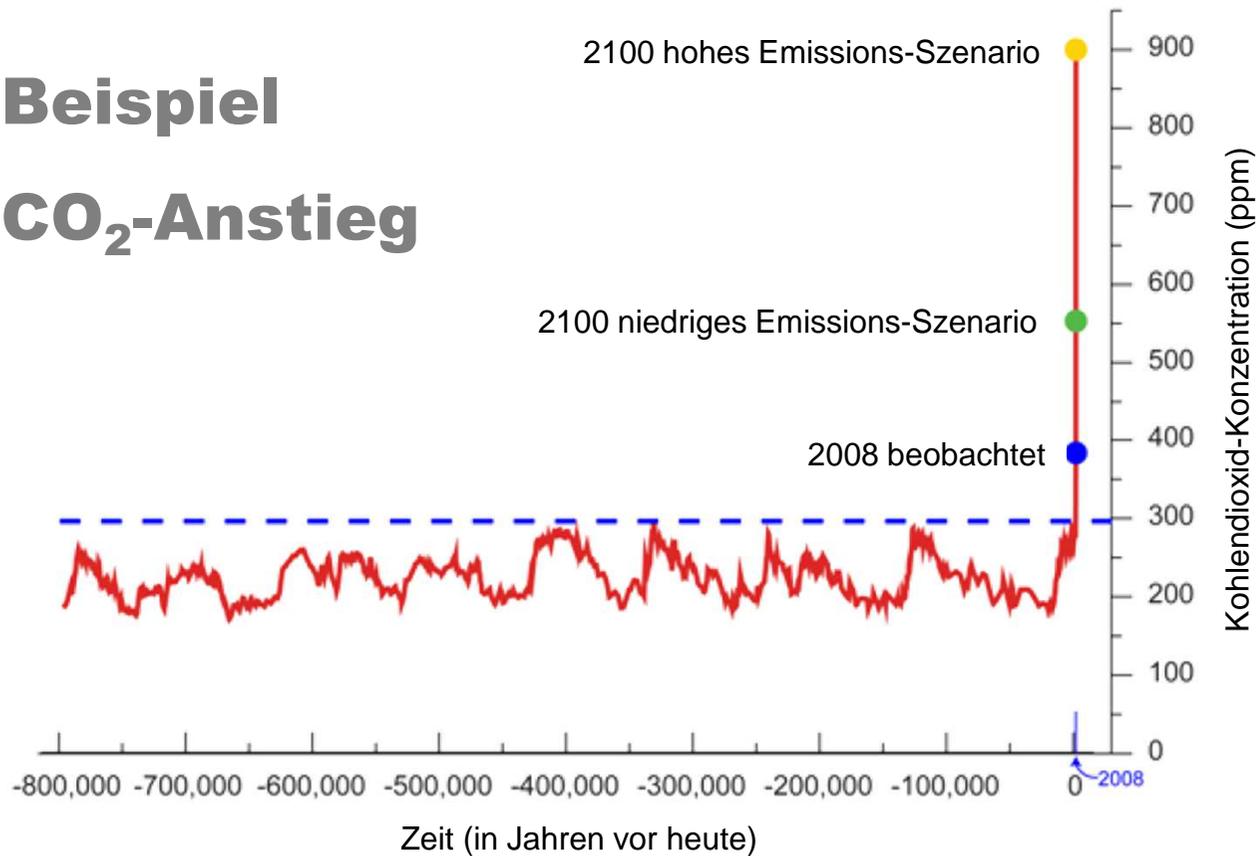


# Vergleich CO<sub>2</sub> und globale Mitteltemperatur



## Globaler Anstieg der Treibhausgase

### Beispiel CO<sub>2</sub>-Anstieg



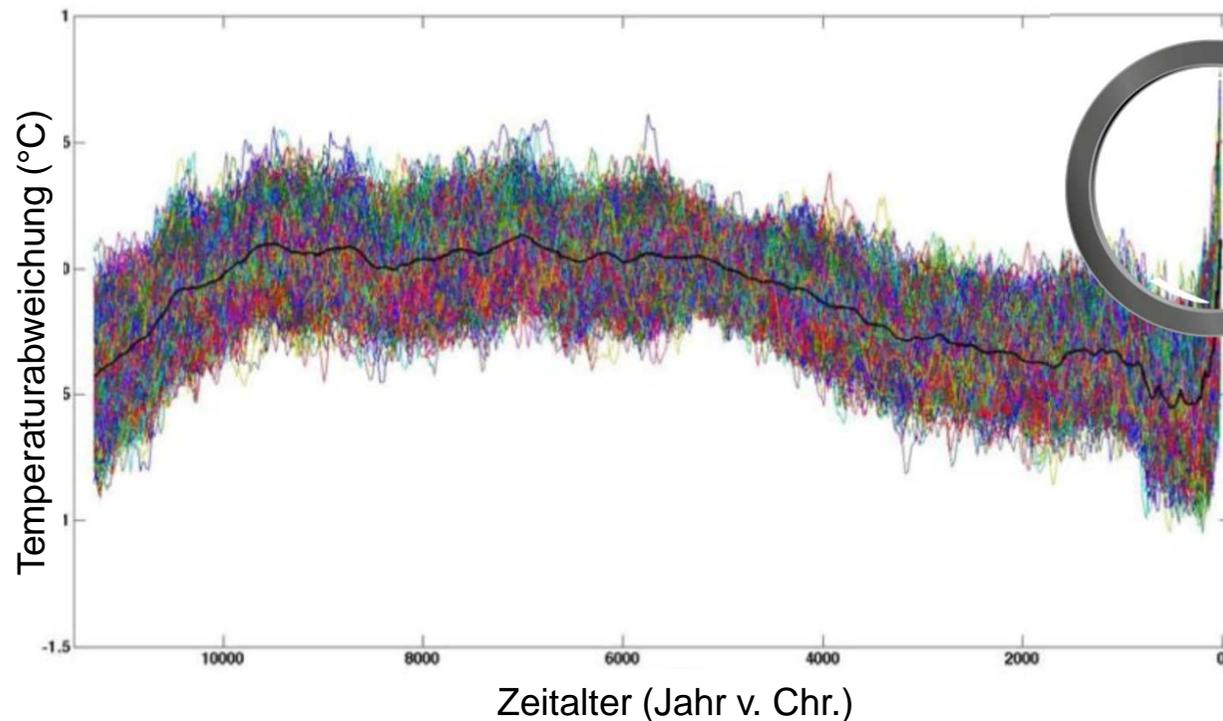
CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre bewegt sich außerhalb der Schwankungen der letzten 800.000 Jahre

Quelle: Peterson, AOPC, 2011



## Rekonstruktion der globalen Temperatur seit 11000 v. Chr.

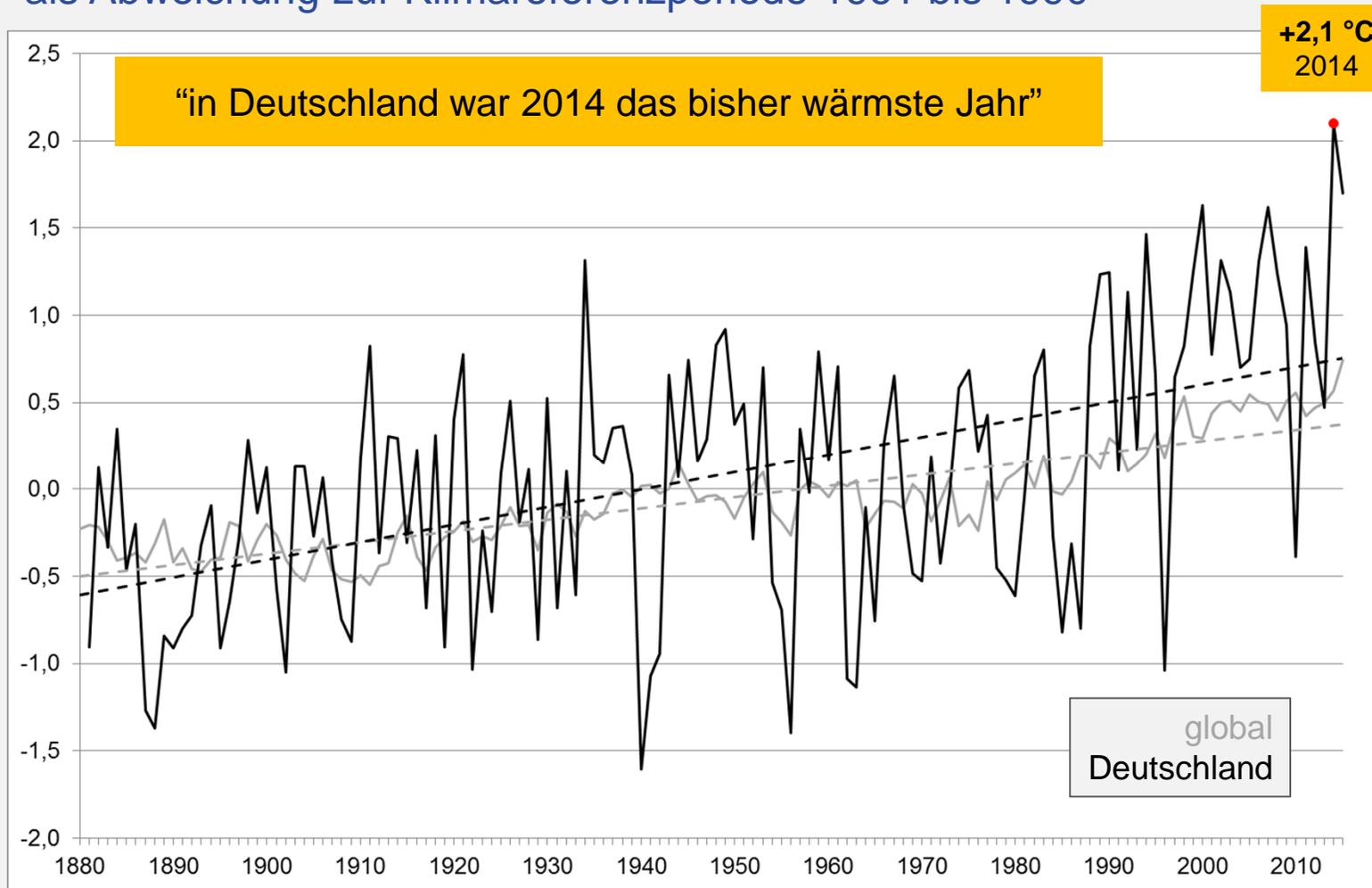
→ Rekonstruktion aus verschiedenen Proxydaten



Quelle: Marcott et al., 2013, Science



Vergleich mit der Entwicklung der globalen Mitteltemperatur  
als Abweichung zur Klimareferenzperiode 1961 bis 1990



Quelle: Deutscher Wetterdienst

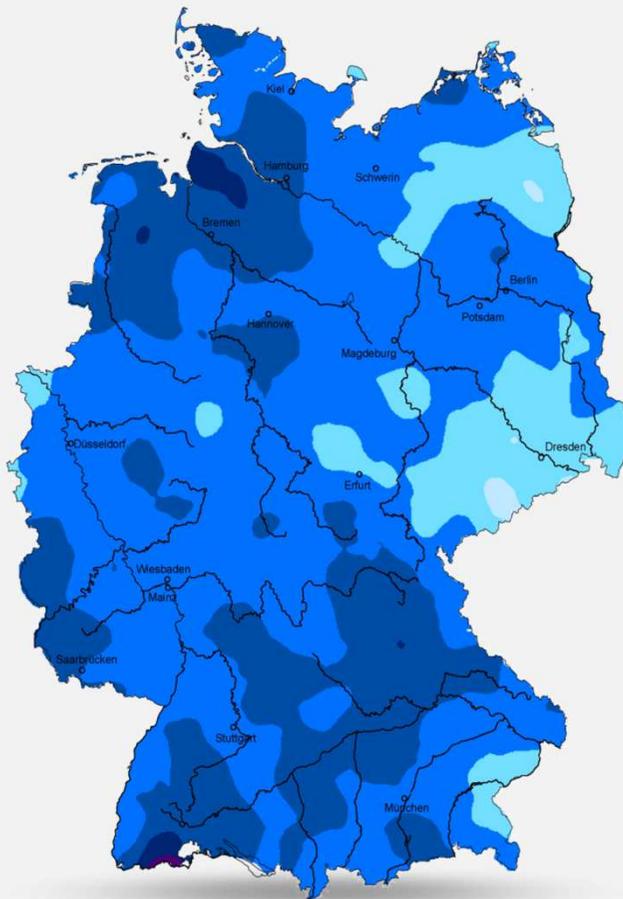


# Änderung im Niederschlagsverhalten

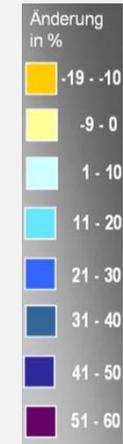
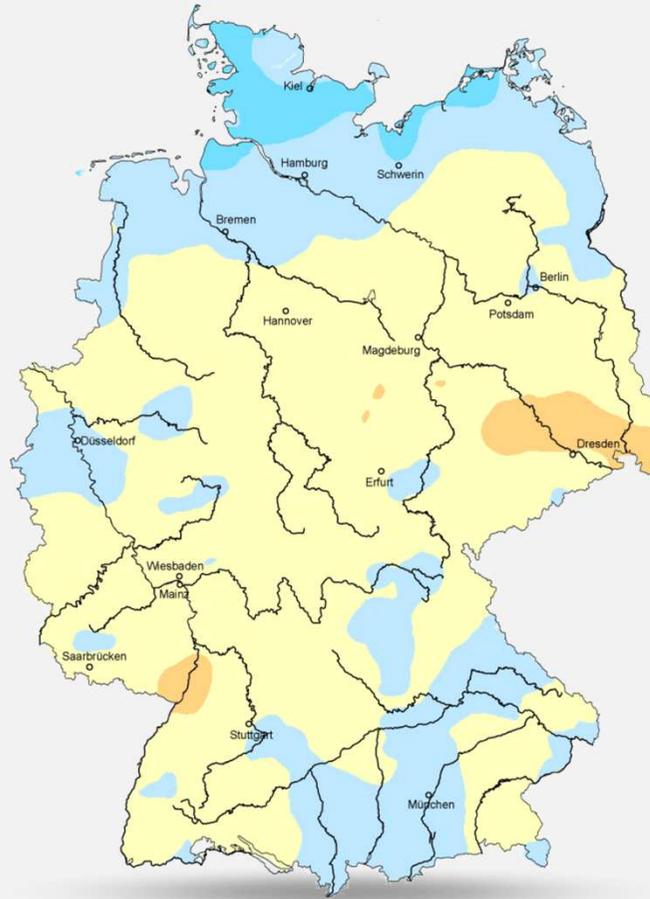


- linearer Trend ab 1881

Winter



Sommer



Quelle: Deutscher Wetterdienst



# Tage mit mindestens 1 cm Schneedecke



1956 - 1965

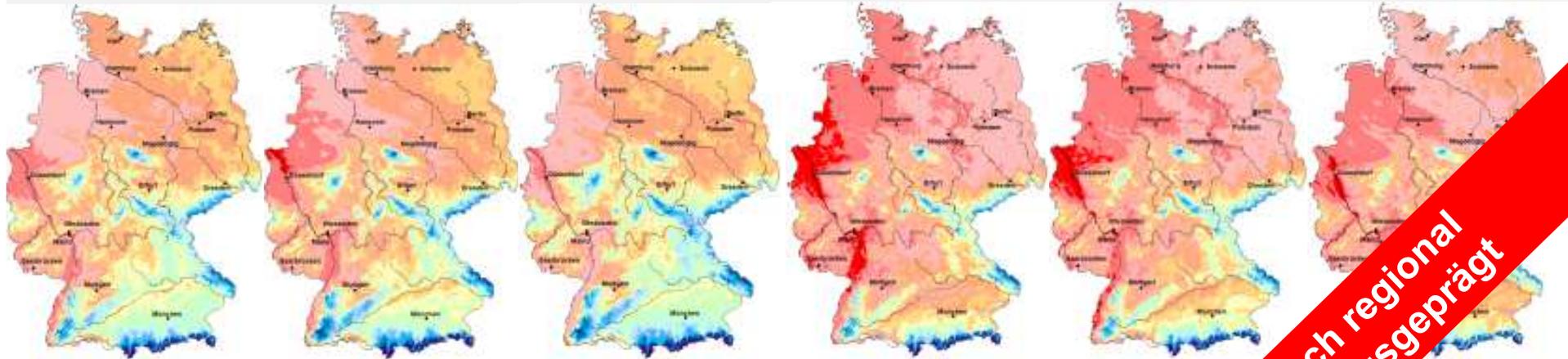
1966 - 1975

1976 - 1985

1986 - 1995

1996 - 2005

2006 - 2015

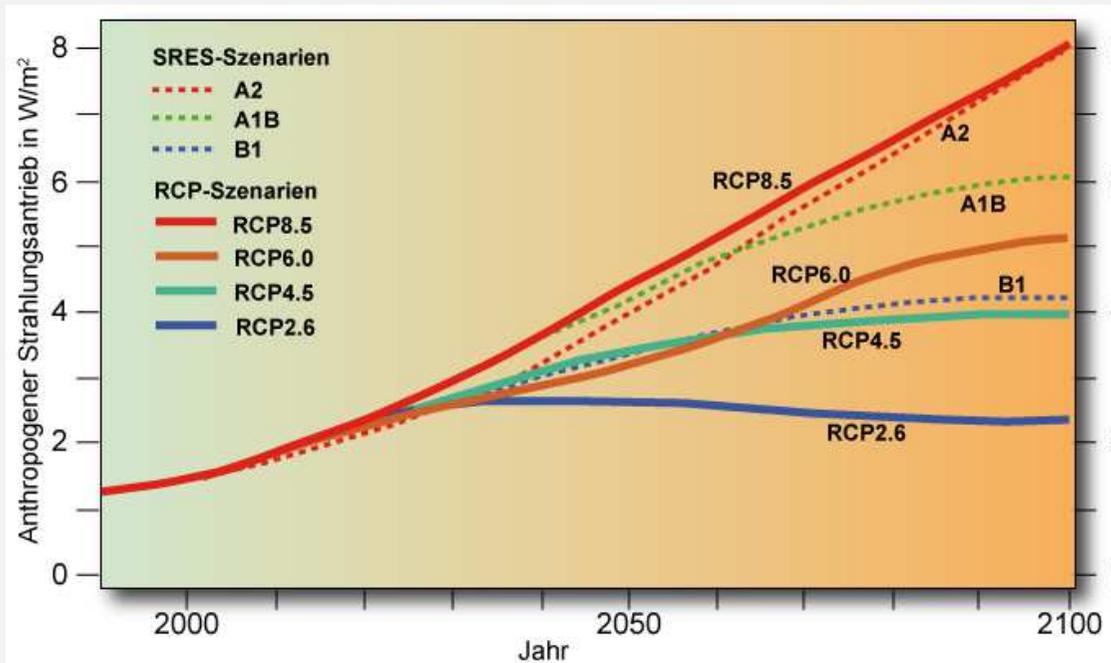


**Abnahme, jedoch regional unterschiedlich ausgeprägt**



- Die Erwärmung in Deutschland beträgt etwa 1.4 K seit 1881 und liegt damit noch etwas über dem globalen Trend von knapp 1 K seit 1850; der grundsätzliche Verlauf beider Messreihen mit dem stärksten Anstieg seit etwa 1980 stimmt aber weitgehend überein
- Zunahme der Jahresniederschlagshöhe in Deutschland um 10% bis 15% seit 1881
- stärkste Niederschlagszunahme im Winter um 20% bis 30%; im Sommer geringe Niederschlagsabnahme um 0% bis -5%
- regional unterschiedlich ausgeprägter Trend zur Abnahme der Anzahl von Tagen mit Schneedecke

# Zukünftige Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

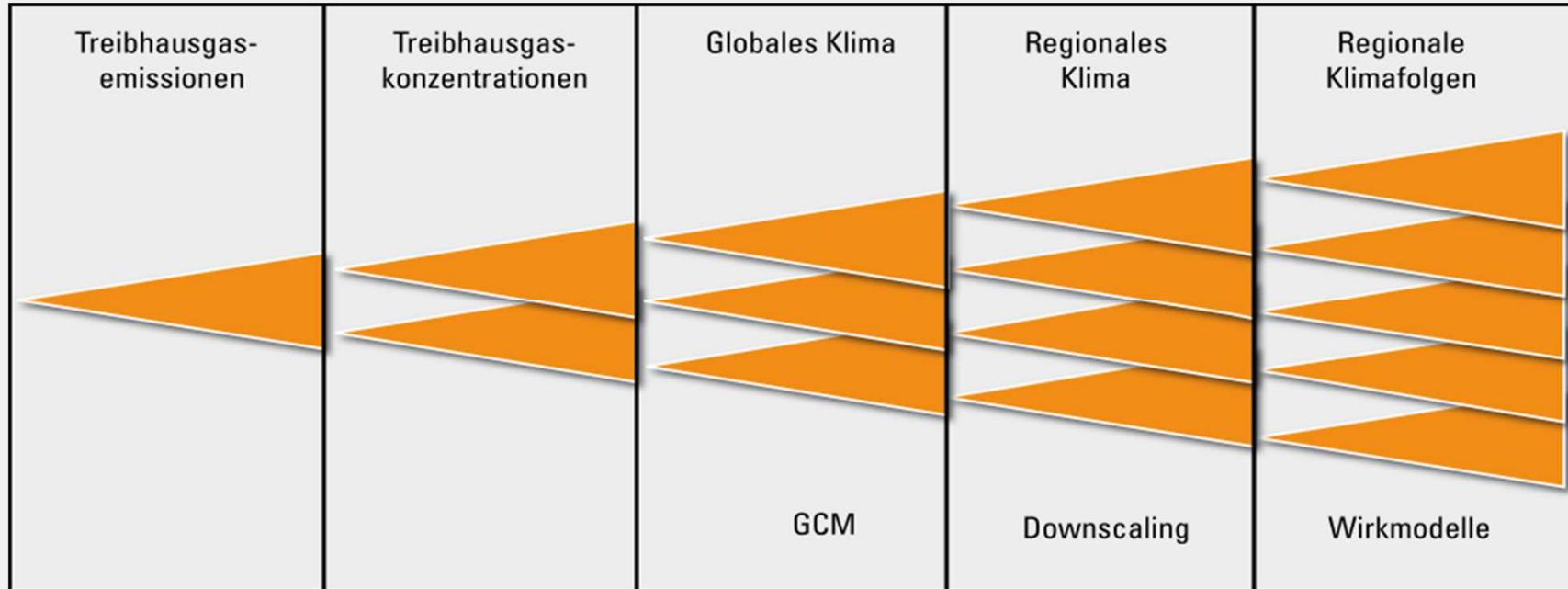


Quelle: <http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/>

Emissionsszenarien beschreiben die CO<sub>2</sub>-äquivalent Emissionen für verschiedene mögliche Varianten der zukünftigen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklung

**2°C Ziel nur durch RCP 2.6 zu realisieren  
dazu nötig: negative Emissionen**



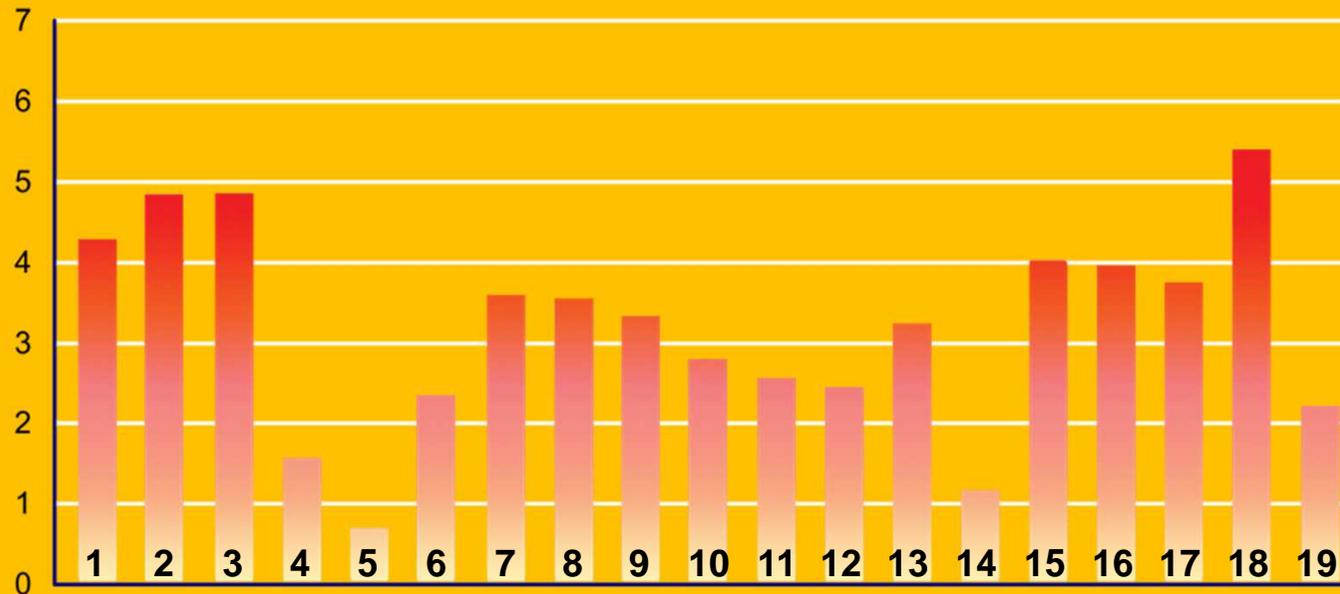


→ **Übergang zum Multi-Modell-Ensemble**

- **kein bestes oder wahrscheinlichstes Modell**
- **gesamte Spannbreite der Simulationen abgedeckt**

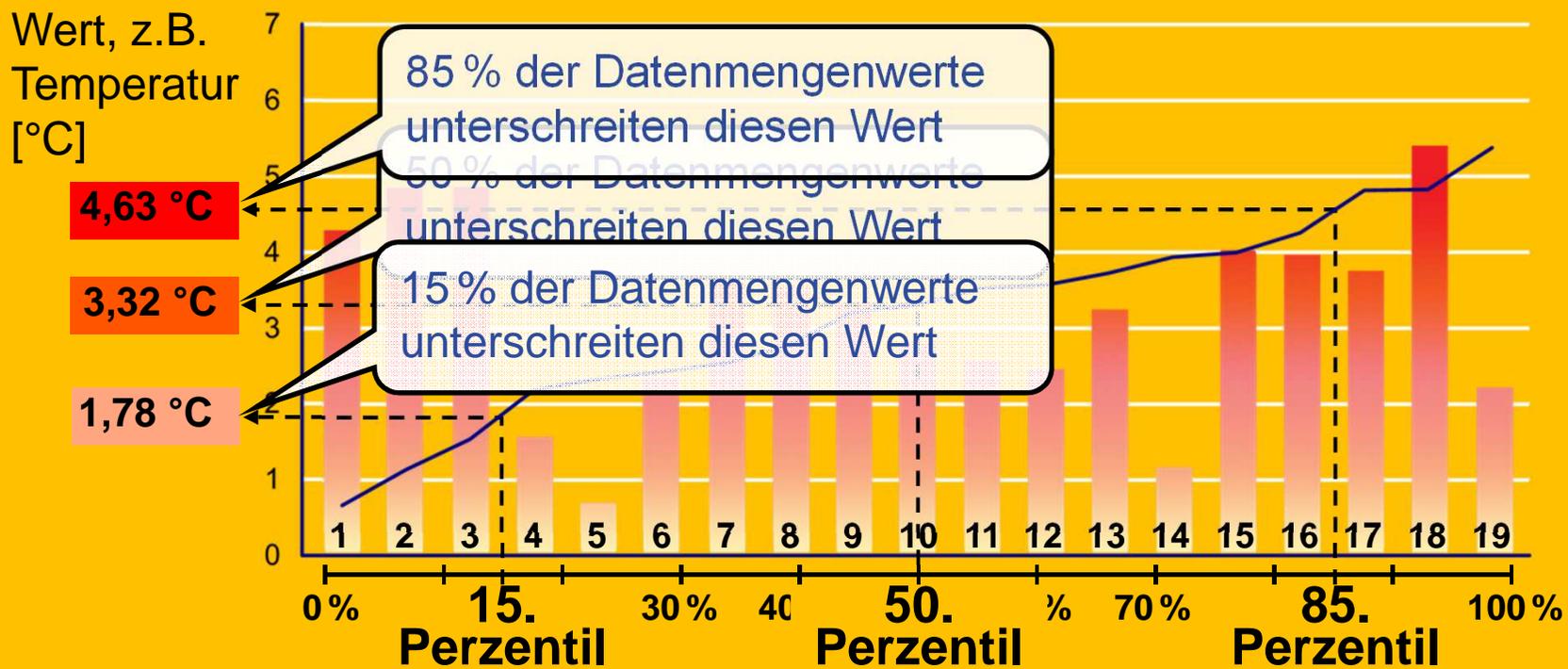


Wert, z.B.  
Temperatur  
[°C]



Datenmenge, z.B. Monatsmittel März 1993 bis 2011 (19 Jahre)



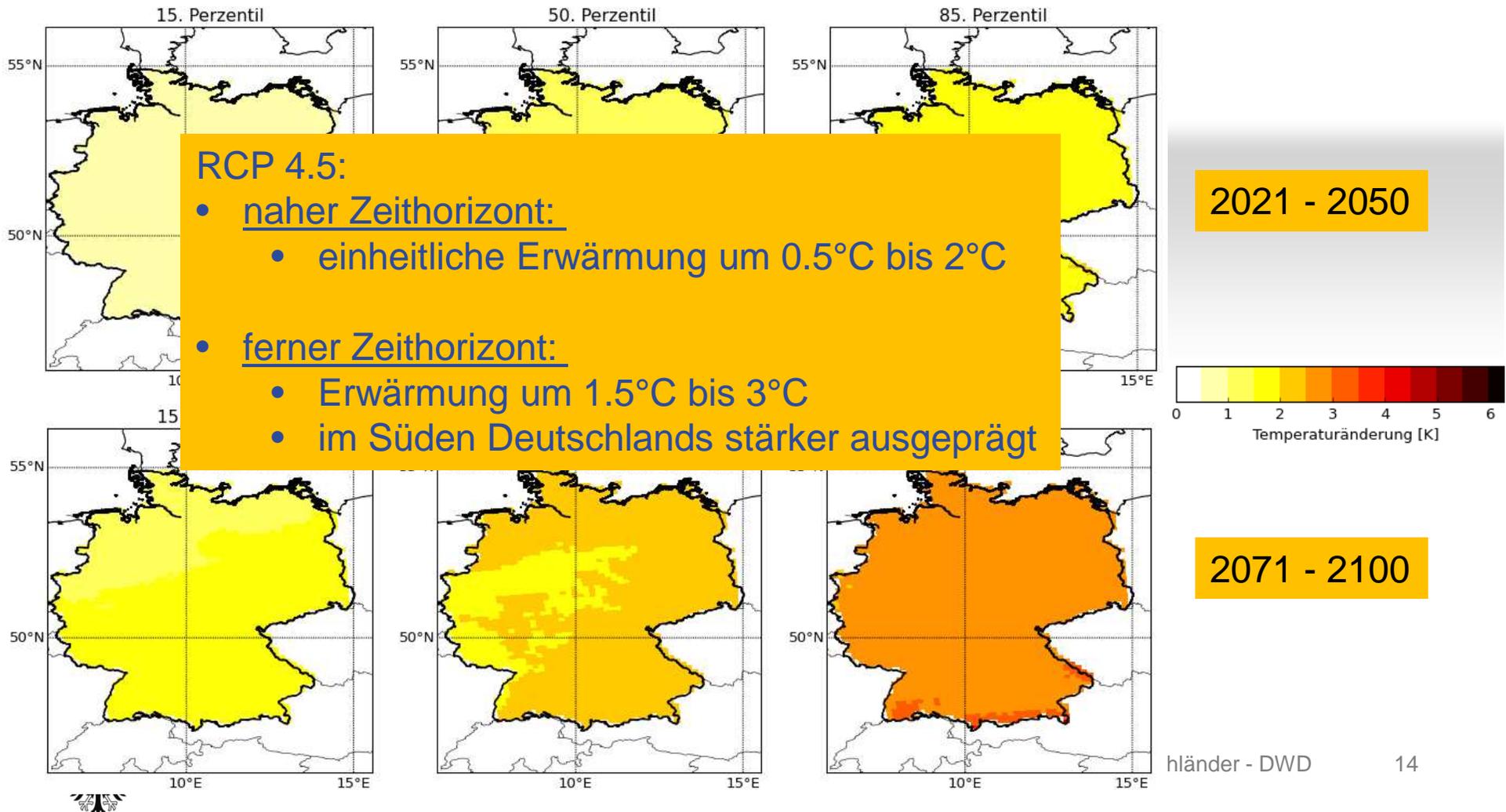


Ein Perzentil teilt die Datenmenge in Anteile. Beim 50. Perzentil sind 50% der Werte kleiner und 50% sind größer. Beim 85. Perzentil sind noch 15% der Werte größer. Mit Perzentilen können Extremwertschwellen definiert werden.





## RCP 4.5 - Jahr

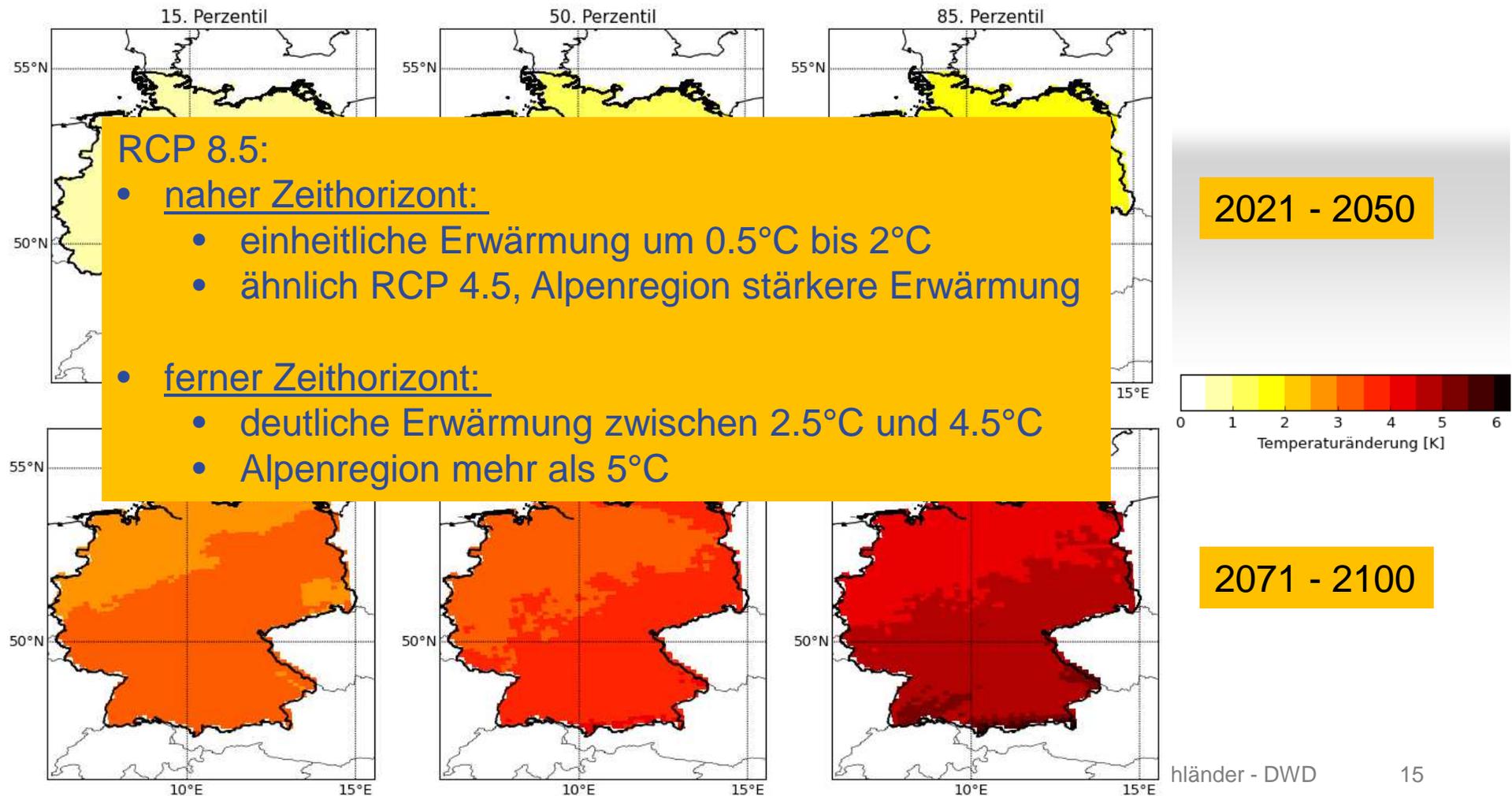


### RCP 4.5:

- naher Zeithorizont:
  - einheitliche Erwärmung um 0.5°C bis 2°C
- ferner Zeithorizont:
  - Erwärmung um 1.5°C bis 3°C
  - im Süden Deutschlands stärker ausgeprägt



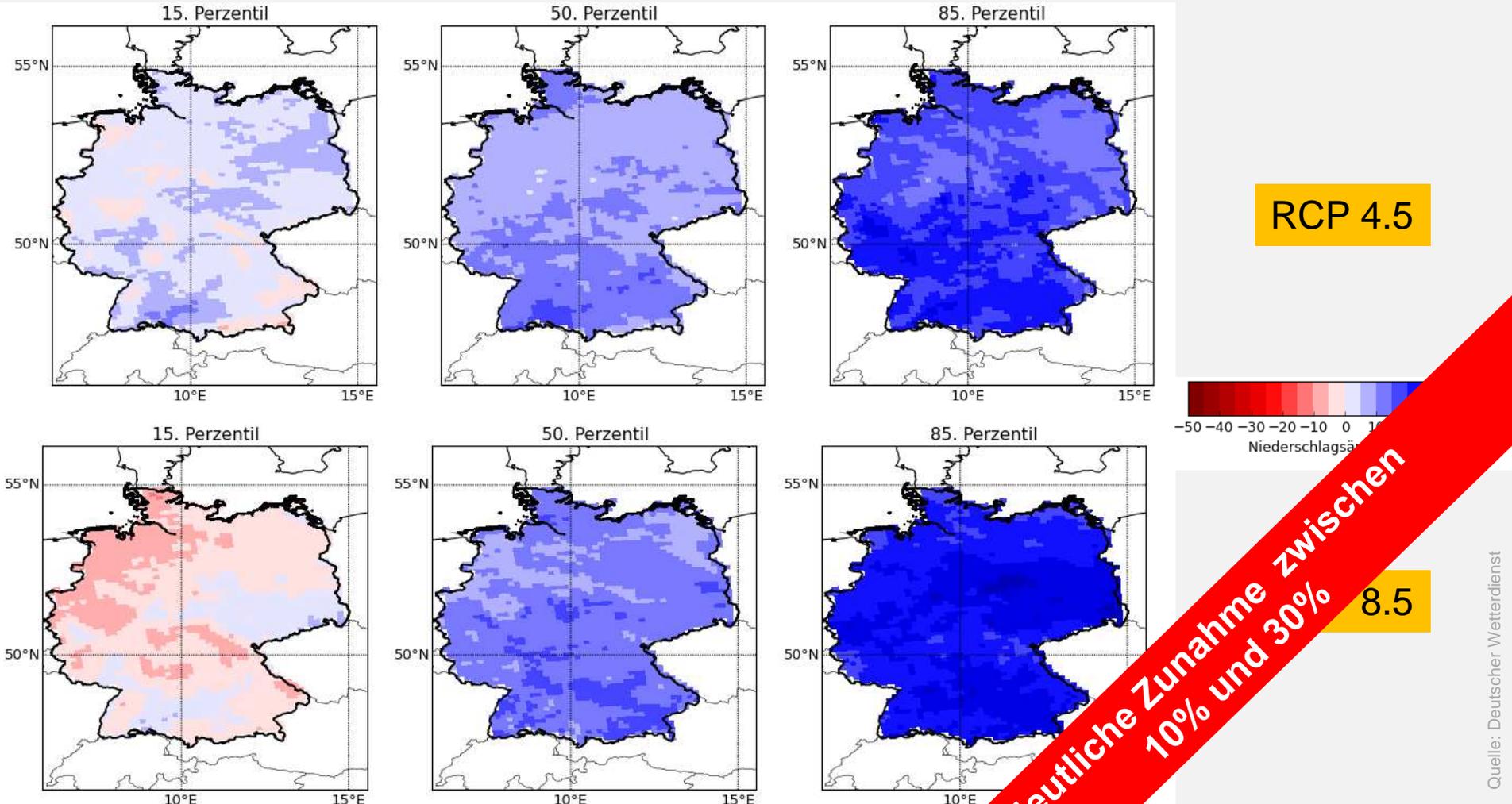
## RCP 8.5 - Jahr



# Bandbreite der wahrscheinlichsten Niederschlagsänderungen



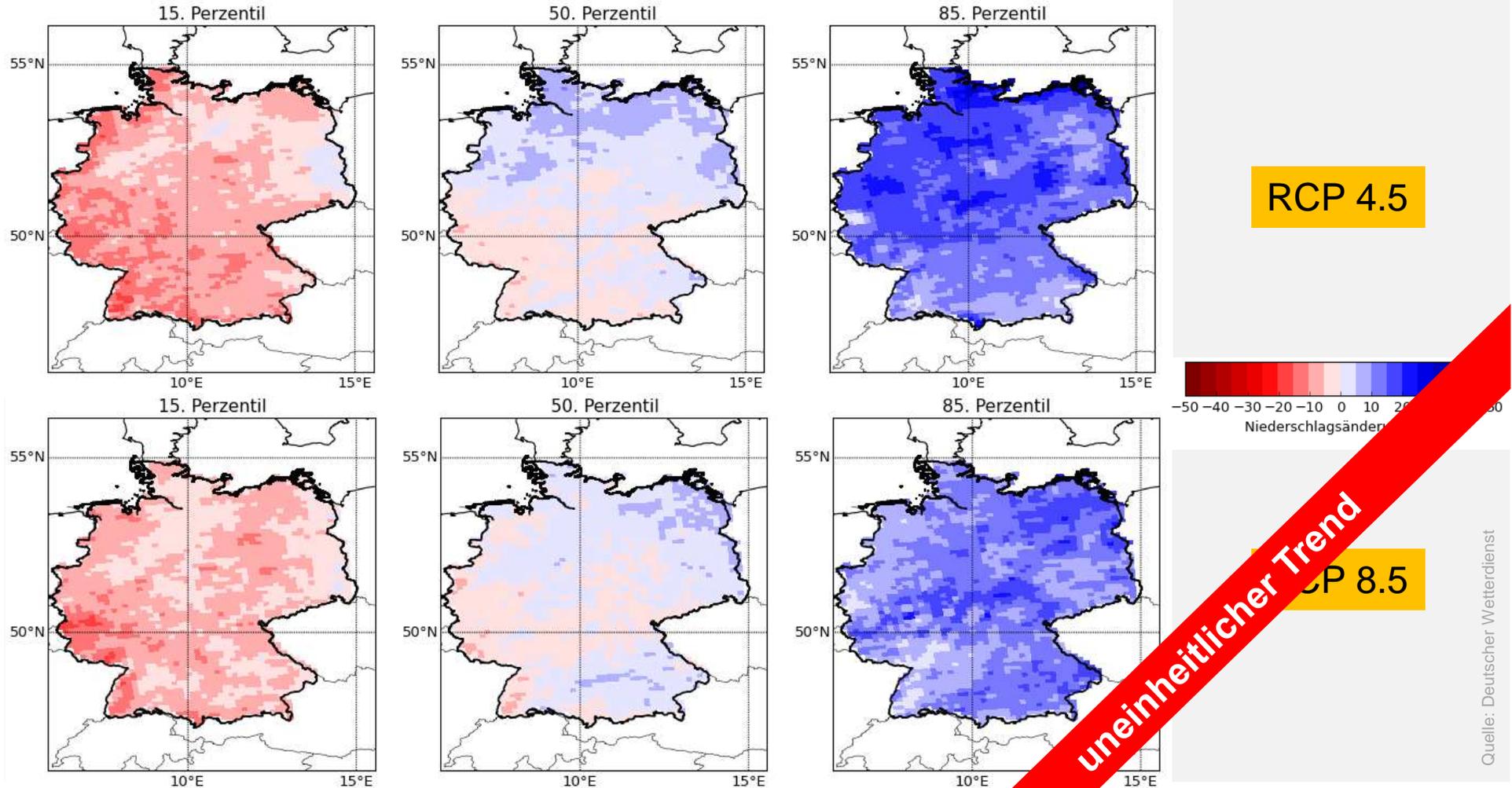
Winter (2021/2050 zu 1971/2000)



# Bandbreite der wahrscheinlichsten Niederschlagsänderungen



Sommer (2021/2050 zu 1971/2000)



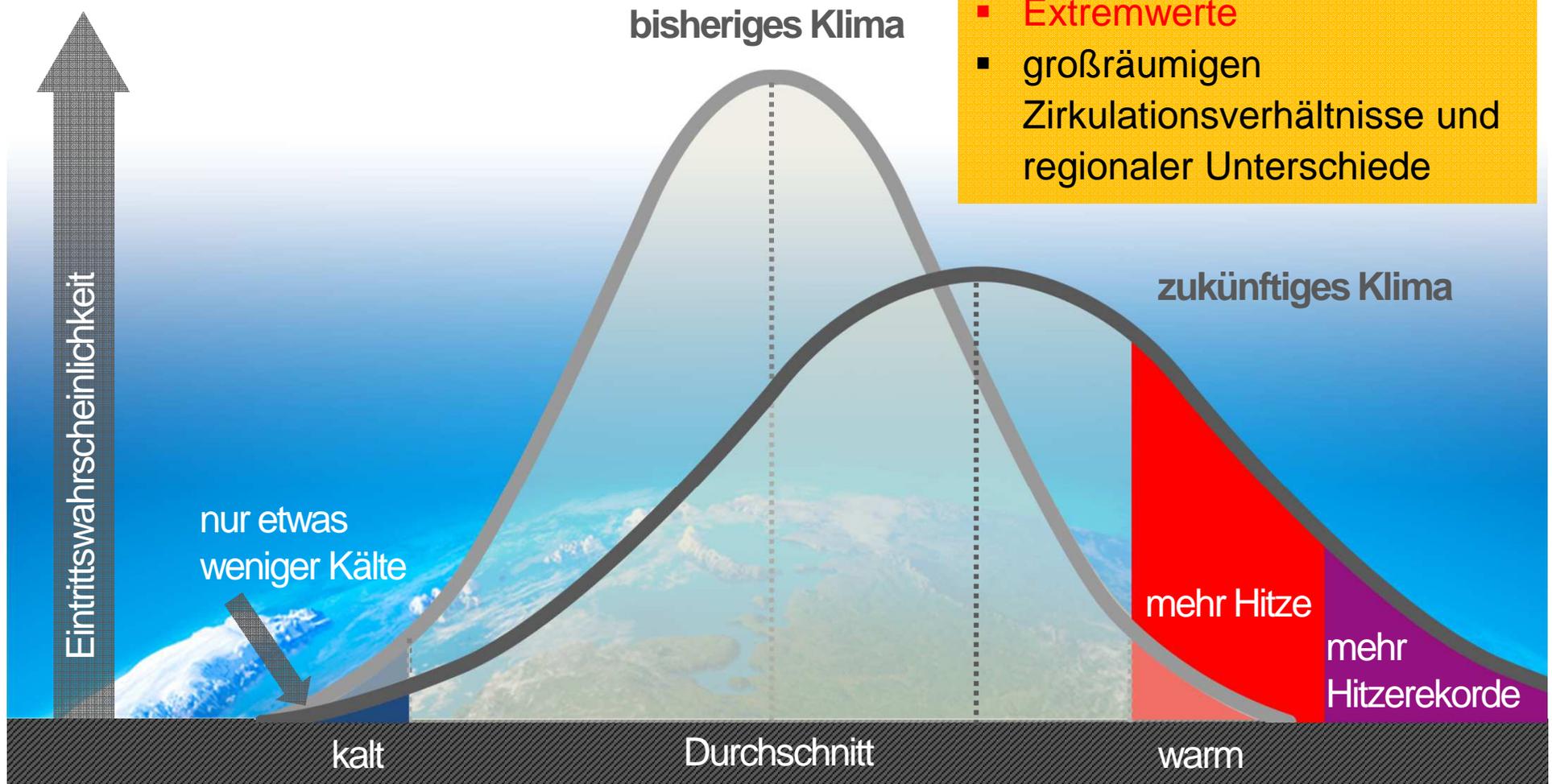
## Temperatur

- großflächige Erwärmung von bis zu 2°C bis 2050
- Erwärmung von bis zu 5°C bis 2100 möglich
- stärkere Erwärmung in der Alpenregion

## Niederschlag

- im Sommer uneinheitlicher Trend (Abnahme im Westen und leichte Zunahme im Osten)
- deutliche Zunahme im Winter (zw. 10% und 30%)

- Veränderungen der
- mittleren Verhältnisse
  - Extremwerte
  - großräumigen Zirkulationsverhältnisse und regionaler Unterschiede



## Was sind überhaupt Extremereignisse?

- sehr selten
- relativ (z.B. regional unterschiedlich)
- lokal begrenzt und schwer zu erfassen (konvektive Ereignisse)
- Statistisch-klimatologische Auswertung schwierig
- Erst die neueste Klimamodellgeneration ist in der Lage, meteorologische Extreme auf konvektiver Skala detailliert zu simulieren

# Änderung der Anzahl Heißer Tage



1956 - 1965

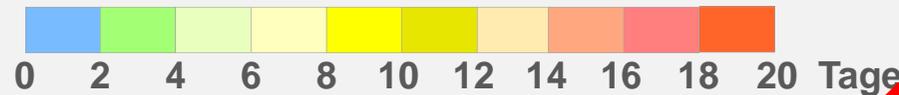
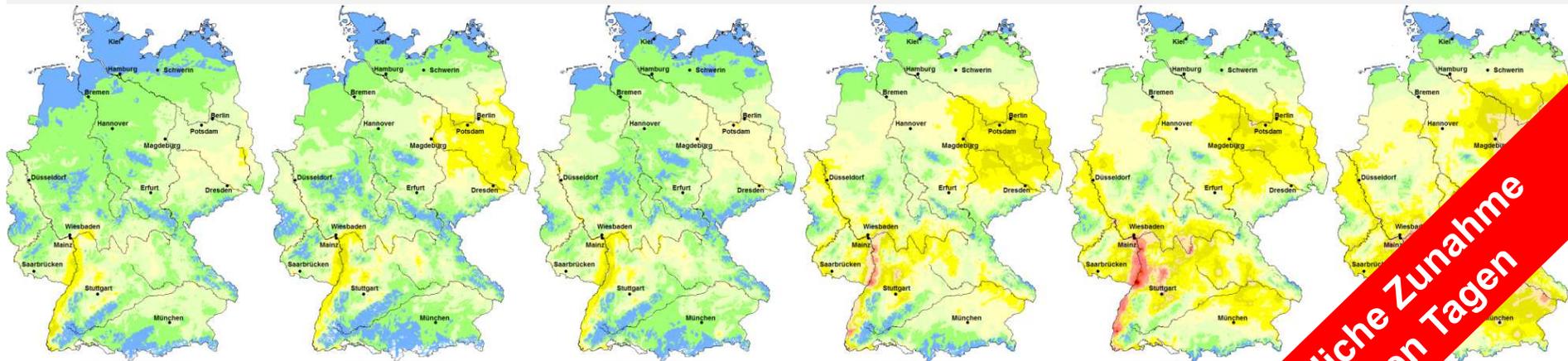
1966 - 1975

1976 - 1985

1986 - 1995

1996 - 2005

2006 - 2015



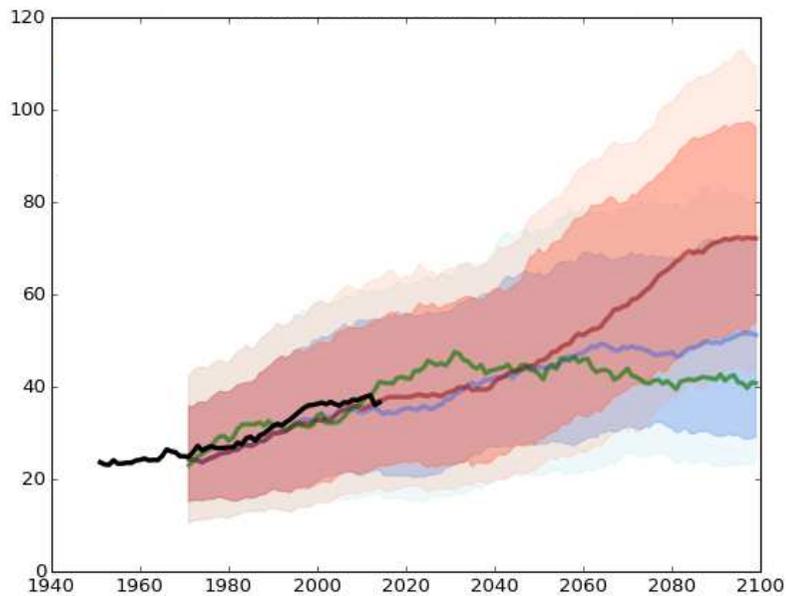
Heißer Tag:  $T_{max} \geq 30^{\circ}C$

**Bundesweite deutliche Zunahme  
der Zahl von Heißen Tagen**



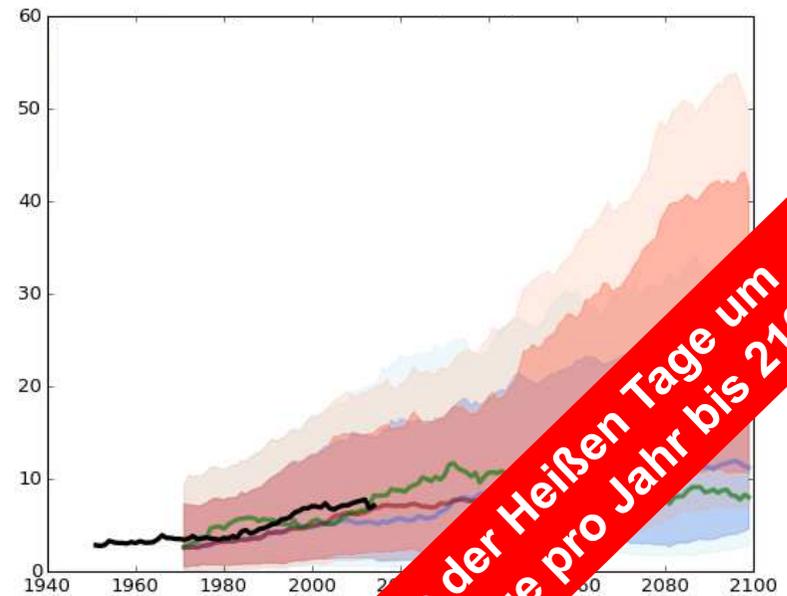


## Anzahl von Sommertagen



$T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$

## Anzahl von Heißen Tagen



$T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$

- RCP 4.5
- RCP 8.5
- RCP 2.6
- Obs

**Zunahme der Heißen Tage um bis zu 40 Tage pro Jahr bis 2100**

Quelle: Deutscher Wetterdienst



# Änderung der Anzahl Eistage



1956 - 1965

1966 - 1975

1976 - 1985

1986 - 1995

1996 - 2005

2006 - 2015



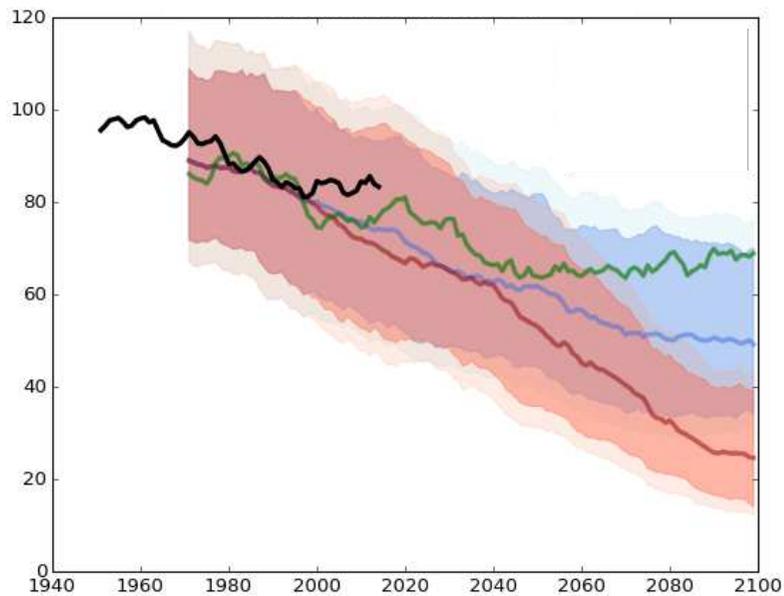
Eistag:  $T_{max} < 0^{\circ}C$

**Bundesweite deutliche Abnahme  
der Zahl von Eistagen**



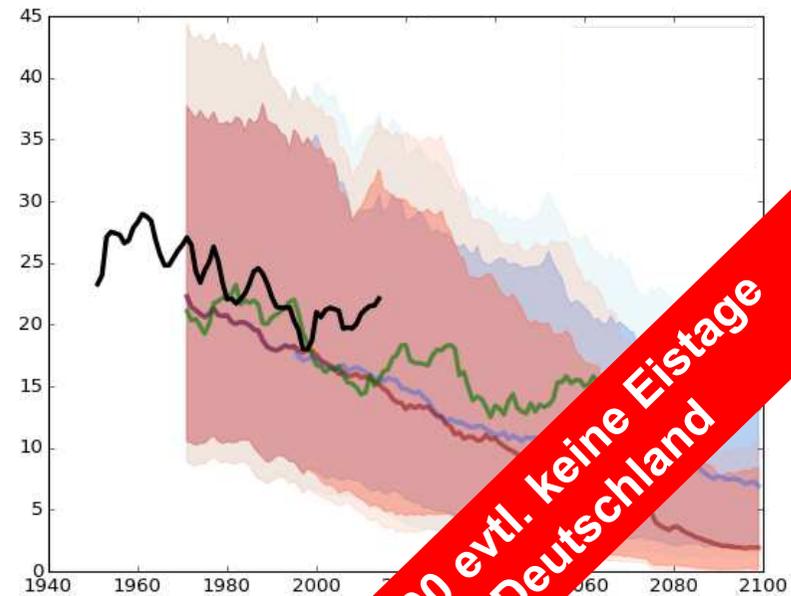


## Anzahl von Frosttagen



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

## Anzahl von Eistagen



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

- RCP 4.5
- RCP 8.5
- RCP 2.6
- Obs

**Im Jahr 2100 evtl. keine Eistage mehr in Deutschland**

Quelle: Deutscher Wetterdienst



## Tage mit mindestens 20 mm Niederschlag

1956 - 1965

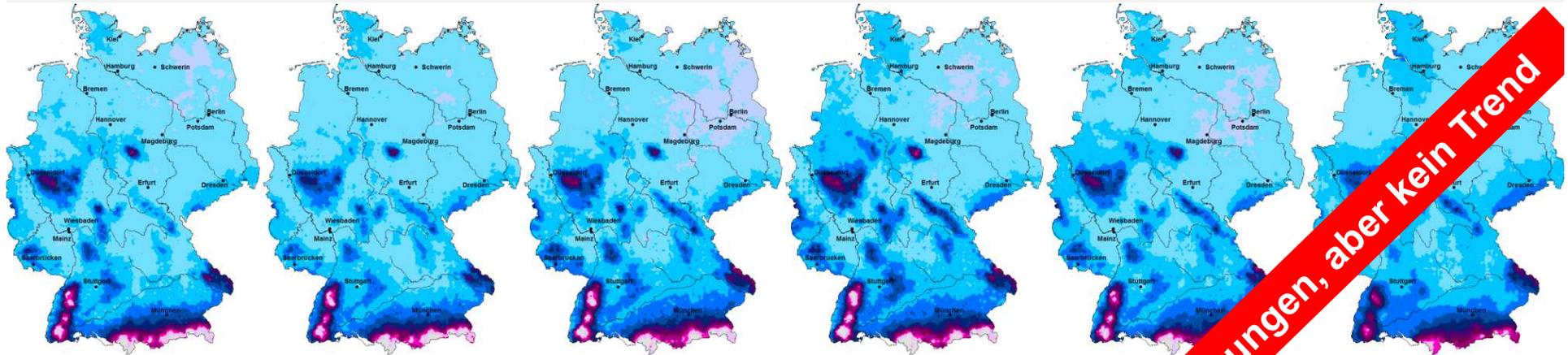
1966 - 1975

1976 - 1985

1986 - 1995

1996 - 2005

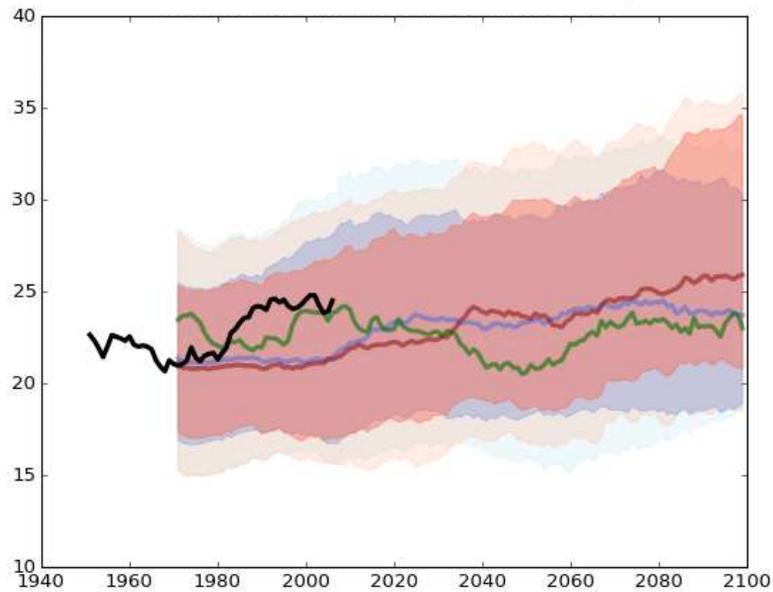
2006 - 2015



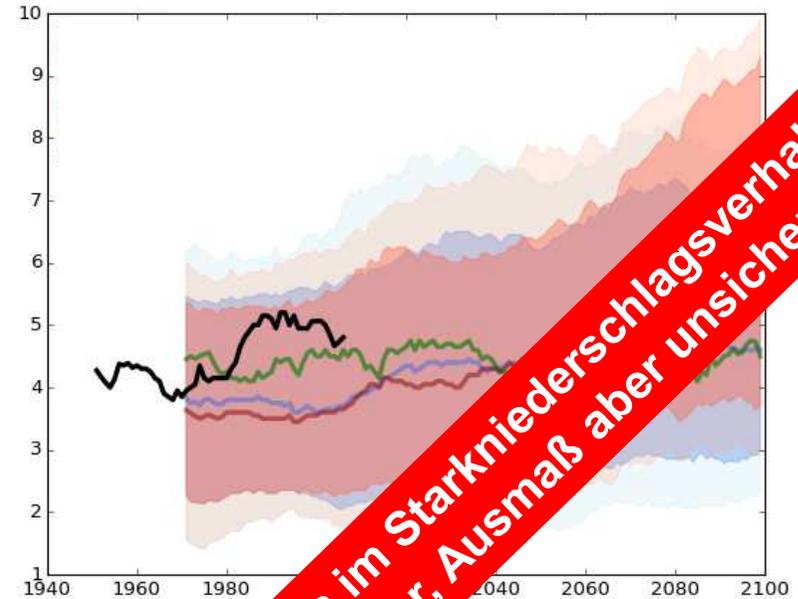
**Periodische Schwankungen, aber kein Trend**



## Anzahl von Tagen mit R > 10mm



## Anzahl von Tagen mit R > 20mm



**Änderungen im Starkniederschlagsverhalten  
erkennbar, Ausmaß aber unsicher**

Quelle: Deutscher Wetterdienst





## Wahrscheinlichkeit der Überschreitung des 99%-Quantils, Winter

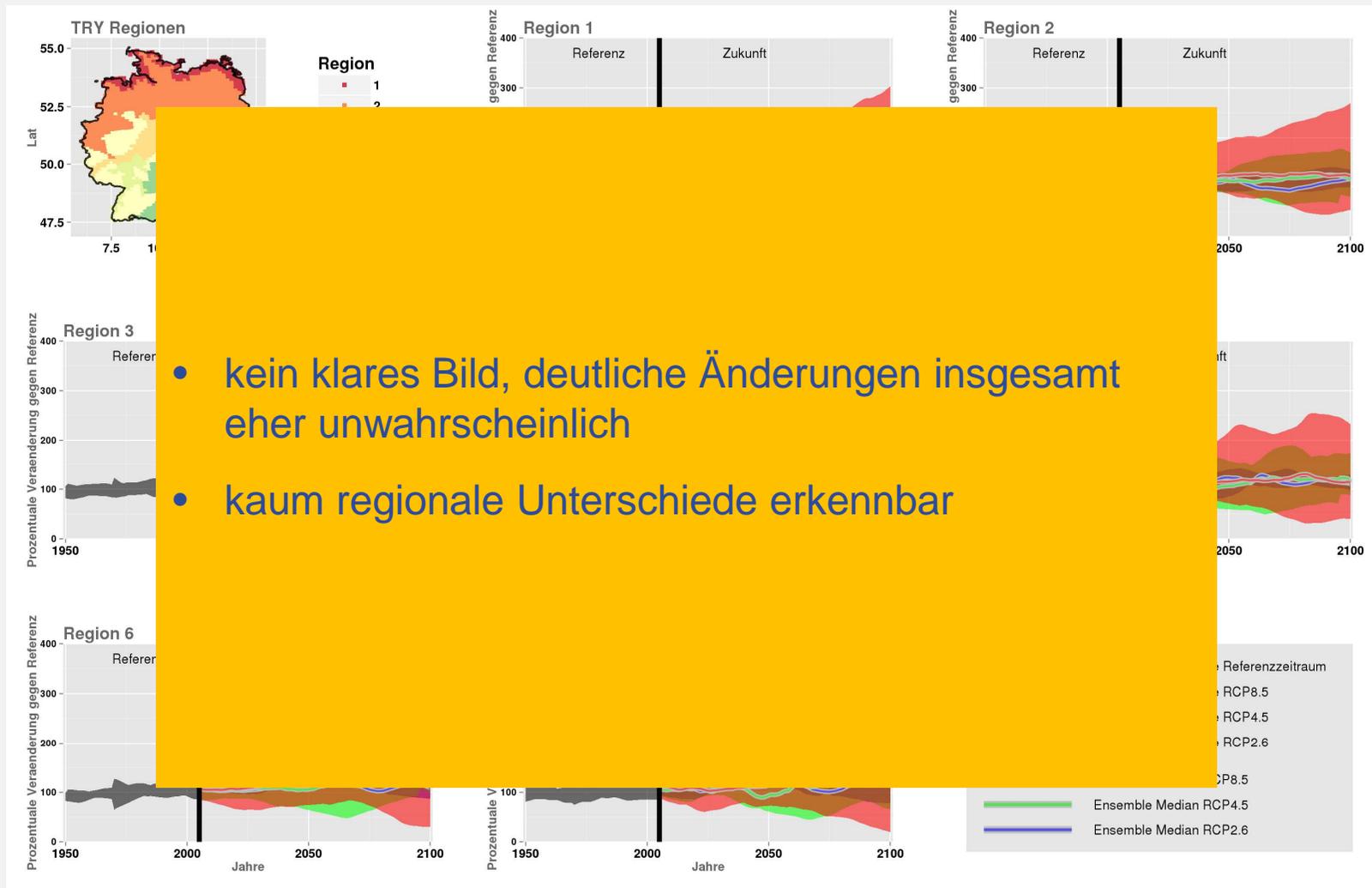


Quelle: Deutscher Wetterdienst





## Wahrscheinlichkeit der Überschreitung des 99%-Quantils, Sommer



Quelle: Deutscher Wetterdienst



### Temperatur

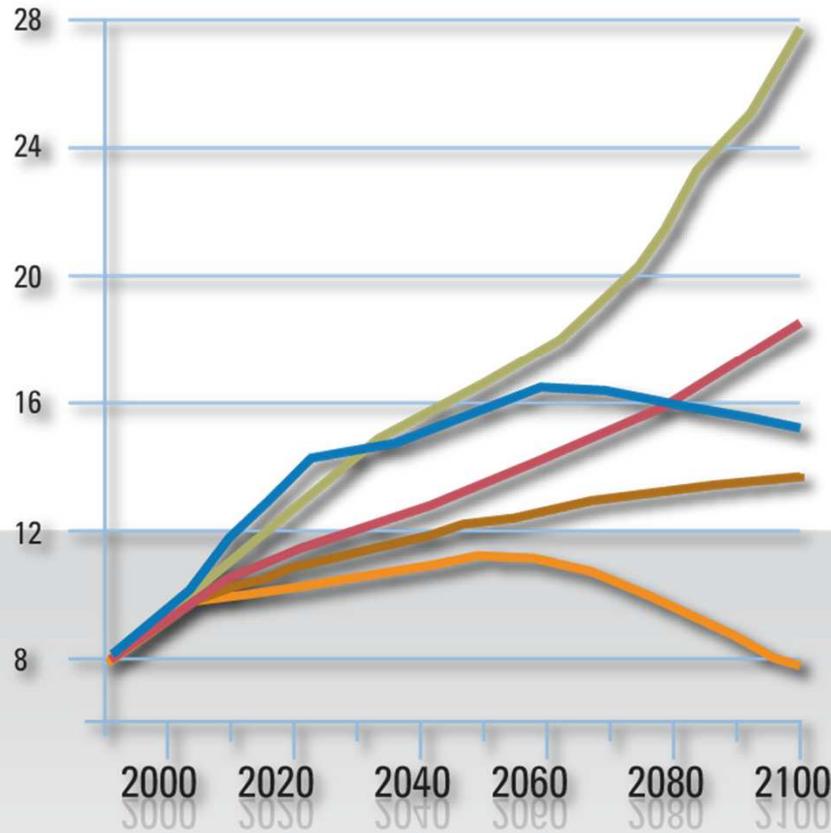
- bundesweit deutliche Zunahme der Anzahl Heißer Tage in den vergangenen 6 Dekaden
- weitere Zunahme von Sommertagen und Heißen Tagen um bis zu 60 bzw. 40 Tage pro Jahr bis 2100
- parallel dazu deutlicher Rückgang der Zahl von Frost und Eistagen
- bis 2100 in Deutschland evtl. keine Eistage mehr

### Niederschlag

- für Niederschläge von mehr als 10mm/d oder 20mm/d im Deutschlandmittel nur gemäß RCP 8.5 etwas markantere Änderung
- 99. Perzentil zeigt moderate bis deutliche Zunahme im Winter und kaum Änderungen im Sommer
- nur sehr geringe räumliche Unterschiede



- Der Klimawandel ist Realität und wird sich im 21. Jahrhundert noch verstärken
- Auswirkungen des Klimawandels sind auch in Deutschland bereits zu beobachten
- Die verfügbaren Klimamodelle lassen grundsätzlich ein Fortschreiten der globalen und regionalen Veränderungen erwarten
- Die genauen Änderungen der einzelnen meteorologischen Parameter sind jedoch noch mit Unsicherheiten behaftet
- Ein vermehrtes Auftreten von meteorologischen Extremereignissen ist wahrscheinlich



**Vielen Dank !**

Dr. Andreas Walter, Sabrina Wehring, Christoph Brendel  
Deutscher Wetterdienst