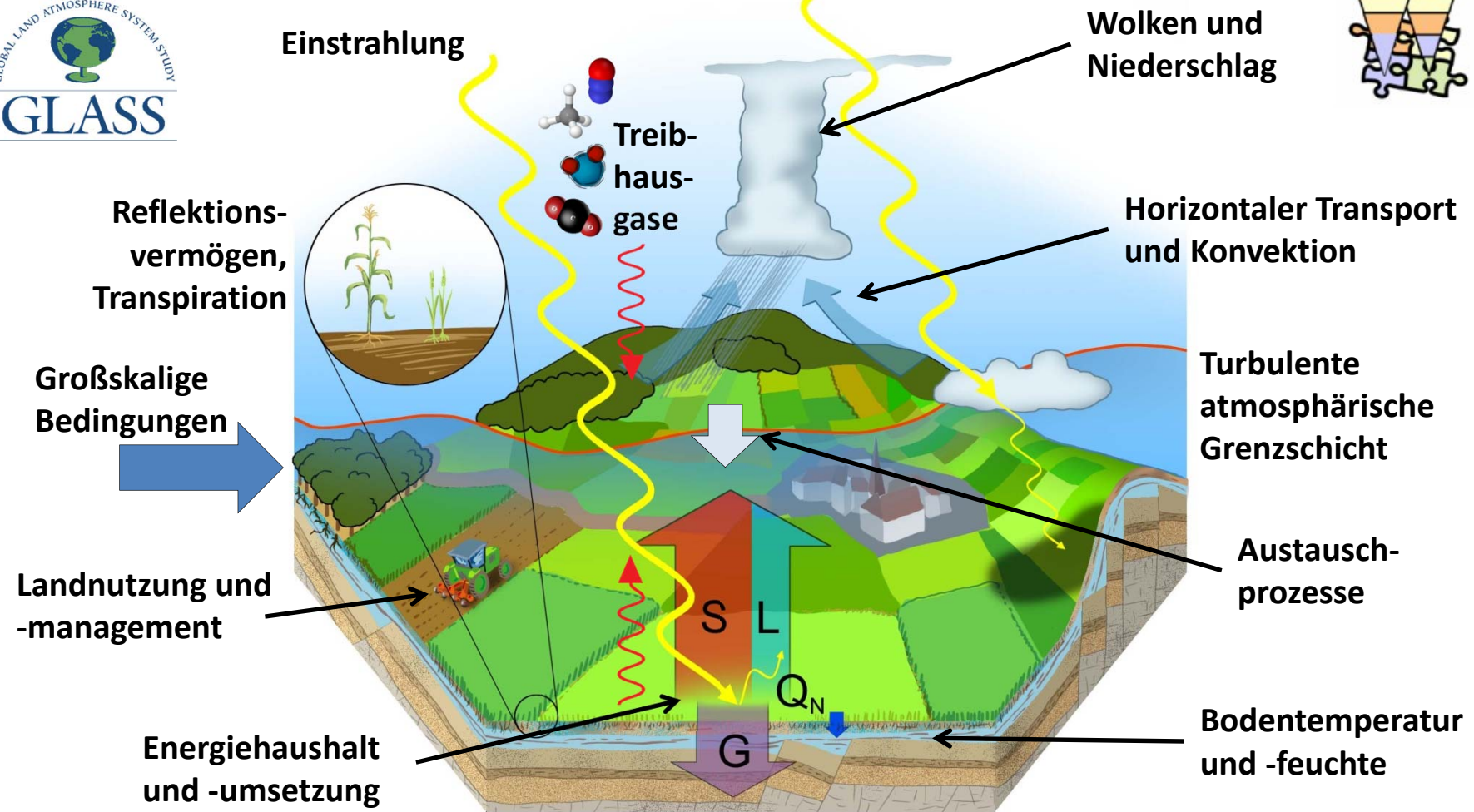


# Das Landsystem



Die Rückkopplung zwischen diesen Prozessen muss genau simuliert werden.

# Hitze, Trockenheit, Starkregen: Was haben wir zu erwarten?



*Prof. Dr. Volker Wulfmeyer*  
*Institut für Physik und Meteorologie (IPM)*  
*Universität Hohenheim (UHOH)*  
*Stuttgart, Germany*



<https://physik-meteorologie.uni-hohenheim.de>

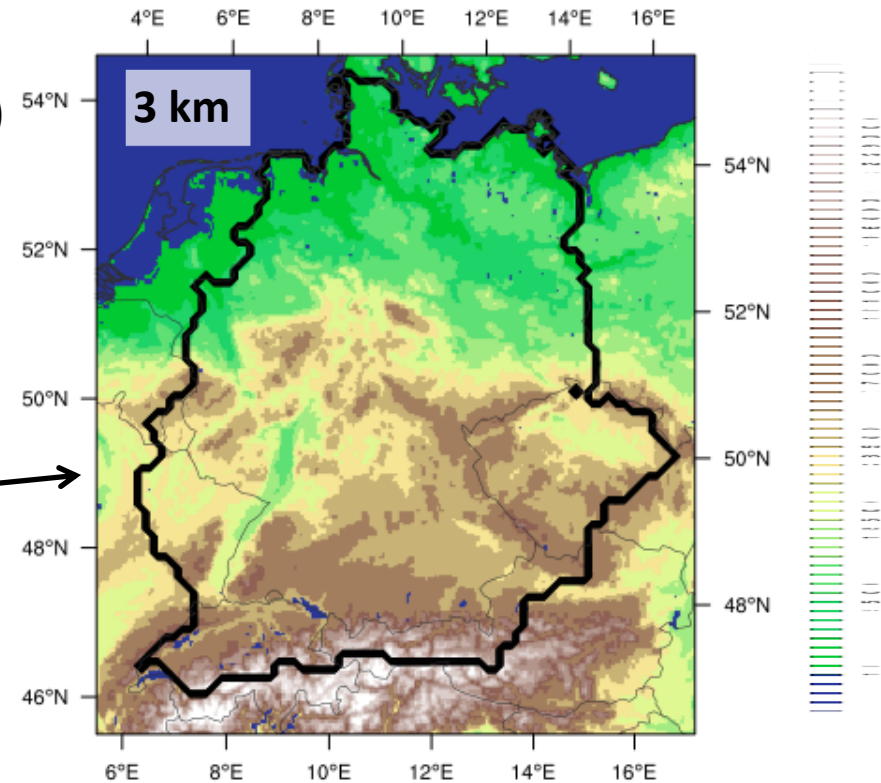
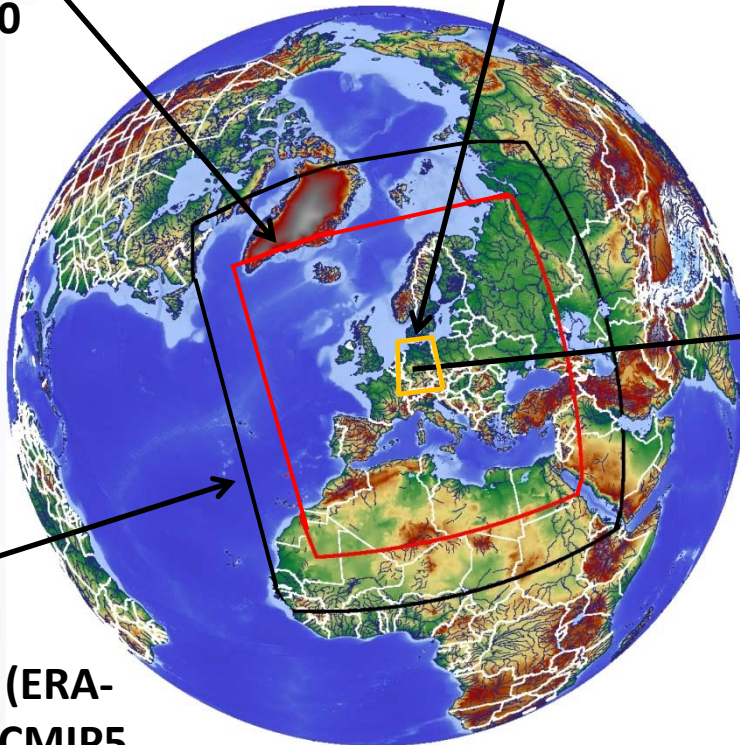
- 1) Die Kette globale-regionale Modellierung
- 2) Mehrwert der regionalen Modelle
- 3) Extremwertstatistik:
  - Niederschläge
  - Temperaturen
- 4) Beispiel: Auswirkung auf die Landwirtschaft
- 5) Zusammenfassung und Ausblick

# Die Herausforderung: Klima-Modellierung

**Gebiet der regionalen  
Klimamodelle (RCMs):  
0.11° (12 km), 1971-2000,  
2001-2100**

**Gebiet der  
statistischen  
Modelle (12 km)**

**Antrieb  
durch  
globale  
Modelle (ERA-  
interim, CMIP5,  
50-150 km)**

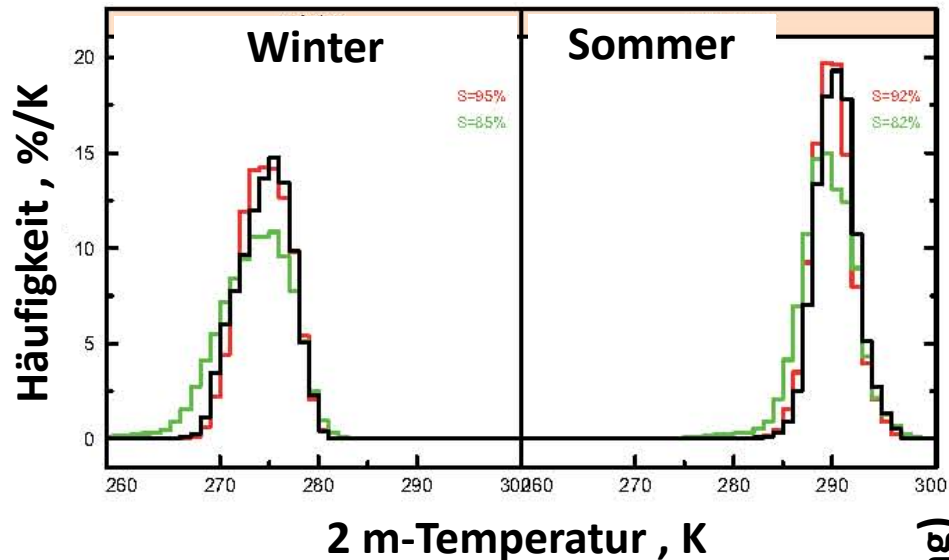


**Heterogenitäten und Rückkopplungen werden  
gut aufgelöst ab 12 km, erstrebenswert < 3 km.**

*Wulfmeyer et al., Bauer et al. QJRMS 2011, Rotach et al.  
BAMS 2009, Warrach-Sagi et al. Clim. Dyn. 2013*

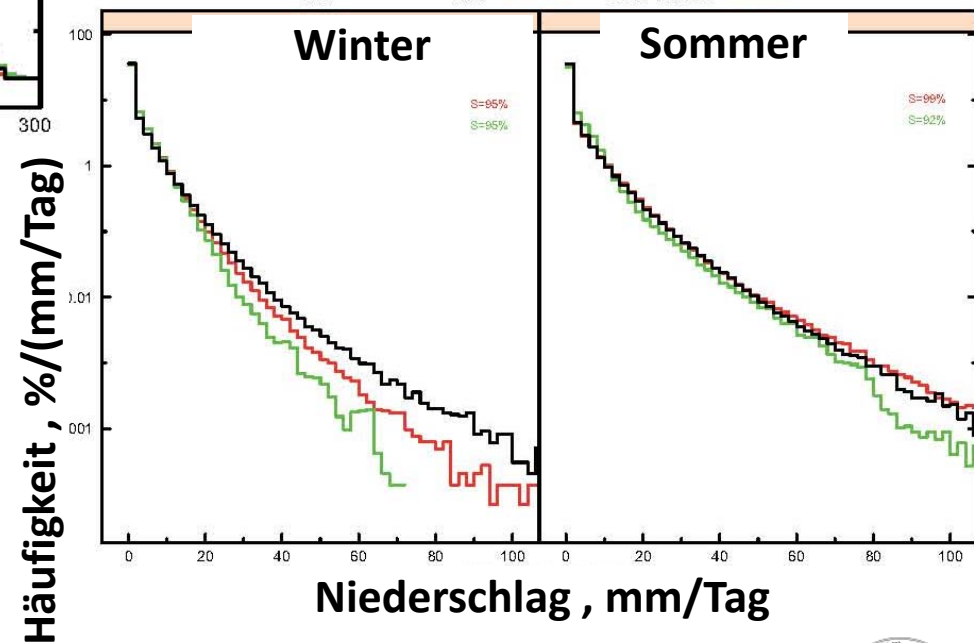
# Vielversprechend: WRF-Verifikation über Deutschland (1989-2008)

## Häufigkeitsverteilung 2 m-Temperatur



- Messungen
- Reanalyse (50 km Auflösung) gestützt durch Messdaten
- UHOH WRF-Modell

## Häufigkeitsverteilung Niederschlag

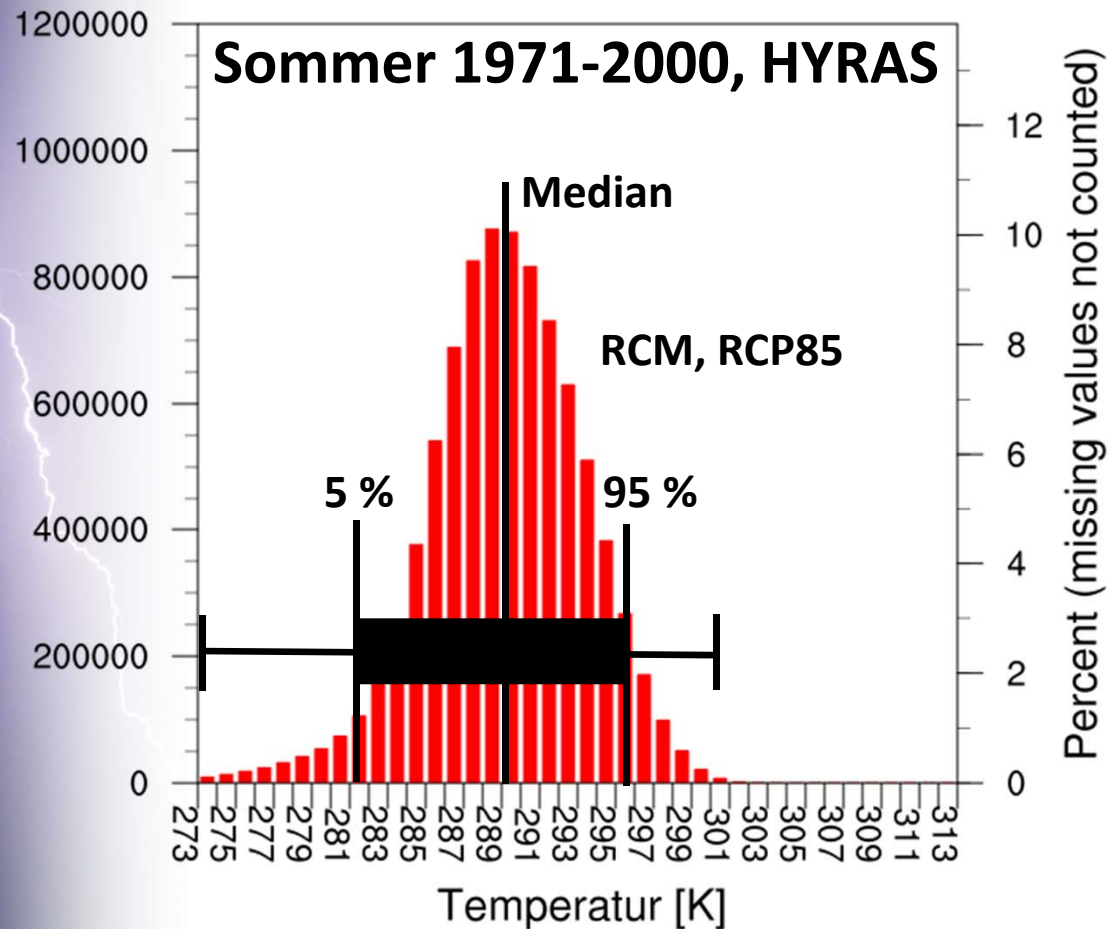


*Ivanov et al. TAC 2017a, 2017b*

**Sehr gute Übereinstimmung mit Beobachtungen bei 12 km-Auflösung, sogar besser als Reanalyse.**



# Vorgehensweise: Analyse extremer Ereignisse

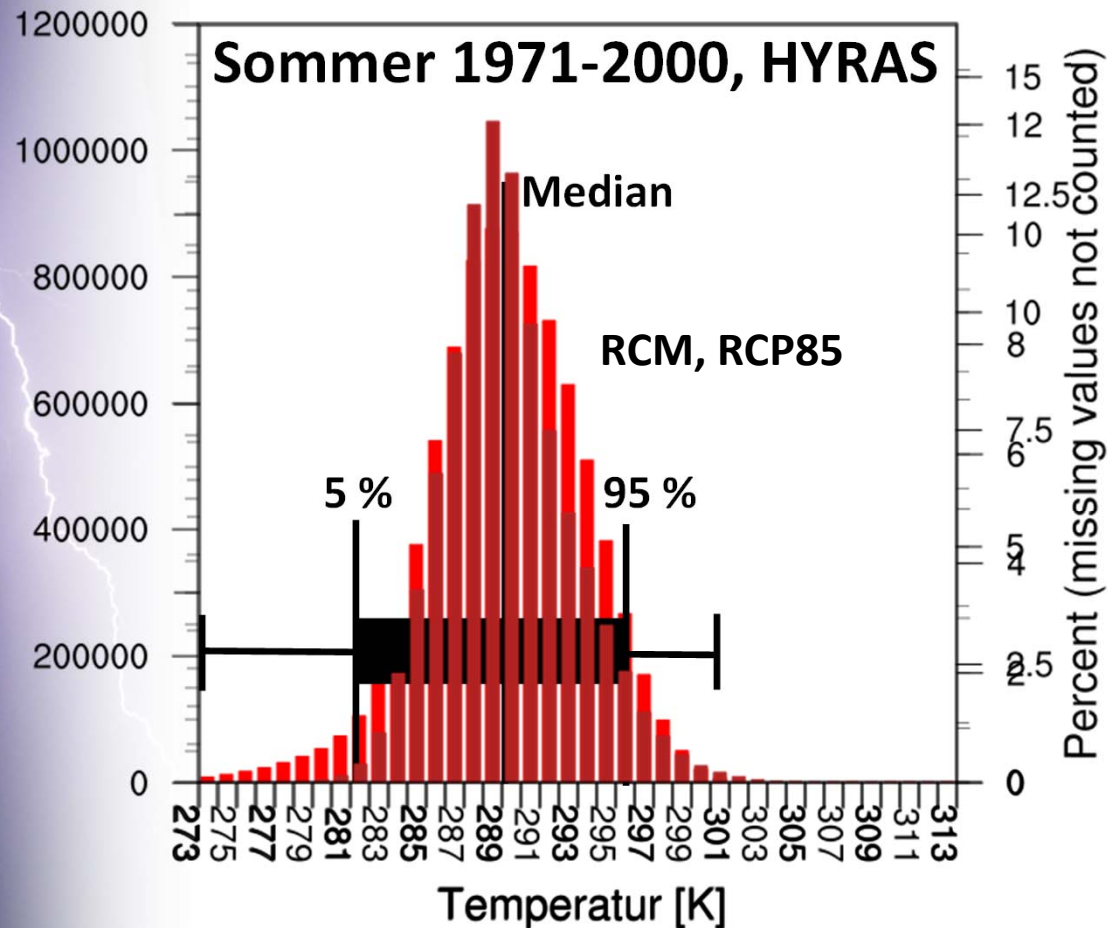


**Weitere  
Temperaturkennzahlen  
aus Zeitreihen von  
 $T_{\min}$  und  $T_{\max}$ :**

- Eistage
- Frosttage
- Hitzetage

**mit Biaskorrektur für  
jedes einzelne Modell.**

# Vorgehensweise: Analyse extremer Ereignisse

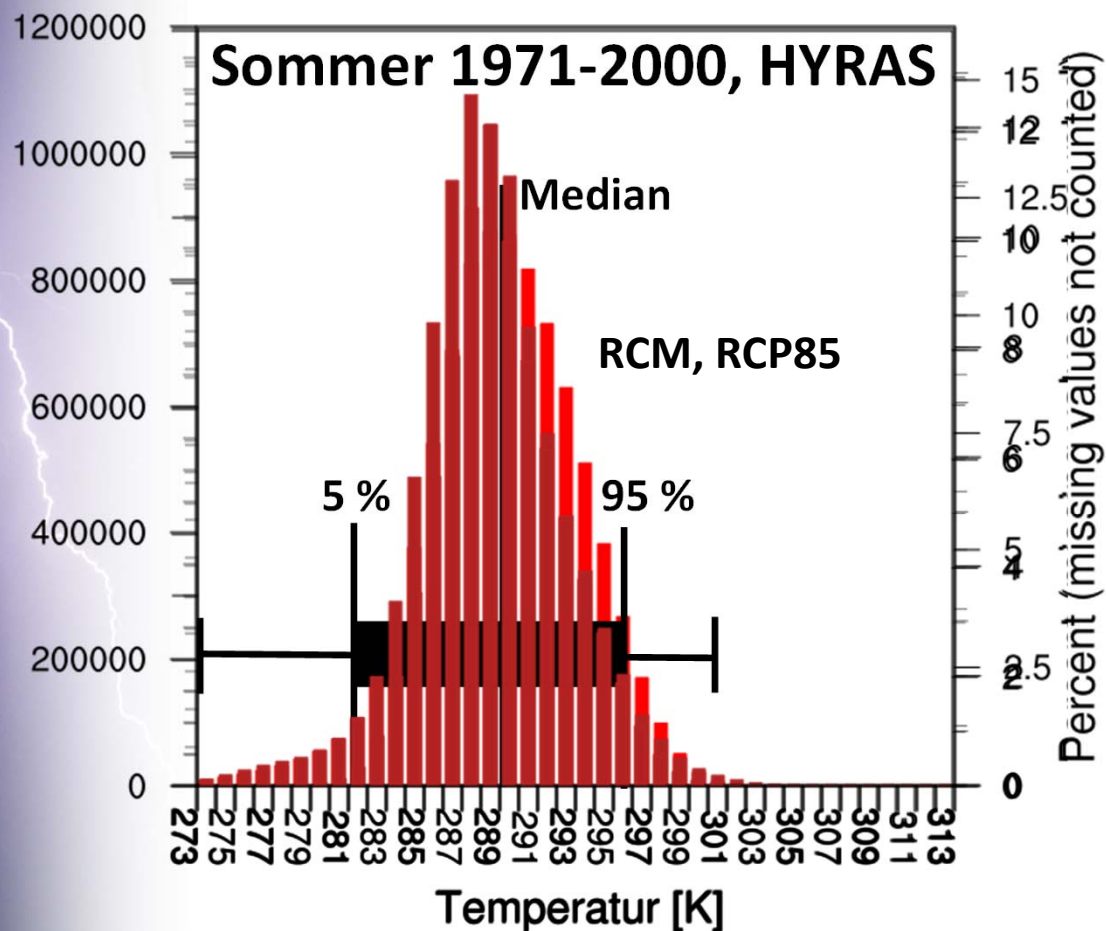


**Weitere  
Temperaturkennzahlen  
aus Zeitreihen von  
 $T_{\min}$  und  $T_{\max}$ :**

- Eistage
- Frosttage
- Hitzetage

**mit Biaskorrektur für  
jedes einzelne Modell.**

# Vorgehensweise: Analyse extremer Ereignisse

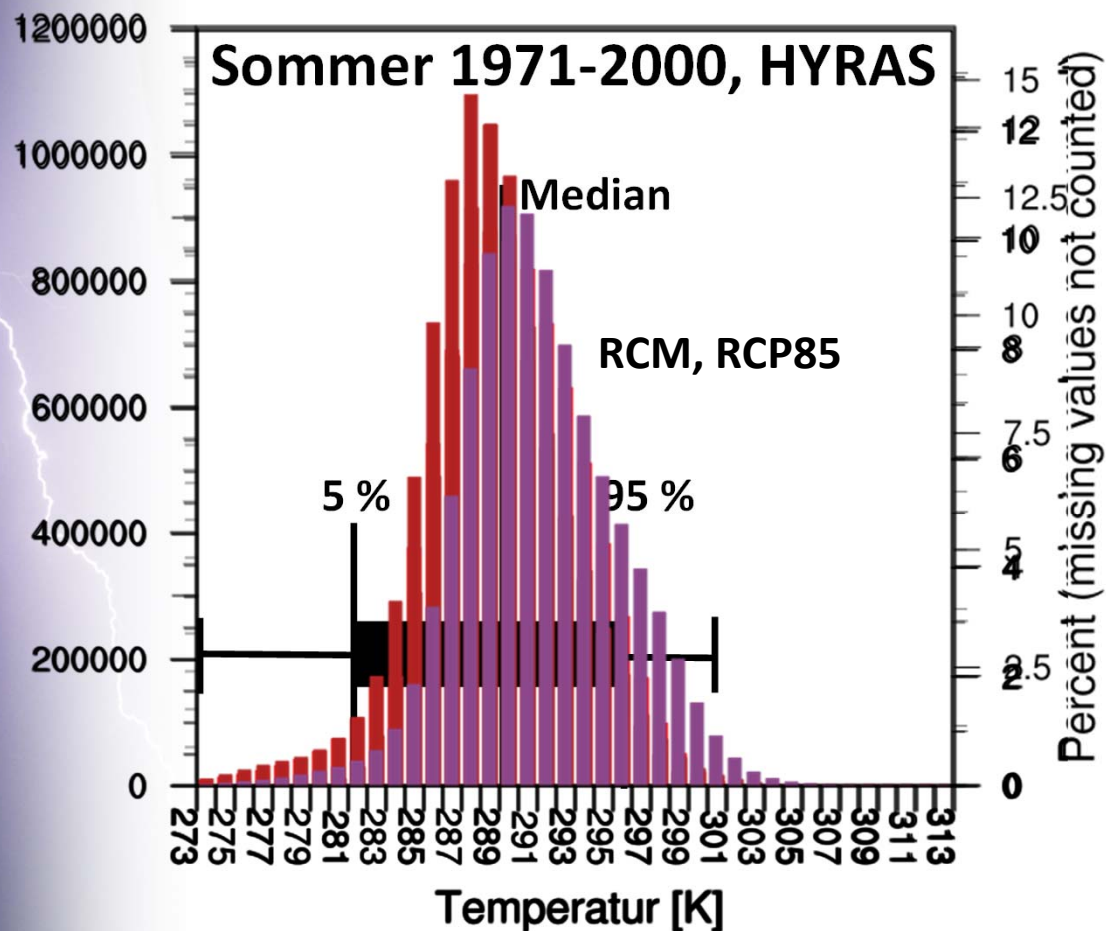


**Weitere  
Temperaturkennzahlen  
aus Zeitreihen von  
 $T_{\min}$  und  $T_{\max}$ :**

- Eistage
- Frosttage
- Hitzetage

**mit Biaskorrektur für  
jedes einzelne Modell.**

# Vorgehensweise: Analyse extremer Ereignisse



**Weitere  
Temperaturkennzahlen  
aus Zeitreihen von  
 $T_{\min}$  und  $T_{\max}$ :**

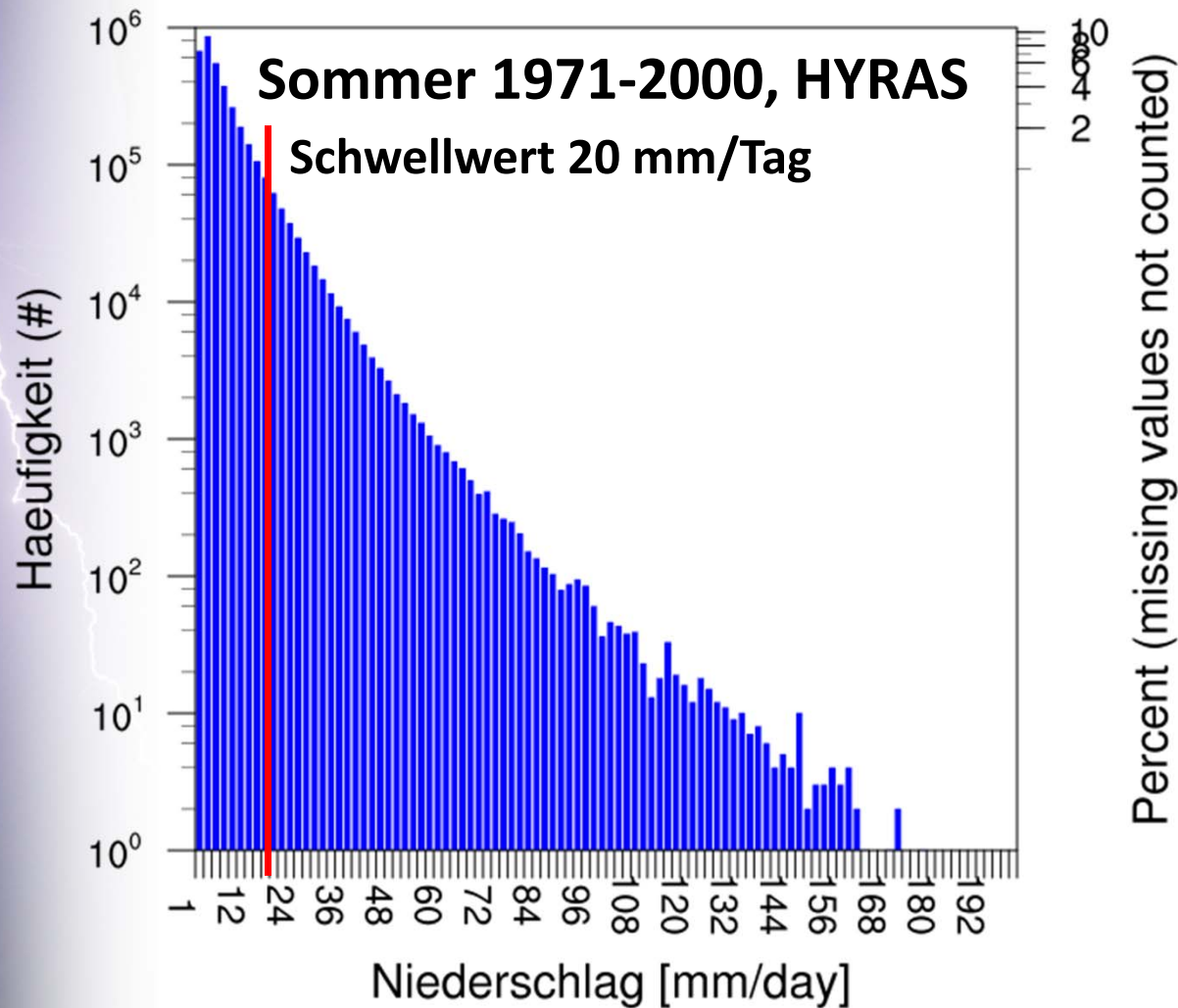
- Eistage
- Frosttage
- Hitzetage

**mit Biaskorrektur für  
jedes einzelne Modell.**

**Eine Verschiebung der Verteilung durch den Klimawandel resultiert in einer nichtlinearen Zunahme der Häufigkeit extremer Temperaturen.**

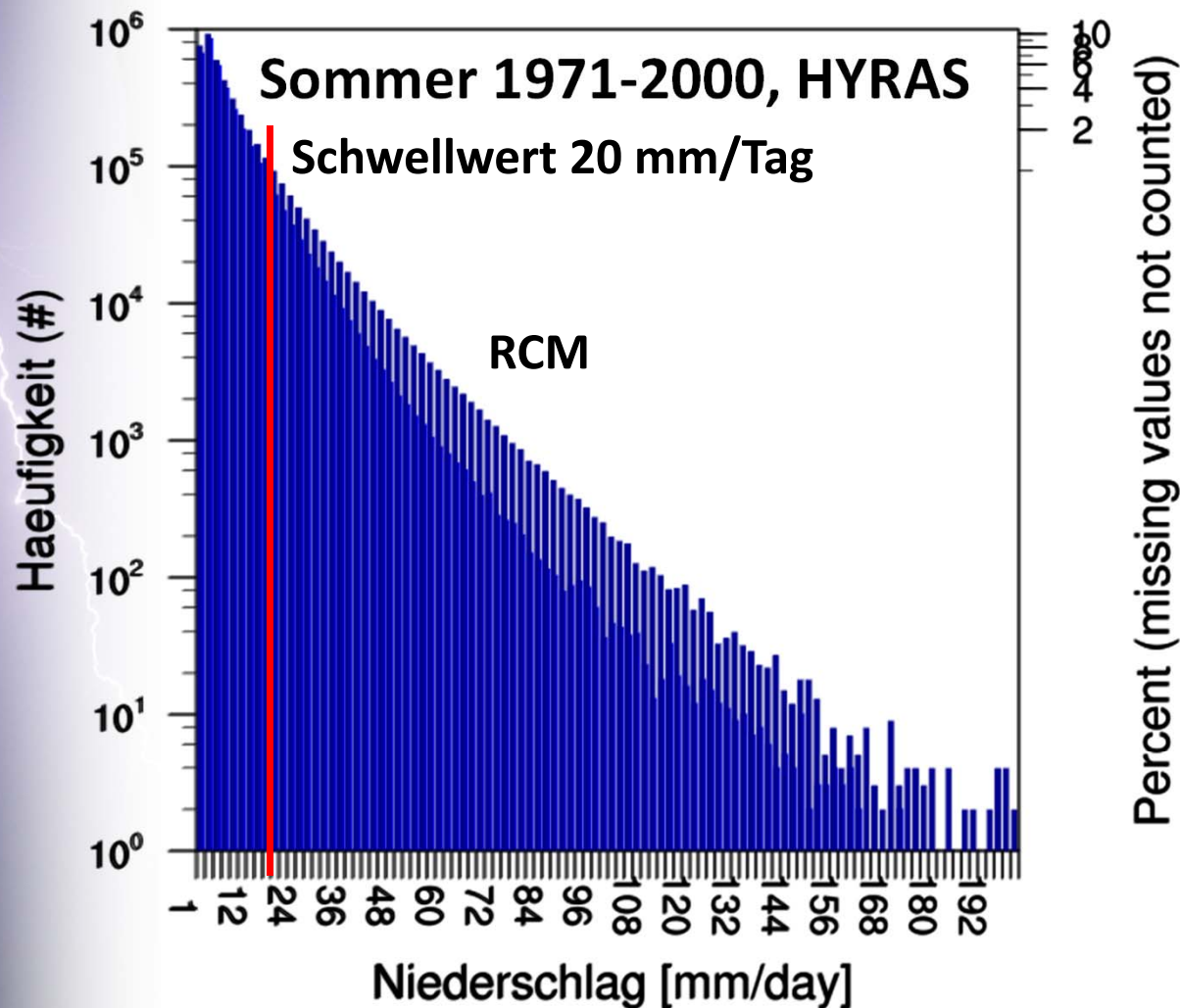


# Vorgehensweise: Analyse extremer Ereignisse



**Auch hier Bias-  
korrektur der  
Anzahl der  
Ereignisse für  
jedes einzelne  
Modell.**

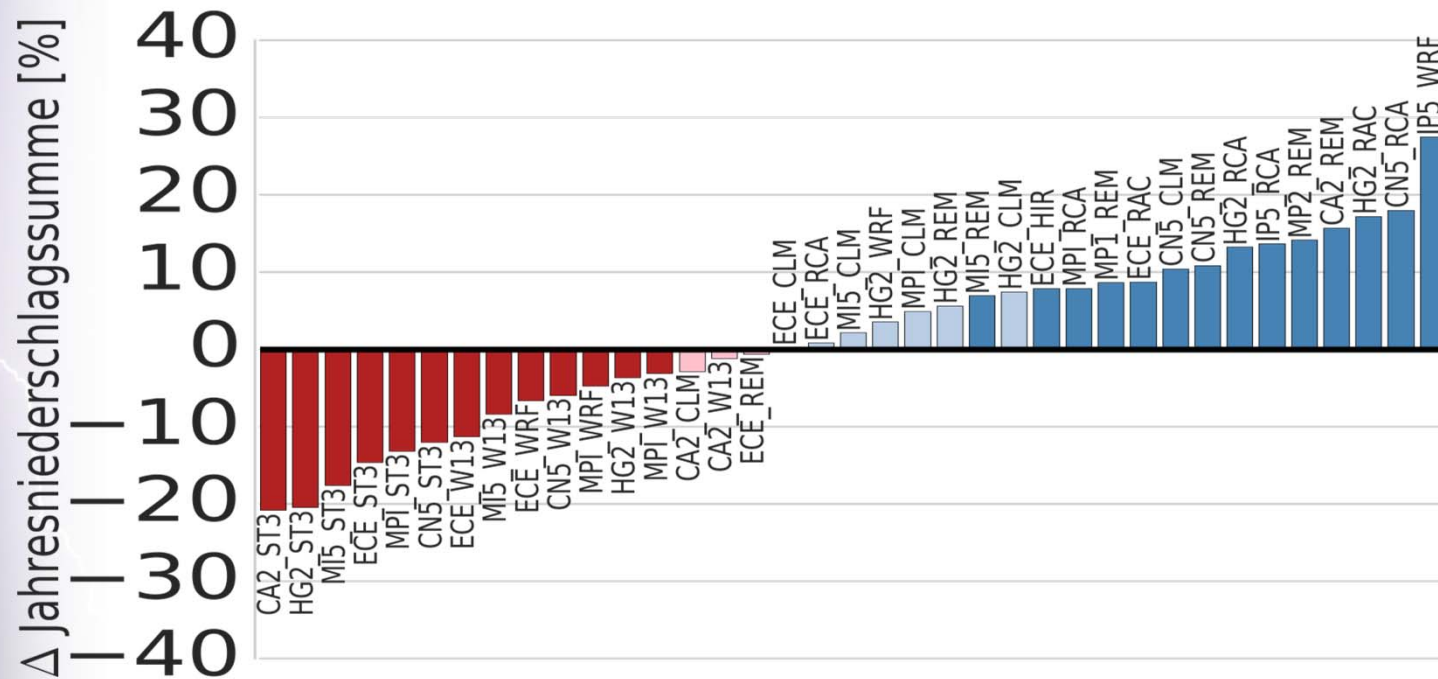
# Vorgehensweise: Analyse extremer Ereignisse



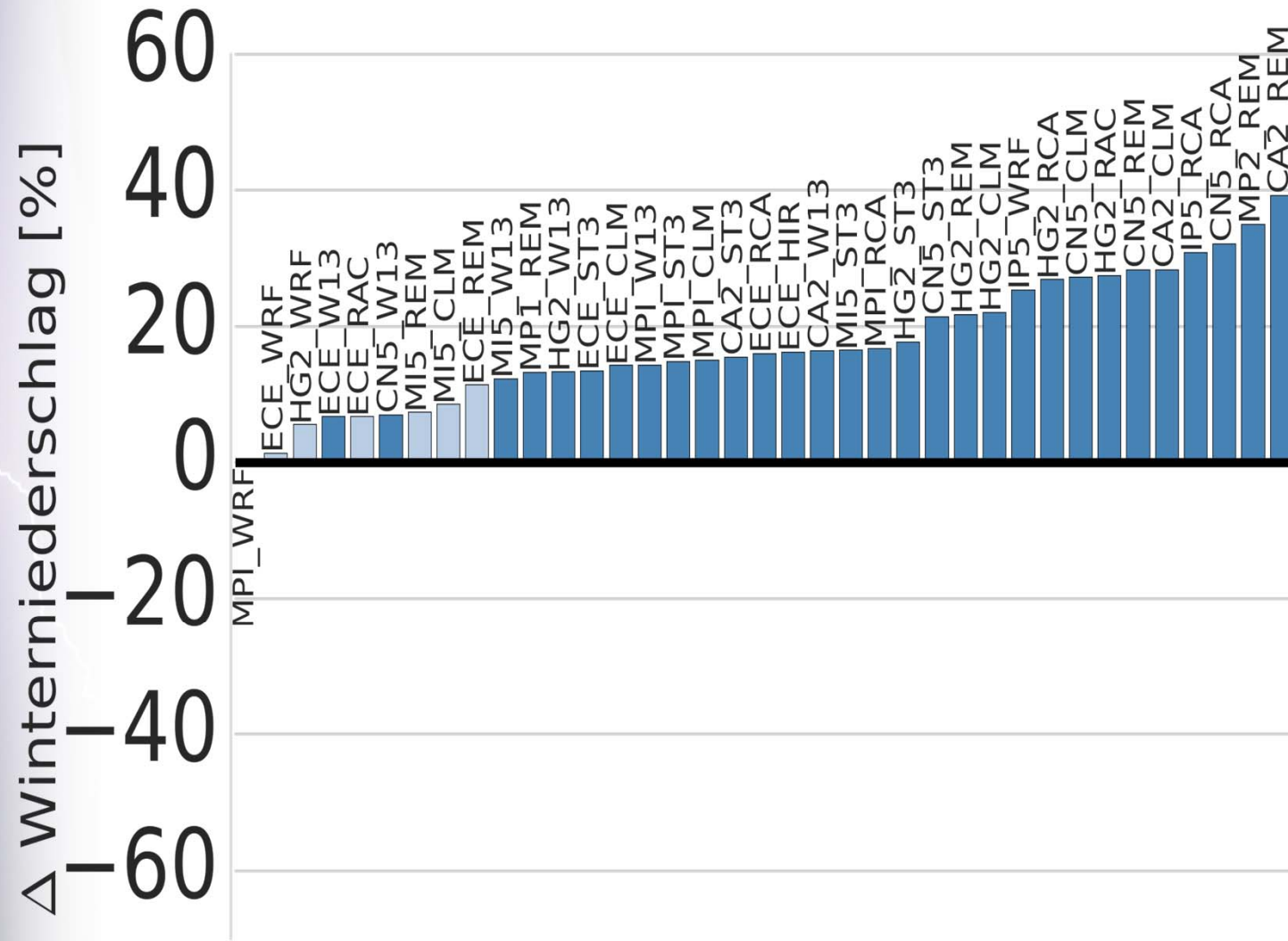
**Auch hier Bias-  
korrektur der  
Anzahl der  
Ereignisse für  
jedes einzelne  
Modell.**

# Resultate: Niederschlag, RCP8.5

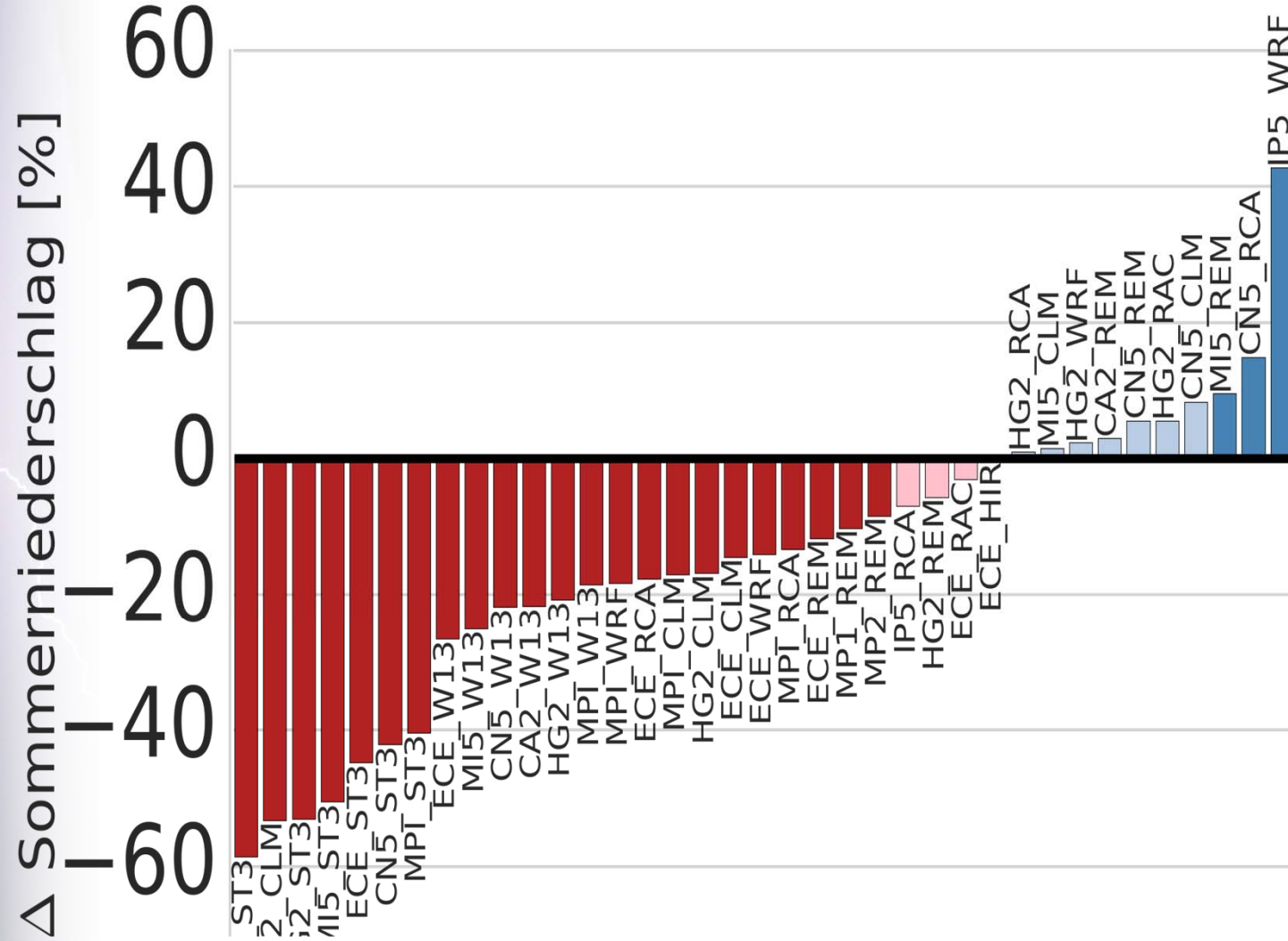
rcp85, Deutschland



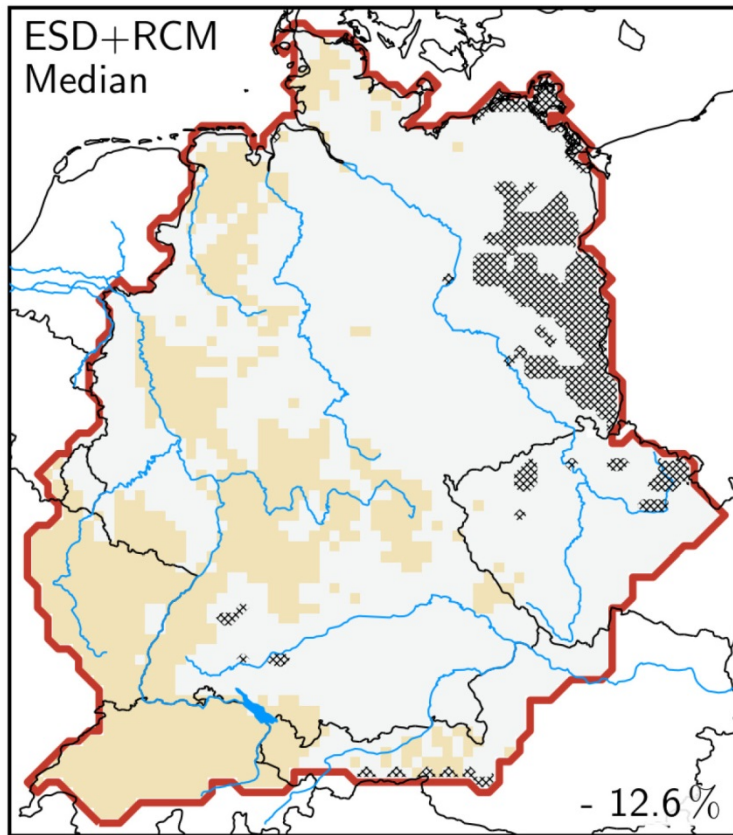
# Resultate: Niederschlag, RCP8.5



# Resultate: Niederschlag, RCP8.5



# Räumlicher Trend Niederschlag, Sommer (2071-2100), RCP8.5



**Südwest-Nordost-Gradient in der Niederschlags-entwicklung durch mediterranen Einfluß.**

**Kleinräumige konvektive Niederschläge nicht genau erfasst aber Zunahme unwahrscheinlich.**

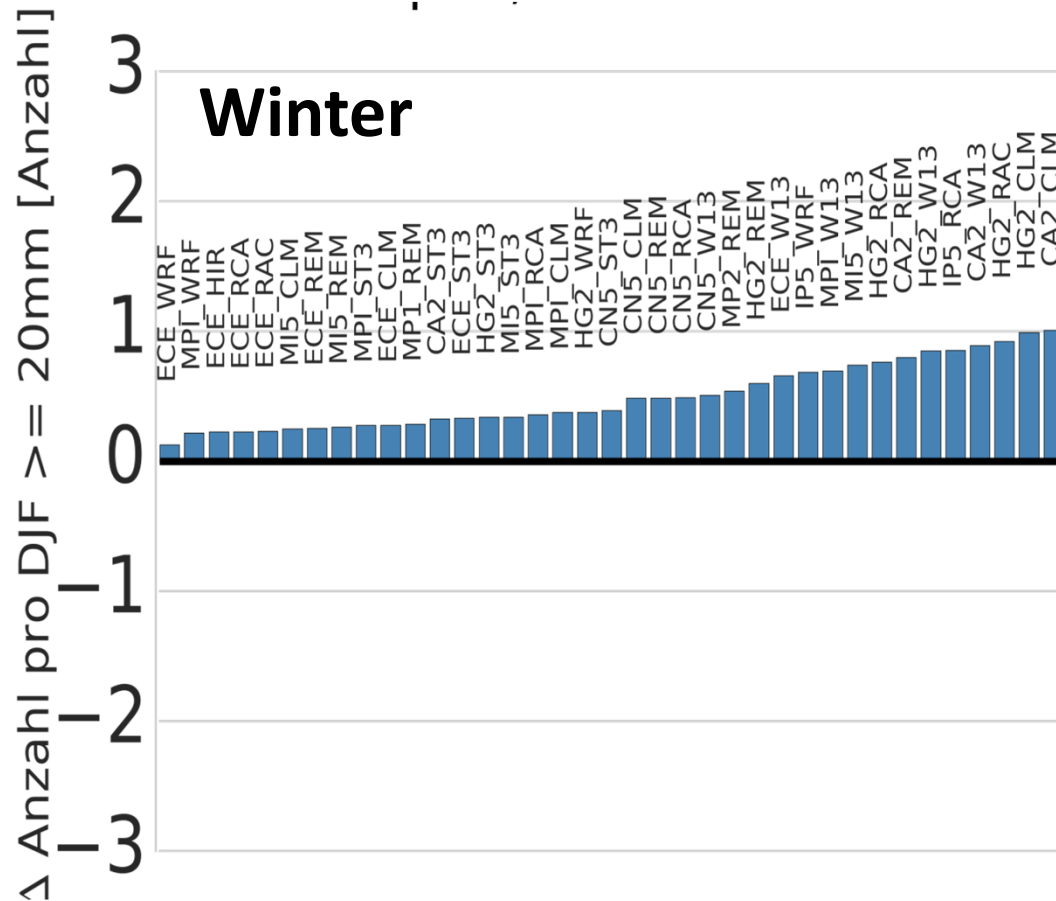
**Im Winter Südost-Nordwest-Gradient.**

(i) Median

Änderungssignal Niederschlagssumme [%]



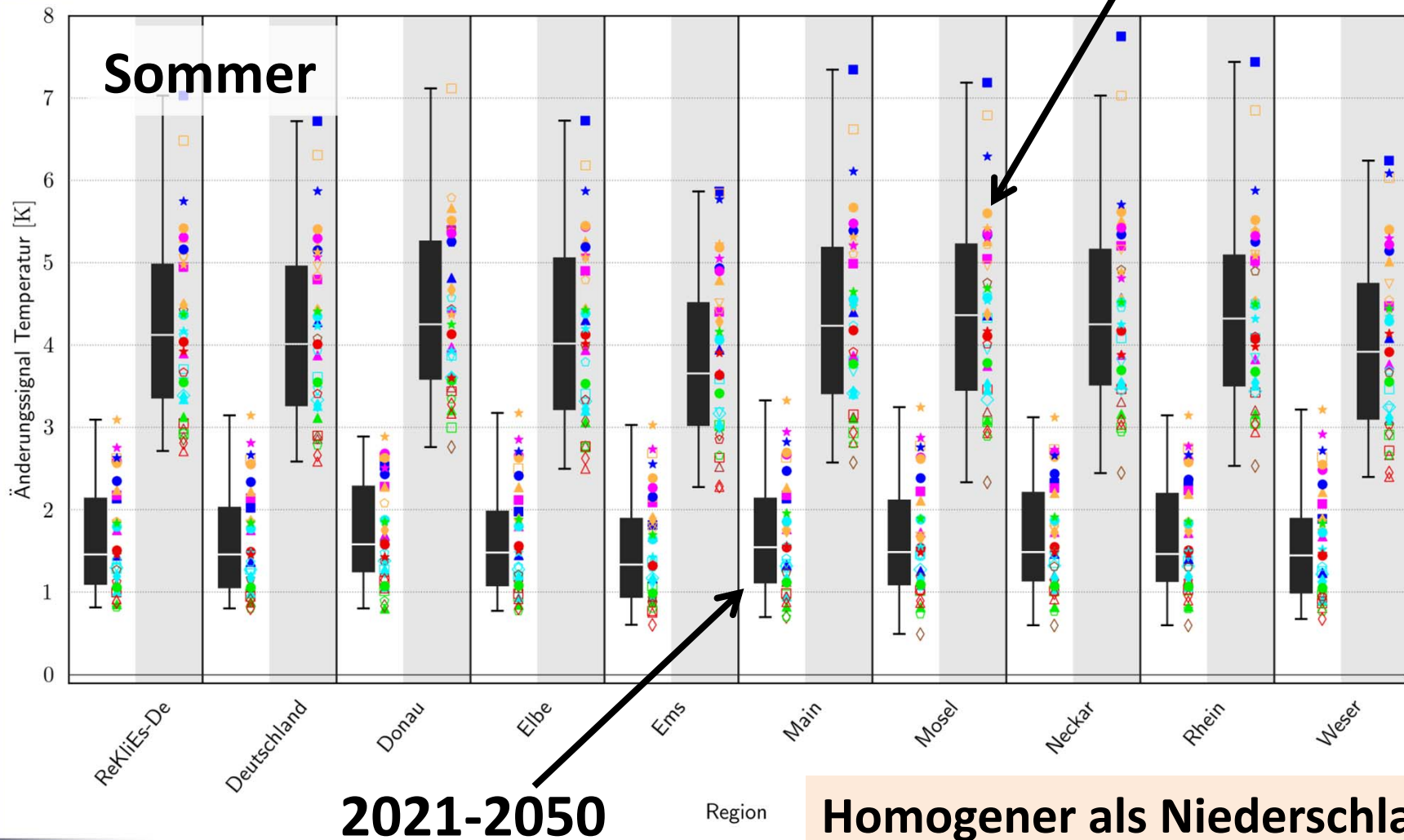
# Aussagen zu Extrema des Niederschlags, RCP8.5



**Zunahme der Tage mit Niederschlägen > 20 mm konsistent mit Niederschlagszunahme, aber genaue Anzahl unsicher.**

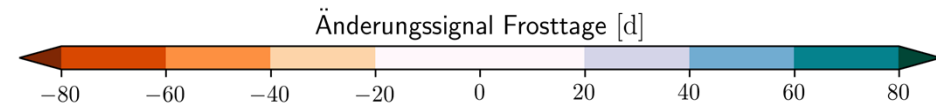
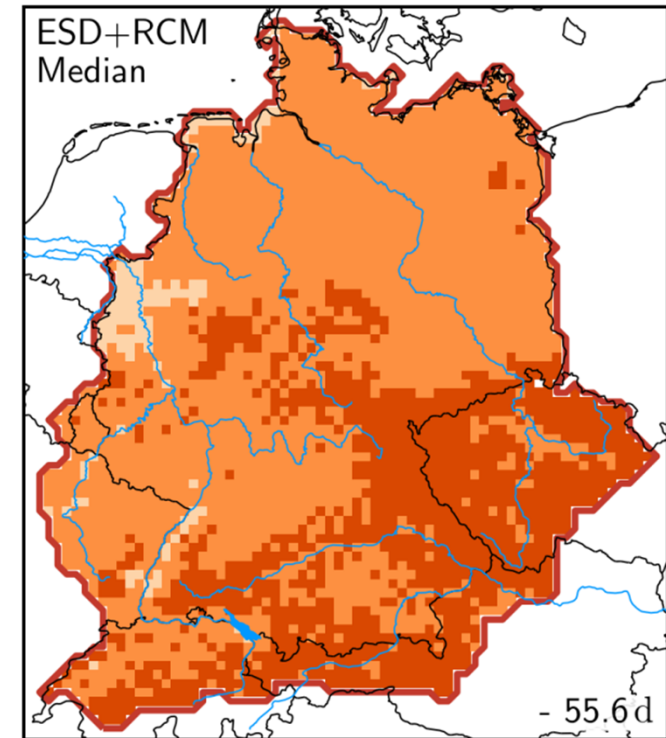
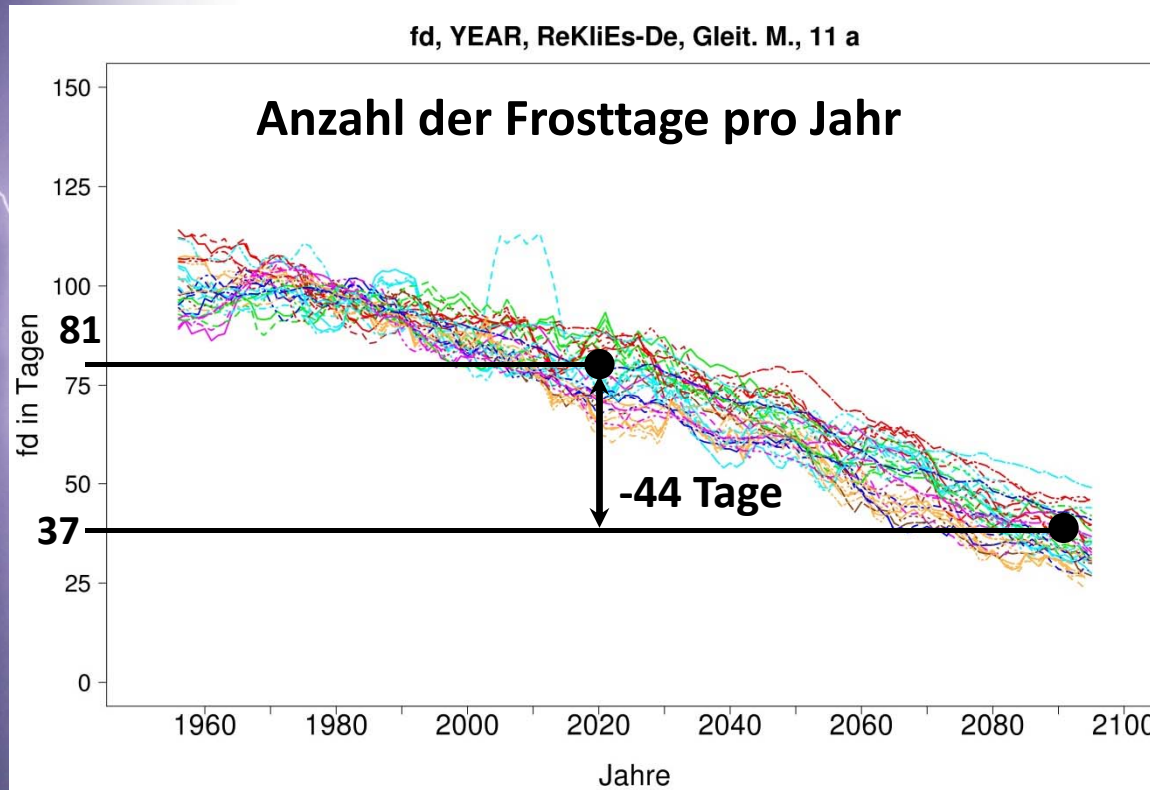
# Resultate: 2 Meter-Temperatur, RCP8.5

**2071-2100**

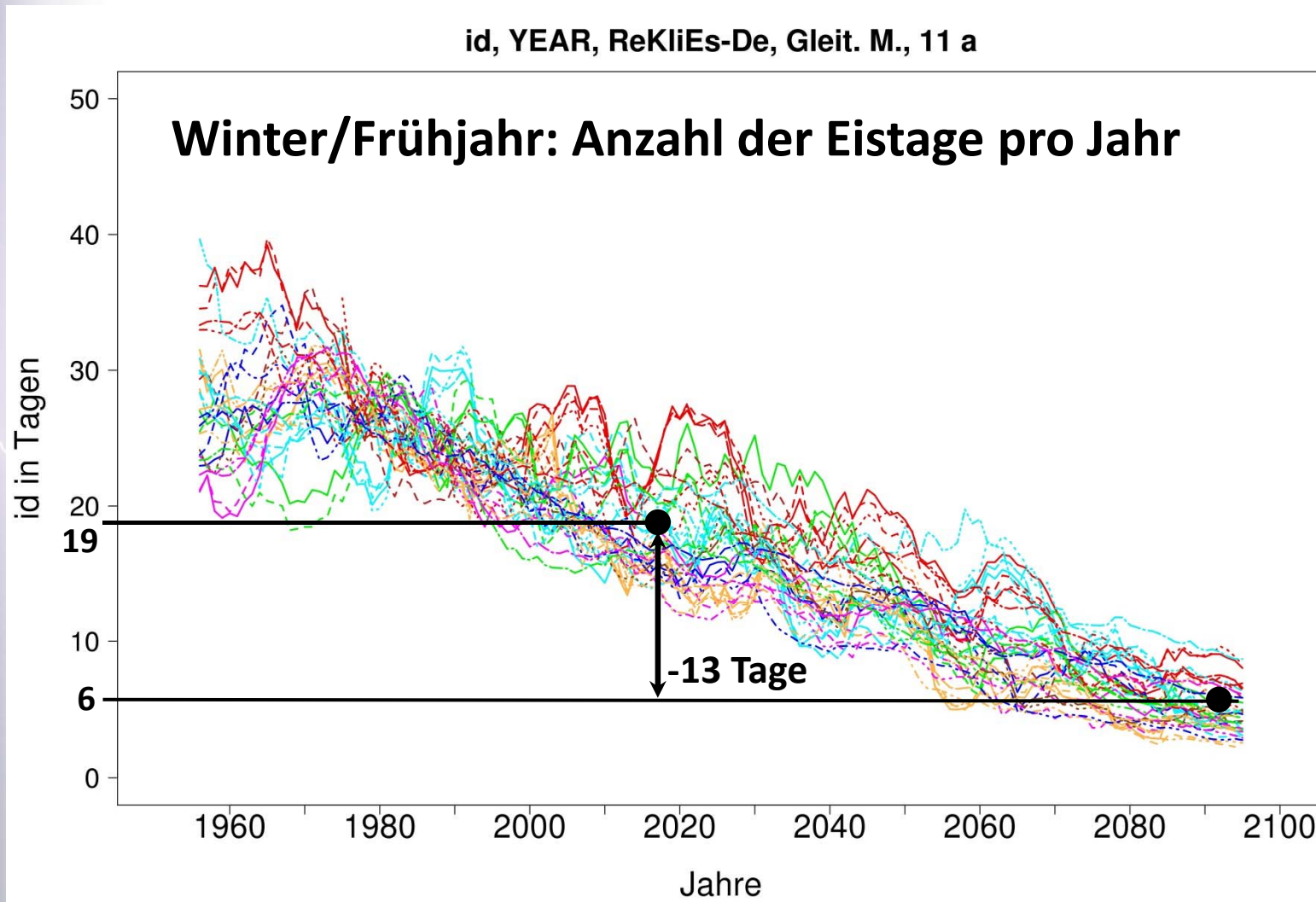




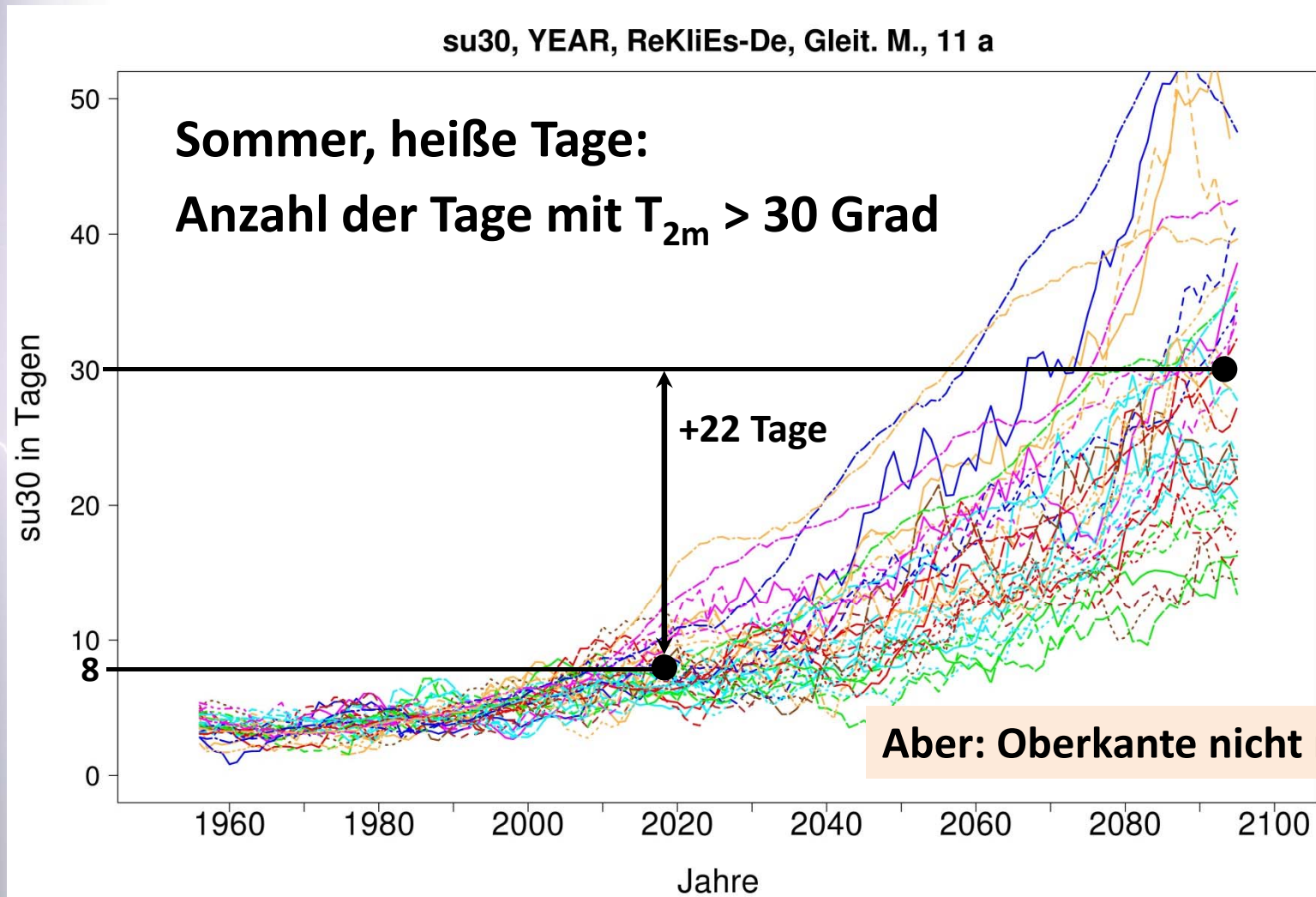
# Resultate in Bezug auf extreme Temperaturen, RCP8.5



# Resultate in Bezug auf extreme Temperaturen, RCP8.5



# Resultate in Bezug auf extreme Temperaturen, RCP8.5



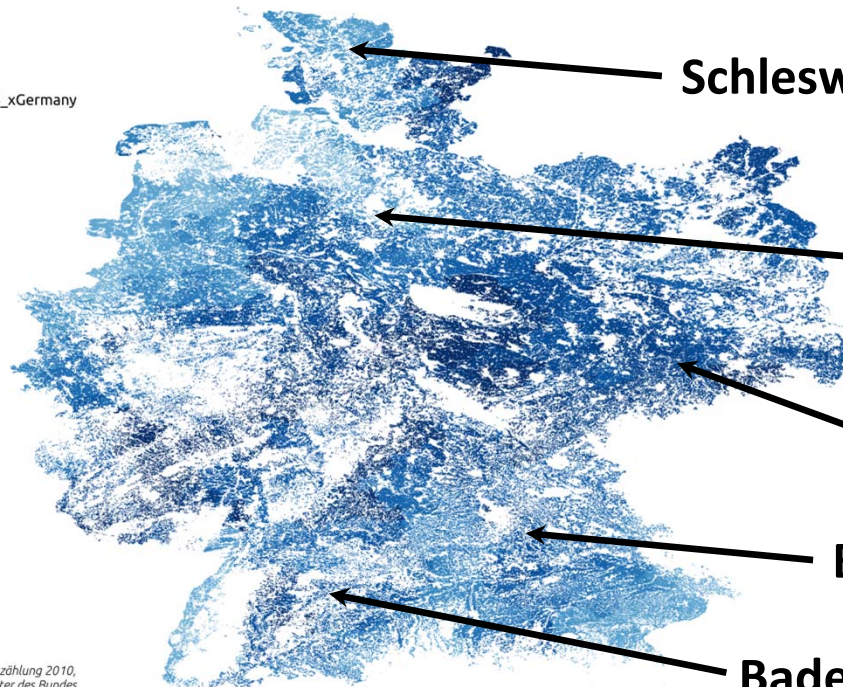
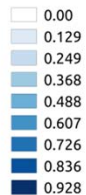
# Auswirkungen auf die Landwirtschaft

**Landwirtschaftlich genutzte Fläche in Deutschland: 50 %**

- **70 % Ackerfläche, > 50 % Getreide, > 50 % Winterweizen (etwa 31 Mha)**
- **Die wichtigste Agrarpflanze in Deutschland ist Winterweizen mit Ertrag von 80 dT/ha**
- **Wichtig sind die „Vernalisation“ des Weizens mit optimalen Bodentemperaturen von 0-3 Grad über etwa 40 Tage und einer lange Kornfüllungsperiode im Sommer.**

Frürräumende  
Kulturen 2010

EarlyShare\_100\_WGS84\_xGermany



**Schleswig-Holstein: 96.1 dT/ha**

**Niedersachsen: 80.7 dT/ha**

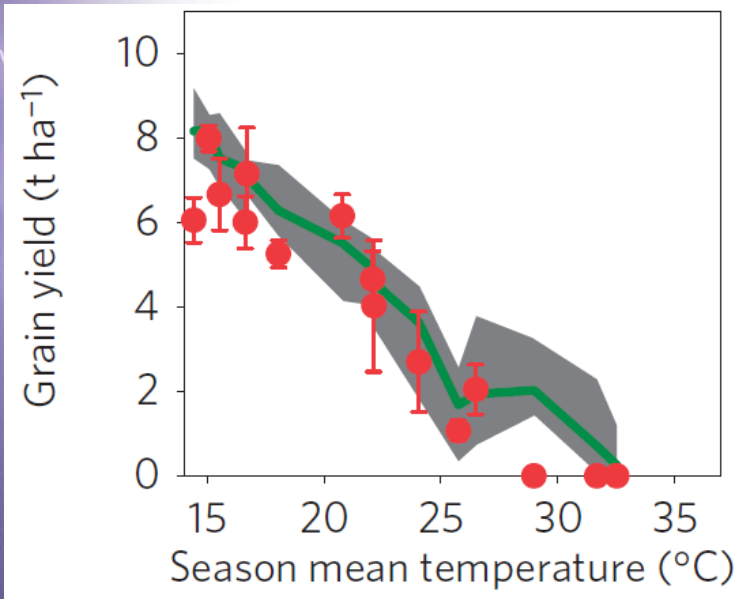
**Sachsen: 72.9 dT/ha**

**Bayern: 70.5 dT/ha**

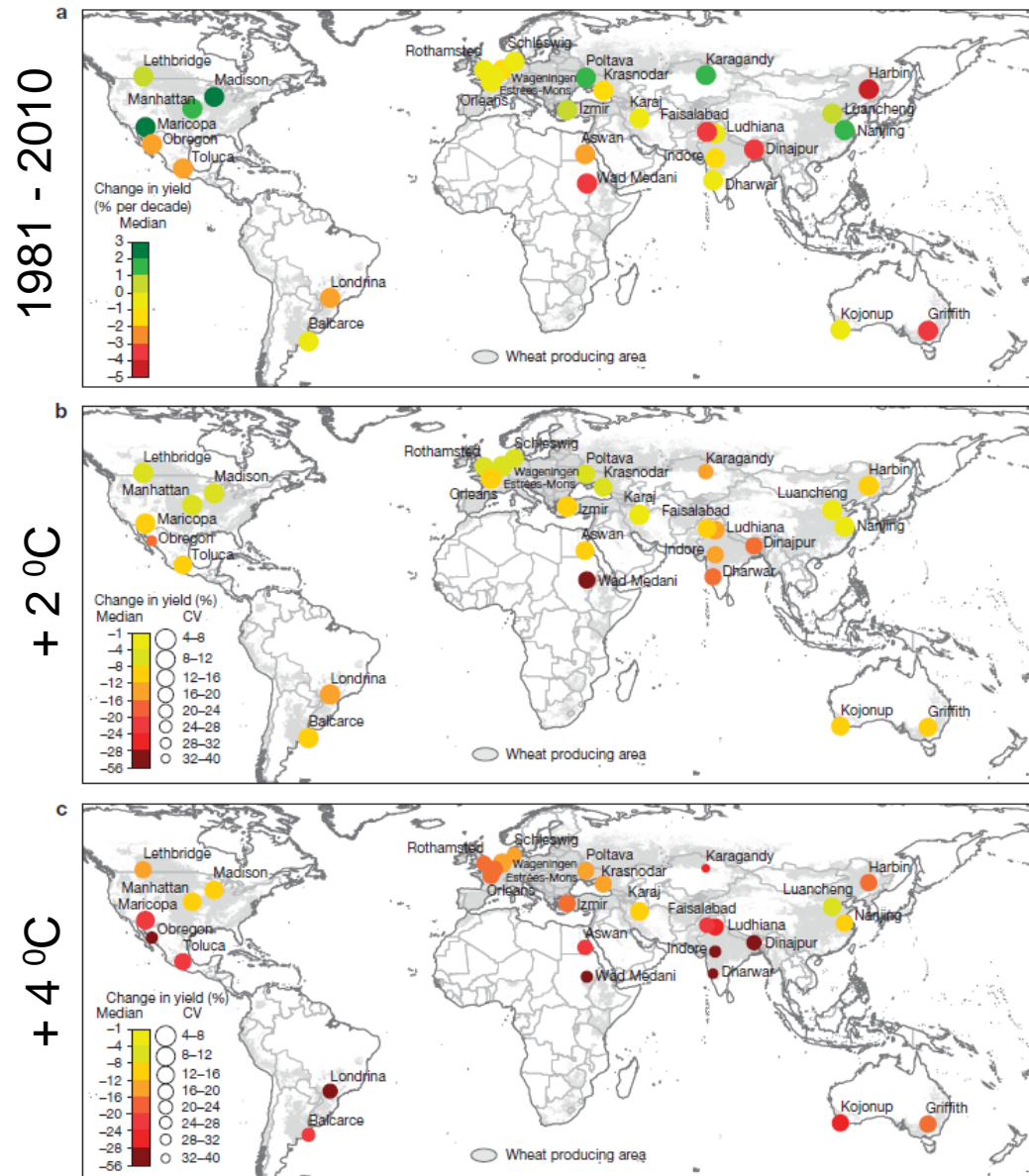
**Baden-Württemberg: 68.7 dT/ha**

Daten: Landwirtschaftszählung 2010,  
(Statistische Ämter des Bundes  
und der Länder)  
Kreiszugrenzen: © GeoBasis-DE / BKG 2014

# Temperaturanstieg hat einen negativen Einfluss auf die Weizenproduktion:



**Zu erwarten: Reduktion des Ertrags um 6%/K Temperaturanstieg.**



*Asseng et al. Nature Climate Change 2015*

# Zusammenfassung und Ausblick



- **Das ReKliEs-De-Ensemble ist ein Schatz für die Klimaforschung**
- **Die Bestimmung von Extremwerten ist wesentlich verlässlicher, besser räumlich aufgelöst und statistisch fundiert.**
- **Besonders dramatisch sind die Änderung beim RCP8.5-Szenario:**
  - **Signifikante Erhöhung der Winterniederschläge und der damit verbundenen Extrema -> größere Anzahl von Hochwassern**
  - **Starke Erniedrigung der Eis- und Frosttage im Winter**
  - **Abnahme der Niederschläge und deutliche Erhöhung der heißen Tage im Sommer**
- **Eine Adaption der Landwirtschaft unter diesen Bedingungen ist sehr schwierig und teuer. Sie sollte unbedingt vermieden werden.**
- **Die Resultate bestätigen die dringende Notwendigkeit, das RCP2.6-Szenario zu realisieren.**