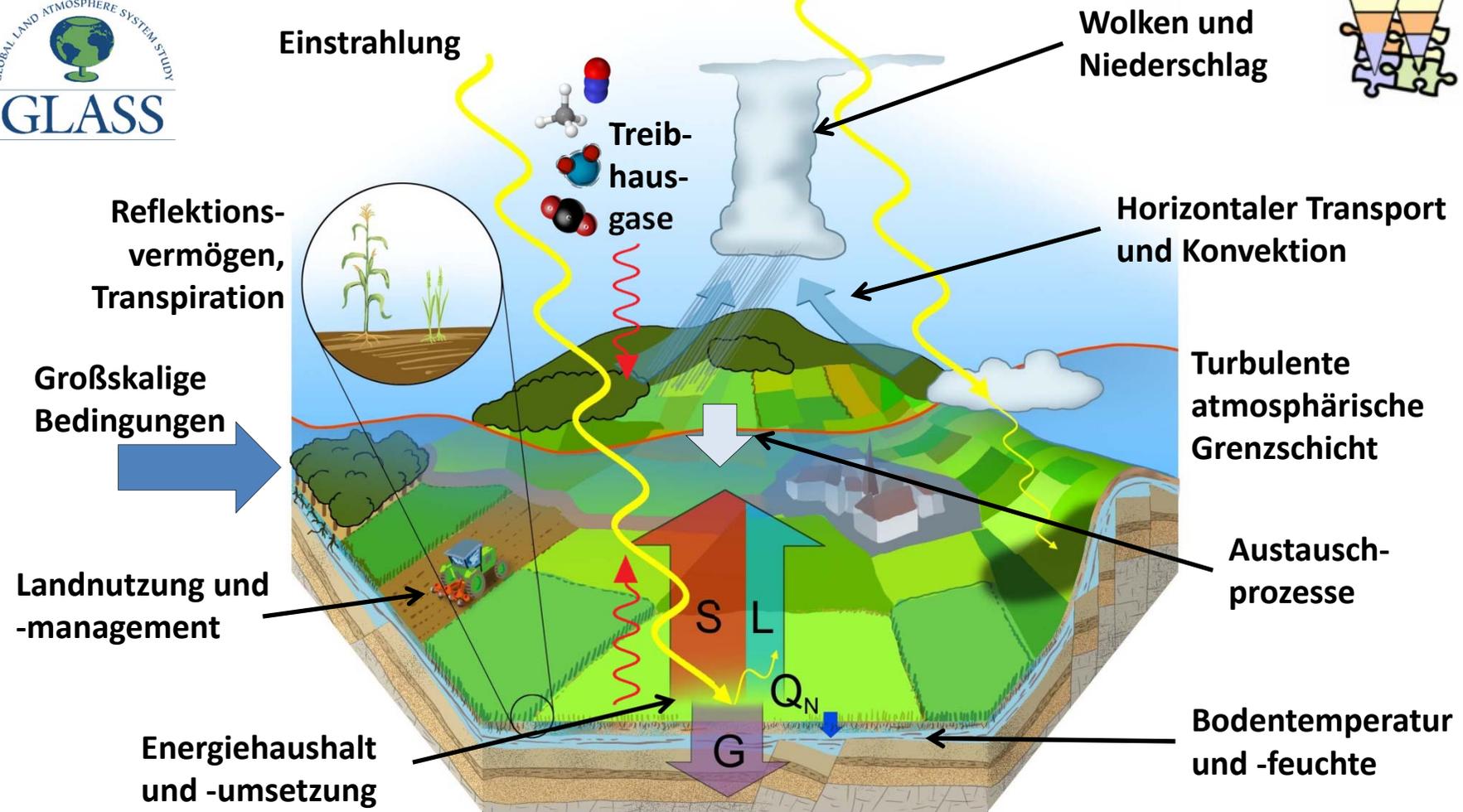


Das Landsystem



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>

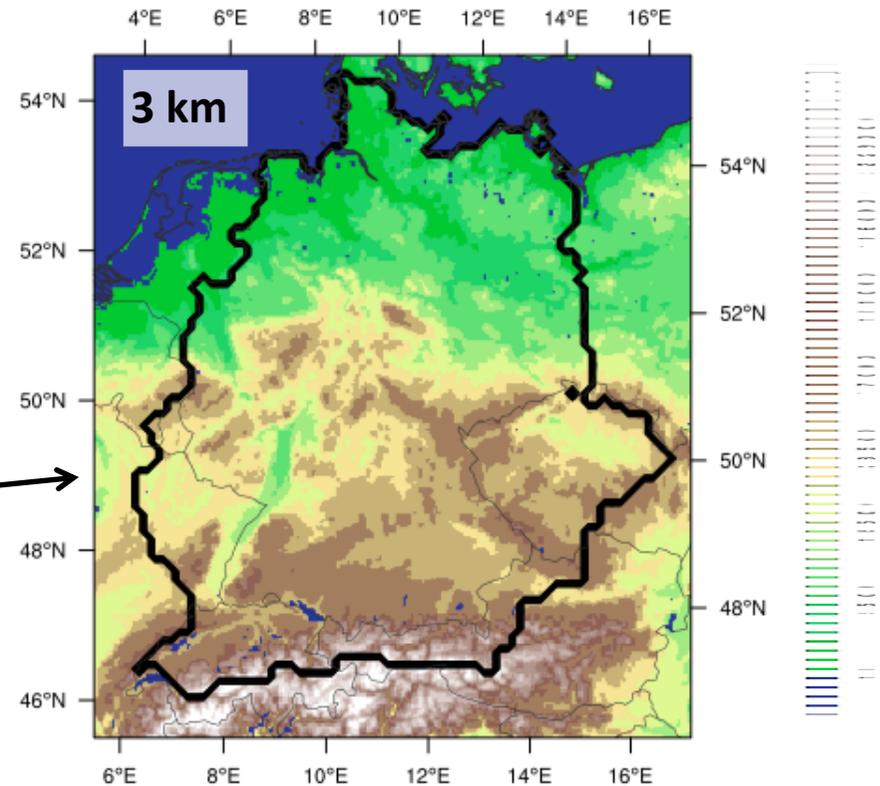
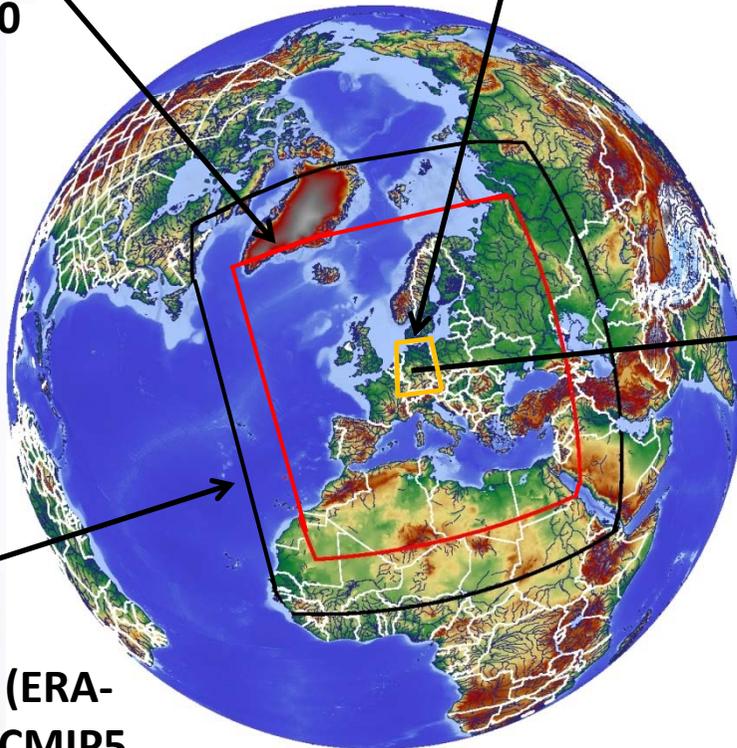
- 1) Die Kette globale-regionale Modellierung
- 2) Mehrwert der regionalen Modelle
- 3) Extremwertstatistik:
 - Niederschläge
 - Temperaturen
- 4) Beispiel: Auswirkung auf die Landwirtschaft
- 5) Zusammenfassung und Ausblick

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)**

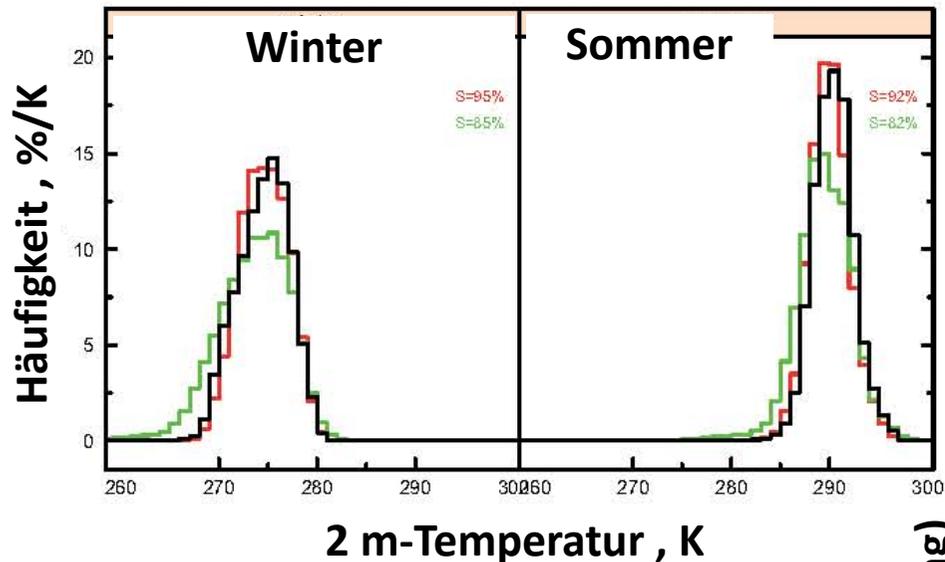


**Heterogenitäten und Rückkopplungen werden
gut aufgelöst ab 12 km, erstrebenswert < 3 km.**

*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

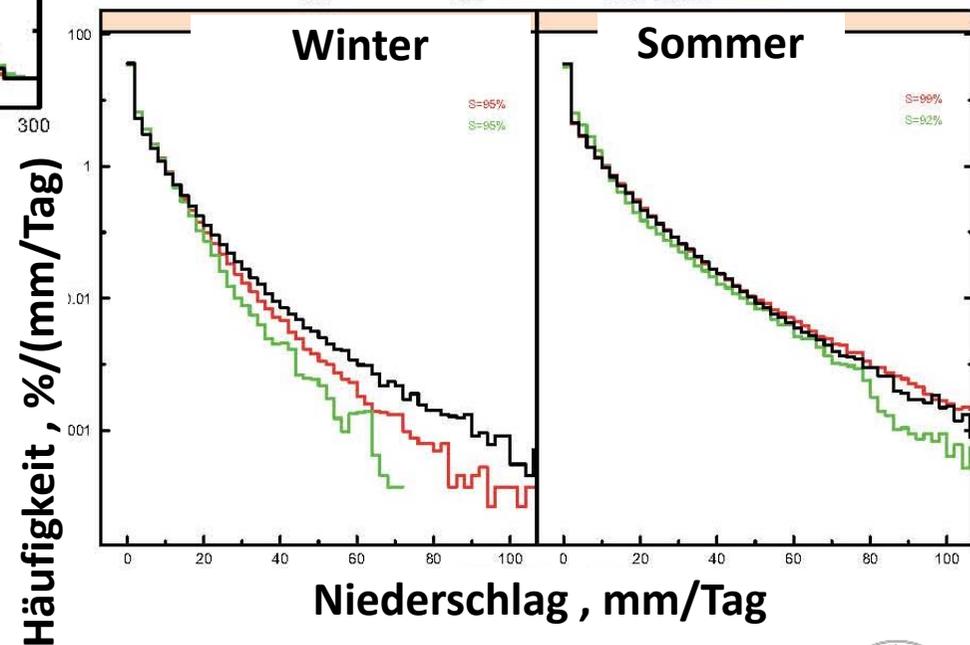


Ivanov et al. TAC 2017a, 2017b

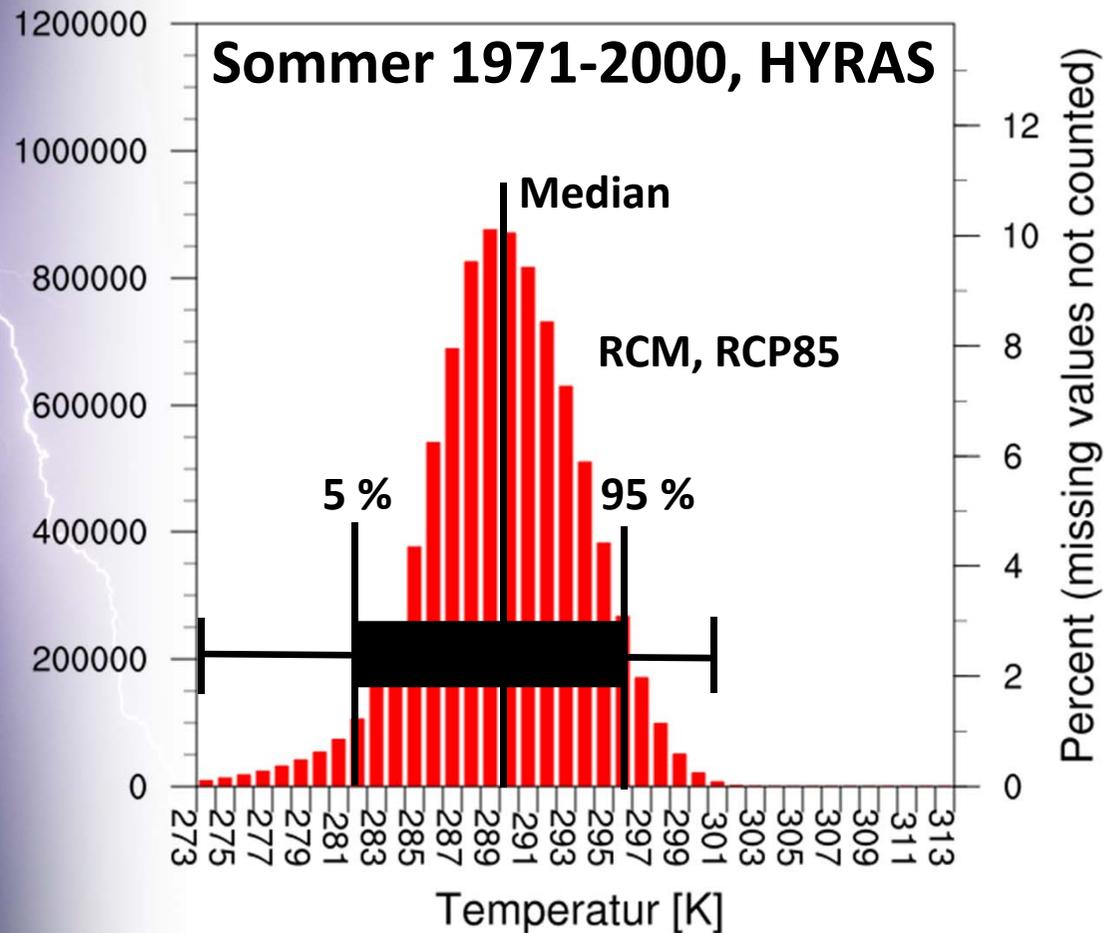
Sehr gute Übereinstimmung mit Beobachtungen bei 12 km-Auflösung, sogar besser als Reanalyse.

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

Häufigkeitsverteilung Niederschlag



Vorgehensweise: Analyse extremer Ereignisse

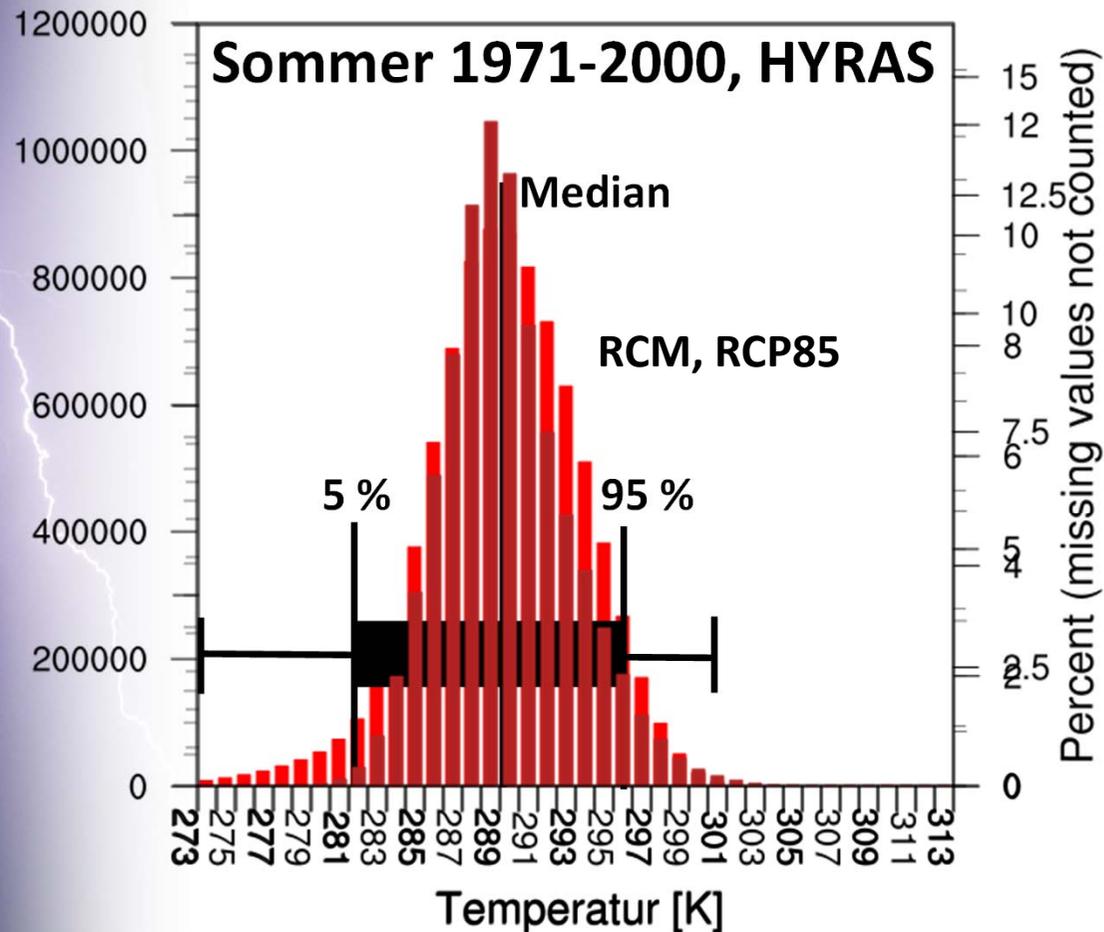


**Weitere
Temperaturkennzahlen
aus Zeitreihen von
 T_{\min} und T_{\max} :**

- Eistage
- Frosttage
- Hitzetage

**mit Biaskorrektur für
jedes einzelne Modell.**

Vorgehensweise: Analyse extremer Ereignisse

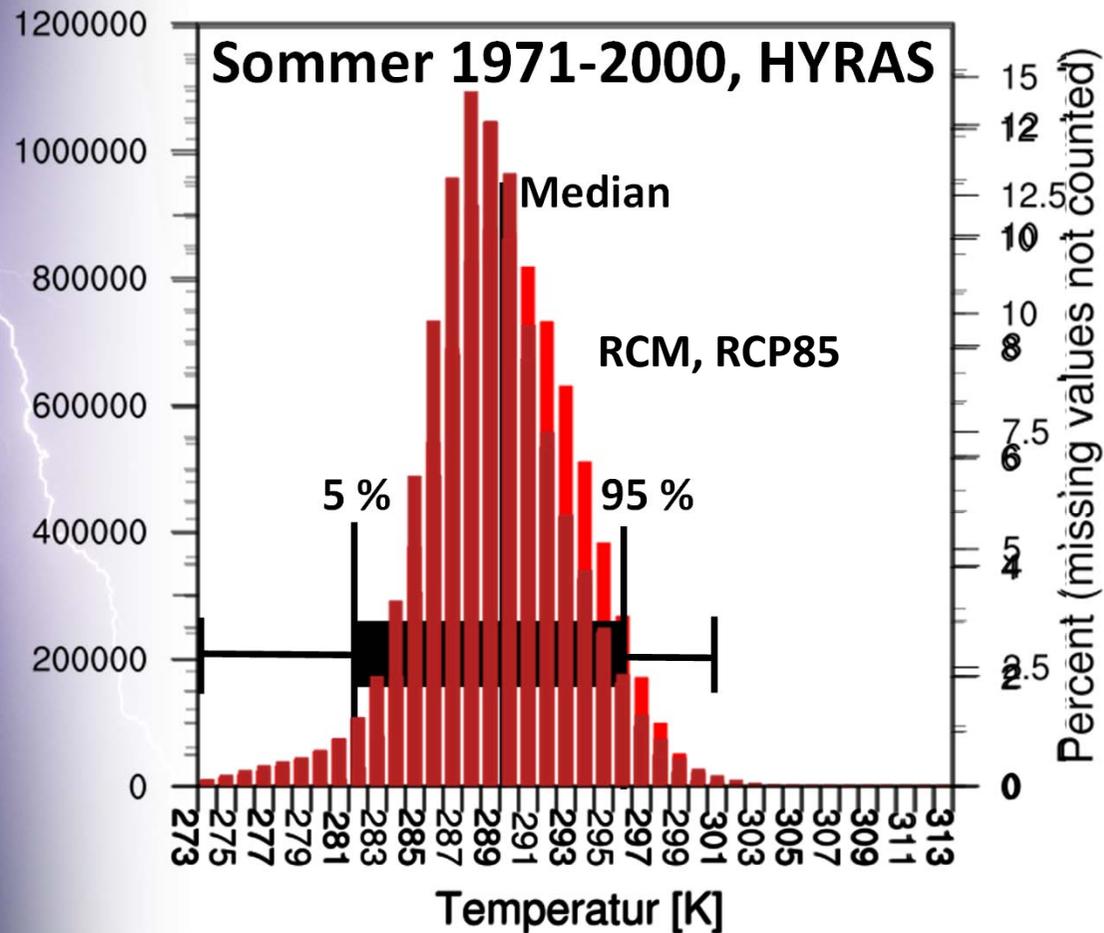


**Weitere
Temperaturkennzahlen
aus Zeitreihen von
 T_{\min} und T_{\max} :**

- Eistage
- Frosttage
- Hitzetage

**mit Biaskorrektur für
jedes einzelne Modell.**

Vorgehensweise: Analyse extremer Ereignisse

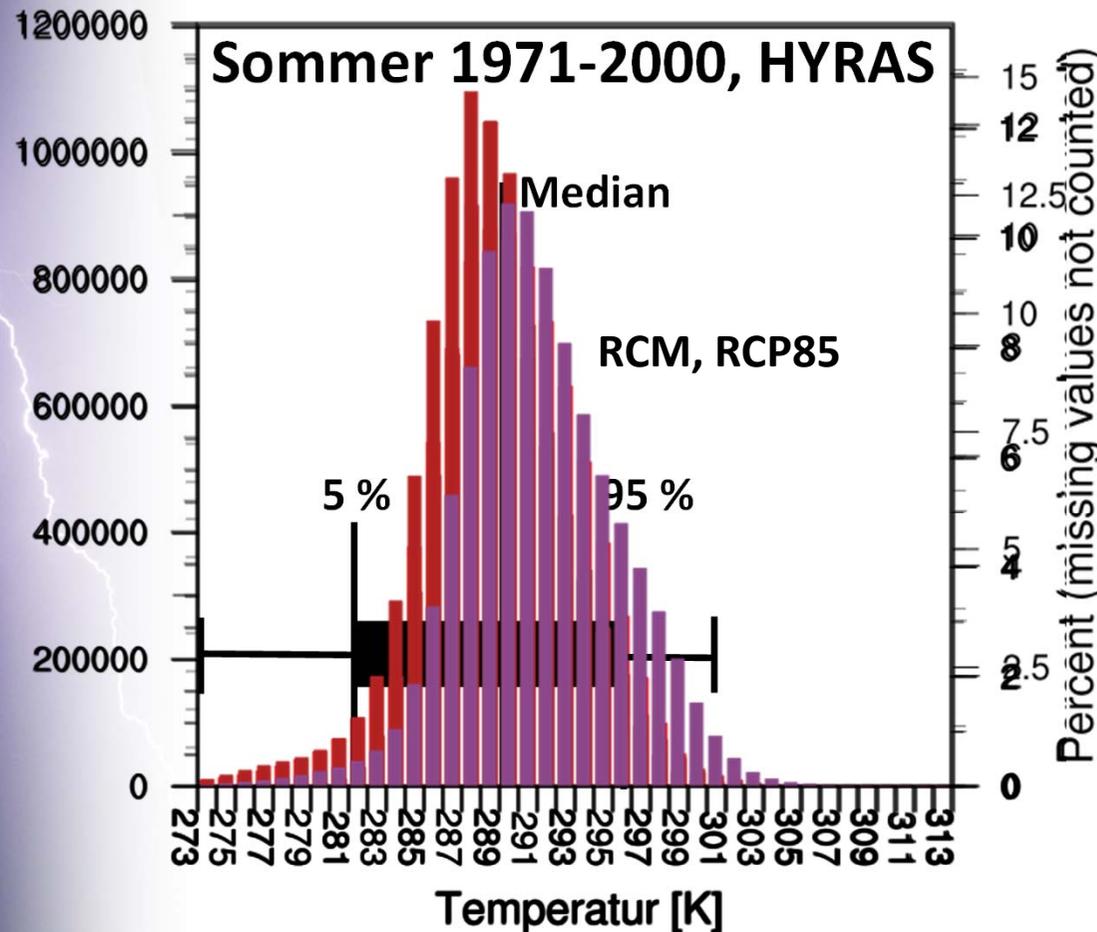


**Weitere
Temperaturkennzahlen
aus Zeitreihen von
 T_{\min} und T_{\max} :**

- Eistage
- Frosttage
- Hitzetage

**mit Biaskorrektur für
jedes einzelne Modell.**

Vorgehensweise: Analyse extremer Ereignisse



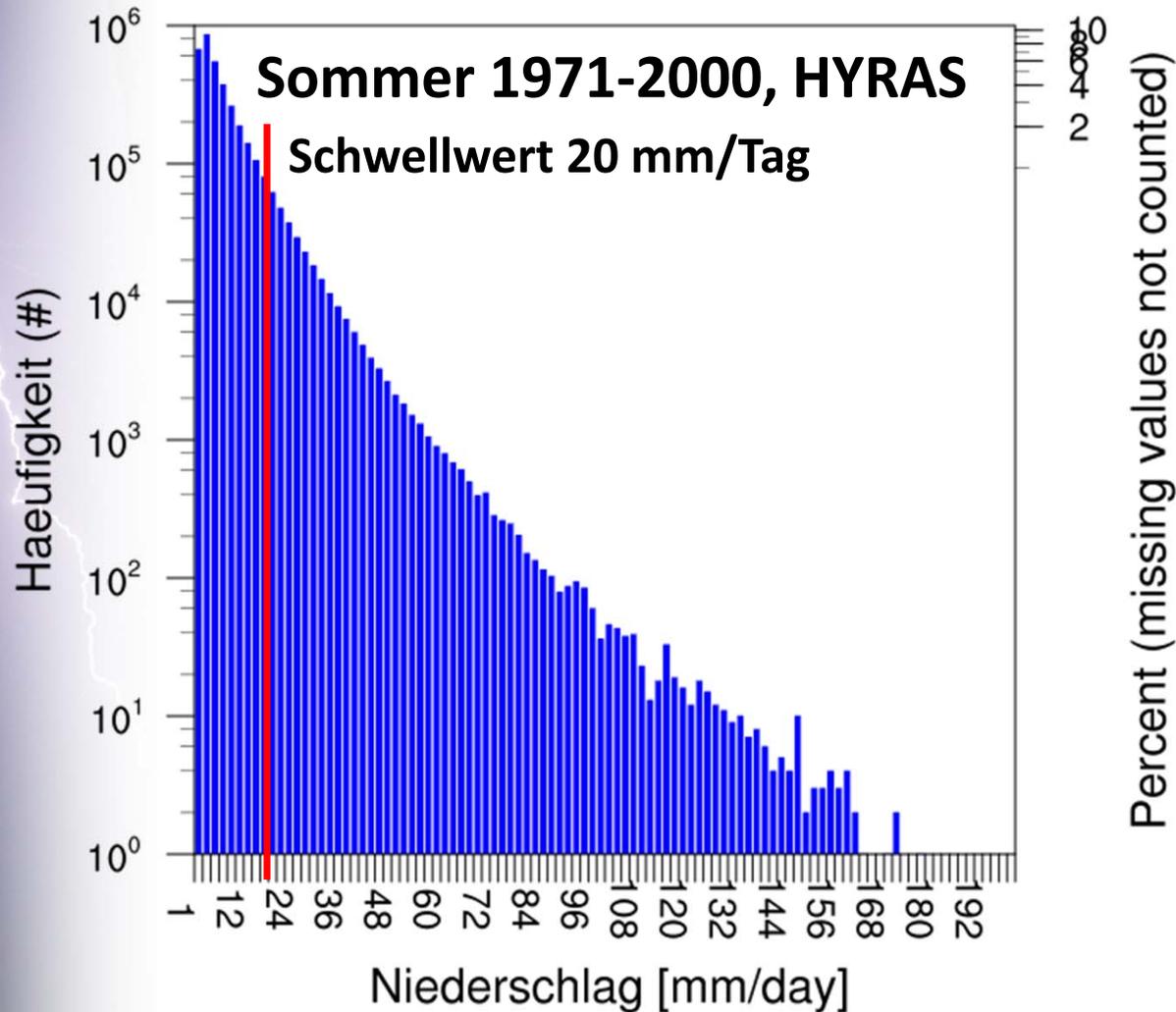
**Weitere
Temperaturkennzahlen
aus Zeitreihen von
 T_{\min} und T_{\max} :**

- Eistage
- Frosttage
- Hitzetage

**mit Biaskorrektur für
jedes einzelne Modell.**

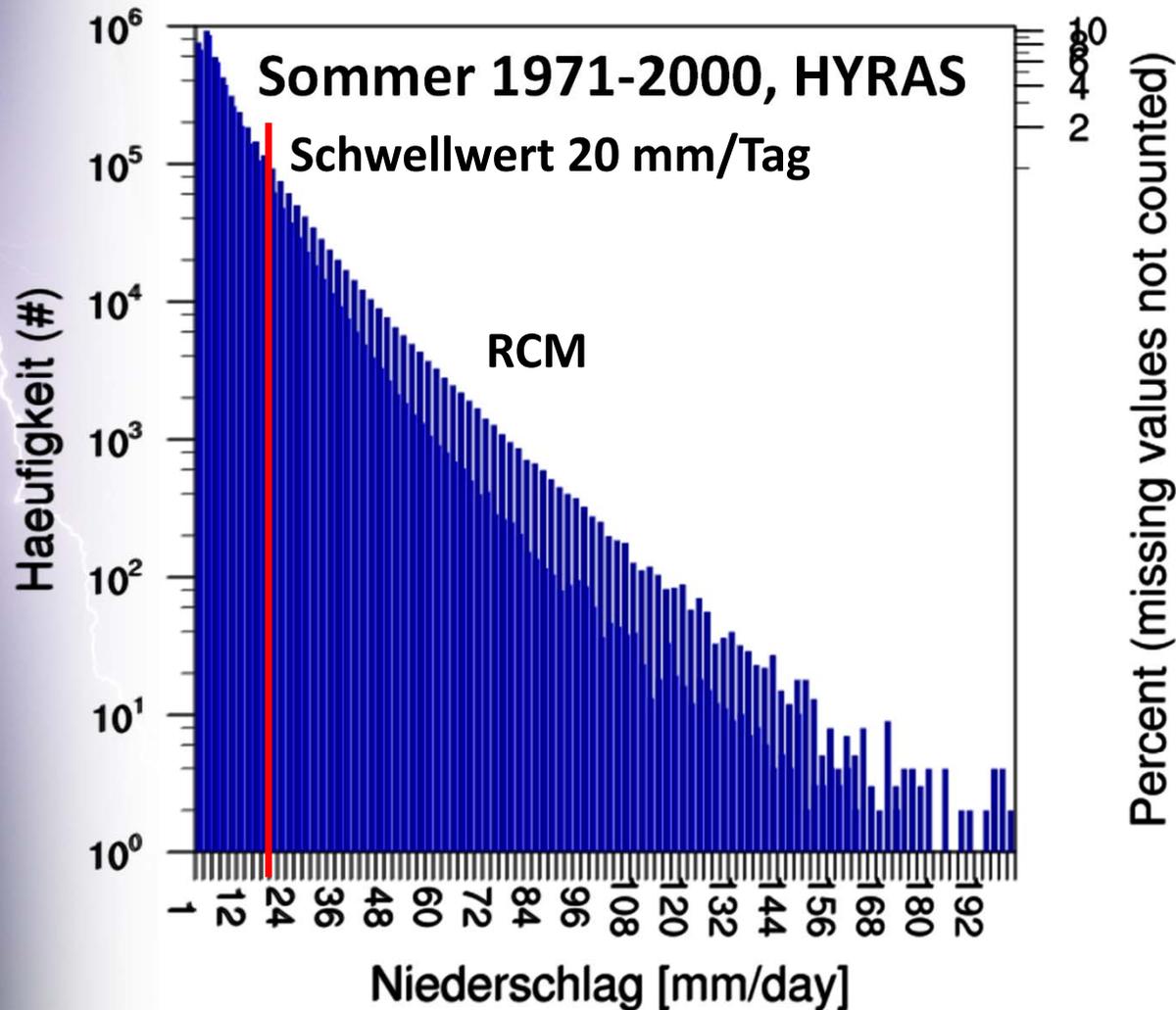
Eine Verschiebung der Verteilung durch den Klimawandel resultiert in einer nichtlinearen Zunahme der Häufigkeit extremer Temperaturen.

Vorgehensweise: Analyse extremer Ereignisse



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

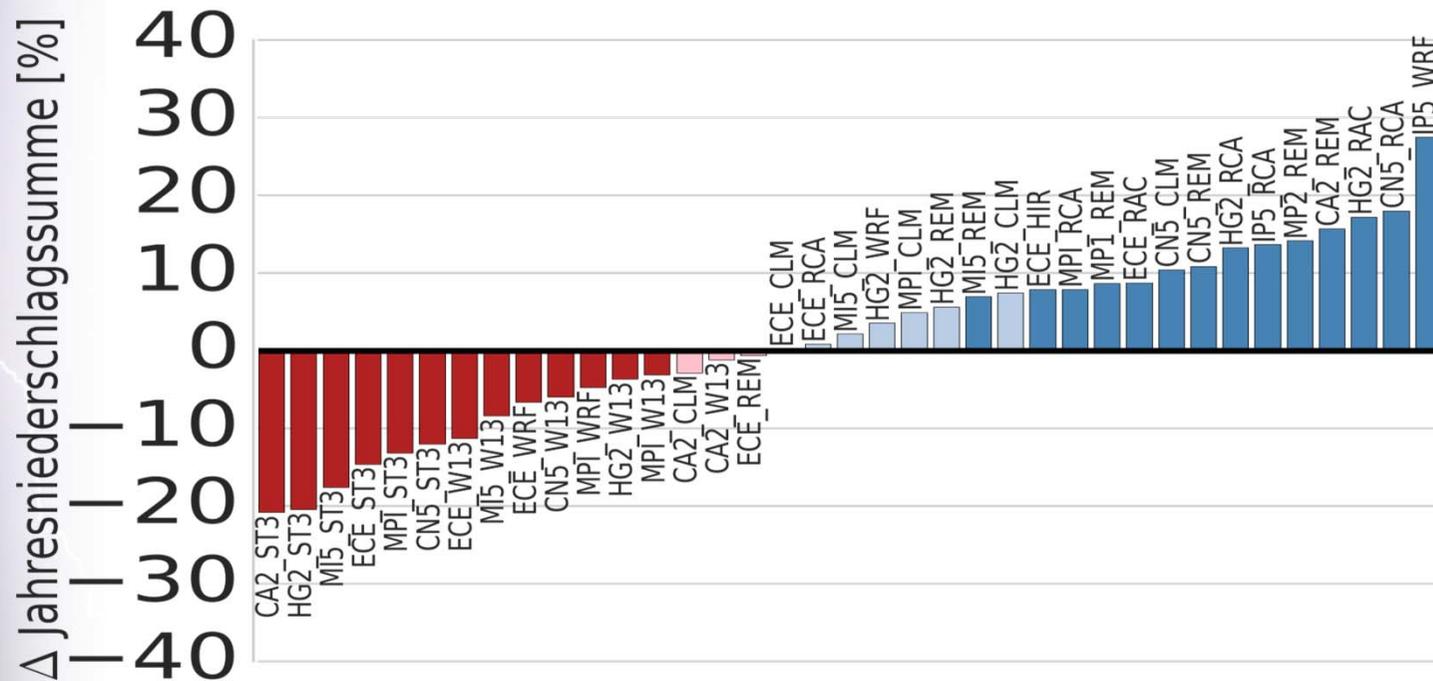
Vorgehensweise: Analyse extremer Ereignisse



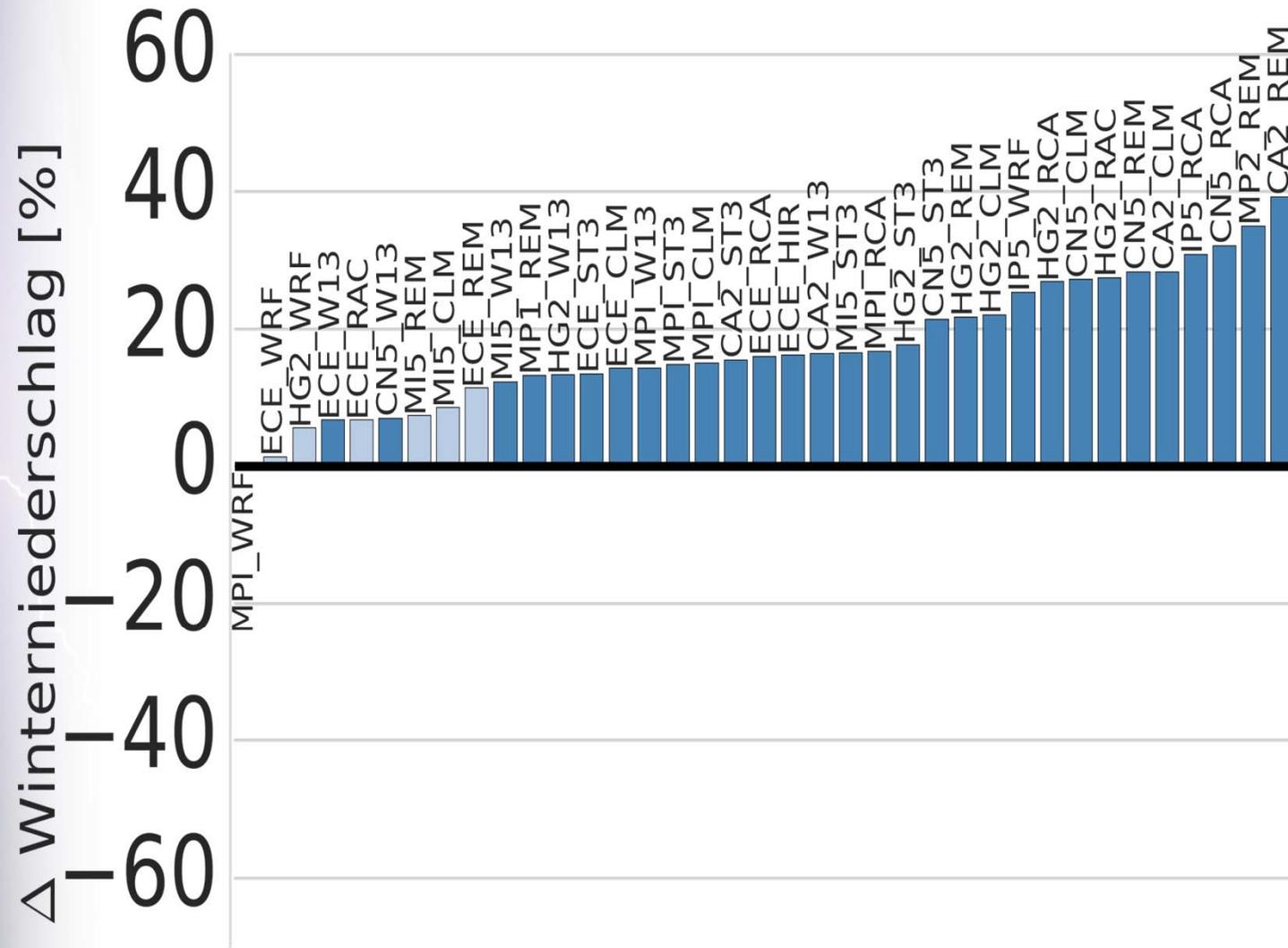
**Auch hier Bias-
korrektur der
Anzahl der
Ereignisse für
jedes einzelne
Modell.**

Resultate: Niederschlag, RCP8.5

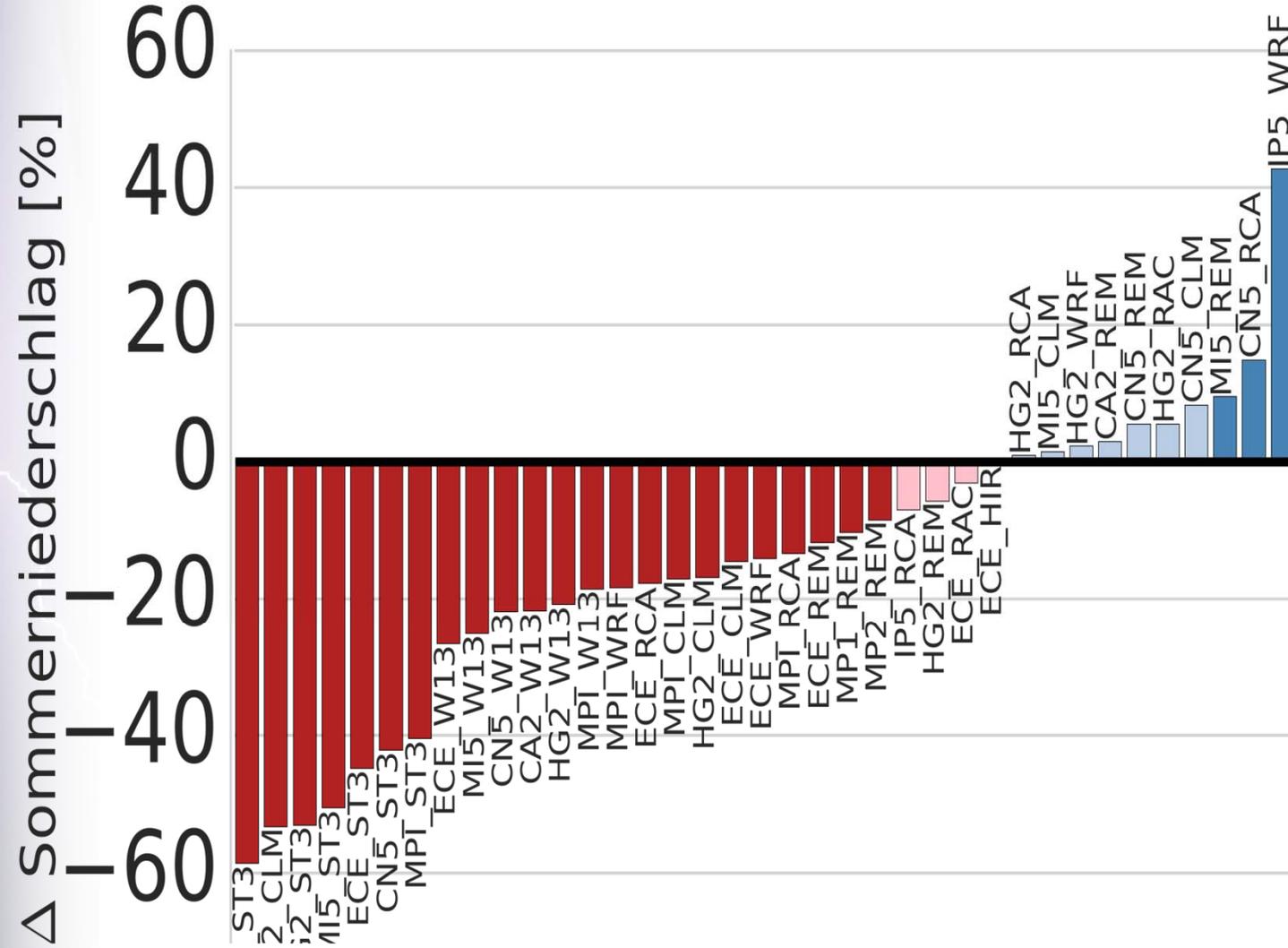
rcp85, Deutschland



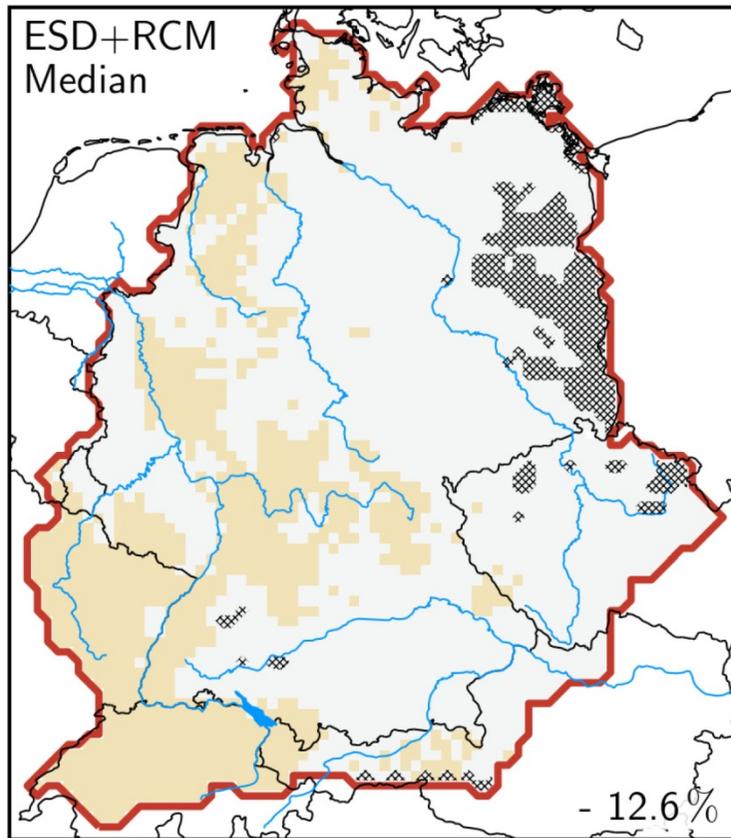
Resultate: Niederschlag, RCP8.5



Resultate: Niederschlag, RCP8.5



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



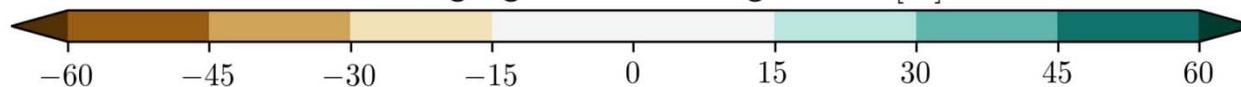
Südwest-Nordost-Gradient in der Niederschlags-entwicklung durch mediterranen Einfluß.

Kleinräumige konvektive Niederschläge nicht genau erfasst aber Zunahme unwahrscheinlich.

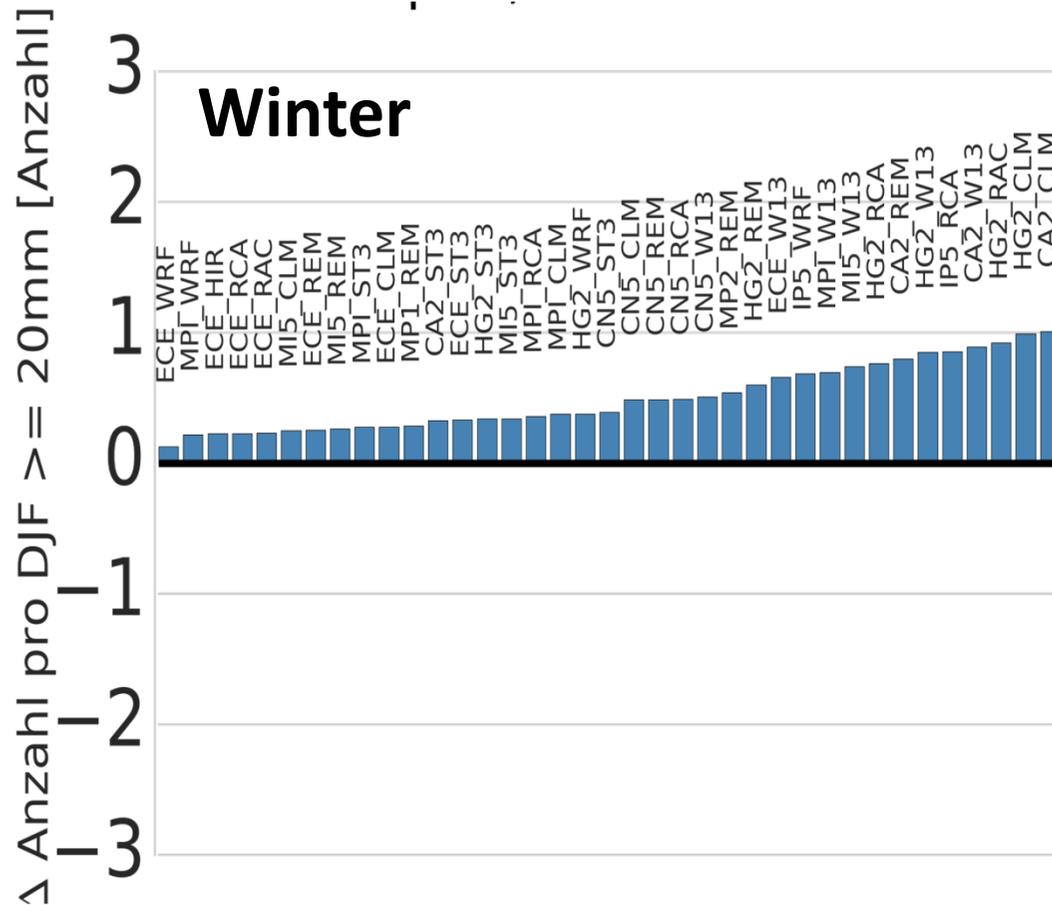
Im Winter Südost-Nordwest-Gradient.

(i) Median

Änderungssignal Niederschlagssumme [%]



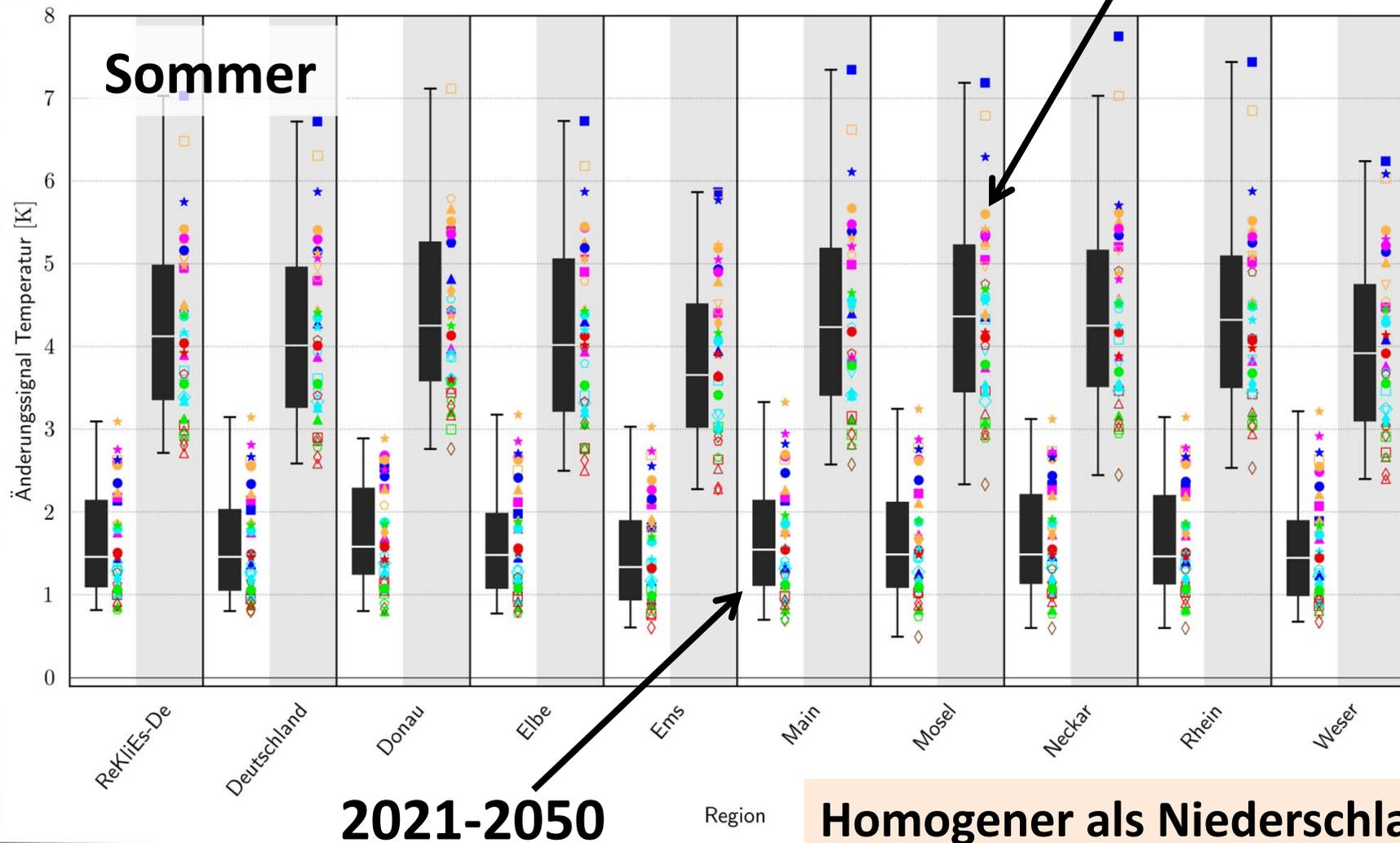
Aussagen zu Extrema des Niederschlags, RCP8.5



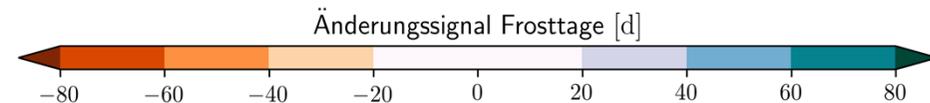
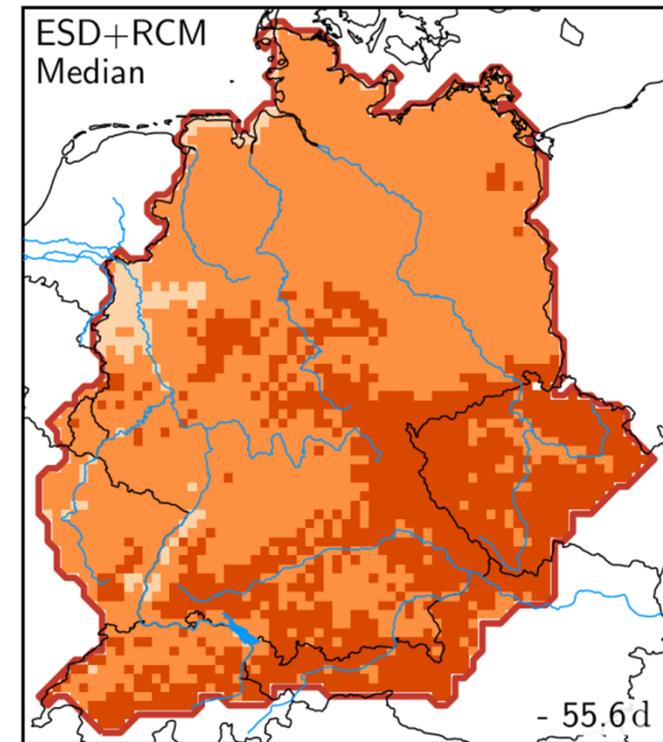
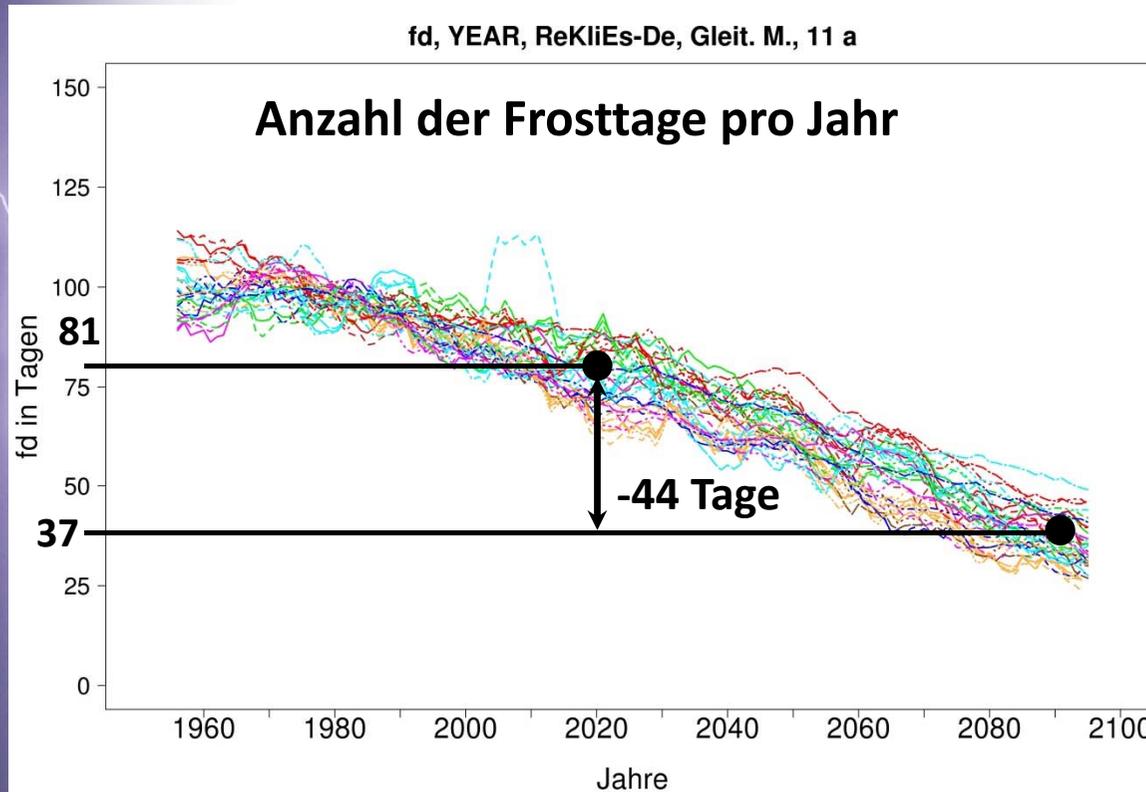
Zunahme der Tage mit Niederschlägen > 20 mm konsistent mit Niederschlagszunahme, aber genaue Anzahl unsicher.

Resultate: 2 Meter-Temperatur, RCP8.5

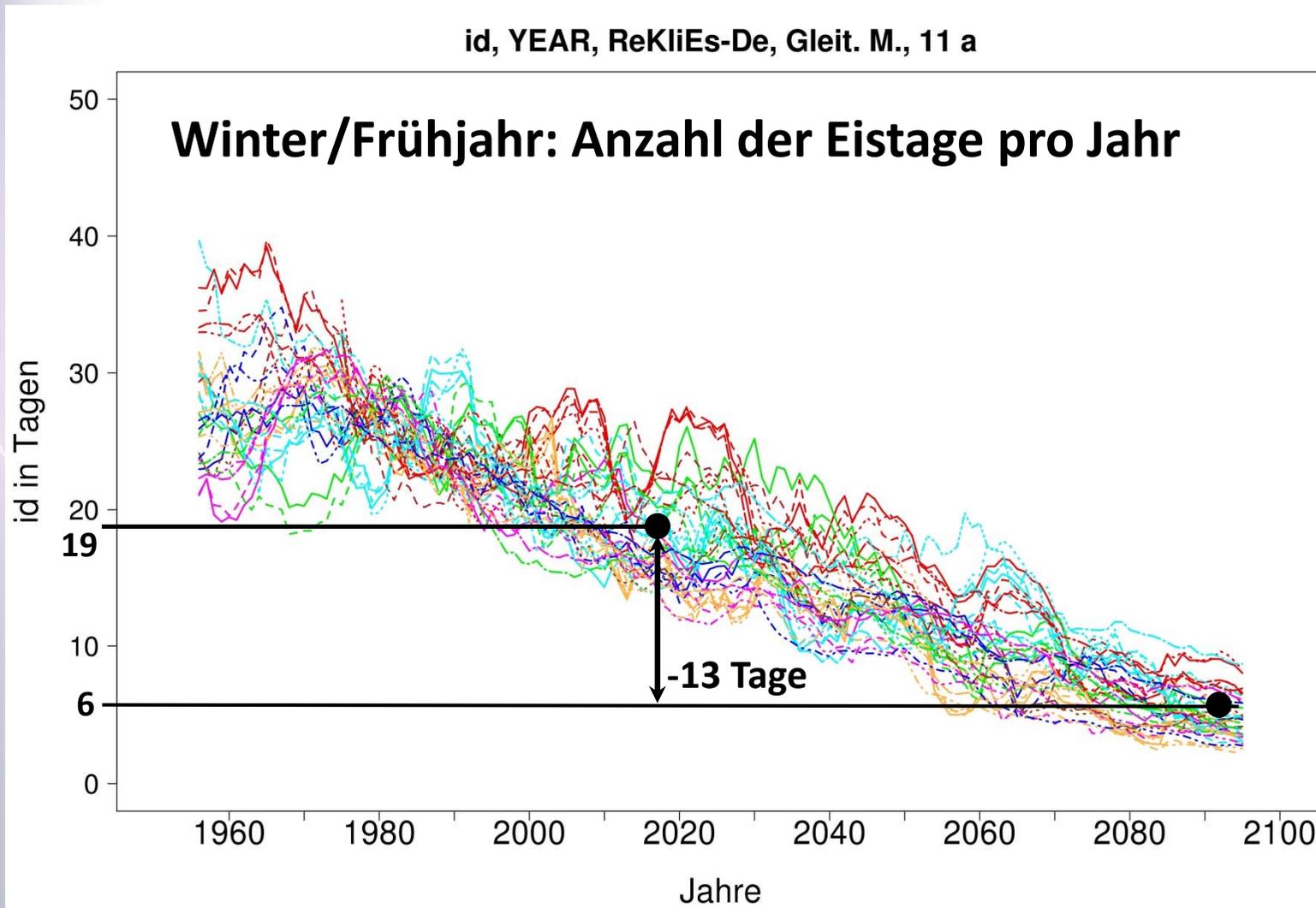
2071-2100



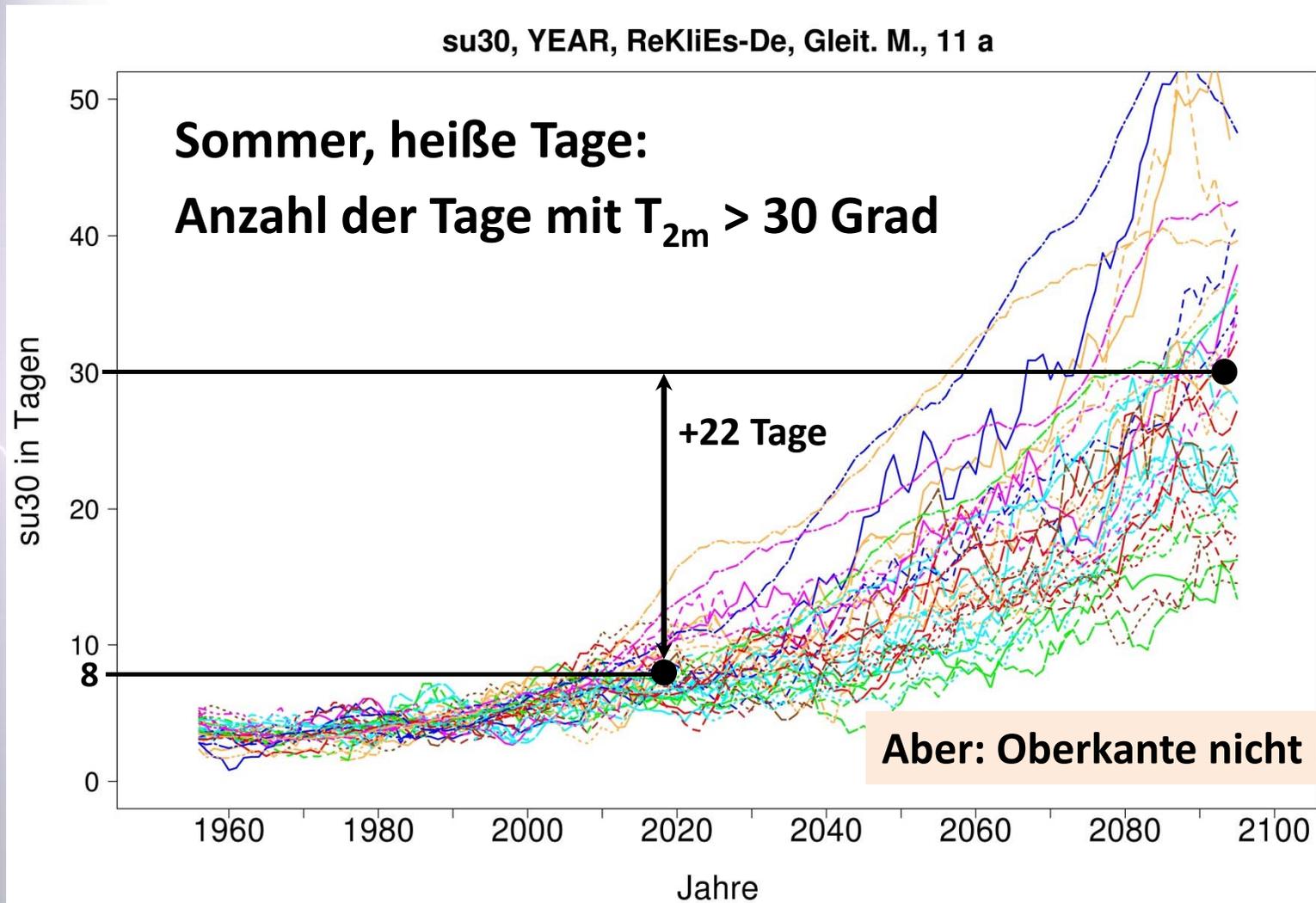
Resultate in Bezug auf extreme Temperaturen, RCP8.5



Resultate in Bezug auf extreme Temperaturen, RCP8.5



Resultate in Bezug auf extreme Temperaturen, RCP8.5



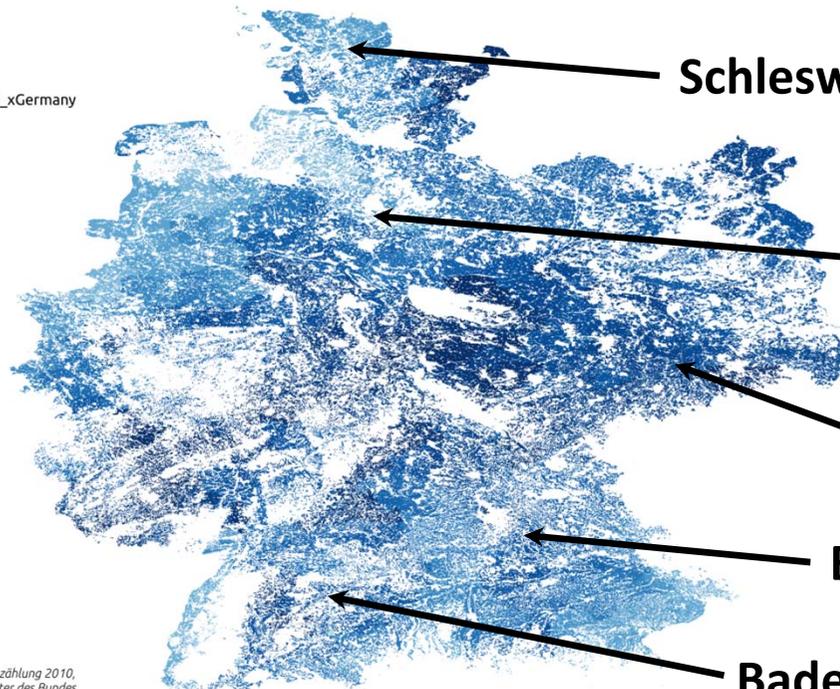
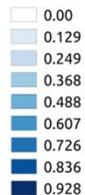
Auswirkungen auf die Landwirtschaft

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

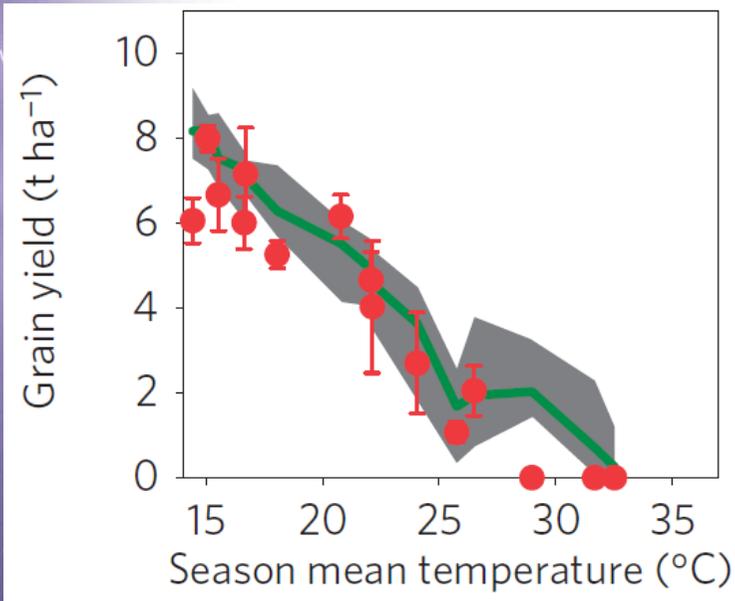
Sachsen: 72.9 dT/ha

Bayern: 70.5 dT/ha

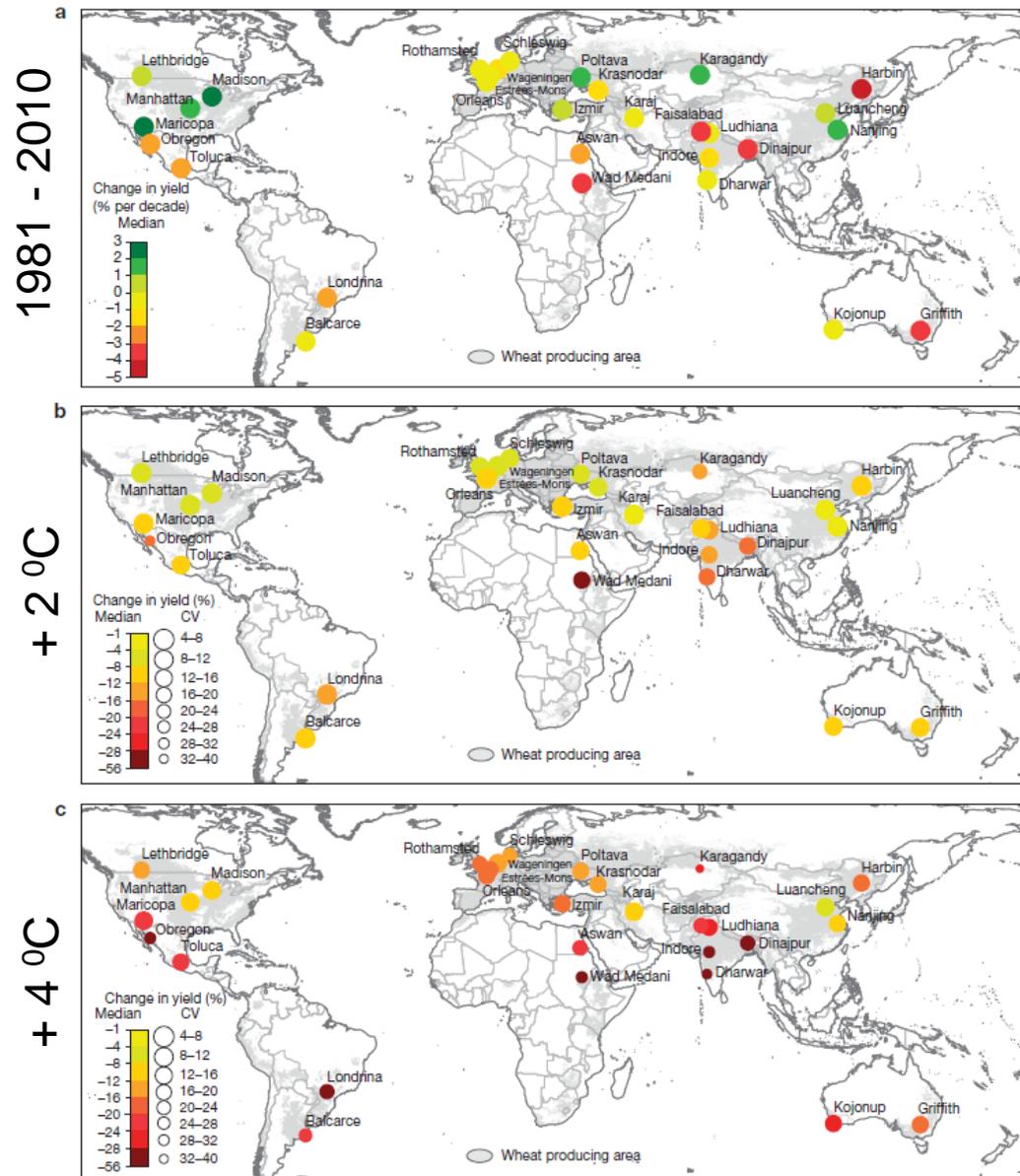
Baden-Württemberg: 68.7 dT/ha

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.**