

Das Klima der Zukunft

Mittlere Änderungssignale



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Dr. Christian Steger
Deutscher Wetterdienst
Zentrales Klimabüro

Wie wird sich das Klima in Deutschland im Laufe des Jahrhunderts verändern?

Wie wird sich das Klima in Deutschland im Laufe des Jahrhunderts verändern?

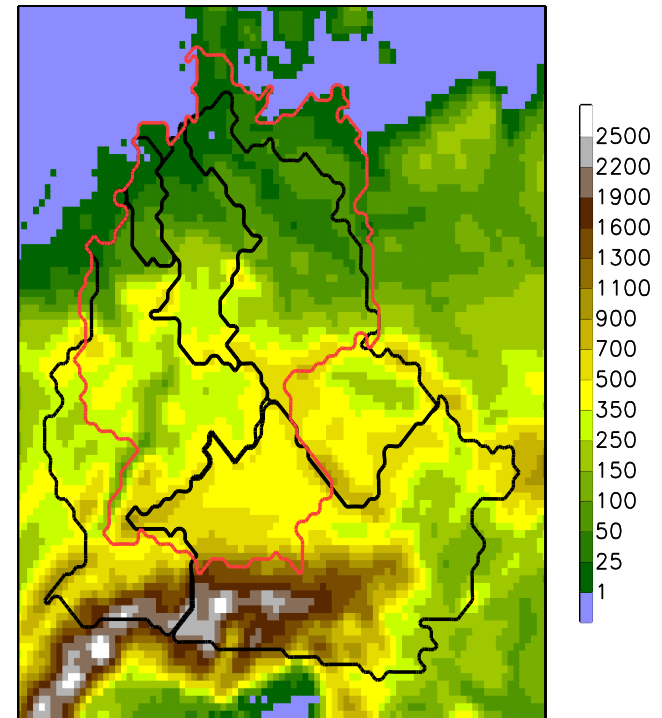
Mittlere Änderungen: C. Steger

Extremwerte Temperatur: C. Menz

Extremwerte Niederschlag: K. Bülow

Einführung:

- Gebiet: ReKliEs-De Gebiet, Deutschland, Flusseinzugsgebiete



Einführung:

- Gebiet: ReKliEs-De Gebiet, Deutschland, Flusseinzugsgebiete
- Szenarien: RCP2.6 und RCP8.5

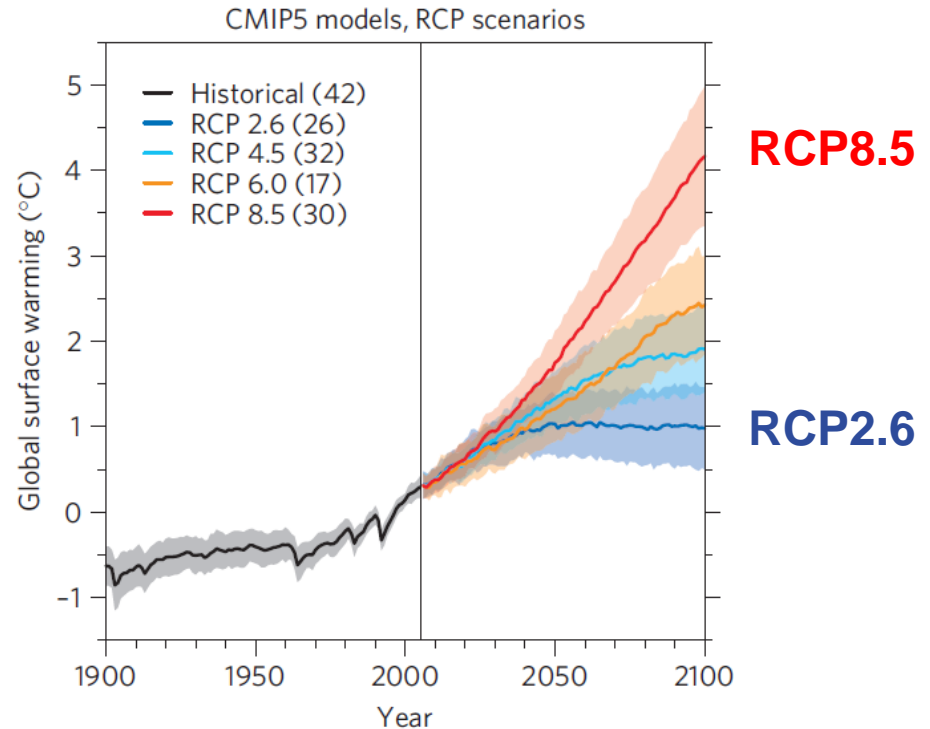
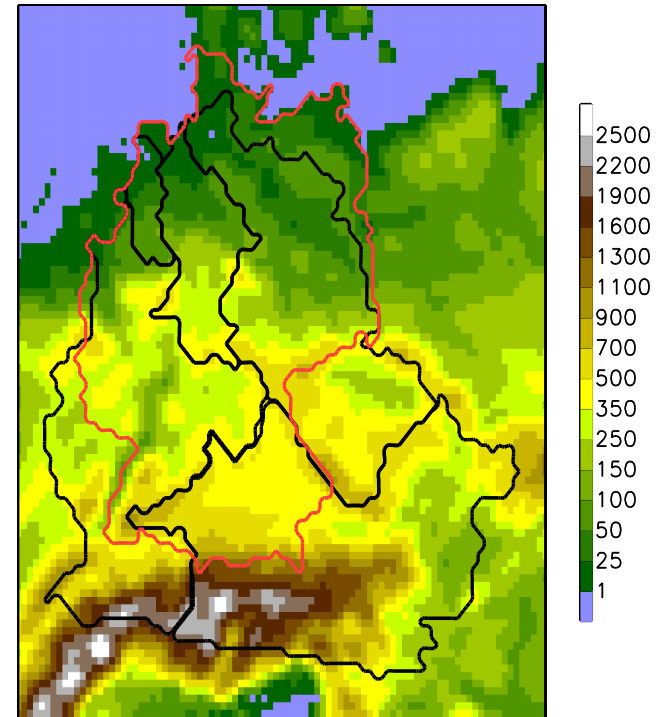


Abbildung aus Knutti and Sedlacek (2013): Robustness and uncertainties in the new CMIP5 climate model projections. Nature Climate Change (3)

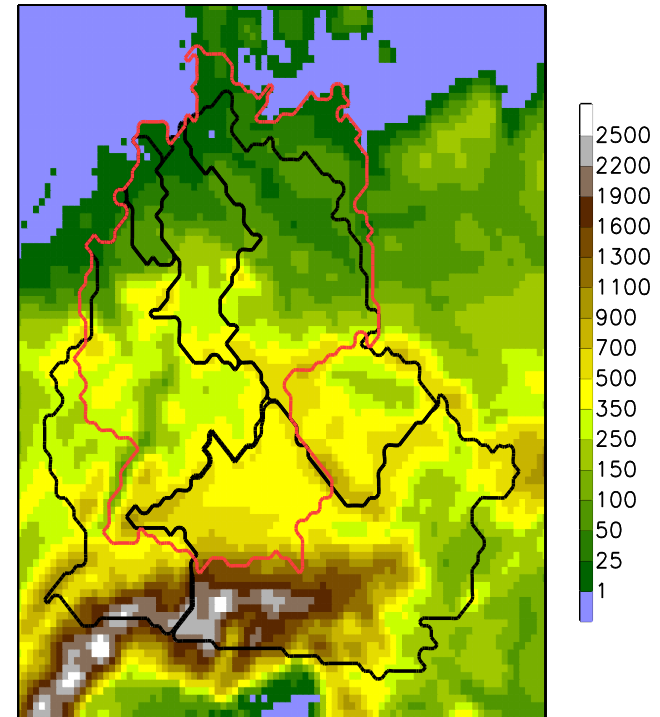
Einführung:

- ➔ Gebiet: ReKliEs-De Gebiet, Deutschland, Flusseinzugsgebiete
- ➔ Szenarien: RCP2.6 und RCP8.5
- ➔ Referenzperiode: **1971-2000**
- ➔ Zielperioden: **2021-2050 und 2071-2100**



Einführung:

- Gebiet: ReKliEs-De Gebiet, Deutschland, Flusseinzugsgebiete
- Szenarien: RCP2.6 und RCP8.5
- Referenzperiode: 1971-2000
- Zielperioden: 2021-2050 und 2071-2100
- **Größen: 24 Indizes in verschiedenen zeitlichen Auflösungen**
 - **Mittelwerte**
 - **Extremwerte**
 - **Andauerwerte**



Gliederung:

1. **Datenbasis**
2. Niederschlag
3. Temperatur
4. Einfluss Global- und Regionalmodell
5. Wind und Strahlung
6. Take away: Kernbotschaften

Datenbasis EURO-CORDEX

	CCLM (RCM)	REMO (RCM)	WRF (RCM)			RCA4 (RCM)	RACMO (RCM)	HIRHAM5 (RCM)
EC-EARTH RCP 2.6	EURO-CORDEX					EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX
HadGEM2-ES RCP 2.6						EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	
MPI-ESM-LR RCP 2.6		2 EURO-CORDEX				EURO-CORDEX		
CNRM-CM5 RCP 8.5	EURO-CORDEX					EURO-CORDEX		
EC-EARTH RCP 8.5	EURO-CORDEX					EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX
HadGEM2-ES RCP 8.5	EURO-CORDEX					EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	
IPSL-CM5A RCP8.5			EURO-CORDEX			EURO-CORDEX		
MPI-ESM-LR RCP8.5	EURO-CORDEX	2 EURO-CORDEX	EURO-CORDEX			EURO-CORDEX		

9

16

Datenbasis EURO-CORDEX + ReKliEs-De

	CCLM (RCM)	REMO (RCM)	WRF (RCM)	WR13 (ESD)	STARS3 (ESD)	RCA4 (RCM)	RACMO (RCM)	HIRHAM5 (RCM)
EC-EARTH RCP 2.6	EURO-CORDEX				ReKliEs	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX
HadGEM2-ES RCP 2.6					ReKliEs	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	
MPI-ESM-LR RCP 2.6	ReKliEs	2 EURO-CORDEX	ReKliEs	ReKliEs	ReKliEs	EURO-CORDEX		
CanESM2 RCP 8.5	ReKliEs	ReKliEs		ReKliEs	ReKliEs			
CNRM-CM5 RCP 8.5	EURO-CORDEX	ReKliEs		ReKliEs	ReKliEs	EURO-CORDEX		
EC-EARTH RCP 8.5	EURO-CORDEX	ReKliEs	ReKliEs	ReKliEs	ReKliEs	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX
HadGEM2-ES RCP 8.5	EURO-CORDEX	ReKliEs	ReKliEs	ReKliEs	ReKliEs	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	
IPSL-CM5A RCP8.5			EURO-CORDEX			EURO-CORDEX		
MIROC5 RCP 8.5	ReKliEs	ReKliEs	(ReKliEs)	ReKliEs	ReKliEs			
MPI-ESM-LR RCP8.5	EURO-CORDEX	2 EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	ReKliEs	ReKliEs	EURO-CORDEX		

$$9 + 6 = 15$$

$$16 + 21 = 37$$

Datenbasis

- ➔ Zielstellung: möglichst vollständige Erfassung der Bandbreite der zukünftig möglichen Klimazustände
 - Integration neuer GCMs
 - Integration neuer Regionalisierungsverfahren
 - Integration bisher nicht berücksichtigter Kombinationen von globalen und regionalen Klimamodellen

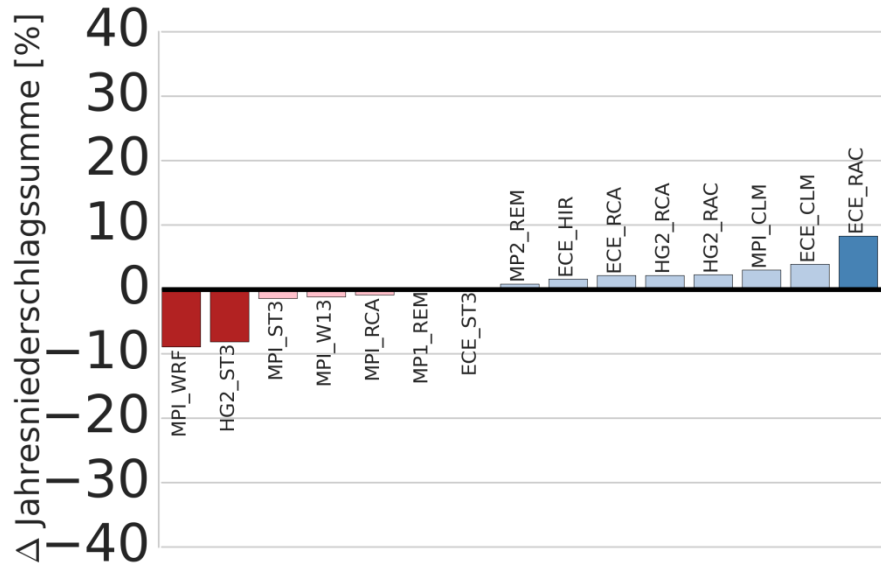
- ➔ Weltweit einzigartige Datenbasis zur Erforschung des Klimawandels
 - Größe
 - hohe Auflösung
 - statistische und dynamische Regionalisierungsverfahren

Gliederung:

1. Datenbasis
2. **Niederschlag**
3. Temperatur
4. Einfluss Global- und Regionalmodell
5. Wind und Strahlung
6. Take away: Kernbotschaften

Niederschlag jährlich

RCP2.6, 2071-2100

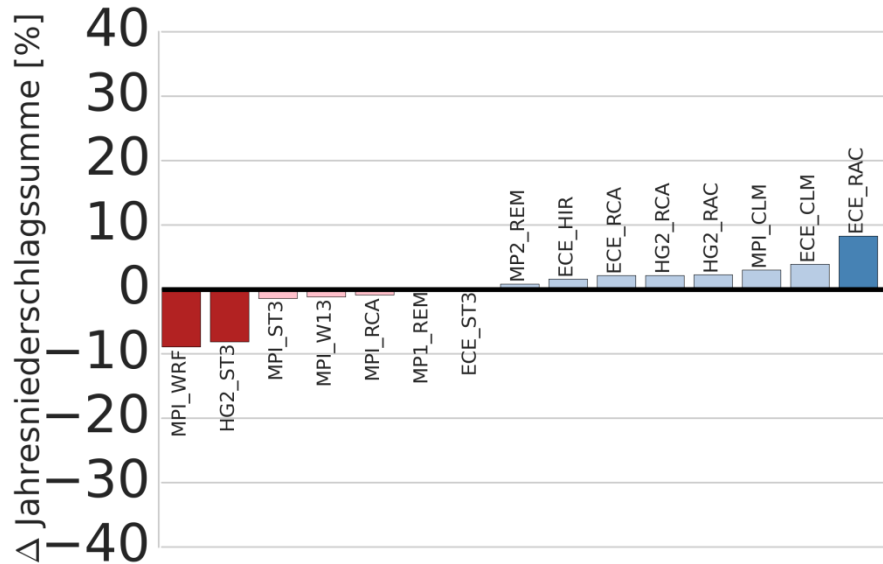


$\Delta pr = 0,22\%$

BB = -8,5% bis 7,9%

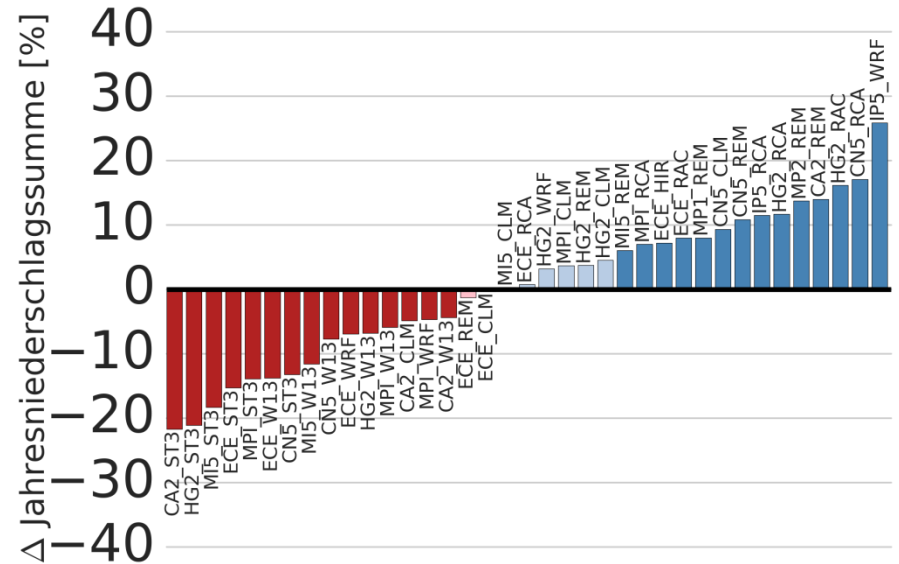
Niederschlag jährlich

RCP2.6, 2071-2100



Δpr = 0,22%
BB = -8,5% bis 7,9%

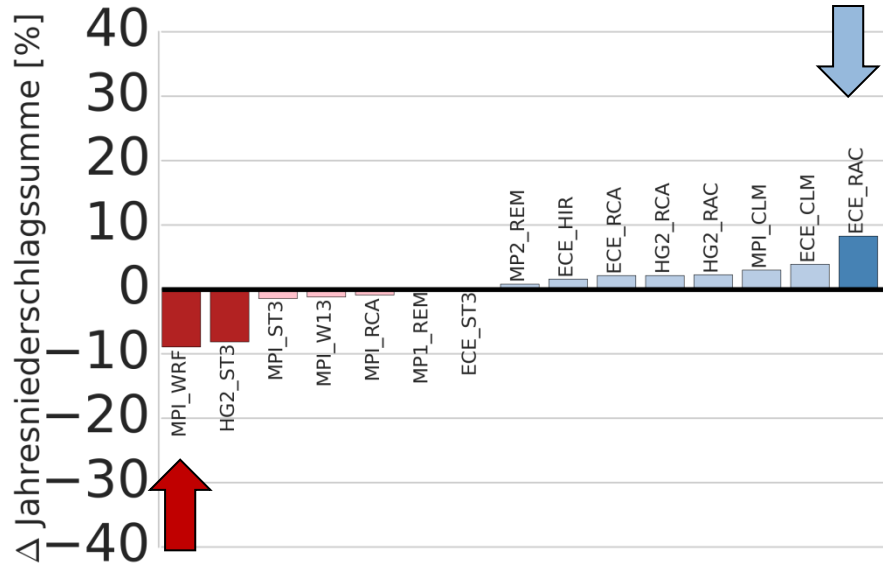
RCP8.5, 2071-2100



Δpr = 1,2%
BB = -22% bis 26%

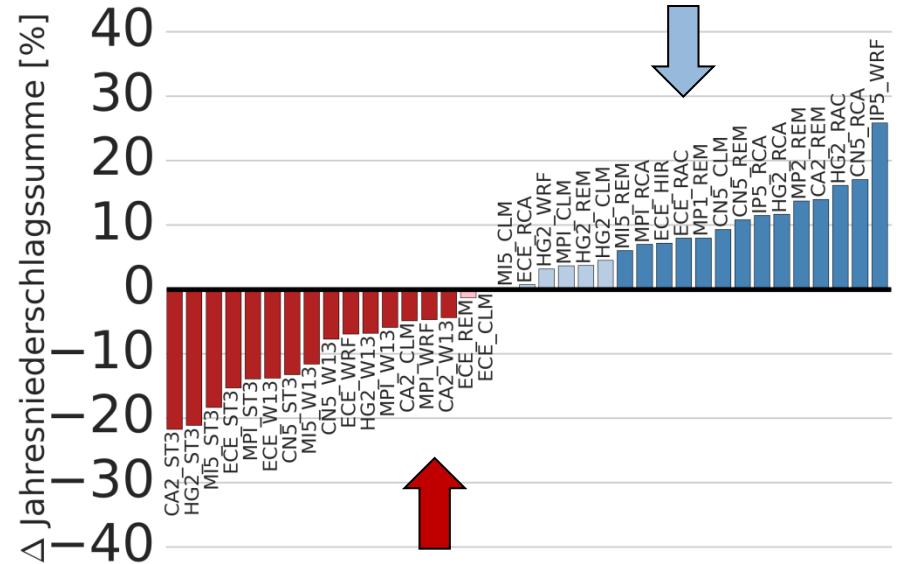
Niederschlag jährlich

RCP2.6, 2071-2100



$\Delta pr = 0,22\%$
 $BB = -8,5\% \text{ bis } 7,9\%$

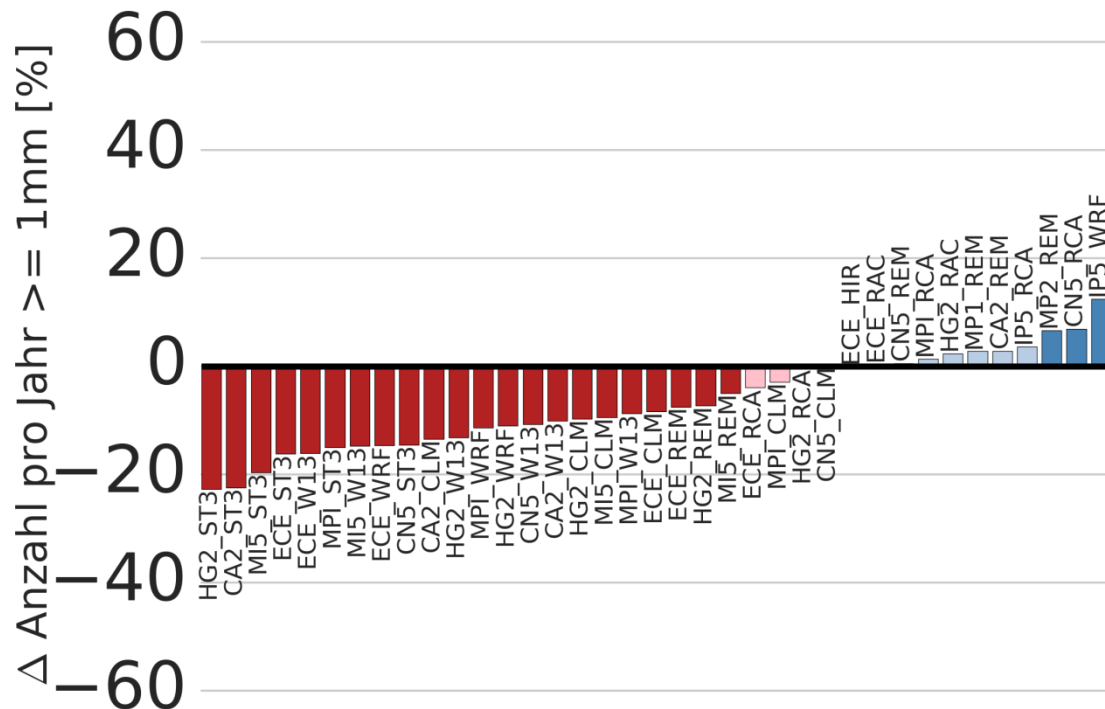
RCP8.5, 2071-2100



$\Delta pr = 1,2\%$
 $BB = -22\% \text{ bis } 26\%$

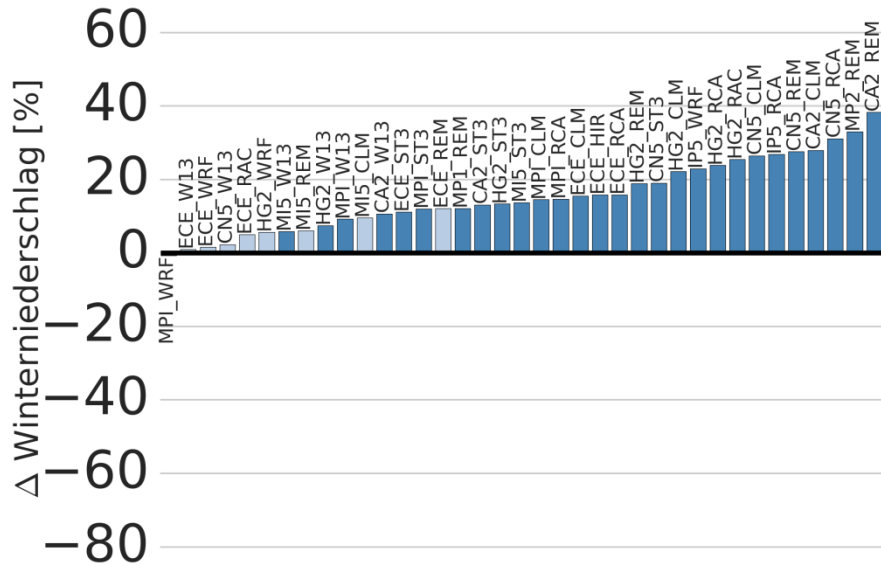
Anzahl Tage Niederschlag

RCP8.5, 2071-2100



Niederschlag jahreszeitlich

RCP8.5, 2071-2100, DJF

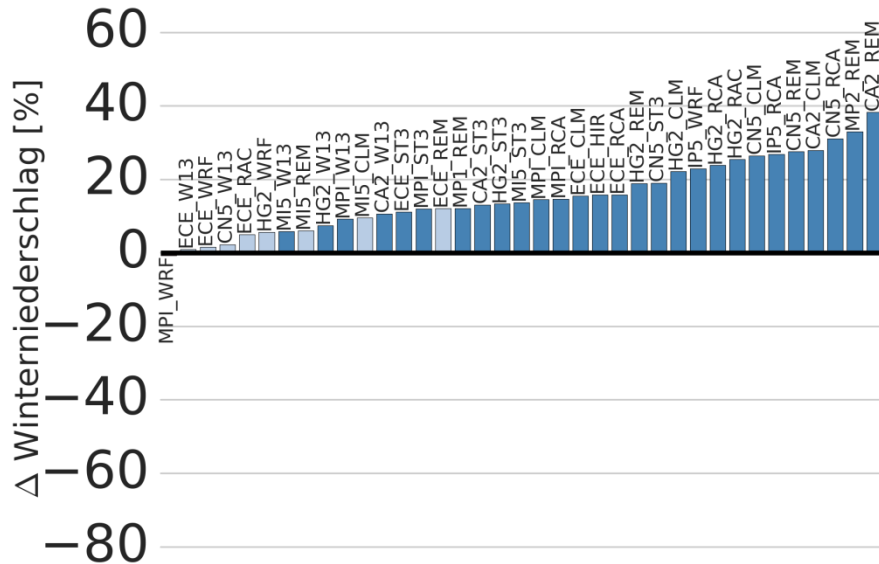


Δpr = 16%

BB = -0,79% bis 39%

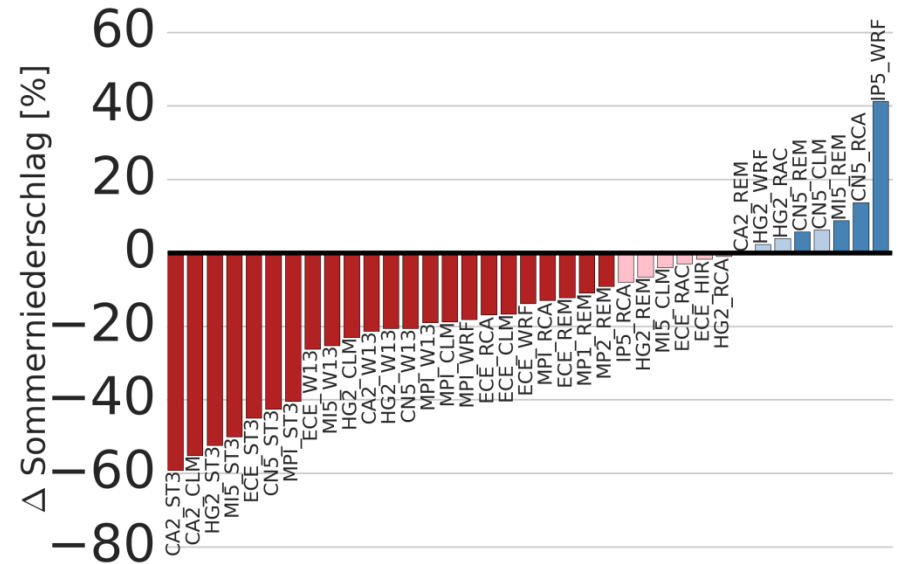
Niederschlag jahreszeitlich

RCP8.5, 2071-2100, DJF



Δpr = 16%
BB = -0,79% bis 39%

RCP8.5, 2071-2100, JJA

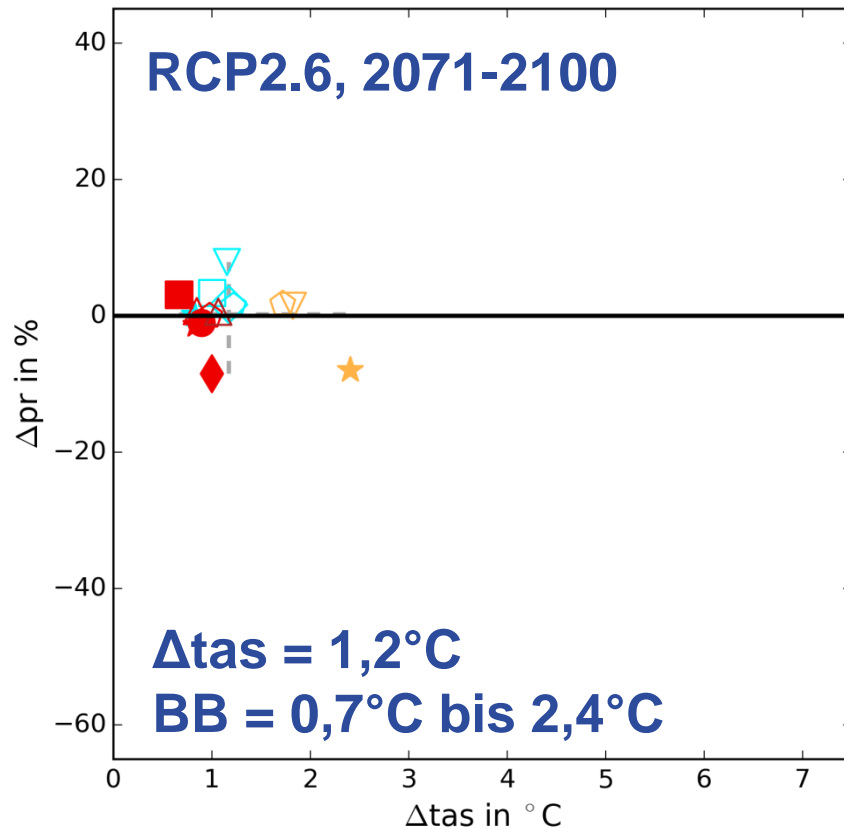


Δpr = -14%
BB = -59% bis 42%

Gliederung:

1. Datenbasis
2. Niederschlag
3. **Temperatur**
4. Einfluss Global- und Regionalmodell
5. Wind und Strahlung
6. Take away: Kernbotschaften

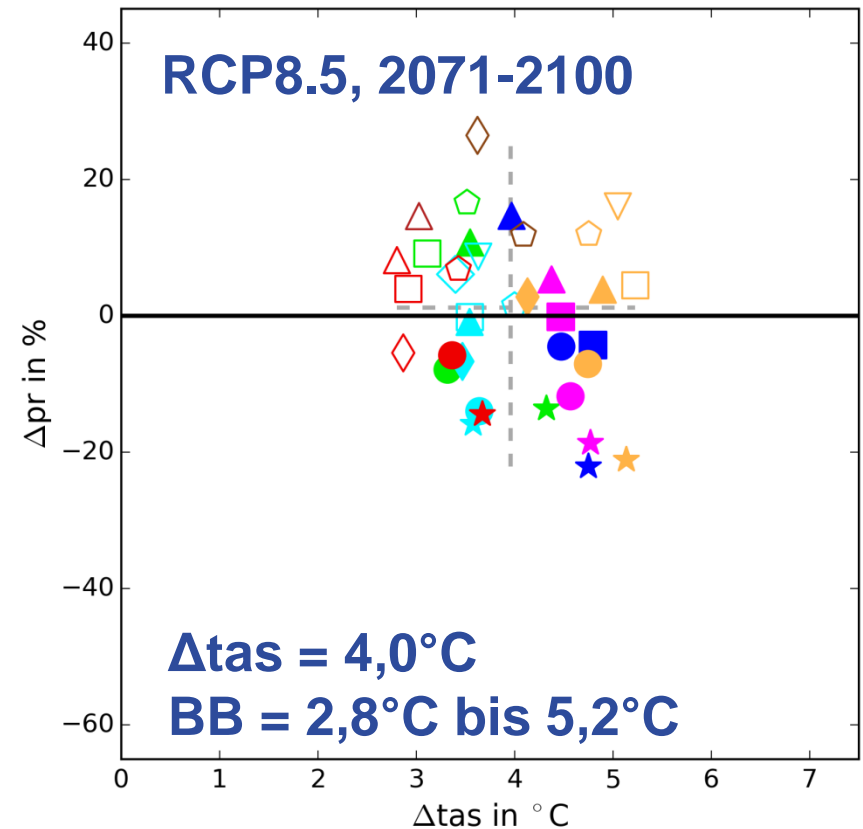
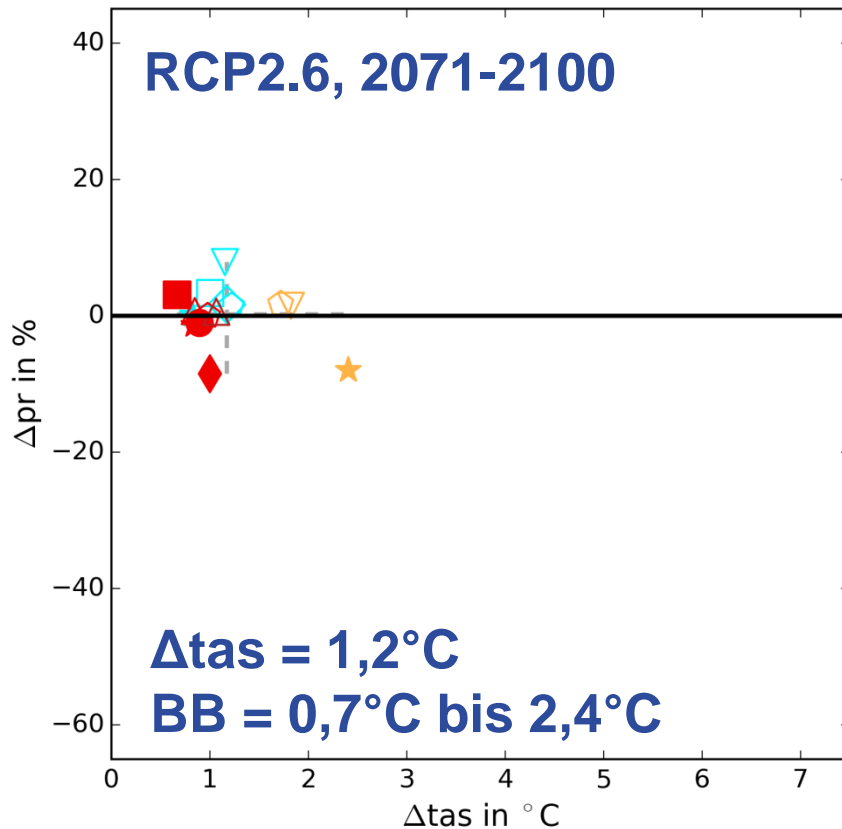
Temperatur jährlich



- ➔ Streudiagramm
- ➔ Zusammenhang der Änderungssignale von zwei Kennzahlen
- ➔ zunächst Fokus nur auf Temperatur (x-Achse)
- ➔ gefüllt = ReKliEs-De
- ➔ ungefüllt = CORDEX
- ➔ gleiche Farbe = gleiches GCM
- ➔ gleiche Form = gleiches RCM

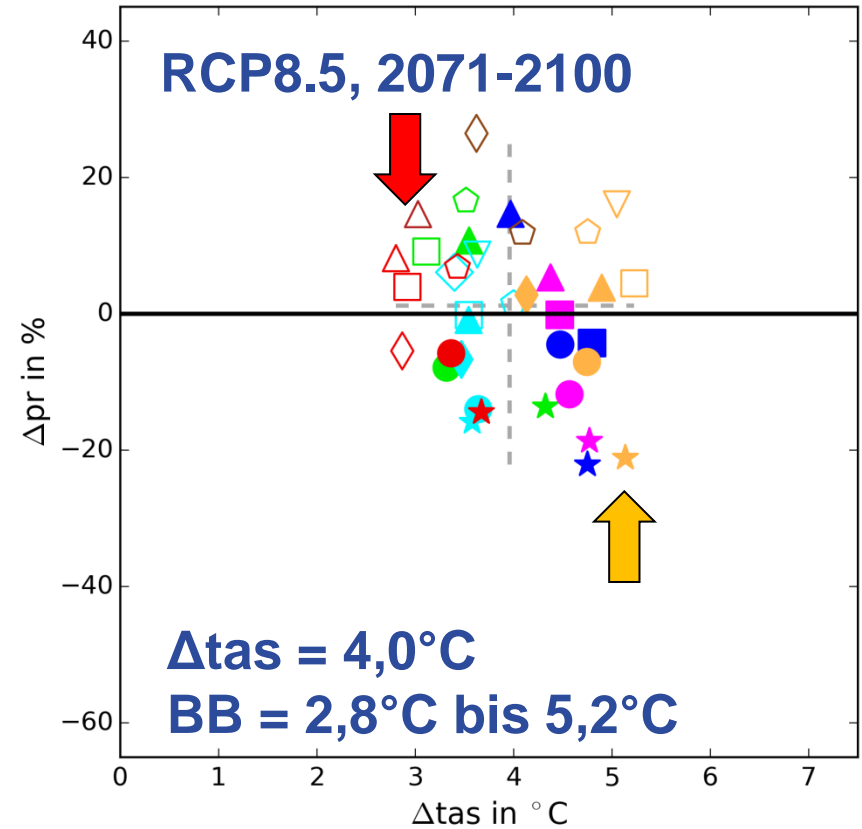
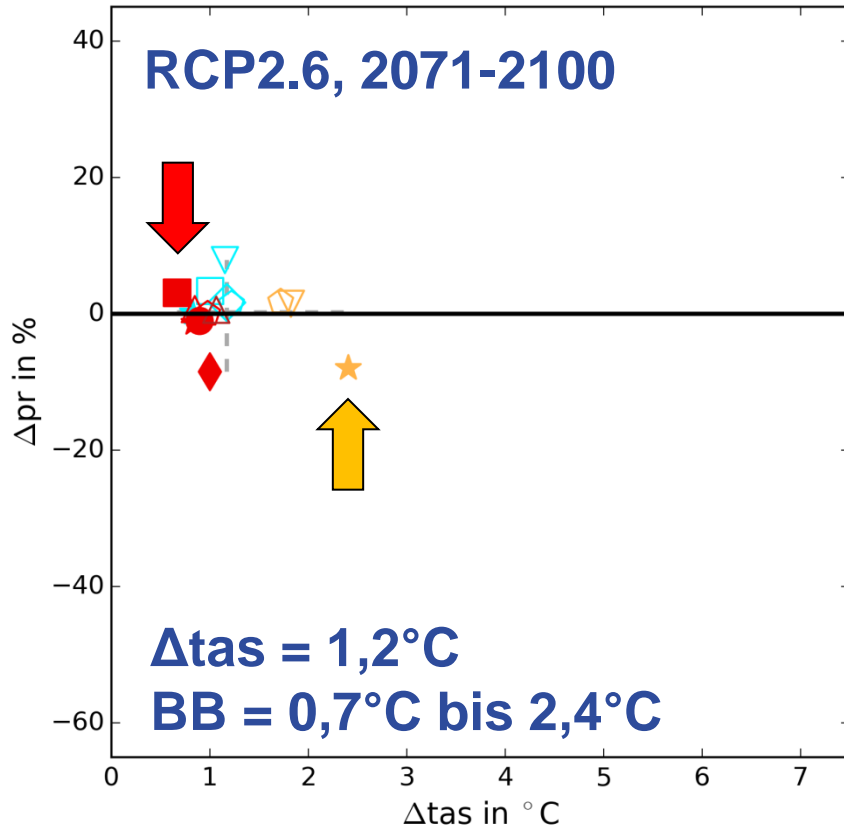
Temperatur jährlich

gefüllt = ReKliEs-De | gleiche Farbe = gleiches GCM
 ungefüllt = CORDEX | gleiche Form = gleiches RCM



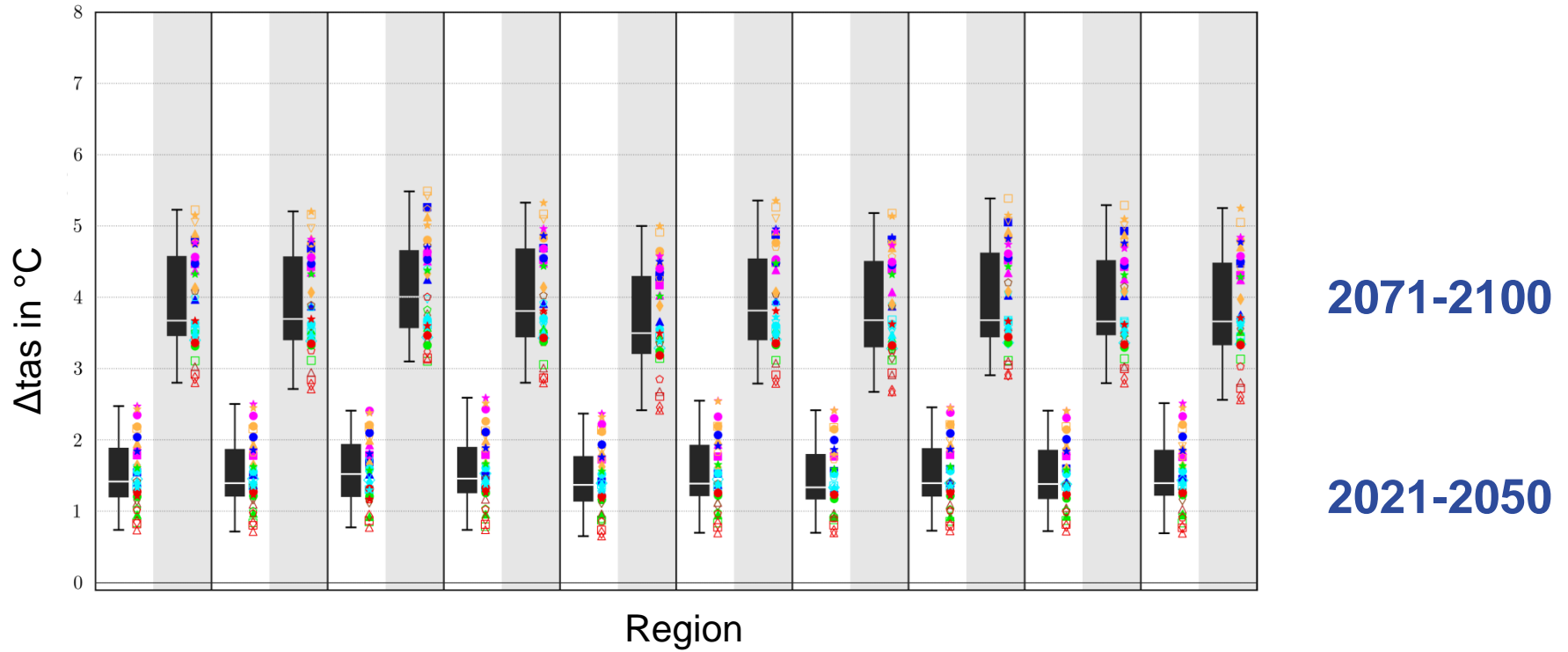
Temperatur jährlich

gefüllt = ReKliEs-De | gleiche Farbe = gleiches GCM
 ungefüllt = CORDEX | gleiche Form = gleiches RCM



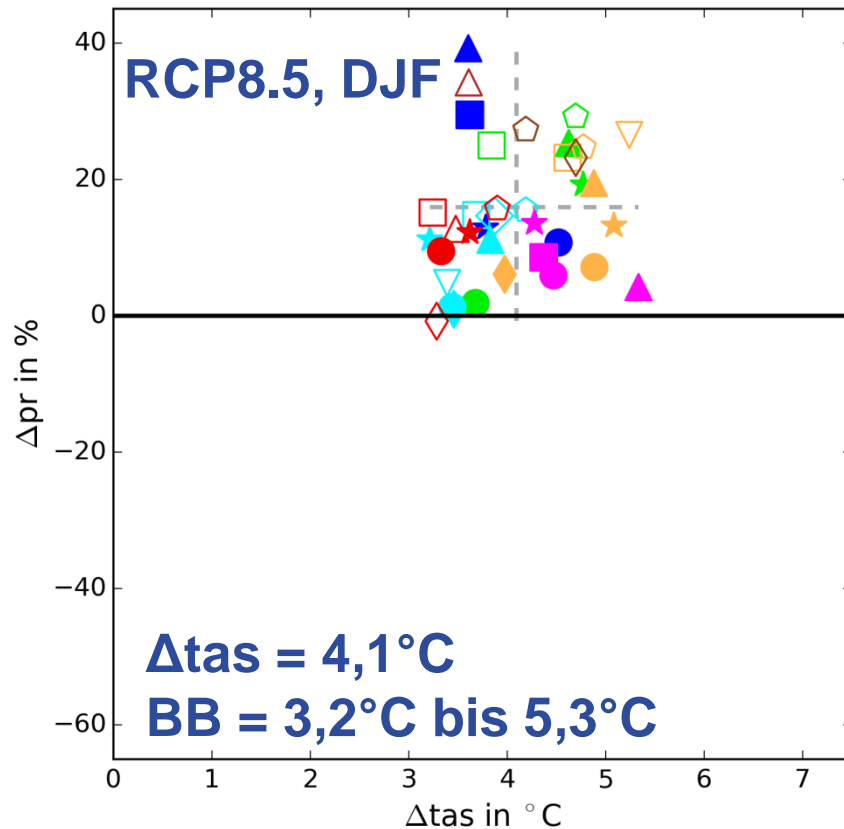
Temperatur räumlich

RCP8.5



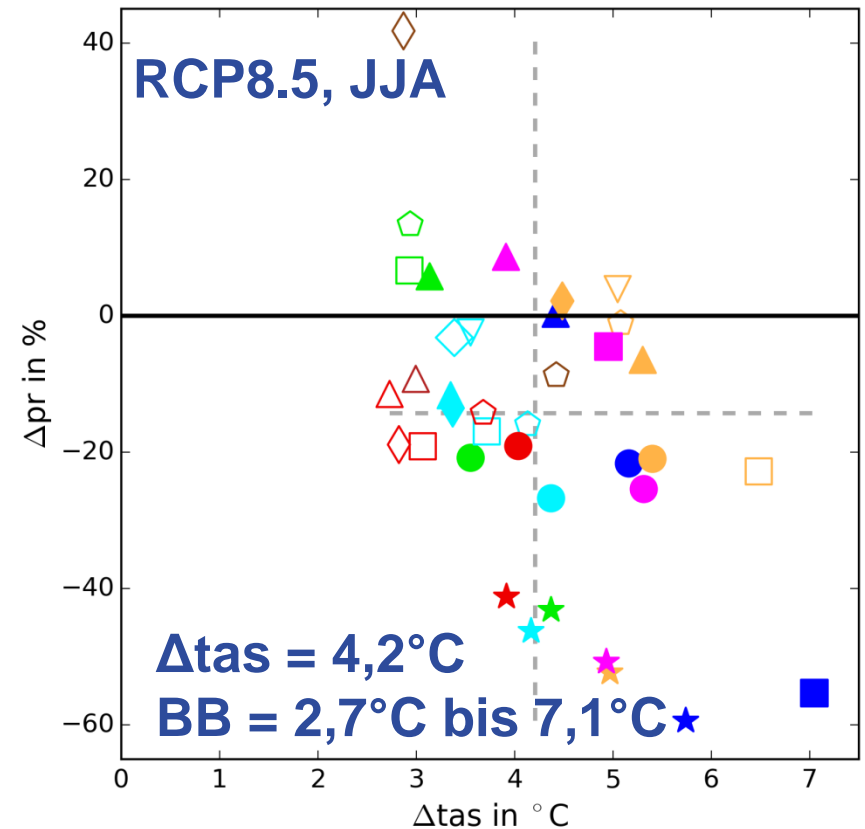
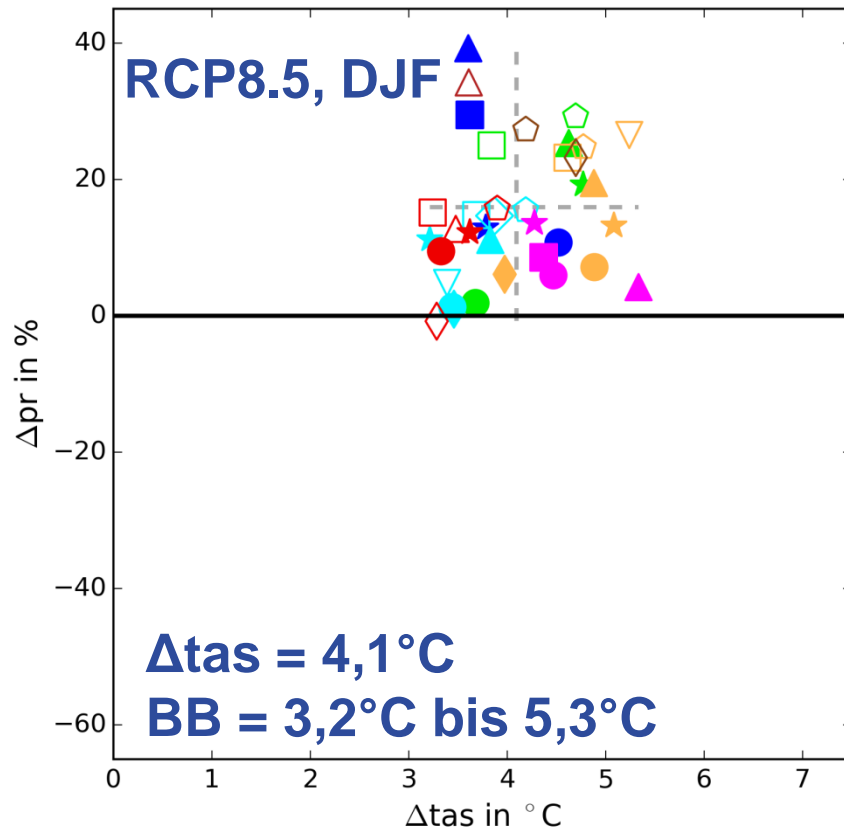
Temperatur jahreszeitlich

gefüllt = ReKliEs-De | gleiche Farbe = gleiches GCM
 ungefüllt = CORDEX | gleiche Form = gleiches RCM



Temperatur jahreszeitlich

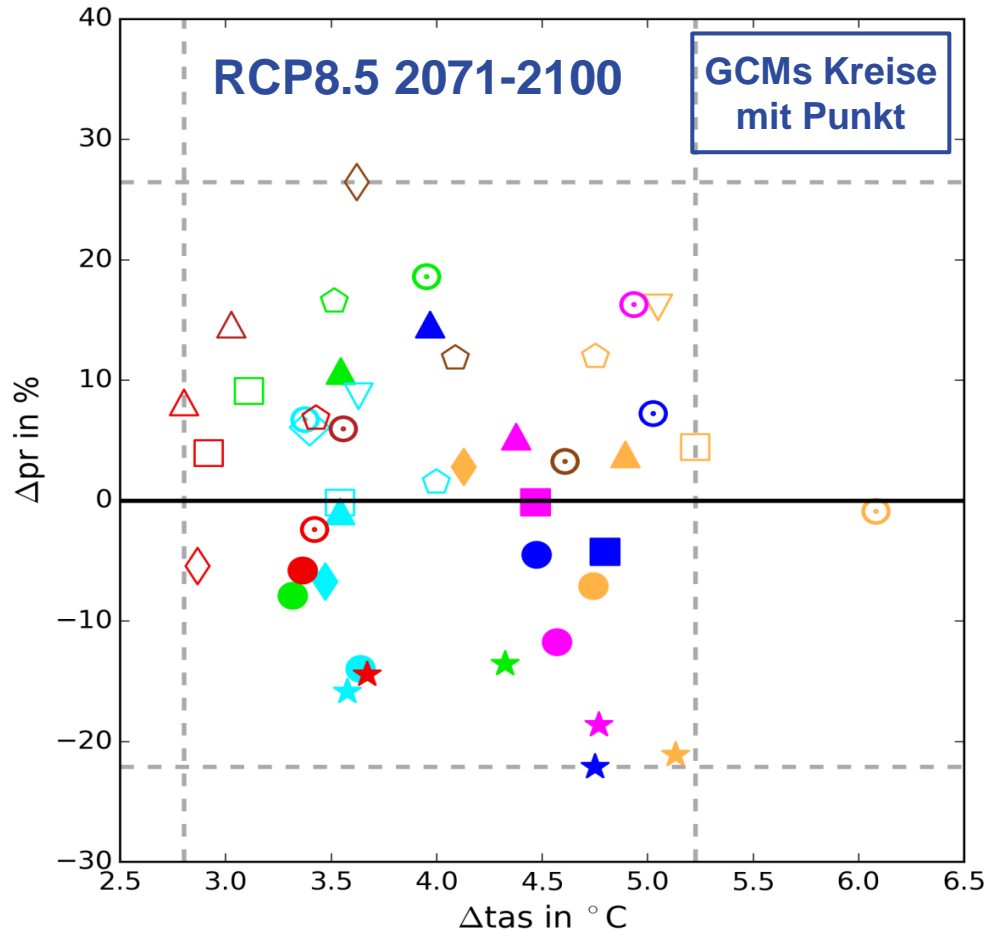
gefüllt = ReKliEs-De | gleiche Farbe = gleiches GCM
 ungefüllt = CORDEX | gleiche Form = gleiches RCM



Gliederung:

1. Datenbasis
2. Niederschlag
3. Temperatur
4. **Einfluss Global- und Regionalmodell**
5. Wind und Strahlung
6. Take away: Kernbotschaften

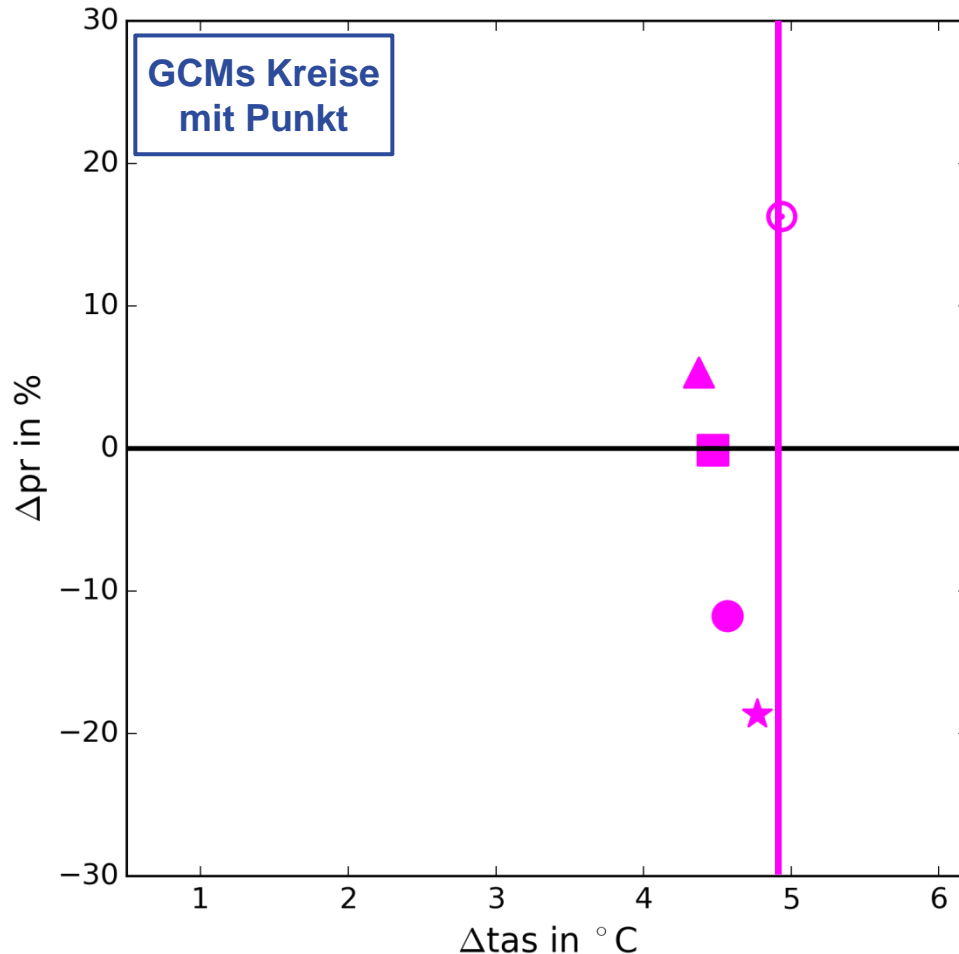
Einfluss Global- und Regionalmodell: Temperatur



→ die RCMs folgen im Wesentlichen den GCMs

gefüllt = ReKliEs-De
 ungefüllt = CORDEX
 gleiche Farbe = gleiches GCM
 gleiche Form = gleiches RCM

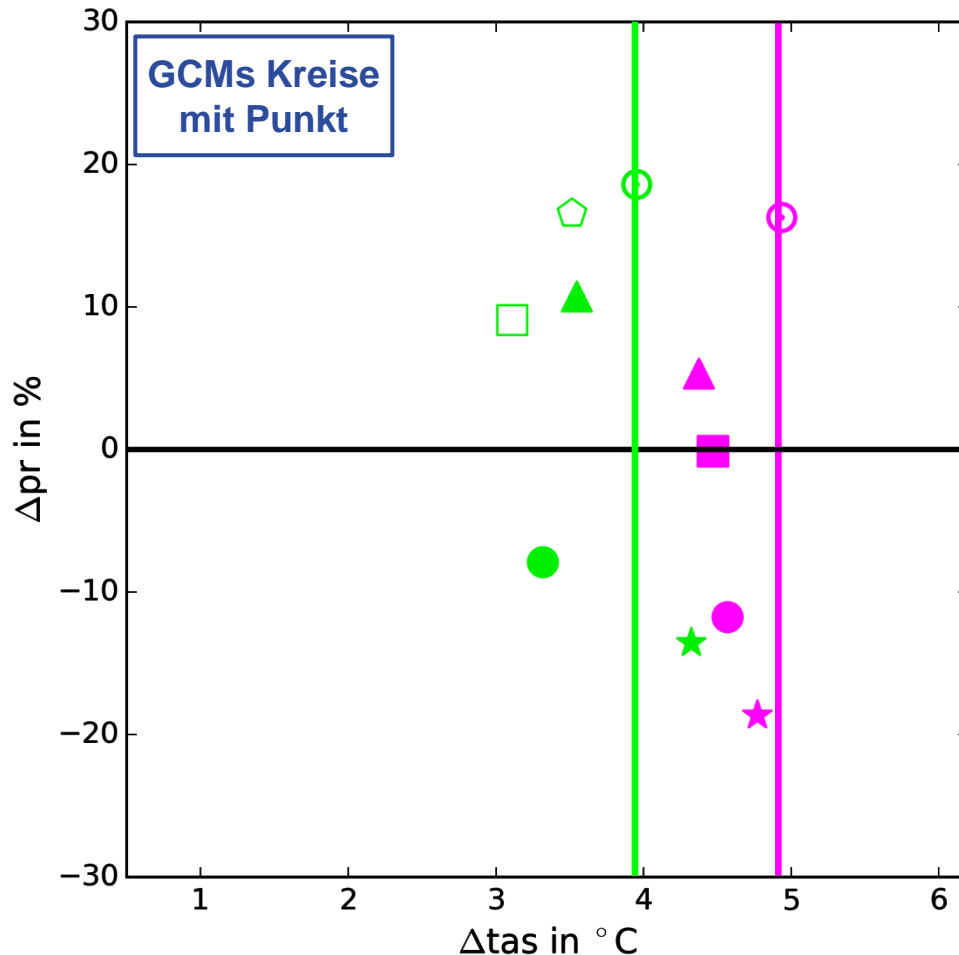
Einfluss Global- und Regionalmodell: Temperatur



- die RCMs folgen im Wesentlichen den GCMs
- **Änderungssignale der RCMs sind meist 0,5°C bis 1,0°C kleiner als die der GCMs**

gefüllt = ReKliEs-De
 ungefüllt = CORDEX
 gleiche Farbe = gleiches GCM
 gleiche Form = gleiches RCM

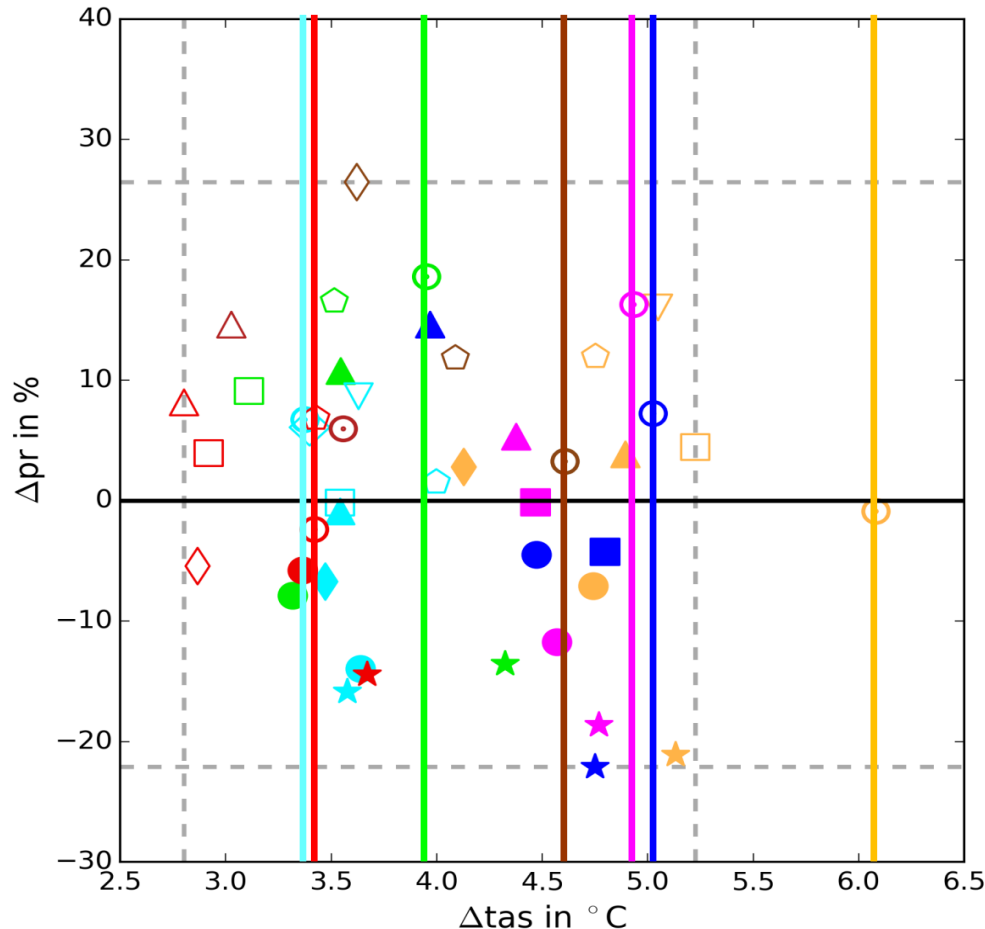
Einfluss Global- und Regionalmodell: Temperatur



- die RCMs folgen im Wesentlichen den GCMs
- **Änderungssignale der RCMs sind meist 0,5°C bis 1,0°C kleiner als die der GCMs**

gefüllt = ReKliEs-De
 ungefüllt = CORDEX
 gleiche Farbe = gleiches GCM
 gleiche Form = gleiches RCM

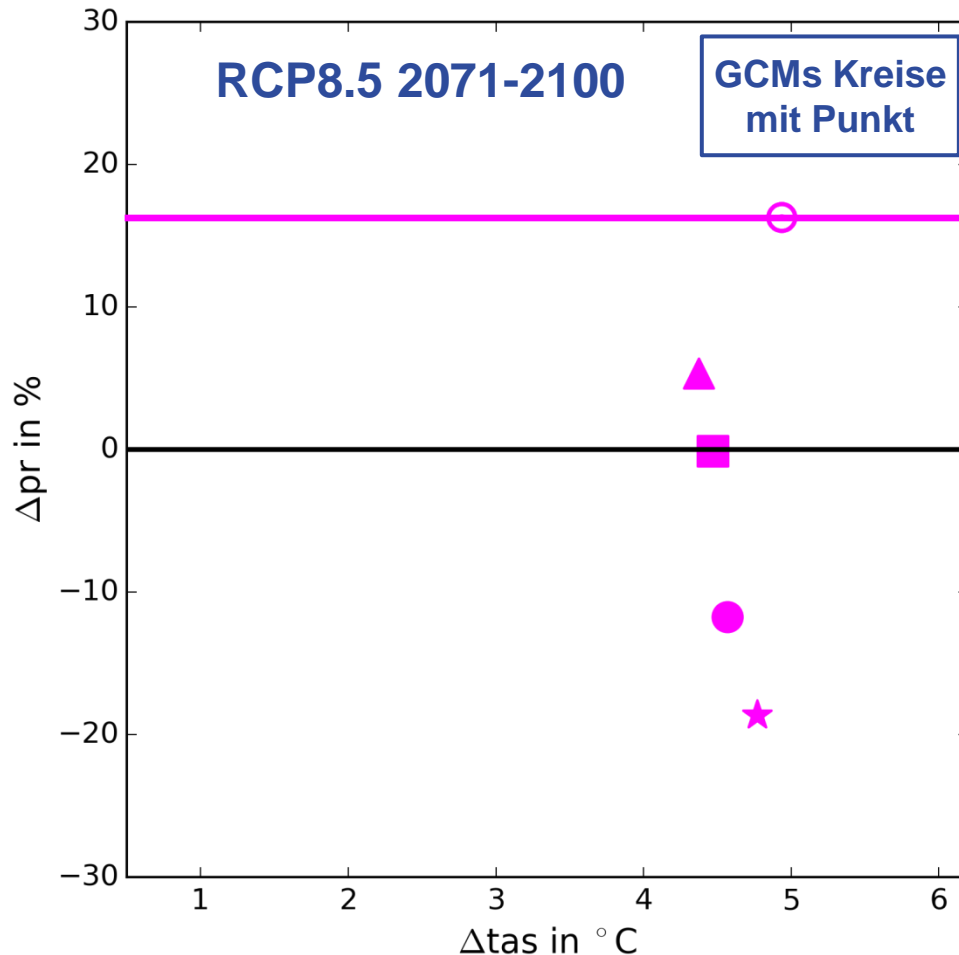
Einfluss Global- und Regionalmodell: Temperatur



- ➔ die RCMs folgen im Wesentlichen den GCMs
- ➔ Änderungssignale der RCMs sind meist 0,5°C bis 1,0°C kleiner als die der GCMs
- ➔ für gleiches GCM ist die Bandbreite der RCMs ca. 1°C

gefüllt = ReKliEs-De
 ungefüllt = CORDEX
 gleiche Farbe = gleiches GCM
 gleiche Form = gleiches RCM

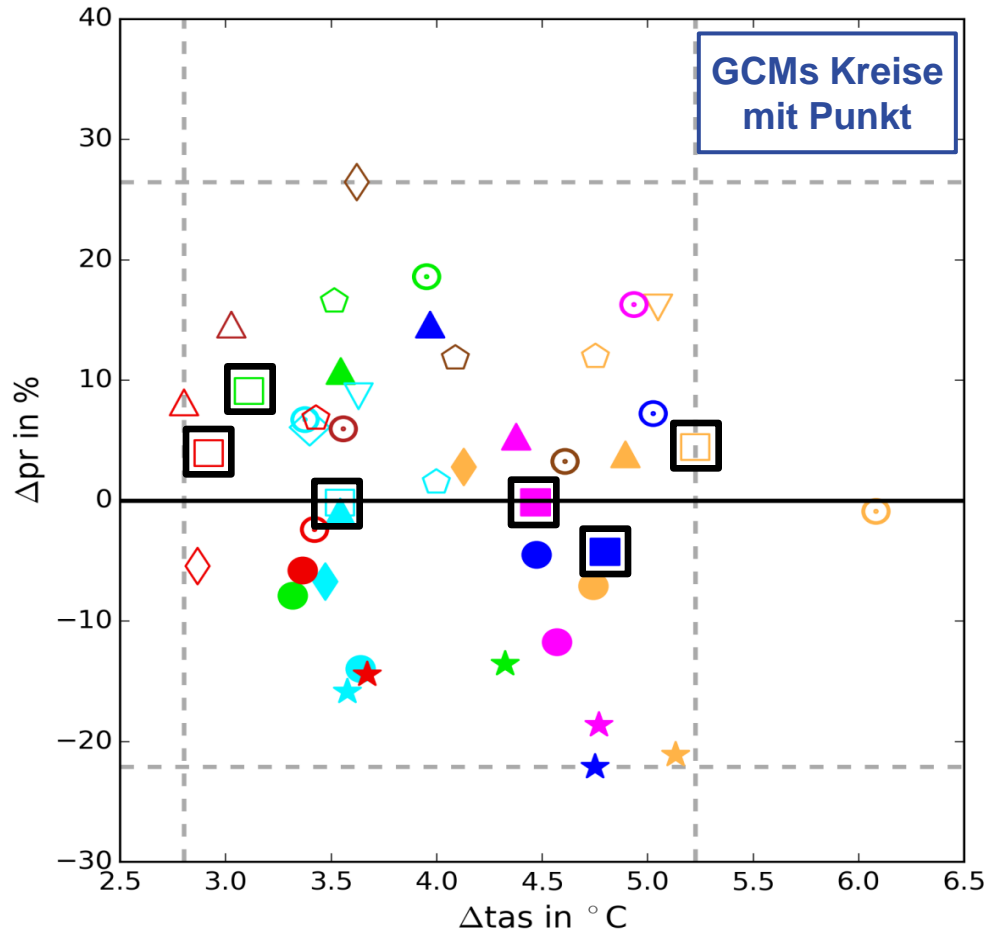
Einfluss Global- und Regionalmodell: Niederschlag



→ das Änderungssignal des Niederschlags wird stark durch die RCMs beeinflusst

gefüllt = ReKliEs-De
 ungefüllt = CORDEX
 gleiche Farbe = gleiches GCM
 gleiche Form = gleiches RCM

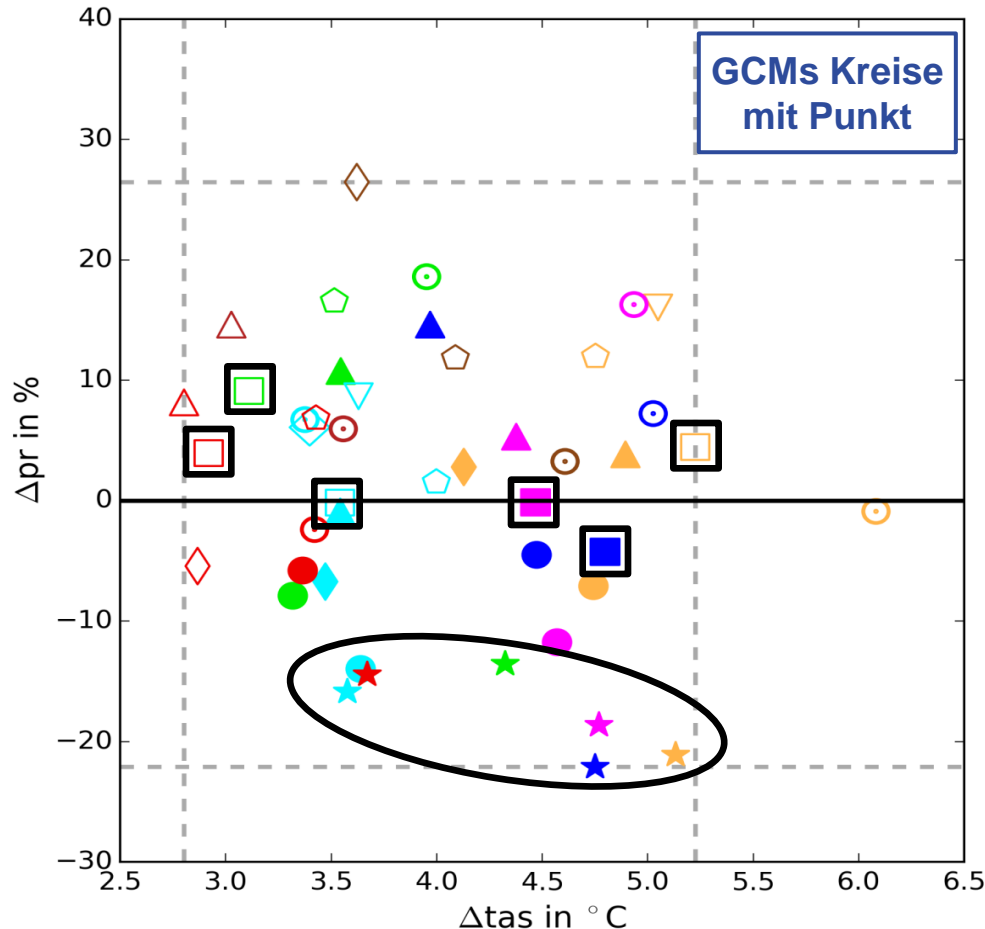
Einfluss Global- und Regionalmodell: Niederschlag



- ➔ das Änderungssignal des Niederschlags wird stark durch die RCMs beeinflusst
- ➔ das gleiche RCM erzeugt unabhängig vom GCM immer ähnlichen Niederschlag

gefüllt = ReKliEs-De
 ungefüllt = CORDEX
 gleiche Farbe = gleiches GCM
 gleiche Form = gleiches RCM

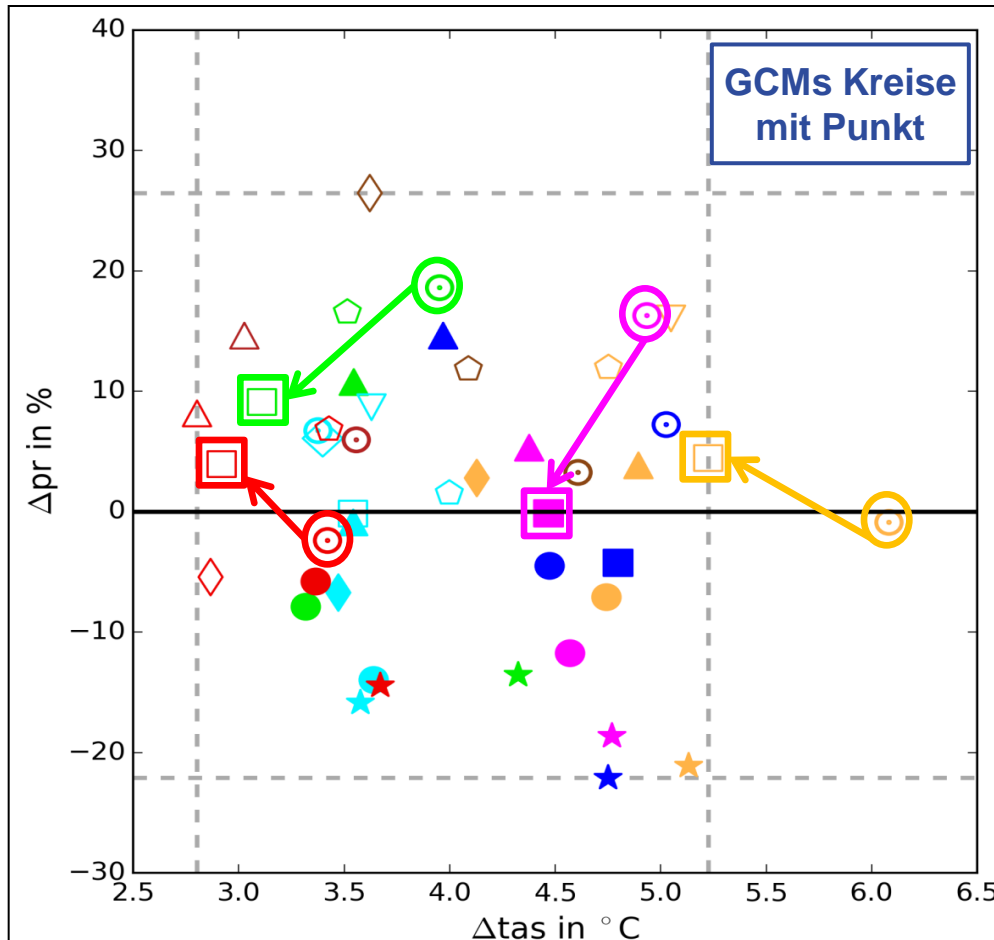
Einfluss Global- und Regionalmodell: Niederschlag



- ➔ das Änderungssignal des Niederschlags wird stark durch die RCMs beeinflusst
- ➔ das gleiche RCM erzeugt unabhängig vom GCM immer ähnlichen Niederschlag

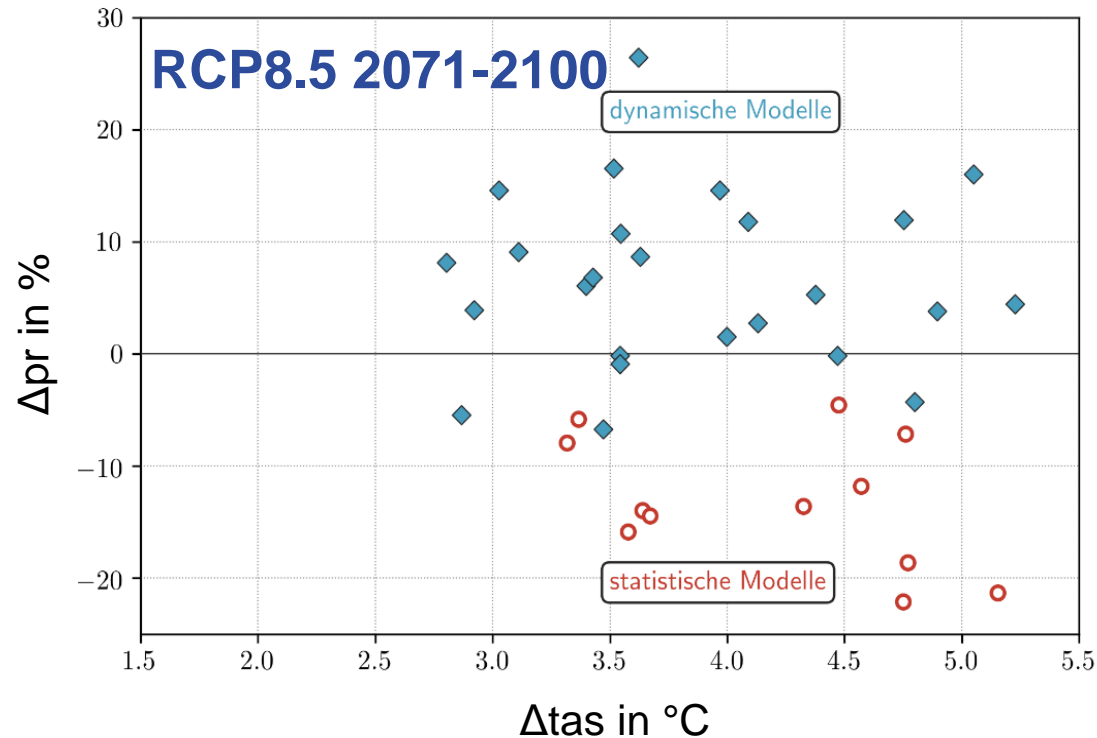
gefüllt = ReKliEs-De
 ungefüllt = CORDEX
 gleiche Farbe = gleiches GCM
 gleiche Form = gleiches RCM

Einfluss Global- und Regionalmodell: Niederschlag



- ➔ das Änderungssignal des Niederschlags wird stark durch die RCMs beeinflusst
- ➔ das gleiche RCM erzeugt unabhängig vom GCM immer ähnlichen Niederschlag
- ➔ **die Änderung im Vergleich zum GCM ist bei den dynamischen Modellen nicht systematisch**

Einfluss Global- und Regionalmodell: Niederschlag



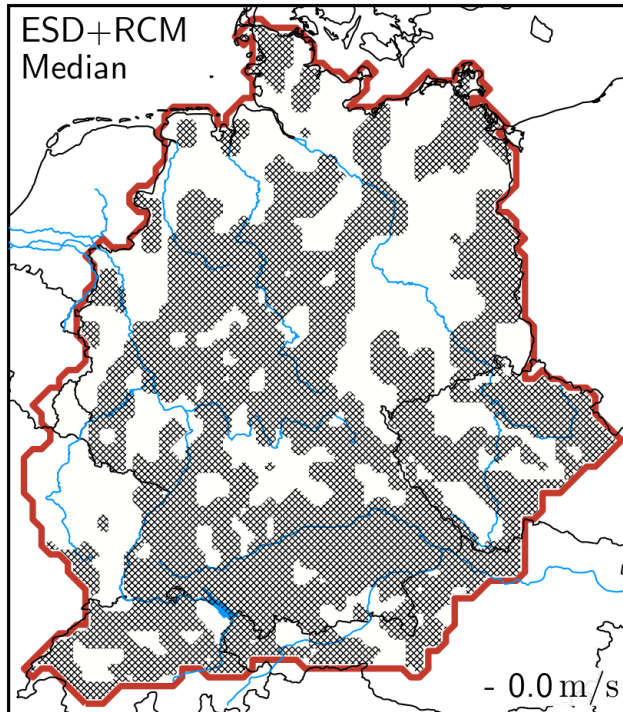
➔ hinsichtlich der niederschlagsbasierten Kennzahlen ist eine klare Aufteilung des Ensembles zwischen den Ergebnissen der statistischen und dynamischen Modelle zu erkennen

Gliederung:

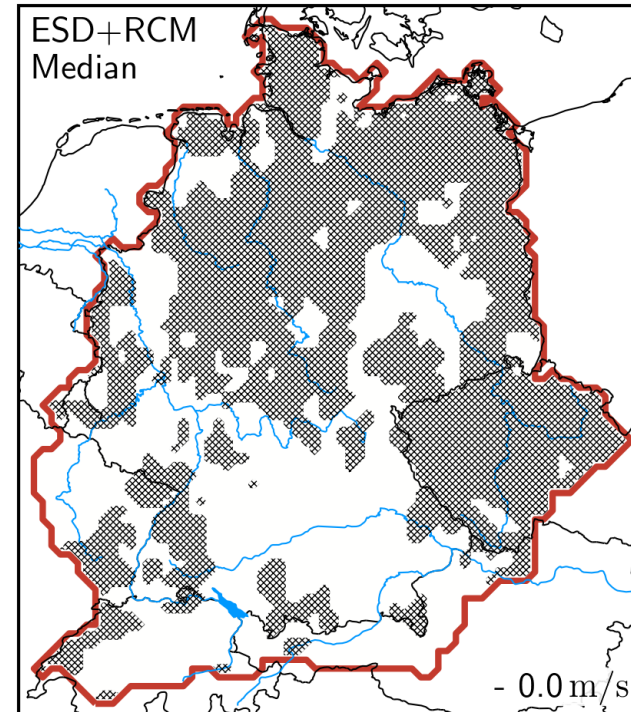
1. Datenbasis
2. Niederschlag
3. Temperatur
4. Einfluss Global- und Regionalmodell
5. **Wind und Strahlung**
6. Take away: Kernbotschaften

Mittlere Windgeschwindigkeit (bodennah) jährlich

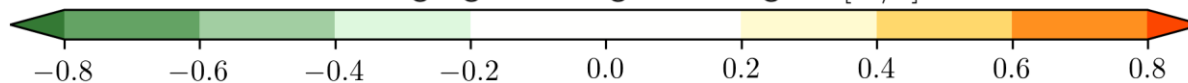
RCP2.6, 2071-2100



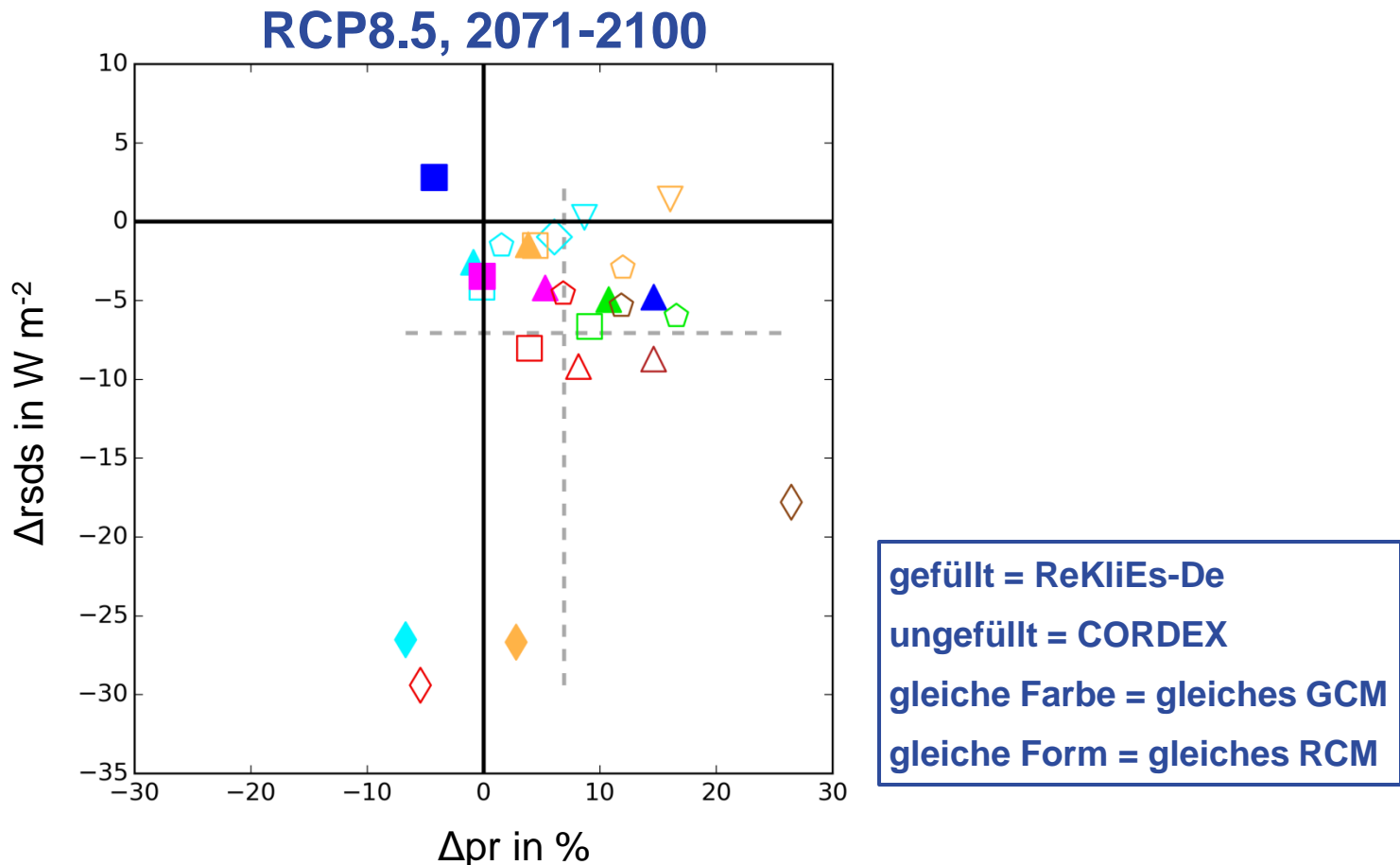
RCP8.5, 2071-2100



Änderungssignal Windgeschwindigkeit [m/s]



Einfallende kurzwellige Strahlung jährlich



Gliederung:

1. Datenbasis
2. Niederschlag
3. Temperatur
4. Einfluss Global- und Regionalmodell
5. Wind und Strahlung
6. **Take away: Kernbotschaften**

Take away: Kernbotschaften Niederschlag

- der Mittelwert des Jahresniederschlags ändert sich nicht
- die Bandbreite der Modellergebnisse ist groß (-22% bis 26%)
- die Mehrzahl der Klimaprojektionen simuliert für den Sommer eine Niederschlagsabnahme
- in RCP8.5 reichen die Änderungssignale im Sommer von -60% bis 40%
- der Winterniederschlag nimmt in fast allen Modellen zu
- In RCP8.5 reichen die Änderungssignale im Winter von 0 bis 40%

Take away: Kernbotschaften Temperatur

- das Modell-Ensemble zeigt für RCP8.5 eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um fast 4°C (Bandbreite $2,8^{\circ}\text{C}$ bis $5,2^{\circ}\text{C}$)
- in RCP2.6 beträgt die Erwärmung nur ca. 1°C (Bandbreite $0,7^{\circ}\text{C}$ bis $2,4^{\circ}\text{C}$)
- die räumlichen Unterschiede sind gering
- im Sommer ist die Bandbreite der Klimaänderungssignale ($2,7^{\circ}\text{C}$ bis $7,1^{\circ}\text{C}$) wesentlich größer als im Winter ($3,2^{\circ}\text{C}$ bis $5,3^{\circ}\text{C}$)

Take away: Kernbotschaften Einfluss Global- und Regionalmodell

- bezüglich der Temperatur folgen die RCMs im Wesentlichen den GCMs
- die Änderungssignale der RCMs sind meist $0,5^{\circ}\text{C}$ bis $1,0^{\circ}\text{C}$ kleiner als die der GCMs

- das Änderungssignal des Niederschlags wird stark durch die RCMs beeinflusst
- bei den niederschlagsbasierten Kennzahlen ist eine klare Aufteilung des Ensembles zwischen den Ergebnissen der statistischen und dynamischen Modelle zu erkennen

Take away: Kernbotschaften Strahlung und Wind

- die Änderung der mittleren Windgeschwindigkeit (nicht Windrichtung, nicht Windspitzen) ist in beiden Szenarien gering und meist nicht signifikant
- die einfallende kurzwellige Strahlung geht in beiden Szenarien zurück

FRAGEN?

Ansprechpartner:

Dr. Christian Steger
Deutscher Wetterdienst
Klima- und Umweltberatung
Frankfurter Straße 135
63067 Offenbach

E-Mail: christian.steger@dwd.de
Tel.: +49 (0) 69 8062 2908
Fax: +49 (0) 69 8062 2993

