

ReKliEs-De

Regionale Klimaprojektionen für Deutschland



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?

“Prognosen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen.”

N. Bohr oder Y. Berra oder Storm P oder Markus M. Ronner oder Dänisches Sprichwort

Seamless Prediction:



Seamless Prediction:



Gliederung:

1. **Wie entstehen Informationen?**
2. Übersicht Projekt ReKliEs-De
3. Erste Ergebnisse
4. Take away

RCP-Szenarien (Representative Concentration Pathways)

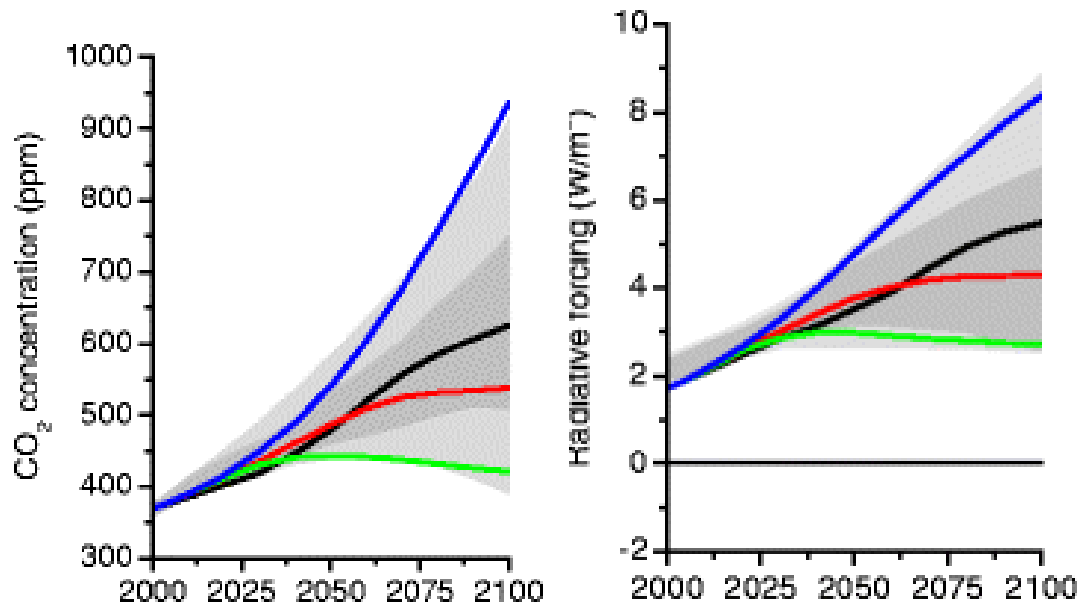


Abbildung aus D. P. van Vuuren et al. (2011): The representative concentration pathways: an overview. Climatic Change (109)

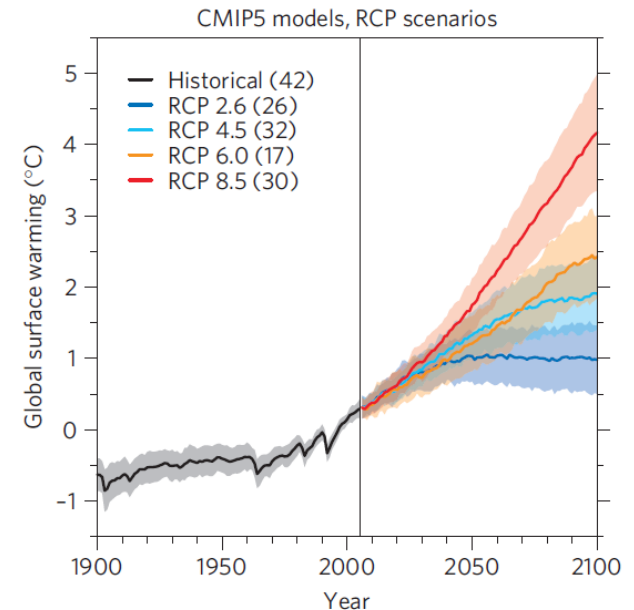
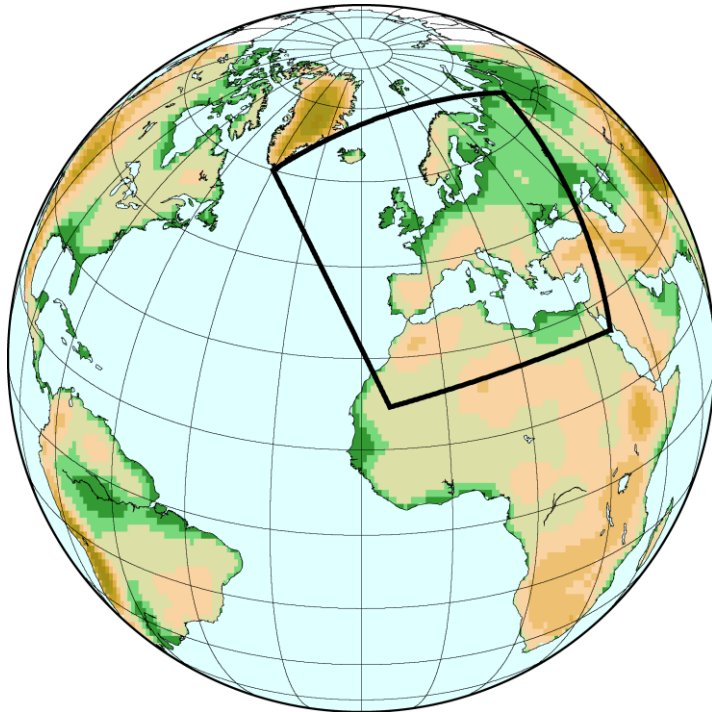


Abbildung aus Knutti and Sedlacek (2013): Robustness and uncertainties in the new CMIP5 climate model projections. Nature Climate Change (3)

Globale Klimasimulationen

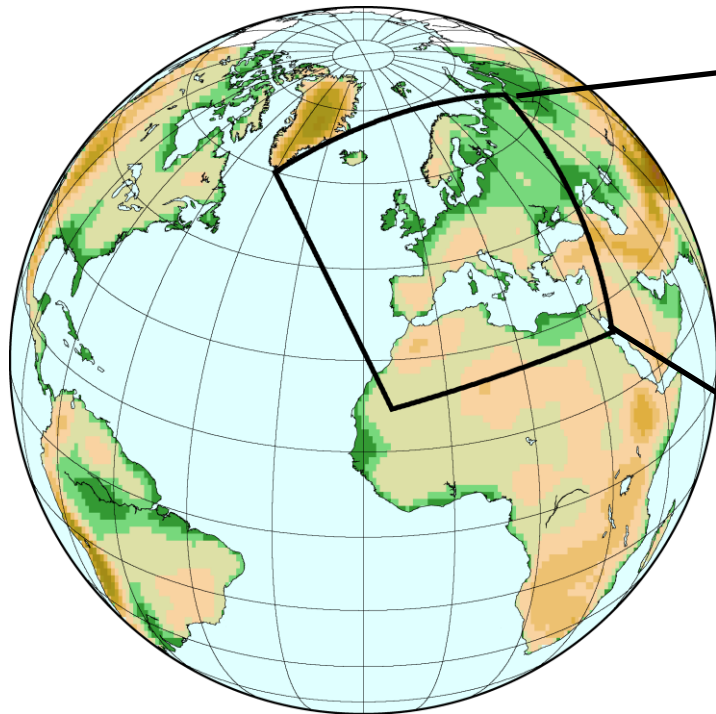
Globalmodell



- Simulationen im Rahmen von CMIP (derzeit CMIP5)
- 24 Modellierergruppen weltweit (z.B. MPI, Hamburg)
- Typische Auflösung der globalen Klimamodelle: ~ 100-200 km

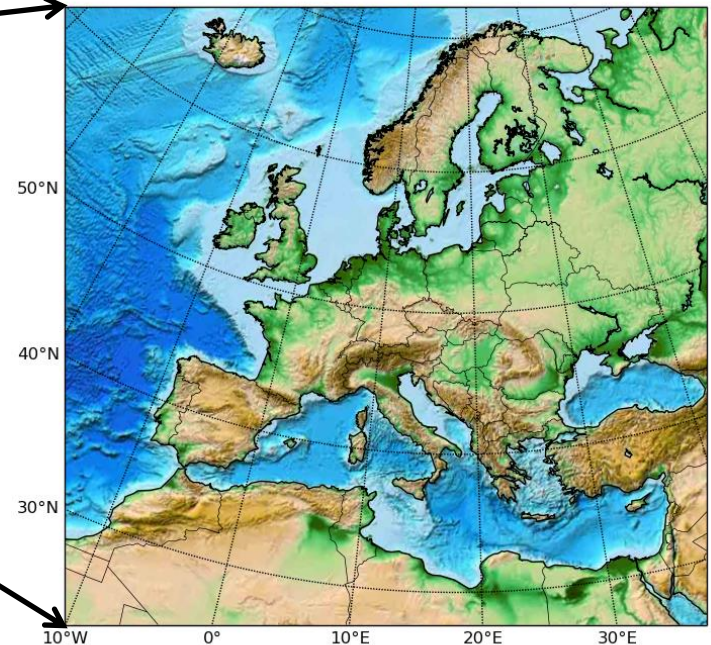
Dynamisches Downscaling

Globalmodell



Regionalmodell (z.B. CCLM)

Rand-
bedingungen



Auflösung 12,5 km

Derzeit verfügbare Simulationen CORDEX-EUR11:

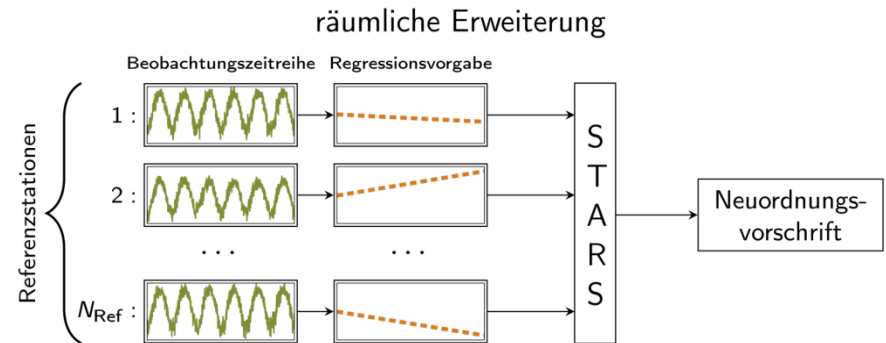
Simulation	Zeitraum	Antrieb	EUR-44	EUR-11
Hindcast	1989-2009	ERA-Interim	8	8
Control	1950-2005	CMIP5 GCMs	18	15
RCP2.6	2006-2100	CMIP5 GCMs	3	1
RCP4.5	2006-2100	CMIP5 GCMs	17	15
RCP8.5	2006-2100	CMIP5 GCMs	17	15

- ➔ weitere Läufe sind geplant bzw. fertig aber noch nicht veröffentlicht
- ➔ bevorzugt sollen Simulationen mit RCP2.6 durchgeführt werden (special report zu 1,5°C Ziel)

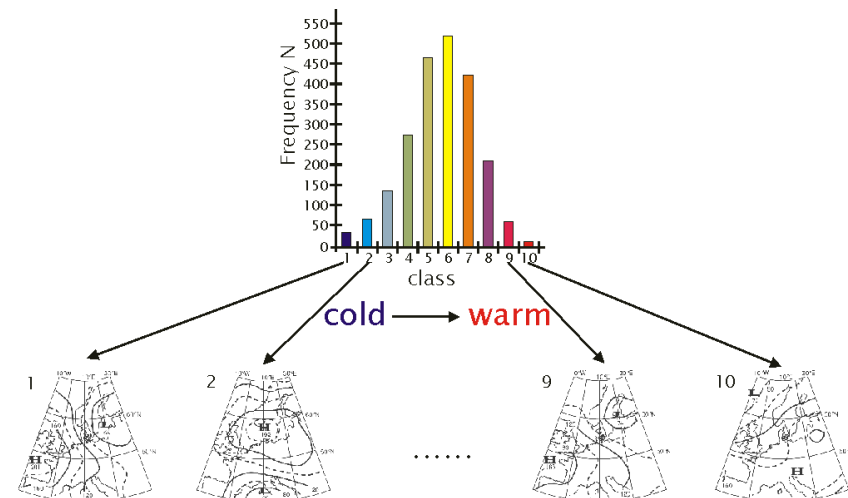
Statistisches Downscaling

- Verwenden beobachtete Wetterepisoden und statistische Zusammenhänge
- Antrieb: regionaler Temperaturtrend (STARS) oder Wetterlagen (WETTREG) aus Globalmodellen
- Erzeugen Ergebnisse auf Stationsbasis für Deutschland inkl. Flusseinzugsgebiete

STARS



WETTREG



Warum Ensemble?

Quelle der Unsicherheit	Maßnahme
Zukünftige Entwicklung der Treibhausgasemissionen und Landnutzung	Verschiedene Szenarien für mögliche zukünftige Entwicklungen (RCP-Szenarien)
Fehlende bzw. falsch oder unzureichend parametrisierte Prozesse in Global- und Regionalmodellen	Verwendung von Multi-Model-Ensemble
Natürliche Variabilität	Simulationen mit unterschiedlichen Startbedingungen sowie lange Simulations- und Auswertungszeiträume

Gliederung:

1. Wie entstehen Informationen?
2. **Übersicht Projekt ReKliEs-De**
3. Erste Ergebnisse
4. Take away

Projektpartner ReKliEs-De

- Heike Hübener, Cornelia Fooker (HLNUG)
- Hans Ramthun, Frank Toussaint (DKRZ)
- Christian Steger, Barbara Früh (DWD)
- Klaus Keuler, Kai Radtke (BTU)
- Katharina Bülow, Andreas Hänsler (GERICS)
- Viktoria Mohr, Kirsten Warach-Sagi (UHOH)
- Peter Hoffmann, Christoph Menz, Arne Spekat (PIK)

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Ziele von ReKliEs-De:

- Auswertung von Klimaänderungssignalen für Deutschland für das 21. Jahrhundert auf Basis des CORDEX-EUR11 Ensembles
- Systematische Ergänzung des existierenden Ensembles durch weitere Simulationen (dynamisch und statistisch)
- Abschätzung der Bandbreite der zukünftigen Entwicklung für die wichtigsten Parameter
- Abschätzung welcher Teil des Klimawandels vermeidbar ist
- Untersuchung der Robustheit der Klimaänderungsparameter die aus dem Ensemble abgeleitet wurden

Übergeordnetes Ziel ist die Bereitstellung von robusten Informationen über die Klimaänderung in Deutschland in hoher räumlicher Auflösung.

In ReKliEs-De geplante Simulationen

	CCLM	REMO	WRF	STARS	WETTREG
MPI-ESM-LR RCP 2.6	BTU	EURO-CORDEX	UHOH	PIK	PIK
MPI-ESM-LR RCP 8.5	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	EURO-CORDEX	PIK	PIK
HadGEM2ES RCP 8.5	EURO-CORDEX	HZG	UHOH	PIK	PIK
EC-EARTH RCP 8.5	EURO-CORDEX	HZG	UHOH	PIK	PIK
CNRM-CM5 RCP 8.5	BTU	HZG	X	PIK	PIK
CanESM2 RCP8.5	DWD	HZG	X	PIK	PIK
MIROC5 RCP 8.5	DWD	HZG	UHOH	PIK	PIK

Beispiele für Klimakennzahlen:

- Tages-, Monats-, Jahreszeiten- und Jahreswerte für komplette Zeiträume
- Langjährige Mittel für ausgewählte Zeitscheiben (1971-2000, 2021-2050, 2071-2100)

Beispiele für Klimakennzahlen:

- Tages-, Monats-, Jahreszeiten- und Jahreswerte für komplette Zeiträume
- Langjährige Mittel für ausgewählte Zeitscheiben (1971-2000, 2021-2050, 2071-2100)
- Beispiele (insgesamt ca. 30 Kennzahlen):
 - **Bodennahe Lufttemperatur**
 - **Niederschlag**
 - **Hitze-, Sommer-, Frost- und Eistage, kalte/warme Tage, tropische Nächte**

Beispiel „Warme Tage“

TX90p, 2021-2050 vs. 1971-2000

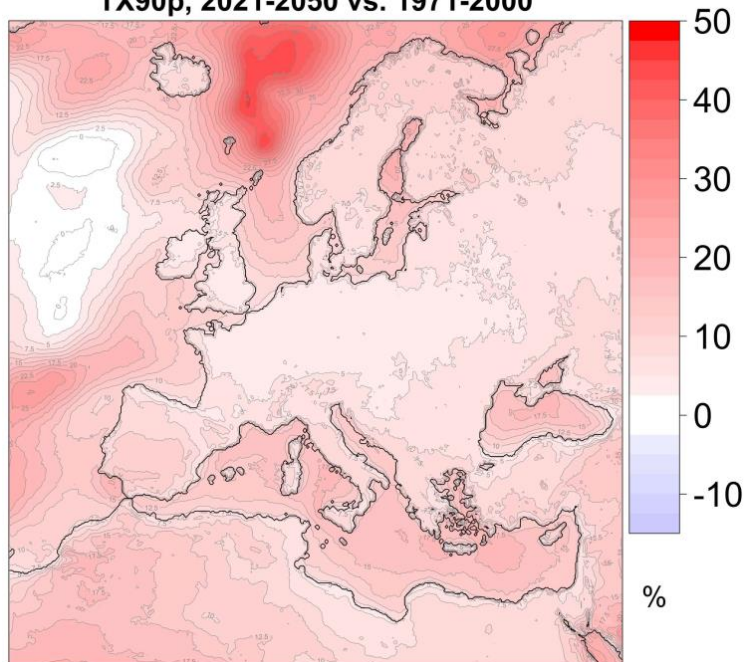


Abb. K. Radtke (BTU)

TX90p , Gleitendes Mittel, 11 Jahre

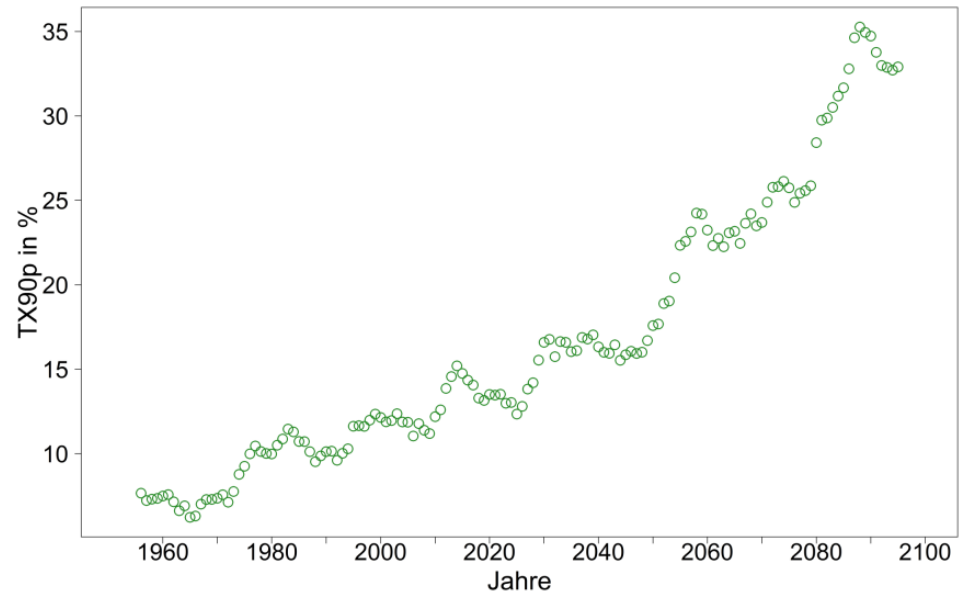


Abb. K. Radtke (BTU)

TX90p: Warme Tage – Anteil von Tagen an denen die Maximumtemperatur das 90%-Perzentil überschreitet

Beispiele für Klimakennzahlen:

- Tages-, Monats-, Jahreszeiten- und Jahreswerte für komplette Zeiträume
- Langjährige Mittel für ausgewählte Zeitscheiben (1971-2000, 2021-2050, 2071-2100)
- Beispiele (insgesamt ca. 30 Kennzahlen):
 - Bodennahe Lufttemperatur
 - Niederschlag
 - Hitze-, Sommer-, Frost- und Eistage, kalte/warme Tage, tropische Nächte
 - **Growing season length**
 - Kalt- und **Warmperioden**

Beispiel „Warmperioden“

WSDI: Warmperioden Index: Jährliche Anzahl von Tagen mit mindestens 6 aufeinanderfolgenden Tagen an denen die Maximaltemperatur TX das 90%-Perzentil der Maximumtemperatur TX_{in90} überschreitet.

WSDI, 2021-2050 vs. 1971-2000

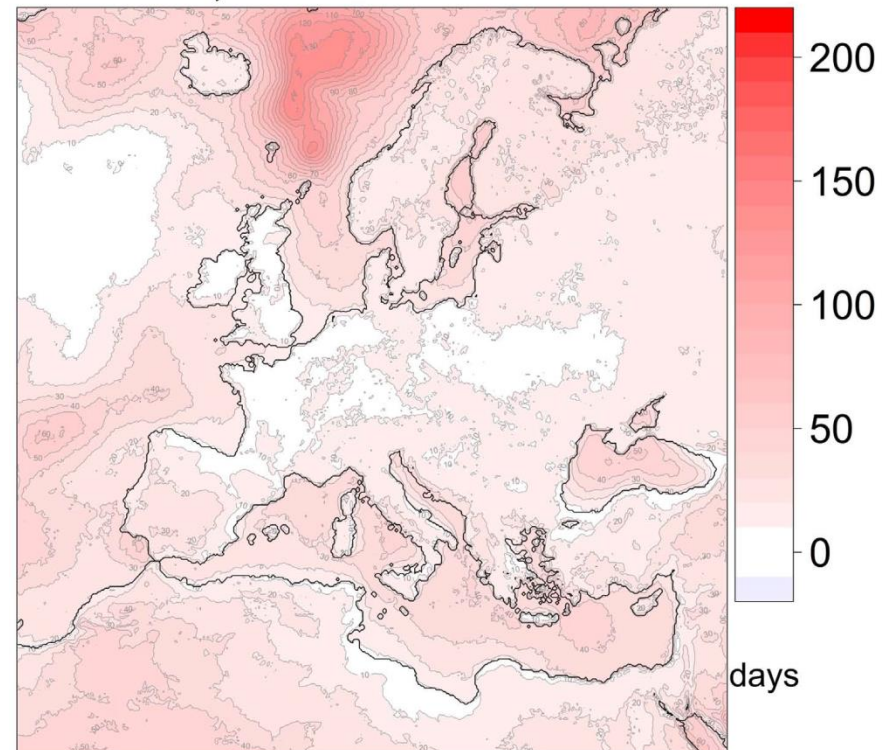


Abb. K. Radtke (BTU)

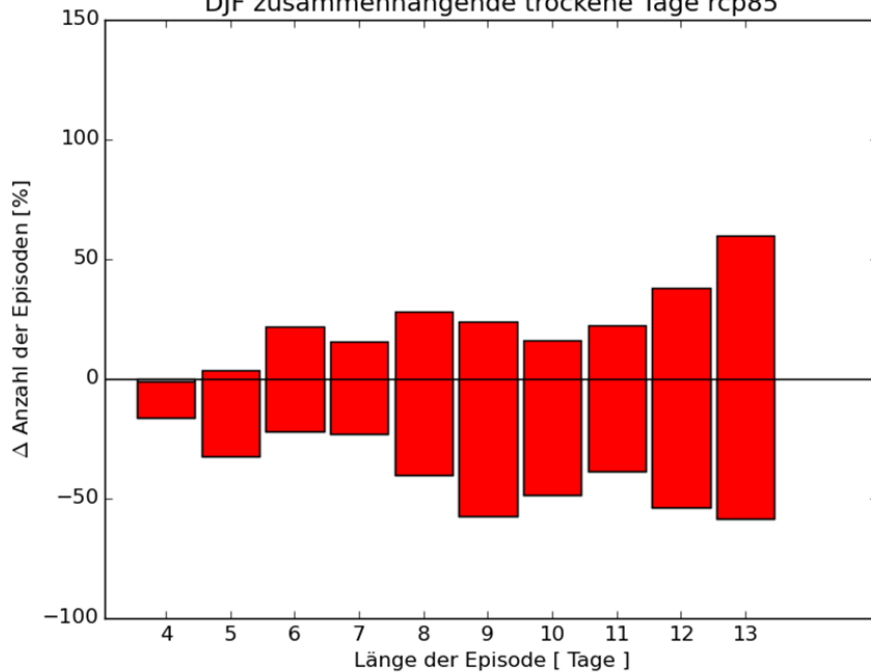
Beispiele für Klimakennzahlen:

- Tages-, Monats-, Jahreszeiten- und Jahreswerte für komplette Zeiträume
- Langjährige Mittel für ausgewählte Zeitscheiben (1971-2000, 2021-2050, 2071-2100)
- Beispiele (insgesamt ca. 30 Kennzahlen):
 - Bodennahe Lufttemperatur
 - Niederschlag
 - Hitze-, Sommer-, Frost- und Eistage, kalte/warme Tage, tropische Nächte
 - Growing season length
 - Kalt- und Warmperioden
 - **Niederschlagstage, Trockentage pro Monat/Jahreszeit/Jahr**
 - **Very wet days, extremely wet days**
 - **Perioden von Trockentagen** bzw. nassen Tagen

Beispiel „Zusammenhängende trockene Tage“

Winter

DJF zusammenhängende trockene Tage rcp85



Sommer

JJA zusammenhängende trockene Tage rcp85

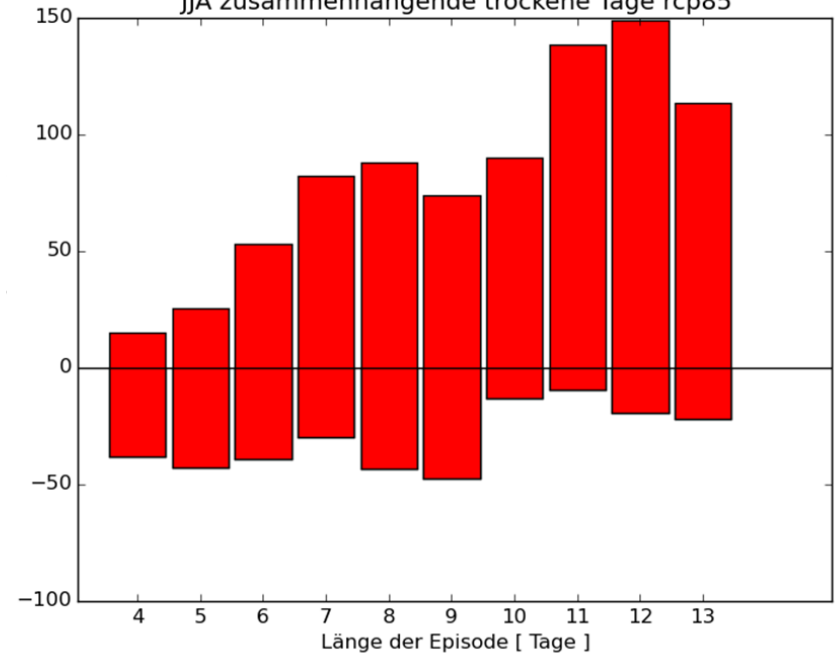


Abb. K. Bülow (GERICS)

Woher Daten/Informationen beziehen?

- ReKliEs-De Homepage: <http://reklies.hlnug.de/startseite.html>
- ReKliEs-De Nutzerhandbuch mit den wichtigsten Informationen zu den Simulationen und Kennzahlen
- EURO-CORDEX Daten (Simulationsergebnisse) sind bereits über das ESGF Portal verfügbar
- die in ReKliEs-De durchgeführten Simulationen und die Klimakennzahlen werden ebenfalls über das ESGF Portal zur Verfügung gestellt
- ESGF: Earth System Grid Federation:
- <https://esgf-data.dkrz.de/projects/esgf-dkrz/>
- alle Daten werden im netCDF Format bereit gestellt



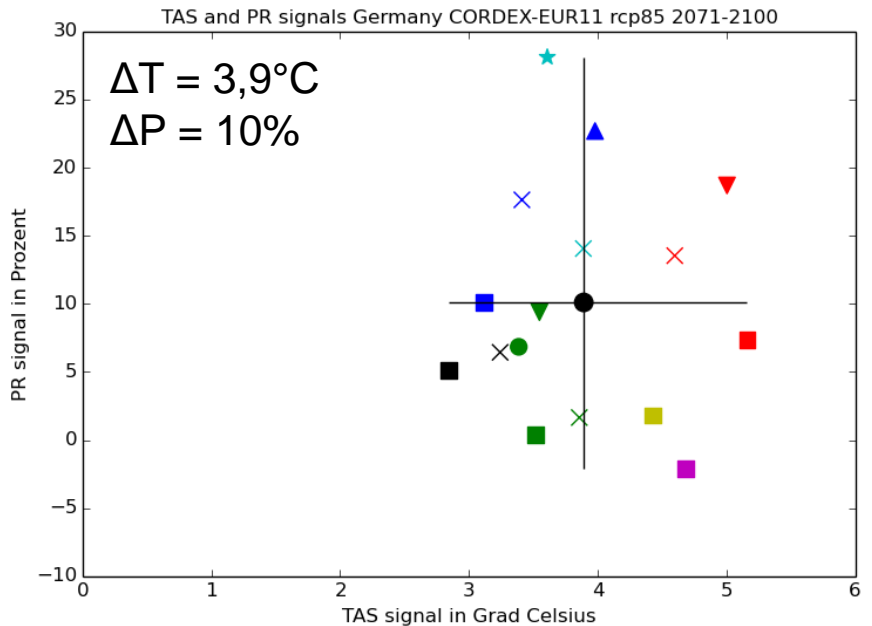
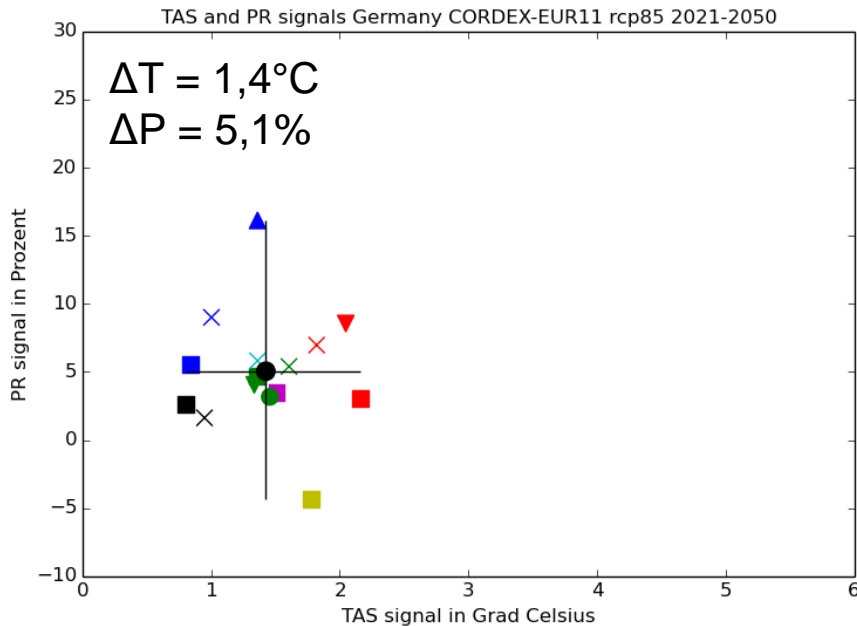
Gliederung:

1. Wie entstehen Informationen?
2. Übersicht Projekt ReKliEs-De
3. **Erste Ergebnisse**
4. Take away

Signale TAS und PR für Deutschland in rcp85

2021-2050

2071-2100



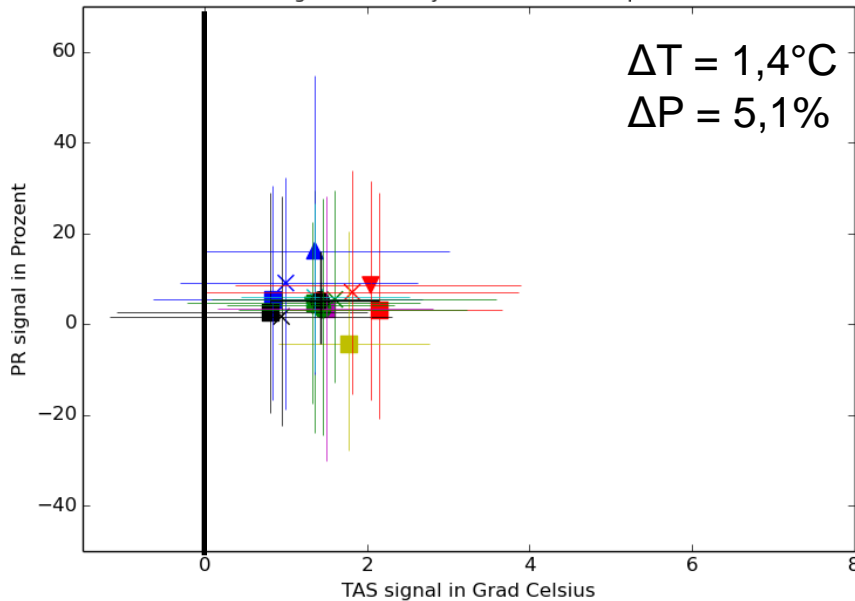
- | | |
|---|---------------------------------|
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | × SMHI-RCA4_ICHEC-EC-EARTH |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_ICHEC-EC-EARTH | × SMHI-RCA4_IPSL-IPSL-CM5A-MR |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MPI-M-MPI-ESM-LR | × SMHI-RCA4_MPI-M-MPI-ESM-LR |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MOHC-HadGEM2-ES | × SMHI-RCA4_MOHC-HadGEM2-ES |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MIROC-MIROC5 | ● DMI-HIRHAM5_ICHEC-EC-EARTH |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_CCCma-CanESM2 | ● KNMI-RACMO22E_ICHEC-EC-EARTH |
| ▲ CNRM-ALADIN53_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | ▼ KNMI-RACMO22E_MOHC-HadGEM2-ES |
| × SMHI-RCA4_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | |

- | | |
|---|---|
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | × SMHI-RCA4_ICHEC-EC-EARTH |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_ICHEC-EC-EARTH | × SMHI-RCA4_IPSL-IPSL-CM5A-MR |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MPI-M-MPI-ESM-LR | × SMHI-RCA4_MPI-M-MPI-ESM-LR |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MOHC-HadGEM2-ES | × SMHI-RCA4_MOHC-HadGEM2-ES |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MIROC-MIROC5 | ● DMI-HIRHAM5_ICHEC-EC-EARTH |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_CCCma-CanESM2 | ● KNMI-RACMO22E_ICHEC-EC-EARTH |
| ▲ CNRM-ALADIN53_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | ▼ KNMI-RACMO22E_MOHC-HadGEM2-ES |
| × SMHI-RCA4_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | ★ IPSL-INERIS-WRF331F_IPSL-IPSL-CM5A-MR |

Signale und Variabilität der Einzeljahre für TAS und PR für Deutschland in rcp85

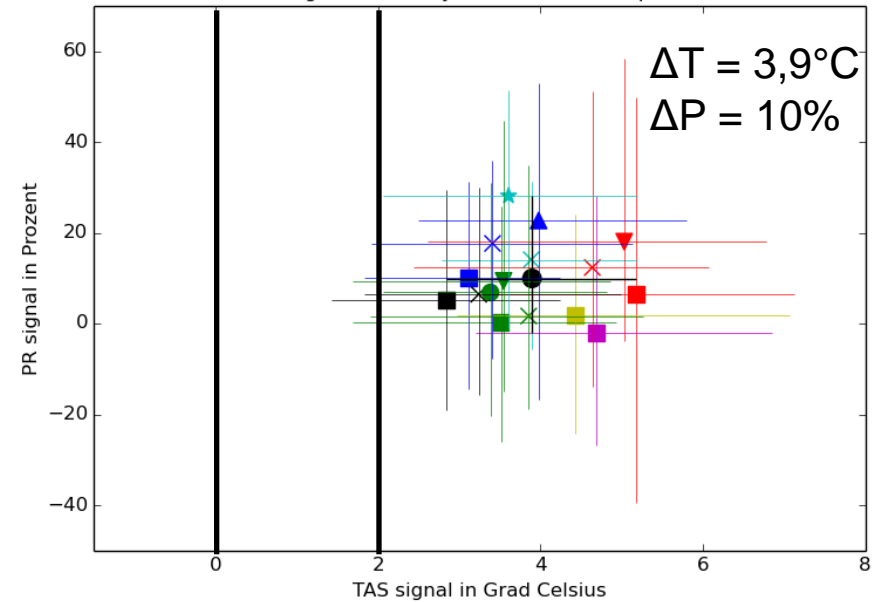
2021-2050

TAS and PR signals Germany CORDEX-EUR11 rcp85 2021-2050



2071-2100

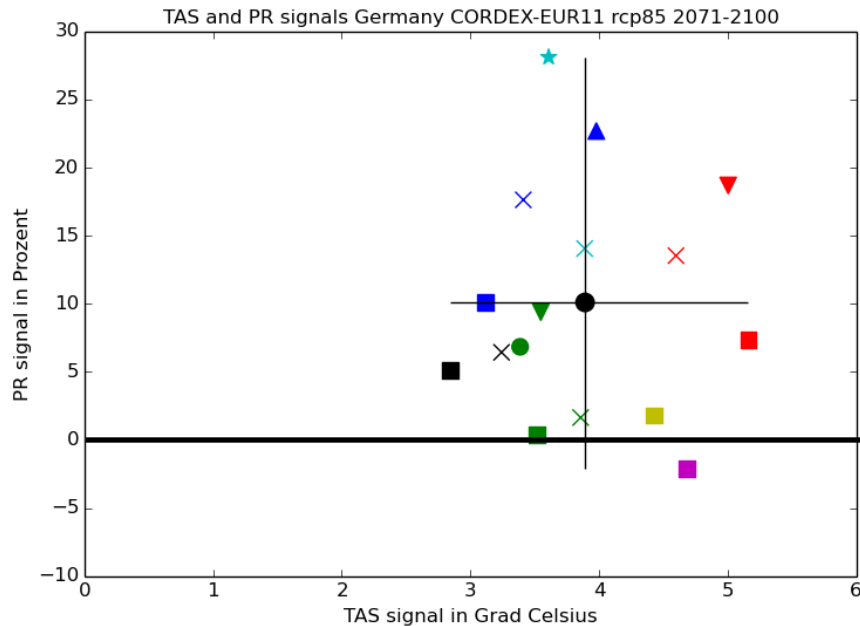
TAS and PR signals Germany CORDEX-EUR11 rcp85 2071-2100



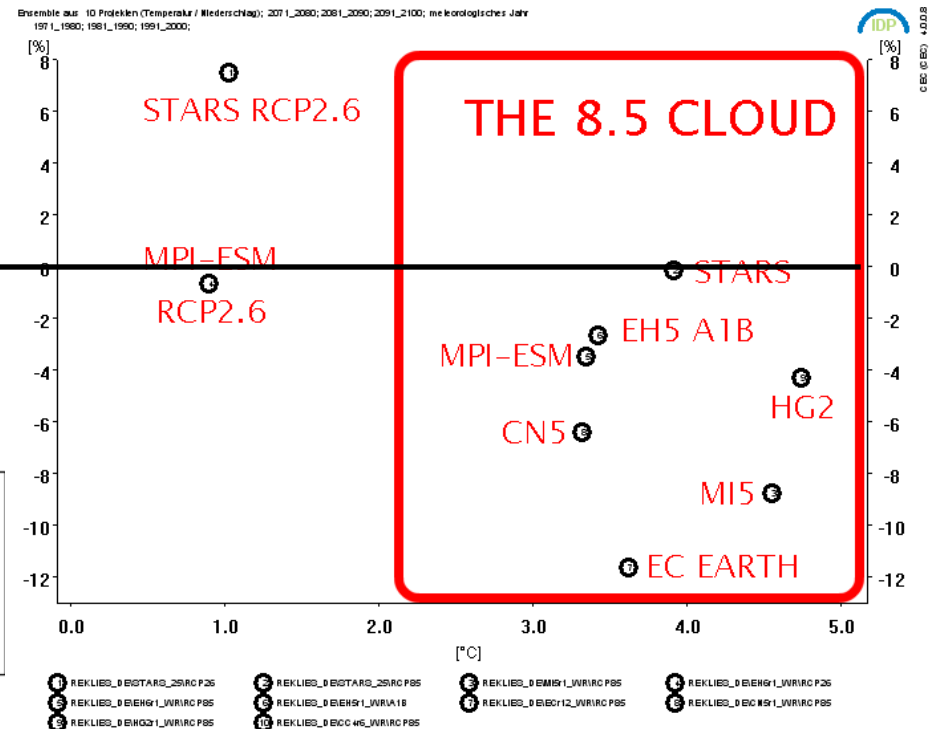
- | | |
|---|---------------------------------|
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | × SMHI-RCA4_ICHEC-EC-EARTH |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_ICHEC-EC-EARTH | × SMHI-RCA4_IPSL-IPSL-CM5A-MR |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MPI-M-MPI-ESM-LR | × SMHI-RCA4_MPI-M-MPI-ESM-LR |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MOHC-HadGEM2-ES | × SMHI-RCA4_MOHC-HadGEM2-ES |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MIROC-MIROC5 | ● DMI-HIRHAM5_ICHEC-EC-EARTH |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_CCCma-CanESM2 | ▼ KNMI-RACMO22E_ICHEC-EC-EARTH |
| ▲ CNRM-ALADIN53_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | ▼ KNMI-RACMO22E_MOHC-HadGEM2-ES |
| × SMHI-RCA4_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | |

- | | |
|---|---|
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | × SMHI-RCA4_ICHEC-EC-EARTH |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_ICHEC-EC-EARTH | × SMHI-RCA4_IPSL-IPSL-CM5A-MR |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MPI-M-MPI-ESM-LR | × SMHI-RCA4_MPI-M-MPI-ESM-LR |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MOHC-HadGEM2-ES | × SMHI-RCA4_MOHC-HadGEM2-ES |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MIROC-MIROC5 | ● DMI-HIRHAM5_ICHEC-EC-EARTH |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_CCCma-CanESM2 | ▼ KNMI-RACMO22E_ICHEC-EC-EARTH |
| ▲ CNRM-ALADIN53_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | ▼ KNMI-RACMO22E_MOHC-HadGEM2-ES |
| × SMHI-RCA4_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | ● IPSL-INERIS-WRF331F_IPSL-IPSL-CM5A-MR |

Vergleich der Änderungssignale in dynamischen und statistischen Modellen im Jahresmittel

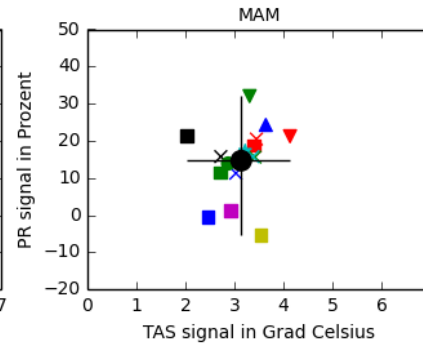
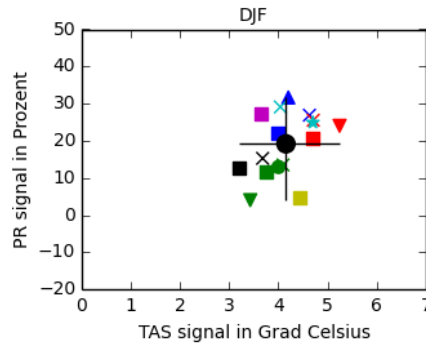


- | | |
|---|---|
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | × SMHI-RCA4_ICHEC-EC-EARTH |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_ICHEC-EC-EARTH | × SMHI-RCA4_IPSL-IPSL-CM5A-MR |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MPI-M-MPI-ESM-LR | × SMHI-RCA4_MPI-M-MPI-ESM-LR |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MOHC-HadGEM2-ES | × SMHI-RCA4_MOHC-HadGEM2-ES |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MIROC-MIROC5 | ● DMI-HIRHAM5_ICHEC-EC-EARTH |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_CCma-CanESM2 | ▼ KNMI-RACMO22E_ICHEC-EC-EARTH |
| ▲ CNRM-ALADIN53_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | ▼ KNMI-RACMO22E_MOHC-HadGEM2-ES |
| × SMHI-RCA4_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | ★ IPSL-INERIS-WRF331F_IPSL-IPSL-CM5A-MR |



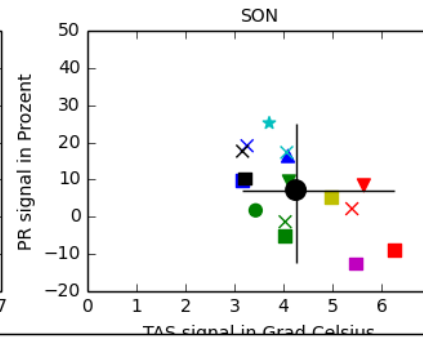
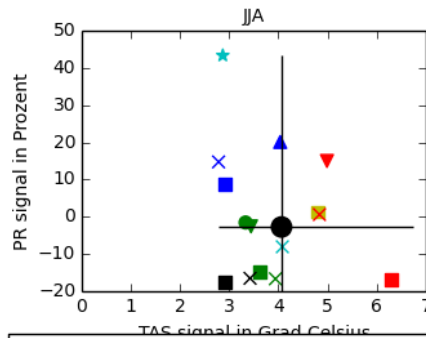
Signale TAS und PR nach Jahreszeiten für Deutschland in rcp85 2071-2100

$\Delta T = 4,2^{\circ}\text{C}$
 $\Delta P = 19\%$



$\Delta T = 3,1^{\circ}\text{C}$
 $\Delta P = 15\%$

$\Delta T = 4,0^{\circ}\text{C}$
 $\Delta P = -2,8\%$



$\Delta T = 4,2^{\circ}\text{C}$
 $\Delta P = 7,2\%$

- | | |
|---|---|
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | × SMHI-RCA4_ICHEC-EC-EARTH |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_ICHEC-EC-EARTH | × SMHI-RCA4_IPSL-IPSL-CM5A-MR |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MPI-M-MPI-ESM-LR | × SMHI-RCA4_MPI-M-MPI-ESM-LR |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MOHC-HadGEM2-ES | × SMHI-RCA4_MOHC-HadGEM2-ES |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_MIROC-MIROC5 | ● DMI-HIRHAM5_ICHEC-EC-EARTH |
| ■ CLMcom-CCLM4-8-17_CCCma-CanESM2 | ● KNMI-RACMO22E_ICHEC-EC-EARTH |
| ▲ CNRM-ALADIN53_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | ▼ KNMI-RACMO22E_MOHC-HadGEM2-ES |
| × SMHI-RCA4_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | ★ IPSL-INERIS-WRF331F_IPSL-IPSL-CM5A-MR |

Gliederung:

1. Wie entstehen Informationen?
2. Übersicht Projekt ReKliEs-De
3. Erste Ergebnisse
4. **Take away**

Take away:

- für Deutschland (Europa) gibt es bereits ein großes Ensemble an Klimaprojektionen in hoher Auflösung
- das Ensemble wird durch weitere dynamische und statistische Simulationen systematisch ausgebaut
- im Rahmen von ReKliEs-De wird eine Vielzahl von Klimakennzahlen zur Verfügung gestellt werden, die speziell auf die Nutzer zugeschnitten sind
- das (derzeitige) Multi-Model-Ensemble sagt für Deutschland für das Szenario rcp85 eine Erwärmung von $3,9^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1,5^{\circ}\text{C}$) im Jahresmittel bis zum Ende des Jahrhunderts voraus
- dynamische Modelle deuten auf eine leichte Niederschlagszunahme hin, während statistische Modelle (WETTREG) von einer leichten Niederschlagsabnahme ausgehen (damit ist keine Aussage darüber verbunden, in welcher Form der Niederschlag fällt)

FRAGEN?

Ansprechpartner:

Dr. Christian Steger
Deutscher Wetterdienst
Referat Zentrales Klimabüro
Frankfurter Straße 135
63067 Offenbach

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

