



Probabilistische Abschätzung regionaler Klimaänderungen

A. Hense, C. Kottmeier, W. Enke, F. Kreienkamp
H.-J. Panitz, G. Schädler, C. Schölzel, A. Spekat, H. Feldmann

Das Problem der Unsicherheiten

- Das Klimasystem in der Realität und im Modell ist inhärent zufällig, aleatorische Unsicherheit
 - immens viele Freiheitsgrade (in der Realität)
 - nichtlineares Verhalten
 - Ensemblesimulationen, unterschiedliche Anfangsbedingungen z.B. am 1. Januar 1860
- (Klima)-Modelle sind reduzierte Abbildungen der Wirklichkeit, epistemische Unsicherheit
 - Multimodell-Ensemble: unterschiedliche Klimamodelle
 - perturbed physics : ein Klimamodell in unterschiedlichen Versionen bei der Behandlung von Wolken, Niederschlag, turbulenter Austausch Atmosphäre-Untergrund etc.

Ziele von PARk

- Erstellung eines regionalen (Multi-Modell) Ensembles von Klimasimulationen des späten 20. und frühen 21. Jahrhunderts
 - mit Hilfe dynamischer und statistischer regionaler Klimamodelle
 - und deren statistisch-dynamischen Modellierung
- Gewichtung eines regionalen Ensembles von Klimasimulationen durch Beobachtungen möglich?
- Optimale Gewichtung für die wahrscheinlichsten zukünftige Entwicklung?
- Mit welcher Unsicherheit ist diese Projektion behaftet?
- Zusammenführung dynamischer und statistischer regionaler Klimamodelle
- Konzentration auf den Zeitraum 2010-2040

Ensembles von globalen Modellen des IPCC AR4

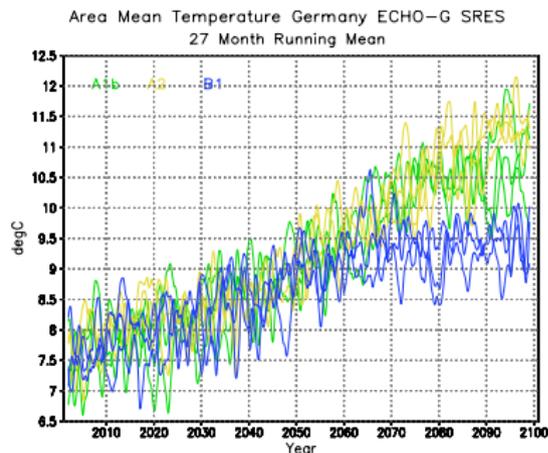
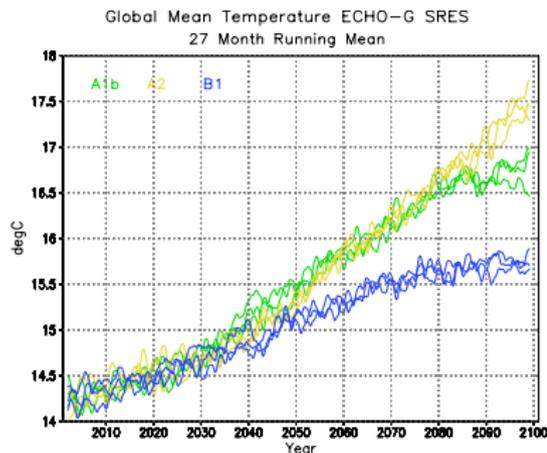
- ECHAM5-MPI/OM
- ECHO-G
- CCSM3.1 (Kanada)
- HADCM3 (UK)
- BCCR (Bjerknes Center Bergen, Norwegen)

Treiben regionale Klimamodelle an

- Das dynamische Modell CCLM4.2 mit Gitterpunktsabstand 50 und 7 km
- Das statistische Modell WETTREG basierend auf Stationsdaten Baden-Württemberg



Warum die Konzentration auf 2010-2040?

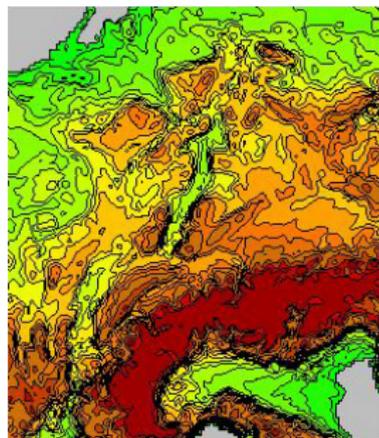
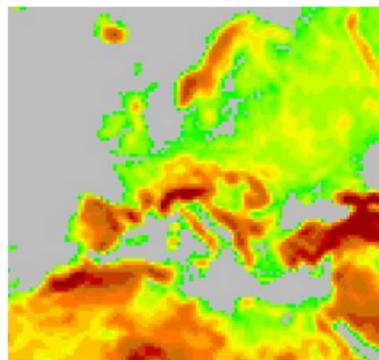


Keine Unterschiede zwischen den Szenarien auf globaler und regionaler Ebene.

Zeitraum der Anpassung an kommende Klimaänderungen.

CCLM

- CCLM 4.2 regionales Klimamodell, deutsches Gemeinschaftsmodell seit 2005
- Zusammenarbeit zwischen DWD (regionales Wettervorhersagemodell) und Arbeitsgruppen an Universitäten, Helmholtz- und Leibnizinstituten
- CCLM - Sonderheft Meteorologische Zeitschrift Heft 4 von 2008



List of current COSMO-CLM (CCLM) Simulations performed at IMK-TRO

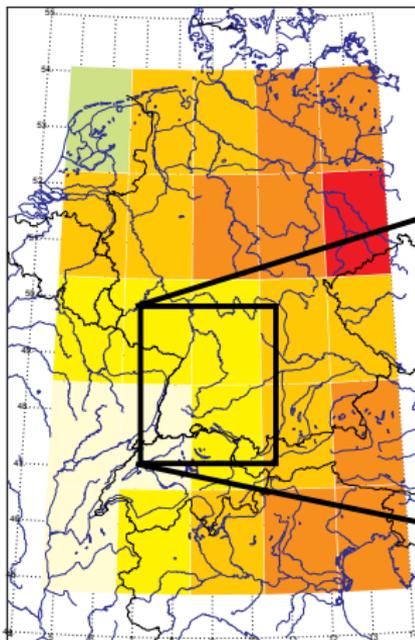
Global Data	Period	External-Forcing	Resolution (Deg)	Status	Wall-Clock Time (d)	Total CPU-Time (d)	No of CPUs
ERA40	1968-2001	ERA40	0.44 ≈ 50km	finished	9.5	143	16
		CLM_50km	0.0625 ≈ 7km	finished	31	500	16
ECHAM5_20C3M all, Realization 1	1968-2000	ECHAM5	0.44 ≈ 50km	finished	9	137	16
		CLM_50km	0.0625 ≈ 7km	finished	22	509	24
ECHAM5_20C3M all, Realization 3	1968-2000	ECHAM5	0.44 ≈ 50km	finished	9	135	16
		CLM_50km	0.0625 ≈ 7km	finished	20	499	24
ECHAM5_A1B Realization 1	2007-2041	ECHAM5	0.44 ≈ 50km	finished	9	137	16
		CLM_50km	0.0625 ≈ 7km	finished	23	541	24
ECHAM5_A1B Realization 3	2007-2041	ECHAM5	0.44 ≈ 50km	finished	9	142	16
		CLM_50km	0.0625 ≈ 7km	running	20 (estimated)	510 (estimated)	24

estimated total wall-clock time: **162 days**
 estimated total CPU-time: **3253 days = 9 years**
 estimated total disk capacity needed: **50 – 65 TByte**

Double-Nesting-Procedure

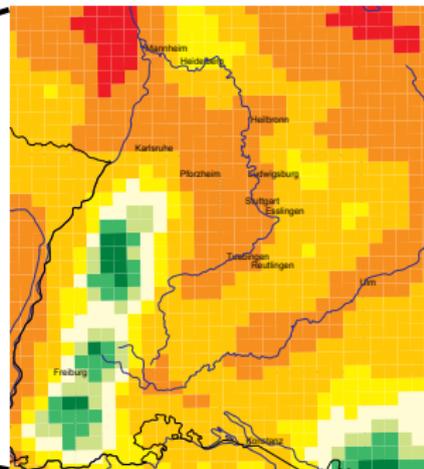
1. Nest: 0.44 Deg (≈ 50 km) CCLM simulation forced by the Global Data
2. Nest: 0.0625 Deg (≈ 7 km) CCLM simulation forced by the results of 1. Nest

Effekt des dynamischen Downscalings



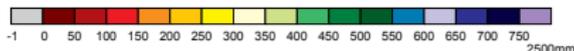
SON Prec.: avg. = 230, min. = 144, max. = 364mm
C20 ECHAM5 SON precipitation 1971 - 2000

Klimatologischer Niederschlag 1971-2000
Herbst (SON)



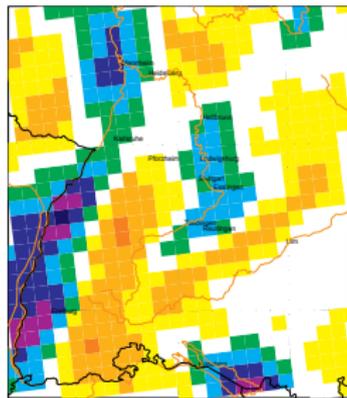
Globaler Antrieb:
Regionales Downskaling:

ECHAM5
COSMO CLM

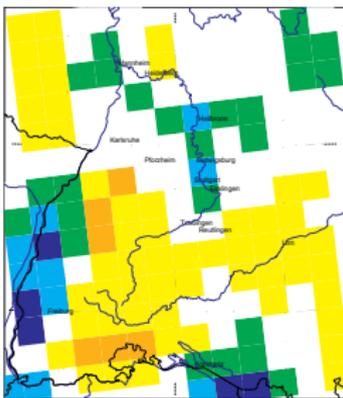


Abweichungen der mittleren Jahresniederschläge 1971-2000 BW von Beobachtungen, unterschiedliche regionale Modelle

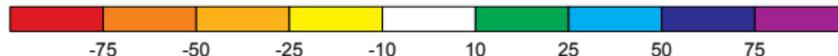
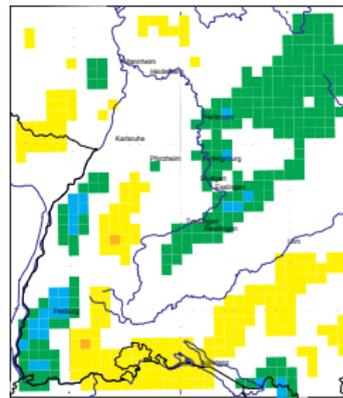
REMO-UBA 10km Simulation



CLM-CR 18km Simulation



CCLM 7km Simulation IMK

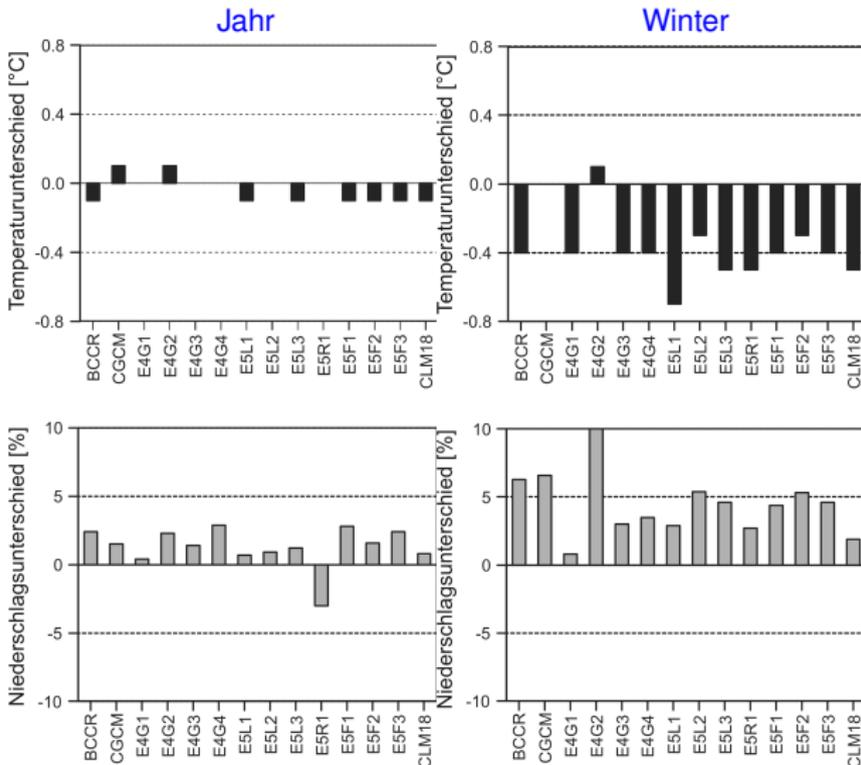


(relative Abweichungen vom Mittelwert in %)

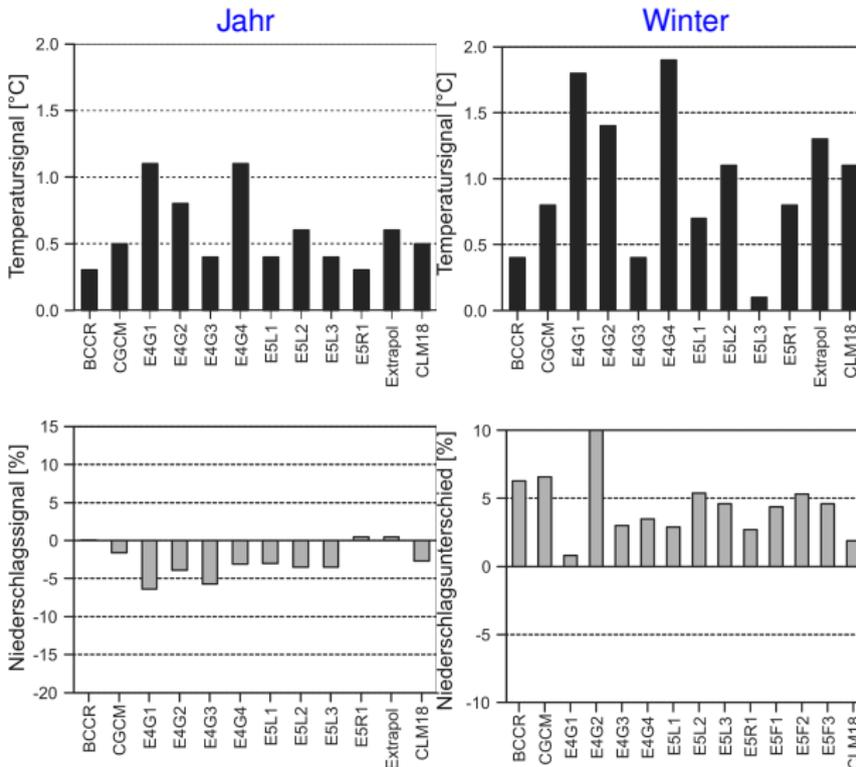
WETTREG ist...

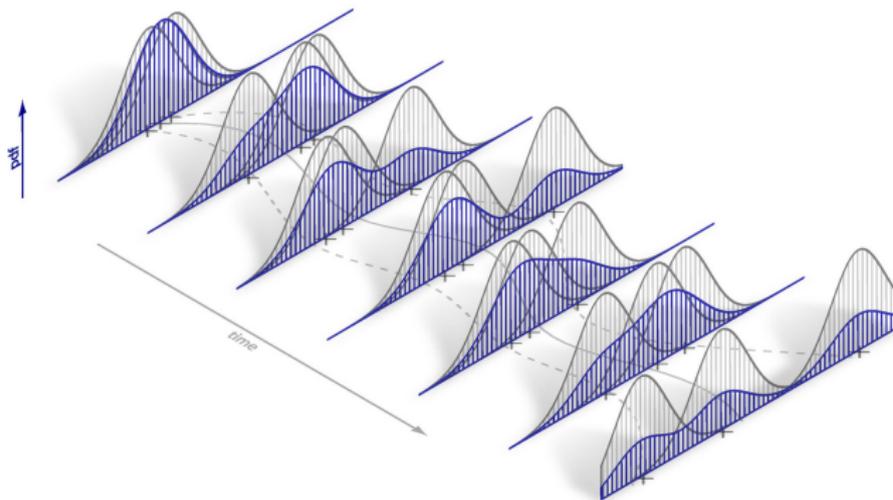
- ... eine Kombination aus Mustererkennung, stochastischem Wettergenerator und Regressionsverfahren
 - 1 Mustererkennung: typische Strömungsmuster globaler Modelle für Tage mit ähnlichen Werten einer Leitgröße
 - 2 Neukombination von Episoden für zukünftige globale Klimate
 - 3 verbunden mit einer Modulation aufgrund langfristiger Änderungen in einer Szenario-Simulation
- Kalibration an Beobachtungen, Validation an Simulationen des 20. Jahrhunderts, Projektion regionaler Klimaänderungen mit Hilfe von Szenario-Simulationen
- Erstmals in PARK: verschiedene globale und regionale Modelle mit unterschiedlichen Realisierungen

Validation 1971-2000, Mittelwert BW ca. 50 Stationen



Projektion 2021-2030, Mittelwert BW ca. 50 Stationen





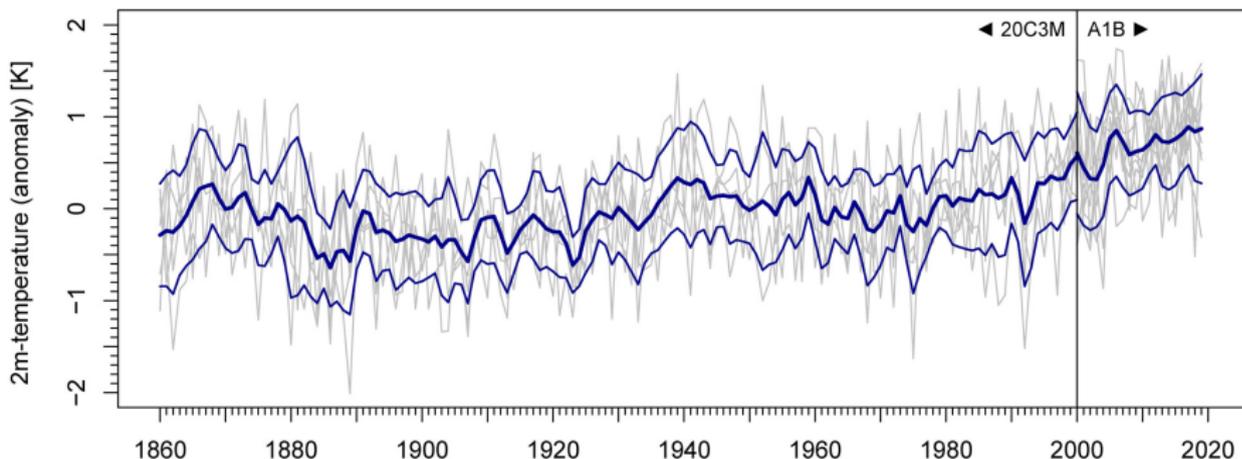
Ensemble "dressing"

Definiere eine Wahrscheinlichkeitsdichte der zufälligen Schwankungen **um** jede Realisierung des Ensembles X_j und bilde den Mittelwert

ECHO-G: Jahresmitteltemperaturen

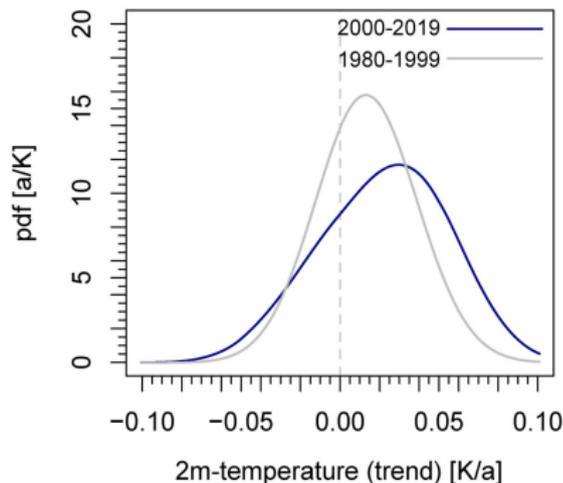
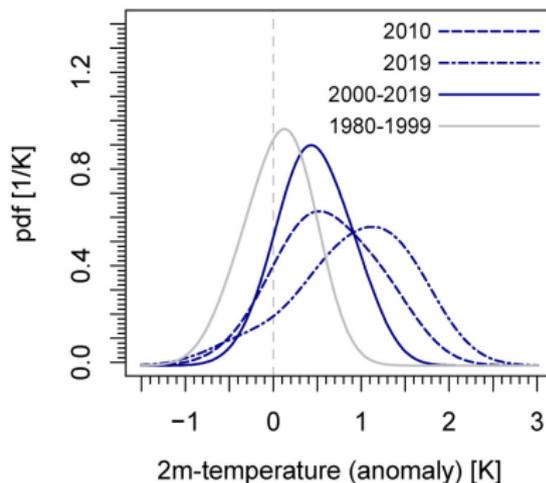
Ensemble Realisierungen (T_{2m} , 48°N–55°N und 5°E–15°E, D):

- 5 × 1860–2000 20C3M scenario
- 9 × 2000–2019 SRES A1B scenario



Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Mittelwerte und Trend

- Multivariate Schätzung Σ_D aus 20 Jahre Abschnitten der 20C3M-Simulationen
- Randverteilung für 20-jährige Mittelwerte und Trends



Zusammenfassung

- Einziges deutsches Projekt zur probabilistischen Behandlung von regionalen Klimänderungen
- Lediglich auf europäischer Ebene **Ensembles**-Projekt mit ähnlicher Zielsetzung
- Eine Datenbasis ist erstellt (≈ 80 TByte)
- Neue Methoden sind erarbeitet
- WETTREG Ergebnisse mit verschiedenen globalen Modellen

Zukünftige Arbeiten

- Anwendung der Methoden auf die Datenbasis, statistische "Modellierung" zur quantitativen Bestimmung der Unsicherheit
- Kalibration an den Beobachtungen: Bestimmung einer optimalen Gewichtung von Modellen

- 1** Einleitung
 - Übersicht
 - 2** Dynamische Modellierung
 - Erste Ergebnisse CCLM
 - 3** Statistische Modellierung
 - Erste Ergebnisse WETTREG
 - 4** Statistisch-dynamische Interpretation
 - Beispiel mit ECHO-G Daten
 - 5** Zusammenfassung
- ▶▶ Appendix

