



# QUIRCS

## Quantifizierung von Unsicherheiten regionaler Klimasimulationen



Koordinator: Klaus Keuler  
 Projektpartner: Franz Berger  
 Ernst Dittmann  
 Dietrich Heimann  
 Daniela Jacob  
 Hans-Richard Knoche

**BTU**  
**TUD**  
**DWD**  
**DLR**  
**MPI**  
**IMK**

Lehrstuhl für Umweltmeteorologie, Brandenburgische Technische Universität Cottbus  
 Institut für Hydrologie und Meteorologie, Technische Universität Dresden  
 Deutscher Wetterdienst, Referat Klimaanalyse und Klimadiagnose, Offenbach  
 Institut für Physik der Atmosphäre, DLR Oberpfaffenhofen  
 Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg  
 Institut für Meteorologie und Klimaforschung, FZK Garmisch-Partenkirchen

### Verbundprojekt Übersicht

#### Zielstellung

Das Verbundprojekt untersucht die Leistungsfähigkeit gegenwärtig in Deutschland eingesetzter hoch auflösender regionaler Klimamodelle und Regionalisierungsmethoden hinsichtlich der Wiedergabe gegenwärtiger Klimabedingungen und der Prognose zukünftiger Klimaszenarien für Mitteleuropa. Zentrale Ziele sind:

- Quantifizierung der Unsicherheiten regionaler Klimamodelle, Regionalisierungsmethoden und Klimadaten
- Simulation eines hoch aufgelösten Klimaszenarios für Mitteleuropa
- Bewertung der abgeleiteten Klimaänderungen anhand der quantifizierten Unsicherheiten

Im Verbund (siehe Abb. 1) werden hierzu gemeinsame Modellexperimente durchgeführt und eine Reihe von Klimadatenätzen zur Modellevaluierung aufbereitet.

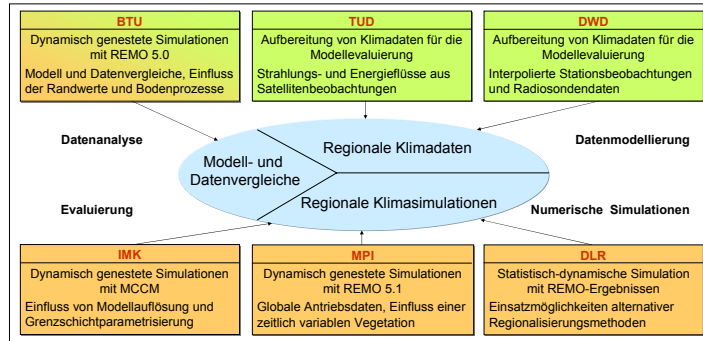


Abb. 1: Projektstruktur und Aufgabenverteilung

#### Durchgeführte Arbeiten

- Gemeinsame Modellsimulationen:**
  - Simulation des gegenwärtigen Klimazustandes mit verschiedenen Modellen (Abb. 1) bei einer horizontalen Auflösung von ca. 18 km über jeweils 15 Jahre. → **BTU, MPI, IMK**
  - Antriebsdaten der Simulationen stammen aus ECMWF-Reanalysen (ERA 15) für 1979-1993.
  - Rekombination der regionalen Simulationen mit statistisch-dynamischer Methode. → **DLR**
- Aufbereitung von Klimabeobachtungen:**
  - Interpolierte Stationsbeobachtungen (Gitterdaten) für Tagesmittel-, Tagesminimum- und Tagesmaximumtemperatur, Niederschlag, Wind und Bodendruck. → **DWD**
  - Wolkenbedeckung und Strahlungslänge am Oberrand der Atmosphäre und am Erdboden aus Satellitenbeobachtungen. → **TUD**
  - Zusätzliche Datensätze aus ECMWF-Reanalysen (ERA) und interpolierten Stationsdaten der Climate Research Unit (CRU) → **BTU**
- Evaluierung der Modellsimulationen:**
  - Vergleich der Simulationsergebnisse mit aufbereiteten Beobachtungsdaten für verschiedene Teilregionen und Parameter-Kategorien (Tab. 1). → **BTU**
  - Statistische Auswertung und Ableitung von Kennzahlen und Abstandsmaßen zur Quantifizierung von Unsicherheitsbereichen
- Globale Klimasimulationen:**
  - Simulation mit ECHAM4/T106 für zwei Zweitscheiben – Kontrolllauf (1971-2000) und Szenariolauf (2071-2100) - entsprechend dem SRES B2 Szenario. → **MPI**
  - Aufbereitung der Ergebnisse als Antriebsdaten für die regionalen Szenario-Simulationen

Alle Simulationsergebnisse des Evaluierungsexperimentes und alle verfügbaren Beobachtungsdatensätze wurden an der BTU zusammengeführt und mit einheitlichen Verfahren ausgewertet. Der Vergleich zwischen den Modellsimulationen und den Beobachtungsdatensätzen erfolgt anhand einer Anzahl wohl definierter Abstandsmaße und Kennzahlen. Diese erlauben eine standardisierte und reproduzierbare Quantifizierung der Unsicherheitsbereiche und können für die Beurteilung zukünftiger Modellverbesserungen herangezogen werden.

Räumliche Verteilung klimatologischer Mittel	Mittlere Jahressgänge von Klimaparametern	Häufigkeiten und Intensitätsverteilungen	Aerologische Daten über Teilregionen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Klassische bodennahe Klimaparameter wie Temperatur (mean, min, max), Niederschlag, Luftdruck, Windstärke</li> <li>Strahlungs- und Energieflüsse am Boden und Oberrand der Atmosph.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auswertung von Flächenmitteln ausgewählter Klimaparameter über Teilregionen</li> <li>Vergleich der Jahressgänge auf der Basis klimatologischer Monatsmittel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl von Eis-, Frost- und Sommertagen</li> <li>Niederschläge und Windgeschwindigkeiten</li> <li>Auswertung erfolgt für einzelne Teilregionen (in Bearbeitung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mittlere Vertikalprofile von Temperatur, Wind und Feuchte</li> <li>Höhe der 0°-Grenze</li> <li>500 hPa Geopotential, 850 hPa Temperatur (in Bearbeitung)</li> </ul>

Tab. 1: Parameter-Kategorien zur Evaluierung der Modellsimulationen und zur Quantifizierung von Unsicherheiten der Simulationsergebnisse und Beobachtungsdaten

#### Ergebnisse

Exemplarisch für die bisher durchgeführten Auswertungen werden die Unterschiede zwischen den drei Modellsimulationen (**BTU, MPI, IMK**) und den interpolierten Beobachtungsdaten des **DWD** für den Zeitraum 1979-1993 über der Teilregion Deutschland für die Klimaparameter Niederschlag, Mittelwert und Tagesamplitude der Lufttemperatur und reduzierter Bodendruck gezeigt. Abb. 2 zeigt die räumliche Verteilungen der Unterschiede einiger Jahresmittelwerte.

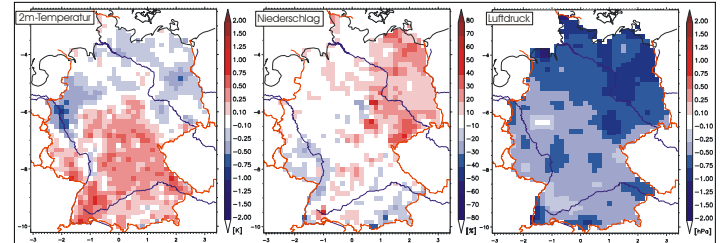


Abb. 2: Abweichungen der 15-jährigen Jahresmittelwerte einzelner Simulationen von den Klimadaten des DWD für die Lufttemperatur (BTU), den Niederschlag (IMK) und den Bodendruck (MPI)

Zur Quantifizierung der räumlichen Unterschiede zwischen Simulation- und Beobachtungsdaten werden eine Reihe statistischer Kenngrößen ausgewertet. Hierzu zählen neben der Abweichung der Flächenmittel (**BIAS**), der mittleren quadratischen Abweichung (**RMSE**) und der Korrelation der räumlichen Muster (**PACO**) auch die Häufigkeitsverteilung der Abweichungen zwischen den Gitter-Datensätzen in Form von **Perzentilen**. Abb. 3 zeigt die Häufigkeitsverteilungen der Abweichungen der 3 Modellsimulationen von den Klimadaten des DWD für 4 ausgewählte Parameter.

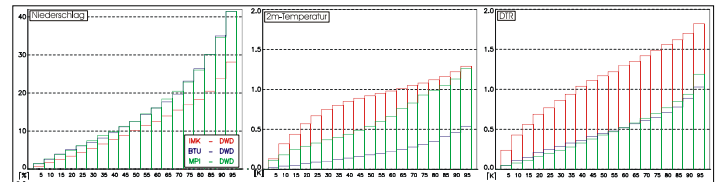


Abb. 3: Perzentile der Gitterpunkt-Differenzen zwischen Modell- und Beobachtungsdaten für die Jahresmittel des Niederschlags (prozentuale Abweichung), der Temperatur ( $T_{mean}$ ), der Tagesamplitude ( $DTR=T_{max}-T_{min}$ ) und des Luftdruckes ( $P_{NN}$ ) über der Teilregion Deutschland. Das Z-te Perzentil ist der Wert für den gerade Z % der Fläche der ausgewerteten Teilregion eine geringere und (1-Z) % der Fläche eine höher absolute Abweichung zwischen Modell- und Beobachtungsdaten aufweisen.

Neben der räumlichen Verteilung der Klimamittel, werden auch die mittleren Jahressgänge von Teilregionen (vgl. Tab. 1) für den Vergleich zwischen Simulations- und Beobachtungsdaten verwendet. Die Quantifizierung der Unterschiede erfolgt über eine Reihe von Abstandsmaßen wie die zeitliche Korrelation der gesamten Datenreihenpunkte (**TCO**), das Verhältnis der mittleren Jahresamplituden (**ROYA**) oder die mittlere absolute Differenz der 12 klimatologischen Monatsmittel (**MAD**). Abb. 4 zeigt die mittleren Jahressgänge der 3 Modellsimulationen im Vergleich zu den Klimadaten des DWD zusammen mit den Wertebereichen dieser Maßzahlen.

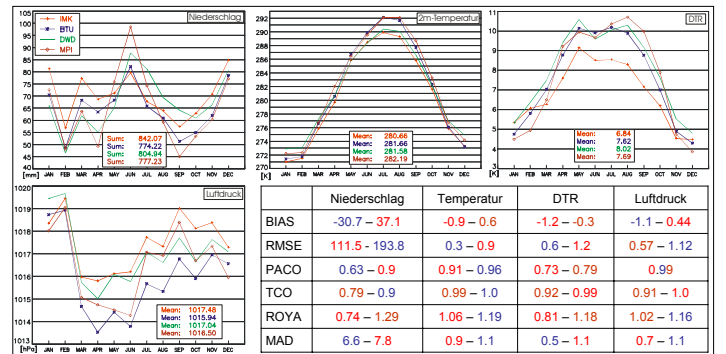


Abb. 4: Mittlere Jahressgänge von Modell- und Beobachtungsdaten mit Abstandsmaßen (siehe Text) für den Niederschlag, die Temperatur, die Tagesamplitude ( $DTR=T_{max}-T_{min}$ ) und den Luftdruck ( $P_{NN}$ )

Kontakt: Dr. Klaus Keuler, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Postfach 10 13 44, 03013 Cottbus  
[keuler@tu-cottbus.de](mailto:keuler@tu-cottbus.de); [www.tu-cottbus.de/meteo/Quircs/home.htm](http://www.tu-cottbus.de/meteo/Quircs/home.htm)