



Ziel

Objektive Quantifizierung der möglichen Schwankungsbreite regionaler Klimasimulationen

Umsetzung

- Durchführung von mehreren hoch aufgelösten regionalen Klimasimulationen mit unterschiedlichen regionalen Modellen und Regionalisierungsmethoden
- Vergleich der Modellergebnisse mit unterschiedlichen Referenzdaten für verschiedene Klimaparameter
- Quantifizierung der Abweichungen zwischen Simulationsergebnissen und Referenzdaten durch objektive Abstandsmaße

Regionale Klimasimulationen

Simulation des Gegenwartsklimas von Mitteleuropa für den Zeitraum 1979 - 1993

- Kontinuierliche (dynamisch genestete) Langzeitsimulationen mit zeitabhängigen Randwerten aus ECMWF Reanalysen (ERA 15)
Verwendete regionale Klimamodelle: REMO 5.0, REMO 5.1, MM5, CLM 2.0, CLM 2.1
- Horizontale Auflösung der Simulationen ca. 18 km
- Unterschiedliche Modellgebiete mit einem gemeinsamen Referenzgebiet im Inneren
- Erstellung von Monatsmitteln für eine Reihe von Klimaparametern auf einem einheitlichen Referenzgitter (Abb.1)

Referenzdaten

Aus Stationsbeobachtungen interpolierte Rasterdaten von Monatsmittelwerten verschiedener Klimaparameter

Datenquellen

- 1 km Rasterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für das Gebiet Deutschlands (Poster 4)
- 1/6° Rasterdaten der Climate Research Unit (CRU), für alle Landpunkte Europas

Verfügbare Klimaparameter

Table listing climate parameters and their data sources: MSLP (DWD), T 2m (DWD, CRU), Precip (DWD, CRU), T\_max, T\_min (DWD), DTR (DWD, CRU), V10m (DWD), qv, e (DWD, CRU), Ns (DWD), Nf (DWD), Ni (DWD), Nsr (DWD), Nir (DWD).

Die DWD Daten wurden z.T. in verschiedenen Varianten erstellt. Der Vergleich der Referenzdaten mit ERA 15 Daten erlaubt eine Einschätzung der Qualität der regionalen Simulationen gegenüber den sie antreibenden 'optimalen' Randwerten.

Abstandsmaße

Kennzahlen zur Erfassung der Abweichungen zweier Klimadatenätze

Anwendung

Die Abweichungen werden auf der Basis von gerasterten Monatsmittelwerten für ausgewählte Teilregionen berechnet. Jede Modellsimulation wird mit jedem verfügbaren Referenzdatensatz verglichen. Dadurch ergibt sich für jeden Klimaparameter und jede Teilregion ein Ensemble von Abstandsmaßen.

Interpretation

Die berechneten Abstandsmaße erfassen die Unterschiede in den klimatologischen Mittelwerten und ihren räumlichen und zeitlichen Strukturen für die ausgewählte Teilregion. Ihre Werte quantifizieren den Unsicherheitsbereich, innerhalb dem der gegenwärtige Klimazustand von den regionalen Modellen erfasst wird.

Abstandsmaße

- für die räumliche Verteilung klimatologischer Mittelwerte: BIAS (Differenz der Flächenmittel der Teilregion), SRMSD (Wurzel der mittleren quadratischen Abweichung der Gitterpunktwerte einer Teilregion), RSV (Verhältnis der räumlichen Varianzen der Teilregion), PACO (Korrelation der horizontalen Verteilung räumlicher Anomalien (Musterkorrelation))
- für die Zeitreihen der Monatsmittel einer Teilregion: TRMSD (Wurzel der mittleren quadratischen Abweichung der Zeitreihen der Flächenmittel der Teilregion), RTV (Verhältnis der zeitlichen Varianzen der Flächenmittel), TCO (Zeitliche Korrelation der Zeitreihen der Flächenmittel)
- für die mittleren Jahresgänge der Monatsmittel einer Teilregion: ROYA (Verhältnis der Jahreamplituden der Flächenmittel), MAMD (Mittlere absolute Differenz der klimatologischen Monatsmittel)

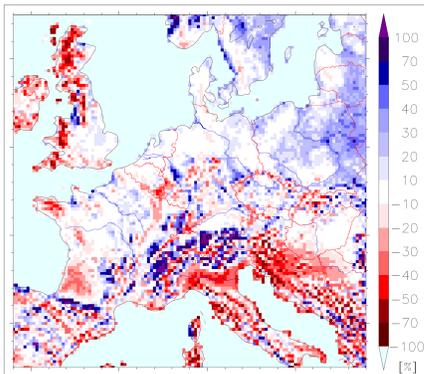


Abb. 1: Relative Abweichung des Jahresniederschlags der REMO 5.0 Simulation von den CRU Daten.

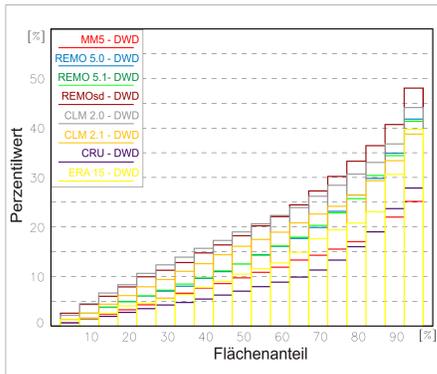


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung (Perzentile) der relativen Gitterpunktdifferenzen der Jahresniederschläge von Modellergebnissen und DWD Daten für die Teilregion Deutschland

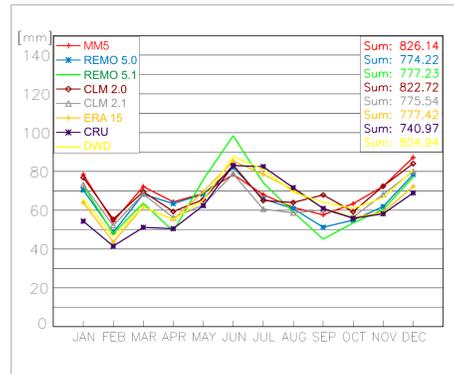


Abb. 3: Mittlere Jahresgänge des Niederschlags in Deutschland aus Modellsimulationen und Referenzdaten. Die Zahlenangaben bezeichnen die jeweilige Jahressumme.

'Klassische' Evaluierung

Die nebenstehenden Abbildungen zeigen die Abweichungen der simulierten Niederschläge von den klimatologischen (15-jährigen) Mitteln. Sie liegen für weite Teile Mitteleuropas zwischen 20% (Abb.1). Die maximale Abweichung innerhalb Deutschlands (95%-Perzentil, Abb.2) liegt bei ca. 50%. Die Unterschiede zwischen den Referenzdaten CRU und DWD betragen im Mittel 7% und steigen bis 28% an. Die Abweichungen der Reanalysen (ERA 15) sind vergleichbar mit denen der regionalen Klimamodelle. Die mittleren Jahresgänge (Abb.3) zeigen alle einen ähnlichen Verlauf mit saisonal unterschiedlichen Abweichungen. Die Bewertung der Abweichungen erfordert eine erweiterte quantitative Auswertung.

Quantifizierung der Modellunsicherheiten für das Regionalklima Deutschlands

Abb. 4 zeigt die Wertebereiche verschiedener Abstandsmaße für eine Reihe von Klimaparametern, wie sie sich aus den Vergleichen der durchgeführten Modellsimulationen mit allen zur Verfügung stehenden Referenzdaten für die Teilregion Deutschlands ergeben. Die systematischen Abweichungen der Jahresmittelwerte der Region erfasst der BIAS. Die mittlere Windgeschwindigkeit (V10m) und die Anzahl der Tage mit signifikantem Niederschlag (Nsr) liegen in alle Simulationen über den Vergleichsdaten, der Tagesgang der Lufttemperatur (DTR) und die Zahl der Tage mit intensivem Niederschlag (Nir) liegen immer darunter. Die Abweichung der Jahressumme des Niederschlags variiert zwischen -31 und +85 mm. Die Abweichungen der ERA 15 Daten von den interpolierten Beobachtungen (rote Quadrate mit Schwankungsbereich) sind vergleichbar. Die absoluten Abweichungen der Modellsimulationen von den Referenzdaten gemittelt über die Teilregion werden durch die Spatial Root Mean Square Difference (SRMSD) wiedergegeben.

Die Erfassung der räumlichen Strukturen der Jahresmittelwerte spiegelt sich in der Pattern Correlation (PACO) wieder. Die horizontalen Muster von Bodendruck (MSLP), Temperatur (T2m), spezif. Feuchte (qv) und der Zahl der Sommer- und Frosttage (Ns, Nf) werden von den Modellen sehr gut und zum Teil besser als von den Reanalysen wiedergegeben. Allerdings zeigt das Ratio of Spatial Variances (RSV), dass die räumliche Variabilität bei Ns deutlich höher als in den DWD Daten ist. Die räumliche Variabilität der Zahl der signifikanten Regentage (Nsr) wird von den Modellen weniger überschätzt doch ihre räumliche Verteilung weist von allen Klimaparametern die schlechteste Korrelation (0.2 - 0.6) auf.

Die Übereinstimmung in der zeitlichen Abfolge und Variabilität flächengemittelter Monatsmittelwerte einer Teilregion erfasst die Temporal Correlation (TCO) und das Ratio of Temporal Variances (RTV). Die zeitliche Korrelation von T2m, MSLP, DTR, V10m und qv ist mit Werten über 0.9 nahezu perfekt. Allerdings ist die zeitliche Variabilität (RTV) von Druck und Temperatur in den Modellsimulationen immer höher als in den Vergleichsdaten. Bei der 2m Temperatur ist dies die Folge eines zu ausgeprägten Jahresganges mit etwas zu kalten Wintern und deutlich zu warmen Sommern (siehe auch ROYA) in den meisten Simulationen. Daraus ergibt sich auch eine Überschätzung der Anzahl der Sommertage (Ns) mit einer zu hohen interannuelle Variabilität. Die Sequenz der Jahreshäufigkeiten signifikanter Niederschlagstage und ihre Jahr zu Jahr Variabilität stimmen z.T. schlechter überein als die der intensiven Niederschlagstage.

Ein Maß für den Abstand der mittleren (klimatologischen) Jahresgänge aus Monatsmitteln (Abb.3) stellt die Mean Absolute Monthly Difference (MAMD) dar. Beim Niederschlag variieren die Werte je nach Simulation und Referenzdaten zwischen 6 und 13 mm/Monat. Der Jahresgang der mittleren Windgeschwindigkeit wird auf 0.2 bis 0.5 m/s genau wiedergegeben. Das Verhältnis der Jahreamplituden (Differenz zwischen maximalem und minimalem Monatsmittel) zeigt die größte Abweichung beim Niederschlag und variiert ansonsten zwischen 0.8 und 1.2. Bei der Temperatur ist das Verhältnis in allen Fällen größer als 1.

Resumee

- Die Einführung der hier beschriebenen Abstandsmaße ermöglicht eine objektive Quantifizierung der Abweichungen räumlicher und zeitlicher Strukturen klimatologischer Gitter-Datensätze.
- Die Anwendung der Abstandsmaße auf den Vergleich von Modellsimulationen und Referenzdaten liefert den Unsicherheitsbereich der regionalen Klimamodelle für verschiedenen Klimaparameter.
- Durch Erweiterung des Ensembles von Vergleichen zwischen Simulationen und Referenzdaten kann der Unsicherheitsbereich in eine multiparameterische Wahrscheinlichkeitsdichte überführt werden.
- Die Berechnung entsprechender Abstandsmaße von simulierten Klimaszenarien erlaubt im Vergleich mit den Unsicherheitsbereichen eine Bewertung der erhaltenen Klimaänderungen (Poster 1).
- Die Abstandsmaße ermöglichen eine objektive Bewertung zukünftiger Modellentwicklungen und neuer Referenzdatensätze.
- Die vorgestellte Methodik lässt sich auf beliebige Teilregionen und Klimaparameter erweitern.
- Auch die Abweichungen zwischen verschiedenen Referenzdatensätzen sind zum Teil erheblich. Um die Unsicherheitsbereiche der Modelle weiter zu schärfen, sind daher zusätzliche hoch aufgelöste Referenzdaten für eine Reihe von Klimaparametern unbedingt erforderlich.

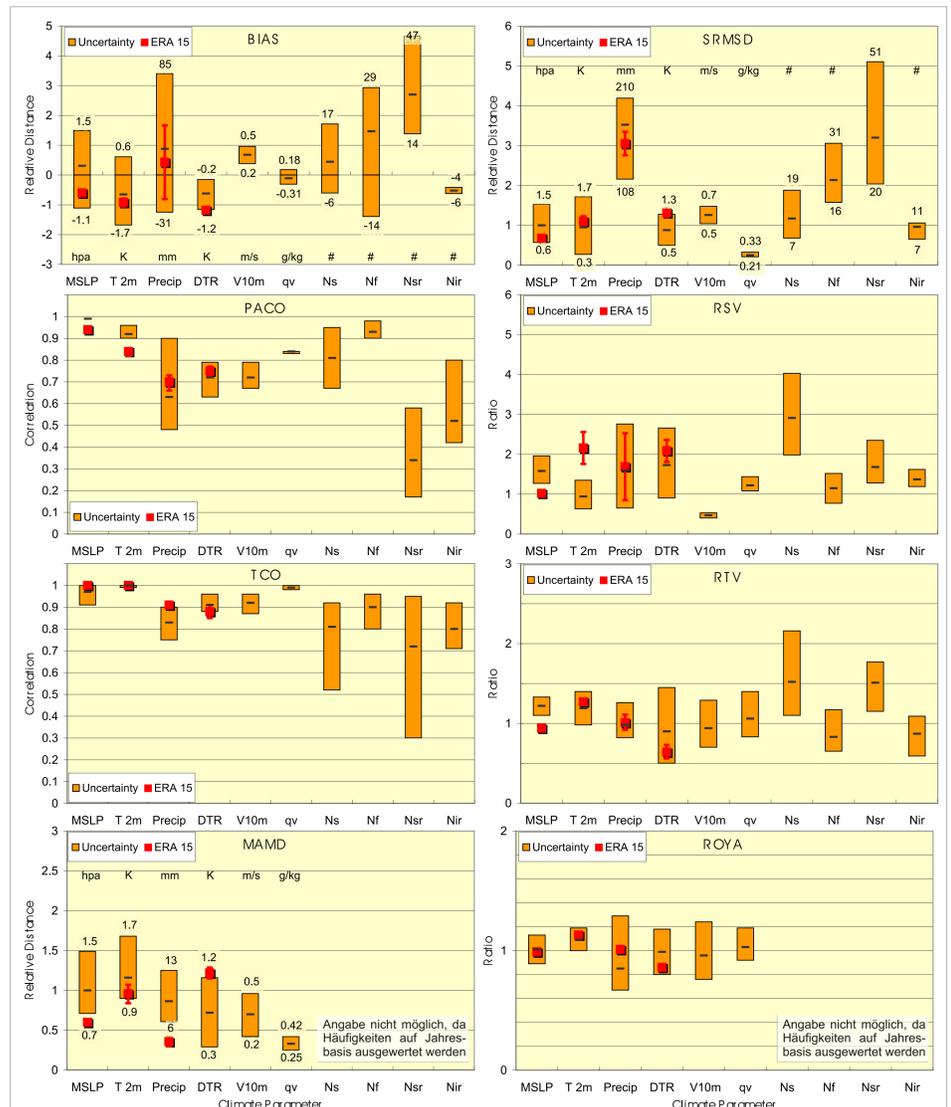


Abb. 4: Wertebereiche (Balken) verschiedener Abstandsmaße für die simulierten Jahresmittelwerte einiger Klimaparameter in Deutschland. Quadrate mit Schwankungsbreite markieren die Abstände der Reanalyse (ERA 15) von den Vergleichsdaten.

