

Project: **124**

Project title: **Quantification of Uncertainties in Regional Climate Simulations**

Principal investigator: **Klaus Keuler**

Report period: **2020-01-01 to 2020-12-31**

Text: maximum of two pages including figures.

Zentrale Aufgabe dieses Projektes ist die Untersuchung von Unsicherheiten und Sensitivitäten regionaler Klimasimulationen mit den Modellen COSMO-CLM (CCLM) und ICON-CLM. Dazu sollten im Projektzeitraum zwei Aspekte untersucht werden:

- 1) Konfiguration hochaufgelöster Simulationen mit ICON-CLM
- 2) Konvektionserlaubende Simulationen mit grober Auflösung (CCPC)

1) Konfiguration hochaufgelöster mit ICON-CLM

Mittelfristiges Ziel der CLM-Community ist es, das regionale Klimamodell COSMO-CLM durch ICON-CLM zu ersetzen. Dazu hat die CLM-Community die Projektgruppe ICON (PG-ICON) gegründet, deren Aktivitäten durch den Antragsteller koordiniert werden. Das ICON-CLM basiert auf einer Limited Area Version des vom DWD verwendete ICON-NWP. Die zwei zentralen Aufgaben der PG-ICON sind

- a) Erstellung und Optimierung einer Laufzeitumgebung (runtime environment) zur automatisierten Steuerung des Programmablaufs
- b) Konfiguration und Überprüfung der Modellperformance für zwei verschiedenen räumlichen Skalen, die „klassische“ Euro-CORDEX Simulation mit Auflösungen im Bereich von 10 km und sog. konvektionserlaubende (CP) Simulationen mit Auflösungen unterhalb von 3 km, die ohne die Parametrisierung für tiefe Konvektion auskommen.

Bei der Installation der ersten ICON-CLM Version am DKRZ haben sich jedoch erhebliche Probleme ergeben, deren primäre Ursache in einer geeigneten Kombination von Compiler- und Parallelisierungsbibliotheken (MPI und OpenMP) lag. So ist es erst im Juli gelungen, nachdem vom MPI ein neues, wesentlich flexibleres Konfigurationsskript zur Übersetzung des Modellcodes bereitgestellt wurde und durch intensiven Austausch mit der DKRZ-Beratung, ein Executable zu erstellen, das auch bei Nutzung des asynchronen I/O und verschiedener Parallelisierungsoptionen stabil läuft.

Durch Kooperation innerhalb der PG-ICON wurde zudem eine Skript-Umgebung (SPICE) geschaffen, die den kompletten Programmablauf von der Bereitstellung und Aufbereitung der Antriebsdaten über die eigentliche Durchführung der Simulation als Kettenjob von Monatszeitscheiben bis zur Nachbearbeitung der Ausgabefelder weitestgehend automatisiert steuert. Einige der in diesem Projekt durchgeführten Testsimulationen dienten der Anpassung und weiteren Optimierung dieses Ablaufsteuerung.

Inzwischen konnten erste Simulationen bei unterschiedlichen Auflösungen über mehrere Monate bzw. bis zu 5 Jahren (bei gröberer Auflösung) durchgeführt und analysiert werden. Die Behebung der dabei aufgefallenen Probleme ist Gegenstand der aktuellen Arbeiten. So wurde eine fehlerhafte Routine zur Projektion der Antriebsdaten auf das ICON-Gitter durch entsprechende cdo remap Funktionen ersetzt und die Berücksichtigung unterschiedlicher Land/See Aufteilungen zwischen den zu interpolierenden Modellgittern korrigiert. Weitere Anpassungen und Test sind noch erforderlich, die insbesondere die Flexibilisierung der Mittelungsintervalle – ICON-NWP führt alle Mittelungen bzw. Akkumulationen von diagnostischen Größen über den gesamten Simulationszeitraum durch - und die Anpassung der netCDF Ausgaben an die CF-Standards betreffen.

Außerdem ist kürzlich in der ICON-NWP-Version des DWD, die die Basis der ICON-CLM Version darstellt, ein Bug aufgedeckt worden, der signifikanten Einfluss auf Ergebnisse hat und ein neues Tuning der Simulationskonfiguration erfordert. So wurde in der PG-ICON beschlossen, die Studien erst fortzusetzen, wenn die korrigierte Version mit angepassten Konfigurations-

parametern vom DWD verfügbar ist.

Bis zum Jahresende werden daher nur noch Tests auf Monatsbasis aber hoher räumlicher Auflösung durchgeführt, die die Rechenzeiteffizienz verbessern sollen. Hierbei werden unterschiedliche Kombination von Parallelisierungsoptionen über MPI, OpenMP, Hyperthreading, die Zahl der verwendeten I/O Prozessoren und die interne Vektorisierung (blocking procedure über den nproma-Parameter) betrachtet.

2) Konvektionserlaubende Simulationen mit grober Auflösung (CCPC)

In Rahmen von Euro-CORDEX wurde eine neue Vergleichsstudie initiiert, die untersucht, wie sich der Verzicht auf die Konvektionsparametrisierung auch bei höheren Auflösungen jenseits der sog. konvektionsauflösenden Skala bei verschiedenen regionalen Klimodellen auswirkt. Die CLM-Community hat sich mit zwei Simulationen an dieser Studie beteiligt, von denen eine im Rahmen dieses Projektes durchgeführt wurde. Die Simulation umfasst einen 10-jährigen Zeitraum von 2000-2009 und wurde auf dem „klassischen“ Euro-CORDEX Gebiet mit einer horizontalen Auflösung von rund 12 km durchgeführt. Als globaler Antrieb wurden ERA-Interim Daten verwendet. Die COSMO-CLM Simulationen setzen als sog. „Warmstart“ auf einen im Projekt bb0374 durchgeführten Standardevaluierungslauf des gleichen Modells auf, wodurch auf einen zusätzlichen Spin-up zur Modellinitialisierung verzichtet werden konnte. Im Gegensatz zur Standardevaluierung auf dieser Skala wurde während der 10-jährigen Simulation die Parametrisierung der tiefen Konvektion ausgeschaltet. In einer weiteren Studie durch den Projektpartner KIT wurde auch noch auf die Parametrisierung der flachen Konvektion verzichtet, so dass Konvektion und Niederschlagsbildung nur noch über direkt aufgelöste Prozesse erfolgen kann.

Die ersten Analysen zeigen nur einen schwachen Einfluss auf die Temperatur (siehe Abbildung) mit der Tendenz zu schwach geringeren Werten. Der Niederschlag weist aber erstaunlicherweise eine systematische Zunahme auf, wenn auf die Konvektionsparametrisierung verzichtet wird. Die Abweichung (Bias) von den Referenzdaten EOB V21 vergrößert sich hierdurch. Für andere Teilregionen (wie z.B. Brandenburg), die einen stärkeren negativen Bias aufweisen, kann die Abweichung von den Referenzdaten jedoch auch geringer werden.

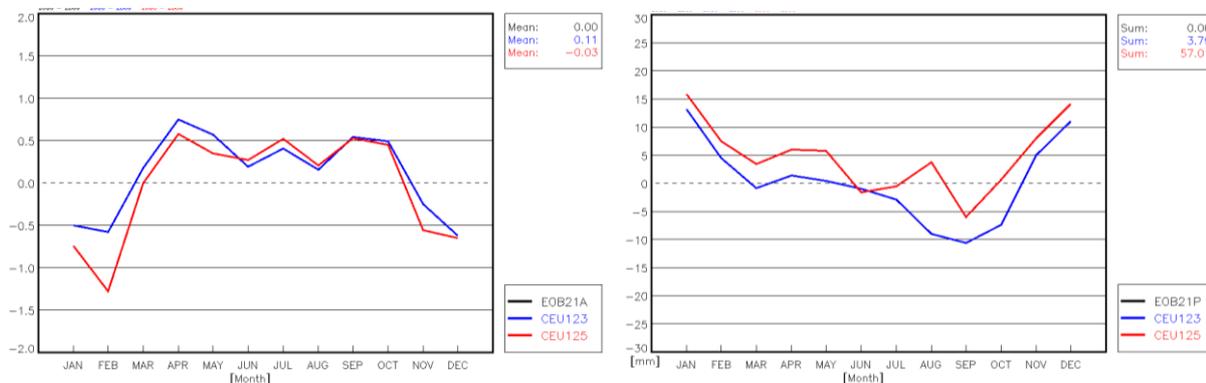


Abbildung: Abweichung der klimatologischen Jahressgänge der Temperatur (links) und des Niederschlags (rechts) von EOB V21 Referenzdaten gemittelt über die Teilregion Deutschland und die 10-jährige Simulationszeit 2000-2009 für die Simulation mit (blau) und ohne (rot) Konvektionsparametrisierung.

Die Simulationsdaten werden derzeit in ein einheitliches CMOR-konformes format gebracht und für die gemeinsame Auswertung aller Simulationen auf einem Datenserver am FZ-Jülich zusammengeführt. In einem gemeinsamen Vergleich mit den übrigen Simulationen sollen dann die Ursachen für das geänderte Modellverhalten und die Einflüsse auf andere Simulationsgrößen wie z.B. Strahlungsparameter untersucht werden.