Project: **124**

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

Project lead: **Klaus Keuler, Kai Radtke**

Report period: **1.1.2014 - 31.12.2015**

Die Simulationen der zurückliegenden Antragsphase dienten der Untersuchung der Unsicherheit der Simulationsergebnisse des regionalen Klimamodells (RCM) COSMO-CLM (CCLM). Ein Schwerpunkt ist die Unsicherheit des Modellergebnisses in Abhängigkeit von den Antriebsdaten. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf dem klimatologischen Niederschlag, insbesondere in den Alpen, welcher (z.B. in den EURO-CORDEX Simulationen) eine erhebliche Abhängigkeit von den verwendeten globalen Antriebsdaten zeigt und oft überschätzt wird. Das Verhalten wurde in diesem Projekt mit Hilfe von Simulationen auf dem 0.44° EURO-CORDEX Gitter untersucht.

Bereits in der Antragsphase 2013 wurden fünf Langzeitsimulationen (30 Jahre) mit verschiedenen globalen Antrieben (ERA-Interim, MPI-ESM-LR, HadGEM2-ES, CNRM-CM5, EC-Earth) und, um unterschiedliche Einflüsse auf den Niederschlag zu testen, weitere Testsimulationen einer Sensitivitätsstudie (1-10 Jahre) durchgeführt. In der zurückliegenden Antragsphase wurde eine 30-Jahressimulation durchgeführt (Antrieb ERA-40). Ein zweiter angefertigter Lauf mit MIROC5 Antrieb hat sich im Nachhinein als unbrauchbar herausgestellt, da sich ein Fehler im Konverter für das MIROC5-Modell befunden hatte. Einige Testsimulationen der Sensitivitätsstudie, welche Auswirkungen auf den Niederschlag über den Alpen gezeigt hatten (Feuchtespezies in den Antriebsdaten, Orographie-Tests) wurden auf 5 bzw. 10 Jahre Laufzeit verlängert um ein stabileres Klimasignal zu erhalten.

Abbildung 1 zeigt die Abweichung des Niederschlages des RCMs von Beobachtungsdaten verglichen mit den Abweichungen des dazugehörigen GCMs für 6 verschiedene globale Antriebsdaten. Zwischen den Abweichung des GCMs und des RCMs besteht kein direkter Zusammenhang (z.B: MPI-ESM-LR: -144 mm im Jahr im GCM und im dazugehörigen CCLM-Lauf: +533 mm Niederschlag).

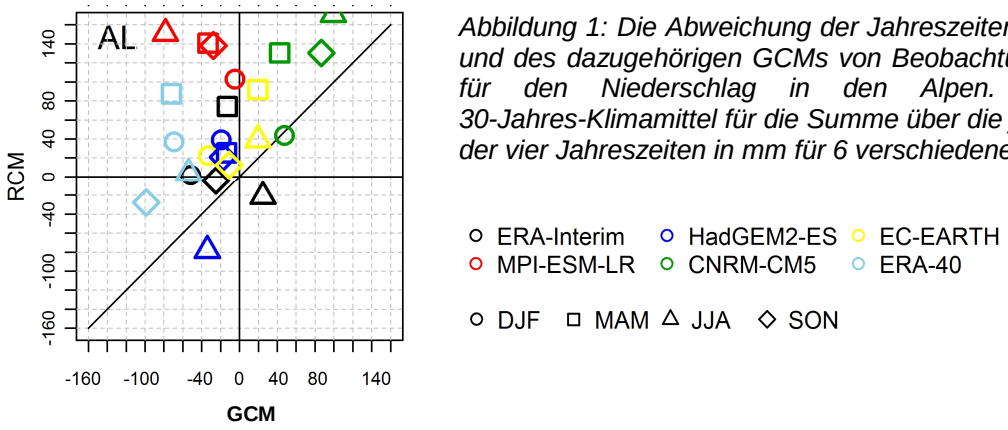

Abbildung 1: Die Abweichung der Jahreszeitensumme des RCMs und des dazugehörigen GCMs von Beobachtungsdaten (E-OBS) für den Niederschlag in den Alpen. Dargestellt sind 30-Jahres-Klimamittel für die Summe über die jeweils drei Monate der vier Jahreszeiten in mm für 6 verschiedene Antriebe.

Abgesehen, dass das CCLM tendenziell den Niederschlag überschätzt, lässt sich keine Systematik im Verhalten der einzelnen Jahreszeiten erkennen. Die Testsimulationen zeigen, dass sowohl der Einfluss der Menge der Wasserspezis (Wolkenwasser und –eis ist vernachlässigbar, Wasserdampf hat einen kleinen Einfluss; siehe Bericht der vorherigen Antragsphase) in den Antriebsdaten als auch die Evaporation im Modellgebiet auf die Niederschlagsumme in den Alpen gering ist. Eine Analyse des gesamten in der Atmosphäre enthaltenen Wassers (TQV) zeigt keinen klaren Zusammenhang zur Qualität der simulierten Niederschlagssumme in den Alpen. Der Anteil des konvektiven Niederschlages am Gesamtniederschlag im RCM zeigt keine Abhängigkeit vom Antrieb (und damit von Über- oder Unterschätzung durch das RCM).

Die anderen 7 PRUDENCE-Regionen zeigen überwiegend ähnliche Tendenzen beim Niederschlagsfehler (die Werte liegen weitestgehend in den Quadranten 1 und 3 und um den Mittelpunkt; keine Abbildung) für das RCM und das dazugehörige GCM. Dies und der geringe Einfluss der über den Rand ins Modellgebiet eingebrachten Feuchtigkeit und der lokal verdunsteten Feuchtigkeit auf den Niederschlag über den Alpen führt zu der Schlussfolgerung, dass vor allem die Dynamik in Verbindung mit der Orographie für die Größe der Überschätzung

des Niederschlags über dem Gebirge im RCM verantwortlich ist. Dazu wurden 10-Jahres-Testsimulationen durchgeführt, bei denen die Orographie des CCLM an die des GCMs angeglichen wurde. Im Falle des MPI-ESM-LR und des CNRM-CM5 wurde die Überschätzung deutlich verringert. Mit HadGEM2-ES-Antrieb wurde der Niederschlag auch verringert, was zu einer leichten Unterschätzung führte. Eine Analyse der Vertikalbewegungen zeigt, dass in großen Teilen der mittleren Atmosphäre über den Alpen die Aufwärtsbewegung in den Simulationen mit flacherer Orographie geringer ist. In den anderen Regionen ist die Auswirkung sehr klein.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Abhängigkeit des Niederschlages von der horizontalen Auflösung des CCLM. Dabei wurde untersucht, ob hochaufgelöste Simulationen zu einer besseren Modellierung von Niederschlagsereignissen führen. In einen EURO-CORDEX-Lauf mit 0,11° Auflösung als Antriebsdaten wurde eine hochaufgelöste Simulation mit 0,011° Auflösung für ein 590 x 490 Gitterpunkte großes Gebiet, das den mittleren und östlichen Alpenraum umfasst und sich im Norden bis etwa Frankfurt/Main und im Süden bis zur nördlichen Po-Ebene erstreckt, genestet. Innerhalb des Nesting-Gebietes befindet sich das Donau-Einzugsgebiet bis zum Pegel Achleiten (DOA). Für dieses Gebiet wurden der tägliche Flächeneintrag, die räumliche Verteilung täglicher Niederschlagsmuster, die maximalen Tagesniederschläge und die Intensitätsverteilung von Tagesniederschlägen mit denen der CORDEX-Antriebsdaten und dem hochaufgelösten Beobachtungs-Datensatz HYRAS des Deutschen Wetterdienstes (mit 1 x 1 km Auflösung) verglichen.

Die größte Herausforderung für die Simulation stellte die steile Orographie (bis 30 %) in den Alpen dar. Es wurden mehrere Tests mit verschiedenen Orographie-Datensätzen und Konfigurationen für Präprozessor und CCLM durchgeführt, bis eine stabil laufende Gesamtkonfiguration gefunden wurde.

Zur Durchführung einer ersten Simulation wurde die vorhandene EURO-CORDEX-Simulation für den Untersuchungsmonat mit Hilfe von Restart-Dateien noch einmal berechnet. Das war notwendig, da im Originallauf die als Antriebsdaten verwendeten Variablen nur dreistündig ausgegeben wurden, sie für die Nestung aber stündlich benötigt werden.

Als Untersuchungszeitraum wurde eine Periode mit starken Niederschlägen im DOA-Gebiet ausgewählt. Die Simulation wurde einige Tage vorher, mit Tagen ohne bzw. geringen Niederschlägen, gestartet. Insgesamt umfasste die Simulation 13 Tage (14.03.2002-26.03.2002).

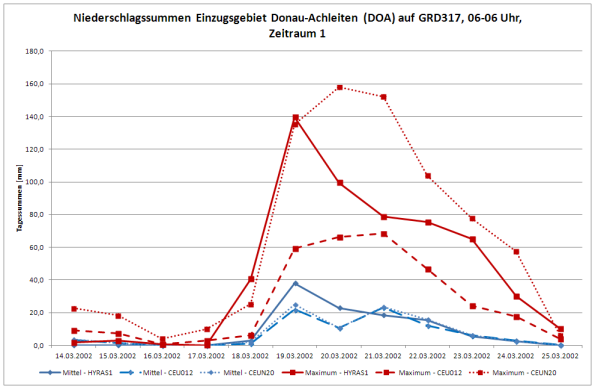

Abb. 2: Niederschlagssummen (blau) und –maxima (rot) der HYRAS-Daten (durchgezogene Linie), CORDEX- (gestrichelt) und Nestungs-Simulationen (punktiert) für den 14.-25.03.2002 für DOA.

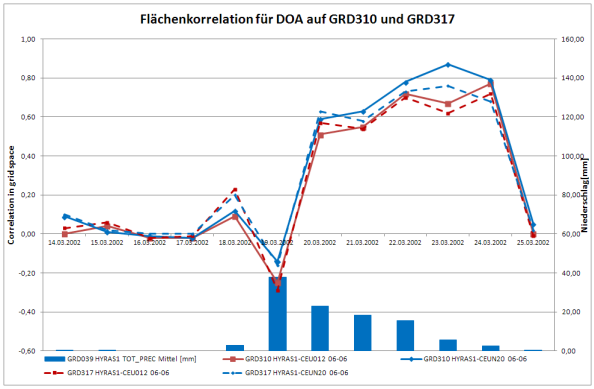

Abb.3: Flächenkorrelationen des Niederschlags und Niederschlagssummen (HYRAS) für den 14.-25.03. 2002 für das Teilgebiet DOA.

Abbildung 2 zeigt die Niederschlagssummen und –maxima der HYRAS-Daten und der CORDEX- und Nestungs-Simulationen für das Teilgebiet DOA, Abbildung 3 die Flächenkorrelationen der beiden Simulationen zu den HYRAS-Daten ebenfalls für das Gebiet DOA, jeweils auf dem CORDEX-Gitter (durchgezogene Linie) und dem Nestungs-Gitter (gestrichelt). Zusätzlich sind die HYRAS Niederschlagssummen eingezeichnet. Die Korrelationen zeigen gute Übereinstimmungen an den Regentagen, außer am ersten Tag, an dem der Regen einsetzt. An allen Regentagen liefert die Nestung (blau) bessere Übereinstimmungen mit den beobachteten Niederschlägen als die gröbere CORDEX-Simulation (rot).