

Project: **124**

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

Principal investigator: **Klaus Keuler**

Report period: **2022-01-01 to 2022-12-31**

Generelle Aufgabe dieses Projektes ist die Analyse von technischen und physikalischen Einflussfaktoren auf die Ergebnisse regionaler Klimasimulationen mit dem Ziel, potenzielle Unsicherheiten in simulierten Klimasignalen zu identifizieren und zu quantifizieren. Im Focus des Berichtszeitraumes standen (a) die Auswirkungen einer Zwei-Wege-Nestung gegenüber der klassischen, unidirektionalen Ein-Wege-Nestung und (b) generelle Simulationsunterschiede zwischen einer konvektionserlaubenden Auflösung und einer gröberen Auflösung, die die Verwendung klassischer Konvektionsparametrisierungen erfordert. Untersucht wird das Verhalten des neuen regionalen Klimamodells ICON-CLM.

Zu a)

Die regionale Klimaversion des ICON-NWP ermöglicht prinzipielle neben der „klassischen“ Ein-Wege-Nestung (EWN) höher aufgelöste Modellgebiete auch über eine interaktive Zwei-Wege-Nestung (ZWN) zu simulieren. Während die EWN Auflösungssprünge um über eine Größenordnung und mehr erlaubt, kann in der ZWN bei ICON die Auflösung nur stufenweise verdoppelt werden. Im Focus stehen zwei Modellauflösungen und Gebiete: Das EURO-CORDEX Gebiet (EUR-11) mit einer Auflösung von ca. 12 km und ein kleineres Modellgebiet (GER-3), das im Wesentlichen Deutschland mit einer Auflösung von knapp 3 km erfasst. Während bei der EWN GER-3 direkt in die Simulation auf EUR-11 genestet wird, ist bei der ZWN eine Zwischennestungsstufe auf einem intermediären Modellgebiet mit ca. 6 km Auflösung erforderlich. Dafür wirken bei der ZWN die Ergebnisse der feineren Nestungsstufen auch auf die Ergebnisse der gröberen Auflösung zurück. Bei der Implementierung der ZWN in der verfügbaren ICON-CLM Version 2.6.4 traten zunächst größere Probleme auf, die eine Durchführung der Simulationen verhinderten. Es stellt sich heraus, dass bei der Installation von Komponenten, die für die Durchführung klimatologischer Langzeitsimulationen erforderlich sind, die interaktive Kopplung mit nachfolgenden Nestungsstufen nicht korrekt implementiert bzw. schlicht vergessen worden war. Die Beseitigung dieser Mängel hat erhebliche Zeit in Anspruch genommen, so dass die ursprünglich geplanten Simulationen nicht im geplanten Umfang durchgeführt werden konnten. Eine erste Testsimulation wurde noch auf Mistral erfolgreich gestartet. Die Umstellung der ZWN-Konfiguration auf Levante und auf die aktuelle Modellversion von ICON 2.6.5 steht noch aus. Abbildung 1 zeigt für jeweils sechsmonatige Simulationen über das Sommerhalbjahr (April – September) 2008 die Differenzen beider Nestungsvarianten (EWN-ZWN) auf dem kleineren, höher aufgelösten Modellgebiet. beide Simulationen verwenden ERA5 Reanalysen als Antrieb für die oberste Nestungsstufe auf dem EUR-11 Gebiet. Während die bodennahe Lufttemperatur großflächigere Unterschiede aufweist, zeigen die Niederschlagsdifferenzen ein eher stochastisches Verhalten. Systematische Unterschiede ergeben sich im gesamten inneren Modellbereich und insbesondere im Alpenraum, wo die ZWN bis zu 1,5 K höhere Temperaturen erzeugt (negative Werte der Differenz EWN-ZWN in Abb. 1), Dafür reduzieren sich hier die Niederschlagsmengen in der ZWN-Version. Die physikalischen Ursachen für diese Unterschiede konnten noch nicht untersucht werden. Auch ist die Simulationszeit noch zu kurz, um von einem klimatologisch relevanten Einfluss ausgehen zu können. Die Studien sollen daher fortgesetzt werden.

Zu b)

Mit der EWN konnte inzwischen eine 10-jährige Klimasimulation in der Modellkette

ERA5 → ICON-CLM 12 km → ICON-CLM 3 km durchgeführt werden. Als Setup wurde eine Konfiguration verwendet, die beim DWD in der ICON-NWP Variante für die Wettervorhersage Verwendung findet. Die 3 km Variante zeigt in einigen Teilregionen zum Teil deutliche Abweichungen von der 12km Simulation. Insgesamt produziert die höher auflösende Simulation mehr Niederschlag als die 12 km Version, was aber nicht immer zu einer Verbesserung gegenüber den Beobachtungsdaten führt.

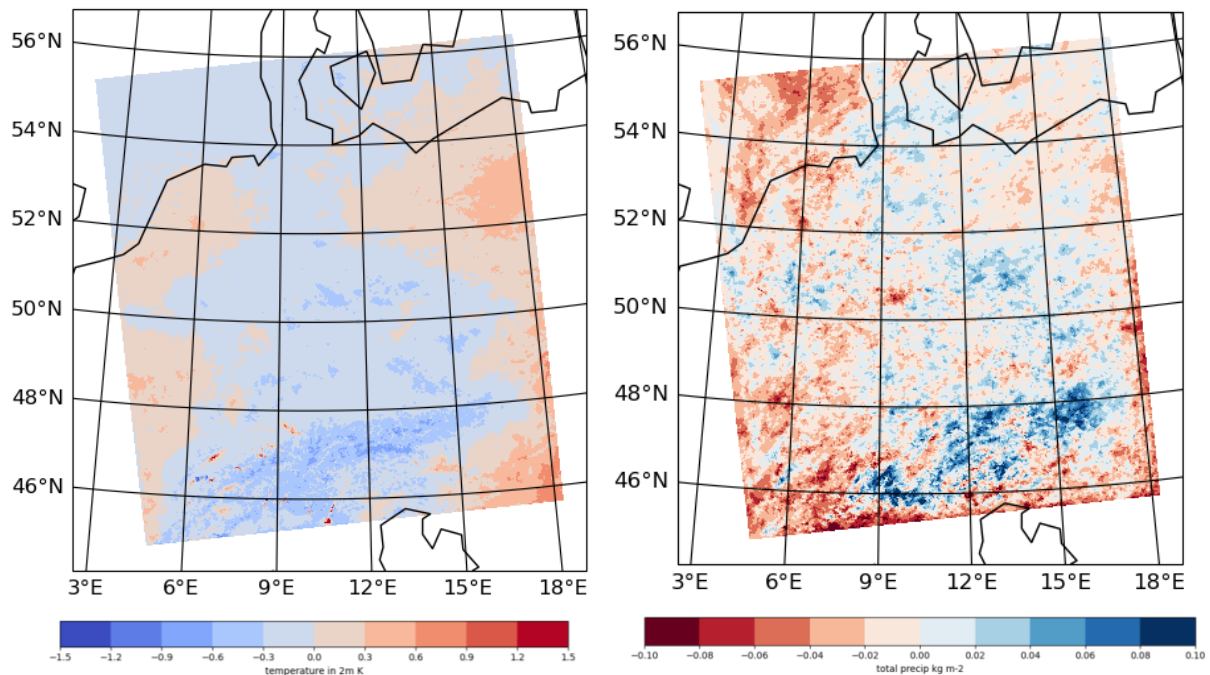


Abbildung 1: Mittlere Differenz zwischen einer EWN- und einer ZWN-Simulation auf dem GER-3 Gebiet für 2m-Temperatur und die stündliche Niederschlagsmenge über die Simulationsperiode 04 – 09.2008

Wie die Intensitätsverteilung in Abb. 2 zeigt, erhöht sich aber die Zahl der Trockentage in der 3km Simulation und nähert sich damit den Vergleichsdaten (schwarze Balken) an. Es regnet in der 3km Simulation also weniger häufig, insgesamt aber mehr und mit größeren Intensitäten, wie der Q-Q-Plot in Abb. 2 bestätigt. Insbesondere die oberen Quantile (>95%) zeigen eine zunehmende Überschätzung der Intensitäten verglichen mit den HYRAS Daten und stimmen damit teilweise schlechter mit den Referenzdaten überein als die Ergebnisse der 12 km Simulation und vergleichbarer Simulationen mit dem COSMO-CLM. Auch weitere bisher durchgeführte Analysen der Wolkenbedeckung und der Strahlungsbilanzen deuten auf markante Defizite und belegen, dass das Setup für ausschließlich durch seitliche Randwerte getriebene Langzeitsimulation auf 3km noch nicht optimal konfiguriert ist. Die Suche nach einer besseren Modellkonfiguration ist Gegenstand zukünftiger Untersuchungen.

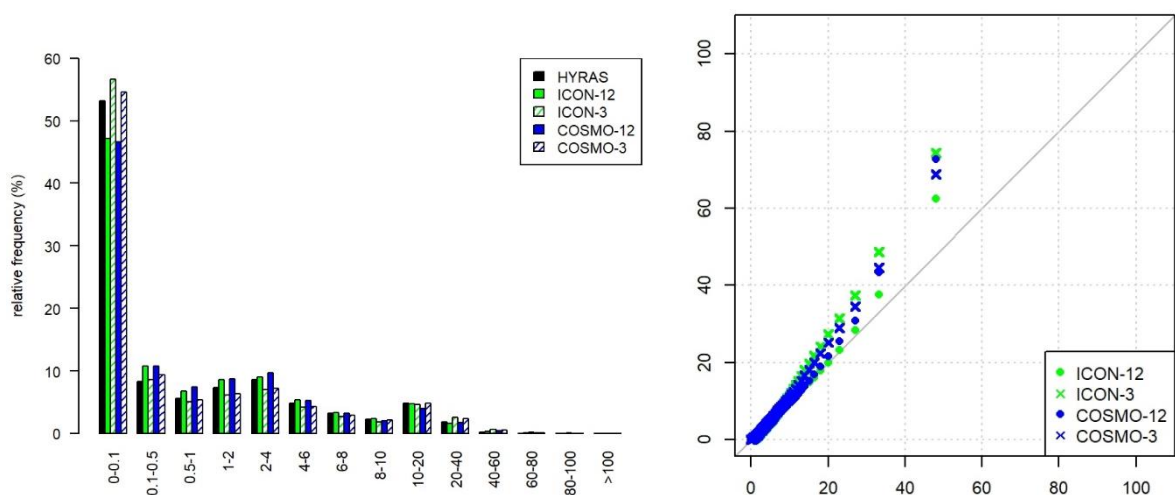


Abbildung 2: Histogramm (links) und Q-Q-Plot (rechts) von Tagesniederschlägen der Sommermonate JJA aus 10-jährigen Evaluierungssimulationen mit ICON-CLM (grün) und CCLM (blau) in 3 und 12 km Auflösung im Vergleich zu HYRAS Daten (schwarze Balken, bzw. x-Achse im Q-Q-Plot) für die Teilregion Brandenburg.