

Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Komponenten des arktischen Klimasystems

Laura Niederdrenk, Uwe Mikolajewicz, Max Planck Institut für Meteorologie, Bundesstraße 53, 20146 Hamburg

Lars Kaleschke, Institut für Meereskunde, Bundesstraße 53, 20146 Hamburg

Projektbeschreibung

Das Projekt des Exzellenzclusters CliSAP ist Teil des Arbeitsbereichs B 'Ausprägungen und Auswirkungen des Klimas' und ist dem Forschungsgebiet B1 'Arktische und Permafrost Regionen' zugeordnet. Ziel des Projekts ist es, die Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Komponenten des arktischen Klimasystems zu verstehen. Die Arktis hat eine Schlüsselfunktion im globalen Klimasystem und gerade im letzten Jahrzehnt sind große Veränderungen in vielen Komponenten beobachtet worden. So hat sich zum Beispiel die Meereisausdehnung im September 2016 halbiert im Vergleich zu den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts. Viele Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Komponenten sind nicht hinreichend verstanden. In hochaufgelösten Simulationen mit einem regionalen gekoppelten Klimamodell wurden zum einen Simulationen durchgeführt, die das heutige Klima repräsentieren. Zum anderen wurden Szenario-Läufe für das 21. Jahrhundert durchgeführt, um den Einfluss anthropogener Veränderung auf das arktische Klimasystem abschätzen zu können. Hierzu wurden als Antriebsdaten die Output-Daten der aktuellen IPCC-Experimente mit den dazugehörigen Emissionsszenarien verwendet.

Zusammenfassung der Ergebnisse und weiterführender Studien

Zur Durchführung der Simulationen haben wir folgendes Modell-Setup verwendet: Das globale Ozean-Meereis-Modell MPIOM mit Gitterpolen über Nordamerika und Eurasien, und somit hoher horizontaler Auflösung (bis zu 5 km) in der Arktis, wurde mit dem regionalen Atmosphären-Modell REMO gekoppelt (siehe Abbildung 1). Die horizontale Auflösung von REMO beträgt etwa 55 km und das Gebiet umfasst große Teile der Nordhalbkugel und somit alle Abflussgebiete der arktischen Flüsse. Um den lateralen terrestrischen Wasserfluss zu berechnen wurde das Wasserabflussmodell HD (hydrological discharge) integriert. Damit ist das Modell in der Lage einen geschlossenen Wasserkreislauf, mit allen Quellen und Senken, in der Arktis zu simulieren. Dieses Modell-Setup in einer älteren Version wurde bereits verwendet, um die Variabilität im arktischen Süßwasserkreislauf zu simulieren [3]. Technische Details zu den Modellen und ihrer Kopplung können in [1] und [4] nachgelesen werden.

1. Um das Klima der letzten Dekaden (1958 - 2001) zu simulieren, verwenden wir als Randdaten für das Modell Reanalyse-Daten (ERA-40) des europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersagen ECMWF. Bei diesen Läufen

analysieren wir im Speziellen die Meereisvariabilität in der Grönland-Island-Norwegen-See, in der im letzten Jahrhundert regelmäßig der sogenannte arktische Odden, eine Zunge aus Meereis mit großer täglicher Variabilität in Größe und Form, beobachtet wurde. Diese Eiszunge hat direkten Einfluss auf den Wärme- und Salzhaushalt in dieser Region und dadurch auf die Dynamik der darunterliegenden Wassermassen und die Tiefenwasserproduktion. Wir zeigen, dass in unserem Modell eher Advektion von Eis als Bildung von neuem Eis der zugrunde liegende Mechanismus ist (siehe Abbildung 2). Details zu dieser Studie können in [2] nachgelesen werden.

2. In den Projektionen, die mit diesem Modell durchgeführt wurden, zeigt sich, dass sich der Süßwasserkreislauf zum Ende des 21. sten Jahrhunderts verstärkt. Auf Grund anthropogener Erwärmung wird zwar das Meereis und somit der Speicher von Süßwasser in Eisform geringer, dennoch wird Süßwasser akkumuliert (siehe Abbildung 3). Am Ende des 21. sten Jahrhunderts zeigen vor allem die Abflussraten der Flüsse als auch der Süßwasserexport durch die Fram Straße in den Nordatlantik die größten Veränderungen (siehe Abbildung 4).
3. Im Rahmen einer Masterarbeit im Studiengang Integrated Climate System Sciences des Exzellenzclusters in Zusammenarbeit mit dem Institut für Bodenkunde sowie dem Institut für Meereskunde werden die Simulationen genutzt um die Variabilität vom Meereis in der Laptev-See zu analysieren und mit einer sogenannten *causal effect network* Studie einen möglichen Einfluss auf das angrenzende Land (und vice versa) zu erklären. Die Masterstudentin Zoé Rehder arbeitet dabei zusammen mit Lars Kaleschke (IfM), Lars Kutzbach (IfB) und Laura Niederdrenk (MPI-M).

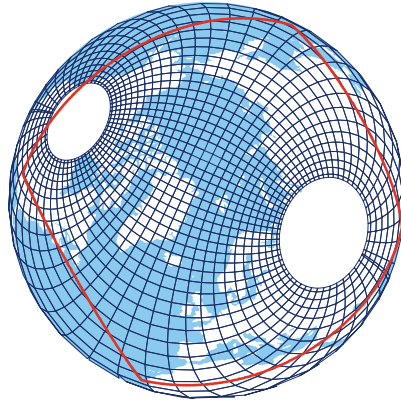


Abbildung 1: Gitter des Ozeanmodells MPIOM in blau (nur jede 10. Linie gezeigt) und in rot das Gebiet des Atmosphärenmodells REMO.

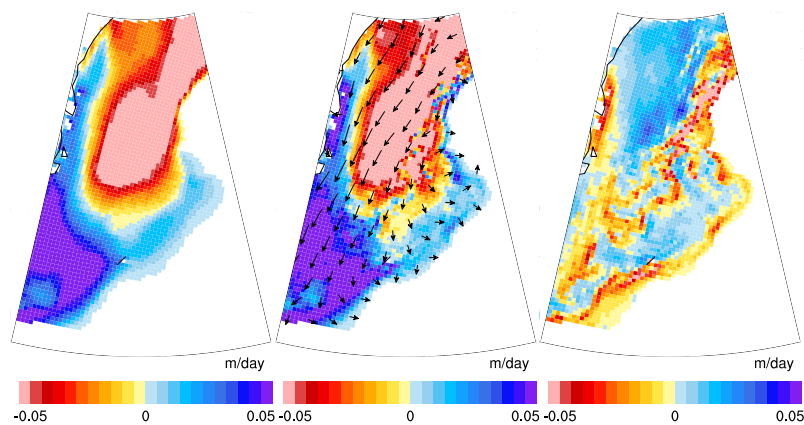


Abbildung 2: Änderung der Meereisdicke pro Tag (links), Divergenz des Meereistransports und überlagert der Meereistransport (Mitte). Das Residuum (rechts) beinhaltet ozeanische und atmosphärische Flüsse, die zu Schmelzen (negative Werte) und Frieren (positive Werte) von Meereis führen. Das dargestellte Gebiet ist von 68° bis 81° N und von 20° W bis 8° E.

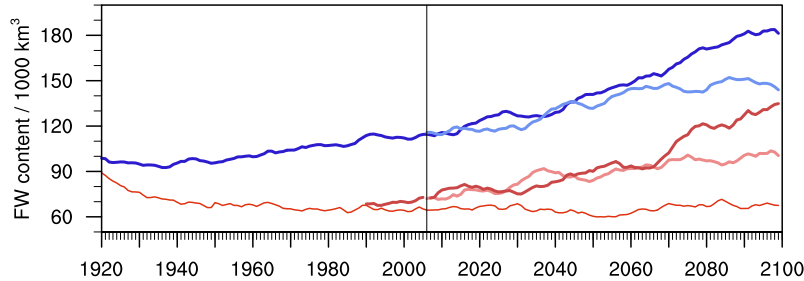


Abbildung 3: Flüssiger Anteil des Süßwassers in der Arktis. In blau sind Ergebnisse der globalen Modellsimulationen mit MPI-ESM für das Szenario RCP4.5 (in hellblau) und für RCP8.5 (in dunkelblau) dargestellt. In rot sind die Ergebnisse für das gekoppelte Regionalmodell (MPIOM/REMO/HD) für die Szenarien RCP4.5 und RCP8.5 in hell- und dunkelrot aufgetragen. Die dünne rote Linie zeigt den Kontrolllauf, der mit sich wiederholenden Antriebsdaten von 1950-1989 gerechnet wurde.

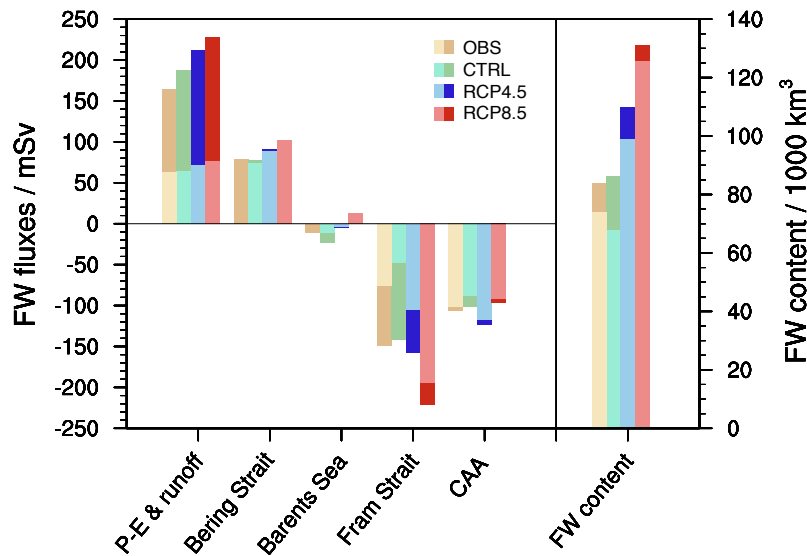


Abbildung 4: Arktischer Süßwasserhaushalt in mSv für die regional gekoppelten Simulationen RCP4.5 und RCP8.5 für die Jahre 2080-2099, den Kontrolllauf und Beobachtungen [5] für die Jahre 1980-1999. Die gespeicherte Süßwassermenge (FW content) ist in 1000 km^3 angegeben. Flüsse und alle Süßwasserflüsse und -speicherung in Eisform sind in dunklen Farben, Niederschlag minus Verdunstung und alle Süßwasserflüsse und -speicherung in flüssiger Form sind in blassen Farben dargestellt.

Literaturverzeichnis

- [1] Alberto Elizalde, Dmitry Sein, Uwe Mikolajewicz, and Danieal Jacob. Atmosphere-ocean-hydrology coupled regional climate model. Technical report, Max-Planck-Institut für Meteorologie, 2011.
- [2] A.L. Niederdrenk and U. Mikolajewicz. Variability of winter sea ice in greenland-iceland-norwegian sea in a regionally coupled climate model. *Polarforschung*, 2016.
- [3] A.L. Niederdrenk, D.V. Sein, and U. Mikolajewicz. Interannual variability of the Arctic freshwater cycle in the second half of the twentieth century in a regionally coupled climate model. *Climate Dynamics*, 2016.
- [4] D.V. Sein, U. Mikolajewicz, M. Gröger, I. Fast, W. Cabos, J.G. Pinto, S. Hagemann, T. Semmler, A. Izquierdo, and D. Jacob. Regionally coupled atmosphere-ocean- sea ice-marine biogeochemistry model ROM: 1. Description and validation. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 2015.
- [5] Mark C. Serreze, Andrew P. Barrett, Andrew G. Slater, Rebecca A. Woodgate, Knut Aagaard, Richard B. Lammers, Michael Steele, Richard Moritz, Michael Meredith, and Craig M. Lee. The large-scale freshwater cycle of the Arctic. *Journal of Geophysical Research*, 111, 2006.