

Forschungsthema des Monats September 2013

REKLIM Forschungsthema 2: Meeresspiegeländerungen und Küstenschutz

Entwicklung eines gekoppelte Klimamodells (ECHAM6-FESOM) für multiskalen Anwendungen

Klimamodelle sind Werkzeuge, die das Klimasystem numerisch simulieren, indem die das Klimasystem beschreibenden physikalischen Grundgleichungen auf Supercomputern gelöst werden. Sie werden zumeist angewendet, um Daten zu analysieren, Klimaprozesse zu verstehen und Vorhersagen zu erstellen und werden von einer wachsenden Anwendergruppe eingesetzt. Im Laufe der Zeit haben sich diese Modelle von einfachen Atmosphäre-Ozean-Anwendungen zu komplexen Simulatoren des Erdsystems entwickelt. Dennoch sind kleinskalige klimarelevante Prozesse nach wie vor im Allgemeinen parametrisiert. Daher zeigen selbst die am weitesten entwickelten Modelle Schwächen bei Simulationen von wichtigen Aspekten des Klimas, wie beispielsweise der meridionalen Umwälzzirkulation des Ozeans, der Meereisausdehnung, Golfstromablösung, u.s.w., um nur einige Prozesse zu nennen. Andererseits ist es bei der derzeitigen Rechnerleistung von Supercomputern nicht möglich, in aktuellen Klimamodellen Mesoskalenprozesse (2-100 km) auf der globalen Skala aufzulösen. Einen Ausweg bietet die lokale Verfeinerung in denjenigen Gebieten, in denen klein-skalige Prozesse nachweislich einen großen Einfluss auf das Klima haben. Das ist jedoch mit existierenden Klimamodellen der ersten Generation nicht möglich, da sie auf quasi-regulären Gittern beruhen. Um dem Bedarf derartiger Anwendungen Rechnung zu tragen, wurde ein neues Klimamodell entwickelt, dessen Meereis-Ozean-Komponente auf einem unstrukturierten Gitter mit variabler Auflösung beruht. Das gekoppelte System besteht aus dem „Finite-Element Sea Ice-Ocean Model“ (FESOM, Wang et al. 2013) und dem Modell der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation ECHAM6 (Stevens et al. 2013). Der wesentliche Unterschied dieses Aufbaus zu anderen Klimamodellen ist die Meereis-Ozean-Komponente, die eine unstrukturierte Diskretisierung des Modellgebietes in Dreiecke verwendet. Somit ermöglicht FESOM eine höhere Auflösung in Gebieten von besonderem Interesse, wie etwa dem Nord-Atlantik, den Tropen, Küstengebieten oder Meerengen. Zurzeit wird dieses neu entwickelte Erdsystemmodell intensiv evaluiert. Simulationen mit ECHAM6-FESOM werden mit Beobachtungsdaten und Simulationsergebnissen anderer Forschergruppen verglichen. Zu diesem Zweck werden Gitterauflösungen eingesetzt, die auch in anderen Klimamodellen auf dem neuesten Stand Anwendung finden. Die Oberflächenkonfiguration dieses Modells ist in Abb. 1 dargestellt. Das FESOM-Gitter hat eine nominelle Auflösung von 150 km, die im nördlichen Nordatlantik und in den Tropen stufenlos bis zu 25 km Gitterweite verfeinert wird. ECHAM6 verwendet das T63 Oberflächengitter (~1.8 Grad). Diese Konfiguration wurde mit konstanten Strahlungsbedingungen aus dem Jahr 1990 für 1000 Jahre integriert.

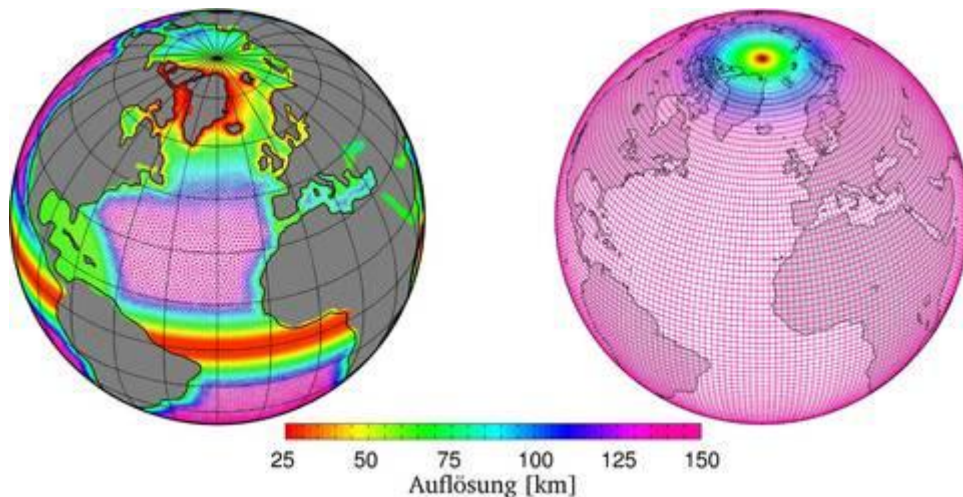


Abbildung 1: Links ist das FESOM Gitter dargestellt, die rechte Seite zeigt das T63 Oberflächengitter von ECHAM6. Die beiden Komponenten verwenden verschiedene Auflösungen und unterscheiden sich weiter in der Darstellung der Küstenlinien und der mathematischen Formulierung der Flüsse.

Die Ergebnisse dieser Modellvergleiche wurden in Sidorenko et al. (2013) zusammengefasst und weisen nach, dass ECHAM6-FESOM bei vergleichbarer Auflösung den Klimazustand innerhalb der Toleranzen aktueller Klimamodelle darstellt. Allerdings treten auch die bekannten Probleme existierender Erdsystemmodelle auf. Abb. 2 zeigt eine stetige Erwärmung des Ozeans im ECHAM6-FESOM-Lauf, die auch in vielen anderen Klimamodellen unter prä-industriellen und industriellen Strahlungsbedingungen auftritt (siehe z.B. Griffies et al., 2011). Die erwartete Ozeanerwärmung im Gleichgewichtszustand im Vergleich zur Klimatologie ist 1 Grad. Die zusätzliche Wärme, die den Ozean erreicht, wird in mittleren Tiefen gespeichert und nimmt ihr Maximum bei etwa 1000 m Tiefe an (Sidorenko et al., 2013).

Obwohl frühere Studien unterschiedliche Gründe für diese Modellabweichungen gegenüber Beobachtungen und andere Mängel aufzeigten, scheint Übereinstimmung darin zu bestehen, dass einige der oben genannten Modellfehler durch höhere Auflösung zu beseitigen sein sollten (Sidorenko et al., 2013). Prinzipiell begünstigt dies die Modellierung mit unstrukturierten Gittern, die somit ein Thema der zukünftigen Forschung darstellt. In REKLIM wird das gekoppelte Modellsystem ECHAM6-FESOM dafür eingesetzt, Schmelzwassereinträge durch das Schmelzen von Grönland zu simulieren und die Auswirkung auf den Meeresspiegel und die Hydrographie im Nordatlantik und insbesondere im Bereich der europäischen Küste zu untersuchen. Vergleiche mit Satellitenbeobachtungen dienen der Modellvalidierung (siehe REKLIM-Newsletter, 2013). Zukünftige Entwicklungen können die hohe regionale Auflösung des Modells dazu nutzen, Meeresspiegeländerungen in Fokusregionen (z.B. der Deutschen Bucht) zu simulieren und Küstengefährdungen regionalspezifisch darzustellen.

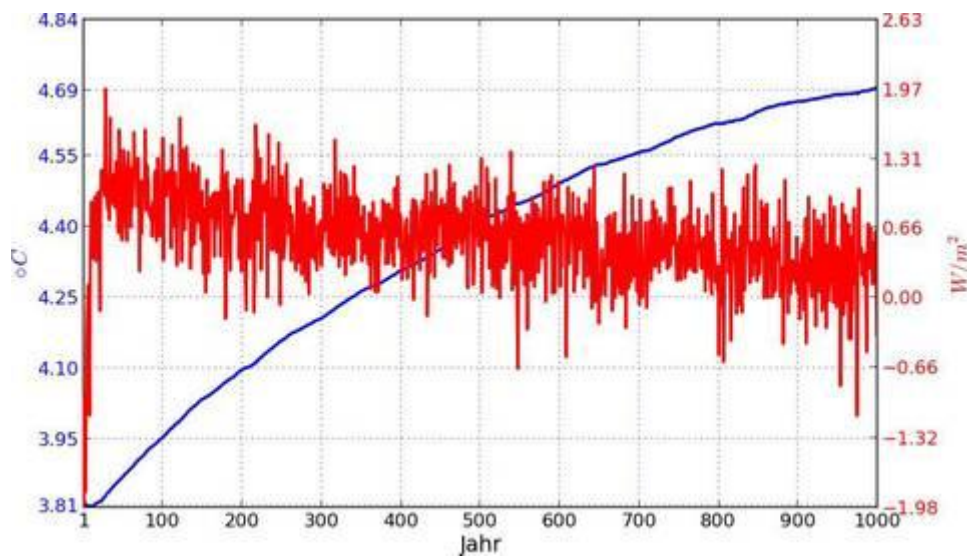


Abbildung 2: Die blaue Kurve stellt die global gemittelte potenzielle Temperatur dar, die eine stetige Erwärmung des Ozeans aufzeigt. Die rote Kurve zeigt den Netto-Wärmefluss durch die Grenzschicht zwischen Ozean und Atmosphäre, die zu dieser Erwärmung führt.

Referenzen:

Griffes, S. M., Winton, M., Donner, L. J., Horowitz, L. W., Downes, S. M., Farneti, R., Gnanadesikan, A., Hurlin, W. J., Lee, H.-C., Liang, Z., Palter, J. B., Samuels, B. L., Wittenberg, A. T., Wyman, B. L., Yin, J., Zadeh, N., Apr. 2011. The GFDL CM3 coupled climate model: Characteristics of the ocean and sea ice Simulations. *J. Climate* 24 (13), 3520-3544.

Sidorenko, D., Rackow, T., Jung, T., Semmler, T., Barbi, D., Danilov, S., Dorn, W., Dethloff, K., Gösling, H. F., Handorf, D., Harig, S., Hiller, W., Juricke, S., Schröter, J., Wang, Q., Fieg, K., 2013. Towards multi-resolution global climate modeling with ECHAM6-FESOM. Part I: Model formulation and mean climate. *Clim. Dyn.* (submitted).

Wang, Q., Danilov, S., Sidorenko, D., Timmermann, R., Wekerle, C., Wang, X., Schröter, J., Jung, T., 2013. Formulation of FESOM towards an ocean climate model. *Geosci. Model Dev.* (submitted).