

Forschungsthema des Monats Juni 2011

REKLIM Forschungsthema 2: Meeresspiegeländerungen und Küstenschutz

El Niño und La Niña: Gegensätze im westantarktischen Schneefall

Innerhalb von REKLIM wurde am GFZ untersucht, wie sich die Eismassen über dem antarktischen Kontinent in der letzten Dekade verändert haben. Dazu werteten Ingo Sasgen und Kollegen Daten der Schwerefeld-Satellitenmission GRACE aus und betrachteten die zwei Regionen, die augenscheinlich besonders empfindlich auf den Klimawandel reagieren: Auf der Antarktischen Halbinsel verschwinden große Schelfeisgebiete und im Amundsen-Gebiet der West-Antarktis weichen Gletscher und Eisströme rasch ins Landesinnere zurück.

In der GRACE-Zeitreihe konnte dabei zum ersten Mal direkt beobachtet werden, wie die Eismasse in den beiden Gebieten durch Schwankungen im Niederschlag von Jahr zu Jahr variiert. Diese Variation hängt offenbar mit dem globalen Klimaphänomen El Niño zusammen. Die veränderte atmosphärische Zirkulation während El Niño-Warmphasen schwächt das Tiefdruckgebiet über der Amundsen See, was zu geringeren Niederschlägen und damit zur Massenabnahme entlang der Antarktischen Halbinsel führt. Im Amundsen-Gebiet fällt dagegen etwas mehr Schnee (Abb. 1). In La Niña-Jahren ist es dagegen genau umgekehrt, dann ist das Tiefdruckgebiet ausgeprägter und es fällt mehr Schnee auf der Antarktischen Halbinsel und weniger in der Westantarktis. Überlagert wird diese gegensätzliche Variation von einer stetigen Abnahme der Eismasse in beiden Gebieten, die im Einklang mit dem globalen Klimawandel steht. Auch dies zeigten die GRACE-Daten seit dem Jahr 2002: Jedes Jahr verliert die West-Antarktis 110 Gigatonnen Eis. Damit sind beide Gebiete für etwa ein Zehntel des derzeit beobachteten mittleren globalen Meeresspiegelanstiegs von jährlich 3 mm verantwortlich.

Details zu den Ergebnissen von Ingo Sasgen und Kollegen sind in *Earth and Planetary Science Letters*, (doi:10.1016/j.epsl.2010.09.015) veröffentlicht. Kontakt: ingo.sasgen@gfz-potsdam.de.

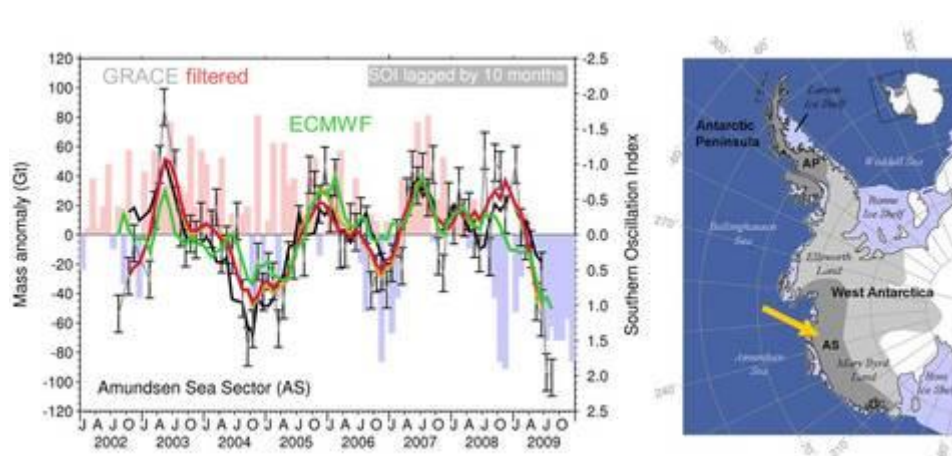


Abbildung 1: Interannuale Massenvariationen im Amundsen See Gebiet (AS) der West Antarktis aus GRACE-Daten (rot; zeitlich geglättet), kumulativer Nettoniederschlag aus ECMWF-Daten (grün), und ihr Zusammenhang mit dem Southern Oscillation Index (SOI).

Positive SOI Werte (blau; umgekehrte Skala) entsprechen La Niña-Phasen (d.h. El Niño-Kaltphasen), negative SOI Werte (rosa) El Niño-Warmphasen. Im Amundsen See Gebiet führen El Niño-Warmphasen mit einer Verzögerung von etwa 10 Monaten zu einer positiven Massen-anomalie, und umgekehrt.

Einfluss von grönländischem Schmelzwasserabfluss auf die thermohaline Zirkulation

Neueste Beobachtungen zeigen, dass der grönländische Eisschild (GIS) im frühen 21. Jahrhundert eine beschleunigte Schmelzrate mit einem geschätzten Nettomassenverlust von mehr als 200 Gt/Jahr aufweist. Das geschmolzene Süßwasser gelangt nahe den Konvektionsgebieten der Labradorsee in den Ozean, welche als Schlüsselregionen für die Stärke der Meridionalen Umwälzbewegung (MOC) im Atlantik gelten. Das Verständnis dieser Prozesse und der damit verbundenen Wechselwirkungen ist essentiell, um zukünftige Klimatendenzen beurteilen zu können. Die meisten, in bisherigen Süßwasserstörungsexperimenten verwendeten numerischen Modelle weisen eine grobe horizontale Auflösung im Ozean auf (1 Grad oder gröber), was sich insbesondere für die Repräsentation wichtiger physikalischen Prozesse in den Konvektionsgebieten nachteilig auswirkt. Dabei steuern sowohl die mittlere Zirkulation als auch die Wirbeltransporte in diesen Regionen den Süßwassertransport von Grönland in den Nordatlantik, ein wesentlicher Beitrag für die globale Wassermassenbildung und die Ozeanzirkulation.

Untersuchungen zur Ausbreitung von Schmelzwasserabflüssen des grönländischen Inlandeises können daher am besten mit Ozeanmodellen höher Auflösung durchgeführt werden, die einerseits die Wirbeltransporte richtig wiedergeben, andererseits sowohl den nördlichen Nordatlantik als auch die Küstenregion Grönlands in hoher Auflösung repräsentieren. Hierfür eignet sich die Verwendung unstrukturierter Modellgitter, die eine variable regionale Modellauflösung ermöglichen. Die Arbeiten des Alfred-Wegener-Institutes (Brunnabend et al., 2010, Sidorenko et al., 2011) nutzen diese Methode zur Untersuchung von Schmelzwasserabflussszenarien des GIS mit dem Finite Elemente Meereis-Ozean-Modell (FESOM). Für die vorliegenden Studien wurde das Ozeanmodell mit vorgeschriebenem atmosphärischen Antrieb verwendet.

Das Schmelzszenario in FESOM wurde nach folgender Strategie berechnet: nach einem Ensemble von Ozean-Meereis-Simulationen mit gemessenen atmosphärischen Antriebsdaten für den Zeitraum von 1948-2007 (Large and Yeage, 2009) (üblicherweise als CORE-II Experiment bezeichnet), wurden Szenarienläufe mit einem Süßwasserabfluss von $100.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (0.1 Sv) entlang der grönländischen Küste südlich von 76° Nord durchgeführt. Diese Schmelzrate entspricht üblichen Werten vergleichbare Studien, übersteigt das derzeit beobachtete Signal jedoch um mehr als das 10-fache. Die berechnete Vermischungstiefe der Deckschicht (mixed-layer-depth) zeigt eine deutliche Reduktion für den Fall des Schmelzwassereintrags (Abb. 2b) gegenüber dem ungestörten Experiment (Abb. 2a). Insbesondere in der Labradorsee setzt die Konvektion fast vollständig aus, was eine Reduktion des meridionalen Massentransport (Abb. 3, oben) und eine deutliche Verminderung des nordwärtigen Wärmetransports (Abb. 3, unten) nach sich zieht.

Um die Auswirkungen auf das Klimasystem vollständig beschreiben zu können, werden diese Simulationen derzeit auf ein globales Gitter mit lokaler Verfeinerung in einem gekoppelten Erdsystemmodell ausgeweitet.

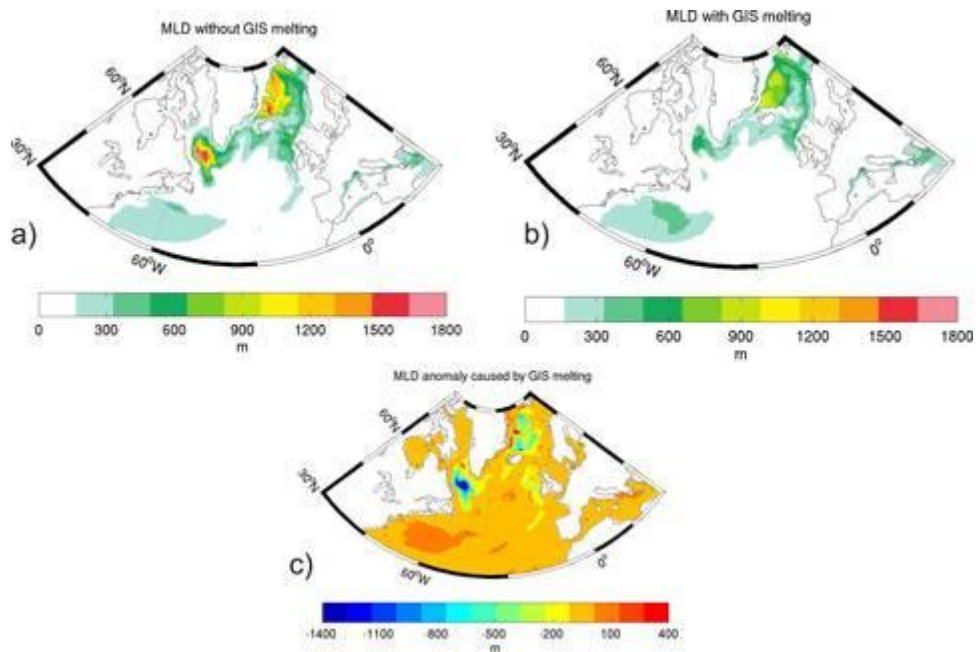


Abbildung 2: Mittlere Vermischungstiefe der Deckschicht (MLD) im März 2007 für a) den Kontrolllauf, b) die Simulation mit Schmelzwassereintrag von Grönland und c) Differenz beider Simulationen. Durch den Schmelzwassereintrag von Grönland ist eine deutliche Abnahme der Konvektionstiefe in der Labradorsee und in der Grönlandsee zu beobachten.

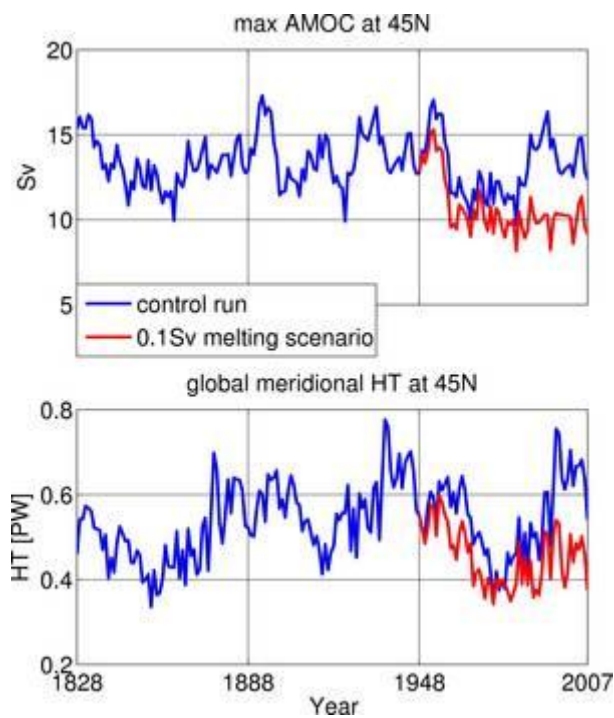


Abbildung 3: Zeitserien für drei aufeinanderfolgende 60-Jahr-Perioden des atmosphärischen Antriebs.

Blaue Kurve: ohne Süßwassereintrag, rote Kurve: mit Süßwassereintrag.

oben: Maximum der meridionalen Umwälzbewegung im Atlantik (AMOC) bei 45°N.

unten: Nordwärtiger Wärmetransport (1015 Watt).

Veröffentlichungen:

Sasgen, I., Dobslaw, H., Martinec, Z., Thomas, M. (2010): Satellite gravimetry observation of Antarctic snow accumulation related to ENSO, *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 299, 3-4, 352—358, doi:10.1016/j.epsl.2010.09.015.

Sidorenko, D., Wang, Q., Danilov, S., Schröter, J. (2011). FESOM under COordinated Ocean-ice Reference Experiment forcing, *Ocean Dynamics*. doi:10.1007/s10236-011-0406-7 (published online April 2011, www.springerlink.com/content/m724611672hp6274/fulltext.pdf)

Brunnabend, S. -E., Schröter, J., Timmermann, R., Rietbroek, R., Kusche, J. (2010, submitted). Modeled sea level change caused by Greenland ice sheet melting, *Journal of Geodynamics*, Special Issue: Mass Transport.