

Projekt: **845**

Berichtszeitraum: **01.01.2020 – 31.12.2020**

Projekttitel: **RACE Synthese – AP3.2: Klimaänderungen auf dem Nordwest-Europäischen Schelf**

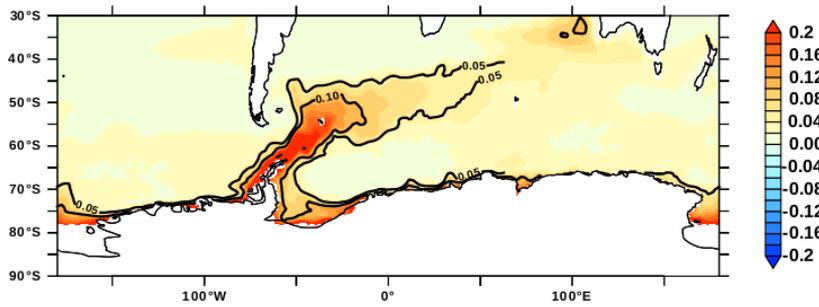
Uwe Mikolajewicz (MPI), Katharina Six (MPI), Moritz Mathis (HZG)

Das bedeutendste Ergebnis der in RACE durchgeführten Simulationen mit dem hoch-auflösenden regional gekoppelten Ozean-Atmosphären-Modell MPIOM-HAMOCC-REMO besteht in der Erkenntnis, dass sich unter hinreichend starker globaler Klimaerwärmung (Emissions-Szenario RCP8.5) gegen Ende des 21. Jahrhunderts ein Regimewechsel in der Dynamik des Nährstofftransportes vom offenen Nordost-Atlantik auf den Nordwest-Europäischen Schelf vollzieht (Mathis et al., 2019). Der Grund dafür liegt in der deutlich reduzierten winterlichen Deckschichttiefe im Nordost-Atlantik, wodurch weniger Nährstoffe aus angereicherten tieferen Wassermassen in die euphotische Zone gemischt werden. An der Schelfkante dagegen treten vertikale Mischungsprozesse auf, welche die Verbindung zu nährstoffreichen Wassermassen unterhalb der Deckschicht aufrecht halten und damit den Nährstofftransport auf den Schelf unterstützen. In den zuletzt veröffentlichten Simulationen ist darüber hinaus angezeigt, dass sich dieser Effekt noch verstärkt bzw. zeitlich früher im Jahrhundert einsetzt, wenn im verwendeten Modellsystem zusätzlich der Schmelzwassereintrag des Grönland-Eisschildes berücksichtigt wird (Mathis & Mikolajewicz, 2020). Diese Ergebnisse haben im Berichtsjahr 2020 weitere Sensitivitäts-Experimente angeregt, bei denen neben vorgeschriebenen Schmelzwasserraten auch der Transport von Eisbergen im Modellsystem integriert ist.

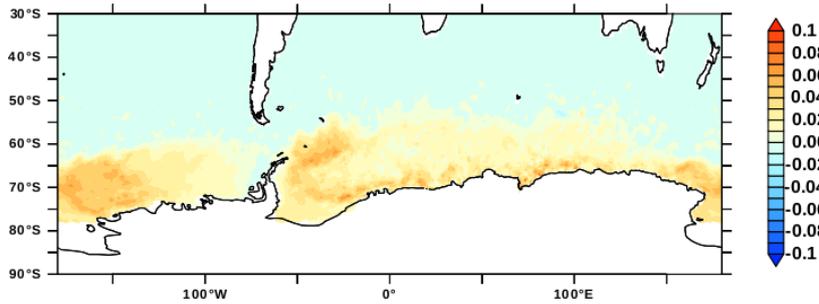
Eisberge transportieren neben gefrorenem Wasser auch Stoffe, die Einfluss auf die marine Biosphäre und deren Produktivität haben, wie z.B. der Mikronährstoff Eisen (Fe). In Staub gebundenes Fe gelangt im Wesentlichen nur durch atmosphärischen Transport und Deposition in den Ozean. Folglich weist der südliche Ozean verhältnismäßig geringe Fe-Konzentration auf und die marine Primärproduktion reagiert sensibel auf künstlichen Eiseneintrag (Martin et al., 1989). Um den Einfluss von in Eisbergen gebundenem Fe auf die marine Biogeochemie zu untersuchen, wurden die Sensitivitäts-Experimente daher zunächst für den südlichen Ozean durchgeführt.

Aufbauend auf der Standardversion des Erdsystemmodells MPI-ESM-LR (Mauritzen et al., 2019), haben wir das Euler'sche Eisbergmodell gemäß der Doktorarbeit von O. Erokhina (2020) implementiert, welches alle wesentlichen Prozesse wie wind- und strömungsgetriebener Transport und Schmelzprozesse mit entsprechenden Frischwasser- und Wärmeflüssen von Eisbergen abbildet. Alle Experimente wurden von dem gleichen eingeschwungenen Zustand eines vorindustriellen Kontrolllaufs gestartet und über 200 Jahre gerechnet. Als Randbedingung für die Eisberge verwenden wir eine Klimatologie, erstellt aus Monatsdaten von Eisbergabflussraten des Grönländischen Eisschildes und der Antarktis von ~1960 bis heute (Bamber et al.; 2012; Rigot et al., 2013). Bisher wurden 3 Experimente mit unterschiedlichen Fe-Konzentration im Schmelzwasser simuliert: CTRL = 0 nmol Fe/l, lowFe = 3 nmol Fe/l; highFe = 30 nmol Fe/l. Diese Werte entsprechen Messungen von Probenahmen an verschiedenen Eisbergen, wobei wir seltene Extremwerte von über 300 nmol Fe/l nicht berücksichtigen. Parallel zu den Sensitivitäts-Experimenten haben wir den Kontrolllauf ohne Eisberg-Schema um 200 Jahre verlängert (NOIB).

Die Änderung der Fe-Konzentration in der Ozeanoberfläche zwischen highFE and CTRL zeigt in erster Linie die Zugrichtung der Eisberge von ihren Quelleregionen an der Küste bis zu ihrem vollständigen Schmelzen, begleitet von der sukzessiven Freisetzung von Fe (Abb. 1). Der zusätzliche lokale Eintrag von Fe bewirkt aber nur einen relativ geringen Anstieg der marinen Produktion von 5-8 % in dieser Region (Abb. 2). Die größte Produktionssteigerung finden wir nördlich des Rossmeeres (75°-65°S), ein Gebiet, das relativ geringe Eisenkonzentrationen in unserer CTRL-Simulation aufweist. Dass selbst der geringe, zusätzliche Fe-Eintrag durch Eisberge im südlichen Ozean eine Produktionssteigerung bewirkt, unterstreicht jedoch die starke lokale Limitierung durch diesen Mikronährstoff.



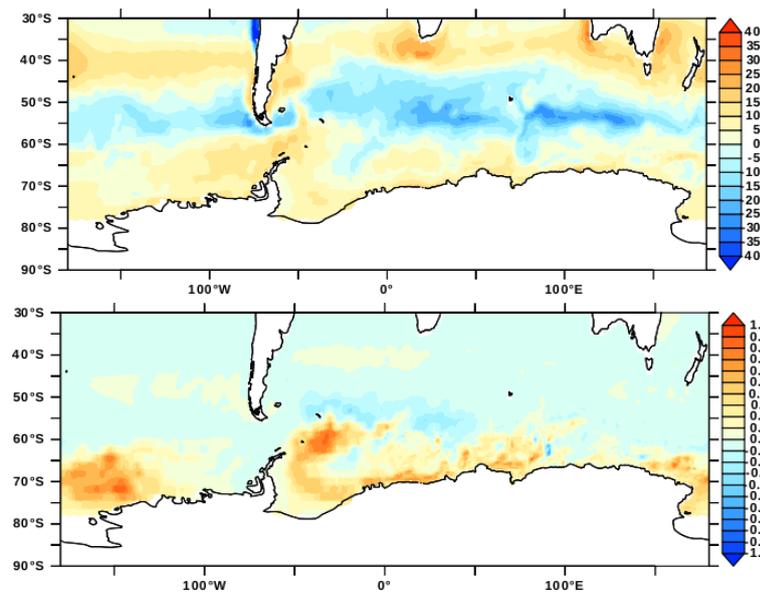
**Abb. 1:** Relative Änderung der Oberflächenkonzentration von Fe zwischen highFE and CTRL (Mittel über die letzten 50 Jahre)



**Abb. 2:** Relative Änderung der vertikal integrierten Primärproduktion zwischen highFE and CTRL (Mittel über die letzten 50 Jahre)

Eine erhöhte biologische Produktion kann zu einem zusätzlichen Kohlenstofffluss aus der Atmosphäre in den Ozean führen. Eine entsprechende lokale Änderung finden wird in unseren Simulationen, wobei auch hier lokale Änderungen kleiner als 10 % sind (Abb. 3).

Diese vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass der Effekt von Fe-Eintrag durch Eisberge auf die Biogeochemie eher gering ist. Dennoch gibt es Regionen, wie nördlich des Rossmeers 75°-65°S, in denen stärkere lokale Signale auftreten. Daraus lässt sich ableiten, dass der Einfluss des Fe-Transports durch Eisberge in einer global wärmer werden Welt an Bedeutung gewinnen könnte. Zum einen ist es zu erwarten, dass die Eisberganzahl temporär steigen wird und zum anderen kommt es zu einer stärkeren Schichtung der Wassersäule, die einen Auftrieb von Nährstoffen noch mehr limitiert. Weitere Studien dazu sind derzeit in Planung.



**Abb. 3:**  
 a) mittlerer jährlicher Kohlenstoff-fluß zwischen Ozean und Atmosphäre ( $\text{g m}^{-2} \text{yr}^{-1}$ , positiv in den Ozean)  
 b) Anomalie des Flusses zwischen highFe und CTRL ( $\text{g m}^{-2} \text{yr}^{-1}$ , positiv in den Ozean)

**Literatur:**

Bamber et al. (2012). *Recent large increases in freshwater fluxes from Greenland into the North Atlantic*. doi: 10.1029/2012GL052552

Mathis, M., A. Elizalde, U. Mikolajewicz (2019). *The future regime of Atlantic nutrient supply to the Northwest European Shelf*. Journal of Marine Systems 189, 98-115, doi:10.1016/j.jmarsys.2018.10.002

Mathis, M., & Mikolajewicz, U. (2020): The impact of meltwater discharge from the Greenland ice sheet on the Atlantic nutrient supply to the northwest European shelf. Ocean Science, 16, 167–193, doi:10.5194/os-16-167-2020

Martin et al. (1989) *Vertex: phytoplankton/iron studies in the Gulf of Alaska*, Deep-Sea Res., 36, 649–680 (1989).

Mauritzen et al. (2019) *Developments in the MPI-M Earth System Model version 1.2 (MPI-ESM1.2) and its response to increasing CO<sub>2</sub>*. doi:10.1029/2018MS001400

Rignot et al. (2013) *Ice-Shelf Melting Around Antarctica*. DOI: 10.1126/science.1235798