

Projekt: **845**

Berichtszeitraum: **01.01.2019 – 31.12.2019**

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

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

Bisherige Ergebnisse unserer RACE-Simulationen mit dem hoch-auflösenden regional gekoppelten Ozean-Atmosphären-Modell MPIOM-HAMOCC-REMO haben gezeigt, dass aufgrund der starken Wechselwirkung zwischen dem Nordost-Atlantik und NWES mit deutlichen physikalischen und biogeochemischen Zustandsänderungen des Schelfs im 21. Jahrhundert zu rechnen ist. Für das Emissions-Szenario RCP8.5 ist außerdem angezeigt, dass sich gegen Ende des 21. Jahrhunderts ein Regimewechsel in der Dynamik des Nährstofftransportes vom offenen Nordost-Atlantik auf den NWES vollzieht (Mathis et al., 2018). Während unter heutigen klimatischen Bedingungen die winterliche Oberflächen-Nährstoffverteilung im Nordost-Atlantik höhere Werte zeigt als auf dem Schelf, kehrt sich dieses Verhältnis in den letzten Jahrzehnten des Jahrhunderts um (siehe Jahresbericht 2017). Der Grund dafür liegt in der durch Aussüßung und Erwärmung deutlich reduzierten winterlichen Deckschichttiefe im Nordost-Atlantik, wodurch weniger Nährstoffe aus angereicherten tieferen Wassermassen in die euphotische Zone gemischt werden. An der Schelfkante dagegen tritt ein vertikaler, aber zeitlich stark variierender Nährstofftransport auf, welcher die Verbindung zu nährstoffreichen Wassermassen unterhalb der Deckschicht aufrecht hält. Dieser Effekt beeinflusst das Nährstoffinventar auf dem Schelf und hat zur Folge, dass die allgemein projizierte Abnahme der Primärproduktion auf dem Schelf geringer ausfällt als bisher aufgrund der niedrigen Nährstoffkonzentrationen im Nordost-Atlantik zu erwarten war.

Projizierte Änderungen der winterlichen Deckschichttiefe berücksichtigen in der oben genannten RCP8.5-Simulation jedoch keine Süßwassereinträge in den subpolaren Atlantik durch das Abschmelzen des Grönland-Eisschildes. Andere Studien weisen darauf hin, dass eine entsprechende oberflächennahe Verringerung des Salzgehaltes bzw. der Dichte die vertikale Schichtung im Ozean zusätzlich verstärkt und dadurch die meridionale Umwälzzirkulation schwächt (Jungclaus et al., 2006; Mikolajewicz et al., 2007; Vizcaíno et al., 2015). Um den Einfluss von grönländischem Schmelzwassereintrag auf die Deckschichttiefe des Nordost-Atlantiks und damit auf den Regimewechsel abschätzen zu können, wurden in den vergangenen Berichtsjahren (2018 und 2019) Ensemble-Simulationen mit zusätzlichen Festland-Abflussraten an der Küste Grönlands durchgeführt und analysiert.

<b>Experiment</b>	<b>Grönland-Abflussrate 2006-2100</b>	<b>Grönland-Abflussrate 2101-2150</b>	<b>Realisationen</b>
E0	0 Sv	0 Sv	3
E010	linearer Anstieg 0-0.1 Sv	konstant 0.1 Sv	3
E025	linearer Anstieg 0-0.25 Sv	konstant 0.25 Sv	1
E100	linearer Anstieg 0-1 Sv	konstant 1 Sv	1

In den Experimenten mit zusätzlichem Schmelzwassereintrag ist zu erkennen, dass die Verstärkung der Vertikalschichtung im Nordost-Atlantik zu einer Verstärkung der Nährstofffront zwischen dem offenen Ozean und dem NWES führt (Abb. 1). In Übereinstimmung mit den oben genannten Studien bedingt der Einfluss des Schmelzwassers auf die Dichte der oberflächennahen Wassermassen eine stärkere Abschwächung der meridionalen Umwälzzirkulation (Abb. 2a). Die Verringerung der Zirkulation hat zur

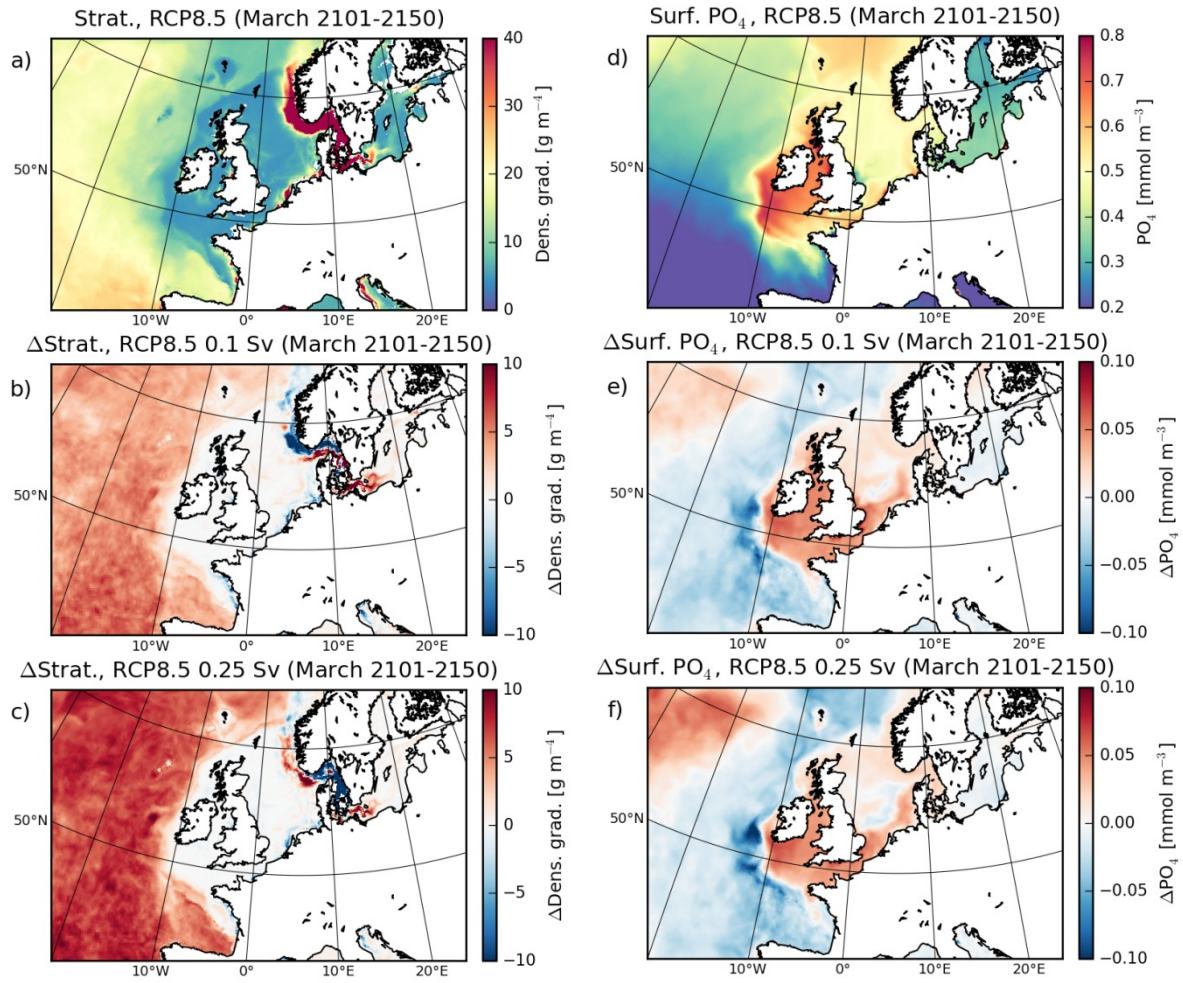
Folge, dass sich tiefere Wassermassen durch Remineralisation herabsinkenden organischen Materials mit Nährstoffen anreichern (Abb. 2c). Die fortwährende Remineralisation ist mit einem entsprechend höheren Verbrauch von Sauerstoff verbunden (Abb. 2b). Mischungsprozesse entlang des Kontinentalhangs führen dazu, dass die tieferen atlantischen Wassermassen mit hohen Nährstoffkonzentrationen in die obere Wassersäule gelangen und auf den NWES advektiert werden. Im angrenzenden Atlantik dagegen verursacht der Schmelzwassereintrag eine Stabilisierung der Wassersäule und eine flachere Deckschicht, sodass die Nährstoffkonzentrationen innerhalb der Deckschicht stärker abnehmen als in den Experimenten ohne Schmelzwassereintrag. Die konträren Veränderungen im offenen Ozean und auf dem Schelf führen zu der Verstärkung der Nährstofffront und Milderung der projizierten Nährstoffabnahme auf dem Schelf.

Die Nährstoffanreicherung tieferer Wassermassen hat auch eine Verstärkung des vertikalen Nährstoffgradienten durch die Sprungschicht zur Folge. Bei etwa gleichbleibender Variabilität des atmosphärischen Antriebes resultieren interannuale Schwankungen der Deckschichttiefe entlang der Schelfkante daher in einer höheren Variabilität des Nährstofftransportes auf den NWES (Abb. 3).

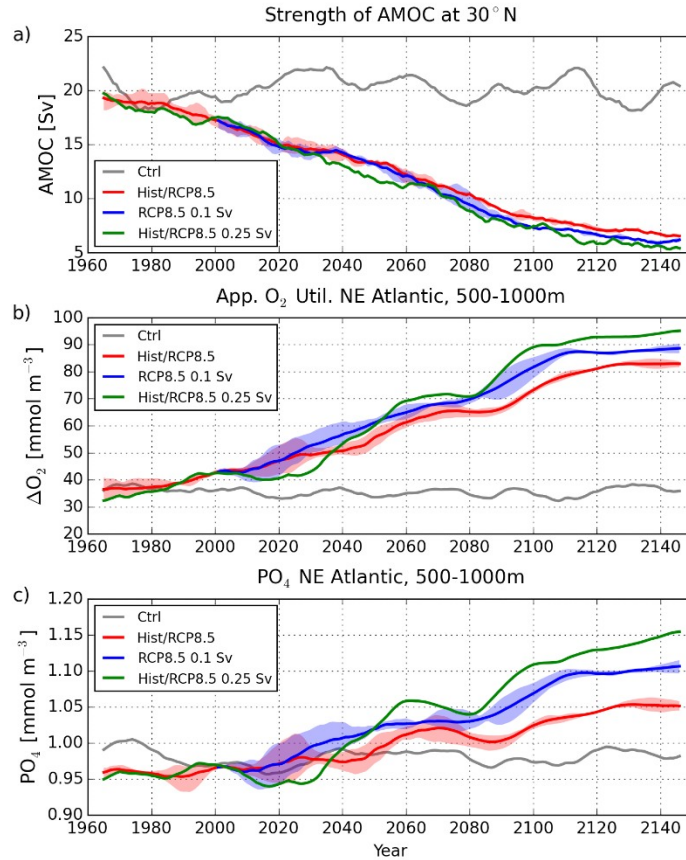
In den Experimenten mit grönländischem Schmelzwassereintrag ist außerdem angezeigt, dass die Stabilisierung der Wassersäule die erhöhte Nährstoffvariabilität an der Schelfkante früher im Jahrhundert einleitet als in der Simulation ohne Schmelzwassereintrag (Abb. 3). Der Einfluss auf das zeitliche Einsetzen des Regimewechsels ist jedoch überraschend gering, verglichen mit den verhältnismäßig hohen Unterschieden der vorgeschriebenen Schmelzwasserabflussraten von 0 bis 1 Sv. Die Ursache dafür liegt in der Veränderung der Vertikalstruktur des Salzgehaltes im Nordost-Atlantik. Der Eintrag des Schmelzwassers in die obere Wassersäule führt vor allem in oberflächennahen Wassermassen zu einer Abnahme des Salzgehaltes. Die Abschwächung der meridionalen Umwälzzirkulation hat jedoch auch eine Abschwächung des nordwärtigen Transportes salzreicher subtropischer Wassermassen bis in größere Tiefen zur Folge und damit auch eine Abnahme des Salzgehaltes unterhalb der Deckschicht. Die Verstärkung der Schichtung und Verringerung der Deckschichttiefe aufgrund von grönländischem Schmelzwassereintrag fällt daher schwächer und später aus als man allein aus der Abnahme des Salzgehaltes der oberen Wassersäule ableiten würde. Selbst in einem extremen Szenario mit 10-Mal stärkerem Schmelzwassereintrag als unter RCP8.5 erwartet (E100) erreicht der Regimewechsel seine volle Ausprägung nicht früher als das Jahr 2070.

Nähere Details und weitere Ergebnisse z.B. über die Auswirkungen der hier beschriebenen Veränderungen auf die Primärproduktion in der nördlichen Nordsee können in der folgenden Publikation nachgelesen werden:

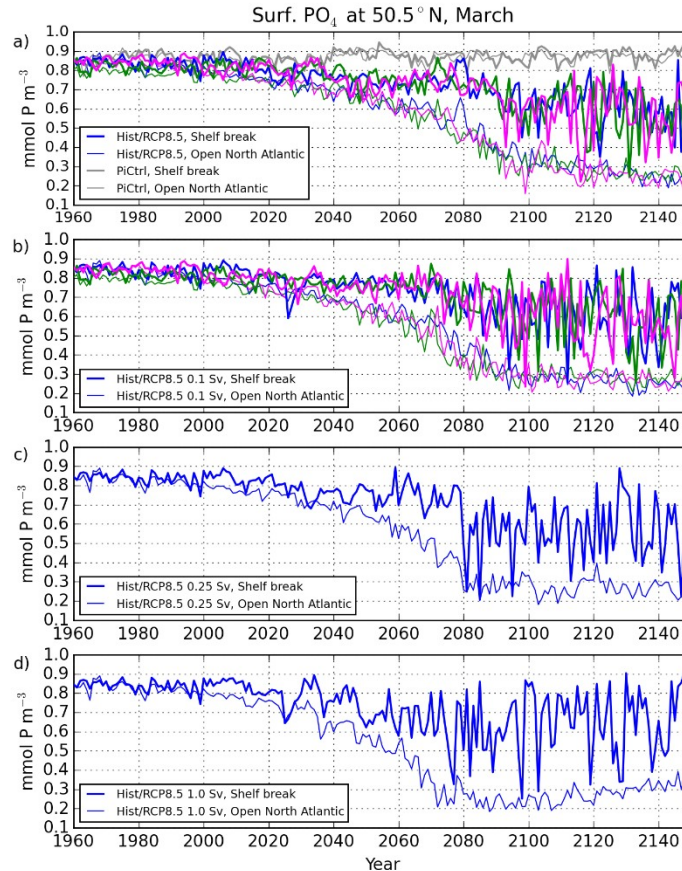
Mathis, M. and Mikolajewicz, U.: The impact of melt water discharge from the Greenland ice sheet on the Atlantic nutrient supply to the Northwest European Shelf, *Ocean Sci. Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/os-2019-100>, in review, 2019



**Abb. 1:** Intensität der vertikalen Schichtung (a) und Oberflächen-Phosphatkonzentration (d) am Ende des Winters für den Zeitraum 2101-2150 des Szenarios RCP8.5 sowie relative Änderungen der Experimente mit grönländischem Schmelzwassereintrag (b-c und e-f).



**Abb. 2:** Stärke der atlantischen meridionalen Umwälzkulation (a) und scheinbarer Sauerstoffverbrauch (b) sowie Phosphatkonzentration (d) in mittleren Tiefen des Nordost-Atlantik für Experimente mit und ohne grönländischem Schmelzwassereintrag.



**Abb. 3:** Zeitreihen der Oberflächen-Phosphatkonzentration am Ende des Winters (März) auf 50.5°N für die historische Periode 1960-2005 sowie für die Periode 2006-2150 des Szenarios RCP8.5. Dicke Linien: Kontinentalhang (10-12°W). Dünne Linien: offener Nordost-Atlantik (15-20°W). Experimente ohne (a), mit 0.1 Sv (b), 0.25 Sv (c) und 1 Sv grönländischen Schmelzwassereintrag (siehe Tabelle).

### Literatur:

Jungclaus, J. H., N. Fischer, H. Haak, K. Lohmann, J. Marotzke, D. Matei, U. Mikolajewicz, D. Notz, J.-S. von Storch (2013). *Characteristics of the ocean simulations in MPIOM, the ocean component of the MPI Earth System Model*. Journal of Advances in Modeling Earth Systems, 5, 422-446

Mathis, M., A. Elizalde, U. Mikolajewicz (2018). *The future regime of Atlantic nutrient supply to the Northwest European Shelf*. Journal of Marine Systems (in press), doi:10.1016/j.jmarsys.2018.10.002

Mikolajewicz, U., M. Vizcaíno, J. Jungclaus and G. Schurgers (2007). *Effect of ice sheet interactions in anthropogenic climate change simulations*. Geophysical Research Letters, 34, L18706, 5 pp

Vizcaíno, M., U. Mikolajewicz, F. Ziemen, C. B. Rodehacke, R. Greve and M. R. van den Broeke (2015). *Coupled simulations of Greenland Ice Sheet and climate change up to A.D. 2300*. Geophysical Research Letters, 42, 3927-3935