

Berichtszeitraum: **01.01.2017 – 31.12.2017**

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

Uwe Mikolajewicz (MPI), Moritz Mathis (MPI), Birgit Klein (BSH), Holger Klein (BSH)

Das wissenschaftliche Ziel des Projekts ist die Abschätzung regionaler Klimaänderungen für den Bereich des Nordwest-Europäischen Schelfs (NWES) sowie die Untersuchung der Verbindung dieser Klimaänderungen zu Veränderungen der regionalen Zirkulation im Nordatlantik. Bisherige Ergebnisse haben gezeigt, dass aufgrund der starken Wechselwirkung zwischen Nordost-Atlantik und NWES mit deutlichen physikalischen und biogeochemischen Zustandsänderungen des Schelfs im 21. Jahrhundert zu rechnen ist. Verschiedene Studien zeigen jedoch große Unsicherheiten in den Ergebnissen, besonders bezüglich der projizierten Salzgehalt- und Nährstoffänderungen (Holt et al., 2012; Wakelin et al., 2012; Gröger et al., 2013; Mathis & Pohlmann, 2014; Tinker et al., 2016). Unsere Simulationen mit dem regional gekoppelten Klimasystemmodell REMO/MPIOM/HAMOCC haben deutlich gemacht, dass ein großer Teil dieser Unsicherheiten auf die individuelle Methodik der Modellsysteme, die bei der Regionalisierung globaler Zukunftsprojektionen zum Einsatz kommt, zurückzuführen ist (Mathis et al., 2017). Insbesondere sind Einflussfaktoren der biologischen Primärproduktion auf dem NWES, wie der Nährstofftransport vom Atlantik auf den Schelf, die Wassertemperatur, die Zirkulation und die saisonale Vertikalschichtung, von Wechselwirkungen zwischen Ozean und Atmosphäre sowohl auf dem Schelf als auch im Nordost-Atlantik stark beeinflusst. An diese Erkenntnisse anknüpfend wurden die beiden Zukunftsszenarien RCP4.5 und RCP8.5 mit demselben regional gekoppelten Modellsystem in besonders hoher Auflösung (bis zu 5 km in der südlichen Nordsee) regionalisiert.

Im diesem Jahr lag der Schwerpunkt unserer Forschung daher auf der Untersuchung klimabedingter Änderungen des physikalischen und biogeochemischen Zustands des NWES sowie Änderungen der Austauschprozesse zwischen dem Schelf und dem offenen Atlantik. Globale Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert zeigen im Nord-Atlantik eine starke Verringerung der Durchmischungstiefe im Winter sowie eine Abnahme oberflächennaher Nährstoffkonzentrationen als Reaktion auf eine globale Klimaerwärmung (z.B. Steinacher et al., 2010; Bopp et al., 2013). In Übereinstimmung mit früheren Studien (Holt et al., 2012; Gröger et al., 2013; Mathis et al., 2017) zeigen unsere Simulationen eine Abschwächung des Nährstofftransports vom Atlantik auf den Schelf und damit eine Abschwächung der Primärproduktion (Abb. 1). In den Zeitserien für die nördliche Nordsee ist zu erkennen, dass für Szenario RCP8.5 die Produktion gegen Ende des 21. Jahrhunderts in einen Zustand erhöhter interannualer und multidekadischer Variabilität wechselt. Außerdem entwickelt sich in der Verteilung der Winter-Nährstoffkonzentration eine Front entlang des Kontinentalhangs mit niedrigen Konzentrationen im Atlantik und relativ höheren Konzentrationen auf dem Schelf (Abb. 2).

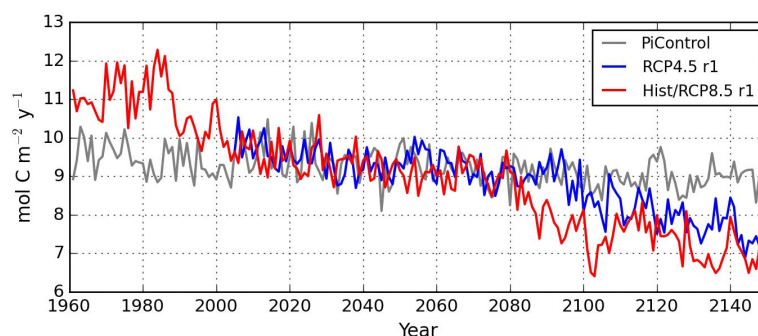


Abb. 1: Zeitserien der biologischen Primärproduktion in der nördlichen Nordsee unter verschiedenen atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen. Vorindustriell (grau), historisch (rot, bis 2005), Szenario RCP4.5 (blau) und RCP8.5 (rot, ab 2006)

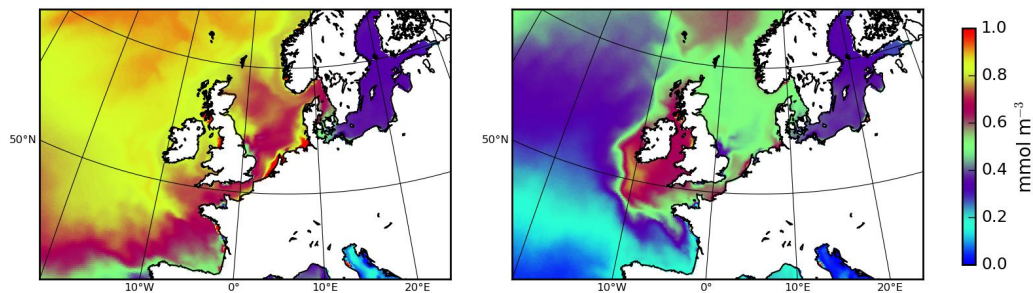


Abb. 2: Mittlere oberflächennahe Phosphat-Konzentration im März unter historischen Bedingungen (links, 1961-2010) sowie unter RCP8.5-Bedingungen (rechts, 2101-2150)

Vergleicht man die Standard-Abweichung der Nährstoffkonzentration, so zeigt sich unter RCP8.5-Bedingungen eine verstärkte Variabilität entlang der Schelfkante gegenüber historischen Bedingungen (Abb. 3), die sich bis in die nördliche Nordsee ausbreitet. In Abb. 4 sind zugehörige Lateralschnitte auf 50.5°N dargestellt. Für RCP8.5-Bedingungen wurden außerdem positive und negative Komposite ausgeprägter Nährstoffanomalien erstellt. Im Bereich der Schelfkante führt die abrupte Änderung der Wassertiefe zu zahlreichen Phänomenen, die eine starke vertikale Durchmischung mit sich bringen (z.B. White and Bowyer, 1997; Huthnance et al., 2009). Dazu gehören unter anderem eine instabile Strömung entlang des Kontinentalhangs und interne Wellen, die an der Schelfkante brechen oder am Kontinentalhang reflektieren. In Abb. 4 ist zu sehen, dass die relativ höheren Nährstoffkonzentrationen auf dem Schelf durch lokales Aufmischen von tieferen nährstoffreichen Wassermassen verursacht werden. Unter historischen Bedingungen reicht die Winterkonvektion im Nordost-Atlantik mehrere hundert Meter unter die Schelfkante, so dass lokale Mischungsprozesse die Nährstoffkonzentration der oberen Wassersäule nicht beeinflussen. Die dargestellten Komposite zeigen, dass die erhöhte interannuale Variabilität der Nährstoffkonzentration durch Anomalien des vertikalen Mischens entsteht, welche die Position der Front bestimmen. Das multidekadische Signal dagegen ist hauptsächlich auf Variationen in der Nährstoffkonzentration tieferer Wassermassen zurückzuführen, die von Schwankungen in der Stärke und Ausdehnung des Subpolarwirbels gesteuert werden. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass das Nährstoffinventar und die Primärproduktion des NWES bei fortwährender Klimaerwärmung zunehmend durch eine erhöhte Variabilität gekennzeichnet sind, welche das marine Ökosystem potentiell destabilisiert.

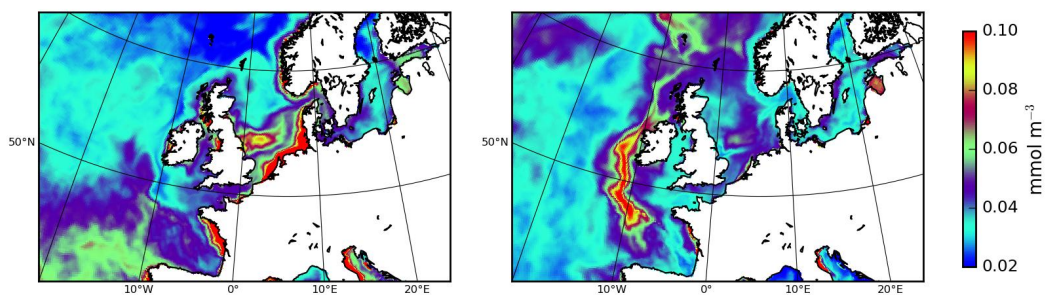


Abb. 3: Standard-Abweichung der mittleren oberflächennahen Phosphat-Konzentration im Winter unter historischen Bedingungen (links, 1961-2010) sowie unter RCP8.5-Bedingungen (rechts, 2101-2150)

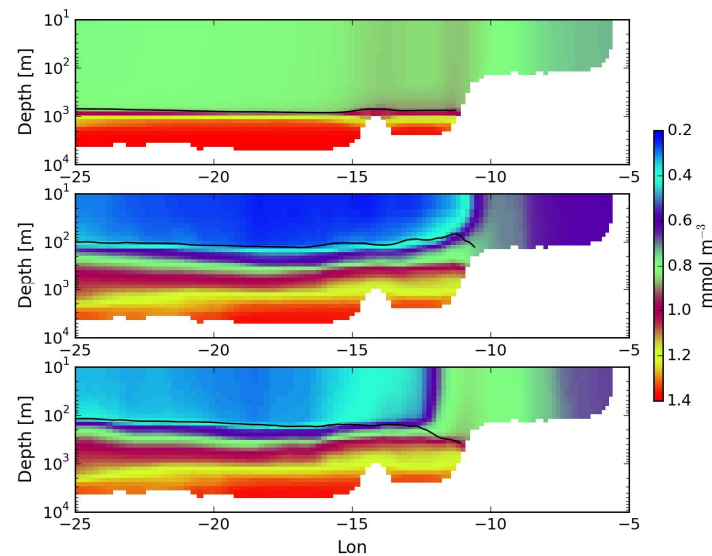


Abb. 4: Phosphat-Konzentration im März entlang des Lateralchnittes 50.5°N unter historischen Bedingungen (oben, 1961-2010) sowie negative (Mitte) und positive (unten) Komposite ausgeprägter Anomalien unter RCP8.5-Bedingungen (2101-2150). Die schwarze Linie stellt die Durchmischungstiefe der oberen Wassersäule dar

Literatur:

- Bopp, L., Resplandy, L., Orr, J. C., Doney, S. C., Dunne, J. P., Gehlen, M., Halloran, P., Heinze, C., Ilyina, T., S´ef erian, R., Tjiputra, J., Vichi, M., 2013. Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: projections with CMIP5 models. *Biogeosciences* 10, 6225-6245
- Gröger, M., Maier-Reimer, E., Mikolajewicz, U., Moll, A., Sein, D., 2013. NW European shelf under climate warming: implications for open ocean - shelf exchange, primary production, and carbon absorption. *Biogeosciences* 10, 3767-3792
- Holt, J., Butenschön, M., Wakelin, S. L., Artioli, Y., Allen, J. I., 2012. Oceanic controls on the primary production of the northwest European continental shelf: model experiments under recent past conditions and a potential future scenario. *Biogeosciences* 9 (1), 97-117
- Huthnance, J. M., Holt, J. T., Wakelin, S. L., 2009. Deep ocean exchange with west-European shelf seas. *Ocean Science* 5, 621-634
- Mathis, M., Elizalde, A., Mikolajewicz, U., 2017. Which complexity of regional climate system models is essential for downscaling anthropogenic climate change in the Northwest European Shelf? *Climate Dynamics* (in press)
- Mathis, M., Pohlmann, T., 2014. Projection of physical conditions in the North Sea for the 21st century. *Climate Research* 61, 1-17
- Steinacher, M., Joos, F., Frölicher, T. L., Bopp, L., Cadule, P., Cocco, V., Doney, S. C., Gehlen, M., Lindsay, K., Moore, J. K., Schneider, B., Segschneider, J., 2010. Projected 21st century decrease in marine productivity: a multi-model analysis. *Biogeosciences* 7, 979-1005
- Tinker, J., Lowe, J., Pardaens, A., Holt, J., Barciela, R., 2016. Uncertainty in climate projections for the 21st century northwest European shelf seas. *Progress in Oceanography* 148, 56-73
- Wakelin, S., Daewel, U., Schrum, C., Holt, J., Butenschön, M., Artioli, Y., Beecham, J., Lynam, C., Mackinson, S., 2012. MEECE deliverable D3.4: Synthesis report for Climate Simulations, Part 3: NE Atlantic / North Sea, 82 pp, www.meece.eu/documents/deliverables/WP3/D3%204_Part3_NE%20Atlantic.pdf
- White, M., Bowyer, P., 1997. The shelf-edge current north-west of Ireland. *Annales Geophysicae* 15 (8), 1076-1083