

## Vergleich und Verbesserung aller im Ostseeraum eingesetzten Ozeanmodelle

### Baltic Sea Model Intercomparison Project (BMIP)

*H.E.M. Meier, M. Placke, H. Radtke, F. Börgel, T. Neumann, Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde*

#### Kurzgefasst

- Nutzung verschiedener Ozeanzirkulationsmodelle im Ostseeraum mit einheitlichem atmosphärischen und hydrologischen Antrieb, um Modellergebnisse vergleichbar zu machen
- Entwicklung eines besseren Prozessverständnisses physikalischer Parameter, wie z.B. Auftrieb
- Räumlich hochaufgelöste Modellierung der Ostsee

Auf den Rechnern des HLRN werden numerische Simulationen der Ostsee durchgeführt, die im Rahmen des am Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) ins Leben gerufenen Baltic Sea Model Intercomparison Project (BMIP) erfolgen. Die an BMIP teilnehmenden Institute haben sich als Ziel gesetzt, die an den verschiedenen Instituten eingesetzten Ozeanmodelle miteinander zu vergleichen. Modellvergleiche dieser Art gestalten sich häufig als schwierig, weil unterschiedliche atmosphärische Antriebe und Flusseinträge verwendet werden. Durch die Nutzung einheitlicher Antriebsdatensätze für Atmosphäre und Flusswasser in allen Modellen sowie durch eine vereinheitlichte Struktur von festgelegten Ausgabeparametern soll der Vergleich der verschiedenen Simulationsergebnisse konkretisiert und erleichtert werden.

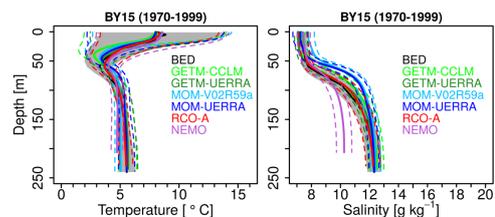
Das BMIP-Projekt wurde im Juni 2018 auf der 2. Baltic Earth Konferenz in Helsingør ins Leben gerufen. Anstoß dazu gaben unter anderem Ergebnisse von [1], die in ihrer Studie aufzeigten, dass unterschiedliche Ozeanmodelle zwar Temperatur und Salzgehalt im Vergleich zu Beobachtungen ähnlich gut reproduzieren können, jedoch Ergebnisse anderer Parameter, wie z.B. Oberflächenströmungen oder Transporte durch die gesamte Ostsee, stark voneinander abweichen. Auf einem gemeinsamen Kick-Off Meeting zu BMIP einigten sich Vertreter aller teilnehmenden Institute auf den atmosphärischen Datensatz UERRA [2] als gemeinsamen atmosphärischen Antrieb aller Modelle für den Zeitraum von 1961 bis 2018. Die Daten wurden von Partnern am Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI) für die Nutzung mit den Modellen aufbereitet, ins NetCDF-Format umgewandelt und

über einen Thredds-Server am Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) für die BMIP-Teilnehmer bereitgestellt [3]. Um die Vergleichbarkeit zwischen den Modellen in BMIP zu gewährleisten, wurde nun auch für die Flusswassereinträge ein einheitlicher Datensatz produziert [4].

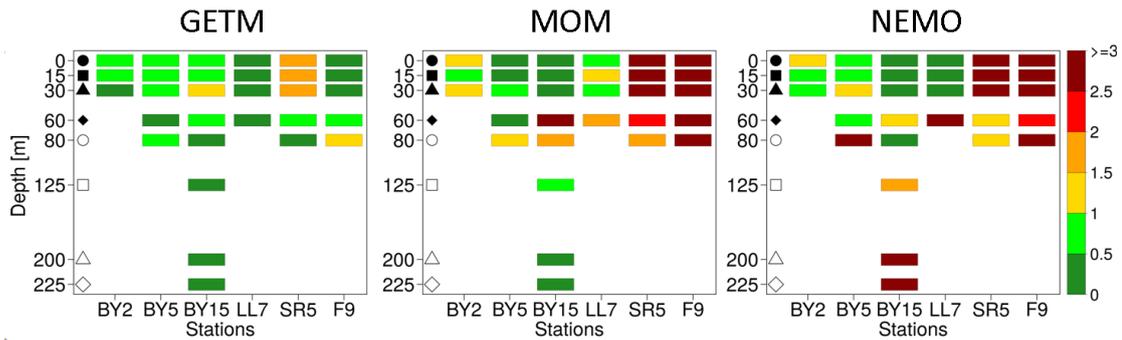
Angestrebte gemeinsame Modell-Setups und einheitliche Ausgabeparameter wurden öffentlich zugänglich gemacht [5]. Für bestimmte Ausgabeparameter, wie Mischungsschichttiefe oder Umwälzzirkulation, wurden des Weiteren Programmiercodes hinterlegt, die eine einheitliche Berechnung dieser Größen ermöglichen. Das Ziel ist anschließend, dass die homogenisierten Ausgaben der unterschiedlichen Modelle von verschiedenen Arbeitsgruppen bezüglich einzelner wissenschaftlicher Fragestellungen bearbeitet und veröffentlicht werden. Zu untersuchende Aspekte sind beispielsweise der Auftrieb von Wassermassen in Küstenregionen oder die Abhängigkeit der Wassermassenbewegungen und umwälzung in der Ostsee von den vorherrschenden Windbedingungen.

Bislang wurden im Rahmen des BMIP-Projektes erste Simulationen mit den Modellen GETM (General Estuarine Transport Model), MOM (Modular Ocean Model) und NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean) durchgeführt. Die am IOW verwendeten Modelle GETM und MOM wurden in Testläufen erfolgreich kalibriert. Die Antriebsdatensätze für die Modelle, die einen einheitlichen Atmosphärenantrieb und Flusswassereintrag liefern, wurden erstellt, getestet, entsprechend gefundener Fehler korrigiert und dann allen Teilnehmern zur Verfügung gestellt. Dies nahm einige Zeit in Anspruch, so dass vorläufige Modellläufe noch nicht mit den endgültig korrekten Antrieben durchgeführt werden konnten.

Vorerst wurde in Anlehnung an die Studie von [1] untersucht, wie gut die hydrographischen Bedingun-



**Abbildung 1:** Vertikalprofile der von den Modellen simulierten Temperatur und dem Salzgehalt am Standort Gotlandtief (BY15) gemittelt über 30 Jahre (von 1970 bis 1999).



**Abbildung 2:** Kostenfunktion für den von den Modellen simulierten Salzgehalt an 6 Standorten in der Ostsee im Untersuchungszeitraum von 1970 bis 1999 für bis zu maximal 8 verschiedene Tiefen. Die 6 Standorte erstrecken sich von der südlichen bis in die nördliche Ostsee: BY2=Arkonabecken, BY5=Bornholmbecken, BY15=Gotlandbecken, LL7=Golf von Finland, SR5=Bottensee, F9=Bottenwiek.

gen der Ostsee von den 3 Modellen reproduziert werden. An repräsentativen Stationen in der Ostsee wurden simulierte Temperatur und Salzgehalt mit Beobachtungsdaten verglichen. Hierfür wurde der BED-Beobachtungsdatensatz [6] genutzt, der eine qualitätskontrollierte Zusammenstellung von hydrographischen und biogeochemischen Daten von der gesamten Ostsee darstellt. Ein Vergleich der Vertikalprofile von Temperatur und Salzgehalt am Standort Gotlandtief in der zentralen Ostsee zeigt, dass die Ergebnisse der Modelle GETM und MOM in den aktuellen Läufen (mit vorläufigem UERRA-Antrieb) näher an den Beobachtungen sind als in früheren Simulationen (Abbildung 1). Dies ist zum größten Teil vermutlich auf Verbesserungen in den Parametrisierungen der Modelle zurückzuführen und nicht auf den veränderten Atmosphärenantrieb. Auffällig ist, dass MOM zwischen 50 und 100 m Tiefe die Temperatur und den Salzgehalt stark überschätzt, während das Modell NEMO beide Parameter unterhalb von 100 m stark unterschätzt. Ein viertes hier dargestelltes Modell (RCO, Rossby Center Ocean model) reproduziert die BED-Beobachtungen aufgrund von genutzter Datenassimilation am besten.

Um die Qualität der einzelnen Modelle in den unterschiedlichen Meeresbecken untersuchen zu können, wird eine Kostenfunktion analog zu [1] genutzt. Mit dieser erhält man ein statistisches Maß für die Güte der Simulationsergebnisse im Vergleich zu den BED-Beobachtungsdaten. Die Resultate für die Qualität der Simulationen des Salzgehalts in verschiedenen Tiefen für die 3 Modelle GETM, MOM und NEMO ist an 6 verschiedenen Stationen gezeigt, die sich von der südlichen bis in die nördliche Ostsee erstrecken (Abbildung 2). Eine gute bis sehr gute Qualität wird durch grüne Farbkodierung gekennzeichnet und ist zumeist in den oberflächennahen Schichten in der südlichen und mittleren Ostsee gegeben. Gelbe und orangene Farbkodierung bedeuten mäßig gute Übereinstimmung, was vor allem für MOM und

NEMO in 60 und 80 m Tiefe der Fall ist. Rote Farbkodierung zeigt eine nur schwache Übereinstimmung an. Dies trifft vorrangig für MOM und NEMO in der nördlichen Ostsee zu. Insgesamt lassen sich mit der Kostenfunktion sehr gut Gebiete definieren, in denen die Simulationen bislang gute Ergebnisse erzielen oder in denen Modellverbesserungen erforderlich sind.

Die nächsten Schritte im BMIP-Projekt sind (a) die Anwendung der fertig gestellten endgültigen Antriebsdatensätze in allen teilnehmenden Modellen, (b) die Ausgabe von einheitlich festgelegten Parametern, (c) die anschließende Auswertung der Daten hinsichtlich unterschiedlicher Forschungsfragen wie beispielsweise Meeresspiegel, Küstenauftrieb, Salzwassereinträge, Seeeisbedeckung und Mischungsschichttiefe und (d) die Durchführung von Sensitivitätsexperimenten.

## WWW

<https://www.io-warnemuende.de/>

## Weitere Informationen

- [1] M. Placke, H.E.M. Meier, U. Gräwe, T. Neumann, C. Frauen, Y. Liu, *Front. Mar. Sci.*, **5:287** (2018). doi:10.3389/fmars.2018.00287
- [2] <http://www.uerra.eu/>
- [3] [https://www.baltic.earth/organisation/bewg\\_BMIP/index.html](https://www.baltic.earth/organisation/bewg_BMIP/index.html)
- [4] G. Väli, H.E.M. Meier, M. Placke, C. Dieterich, *Meereswiss. Ber. Warnemünde*, **113** (2019). doi:10.12754/msr-2019-0113
- [5] [https://www.baltic.earth/organisation/bewg\\_BMIP/BMIP\\_Instructions\\_final\\_MM.pdf](https://www.baltic.earth/organisation/bewg_BMIP/BMIP_Instructions_final_MM.pdf)
- [6] <http://nest.su.se/bed>
- [7] <https://www.io-warnemuende.de/bmip-en.html>