

Integriertes Kohlenstoff- und Spurengas-Monitoring für die Ostsee; Koordination, Erweiterung und Integration der Infrastruktur und hochauflösende Modellierung des Kohlenstoffsystems

BONUS BLUE BALTIC: Integrated carbon and TracE Gas monitoring for the bALTic sea (INTEGRAL)

T. Neumann, H. Bittig, H.E.M. Meier, Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde

Kurzgefasst

- Quantifizierung von Treibhausgasflüssen
- Verbesserung der Land – offene See Transformationen in der Umgebung von Flussmündungen
- Räumlich hochaufgelöste biogeochemische Modellierung des Kohlenstoffkreislaufs
- Ableitung effizienter Monitoring Strategien aus Modellsimulationen

Auf den Rechnern des HLRN werden numerische Simulationen des Ökosystems der Ostsee durchgeführt, die Teil eines Arbeitspaketes des internationalen BLUE - BONUS Projektes INTEGRAL [1] sind. BONUS INTEGRAL will den Mehrwert mariner ICOS (Integrated Carbon Observation System) Stationen und ähnlicher Instrumentation für das Monitoring des Ostsee Ökosystems untersuchen und demonstrieren. Dabei geht es insbesondere um einen Beitrag für die Verbesserung des Ostsee Monitorings der HELCOM (www.helcom.fi). Entsprechend den Anforderungen der Europäischen Meeresstrategie werden neue Ansätze für das Monitoring von Eutrophierung und Versauerung entwickelt sowie das Potential von Treibhausgasflüssen als neuer Indikator für einen guten Umweltzustand der Ostsee untersucht.

Mit den numerischen Simulationen sollen drei Bereiche bearbeitet werden:

Evaluierung und Verbesserung eines existierenden Ökosystemmodells: Das Ökosystemmodell des IOW wird hinsichtlich seiner Güte für das Karbonatsystem untersucht. Daraus sollen notwendige Beobachtungsprogramme abgeleitet werden, um Wissenslücken in der Prozessbeschreibung zu schließen. Für eine realitätsnahe Beschreibung des Ökosystems werden die bisherigen, fixen Elementverhältnisse (Redfield) im organischen Material durch flexible Verhältnisse ersetzt.

Langzeitsimulationen um das Kohlenstoffbudget und Kohlenstoffflüsse zu bestimmen und Trends im pH und CO₂ Partialdruck zu erkennen: Es werden Modellsimulationen durchgeführt, um die

Atmosphäre – Ozean Flüsse für Kohlenstoffdioxid zu berechnen. Ein geschlossenes Kohlenstoffbudget für die gesamte Ostsee und Teilgebiete werden erstellt. Lange Simulationen (60 Jahre) ermöglichen Trendanalysen. Eine hohe räumliche Auflösung (ca. 2km) erlaubt eine explizite Betrachtung der Küstenzone.

Räumliche und zeitliche Optimierung eines Monitorings des Karbonatsystems: Basierend auf den Modellsimulationen werden optimale Strategien entwickelt, um Trends im Karbonatsystem durch Beobachtungen zu erfassen.

Das verwendete Ökosystemmodell besteht aus einem Zirkulationsmodell für den Ozean gekoppelt mit einem marinen, biogeochemischen Modell [2]. Das biogeochemische Modell beinhaltet die marinen Kreisläufe von Stickstoff, Phosphor, Kohlenstoff, Sauerstoff und Schwefel. Es werden Primärproduktion, Sekundärproduktion und Umsatzprozesse im Sediment berücksichtigt. Die horizontale Auflösung beträgt 1,9 km. Simulationen über mehrere Jahre sind dadurch nur auf Höchstleistungsrechnern möglich.

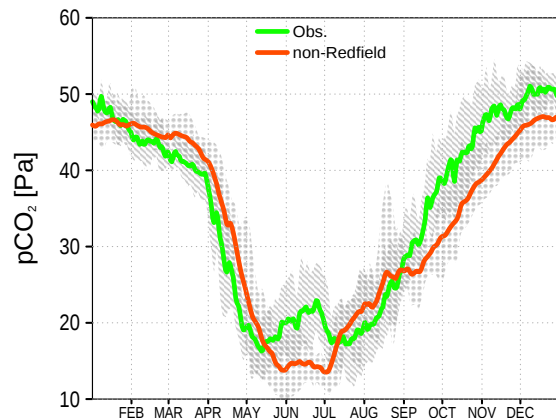


Abbildung 1: Klimatologie (2003-2015) des CO₂ Partialdrucks im Oberflächenwasser auf einer zentralen Station der östlichen Gotlandsee. Dargestellt sind die Beobachtungen (grün) und das Modell mit flexiblen Elementverhältnissen (rot) im organischen Kohlenstoff. Die grauen Bereiche spannen den 10-90 Perzentil Bereich auf.

Zunächst wurde die Prozessformulierung für den Kohlenstoff verfeinert, indem ein flexibles Elementverhältnis (Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor) im orga-

nischen Material zugelassen wird. Dadurch kann der Kohlenstoff durch das Phytoplankton unter Berücksichtigung der biogeochemischen Umweltbedingungen fixiert werden. Das führt je nach vorhandenen Konzentrationen von Stickstoff- bzw. Phosphorverbindungen im Meerwasser zu unterschiedlichen Verhältnissen dieser Elemente im organischen Material.

Als Folge wird der beobachtete CO₂ Partialdruck wesentlich besser vom Modell wiedergegeben (siehe Abb. 1). Das wird insbesondere im Frühjahr deutlich, wo das Modell niedrige Werte ähnlich den Beobachtungen zeigt.

Entscheidend für die Beantwortung der Forschungsfragen ist eine hohe räumliche Auflösung, um Prozesse in der Küstenzone realistisch abbilden zu können. Darum wurde die bisherige Auflösung von 5,7 km auf 1,9 km verfeinert. Diese hohe Auflösung erfordert etwa das 27fache an Rechenleistung und ist ein Kompromiss zwischen Abbildung des Küste – offene See Gradienten und Rechnerressourcen.

In der Abbildung 2 ist der mittlere CO₂ Fluss zwischen Ozean und Atmosphäre dargestellt. Der nörd-

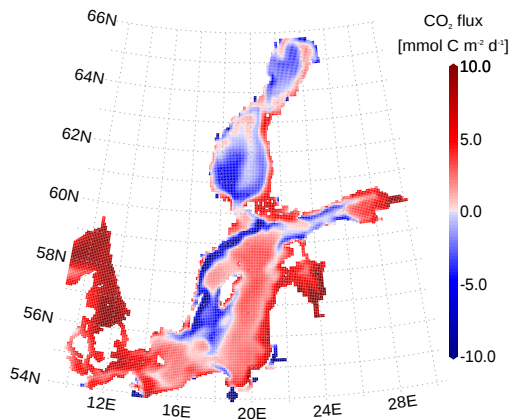


Abbildung 2: Mittlerer (1948-2017) CO₂ Fluss zwischen Ozean und Atmosphäre. Posiver Fluss ist in den Ozean gerichtet.

liche Teil der Ostsee und die Schwedische Küste in der zentralen Ostsee sind CO₂ Quelle für die Atmosphäre. Die anderen Gebiete sind überwiegend CO₂ Senken.

Der zeitliche Verlauf des CO₂ Flusses wird in der Abbildung 3 gezeigt. Die Zunahme der saisonale Amplitude geht mit der Eutrophierung einher. Verstärkte Primärproduktion führt zu niedrigeren Partialdrücken im Frühjahr und damit zu einer größeren CO₂ Aufnahme durch die Ostsee. Im Winter gelangt CO₂ reiches Wasser durch Vermischung an die Oberfläche und ein verstärktes Ausgasen findet statt. Der netto CO₂ Fluss (rote Kurve) zeigt, dass die Ostsee

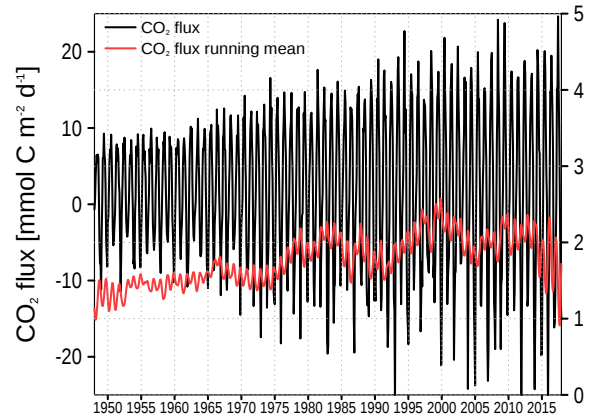


Abbildung 3: Zeitserie des simulierten CO₂ Flusses horizontal gemittelt über das Modellgebiet (schwarz). Das gleitende Mittel zeigt die rote Linie, die Skalierung ist auf der rechten Achse.

insgesamt eine Senke für CO₂ ist. Der aufgenommene Kohlenstoff wird in den Sedimenten abgelagert.

WWW

<https://www.io-warnemuende.de/integral-home.html>

Weitere Informationen

[1] www.io-warnemuende.de/integral-home.html

[2] <http://www.ergom.net>

Projektpartner

GEOMAR - Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung;
Swedish Meteorological and Hydrological Institute;
University of Uppsala

Förderung

EU BONUS BLUE BALTIC