

Zooplankton, hat es eine regulierende Rolle im Sauerstoffkreislauf der Ozeane?

Migration von Zooplankton und die vertikale Struktur der Sauerstoffminimumzonen im Angolawirbel und nördlichen Benguela Auftriebsgebiet

M. Schmidt, H. Radtke, Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde

Kurzgefasst

- In den Auftriebsgebieten der Passatwindzonen strukturiert Sauerstoff, oder besser der Mangel an Sauerstoff, das Ökosystem und setzt vertikale Habitatgrenzen.
- Zooplankton ist einer der wesentlichen Sauerstoffkonsumenten im südöstlichen Atlantik. Mit seiner Atmung trägt es wesentlich zur Herausbildung von Sauerstoffminimumzonen im Angolawirbel und im Benguelaauftriebsgebiet bei.
- Mit seiner täglichen Vertikalwanderung über mehrere hundert Meter transportiert Zooplankton organisch gebundenen Kohlenstoff. Das Migrationsverhalten des Zooplanktons definiert, in welcher Tiefe Sauerstoff verbraucht wird und gestaltet damit die Struktur der Sauerstoffminimumzone.
- Zooplankton reagiert mit seinem Migrationsverhalten auf die Lichtverhältnisse, Temperaturverteilung und die Verfügbarkeit von Nahrung und Sauerstoff.
- Mit einer Modellstudie verfolgt das Projekt die Hypothese, dass durch das Verhalten der Zooplanktons Rückkopplungen in der Sauerstoffdynamik entstehen, die möglicherweise zu "Kippunkten" in der Struktur der Sauerstoffminimumzonen führen.

Klimavariabilität äußert sich nicht nur in langfristigen Trends wie dem der mittleren Atmosphären-temperatur oder in einem mittleren Meeresspiegelanstieg sondern auch in der Veränderung der Sauerstoffkonzentration in den Ozeanen. Eine langfristige Abnahme der Sauerstoffkonzentration in den Auftriebsgebieten der Passatwindzone, aber auch eine Vergrößerung von deren vertikaler Ausdehnung wird beobachtet. Die Modellierung dieser Veränderungen ist eine wichtige Aufgabe, um die beobachteten klimatischen Veränderungen in den Ozeanen zu verstehen. Dazu werden Modelle benötigt, die die Schlüsselprozesse quantitativ richtig abbilden und deren numerische Eigenschaften gut verstanden sind.

Das Projekt BMBF-Projekt EVAR, FKZ 03F0814, untersucht die Variabilität des Ökosystems in der

Sauerstoffminimumzone des nördlichen Benguelaauftriebsgebietes. Eine Teilaufgabe ist die Weiterentwicklung und Nutzung eines Ökosystemmodells, das insbesondere die Ökosystemdynamik in Sauerstoffminimumzonen widerspiegelt. Das Modell muss sowohl die physikalischen, meist langreichweitigen Transportprozesse von gelöstem Sauerstoff im Ozean beschreiben, als auch die Sauerstoffzehrung, die mit verschiedenen biologischen Prozessen verknüpft ist. Ersteres erfordert die Einrichtung eines ausreichend aufgelösten Zirkulationsmodells, das mit "realistischen Antrieben" die Ozeanzirkulation repräsentiert. Wichtige Prozesse sind Subduktion von sauerstoffreichem Wasser, langreichweitiger Transport im System der Äquatorialströme und polwärtiger Transport aus dem tropischen in den subtropischen Ozean in den Ostrandströmen Afrikas. Ein sehr spezifisches Detailproblem ist dabei die Rolle des Zooplanktons bei der Strukturierung von Sauerstoffminimumzonen.

In den Auftriebsgebieten der Passatwindzone wird nährstoffhaltiges Wasser in die euphotische Zone gebracht, was ein kräftiges Wachstum von Phytoplankton als Anfang eines Nahrungsnetzes zur Folge hat. Das organische Material sinkt ab, so dass der freigesetzte Sauerstoff, der in der Deckschicht verbleibt oder an die Atmosphäre abgegeben wird, von dem im organischen Material gebundenen Kohlenstoff getrennt wird. Dient das absinkende organische Material in tieferen Schichten als Nahrung für heterotrophe Organismen, wird Sauerstoff verbraucht, der aber nicht gleichermaßen abwärts transportiert wird und zur Verfügung steht. Dadurch entstehen in Gebieten hoher biologischer Produktivität unter der Deckschicht ausgeprägte Sauerstoffminimumzonen. Zooplankton konsumiert und veratmet einen signifikanten Anteil des organischen Materials und ist damit eine wichtige Quelle von sauerstoffarmem Wasser. Manche Arten des Zooplankton zeigen eine ausgeprägte tägliche Vertikalwanderung. Das bedeutet einerseits einen zusätzlichen Vertikaltransport von Biomasse, andererseits bestimmt das Verhalten des migrierenden Zooplanktons, wo die Nahrungsaufnahme erfolgt und in welcher Tiefe der Sauerstoff zur Atmung aufgenommen wird. Damit beeinflussen einerseits die physiologischen Eigenschaften und das Verhalten des Zooplanktons die Struktur der Sauerstoffminimumzone. Andererseits reagiert das Zooplankton insbesondere bei sehr kleiner Sauerstoffkonzentration auf seine Umweltbedingungen

und verändert sein Migrationsverhalten. Diese doppelte Rolle, Reaktion auf Umweltbedingungen, die vom Zooplankton selbst mitgestaltet werden führt zu Rückkopplungen, die mit plötzlichen "regime shifts" einhergehen können. Abbildung 1 zeigt ein Beispiel. Um das Jahr 2008 fällt die Sauerstoffkonzentration unter einen für karnivores Zooplankton kritischen Wert. Das Zooplankton meidet daraufhin den Wasserkörper mit der niedrigsten Konzentration mit Konsequenzen für die weitere zeitliche Entwicklung der Struktur der Sauerstoffminimumzone. Ob derartige Rückkopplungen in der Natur existieren oder Artefakte der mathematischen Beschreibung des Migrationsverhaltens sind, ist nicht bekannt. Die mögliche Existenz derartiger "Kippunkte" im Ökosystem ist eine Motivation für eine sorgfältige Verfeinerung der mathematischen Beschreibung der Zooplanktonvertikalmigration und numerische Studien zu den Konsequenzen für das Ökosystem im Benguela Auftriebsgebiet. Das verfeinerte Modellsystem ist Grundlage anderer Modellstudien im Rahmen von EVAR.

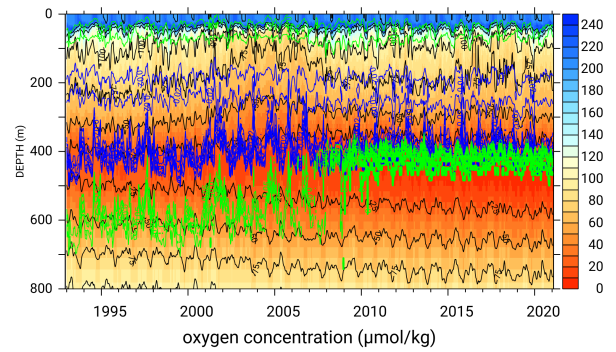


Abbildung 1: Modellierter Zeitreihe der Sauerstoffkonzentration im Zentrum des Angolawirbels. Farbcodiert ist die Sauerstoffkonzentration in $\mu\text{mol/kg}$, der orange Bereich ist die Sauerstoffminimumzone. Die blauen Isolinien markieren die Konzentration von migrierendem omnivorem Zooplankton, die grünen Linien die von karnivorem Zooplankton. Die Daten sind 10-Tagesmittelwerte, so dass die Migration selbst nicht sichtbar ist. Deutlich erkennbar ist ein Veränderung im Migrationsverhalten der Karnivoren, wenn die Sauerstoffkonzentration ein Minimum unterschreitet. Ob derartige "regime shifts" in der Natur vorkommen, soll im Projekt untersucht werden.

WWW

www.io-warnemuende.de

Weitere Informationen

Projektpartner

GEOMAR, UHH, NatMIRC, UB

Förderung

BMBF, FKZ 03F0814