idw - Informationsdienst Wissenschaft
Nachrichten, Termine, Experten

Press release

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
Maike Nicolai

10/13/2023
http://idw-online.de/en/news822301

Research results, Scientific Publications
Biology, Chemistry, Environment / ecology, Oceanology / climate
transregional, national

Was Phytoplankton-Physiologie mit dem Klima zu tun hat: Neue Studie zum Stickstoff-Phosphor-Verhältnis im Ozean

13.10.2023/Kiel. Pflanzliches Plankton spielt eine entscheidende Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf. Eine neue GEOMAR-Studie, die jetzt in der Fachzeitschrift Science Advances veröffentlicht wurde, zeigt, wie Änderungen in den Körperfunktionen des Phytoplanktons, insbesondere bei der Nährstoffaufnahme, die chemische Zusammensetzung des Ozeans und sogar der Atmosphäre beeinflussen können. Dies legt nahe, dass Veränderungen in der Physiologie des marinen Phytoplanktons einen Einfluss auf das globale Klima haben können.

Das Phytoplankton im Ozean ist von zentraler Bedeutung für den globalen Kohlenstoffkreislauf. Während der Photosynthese nimmt es Kohlenstoff (C) auf, der die Basis der marinen Nahrungsnetze bildet und mit sinkenden Partikeln in die Tiefsee gelangt. Dieser Prozess, „biologische Kohlenstoffpumpe“ genannt, fungiert somit als eine Art Kohlenstoffsenke, indem atmosphärisches Kohlendioxid (CO_2) in den Ozeanen aufgenommen und dort gespeichert wird. Das Wachstum des Phytoplanktons hängt aber nicht nur von Kohlenstoff ab, sondern auch von den Nährstoff-Elementen Stickstoff (N) und Phosphor (P). Das Mengenverhältnis, in dem die verschiedenen Elemente in den Organismen vorkommen, wird in der Chemie als Stöchiometrie bezeichnet. Die Stöchiometrie des Phytoplanktons stellt ein zentrales Steuerungselement dar für die Wechselwirkungen zwischen der ozeanischen Kohlenstoffpumpe, den Nährstoff-Kreisläufen und klimabezogenen Faktoren wie der atmosphärischen CO_2-Konzentration und der Temperatur.

In den 1930er Jahren machte der US-amerikanische Ozeanograph Alfred C. Redfield eine wichtige Entdeckung: Er fand heraus, dass die Elemente Kohlenstoff (C), Stickstoff (N) und Phosphor (P) im marinen Phytoplankton etwa in einem festen Verhältnis von 106:16:1 vorliegen – dem nach ihm benannten Redfield-Verhältnis. Überraschenderweise ergab Redfields Forschung, dass auch in Meerwasserproben die Konzentration von Nitrat (Stickstoffquelle) im Durchschnitt 16 Mal höher war als die von Phosphat. Die Verhältnisse von Stickstoff zu Phosphor (N:P) sind also im Phytoplankton und im Meerwasser bemerkenswert ähnlich, was auf eine enge Verbindung zwischen den partikulären (in Planktonorganismen und unbelebten Partikeln enthaltenen) und den im Meerwasser gelösten Nährstoffen hinweist.

Die Frage, ob das N:P-Verhältnis der gelösten Nährstoffe das Verhältnis im partikulären Material steuert oder umgekehrt, beschäftigt die marine Wissenschaftsgemeinschaft seit langem, vor allem wegen der Bedeutung für die Biogeochemie. „Es ist eine Henne-Ei-Frage“, sagt Dr. Chia-Te Chien, der in der Forschungseinheit Biogeochemische Modellierung am GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel die Rolle der variablen Stöchiometrie des Phytoplanktons für die marine Biogeochemie untersucht. Zusammen mit seinen Mitarbeitenden hat er eine Modellstudie durchgeführt, die die Beziehung zwischen den N:P-Verhältnissen in gelösten Nährstoffen im Meerwasser untersucht. Die Studie, die jetzt in der Fachzeitschrift Science Advances veröffentlicht wurde, unterstreicht die Bedeutung variabler C:N:P-Verhältnisse des Phytoplanktons für die Regulierung gelöster mariner Nährstoff-Verhältnisse auf globaler Ebene und hebt den marinen Sauerstoffgehalt als entscheidend hervor.

Um diese Zusammenhänge zu untersuchen, wurde ein Erdsystemmodell mit einem Computermodell namens Optimality-based Plankton-Ecosystem Model (OPEM) gekoppelt. Das OPEM berücksichtigt Faktoren wie Nährstoffverfügbarkeit, Lichtintensität, Temperatur und Konkurrenz zwischen verschiedenen funktionalen Plankton-Gruppen, um die Wechselwirkungen zwischen Plankton und Umweltbedingungen zu simulieren und zu analysieren. "Optimality-based" deutet dabei darauf hin, dass das Phytoplankton in diesem Modell sein C:N:P-Verhältnis optimal auf unterschiedliche Umgebungsbedingungen anpasst. So konnten die Forschenden im Modell die Eigenschaften des Phytoplanktons verändern und beobachten, wie sich dies auf die Stickstoff- und Phosphorverhältnisse im Wasser auswirkt. Sie führten eine Serie von 400 Simulationen durch, die sich im minimalen Phosphor- und Stickstoff-Gehalt unterschieden, der für das Wachstum des Phytoplanktons erforderlich ist.

Die Gesamtheit der Simulationen offenbart komplexe Rückkopplungsmechanismen, die Änderungen im C:N:P-Verhältnis des Phytoplanktons, die Umwandlung von molekularem Stickstoff (N_2) in Nitrat durch stickstofffixierendes Phytoplankton und die Denitrifizierung – die bakterielle Umwandlung von Nitrat und Nitrit zu N_2 in sauerstoffarmen Umgebungen – einschließen. Die Modellergebnisse stellen die allgemein angenommene enge Verbindung zwischen Phytoplankton und N:P-Verhältnissen im Meerwasser in Frage. Chia-Te Chien: „Diese Verhältnisse sind nicht von Natur aus ähnlich. Die Ähnlichkeit, wie sie heutzutage beobachtet wird, ist ein spezifischer Zustand, und dieser Zustand kann sich im Laufe der Zeit verändern, zumindest auf Zeitskalen, die über die vielen Jahrzehnte der direkten Ozeanbeobachtung hinausgehen."

Darüber hinaus unterstreicht die Analyse den potenziell erheblichen Einfluss der Physiologie des Phytoplanktons auf den atmosphärischen CO_2-Gehalt auf geologischen Zeitskalen. Bisher wurde davon ausgegangen, dass stöchiometrische Variationen innerhalb des marinen Ökosystems einen relativ geringen Einfluss auf die marine Biogeochemie und folglich auf den atmosphärischen CO_2-Gehalt haben. Diese Ansicht könnte nun in Frage gestellt werden, da diese Studie auf die mögliche Bedeutung eines physiologischen Details für das Klima hinweist.

Chia-Te Chien: „Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Konzentration des atmosphärischen CO_2 sowie die Temperatur des Ozeans und der Luft bemerkenswert empfindlich auf Variationen der Stöchiometrie im Plankton reagieren, die durch Veränderungen in der Physiologie des Phytoplanktons hervorgerufen werden." Das Verständnis dieser Zusammenhänge könnte helfen, genauere Vorhersagen darüber zu treffen, wie sich die Ökosysteme und das Klima unseres Planeten in Zukunft entwickeln werden.

Förderung:
Diese Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.

Original publication:

Chia-Te Chien et al.: „Effects of phytoplankton physiology on global ocean biogeochemistry and climate" Science Advances 9, eadg1725 (2023).
DOI: 10.1126/sciadv.adg1725

URL for press release: http://www.geomar.de/n9156 Bildmaterial zum Download