

Arne Körtzinger und Douglas W. R. Wallace, Institut für Meereskunde

Marine Biogeochemie

Chemische Umsetzungen und Stoffflüsse im Ozean

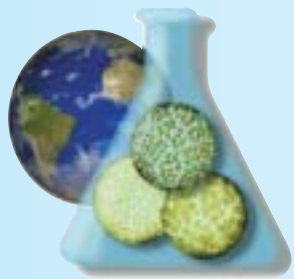
Die Marine Biogeochemie beschäftigt sich mit Stoffumwandlungen und chemischen Austauschprozessen in marinen Systemen. Da viele dieser Umsetzungen von marinen Organismen hervorgerufen werden, können grundlegende neue Erkenntnisse nur auf der Basis einer engen Verzahnung von chemischer und biologischer Expertise gewonnen werden. Die Gründung des Forschungsbereichs "Marine Biogeochemie" führte im Mai 2000 folgerichtig zur Bildung eines neuen Forschungsschwerpunktes am Kieler Institut für Meereskunde.



Marine Biogeochemistry

Chemical Transformations and Fluxes in the Ocean

Marine biogeochemistry is the study of chemical transformations and exchanges in the marine environment. Because most of these transformations are mediated by organisms, scientific progress requires close integration of advanced chemical and biological expertise. The founding of the research division "Marine Biogeochemistry" in May 2000 established a new research area at the Institute for Marine Research.



Der Forschungsbereich „Marine Biogeochemie“ verfolgt das Ziel, die komplexen biologischen, chemischen und physikalischen Prozesse zu verstehen, die für die Kreisläufe wichtiger chemischer Elemente im Ozean sowie für den Stoffaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre von Bedeutung sind (Bild 1). Dieses Verständnis ist Voraussetzung für die Identifikation und Beurteilung klimatischer und chemischer Rückkopplungen, die mit den physikalischen und chemischen Umweltveränderungen des globalen Wandels verbunden sind. Die Arbeiten des Forschungsbereichs konzentrieren sich schwerpunktmäßig auf die marinen Kreisläufe von organischem und anorganischem Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor, auf Produktion und Abbau natürlicher organischer Halogen- und Schwefelverbindungen im Ozean, sowie die Kreisläufe und biogeochemische Relevanz ausgewählter Spurenmetalle im Meer. Dieses erfordert sowohl eine ausgefeilte chemische Analytik als auch detaillierte

The overall goal of the research division "Marine Biogeochemistry" is to improve understanding of the complex biological, chemical and physical processes involved in the cycling of key chemical elements within the ocean, and between the ocean and the atmosphere (Figure 1). Such understanding is central to the identification and assessment of climate and chemical feedbacks associated with changes in the physical and chemical environment mediated through ocean biology, marine chemistry and ocean transport. Present research therefore covers the cycling of inorganic and organic forms of carbon, nitrogen and phosphorus, the production and fate of natural organohalogens and sulphur compounds, and the

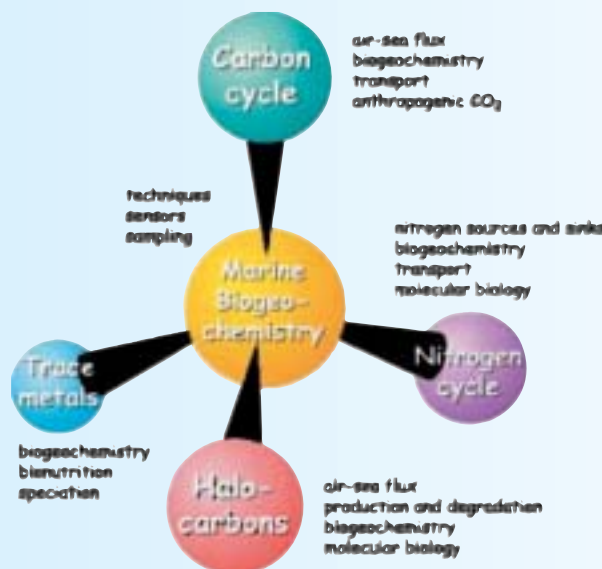


Bild 1 / Figure 1

Die vier Themenkomplexe des Forschungsbereichs "Marine Biogeochemie" am Kieler Institut für Meereskunde.

The four research themes of the research division "Marine Biogeochemistry" at the Kiel Institut für Meereskunde.

Prozessstudien biologischer Prozesse und der an ihnen beteiligten Organismen. Der Schwerpunkt des Interesses liegt in der Wassersäule und an der Grenzfläche zwischen Ozean und Atmosphäre. Zusätzlich zu den Feldexperimenten werden molekularbiologische Laborstudien durchgeführt, um die Reaktion wichtiger Phytoplanktonarten auf veränderte Umwelteinflüsse zu erforschen.

Prozesse des oberen Ozeans und Austausch Ozean-Atmosphäre

Die Zusammensetzung der Atmosphäre ist ein für das Klima der Erde und ihre Bewohnbarkeit entscheidender Faktor. Sie wird durch biologische, physikalische und chemische Prozesse bestimmt, die sowohl in der Atmosphäre, an Land als auch in den Ozeanen ablaufen. Zugleich spielen die Zusammensetzung der Atmosphäre und in ihr stattfindende Transportprozesse eine wichtige Rolle für die Chemie und Biologie von marinen und terrestrischen Systemen.

Seit etwa 200 Jahren greift die Menschheit in zunehmendem Maße in die natürliche Zusammensetzung der Atmosphäre ein. Dieses betrifft insbesondere die Kreisläufe von C, N, S, Fe und Halogenen. Die Entdeckung der Schlüsselfunktion von Eisen, das über eine bedeutende atmosphärische Quelle verfügt, als limitierender Faktor der biologischen Produktion im Ozean belegt die Bedeutung chemischer Austauschprozesse an der Grenzfläche Ozean-Atmosphäre (Bild 2). Auch der anthropogen erhöhte atmosphärische Stickstoffeintrag in die Ozeane ist heute schon in weiten Bereichen der Ozeanoberfläche nachweisbar und hat vermutlich Einfluss auf die biologische Produktivität.

cycling and biogeochemical role of key trace elements. This requires both advanced chemical analysis techniques and investigations of the biological processes and organisms involved in these biogeochemical cycles. Our emphasis lies largely within the water-column and at the air-sea interface. In addition to field studies, laboratory studies are employed as appropriate, in particular to investigate key phytoplankton species and their reaction to environmental changes using molecular biological methods.

Upper ocean processes and air-sea exchange

The atmospheric composition is a fundamental factor that determines the Earth's climate and its habitability. The composition itself is determined by biological, physical and chemical processes operating within the atmosphere, on land, and within the oceans. Atmospheric composition and transport in turn plays a significant role in determining the chemistry and biology of the ocean and land.

Over the past 200 years, mankind has played an increasingly significant role in perturbing the "natural" composition of the atmosphere, including altered cycling of many elements including C, N, S, Fe and the halogens. The recognition of a key role for iron, which has a significant atmospheric source, in limiting ocean biological production further emphasises the importance of air-sea chemical transfers (Figure 2). The increased atmospheric deposition of nitrogen to the oceans is already significant over wide regions of the ocean surface and may be affecting ocean biological productivity.

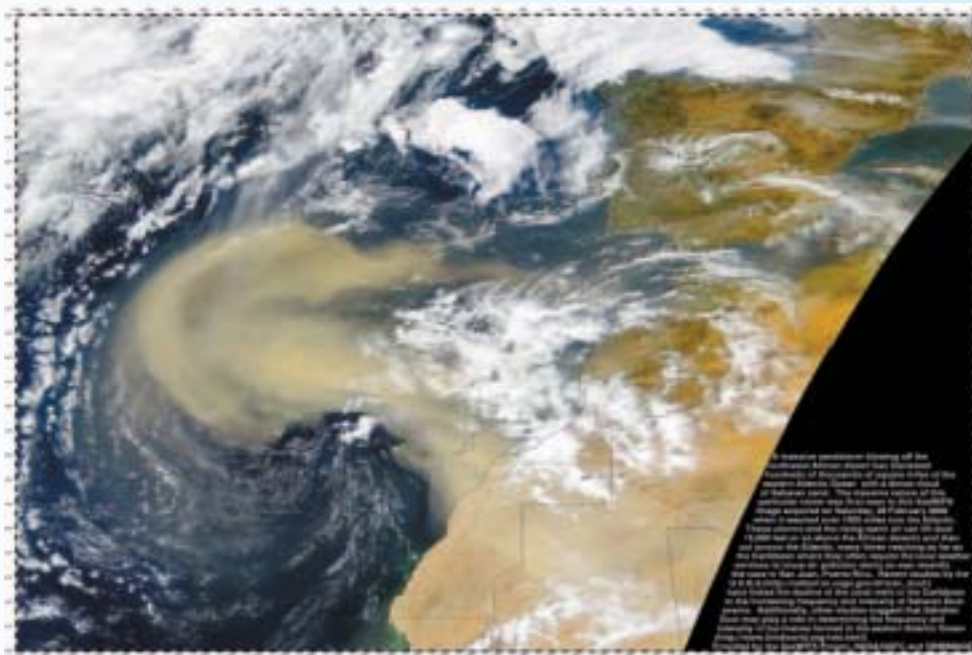


Bild 2 / Figure 2

Ein gewaltiger Sandsturm bedeckt einige hunderttausend Quadratkilometer des Nordostatlantiks mit einer dichten Wolke von Saharastaub (SeaWiFS-Aufnahme vom 26. Februar 2000). Staubeintrag stellt eine wichtige Quelle für Eisen im Ozean dar.

A massive sandstorm has blanketed hundreds of thousands of square miles of the eastern Atlantic Ocean with a dense cloud of Saharan sand (SeaWiFS image from February 26, 2000). Dust deposition is an important source of iron to the ocean.

Zugleich hat der Ozean entscheidenden Einfluss auf die Zusammensetzung der Atmosphäre. Im Zuge globaler Umweltveränderungen könnten sich die Stoffflüsse an der Grenzfläche Luft-Wasser verändern und Rückkopplungen auf den atmosphärischen Strahlungshaushalt und die Chemie der Atmosphäre hervorrufen. Vor dem Hintergrund stetig steigender CO₂-Emissionen (Bild 3) besteht daher zunehmendes sozioökonomisches Interesse, die ozeanischen und terrestrischen Kohlenstoffquellen und -senken besser zu verstehen und zuverlässiger zu quantifizieren. Ein detailliertes qualitatives und quantitatives Verständnis der Rolle des Weltozeans und der Reaktion des marinen Kohlenstoffkreislaufs auf den globalen Wandel ist folglich eine entscheidende Voraussetzung für die realistische Vorhersage mittel- und langfristig zu erwartender Klimaveränderungen.

Aktuelle Forschungsthemen umfassen Untersuchungen zum Austausch von CO₂ zwischen Ozean und Atmosphäre, zum Fluss biogener halogener Verbindungen aus dem Ozean in die Atmosphäre, zur Verteilung von Lachgas (N₂O) im Ozean und seiner Herkunft aus Denitrifikations- bzw. Nitrifikationsprozessen, zum Einfluss von Eisen auf die Physiologie von Phytoplankton und die Stickstofffixierung im Ozean sowie die biologische Produktion von Dimethylsulfid, das in die Atmosphäre freigesetzt wird und die Wolkenbildung und damit die Rückstrahleigenschaften unseres Planeten beeinflussen kann.

Deckschichtprozesse und Partikelexport im tiefen Ozean

Die Arbeit auf diesem Gebiet konzentriert sich auf den Partikel-austausch zwischen der stark vom atmosphärischen Antrieb beeinflussten Oberflächenschicht und dem tiefen Ozean. Dieser Partikelfluss hängt entscheidend von der Physik und Biologie der durchmischten Deckschicht ab, so dass klimagetriebene Än-

However, the ocean also plays a major role in controlling the atmospheric composition, and in the context of global environmental change air-sea fluxes may also be altered with consequent effects on atmospheric radiation transfer or atmospheric chemistry. With respect to rising CO₂ levels (Figure 3), there is an increasing socio-economic need to measure and understand the relative contributions of oceanic and terrestrial carbon source sink behaviour. In this context, the magnitude and distribution of air-sea fluxes and the sensitivity of ocean-atmosphere carbon sinks to short-term climate variability and to long-term climate change needs to be better understood.

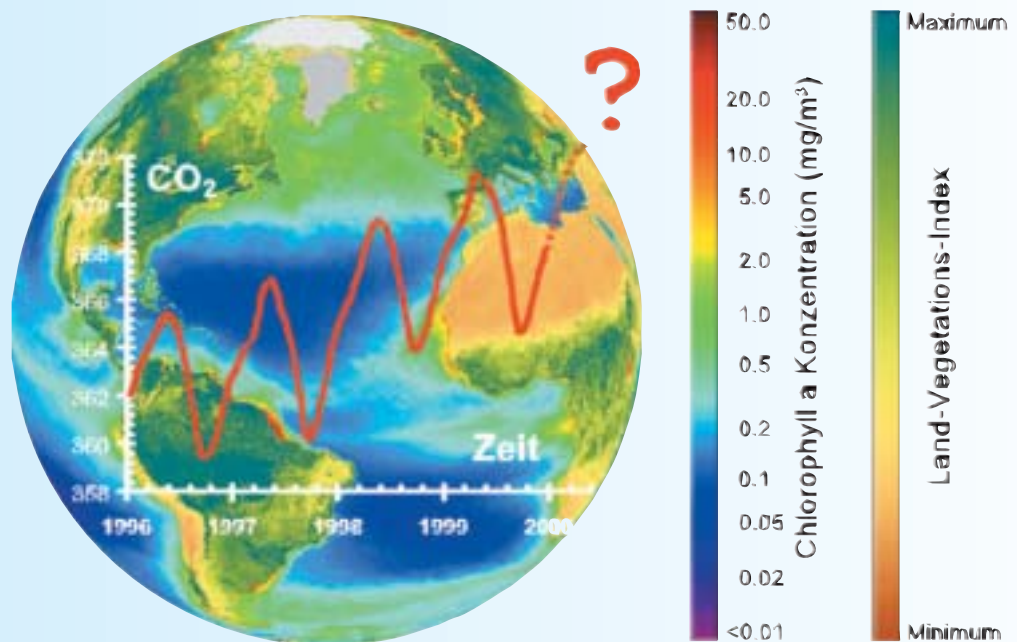


Bild 3 / Figure 3

Atmosphärische CO₂-Konzentrationen steigen aufgrund menschlicher Aktivitäten. Zugleich setzen marine Organismen gewaltige Mengen an Kohlenstoff auf natürliche Weise um. Es gilt zu verstehen, inwieweit der globale Wandel über die Veränderungen der biologischen Aktivität im Ozean Rückwirkungen auf den CO₂-Gehalt der Atmosphäre haben kann.

Human activities have led to increasing concentrations of atmospheric CO₂. As marine organism naturally cycle enormous quantities of carbon, we are to understand how global change will affect marine productivity and how the marine biota might feedback on atmospheric CO₂ concentrations.

Present research at the IfM focuses on the exchange of CO₂ between ocean and atmosphere in the North Atlantic, the flux of biogenic and photochemically produced halogenated compounds from surface waters to the atmosphere, the distribution of N₂O in the Atlantic including attribution to denitrification and nitrification production pathways, the distribution and speciation of iron and its effect on phytoplankton physiology including nitrogen fixation, and the biological production of dimethyl sulphide, which is released to the atmosphere and can affect cloud formation and planetary albedo.

derungen dieser Faktoren vermutlich auf die „biologische Pumpe“ im Ozean, d.h. auf den Export von biogenem Kohlenstoff in die Tiefsee, rückwirken werden. Ein Schwerpunkt liegt in der Entwicklung neuer konzeptueller Modelle zur Verbindung zwischen biologischer Produktivität und dem Partikelexport auf verschiedenen Zeitskalen. Regionale und beckenweite Unterschiede in den Stoffflüssen werden herangezogen, um Unterschiede in der Stärke der biologischen Pumpe verschiedener biogeochemischer Provinzen nachzuvollziehen. Individuelle organische Verbindungen natürlicher und anthropogener Herkunft können genutzt werden, um den Export lipophiler Materie aus dem Oberflächenozean zu erforschen. Die Bildung und Verifizierung von Paläo-Proxies organischer Biomarker, die ultimativ in den marinen Sedimenten konserviert werden, ist ebenso Gegenstand der Grundlagenforschung. Feld- und Labor-Untersuchungen richten sich auf Prozesse der Partikelmodifikation, etwa durch Zooplankton oder durch Aggregation autotropher Organismen. Die Erforschung des Transports von partikulären Spurenmetallen soll zum Verständnis von biogeochemischen Zyklen und ihrer Sensitivität in Bezug auf den anthropogenen Wandel beitragen.

Kreislauf von Kohlenstoff und Stickstoff im Nordatlantik

Gemessen an seiner Größe spielt der Nordatlantik für die biogeochemischen Kreisläufe von Kohlenstoff und Stickstoff eine überproportional wichtige Rolle. Der Grund dafür liegt vor allem im einzigartigen physikalischen Antrieb, insbesondere der Umwandlung großer Mengen Oberflächenwassers in dichtes Tiefenwasser. Dem Nordatlantik kommt daher eine bedeutende Schlüsselrolle bei der Aufnahme und Speicherung von anthropogenem Kohlendioxid zu. Die biogeochemische Forschung am Institut für Meereskunde hat sich im Rahmen wichtiger, überwiegend internationaler Projekte in den letzten Jahren vor allem auf den Nordatlantik konzentriert. Dabei wurden wichtige Beiträge zum Verständnis des marinen Kohlenstoff- und Stickstoffkreislaufs und der ozeanischen Aufnahme von anthropogenem CO_2 erbracht. Aktuelle Forschungsprojekte untersuchen die Regulierungsmechanismen des marinen Karbonat-systems für den natürlichen Kohlenstoffkreislauf im Ozean, den Nettoaustausch von CO_2 zwischen Atmosphäre und Ozean, die Klimasensitivität der biologischen Pumpe im Nordatlantik, Aufnahme und Transportwege von anthropogenem CO_2 im Kontext von Variationen der thermohalinen Zirkulation im Nordatlantik sowie die Verfügbarkeit gelöster organischer Stickstoffverbindungen als Nährstoff für Phytoplankton.

Eine wichtige Anstrengung ist die Etablierung eines biogeochemischen Beobachtungsnetzes im Nordatlantik. Ein solches Beobachtungsnetz, das sich auf Verankerungen, Handelsschiffe („volunteer observing ships“, Bild 4) und Floats stützt, erschließt die Möglichkeit, wichtige Aspekte des natürlichen sowie des an-

Mixed layer and deep ocean particle export

Work in this area focuses on particulate exchange between the atmosphere-forced surface layer and the deep ocean. The particle flux is coupled closely to surface layer physics and biology. Climate-related variations in these factors and hence the particle flux can be expected in the future. An emphasis is placed on developing and testing conceptual models of the link between production and flux on different time scales. Regional and basin-wide variations of particle flux are analysed to delineate differences in the strength of the biological pump within and between biogeochemical provinces. Individual organic compounds of natural and anthropogenic origin have also been used to study the transport of lipophilic compounds out of the surface ocean. Basic research is conducted into the formation of paleo-proxy relationships within organic biomarkers that are ultimately preserved in sediments. Research into the particulate-phase transport of trace metals has sought to better understand their biogeochemical cycles, including their sensitivity to anthropogenic change.

North Atlantic and tropical cycling of carbon and nitrogen

The North Atlantic Ocean including the tropics plays a disproportionately large role in ocean bio-geochemical cycles in relation to its contribution to the total ocean surface area. Contributing factors include its unique physical characteristics, particularly the conversion of massive amounts of surface waters into dense, deep ocean water. The North Atlantic has been a target of major oceanographic biogeochemical research of the Institute for Marine Research. Through these programmes, a large body of knowledge concerning the main carbon and nitrogen fluxes has been acquired. Research currently includes the regulation mechanisms of the marine carbonate system for the natural cycling of carbon within the oceans, the climate sensitivity of the biological pump in the North Atlantic, uptake and transport pathways of anthropogenic CO_2 in the context of variations in the thermohaline circulation of the North Atlantic, and the availability of dissolved organic nitrogen compounds for the nutrition of phytoplankton.

Special emphasis is placed on the establishment of a biogeochemical observing system for the North Atlantic. Such a network can be based on moorings, "volunteer observing ships" (Figure 4) and floats and will allow to study aspects of the natural as well as the anthropogenically perturbed carbon cycle.



Bild 4 / Figure 4

Im Rahmen des Aufbaus eines CO₂-Messnetzes im Nordatlantik wurde im Maschinenraum des Autofrachters MS Falstaff (oben links) der schwedischen Reederei Wallenius ein hochmodernes Analysesystem installiert, das ständig CO₂-Messungen in Oberflächenwasser und Atmosphäre vornimmt.

As part of the efforts to set up an oceanic observing system for CO₂, an automated system has been installed on the Swedish car carrier M/V Falstaff (top, left), that continuously measures CO₂ concentrations in surface seawater and atmospheric air.

thropogen gestörten Kohlenstoffkreislaufs zu beleuchten. Der Aufbau dieses Messnetzes soll durch den Einsatz neuer Techniken vorangetrieben werden, um langjährige Beobachtungs-Datensätze hoher Qualität und großer biogeochemischer Breite zu gewinnen.

Ansprechpartner / Contact:

Prof. Dr. Arne Körtzinger
Prof. Dr. Douglas W. R. Wallace
Institut für Meereskunde an der Christian-Albrechts-Universität Kiel
Forschungsbereich Marine Biogeochemie
Düsternbrooker Weg 20
D-24105 Kiel
Tel: 0431-600-4205
Fax: 0431-600-4202
E-Mail: akoertzinger@ifm.uni-kiel.de

Celanese Chemicals



Am Anfang stehen unsere Basischemikalien

Bei der Herstellung von Farben und Lacken, Textilien, Arzneimitteln, Kunststoffen, Waschmitteln und Klebstoffen sind unsere Basischemikalien wichtige Ausgangsprodukte. Unsere rund 5.300 Mitarbeiter arbeiten weltweit daran, mit führenden Technologien Qualitätsprodukte herzustellen und unseren Kunden einen exzellenten Service zu bieten.

Unser Unternehmenssitz ist Dallas in Texas. Unsere Regionalbüros in Frankfurt, Dallas und Singapur betreuen unsere Kunden weltweit.

In unseren 16 Produktionsstandorten stellen wir mehr als 200 Basischemikalien her. An unseren Forschungsstandorten in Oberhausen und Clear Lake entwickeln wir neue, zum Teil maßgeschneiderte Produkte für unsere Kunden und arbeiten an modernen, richtungweisenden Technologien.

Mit einem Umsatz von rund 3 Mrd. Euro sind wir einer der führenden Hersteller von organischen Basischemikalien und größtes operatives Geschäft der Celanese AG.

Und wir bieten mehr als Chemikalien: Für junge, dynamische Chemiker, Kaufleute und Techniker eröffnen wir internationale Karrierechancen – nicht nur bei uns, sondern auch in den anderen Arbeitsgebieten der Celanese AG.

Celanese Chemicals Europe GmbH

Frankfurter Straße 111
61476 Kronberg im Taunus
Tel. +49 (0) 69 3 05-160 00
Fax +49 (0) 69 3 05-160 06
www.celanesechemicals.com

