

# BERICHTE

aus dem Fachbereich Geowissenschaften  
der Universität Bremen

Nr. 70

Giese, M. und G. Wefer

**BERICHT ÜBER DEN 4. JGOFS-WORKSHOP  
20./21. NOVEMBER 1995 IN BREMEN**



Die "Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften" werden in unregelmäßigen Abständen vom Fachbereich 5, Universität Bremen, herausgegeben.

Sie dienen der Veröffentlichung von Forschungsarbeiten, Doktorarbeiten und wissenschaftlichen Beiträgen, die im Fachbereich angefertigt wurden.

Die Berichte können bei:

Frau Gisela Eggerichs

Sonderforschungsbereich 261

Universität Bremen

Postfach 330 440

**D 28334 BREMEN**

Telefon: (49) 421 218-4124

Fax: (49) 421 218-3116

angefordert werden.

Zitat:

Giese, M. und G. Wefer

Bericht über den 4. JGOFS-Workshop, 20./21. November 1995 in Bremen.

Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Nr. 70, 61 S., Bremen 1996.

**Programm**  
zum  
**4. JGOFS-Workshop 20./21.11.1995 in Bremen, Geowissenschaftliches Gebäude**  
**(Hörsaal Erdgeschoß)**

Übersichtsvorträge zum Stand der Untersuchungen, zu allgemeinen Ergebnissen und zur Planung von Feldexpeditionen.

Detailergebnisse bisheriger Arbeiten werden im Rahmen von Postern vorgestellt

**Montag 20.11.1995**

10.30 - 11.00 Begrüßung, Kaffee

11.00 - 13.00

*B. Zeitzschel, J. Duinker, K. Kremling*: Langzeituntersuchungen pelagischer Prozesse im Nordatlantik (45)

*J. Duinker*: CO<sub>2</sub>-Kreislauf (30)

13.00 - 14.30

Mittagspause

14.30 - 16.00

*Ch. Hemleben*: Karbonatkreislauf: Atlantik / Indik (30)

*G. Siedler, S. Neuer*: ESTOC-Station bei den Kanarischen Inseln(25)

*K. Herterich*: Modellierung (25)

*W. Koeve*: Planung Prozeßstudien Nordatlantik, andere internationale Aktivitäten (20)

16.00 - 18.00

Poster, Kaffee

18.00 - 19.00

*U. Bathmann*: JGOFS-Projekte im südlichen Ozean (20)

Diskussion über Zusammenführung der Untersuchungen und Ergebnisse  
gemeinsames Abendessen

ab 19.00

**Dienstag 21.11.1995**

8.30 - 10.30

*B. Haake, V. Ittekkot*: Verbundprojekt JGOFS-Indik: Übersicht

*F. Pollehne, B. Zeitzschel*: Die ersten Ergebnisse aus den JGOFS-Fahrten im Indischen Ozean: M32/3 und M32/5

*K. Lochte, O. Pfannkuche*: Benthische Umsatzprozesse im Monsunbeeinflussten Gebiet des Indischen Ozeans

*R. Reuter*: Optik in JGOFS

10.30 - 12.00

Poster, Kaffee

12.00 - 13.30

Mittagspause

13.30 - 18.00

Diskussion über Zusammenführung der Untersuchungen und Ergebnisse zur Erarbeitung eines Gesamtbildes (Synthese)

13.30 - 14.00	Gesamtgruppe
14.00 - 16.30	Arbeitsgruppen z.B. <ul style="list-style-type: none"><li>- Pelagische Kohlenstoffbilanz</li><li>- CO<sub>2</sub>-Austausch Atmosphäre - Wasser - Organismen</li><li>- Bilanzierung des Kohlenstoffflusses zwischen Oberflächenwasser und Sediment</li><li>- Bilanzierung der Remineralisierung an der Grenzschicht Wasser-Sediment</li><li>- Datenerfassung und Modellierung</li></ul>
15.00	Kaffeepause
16.30 - 18.00	Vorstellung der Ergebnisse der Arbeitsgruppen

### Teilnehmer am 4. JGOFS-Workshop am 20./21. November 1995

Balzer, B. (UBC)  
 Barth, H. (UO)  
 Bathmann, U. (AWI)  
 Bijma, J. (AWI)  
 Boetius, A. (AWI)  
 Burkhardt, S. (AWI)  
 Christiansen, B. (IHF)  
 Davenport, B. (GeoB)  
 Deckers, M. (IfMK)  
 Determann, S. (UO)  
 Donner, B. (GeoB)  
 Duinker, J. (IfMK)  
 Eisenhauer, A. (GCIG)  
 Engel, A. (IfMK)  
 Faber, E. (BGR)  
 Gast, M. (GSF)  
 Gerbich, C. (IfBM)  
 Giese, M. (GeoB)  
 Grahl, C. (AWI)  
 Hack, M. (BMBF)  
 Haupt, O. (SFB 313)  
 Hebbeln, D. (GeoB)  
 Hemleben, C. (GPIT)  
 Hensen, C. (GeoB)  
 Herterich, K. (GeoB)  
 Heuermann, R. (UO)  
 Hoppe, H.G. (IfMK)  
 Hupe, A. (IfBH)  
 Irmisch, A. (BEO)  
 Ittekkott, V. (IfBH)  
 Jennerjahn, T. (IfBM)  
 Kähler, P. (IOW)  
 Karrasch, B. (IfG)  
 Klaas, Ch. (AWI)  
 Knaack, J. (GPIK)  
 Knoll, M. (IfMK)  
 Koeve, W. (IfMK)  
 Koppelman, R. (IHF)  
 Krause, G. (AWI)  
 Kremling, K. (IfMK)  
 Kriest, I. (IfMK)  
 Kühn, W. (IfMHH)  
 Kuß, J. (IfMK)  
 Lochte, K. (IOW)  
 Lundgreen, U. (IfMK)  
 Lütke-meier, S. (IGBP)  
 Marchant, M. (GeoB)  
 Mitzka, T. (IfMK)  
 Müller, T. (IOW)  
 Nast, G. (DOD)  
 Neuer, S. (GeoB)  
 Nöthig, E. (AWI)  
 Otto, S. (UBC)  
 Pfannkuche, O. (GEOMAR)  
 Pegler, K. (IfBM)  
 Podewski, S. (IfMK)  
 Pollehne, F. (IOW)  
 Radach, G. (IfMHH)  
 Reuter, R. (UO)  
 Riebesell, U. (AWI)  
 Rixen, T. (IfBM)  
 Sanders, D. (IfMK)  
 Schäfer, P. (IfBM)  
 Schiebel, R. (GPIT)  
 Schlitzer, R. (AWI)  
 Schneider, B. (IOW)  
 Scholten, J. (GPIK)  
 Schulz, H. (BGR)  
 Schulz, H.D. (GeoB)  
 Schulz-Bull, D. (IfMK)  
 Schüßler, U. (UBC)  
 Sellmer, C. (IfMK)  
 Siedler, G. (IfMK)  
 Sievert, S. (AWI)  
 Simstich, J. (GPIK)  
 Spiedt, A. (GeoB)  
 Thomas, H. (IOW)  
 Tiemann, J. (IfBM)  
 Tilzer, M. (AWI)  
 Treppke, U. (GeoB)  
 Ullrich, S. (IfMK)  
 Unger, D. (IfBM)  
 Vogler, S. (UH)  
 Voß, M. (IOW)  
 Waniek, J. (IfMK)  
 Wefer, G. (GeoB)  
 Weichart, G.  
 Willkomm, R. (UO)  
 Wolf, U. (IOW)  
 Wolf-Gladrow, D. (AWI)  
 Wolff, W. (KFA)  
 Zabel, M. (GeoB)  
 Zeitzschel, B. (IfMK)  
 Zeller, U. (IfMK)  
 Zeltner, A. (UT)

### Liste der Institute

<b>AWI</b>	Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung, Am Handelshaven 12, 27515 Bremerhaven
<b>BEO</b>	Forschungszentrum Jülich PT BEO, Außenstelle Warnemünde, Seestr. 15, 18119 Warnemünde
<b>BGR</b>	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Postfach 51 01 53, 30631 Hannover
<b>BMBF</b>	Bundesminister für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, Heinemannstr. 2, 53170 Bonn
<b>GCIG</b>	Geochemisches Institut, Georg-August-Universität, Goldschmidtstr. 1, 37077 Göttingen
<b>GeoB</b>	Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Klagenfurterstr., 28359 Bremen
<b>GEOMAR</b>	Forschungszentrum für marine Geowissenschaften, Universität Kiel, Wischhofstr. 3, 24148 Kiel
<b>GPIK</b>	Geologisch-Paläontologisches Institut, Universität Kiel, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel
<b>GPIT</b>	Geologisch-Paläontologisches Institut, Universität Tübingen, Sigwartstr. 10, 72076 Tübingen
<b>GSF</b>	GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, GmbH, Projektträgerschaften, Kühnbachstr. 11, 81543 München
<b>IfBH</b>	Institut für Biogeochemie und Meereschemie, Universität Hamburg, Jungiusstr. 6, 20355 Hamburg
<b>IFG</b>	Institut für Gewässerforschung, Forschungszentrum Geesthacht, Am Biederitzer Busch 12, 39114 Magdeburg
<b>IfMHH</b>	Institut für Meereskunde, Universität Hamburg, Troplowitzstr. 7, 22529 Hamburg
<b>IfMK</b>	Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel
<b>IGBP</b>	IGBP-Sekretariat, Institute für Meteorologie, Freie Universität Berlin, Carl-Heinrich-Becker-Weg 6-10, 12165 Berlin

- IHF** Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft, Universität Hamburg, Hydrobiologische Abteilung, Zeiseweg 9, 22765 Hamburg
- IOW** Institut für Ostseeforschung, Seestr. 15, 18119 Warnemünde
- KFA** Forschungszentrum Jülich GmbH IBT3, Postfach 1913, 54425 Jülich
- SFB 313** SFB 313, Universität Kiel, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel
- UBC** Universität Bremen, Fachbereich Chemie, NW2, 28359 Bremen
- UH** Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 366, 69120 Heidelberg
- UO** Fachbereich Physik, Angewandte Optik, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Postfach 25 03, 26111 Oldenburg

**KURZFASSUNGEN**



## **Particle flux at the European Continental Margin: Results from sediment trap and current meter moorings at the Goban Spur**

A. Antia\*, B. v. Bodungen<sup>o</sup>, R. Peinert#

\* Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

<sup>o</sup> Institut für Ostseeforschung IOW, Seestraße 15, 18119 Rostock-Warnemünde

# SFB 313, Universität Kiel, Heinrich-Hecht-Platz 10, 24118 Kiel

Long-term moorings with sediment traps and current meters have been deployed since 1993 on a transect across the continental margin at 49° N between 13° 25' W and 14° 50' W. These flux measurements in the OMEX (Ocean Margin Experiment) framework aim at determining the exchange of material between the productive shelf-slope environment and the adjacent abyssal plain. Currents on the slope of the investigation area tend to parallel bottom contours with a northerly direction. Further offshore at the Pedragon Escarpement, seasonally varying currents flow perpendicular to the slope. Trap collections from two positions at 1450 m (slope) and 3660 m water depth (Pedragon Escarpement) evidence the seasonality of particle sinking from the overlaying water as well as cross-slope lateral advection. Increasing dry weight fluxes with depth were recorded at both positions with lowered organic carbon contributions and larger proportions of particulate silica (opal) and carbonate at depths. Fluxes were maximal at intermediate water depths at the Pedragon Escarpement suggesting this site to be of primary importance for the export of material to the deep-sea basin. The transport of organic matter along and across-slope on the Goban Spur is discussed with emphasis on the source area of advected particles and on the fate of material leaving upper layers of the continental margin.

### **Partikuläre Spurenelemente im äquatorialen Atlantik**

W. Balzer

FB 2, Universität Bremen, Postfach 330 440, 28334 Bremen

Im Rahmen des deutschen JGOFS werden im äquatorialen Atlantik die Spurenmetallgehalte in a) mit Sedimentfallen (FB Geowissenschaften der Universität Bremen, Prof. Wefer, Dr. Fischer) gefangenen Sinkstoffen sowie b) mit in-situ-Pumpen filtriertem suspendiertem Material (SPM) ermittelt. Dabei werden hauptsächlich die Spurenelementflüsse in 5 unterschiedlich von Aerosoleintrag und der innertropischen Convergenzzone (ITCZ) beeinflussten Verankerungsstationen nahe des Äquator untersucht. Neben einem horizontalen Vergleich von 5 Sinkstofffallen in 1000m Wassertiefe werden 2 bodennahe Fallen (mit - wie immer - jeweils 20 saisonalen Proben) zur Bestimmung von Resuspension und weitere 5 übereinander verankerte Fallen zur Ermittlung vertikaler Flußänderungen und Fraktionierungsprozesse untersucht. An den Sinkstoff-Splits werden die Elemente Al, Fe, Mn, Ca, Cr, Cu, Cd, Ni, Pb einzeln vermessen, wobei zunächst über das unterschiedliche Verhalten der Elemente Al, Mn, Ni, Cd berichtet wird, da diese Elemente die deutlichsten Unterschiede im Verhalten zeigen.

Das wesentliche saisonale Ereignis in diesem Gebiet ist die saisonale Wanderung der Innertropischen Convergenzzone (ITCZ), die im (Nord-)Frühjahr bei ca. 3°N ihre südlichste und im (Nord-)Herbst bei ca. 10°N ihre nördlichste Position hat. Die Lage der ITCZ ist mit extrem hohen Niederschlägen verbunden. Die hier untersuchten Spurenmetall-Flüsse von Al,

Mn (und eingeschränkt auch Ni) zeigen ein besonders deutliches saisonales Signal in den Fallen nördlich des Äquator, das von der Lage der ITCZ und den damit verbundenen Niederschlägen abhängt. Die Cd-Flüsse hingegen zeigen nur Unterschiede nördlich und südlich des Äquator. Einige Aspekte sollen besonders hervorgehoben werden:

1. Die SPM-Profile mit Konzentrationen bis in den unteren picomol-Bereich sind in den ersten konsistenten Daten von partikulären Spurenelementen für die gesamte Wassersäule eines Hochproduktionsgebietes. Ähnliche Profile existieren in der Literatur nur von zwei weiteren oligotrophen Gebieten des Weltozeans. Ferner sind es die ersten saisonalen und gleichzeitig für kleine (SPM) und große Partikel (Sinkstoffe) erhobenen Spurenelementdaten.

2. Saisonalität: Neben der Tatsache, daß die Spurenelement-Flüsse im wesentlichen durch saisonale biogene Sedimentation gesteuert werden, zeigten sich erstmalig auch deutliche saisonale Unterschiede (Frühjahr-Herbst) in den SPM-Gehalten von z.B. Al, aber auch von Cd, die zudem noch eine starke Zunahme (Al) bzw. Abnahme (Cd) zwischen 100m und 400m aufweisen. Die saisonalen Unterschiede sind auf saisonale Änderungen des Staubeintrags, der Lage der ITCZ und des Produktionsregimes zurückzuführen. Neben dem kontinuierlichen Austausch zwischen den Kompartimenten Lösung-SPM-Sinkstoffe sorgen biogene Sedimentationsprozesse durch „scavenging“ für Rückstellung der SPM-Gehalte zum Frühjahr hin. Die ungewöhnliche Zunahme zwischen 100m und 400m läßt sich durch biogene Inkorporation und teilweise Remineralisation der Trägerphasen erklären.

Bei den Spurenmetallflüssen fällt die ausgeprägte gleichsinnige Saisonalität bei den staubdominierten Elementen Al und Mn - untergeordnet auch bei Ni - auf, die v.a. auf die Wanderung der ITCZ zurückzuführen ist; die Flüsse von Cd hingegen scheinen ausschließlich durch den organischen Kreislauf bestimmt zu sein.

3. Laterale Variabilität: Die kontinuierliche Abnahme der partikulären Al- und Mn-Konzentrationen von Nord nach Süd über den Äquator reflektieren die unterschiedlichen Aerosoldepositionen durch NE- und SE-Passate, wobei sich Unterschiede auch in den relativen Elementverhältnissen widerspiegeln. Auch bei den schnell sinkenden Partikeln wird das Cd offensichtlich nicht durch lithogene, sondern durch biogene Einflüsse gesteuert.

4. Vertikale Änderungen: Beim SPM zeigen sich in den obersten 1000m der Wassersäule die deutlichsten Unterschiede im Verhalten der Elemente Al und Mn einerseits und Cd andererseits: Al und Mn werden in der Deckschicht ge“scavenged“ und in partikulärer Form in mittleren Tiefen freigesetzt; Cd hingegen wird als nährstoff-ähnliches Element bei Zerfall der Trägerphase in die Lösung entlassen, so daß die partikuläre Konzentration überall im obersten km abnimmt. In der Tiefsee jenseits von 1000m sind die SPM-Gehalte hingegen für die einzelnen Metalle weitgehend einheitlich.

### **Ein optisches Sensorsystem zur Untersuchung biologisch-chemischer Prozesse in der Wassersäule**

H. Barth, R. Heuermann, R. Reuter

Fachbereich Physik, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Postfach 25 03, 26111 Oldenburg

Neuentwickelte optische Sensoren erlauben die Erfassung biologisch-chemischer Parameter in situ mit ausreichender Genauigkeit. Hierbei liegt der Schwerpunkt in der Bestimmung von wichtigen planktologischen und bakteriologischen Zustandsgrößen, mit denen Aussagen über

die Biomasse, sowie die Dynamik mariner Lebensgemeinschaften getroffen werden können. Ein Problem bei der Bestimmung optischer Meßgrößen ist die simultane Messung dieser Größen. Hierzu wurde ein Meßsystem entwickelt, welches es erlaubt, verschiedene Sensoren zu koppeln und mit ihnen profilierend zu arbeiten. Im derzeitigen Zustand besteht dieses System aus einer Kombination von CTD, Mehrkanal-Fluorometer und der Messung von multispektraler Attenuation. Hiermit werden zu Zeit der Gehalt an Chlorophyll, Gelbstoff, mineralischem Schwebstoffgehalt und einiger anderer Algenpigmente bestimmt. In der nächsten Entwicklungsphase wird das System um zwei spektral auflösende Radiometer (für den sichtbaren und den ultravioletten Bereich) erweitert.

### **Eine Zusammenfassung und eine Perspektive der JGOFS - Projekte im südlichen Ozean**

Ulrich V. Bathmann

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, 27515 Bremerhaven

Die Ergebnisse der POLARSTERN - Expedition "Frühling am Eisrand", während der die Arbeiten zur Phase I von Southern Ocean - JOGFS aus Deutschland durchgeführt wurden, liegen in Form von 27 publizierten oder zur Publikation (in einem Sonderband von Deep-Sea Research) eingereichten Manuskripten vor. Auf dem JGOFS Statusseminar in Villefranche vor Vertretern des IGBP und von SCOR wurden die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchungen herausgestellt: Das Phytoplankton ist offenbar in weiten Teilen des Südozeans durch die geringen Konzentrationen gelösten Eisens in der Wachstumsrate limitiert. In der Polarfrontzone (PFZ) stehen außergewöhnlich hohe Konzentrationen dieses Spurenmetalls natürlich zur Verfügung; die dort angetroffenen hohen Planktonblüten reduzieren die CO<sub>2</sub> - Konzentrationen der Oberflächenschicht um 80 ppm. Im Gegensatz zu dieser "biologischen" Senke in der PFZ wird CO<sub>2</sub> in der Subtropischen Konvergenz (STC) vornehmlich durch Abkühlungsprozesse (physikalische Pumpe) in den Ozean eingetragen; effizient rezirkulierende biologische Systeme sind für die STC südlich Afrika charakteristisch.

Auf dem 2. Internationalen SO-JGOFS-Symposium "Biogeochemistry in the Southern Ocean" im August '95 in Brest wurden anhand der vorliegenden Ergebnisse aller an diesem "IGBP-core-project" beteiligter Nationen die Pläne für Phase II von SO-JGOFS international abgestimmt. Mesoskalige Prozesse des Einflusses der Hydrographie auf Phyto- und Zooplankton soll auf einer deutsch-britischen Studie im Südsommer 1995/96 (POLARSTERN ANT XIII/2) synoptisch untersucht werden. Diese Studie, die gleichzeitig für eine Pilotphase des neuen "IGBP-core-project" Global Ocean Ecosystem Dynamics (GLOBEC) genutzt wird, wird alle wesentlichen JGOFS-Prozesse im hydrographisch komplexen und hochproduktiven Frontenbereich untersuchen (z.B.: CO<sub>2</sub>-System, Mikro- und Makronährsalzkinetiken, fraktionierte Produktion und Einbau stabiler C und N Isotope, Mikro- und Mesozooplanktonumsätze, Sedimentation). Die Prozesse im weiträumig offenen Ozean (speziell zum Silikathaushalt, zur CO<sub>2</sub> Dynamik, zu Prozessen im Boden-Wasser Grenzgebiet) werden in einer australisch-französisch-neuseeländischen Studie zwischen 90° und 190° Ost bearbeitet. Pelagial-Benthal-Interaktionen und Prozesse an Ozeanfronten im Gebiet des Rossmeeres werden im Zentrum der US-Amerikanischen Studie stehen, die ab 1996/97 für drei Jahre das Schwergewicht von US-JGOFS bildet. Neben diesen "groben" Prozeßstudien, werden auf den Versorgungsrouten zu den Stationen von allen beteiligten Nationen regelmäßig die hydrographischen, klimatologischen, chemischen und biologischen Parameter routinemäßig

gemessen, deren Kenntnis für eine großräumige Modellierung der Kohlenstoffbilanz im Südozean unabdingbar sind.

### **Effect of sea water carbonate chemistry on the carbon and oxygen isotope composition of foraminiferal calcite**

Bijma, J. \*, Spero, H.J. °, Bemis, B.E. °, Lea, D.W. #,

\* Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, P. O. Box 12 01 61, 27515 Bremerhaven, Germany;

° Dept. of Geology, University of California, Davis CA. 95616, U.S.A.

# Dept. of Geological Sciences, University of California, Santa Barbara CA 93106, U.S.A.

The stable isotopic composition of foraminiferal calcite is routinely used in paleoceanographic reconstructions of oceanic temperatures, salinities, continental ice volumes, aspects of the ocean's biological pump and shifts in terrestrial and ocean carbon reservoirs. These interpretations are based on empirically derived relationships that relate the carbon and oxygen isotopic composition of calcite to the parameters in question. A number of environmental (e.g. temperature, salinity, atmosphere-ocean equilibration times, etc.) and physiological (e.g. symbiosis, respiration, calcification rates, etc.) parameters must be considered for accurate reconstructions.

During the summers of 1993 through 1995 we maintained symbiont-bearing (*Orbulina universa*) and symbiont barren (*Globigerina bulloides*) planktic foraminifers in natural seawater and in seawater with a modified carbonate system to investigate the influence of changing seawater carbonate chemistry on the stable carbon and oxygen isotope composition of shell calcite. Specimens were grown under high light (maximum photosynthesis) and in the dark at constant temperature. The experimental results show that when alkalinity, pH or  $\Sigma\text{CO}_2$  are kept constant the

$\delta^{13}\text{C}$  of the tests decrease  $\sim 4\text{‰}$  as  $[\text{CO}_3^{2-}]$  increases from 50 to 700  $\mu\text{Mol kg}^{-1}$  (ambient = 200  $\mu\text{Mol kg}^{-1}$ ). Across the same  $[\text{CO}_3^{2-}]$  range,  $\delta^{18}\text{O}$  values decrease 1.2‰. A clear covariance between  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  values is observed with a slope of approximately 0.3. We hypothesize that these relationships are a function of kinetic fractionations related to  $[\text{CO}_3^{2-}]$ -controlled calcification rate changes in the microenvironment around the foraminiferal host. Physiological processes such as respiration and symbiont photosynthesis add a second level of complexity via their direct affect on the carbonate system.

During the last glacial maximum, the lower  $\text{pCO}_2$  of the atmosphere requires that the carbonate chemistry of the surface ocean was more alkaline than today (Sanyal & Broecker, 1995). Our results suggest that for an estimated increase of approximately 80  $\mu\text{Mol kg}^{-1}$  carbonate ion, the kinetic fractionation would produce a 0.3 to 0.4 ‰ decrease in the  $\delta^{13}\text{C}$  of LGM foraminiferal shells.

## Mikrobielle Aktivitäten in Tiefsee-Sedimenten der Arabischen See

Antje Boetius

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, 27 515 Bremerhaven

Im Rahmen des Programmes "Biogeochemische Stoffflüsse in der Tiefsee des Indischen Ozeans" wurde während zweier Expeditionen in die Arabische See, M 31/3 (2.3.-23.3.95) und M 33/1 (22.9.-31.10.95) die mikrobielle Aktivität beim Abbau organischer Stoffe im Sediment untersucht. Das hydrolytische Potential verschiedener Enzyme ( $\alpha$ -,  $\beta$ -glucosidase, chitobiase, lipase, peptidase, sulfatase, phosphatase) wurde mittels fluorochromierter Substrate erfaßt. In bisherigen Untersuchungen zeigte sich ein enger Zusammenhang zwischen der Verfügbarkeit organischer Substrate in Sedimenten und der Aktivität verschiedener mikrobieller extrazellulärer Enzyme.

Während der Expedition M31/3 in die westliche Arabische See in der Phase nach dem NE-Monsun zeigte sich entlang eines Transektes vom Golf von Aden (2300 m, 14 N, 54 O) zur westlichen Sinkstofffallenstation WAST (4050 m, 16 N, 60 O) eine Abnahme glykosidischer Hydrolasen mit zunehmender Entfernung vom Kontinentalhang. Dennoch wurden bei WAST wesentlich höhere Aktivitätspotentiale gemessen als in Sedimenten anderer Meeresregionen vergleichbarer Wassertiefe, z. B. 10x höher als im Nordost-Atlantik (BIOTRANS Gebiet).

Anfang Oktober, im Anschluß an den SW-Monsun (M33/1) zeigten die enzymatischen Potentiale in den Sedimenten bei WAST signifikant höhere mikrobielle Aktivitäten an als nach dem NE Monsun Ende März (M31/3). Dies entspricht den Ergebnissen der Fallenverankerungen in der Arabischen See mit ebenfalls ca. 2-fach höheren Flußraten organischen Materials in die Tiefsee während des SW Monsuns als während des NE Monsuns. Die signifikante Erhöhung des Abbaupotentials im Sediment konnte bis in den 7. Zentimeter nachgewiesen werden, ein Hinweis auf die schnelle Einarbeitung des sedimentierten Materials durch Bioturbation.

Ein Vergleich zwischen den Stationen NAST, WAST, CAST, EAST und SAST (M 33/1) zeigte deutliche Unterschiede in der durchschnittlichen Höhe der mikrobiellen Aktivitätspotentiale in den oberen 5 cm Sediment. Die höchsten Werte wurden bei WAST gemessen, gefolgt von NAST. Deutlich weniger enzymatische Aktivität war bei CAST und EAST vorhanden, ca. 50-70% von WAST. Bei SAST wurde das geringste Aktivitätspotential gemessen, ungefähr 20% von WAST. Diese Ergebnisse stimmen sehr gut mit den Daten von den Langzeitverankerungen an den Stationen WAST, CAST und EAST überein, von denen bekannt ist, daß der jährliche Fluß organischen Kohlenstoffs an CAST und EAST ungefähr gleich hoch ist und auch nur ca. 60% des jährliche Flusses an WAST entspricht.

### Microbial degradation of aggregated material derived from arctic sub-ice algal associations

S. Burkhardt, B. Kirchhoff

Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung, Am Handelshafen 12, 27570 Bremerhaven

Algal mats up to several decimeters in size have frequently been observed under Arctic sea ice. The chain-forming diatom *Melosira arctica* often dominates the assemblages in terms

of biomass, embedded in mucus together with a few other diatom species. Little is known about the fate of the aggregated material. Its contribution to biological productivity in the pelagic zone after ice melting or detachment is not well understood.

Aggregated material derived from sub-ice algal assemblages has been collected in the ice-edge region off Greenland (75°161' N, 12°161' W) in July 1994. Aggregates were kept in suspension at in situ temperature using roller tanks. Microbial degradation was monitored in dark and light treatments by simultaneous measurements of bacterial secondary production and activity of extracellular hydrolytic enzymes. Microbial activity will be compared with changes of carbohydrates, amino acids, C and N both in the dissolved and particulate pool.

During light incubation, structural integrity of the aggregates was maintained, most likely due to continuous resupply of sticky mucus exudated by the algae. Addition of copepods (*Calanus hyperboreus*) resulted in mechanical destruction of the aggregates.

### **Analysis of historical CZCS data to determine seasonal and annual chlorophyll-like pigment levels in the region of the Canary Islands and comparison with data from the present European ESTOC Time Series Station**

R. Davenport, S. Neuer, G. Fischer, G. Wefer

Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Postfach 330 440, 28334 Bremen

The European ESTOC time series station has been established approximately 100 km north of Gran Canary in the Canary Islands ( 29° 07' N, 15° 27' W) and has been providing particle sediment flux data since 1992 at trap depths of 1000m and 3000m. The flux data for the upper trap shows the expected seasonal peak in February/March and a lesser seasonal peak in October. There are though significant annual variations in the total flux values and distribution for these seasonal peaks. For example for March, 1992 there was a single peak with a total flux value of 49 mg m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup> while in February/March 1993 there were at least 3 peaks with total flux values between 111 and 128 mg m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. The lower trap at 3000m also shows these seasonal peaks but with larger total flux values as in the March 1992 single peak which had a flux value of 188 mg m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Further there is an additional peak in July 1992 in the lower trap ( flux value 88 mg m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) which is completely absent in the upper trap. Analysis of biogenic opal in the lower trap indicates that the material for the July 1992 peak probably originated in a coastal region.

For this study historical Coastal Zone Color Scanner (CZCS) images have been analysed to determine the seasonal and annual phytoplankton changes for the period 1979-1985 and see how the data compares with modern trap data. Based on the general flow of the Canary Current from the north-east at 5 to 8 cm/sec and a vertical particle flux of 100m/day, the potential source square region at the ocean surface for material arriving in the upper trap was assumed to be no more than 100 by 100 km. Monthly average chlorophyll-like pigment levels for the source square were measured from CZCS images provided by the Joint Research Centre, Ispra, Italy. The data show the expected seasonal peaks in January-March each year but with large annual variations: 0.19 mg chlorophyll m<sup>-3</sup> in January 1980 compared with 0.05 mg chlorophyll m<sup>-3</sup> for January 1982. These values compare well with modern in-situ sea-surface chlorophyll values measured at the ESTOC station. Except for the year 1980 there is no evidence of a summer peak as measured by the ESTOC 3000 m trap in July 1992.

To investigate if historical CZCS data could provide an indication from where material for the lower trap peak in July 1992 originated, available daily images were examined for the period January 1980 - January 1981 for the region around the Canary Islands and the adjacent north west African coast. In particular the development of the annual filaments off Cape Ghia and Cape Yubi resulting from upwelling of the cooler North Atlantic Central Water (NACW) in July/August were examined to see if coastal material can be transported to the ESTOC trap region by such features. There was some indication that the Cape Ghia filament material may reach the trap region but peaks would then be expected at both trap depths which is not the case. There was evidence though of upwelling off the west coast of Fuerteventura in July 1980 which may indicate a possible source for such material.

### **Pigmente als Biomarker zur Untersuchung des Schicksals von Phytoplankton in der Wassersäule**

M. Deckers

Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Die Phytoplanktonklassen besitzen jeweils ein spezifisches, für sie charakteristisches Pigmentbesteck. Mit der Hochleistungs-Säulen-Flüßig-Chromatographie (HPLC, High Performance Liquid Chromatography) kann ein Gemisch von Phytoplanktonpigmenten, das in natürlichen Algenproben vorkommt, aufgetrennt werden. Dies läßt Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Phytoplanktonpopulation zu. Das Phytoplankton in der euphotischen Zone des Ozeans setzt im Verlauf der Photosynthese  $\text{CO}_2$  in Pflanzen-Biomasse um. Das durch die Pflanzen aus dem Wasser entzogene  $\text{CO}_2$  kann durch Diffusion aus der Atmosphäre in die Oberflächenschicht der Ozeane nachgeliefert werden. Dies kann eine Abpufferung des Treibhauseffektes bewirken. Zu einem Export von reduziertem Kohlenstoff zum Meeresboden kommt es durch Absinken des Phytoplanktons in Form von senszenten Zellen oder inkorporiert in Kotballen nach Zooplanktongazing. Diesen Prozess bezeichnet man als "biologische Pumpe". Um dieses Schicksal der Algen in der Wassersäule zu verfolgen, wurden die Pigmente als Biomarker verwendet. Es wurde der Phytoplanktonbestand in der Wassersäule, der Freßeinfluß des Mesozooplanktons auf das Phytoplankton und der Beitrag dieser beiden Größen am Absinkgeschehen im Sommer 1993 an der JGOFS-Zeitserienstation (47°N, 20°W) untersucht.

### **Zooplankton faecal pellet distribution in relation to pelagic systems in the Southern Ocean**

C. D. Dubischar(1), U. Bathmann(1), S. Gonzalez(2)

(1) Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Am Handelshafen 12, 27570 Bremerhaven

(2) Netherlands Institute for Sea Research, N.I.O.Z., P.O. Box 59, 1790 AB Den Burg, Texel, The Netherlands

During the SO-JGOFS-Polarstern-cruise (Southern Ocean - Joint Global Ocean Flux Studies) ANT X/6 in austral spring 1992, transects were carried out from the Marginal Ice Zone (MIZ)

in the south to the Polar Frontal region (PFR) in the north, across the open waters of the Southern Antarctic Circumpolar Current (ACC). In this paper we present results of *in vivo* grazing measurements of the dominant zooplankton species as well as faecal material distribution in the upper 300m of the water column.

According to physical and biological characteristics of the water masses observed, 3 different pelagic systems were identified: the MIZ with low phytoplankton biomass and low zooplankton standing stocks; the ACC characterized by very deep wind-mixed layers, very low phyto-plankton stocks and the occurrence of large swarms of salps; and the PFR with shallower stratification, high phytoplankton biomass and high zooplankton concentrations. The *in vivo* grazing measurements indicated high grazing impact by salps in the open waters of the ACC and low grazing impact by copepods in the MIZ (max. 3.6 mg phytoplankton carbon (PPC) m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>). In the PFR, where copepods dominated, grazing by copepods was higher (max. 45 mg PPC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>). However, total zooplankton grazing accounted for less than 3% of the enormous primary production in this region. The contribution of these different zooplankton communities to vertical carbon flux through faecal material will be discussed.

### **Isotopic Tracing of Methane in Water and Exchange with the Atmosphere**

E. Faber<sup>+</sup>, U. Berner<sup>+</sup>, P. Gerling<sup>+</sup>, A. Hollerbach<sup>+</sup>, W.J. Stahl<sup>+</sup>, and H.G. Schröder\*

<sup>+</sup>Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Stilleweg 2, 30655 Hannover, FRG

\*Institut für Seenforschung, Untere Seestraße 81, 88085 Langenargen, FRG

Methane is one of the carbon containing molecules which participate in the carbon cycle and also is one of the critical greenhouse gases. To better understand the role of the natural geo-systems in global methane budgeting oceanic areas and also lakes are investigated. Examples on Lake Constance and the Bay of Bengal are discussed.

Sediments of Lake Constance are rich in bacterial methane (yield CH<sub>4</sub> < 130 \*g CH<sub>4</sub>/g wet sample; \*<sup>13</sup>CH<sub>4</sub> > -85 ‰). However, methane flux from the sediment into the water was not detected. Deep water (below ca. 50 m) has a "background" signature (yield < 50 nL/L; -40 < \*<sup>13</sup>CH<sub>4</sub> < -30 ‰). Surface water is enriched in methane relative to atmospheric equilibrium, most probably the methane is produced by methanogens in the surface layers. The surface water is a source for atmospheric methane; calculated flux rates exceed high values reported for ocean water.

Deep water of the Bay of Bengal is generally low in methane ("background" signature). At two locations at the continental slope, bacterial methane (\*<sup>13</sup>CH<sub>4</sub> < -50 ‰) seeps from the sediments into the water. Methane concentration in the surface water is close to atmospheric equilibrium in the equatorial area but higher in the Ganges/Bramaputra mouth, where methane flux to the atmosphere reaches up to 30 kg km<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup>.



**ESTOC and related Process studies (1994-1995)**

C. Haag, M. Knoll, T.J. Müller, M. Busse, G. Siedler  
 Institut für Meereskunde an der Universität Kiel, Düsternbrookerweg 20, 24105 Kiel

S. Neuer, A. Spiedt, R. Davenport, G. Wefer  
 Geowissenschaften, Universität Bremen, Klagenfurter Str., 28359 Bremen

M.-J. Rueda, E. Delgado, C. Rodríguez, R. Santana, O. Llinas  
 Instituto Canario de Ciencias Marinas, Telde, Gran Canaria

F. López, J. Escanez, J.-M. Rodríguez, C. Garcia, A. Rodriguez  
 Instituto Español de Oceanografía, Santa Cruz, Tenerife

R. Willkomm, H. Barth, R. Heuermann, R. Reuter  
 Carl v. Ossietzky Universität Oldenburg, Abteilung Physik, 26111 Oldenburg

J. Hernández, M. González, M.-D. Helado, C. Collado  
 Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, Gran Canaria

The ESTOC station (European Station for Timeseries in the Ocean Canary Islands) is located 60nm (29 10'N, 15 30'W) north of the Canary Islands. Station work started at the beginning of 1994 and since then nearly monthly cruises have been carried out. Most measurements were made onboard of the Spanish research vessel TALIARTE and some onboard the German vessels F.S. POSEIDON and F.S. VICTOR HENSEN.

During the monthly cruises samples were taken using GO-water samplers at standard depth levels. The measured parameters are temperature, salinity, oxygen, phosphate, nitrate, silicate, nitrite, chlorophyll a and some trace metals. Zooplankton biomass has also been sampled regularly. Measurements of alkalinity and pH were initiated during POSEIDON 212 and further parameters like primary production will be implemented in the future.

Two moorings were placed near the ESTOC position, one equipped with current meters and the other one with sediment traps. The sediment trap mooring was first deployed in autumn 1991 and replaced 4 times since then. One trap was placed at 3000m and one at 1000m. During some deployment periods one additional trap was placed at 500m or 700m depth. The mooring was also equipped with other instruments such as INFLUX current meters and a particle camera. The current meter mooring was first deployed during the POSEIDON cruise 202 in autumn 1994. It was equipped with 7 Aanderaa current meters and one ADCP was placed in the top buoy (200 m deep) looking upward. The depths of the current meters were 270m, 500m, 800m, 1200m, 1600m, 2500m, 3500m.

In addition to the ESTOC station work three interdisciplinary German/Spanish process studies took place to study the spatial and temporal variability of physical, chemical and biological parameters around the Canary Islands. During the following cruises (POSEIDON 202/1c [25.9.94 - 8.10.94], VICTOR HENSEN [30.5.95-7.5.95] and POSEIDON 212/1-3 [14.9.95-8.10.95]) CTD-measurements were carried out, sometimes in combination with an oxygen sensor, a fluorometer and a lowered ADCP. The sampling regime at these CTD stations was similar to the one at the ESTOC station.

Phytoplankton growth and microzooplankton grazing rates were studied with incubation experiments. Also, investigations of the depth distribution of foraminifera and coccolithophorids were carried out. Several times during the cruises drifting sediment traps were deployed and recovered after a few days. Below the trap, at about 150 m depth an Aanderaa current meter was installed to obtain data on the relative movement of the trap through the surrounding water.

During both POSEIDON cruises, a zonal section from the island of La Palma to the African shelf was carried out. It is hoped that this section could be repeated seasonally for two years within the MAST III CANIGO project to study seasonal and interannual variability of hydrography and biogeochemical parameters along this transect.

During the VICTOR HENSEN cruise in May 1995 first experiments were made with a multichannel in-situ fluorescence device, combined with a polychromatic in-situ transmissometer. Depending on the weather situation in-situ irradiance was also measured. In addition analyses were carried out with a laboratory spectrofluorometer and a laboratory absorption meter. Also filtration for HPLC measurements were provided. The cruise was combined with overflights of an aircraft equipped with a Laser-fluorosensor, an UV/IR-scanner, a microwave radiometer and a side-looking airborne Radar.

### **Modellierung des pelagischen Stickstoffumsatzes und vertikalen Partikelflusses in der Norwegensee**

O. Haupt

SFB 313, Universität Kiel, Olshausenstraße 40, 24118 Kiel

Die Veränderungen biologischer Prozesse im Pelagial werden in erster Linie durch physiko-chemische Rahmenbedingungen gesteuert. Dazu gehört als primäre Größe die solare Einstrahlung, die eine Saisonalität in den pelagischen Systemstrukturen hervorruft. Eine komplexe Prozesskette innerhalb des Nahrungsnetzes steuert die Struktur des biologischen Systems mit seinen Rückkopplungen auf physikalische und chemische Kompartimente. Die Erforschung dieser interaktiven Wechselwirkungen wird jedoch durch eine große räumliche und zeitliche Variabilität der unterschiedlichen Größen erschwert, was in einer Anpassung von Prozessen an chemische Parameter resultiert. Mit Hilfe der Ökosystemmodellierung erhält man durch geeignete Parametrisierungen komplexer Zusammenhänge zeitlich und räumlich hoch aufgelöste Simulationen der zu untersuchenden Ökosysteme. Dabei stehen neben einem prognostischen Ansatz besonders das Verständnis und die Zusammenhänge zwischen Schlüsselprozessen wie Produktion und Sedimentation im Vordergrund des Interesses. Auf der Grundlage von Datensätzen, die innerhalb des SFB 313 erhoben worden sind, werden biologische Prozesse im Ozean und der Export biogenen Materials aus der produktiven Schicht in größere Tiefen modelliert. Zu diesem Zweck wurde ein eindimensionales numerisches Ökosystemmodell für die Norwegensee entwickelt (BIOM, BIological Ocean Model), das auf Parametrisierungen von Fasham et al. (1990) und Wolf (1991) basiert und den Stickstoffkreislauf im Pelagial mit sechs Ökosystemvariablen simuliert. Diese sind durch 35 Parameter interaktiv verknüpft, die während eines Simulationslaufes den saisonalen Veränderungen angepaßt werden können. Das 'forcing' des Modells ist durch den Jahresgang der globalen Einstrahlung gegeben, während als hydrographische Rahmenbedingung die Tiefe der durchmischten Schicht in das Modell integriert wird. Die vertikale Auflösung wird durch

ein exponentielles Gitter mit 200 Tiefenstufen erreicht. Die Validierung der Modellergebnisse bestätigt eine gute Simulation der gemessenen Jahresgänge der Ökosystemvariablen. Auch das simulierte saisonale Sedimentationsmuster zeigt eine gute Übereinstimmung mit den Felddaten. Die jährlichen Integrale weisen besonders für die Neue Produktion eine gute Übereinstimmung auf, während die Gesamtproduktion und die Sedimentation in 500m Tiefe unterschätzt werden. Als Folge der zu geringen simulierten Gesamtproduktion wird das f-ratio deutlich überschätzt. Abweichungen zwischen Modellergebnissen und Felddaten sowie die große Spannweite biologischer Parameter wirft die Frage auf, inwieweit die gewählten Parametrisierungen die natürlichen Prozesse im System abbilden oder ob diese durch andere Parameter maskiert werden. Zu dieser Problematik wurde eine Sensitivitätsanalyse mit dem Ziel durchgeführt, die Effekte veränderter Parameterwerte auf das simulierte System zu erkennen. Dabei zeigt sich, das für die Partikelproduktion und -sedimentation eine besonders große Sensibilität des Modells gegenüber den lichtabhängigen Parameter wie Bewölkung oder der Anfangssteigung der P-I-Kurve des Phytoplanktons vorhanden ist. Dagegen sind für die Regenerierte Produktion und wiederum auch für die Sedimentation die Abbauparameter und Sinkgeschwindigkeit des Detritus von entscheidender Bedeutung. Weiterhin zeigt sich, das die Unterschiede zwischen Simulation und Felddaten aufgrund der einfachen Struktur des Modells und des angewendeten numerischen Verfahrens mit steigender Komplexität und Abhängigkeit der parametrisierten Variablen und Prozesse untereinander größer werden. In einem Modellexperiment wurden die Auswirkungen der besonderen Überwinterungsstrategie der Copepoden in der Norwegensee (Lie, 1968) auf das pelagische System und den vertikalen Partikelfluß untersucht. Im Modell konnte simuliert werden, das ein spätes Einsetzen des Zooplankton-Freßdruckes auf das Phytoplankton bei später im Jahr einsetzender onthogenetischer Vertikalwanderung die Ausbildung einer Frühjahrsblüte, gefolgt von ihrer pulsartige Sedimentation hervorruft, wie es sporadisch in der Norwegensee beobachtet wird.

### **Particle flux and carbon cycling in an eastern boundary current: the Peru/Chile current at 30° S**

D. Hebbeln, G. Wefer

FB Geowissenschaften, Universität Bremen, Postfach 330440, 28334 Bremen

As part of the international JGOFS-Eastern Boundary Current Study we investigated the particle flux and the cycling of carbon in the Peru/Chile Current (PCC) in spite of the special oceanographic and biological conditions in this typical Eastern Boundary Current (EBC). Due to the upwelling of CO<sub>2</sub>-rich waters and the release of CO<sub>2</sub> into the atmosphere (physical pump) on one hand and the fixation of carbon in organic matter in this high productive region (biological pump) on the other hand, the PCC is marked by very high up- and downward carbon fluxes.

The EBCs are part of the oceans high productivity regions, which extend over only 15% of the world ocean area, but account for 50% of the global oceanic export production. Because of the intense carbon cycling the EBCs are of special interest for JGOFS.

We studied the downward component of the carbon cycle using a sediment trap deployed in 2170 m water depth at 30°S and 73°11'W, 100 nm off the Chilean coast. The temporal resolution with 8 and 9 days per sample allows a detailed analysis of the seasonal cycle of the particle flux in the PCC from July 1993 to July 1994.

The southern part of the PCC, off Chile, is one of the least studied EBC regions. By sediment trap studies 100 nm off the Chilean coast at 30°S we found a clear seasonal particulate flux pattern with maximum fluxes in late austral winter. The first continuous sampled full-year record of organic carbon fluxes from the PCC yielded an estimated export production of  $37 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$  and a corresponding annual primary production of  $\sim 190 \text{ g C m}^{-2}$ . By these numbers the PCC is also far away from the near coastal upwelling centers marked as a very high productive EBC.

### **Populationsdynamik von planktischen Foraminiferen und Pteropoden und deren Einfluß auf die Exportproduktion und Sedimentbildung (Partikelfluß)**

Christoph Hemleben, Ralf Schiebel

Institut und Museum für Geologie und Paläontologie, Universität Tübingen, Sigwartstr. 10,  
72076 Tübingen

Die z.Zt. verfügbaren Datensätze zur Verteilung planktischer Foraminiferen und Pteropoden im N-Atlantik umfassen einen Zeitraum von ca. 7 Jahren, sind aber zeitlich und regional noch lückenhaft, so daß interannuelle Vergleiche nur bedingt möglich sind. Die Ergebnisse zeigen aber, daß Vergesellschaftungen planktischer Foraminiferen verschiedener Jahre vergleichbar sind. Die Artenfolge ist relativ unabhängig von der begrenzenden Wassermasse und beginnt mit *Globigerinita glutinata*, die als erste Art auf ein erhöhtes Nahrungsangebot während der Blütsituationen im Frühjahr reagiert. Entsprechend der Phytoplankton-Artenfolge sind die prinzipiell omnivoren planktischen Foraminiferen auf Artengruppen spezialisiert, so *G. glutinata* auf Diatomeen. "Störfaktoren" wie Stürme, Eddies oder Fronten verschieben kurzfristig die "Standard-Situation", die aber relativ schnell (in Tagen) wieder hergestellt wird. Besonders Stürme bewirken einen Produktionsschub, durch die erneute Aufmischung hervorgerufen. Intersaisonale Vergleiche zeigen deutlich die Abhängigkeit der Gehäuseproduktion vom Nahrungsangebot (Nährstoff-Gehalt).

Untersuchungen der stabilen Isotope (Sauerstoff und Kohlenstoff) des Wassers und des Gehäuse-Kalzits zeichnen trendmäßig die populationsdynamischen Ergebnisse nach. Danach verändern sich die Werte in Abhängigkeit von der Durchmischung der Deckschicht, dem Nahrungsangebot und den Lösungsmechanismen unterhalb der Deckschicht.

Der Karbonatfluß bezogen auf die planktischen Foraminiferen ist entsprechend dem Nahrungsangebot während der verschiedenen Jahreszeiten relativ variabel. Die höchsten Remineralisierungsraten treten in Wassertiefen zwischen 100 und 500 m auf. Nur etwa 2% der Gehäuse lebender Vergesellschaftungen erreicht Wassertiefen von über 2500 m. Dabei liegen die Gehäuse- und die  $\text{CaCO}_3$ -Flüsse, berechnet für Multinetzdaten (Sinkgeschwindigkeiten berechnet nach Takahashi und Bé 1984) und nach Sinkstoffallendaten in der gleichen Größenordnung. Im BIOTRANS-Gebiet stellen planktische Foraminiferen im Jahresmittel 57 % des  $\text{CaCO}_3$ -Flusses (26 von  $45 \text{ mg/m}^2/\text{Tag}$ ), während Coccolithen nur etwa 1 % ausmachen ( $0,6 \text{ mg/m}^2/\text{Tag}$ ; Knappertsbusch und Brummer, 1995). Da nach ersten Abschätzungen Pteropoden nicht die restlichen ca. 42 % ausmachen, kann eine vollständige Beschreibung des  $\text{CaCO}_3$ -Flusses vorerst noch nicht durchgeführt werden.

#### Literatur

Knappertsbusch, M. and G.-J.A. Brummer, 1995. A sediment trap investigation of sinking coccolithophorids in the North Atlantic. - Deep-Sea Res., 42(7): 1083-1109.

Takahashi, K. and Bé A.W.H., 1984. Planktonic foraminifera: factors controlling sinking speeds. - Deep-Sea Res., 31(12): 1477-1500.

**Neuer Antrag im Rahmen des Deutschen JGOFS-Programms**  
**Thema: Modellierung des vertikalen Stofftransportes in der Wassersäule**

K. Herterich

Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Postfach 33 04 40, 28334 Bremen

G. Radach

Institut für Meereskunde, Universität Hamburg, Troplowitzstr. 7, 22529 Hamburg

1. Gesamtziel des Vorhabens

Gesamtziel des Vorhabens ist es, einen Beitrag zu einem Modell zu leisten, mit welchem sich die zeitliche Entwicklung des Kohlenstoffs und anderer biologisch wichtiger Stoffe des Ozeans über Jahrzehnte bis zu Jahrhunderten berechnen läßt (siehe den Science Plan, JGOFS Report Nr. 5). Unser Vorhaben gliedert sich in zwei Schwerpunkte:

1.1. Die Modellentwicklung

- Die Weiterentwicklung eines 1d-Modells für die Wassersäule mit besonderer Berücksichtigung der bio-geochemischen Prozesse
- Die Neuentwicklung eines lokalen 3d-Modells mit voller Physik und teilweise parameterisierter Bio-Geochemie im Bereich der JGOFS Sinkstoffallen.

1.2. Ein Beitrag zur Synthese der JGOFS-Daten

- durch eine Datensammlung und Aufbereitung dieser Daten zum Antrieb und zur Verifikation vorhandener Modelle sowie die Durchführung geeigneter Modellexperimente

2. Wissenschaftliche Arbeitsziele

Ein Vorhersagemodell für den Zustand der Bio-Geosphäre muß notwendigerweise ein globales Modell sein mit relativ hoher Auflösung. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt gibt es noch nicht genug Daten um solch ein Modell zu verifizieren. Es sollen deshalb in Teilbereichen Fortschritte erzielt werden, die geeignet sind, dem Fernziel eines globalen Modells der Bio-Geosphäre näher zu kommen. Die hier geplante 1d-Modellierung erlaubt es, Einzelprozesse in der Wassersäule genauer zu studieren, die später in globale 3d-Modelle (in parameterisierter Form) übernommen werden können. Als Zwischenschritt soll ein 3d-Modell entwickelt werden, welches sich auf einen Teilbereich des Ozeans beschränkt (im Bereich der JGOFS-Sinkstoffallen). Gegenüber der 3d-Modellierung des globalen Ozeans hat dies den Vorteil, daß man in der Auflösung höher gehen kann und noch relativ dicht an den Daten bleibt. Eine zusätzliche, modellbezogene Datensammlung ist dennoch notwendig, um den Antrieb des hier zu entwickelnden lokalen 3d-Modells definieren und die Modellresultate verifizieren zu können. Mit der Hilfe dieser Daten und der zur Verfügung stehenden Modelle soll auch eine projektübergreifende Synthese versucht werden. Soweit Parameterisierungen der Bio-Geochemie, die für das lokale 3d-Ozeanmodell entwickelt wurden, sich auch für das globale Modell eignen könnten (bio-geochemisches Modell des MPI, Hamburg), soll dies auch untersucht werden.

## 2.1 1d-Modellierung

Die zentrale Frage, die mit der Hilfe der 1d-Modellierung untersucht werden soll ist: Durch welche Modellvorstellungen können die Befunde aus dem Epipelagial und aus den bodennahen Schichten konsistent verbunden werden, d.h. in welcher Art und Weise erfolgt ein Stofftransport durch die Wassersäule?

- Durch welche empirische Funktion ist die Tiefenabhängigkeit des vertikalen Partikelflusses zu beschreiben?
- Wie findet der Abbau der organischen Substanz in den oberen 1000 m statt ?

Die oben angeführten Fragen setzen eine Kenntnis über den Export von Kohlenstoff aus dem Epipelagial voraus. Auch wenn - zumindestens für die Hauptarbeitsgebiete von JGOFS - Stoffmengen und -raten angegeben werden können, sollten dennoch die Prozesse, die den Export steuern, weiter untersucht werden.

## 2.2 3d-Modellierung

Neben der 1d-Modellierung der Wassersäule soll eine 3d-Modellierung im Bereich der JGOFS Sinkstoffallen durchgeführt werden. Auf der Basis eines lokalen Modells des Ozeans mit voller Physik soll ein bio-geochemischer Teil hinzugefügt werden.

Die zentrale Frage, die hier untersucht werden soll ist:

- Welchen Einfluß hat die Struktur des 3d-Geschwindigkeitsfeldes auf den vertikalen Partikelfluß?

Diese Frage soll mit der Hilfe einer Serie von sogenannten Sensitivitätsexperimenten beantwortet werden. Ziel ist dabei, mit dem modellierten Partikelfluß möglichst nahe an Beobachtungen mit Sinkstoffallen heranzukommen.

## 2.3 Beitrag zu einer projektübergreifenden Synthese der JGOFS-Daten

Eine Synthese von Daten erfordert immer eine zugrunde liegende Modellvorstellung. Je nach der Art der Daten kann eine Hierarchie verschiedener Modelle zum Einsatz kommen. Diese Synthese soll in 3 Schritten erfolgen:

- Die Sammlung der JGOFS-Daten sowie ihre Archivierung am DOD in einer benutzergerechten Form
- Eine Aufbereitung dieser Daten für ihre Verwendung in Modellen
- Die Definition und Durchführung von Modellexperimenten, die geeignet sind, einen Beitrag zur Synthese zu leisten

Die Synthese ist eine interdisziplinäre Aufgabe und ist als ein eigenständiges wissenschaftliches Vorhaben anzusehen.

### **Optische Untersuchungen im Arabischen Meer: Erste Ergebnisse der M32/5 Fahrt**

R. Heuermann, R. Reuter

Fachbereich Physik, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Postfach 23 05, 26111  
Oldenburg

Auf der Meteor-Fahrt M32/5 wurden optische Messungen in der Wassersäule mit einem neuentwickelten optischen Sensorsystem durchgeführt. Aus den gewonnenen Daten lassen sich spezifische Aussagen über organische Substanzen, insbesondere den Gelbstoffgehalt, Art und Menge von Schwebstoffen, Tryptophan sowie über die wesentlichen Pigmente des Phytoplanktons machen.

Ergänzend wurden Wasserschöpferproben bei spezifischen Anregungswellenlängen mittels eines Laborfluorometers vermessen. Neben den in situ verwendeten Wellenlängen, sind dies insbesondere diejenigen, die im flugzeuggestützten Lidar-System (LFS) Verwendung finden. Gezeigt werden erste Ergebnisse der Oberflächenproben, sowie ausgewählte Tiefenprofile.

### **Reconstruction of past nutrient utilization in the eastern Angola Basin based on sedimentary $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ratios**

M.E. Holmes, P.J. Müller, R. Schneider, M. Segl, G. Wefer

Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Postfach 330 440, 28334 Bremen

Stable nitrogen isotope ratios in Holocene and Late Quaternary sediments from the eastern Angola Basin have been used to investigate changes in past nutrient utilization in this low-latitude upwelling region. Three surface sediment transects, perpendicular to the coast at 6°S, 12°S and 17°S showed an increase in  $d^{15}\text{N}$  with distance from land. This trend is likely caused by nutrient enrichment in nearshore water (resulting from coastal upwelling), allowing increased nitrogen isotopic fractionation during photosynthesis. This leads to light  $d^{15}\text{N}$  values in water near the coast because this larger nitrate pool is not as extensively utilized as in water further from the coastal upwelling centers. Denitrification in the oxygen minimum zone overlying the two outermost sample locations of the transect at 12°S may also play a role in the elevated  $d^{15}\text{N}$  values measured in these sediments. Cores from two deep (>3000 m) sites, one in the Congo Fan, at around 6°S and one in the middle Angola Basin, near 12°S, were also compared.  $d^{15}\text{N}$  values in these sediments range from around 5 to 10 ‰ and are inversely correlated with organic carbon content and positively correlated with SST. Both cores show cyclic variations in  $d^{15}\text{N}$  which are synchronous with precessionary and obliquity cycles. The  $d^{13}\text{C}_{\text{org}}$  record of core GeoB 1008-3, which has been previously measured, demonstrates the presence of a significant amount of terrestrial material in this core. However, in this region, the input of terrigenous matter is not distinguishable in  $d^{15}\text{N}$  values. In this work, we have shown

that nitrogen isotope ratios can be used in assessing present and past changes in photic zone productivity.

### **Partikelfluß am brasilianischen Kontinentalrand**

T.C. Jennerjahn, V. Ittekkot, C.E.V. Carvalho

Institut für Biogeochemie und Meereschemie, Universität Hamburg, Bundesstraße 55, 20146  
Hamburg

Im Rahmen des deutsch-brasilianischen Gemeinschaftsprojekts JOPS-II wurde der vertikale Partikelfluß am brasilianischen Kontinentalrand mit einem Sedimentfallensystem beprobt. Das aus zwei PARFLUX MARK 7G-21 Fallen bestehende System war 50 km vor der Mündung des Sao Francisco (10°56'S, 36°13'W), des größten Flusses Ostbrasiens, in 2100 m Wassertiefe verankert (Fallentiefen 500 m und 1550 m). Der Partikelfluß wurde in hoher zeitlicher Auflösung (6-Tage-Intervalle) vom 4. Januar bis zum 10. Mai 1995 beprobt.

Der Partikelfluß in 1550 m Wassertiefe variiert zwischen 42.2 und 292.2 mg m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Die Flußrate organischen Kohlenstoffs schwankt zwischen 1.8 und 10.5 mg m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Dies ist vergleichbar mit Partikelflußraten aus dem, von Frischwassereintrag geprägten Golf von Bengalen. Das Flußmaximum im März fällt in die Zeit des höchsten Frischwassereintrags aus dem Sao Francisco. Der Anteil lithogenen Materials ist generell sehr hoch. Er beträgt im Mittel 52 % und erreicht während des Partikelflußmaximums im März bis zu 61 %.

Während des viermonatigen Untersuchungszeitraums wurden insgesamt 16.5 g m<sup>-2</sup> absinkenden partikulären Materials und 0.7 g m<sup>-2</sup> organischen Kohlenstoffs aufgefangen, soviel wie in vielen Regionen des tiefen Ozeans in einem Jahr. Da die Partikelflußrate an die Abflußrate des Sao Francisco geknüpft ist und zwei Drittel des jährlichen Frischwassereintrags aus dem Fluß in den Monaten Januar bis April erfolgen, repräsentiert die aufgefangene Gesamtmenge vermutlich den Großteil des gesamten jährlich absinkenden Materials. Die Verknüpfung der Partikelflußrate mit der Abflußrate des Sao Francisco, die hohe Gesamtmenge aufgefangenen partikulären Materials und die Dominanz lithogenen Materials weisen darauf hin, daß der Eintrag terrigenen Materials durch den Sao Francisco von quantitativer Bedeutung für den Partikelfluß und damit für die Sedimentation und die Akkumulation terrigenen und marinen organischen Kohlenstoffs auf dem brasilianischen Kontinentalrand ist.

### **Gelöster organischer Kohlenstoff im Ozean: Export und Umsatz**

P. Kähler

Institut für Ostseeforschung, Seestraße 15, 18119 Warnemünde

Der Transport von Kohlenstoff aus der Deckschicht in die Tiefe des Ozeans ist die zentrale Frage der JGOFS. Zwar liegt im gelösten organischen Kohlenstoff (DOC) das nach dem Carbonatsystem zweitgrößte Reservoir an Kohlenstoff im Ozean vor, doch dies allein ist kein Grund, ihm eine große Bedeutung für den Kohlenstoffexport zuzuschreiben. Für gelöste Substanzen kommen für einen Transport nur Konvektion, Einmischung und Diffusion in Frage. Außerdem ist die Bildungs- und Konsumptionsrate, also die Umsatzzeit von überragender



Bedeutung. Inertes DOC, das sich konservativ verhält, hat offenbar für den Transport keine Bedeutung, ebensowenig labiles Material, das kurz nach seiner Bildung respiriert, d.h. in  $\text{CO}_2$  zurückverwandelt wird. Auf mehreren Ausfahrten in den Atlantik zu verschiedenen Jahreszeiten konnte festgestellt werden, daß eine wesentliche Komponente des DOC weitgehend inert ist. Im Tiefenwasser ( $>1000\text{m}$ ) ist nur solches Material vorhanden, seine Konzentrationen sind bis zum Boden gleich und über die Jahreszeiten konstant und weltweit sehr ähnlich. An der Oberfläche treten dagegen starke kleinräumige Unterschiede und saisonale Entwicklungen auf. Das DOC, das für diese Variabilität verantwortlich ist, ist allerdings zum größten Teil bio-verfügbar und kann von Bakterien schnell und effektiv (mit gutem Biomasse-Gewinn) abgebaut werden. Entsprechend tritt es nur kurzfristig auf. Seine Konzentration ergibt sich aus dem Grad der Entkopplung von Primärproduktion, seiner ultimativen Quelle, und dem Abbau durch Bakterien. Es tritt folglich nur während der Wachstumsperiode auf. Bilanzierungen im Oberflächenwasser und die direkte Beobachtung bei Deckschichtvertiefungen ergeben erhebliche Abwärts-Transportraten dieses Materials, doch nur innerhalb des Bereichs der maximalen Tiefenausdehnung der Deckschicht. Von dort wird es in Form von  $\text{CO}_2$  bei jeder tiefen Durchmischung der Wassersäule mit der Atmosphäre in Kontakt gebracht, hat also Bakterien schnell und effektiv (mit gutem Biomasse-Gewinn). Eine dritte Komponente des DOC bildet einen flachen Gradienten zwischen der maximalen Deckschichttiefe und etwa  $1000\text{m}$  Tiefe. Nur diese hat Bedeutung für den Kohlenstoffexport, der mit Hilfe des Koeffizienten der vertikalen Durchmischung abgeschätzt werden kann. Die Konzentrationen (in  $\mu\text{mol/Liter}$ ) der drei genannten Fraktionen des DOC liegen im Oberflächenwasser des Nordatlantik bei 42 (stabiles DOC), 0 bis 30 (labiles, zeitweise akkumulierendes DOC) und 10 (DOC mittlerer Beständigkeit). Die für das Gebiet um  $47^\circ\text{N}; 20^\circ\text{W}$  abgeschätzte Kohlenstoff-Exportraten (als DOC) liegt unter einem Prozent der dort dokumentierten Primärproduktion.

### **Importance of microzooplankton grazing in the southern Ocean during austral spring**

Ch. Klaas

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Postfach 120 161, 27515  
Bremerhaven

Despite high nutrient concentrations, Antarctic waters carry generally low standing stocks of phytoplankton, and primary production is dominated by cells in the nano-size range. Deep mixing of surface waters, iron deficiency and protozoan grazing are considered to be the factors influencing the overall structure of the Antarctic pelagic system.

During the SO-JGOFS cruise Polarstern ANT X/6 (October-November 1992), the distribution, taxonomy and size composition of the microprotozooplankton were studied along a transect extending from the Ice Edge in the Southern Antarctic Circumpolar Current (ACC) to the Polar Front region (PFR) at the  $6^\circ\text{W}$  meridian. Additionally, grazing and growth experiments were carried out under controlled conditions with an antarctic heterotrophic dinoflagellate (*Protoperidium* sp.).

Ratios of microprotozooplankton to microphytoplankton biomass were close to 1.0 in the Southern ACC, where low phytoplankton standing stocks were found, and 0.2 in the PFR where blooms occurred. Size composition of the microprotozooplankton also changed significantly along the transect, with large protozoa ( $>60\mu\text{m}$ ) dominating in the Southern ACC and smaller

organisms (20-40µm) in the PFr. Grazing impact of protozoa on primary production was high in the Southern ACC and lower in the Polar Front region. The composition of the microzooplankton assemblage indicates that the large component of heterotrophic protists in the Southern ACC remove a significant fraction of the larger phytoplankton (diatoms), thus preventing the accumulation of phytoplankton biomass.

### **A new paleoproductivity transfer function based on diatom assemblages**

J.J. Knaack, U. Pflaumann, M. Sarnthein

Geologisch - Paläontologisches Institut der Universität Kiel, Olshausenstraße 40, 24118 Kiel

Diatom species were used to establish a new transfer function to reconstruct high - time resolution paleoproductivity records near the equator and off Northwest Africa. The preservation of biogenic opal in marine sediments is independent of water depth and mainly controlled by the total amount of biogenic produced opal. In the high-productivity belt of the equatorial divergence zone diatom abundance reaches more than 20 million valves /g sediment, whereas abundancies are lower in near-shore high productivity zones, except off Nigeria and Gabon, and outside, in the "blue ocean" (<1 million valves/g). Distribution patterns of relative species abundancies reveal three productivity levels: 1. A high-productivity assemblage is dominated by *Thalassionema nitzschioides*, *Rhizosolenia spp.*, and includes weakly silicified species and high numbers of resting stages (Chaetoceros). This group is linked to coastal upwelling such as off Cote d'Ivoire during northern summer. 2. A moderate-productivity assemblage (dominated by *Rhizosolenia bergonii*) marks sediments below the equatorial upwelling, here characterized by high diatom abundance (possibly because of low sediment dilution). 3. A low-productivity "blue ocean" assemblage is enriched in dissolution-resistant species (*Paralia sulcata*, *Azpeitia nodulifer*). Modern distribution patterns of diatoms and their resting stages in 120 sediment surface samples from the low latitude East Atlantic (10° S-30° N, 30° W-10° E) were related to productivity values of Koblentz - Mishke et al. (1970) (correlation coefficient :  $r = 0.93$ ). Per analogy with modern distribution patterns we reconstructed paleoproductivity records off northwest Africa and near the equator using the modern analogue transfer technique (SIMMAX).

For example, below the coastal upwelling cell off Cape Blanc the productivity record in ODP Hole 658 C (average sample resolution: 250-350 yrs) shows glacial estimates that varied from 155 to 175 gC/sqm yr decreasing from about 200 gC/sqm yr near the stage 2/3 boundary. Because of sediment dilution, diatom abundancies were as low as 1 million valves per g dry sediment. Subsequent to stage 2, paleoproductivity slightly increased up to 210 gC/sqm yr at the end of Termination Ib whereas the diatom number culminated at a prominent level of >20 million diatom valves per g dry sediment, later again decreasing to 0.5 - 6 million valves per g. During the Holocene productivity stayed high, except for a low of 170 gC/sqm yr about 4-6 kyr ago. These variations generally correlate with a high - resolution paleoproductivity record based on organic carbon fluxes (Sarnthein et al., 1992). On the other hand the variations in diatom abundance closely parallel a recent pigment record (P. Harris, Bristol). For comparison Meteor core 16867 records the history of the equatorial high - productivity region W of Gabon. Glacial productivity has been enhanced (170 - 220 gC/sqm yr) and paralleled by high diatom abundance (10 - 35 million valves/g dry sediment). A productivity minimum marks Termination I (about 90 gC/sqm yr). After a maximum in the earliest Holocene (160 gC/sqm

yr) the values decreased to 115 - 125 gC/sqm yr, except for two short spikes (150 gC/sqm yr). This record well agrees with the estimates from accumulation rates of organic carbon (110 - 175 gC/sqm yr). In summary it turns out that paleoproductivity estimates based on diatom species assemblages match more closely the estimates obtained from other productivity proxies than the abundance of diatoms or opal accumulation rates that possibly are stronger influenced by preservational factors.

## **Wassermassen und Transporte in der Kanaren-Region**

M.Knoll, Ch.Haag

Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

An Hand von CTD-Messungen aus der Kanaren-Region (27-31°N, 9-19°W) werden die beobachteten Wassermassen und ihre räumliche Verteilung beschrieben. Erwartungsgemäß für ein Auftriebsgebiet nimmt in der Oberfläche die Temperatur und der Salzgehalt zur Afrikanischen Küste hin ab und die Isothermen und Isohalinen zeigen einen deutlichen Anstieg. In dem darunterliegenden Dichtebereich (26.6-27.3 kg/m<sup>3</sup>) wird die gesamte Region von Nordatlantische Zentralwasser (NACW) bedeckt, das eine typische Temperatur/Salzgehaltsbeziehung aufweist.

Unterhalb des NACW wird in einem Dichtebereich von circa 27.3-27.6 kg/m<sup>3</sup> ein Salzgehaltsminimum beobachtet, wobei die geringsten Salzgehalte mit  $S < 35.25$  psu südlich und östlich der Kanarischen Inseln gemessen werden. Dieses Salzgehaltsminimum wird durch Antarktische Zwischenwasser (AAIW) verursacht, das sich entlang des Afrikanischen Schelfs nach Norden bewegt. Nördlich von Gran Canaria liegen die Salzgehalte des Minimums meist höher als 35.4 psu. Einzelne Stationen nördlich von Gran Canaria weisen allerdings sehr salzarme Intrusionen von AAIW auf, das vermutlich direkt über die Schwelle zwischen Gran Canaria und Fuerteventura geflossen ist.

Darunter, in einem Dichtebereich von etwa 27.6-27.8 kg/m<sup>3</sup>, liegt das von Norden kommende, salzreiche Mittelmeerwasser (MW), dessen weitere südliche Ausbreitung durch die Inselkette behindert wird. Nördlich der Kanarischen Inseln zeigt das MW einen Salzgehalt von  $S > 35.5$  psu und auch zwischen den Kanarischen Inseln und dem Afrikanischem Schelf, wo es sich am Boden südwärts ausbreitet, wird ein Salzgehalt von  $S > 35.45$  psu beobachtet. Südöstlich von Gran Canaria ist der Einfluß des MW am geringsten und der Salzgehalt in diesem Dichtebereich ist  $S < 35.3$  psu. Unterhalb des MW wird in der gesamten Region Nordatlantische Tiefenwasser (NADW) beobachtet, das wiederum geringe Temperatur- und Salzgehaltsvariationen aufweist.

Für die Berechnung von geostrophischen Transporten mit der dynamischen Methode an Hand von CTD-Messungen wird zunächst ein Referenzniveau bestimmt, in dem nahezu Stromlosigkeit herrscht. Dabei wird von der Massenerhaltung für unabhängige Schichten innerhalb einer geschlossenen, hydrographischen Box ausgegangen. Entsprechend der Wassermassenanalyse wird die Wassersäule dabei in etwa 5-7, nahezu gleich große Schichten eingeteilt. Für variierende Referenzniveaus wird in jeder Schicht der Nettotransport in zwei CTD-Boxen bestimmt, die jeweils nördlich und östlich der Kanarischen Inseln liegen. Geeignete Referenzniveaus liegen in der Tiefe, in der die Summe über die Quadrate der Nettotransporte in jeder Schicht minimal wird.

Die Untersuchungen nördlich der Kanarischen Inseln ergeben drei mögliche Referenzniveaus auf den Isopyknen/Isobaren: 27.3 kg/m<sup>3</sup>, 27.8 kg/m<sup>3</sup> und 3000 m. Die beiden oberen Isopyknen trennen die Wassermassen des NACW/AAIW bzw. des MW/NADW, das untere Referenzniveau liegt im NADW. Für den Bereich östlich der Kanarischen Inseln ergibt sich ein weiteres Referenzniveau auf der Isopykne 27.6 kg/m<sup>3</sup>, die zwischen dem AAIW und dem MW liegt. Für die verschiedenen Referenzniveaus wurden geostrophische Transporte über mehrere Zonalschnitte nördlich, südlich und östlich der Kanarischen Inseln berechnet.

Im Oberflächenbereich ( <26.6 kg/m<sup>3</sup> ) werden für alle Referenzniveaus zwischen den Inseln südwärtige Transporte mit 1-2 Sv beobachtet, während östlich der Inseln kein nennenswerter Transport stattfindet. Im Bereich des NACW ( 26.6-27.3 kg/m<sup>3</sup> ) tritt ebenfalls für alle Referenzniveaus ein südwärtiger Transport mit 1.3-3 Sv nördlich der Inseln auf, der sich südlich der Inseln auf 3-5 Sv erhöht. Östlich der Inseln wird ein Transport nach Norden beobachtet. In größeren Tiefen sind die Wassermassentransporte meist sehr klein.

### **Phytoplankton, Primary Production and Nutrients During the South-West Monsoon in the Arabian Sea**

I. Kriest, K.v. Bröckel, P. Fritsche, K. Nachtigall, C. Reineke, B. Zeitzschel  
 Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

During leg M32/5 on a transect from Mahe (Seychelles) north towards 16°N 62°E and further on towards the coast of Oman (18°35'N, 57°10'E) three different regimes providing typical abiotic conditions were encountered:

#### 1. Oligotrophic oceanic waters

In the central Arabian Sea there was a uniform temperature distribution and nutrient concentrations were near detection limits down to about 70 - 80 m. Below the thermocline nutrient concentrations were increasing up to about 20, 27 and 1.8 µmol/L for SiO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> and PO<sub>4</sub>, respectively. Chl α concentration was low (about 0.4 µg/L), with two maxima at 50 and 90 - 100 m. Primary production was below 1 gC/m<sup>3</sup>/d and was dominated by organisms smaller than 0.8 µm.

#### 2. Coastal upwelling

In the coastal upwelling region close to the Oman coast surface water temperature was between 20 and 21 °C. Nutrient concentrations were about 17, 6.5 and 1.5 µmol/L for NO<sub>3</sub>, SiO<sub>4</sub> and PO<sub>4</sub>, respectively. The high Chl α concentration (0.9 µg/L) and also high primary production value with a maximum of 3.34 gC/m<sup>2</sup>/d were mainly due to a fast growing diatom population.

#### 3. Open ocean upwelling/ region influenced by the Findlater Jet

In the region influenced by the Findlater Jet, a large diversity of different regimes was found. The regimes were different with respect to hydrography and nutrient chemistry as well as biology. Of these stations some showed a uniform distribution of cold sea water (<23°C) from the surface through the euphotic zone down to greater depths with relatively high nutrient concentrations at the surface (e.g. 8, 3 and 0.7 µmol/L for NO<sub>3</sub>, SiO<sub>4</sub> and PO<sub>4</sub>, respectively). Phytoplankton populations consisted of several diatom species together with flagellates. Primary production on these stations was generally above 2 mgC/m<sup>2</sup>/d, showing the western Arabian Sea as an area of enhanced productivity. The observations lead to the assumption that in this area events on a time scale of days or weeks induce entrainment of nutrients into the

euphotic zone, thus favouring the development of diatom blooms. The occurrence of senescent diatom populations and also dinoflagellates may be an indication for different successional stages following these events.

### **Simulation der Planktodynamik während der Frühjahrsblüte in der Nordsee und im Nordatlantik**

W. Kühn, G. Radach

Institut für Meereskunde; Universität Hamburg, Troplowitzstr. 7; D-22529 Hamburg

Das Ziel von JGOFS, das vor allem in der Schlußphase zu verfolgen sein wird, nämlich die während der bisherigen Laufzeit des Gesamtprojekts gewonnenen Beobachtungsdaten auszuwerten und zu großräumigen bis globalen Abschätzungen der ozeanischen Reservoirs und Flüsse von Kohlenstoff, Stickstoff, etc. zu gelangen, kann nur mit Hilfe numerischer Modelle erreicht werden. Hierzu muß eine Modell-Hierarchie, von lokalen, eindimensionalen Modellen über mesoskalige bis zu großskaligen 3D-Modellen, entwickelt werden. Eindimensionalen Simulationsmodellen des Zusammenspiels von vertikalen physikalischen Austauschprozessen (unter Berücksichtigung hochfrequenter meteorologischer Fluktuationen) und der Dynamik des Planktonsystems kommt dabei die wichtige Funktion zu, die Modellvorstellungen, die verwendeten Prozeßbeschreibungen sowie die Validität der benutzten biologischen Parameter zu testen.

Ein solches eindimensionales, vertikal aufgelöstes physikalisch-biologisches Wassersäulenmodell wurde in den letzten Jahren entwickelt (KÜHN, 1994, KÜHN & RADACH, 1995). Seine Grundlagen sind ein physikalisches Modell, das die Herausbildung des vertikalen Turbulenzfeldes aufgrund der Energie- und Impulsflüsse über die Grenzfläche Atmosphäre-Ozean simuliert (MELLOR & YAMADA, 1974, 1982), sowie ein biologisch-chemisches Stickstoff-Kreislauf-Modell, das die Nährstoff- und Planktodynamik der unteren trophischen Stufen im Pelagial beschreibt (FASHAM et al., 1990; FASHAM, 1993).

In dem hier gezeigten Poster sind die Ergebnisse der bisher mit diesem Modell durchgeführten Untersuchungen zusammenfassend dargestellt. Den ersten Anwendungsfall stellt das Fladengrund-Experiment in der nördlichen Nordsee vom Frühjahr 1976 (FLEX '76) dar, das aus mehreren Gründen für detaillierte Modelluntersuchungen herangezogen wurde: erstens wurde während FLEX '76 eine relativ umfassende Datenerhebung vorgenommen (meteorologische und hydrodynamische Zustandsgrößen, Nährstoffe, Phytoplankton, Mesozooplankton, PON, DFAA); zweitens waren während des Beobachtungszeitraums die advektiven "Störungen" relativ gering, sodaß neben vertikalen Durchmischungs- und Schichtungsvorgängen die biologische Dynamik das Geschehen bestimmte, und drittens ist es unerlässlich, auch die hochproduktiven atlantischen Schelfgebiete in die globalen Abschätzungen einzubeziehen (HOLLIGAN, 1990). Es zeigte sich, daß die Entwicklung des Temperaturprofils in der Wassersäule sehr gut reproduziert werden konnte. Dasselbe trifft zu für Beginn, Dauer und Größenordnung der Phytoplanktonblüte wie für die Entwicklung der  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  und DFAA-Konzentrationen. Probleme bei der Interpretation der Simulationsergebnisse, die die heterotrophe Aktivität betreffen, hängen zum einen mit Lücken in den Beobachtungsdaten zusammen. So fehlen z.B. Messungen der bakteriellen Produktion sowie Angaben zu Bestand und Grazing von Mikrograzern. Zum anderen zeichnen sich Unzulänglichkeiten des Modells ab, die aus dem hohen Aggregationsgrad der biogenen

Kompartimente sowie aus der sehr vereinfachten Behandlung der Entwicklung des Zooplanktons resultieren (KÜHN & RADACH, 1995).

Den zweiten Anwendungsfall stellt das JGOFS-Auftaktexperiment NABE '89 dar. Hier wird jeder Interpretationsversuch (LOCHTE et al., 1993; BENDER et al., 1992) durch die beträchtliche hydrodynamische Variabilität erschwert, dadurch daß nämlich unfreiwilligerweise unterschiedliche Wasserkörper erfaßt wurden. Dennoch kann auch hier das 1D-Modell erfolgreich die Größenordnung und den Verlauf der beginnenden Frühjahrsblüte sowie den Exportfluß von partikulärem organischen Stickstoff aus der Deckschicht reproduzieren.

Aus den vorliegenden Resultaten ziehen wir folgende Schlußfolgerungen für die Fortführung der Arbeiten an und mit dem Modell: (1) In enger Kooperation mit messenden und beobachtenden Biologen sollen die Parametrisierung der lebenszyklischen Entwicklung des Zooplanktons sowie des bakteriellen Metabolismus verbessert werden. (2) Zusätzlich soll durch eine Aufspaltung biogener Kompartimente (Phytoplankton, Zooplankton, Detritus) in Größenklassen eine größere Realitätsnähe des Modells erreicht werden. (3) Durch die Einbeziehung größerer Tiefenbereiche (bis zu 1000 m) soll eine Verbindung zwischen den vorliegenden Beobachtungen im Epipelagial und dem Transport von organischem Material in große Wassertiefen hergestellt werden. Diese Erweiterung wird wahrscheinlich die Einführung variabler Elementverhältnisse notwendig machen, wodurch Kohlenstoff und die Nährstoffe Phosphat und Silikat als Zustandsvariable notwendig werden. Voruntersuchungen sollen zeigen, ob auch der Karbonathaushalt berücksichtigt werden muß.

#### Literatur:

- BENDER, M., DUCKLOW, H., KIDDON, J., MARRA, J. & MARTIN, J. (1992).  
The carbon balance during the 1989 spring bloom in the North Atlantic Ocean, 47°N, 20°W. *Deep-Sea Res.* 39, 1707-1725.
- FASHAM, M. J. R. (1993).  
Modelling the marine biota. In: M. Heimann (Ed.), *The global carbon cycle* (pp. 457-504). Berlin: Springer.
- FASHAM, M. J. R., H. W. DUCKLOW & S. M. MCKELVIE (1990).  
A nitrogen-based model of plankton dynamics in the oceanic mixed layer. - *J. mar. Res.*, 48: 591-639.
- HOLLIGAN, P. (1990).  
*Coastal Ocean Fluxes and Resources. Report on a CP2 Ad Hoc Workshop, Tokyo, Japan, 19-22 Sept. 1989.* IGBP Rep. No. 14, 53 pp.
- KÜHN, W. & G. RADACH (1995).  
Simulation of the spring bloom dynamics in the northern North Sea using a 1-D physical-biological model. - *J. mar. Res.* (eingereicht).
- KÜHN, W. (1994).  
Ein eindimensionales physikalisch-biologisches Modell des pelagischen Stickstoffkreislaufs. Anwendungsfall: Frühjahrsblüte in der nördlichen Nordsee (FLEX '76). - *Berichte aus dem Zentrum für Meeres- und Klimaforschung, Reihe B, Heft 14* (66 pp.).

LOCHTE, K., DUCKLOW, H. W., FASHAM, M. J. R. & STIENEN, C. (1993).  
Plankton succession and carbon cycling at 47°N 20°W during the JGOFS North Atlantic  
Bloom Experiment. Deep-Sea Res. II, 40, 91-114.

MELLOR, G. L. & T. YAMADA (1974).  
A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers. - J. Appl. Met., 13:  
1791-1806.

MELLOR, G. L. & T. YAMADA (1982).  
Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. - Rev. Geophys.  
Space Phys., 20: 851-875.

### **Partikelflüsse ausgewählter Spurenelemente von 1992 bis 1994 auf 54°N/21°W**

J. Kuß, A. Prang, P. Streu & K. Kremling

Institut für Meereskunde Kiel, Abt. Meereschemie, Düsternbrooker Weg 20,  
D-24105 Kiel, Germany

Von der nördlichen JGOFS-Station (54°N/21°W) werden Jahresgänge der partikulären Spurenelementflüsse (SE-Flüsse) von Aluminium, Cadmium, Eisen, Kalzium, Kobalt, Kupfer, Nickel, Titan, Vanadium, Zink und anderen Elementen in 1000 m, 2200 m und 2880 m Tiefe 1992-1994 dargestellt.

Auf der Basis ihrer Vertikalprofile lassen sich die partikulären SE grob in drei Gruppen aufteilen: in biogene ("biogenic") Elemente, deren partikuläre Gehalte im Mittel mit der Tiefe stark abnehmen (Cd, Zn, P), biologisch beeinflusste (Ca, Cu, Ni) und in angereicherte ("refractory") SE, deren durchschnittliche Konzentrationen mit der Tiefe deutlich zunehmen (Al, Co, Fe, Mn, Pb, Ti und V). Das bestätigt den schon auf der Position L2 (47°N/20°W) für den Jahresgang 1992-1993 beobachteten Verlauf. Die Profile der Elemente Cd, Ni, Cu und Zn stimmen auch quantitativ mit den Werten von L2 überein, wogegen Al, Co und Fe einen erhöhten Gehalt auf dieser nördlichen Position aufweisen.

In der Sinkstoffalle in 2880 m, 100 m über der Sedimentoberfläche, wurde im Spätsommer und Herbst 1992 ein hoher Fluß von Co, Cu, Ni, Fe, Al und Ca dokumentiert. Parallel trat in diesem Zeitraum ein verstärkter Südweststrom mit durchschnittlichen Geschwindigkeiten von 15-20 cm/s in der Bodenschicht auf (Abschlußbericht des planktologischen Teilvorhabens 1.10.91- 30.9.93). Ausgesprochen wichtig war die Beobachtung, daß die 2200 m Falle von diesem Resuspensionsereignis nicht beeinflusst wurde und nur das ausklingende Frühjahrssignal 1992, gefolgt von einer Periode niedrigen Flusses im Herbst und Winter, die bis Anfang Mai 1993 anhielt, aufzeichnete.

Die Anschlußverankerung konnte auf L3 aus technischen Gründen erst im September 1993 ausgebracht werden. In 1000 m und 2200 m wurde ein deutliches Herbstsignal und ebenfalls ein starkes Signal im einsetzenden Frühjahr Mai/Juni 1994 gemessen. Elemente terrigenen Ursprungs, wie Al, Co und Fe, wiesen erhöhte Flüsse in einzelnen Probenintervallen nur in 2200 m auf, was auf einen lateralen Eintrag in dieser Tiefe hindeutet.

## **Computer simulations of oxygen and nitrate concentration profiles in marine sediments**

H. Landenberger, C. Hensen, M. Zabel & H.D. Schulz

FB Geowissenschaften, Universität Bremen, Postfach 330 440, 28334 Bremen

Our goal was to simulate the measured concentration profiles of oxygen and nitrate in marine sediments with help of the transport and reaction model developed in the computer software CoTAM (HAMER & SIEGER, 1994). With CoTAM it is possible to simulate diffusive transport processes coupled with a set of chemical reactions as they are relevant in deep sea sediments. A simulation is divided into discrete time and space intervals. This offers the opportunity for a given concentration profile to be subdivided into a number of depth intervals where any parameter is variable to be determined. Furthermore it is possible to control the thermodynamic stability of the calculated pore water composition by linking the computer software PHREEQE (Parkurst, 1980).

Fitting of concentration profiles to measured data is achieved by simulating microbial respiration of oxygen and nitrate through consumption rates for each species. To be able to use reasonable consumption rates for these processes (as can be deduced from measured data) and to exclude as many variables as possible it is necessary to determine porosity, diffusion coefficients, sedimentation rate and C/N-ratio of decomposed organic matter respectively.

We investigated oxygen and nitrate concentration profiles measured at 2 stations during Meteor cruise M20/2 along the continental slope off West Africa. Oxygen profiles were measured by microelectrodes in situ and in laboratory (GLUD et al., 1994; GLUD & GUNDERSEN, pers. comm.) whereas nitrate profiles were measured from porewater received through squeezing techniques.

Simulations of laboratory and in situ data reveal that oxygen concentration profiles fit very good to the measured data. Comparisons between diffusive oxygen fluxes across the sediment water interface calculated from measured data (GLUD et al., 1994) and from simulations show only small differences.

Nitrification is exclusively coupled to oxygen consumption. If other sources like ammonium oxidation can be excluded, the amount of released nitrate is only dependent on the composition of degraded organic matter. Our investigations (laboratory data) revealed that nitrate production was in no case sufficient if Redfield-Ratio of organic matter is used. Fitting of profiles could only be realized by decreasing the C/N-ratio which significantly raised the maximum nitrate concentration. The C/N-ratio used does not mean the C/N-ratio of organic matter in sediment but that of organic matter decomposed by microbial respiration. A preferential mineralization of nitrogen rich organic matter by microorganisms is already reported by other authors (BLACKBURN, 1980; KRISTENSEN & BLACKBURN, 1987) so that it seems to be a suitable way to explain the measured data.

Furthermore simulations for in situ measurements were carried out. Parameters were the same as used for laboratory data apart from decreased oxygen consumption rates (deduced from higher penetration depths). Because the oxygen uptake directly reflects the nitrification process, the differences in oxygen consumption should influence nitrate concentrations in pore water. Following our estimations in situ nitrate fluxes into the bottom water are probably about 10 to 50% lower than measured in laboratory.

Effects of nitrification and denitrification on pore water pH, alkalinity and calcium concentrations were simulated for GeoB 1711. The results are increasing alkalinity and calcium



concentrations due to CO<sub>2</sub> release and calcite dissolution, as well as pH decrease due to H<sup>+</sup> production. Simulation data are in agreement with measured concentrations of these species.

#### Literature:

Blackburn, T.H. (1980): Seasonal variation in the rate of organic-N mineralization in anoxic marine Sediments.- In: Colloques internationaux du C.N.R.S., No. 293, Biogéochimie de la matière organique à l'interface eau-sédiment marin.- Editions du centre nationale de la recherche scientifique, pp. 148-153, Paris.

Glud, R.N., Gundersen, J.K., Jørgensen, B.B., Revsbech, N.P. & Schulz, H.D. (1994): Diffusive and total uptake of deep-sea sediments in the eastern South Atlantic Ocean: in situ and laboratory measurements.- Deep Sea Res., Vol. 41, No. 11-12, pp. 1667-1788.

Hamer, K. & Sieger, R. (1994): Anwendung des Modells CoTAM zur Simulation von Stofftransport und geochemischen Reaktionen.- Ernst & Sohn Verlag, Berlin.

Kristensen E. & Blackburn T.H. (1987): The fate of organic carbon and nitrogen in experimental marine sediment systems: Influence of bioturbation and anoxia.- J. Mar. Res., 45, pp. 231-257.

Parkhurst, D.I., Thorstenson, D.C. & Plummer, L.N. (1980): PHREEQE - a computer program for geochemical calculations.- 210 pp., U.S Geol. Survey, Water Resource Invest. Rept. 80-96, Washington D.C.

### **Benthische Umsatzprozesse im Monsun-beeinflußten Gebiet des Indischen Ozeans Erste Ergebnisse der Reise Meteor 33/1**

K. Lochte

Institut für Ostseeforschung, Seestraße 15, 18119 Warnemünde

O. Pfannkuche

GEOMAR - Forschungszentrum für Marine Geowissenschaften, Wischhofstraße 1-3, 24148 Kiel

Auf der METEOR-Expedition 33/1 (22. September bis 31. Oktober 1995) wurden auf 5 Stationen im Arabischen Meer biogeochemische Untersuchungen in der (tiefen) Wassersäule und dem Sediment durchgeführt. Diese Arbeiten wurden zum Teil im Rahmen des JGOFS-Indik Projekts finanziert und das gesamte Programm steht inhaltlich in engem Zusammenhang mit den JGOFS-Untersuchungen der METEOR-Fahrtabschnitte 31 und 32.

Thema der Untersuchungen war die Erfassung der Stoffflüsse in der tiefen Wassersäule und in der benthischen Grenzschicht an 5 Stationen im Arabischen Meer (NAST, WAST, CAST, EAST, SAST), die sich in der Produktivität im Epipelagial und im Sedimentationsregime unterscheiden. Die Reise 33/1 umfaßte die Periode des abklingenden SW-Monsuns. Auf dem Sediment waren auf einigen Stationen noch Spuren von frischen Detritus zu sehen. Auf der westlichsten Station WAST ergaben sich sowohl bei den biochemischen Untersuchungen an Sedimenten (Proteine, FDA, ETS, hydrolytische Enzyme) als auch in den Porenwasserprofilen (Sauerstoff, Nitrat) Hinweise darauf, daß hier die höchsten biologischen Stoffumsätze der 5 Stationen stattfinden. Die Station mit den geringsten biologischen Umsätzen im Sediment war SAST im oligotrophen südlichen Arabischen Meer, während die anderen Stationen mittlere Positionen einnahmen.

Damit zeigen sich im Sediment generell ähnliche Verhältnisse, wie durch die Produktivität in der oberen Wassersäule und die Sinkstoffflüsse vorgegeben. Vergleich mit Daten, die im Frühjahr (M31/1, Beginn des NO-Monsun) auf der Station WAST gewonnen wurden, zeigte jetzt eine Steigerung bei einigen Parameter. Dieser Nachweis ist jedoch schwierig zu führen, da das Sediment eine starke kleinräumige Heterogenität aufweist. Diese war stärker ausgeprägt als in den zuvor untersuchten verschiedenen Tiefseestationen im NO-Atlantik.

Es können zur Zeit nur erste generelle Ergebnisse dargestellt werden, da die Reise gerade erst abgeschlossen wurde und ein Teil der Proben erst analysiert werden muß.

### **Sinkstoffe im Nordatlantik: Aminosäurenflüsse und -remineralisation**

U. Lundgreen, J.C. Duinker

Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Dargestellt sind Aminosäurenflüsse und -gehalte sedimentierender Partikel des Nordatlantik aus 3 JGOFS-Sinkstoffallenverankerungen der Jahre 1992-94 zwischen 33°N und 54°N. Die Flüsse vergleichbarer Tiefenhorizonte sind für alle 3 Stationen von gleicher Größenordnung. Sie zeigen saisonale Variabilität, jedoch keine ausgeprägte "Sommer-Maximum / Winter-Minimum" Struktur. Aminosäurenflüsse und -gehalte nehmen mit der Tiefe stark ab.

Die Remineralisationsrate der Aminosäuren beträgt ca. 99,9 %, d.h. nur etwa 1‰ der sedimentierenden Aminosäuren werden im Sediment eingelagert. Der Aminosäuregehalt im Oberflächensediment beträgt nur etwa 1% des Gehaltes sinkender Partikel und nimmt mit steigender Sediment-Tiefe weiter ab. Die Remineralisierung der Aminosäuren erfolgt bevorzugt gegenüber der Gesamtmenge organischer Substanz, dies äußert sich in mit der Tiefe abnehmendem Aminosäure/POC-Verhältnis.

Durch Vergleich der Jahresgesamt-Aminosäure-Stickstoffflüsse in 2000 und 3500 m läßt sich die jährliche Nitrat-Zunahme durch Aminosäuren-Remineralisation in diesem Tiefenintervall bestimmen. Diese beträgt mit 4,45  $\mu\text{mol}/\text{m}^3\text{yr}$  etwa 1/1000 der dort vorhandenen Nitratmenge.

### **Der Fluß planktischer Foraminiferen im Küstenauftriebsgebiet vor Chile**

M. Marchant, D. Hebbeln, G. Wefer

FB Geowissenschaften, Universität Bremen, Postfach 330440, 28344 Bremen

Das küstennahe Auftriebsgebiet vor Peru/Chile ist eines der wichtigsten Hochproduktionsgebiete im Weltozean. Gerade für den südlichen Teil vor Chile, liegen aber nur wenige Daten über die heutigen Bedingungen vor.

Aus dem küstennahen Auftriebsgebiet vor Chile (30°S; 73°10'W) aus 2173 m Wassertiefe wurden 40 Sedimentfallenproben aus dem Zeitraum Juli 1993 bis Juli 1994 bearbeitet. Die Sedimentfallenproben erlauben hochauflösende Untersuchungen (8-9 Tage Rhythmus) zur Artenverteilung im Foraminiferenfluß im Peru /Chile Strom. Anhand dieser Proben sollen die saisonalen Muster im Foraminiferenfluß in Relation zum Auftriebsgeschehen und zur generellen Ozeanographie zu erfaßt werden.

Die Werte für den Gesamt-CaCO<sub>3</sub>-Fluß sowie für den Foraminiferen-CaCO<sub>3</sub>-Fluß sind in der ersten Hälfte des Jahresganges (Juli'93-Januar'94) höher als in der zweiten Hälfte (Januar-

Juni'94). Der Anteil des Foraminiferen-CaCO<sub>3</sub>-Flusses am Gesamt-CaCO<sub>3</sub>-Fluß beträgt im Juli'93 4,1%, steigt jedoch im Januar'94 auf 59% an. Durchschnittlich beträgt der Foraminiferenfluß 29,5% vom Gesamt-CaCO<sub>3</sub>-Fluß.

Ein großer Unterschied in der Höhe des Foraminiferenflusses ist zwischen der ersten und der zweiten Hälfte des Jahresganges (Juli'93 bis Januar'94 und Januar bis Juni'94) zu beobachten. Das Maximum der Foraminiferensedimentation fand mit 26811 Ind. m<sup>-2</sup> Tag<sup>-1</sup> Ende Oktober und das Minimum mit 2568 Ind. m<sup>-2</sup> Tag<sup>-1</sup> Anfang Mai statt. Der Gesamt-Foraminiferenfluß besteht fast das ganze Jahr über vorwiegend aus Foraminiferen <150 µm. Eine Ausnahme bildet der Januar, hier überwiegen Gehäuse >212 µm. 16 Arten planktischer Foraminiferen wurden gefunden, wobei *N. pachyderma* (sin. und dex.), *G. bulloides*, *G. calida* und *N. dutertrei* am zahlreichsten auftreten. Generell ist der Fluß von *N. pachyderma* höher als der Fluß der übrigen Arten. Die meisten Arten zeigen ein saisonales Muster, welches dem des Gesamt-Karbonatflusses entspricht. Im Gegensatz dazu verhält sich *G. bulloides*, die ein ausgeprägtes Flußmaximum im Januar zeigt.

### **Lebensstrategien dominanter antarktischer cyclopoider Copepoden**

C. Metz

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Columbusstraße  
D- 27568 Bremerhaven

*Oithona* und *Oncaea* Arten gehören zu den häufigsten Metazoen der Ozeane. Trotzdem ist bisher wenig über ihre Lebenszyklen, insbesondere ihre Ernährung und Reproduktion, bekannt. Dies gilt auch für die dominanten antarktischen Arten *Oithona similis* und *Oncaea curvata*. Ihr Lebensraum ist durch extreme Saisonalität der Nahrungssituation geprägt. Anhand von zwei beispielhaften Stationen der "Polarstern" Expedition in das Bellingshausen Meer im Januar/Februar 1994 und den Ergebnissen von Freßexperimenten werden die unterschiedlichen Lebensweisen der beiden Arten beleuchtet:

*Oithona similis* und *Oncaea curvata* sind epipelagische Arten. Schwerpunktartig wurde *O. similis* jedoch im ozeanischen, *O. curvata* dagegen im neritischen Bereich des untersuchten Gebietes gefunden. *O. similis* pflanzte sich im Februar fort. Der Männchenanteil der adulten Tiere war gering. *O. curvata* hatte dagegen ein ungefähr ausgeglichenes Geschlechterverhältnis. Auch bei dieser Art wurden Weibchen mit Spermatophoren und Eisäcken angetroffen, wobei die Vertikalverteilung dieser Weibchen auf eine Wanderung in tiefe Wasserschichten zur Eiablage hindeutete. Ergebnisse der Freßversuche zeigen, daß sich *O. curvata* pflanzlich ernährt und dabei den koloniebildenden Flagellaten *Phaeocystis* bevorzugt.

### **Uptake of anthropogenic CO<sub>2</sub> by the North Atlantic Ocean**

L. Mintrop, A. Körtzinger, J.C. Duinker

Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

During a WOCE cruise following an east-west transect across the North Atlantic Ocean depth profiles of total carbonate concentration and alkalinity were measured. These data, supported

by nutrient and oxygen concentrations determined in parallel, reveal a pronounced difference between the two oceanic basins east and west of the Midatlantic Ridge. Calculation of the preformed total carbonate concentrations from the measured parameters allow for the detection of the 'excess CO<sub>2</sub>, i.e. the anthropogenic CO<sub>2</sub> signal. The North Atlantic Ocean shows the deepest penetration of the anthropogenic signal compared to all other parts of the world ocean; anthropogenic CO<sub>2</sub> penetrated to approx. 3300 m depth in the eastern basin and even reached the seafloor throughout in the western basin. An estimation of the inventory of the two basins from the integrated depth profiles of excess CO<sub>2</sub> results in a figure of 29 Gt C. This means that the North Atlantic Ocean (from 15°N to 65°N), though only accounting for about 6.4% of the world ocean surface, stores roughly 25% of the CO<sub>2</sub> presumably taken up by the oceans in the last 200 years.

### **Datenmanagement im JGOFS Projekt Arabische See**

T. Mitzka, B. Zeitzschel

Institut für Meereskunde, Marine Planktologie, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Datenmanagement fängt gleich nach der Datenaufnahme an, die Rahmendaten (Positionen, Geräteinsatz, Wassertiefen, usw.) werden auf mögliche Fehler untersucht und gegebenenfalls korrigiert. In der aufgearbeiteten Form bilden sie das Grundgerüst für ein weiteres konstruktives Datenmanagement, das sich nicht nur auf ein reines Implementieren der Messdaten in eine Datenbank beschränkt, sondern für die Projektteilnehmer eine effektive Schnittstelle zu allen in dem Projekt gewonnen Daten und Ergebnissen bilden soll. Ein modernes Datenmanagement, daß zeigt zum Beispiel die vorbildliche Arbeit am British Oceanographic Data Center (BODC), erzeugt einen komplexen und in sich konsistenten Datensatz der nicht nur im Rahmen des Projektes, sondern darüber hinaus der wissenschaftlichen Gemeinschaft von großem Nutzen in weiteren Untersuchungen sein wird. Als Endprodukt des Projektes Arabische See wäre die Veröffentlichung der Daten auf CD-ROM und ein internationaler Datenaustausch mit Nationalen Datenzentren, den sogenannten NODC's, eine gute Möglichkeit den gewonnenen Datensatz der wissenschaftlichen Gemeinde zugänglich zu machen. Die im Rahmen des JGOFS Projektes Arabische See gewonnen Daten werden mit Hilfe einer relationalen Datenbank (RDB) organisiert, so daß eine schnelle Extrahierung in beliebiger Form und Zusammenstellung gewährleistet ist und umgekehrt neue Datensätze oder "Datenupdates" zügig implementiert werden können. Um allen Projektteilnehmern den Zugriff auf die vorhanden Informationen zu ermöglichen, werden verschiedene Weg des Datentransfers eingerichtet. Zur Zeit bestehende Möglichkeiten sind der Weg auf Diskette per Post und der Datentransfer via FTP oder E-Mail. Für die Zukunft ist ein direktes Arbeiten an der Datenbank über das Internet mit Telnet geplant. Ein weiteres Informationsmedium ist das World Wide Web ( WWW ), auf der Homepage des Instituts für Meereskunde ( [html://www.ifm.uni-kiel.de](http://www.ifm.uni-kiel.de)) im Unterverzeichnis der Abteilung der Marinen Planktologie wird ein Inhaltsverzeichnis der Datenbank mit weiteren Informationen und Anmerkungen zum aktuellen Stand des Projektes implementiert werden. Das WWW soll aber nicht nur reine Informationsdienste leisten, sondern mit Hilfe von sogenannten "Fill-out-forms" soll den Benutzern die Möglichkeit eines "feedbacks" auf die Webseiten, das Datenmanagement und eine weiterer Weg zum Datenanfordern gegeben werden.

## Diffusiver DOC Transport aus der Deckschicht des Atlantischen Ozeans

S. Otto\*, W. Balzer\*, G. Fischer<sup>#</sup>

\* FB 2-Meereschemie; Universität Bremen, Postfach 330440, 28334 Bremen

<sup>#</sup> FB 5-Geowissenschaften; Universität Bremen, Postfach 330440, 28334 Bremen

Der diffusive Fluß von gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) aus der Oberflächenbox in den Bereich unterhalb der Thermokline wird aufgrund von gemessenen DOC Konzentrationen und den aus CTD-Daten berechneten vertikalen Austauschkoefizienten ( $K_v$ ) abgeschätzt. Dieser Transport von DOC aus der Deckschicht in die darunterliegenden Wassermassen wird mit dem Transport von partikulären organischem Kohlenstoff (POC) verglichen. Um diese Vergleichbarkeit zu erzielen, wurden die Transportraten des POC aus Fallendaten nach der Beziehung  $F_z = F_{100}(z/100)^{-0.858}$  für den 100 m Horizont hochgerechnet. Die Ergebnisse zeigen regional unterschiedliche Anteile des DOC am Kohlenstoffexport aus der Deckschicht. Die Spanne reicht von 2-3% in Hochproduktionsgebieten bis zu über 50% des POC-Flusses in der Kanarenregion, in der wegen der Dichtschichtung der oberen 500 m der Wassersäule ein großer diffusiver Fluß möglich ist. Die berechneten DOC Flüsse beschränken sich aufgrund der vorliegenden Meßdaten auf konkrete Zeiträume und spiegeln keinen Jahresdurchschnitt wieder. Diese Ergebnisse implizieren, daß in bestimmten Environments der diffusive DOC Transport einen deutlichen Anteil an Kohlenstoffexport der Deckschicht besitzen kann und deshalb keineswegs zu vernachlässigen ist.

## NA-JGOFS 1992: CO<sub>2</sub>-Fluß zwischen Atmosphäre und Deckschicht und der Versuch einer einfachen saisonalen CO<sub>2</sub>-Bilanz für 47°N 20°W

K. Pegler

Institut für Biogeochemie und Meereschemie (IfBM), Universität Hamburg, 20146 Hamburg

Der CO<sub>2</sub>-Fluß ( $F_{CO_2}$ ) zwischen Atmosphäre und Wasseroberfläche wird von der Differenz zwischen CO<sub>2</sub>-Partialdruck von Seewasser ( $pCO_2$  SW) und dem der angrenzenden Atmosphäre ( $pCO_2$  AIR) gesteuert. Der  $F_{CO_2}$  ist außerdem von der Transfergeschwindigkeit von CO<sub>2</sub> in Seewasser ( $k_W$ ) abhängig, die eine Funktion der Wassertemperatur und der Windgeschwindigkeit ist.

Der  $dpCO_2$  (=  $pCO_2$  SW -  $pCO_2$  AIR) aller Oberflächenprofile März-April, Mai und August 1992 zwischen 34 und 60°N entlang 20°W ist meistens negativ, da der mittlere  $pCO_2$  SW kleiner als der mittlere  $pCO_2$  AIR von 359 ppmv 1992 ist (Tab. 1). Damit ist der Nordostatlantik zwischen Spätwinter und Spätsommer eine Netto-Senke für CO<sub>2</sub> aus der Luft. Der  $dpCO_2$  in der Deckschicht wird überwiegend durch die "Biologische Pumpe" verursacht. Dieser CO<sub>2</sub>-Gradient die Voraussetzung für die Lösung von atmosphärischem CO<sub>2</sub> im Ozean. Die Produktion organischen Materials ist langfristig jedoch nicht für einen Netto-Entzug von CO<sub>2</sub> aus der Deckschicht verantwortlich, da der größte Teil ihrer remineralisierten Komponenten (Nährstoffe und CO<sub>2</sub>) zu einem späteren Zeitpunkt - in Monaten bis Jahrhunderten - durch winterliche Konvektion oder Auftrieb wieder an die Wasseroberfläche gelangen. Nur subpolare und polare Meeresgebiete, in denen Tiefenwasserbildung stattfindet,

können langfristig den steigenden CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft durch absinkendes und CO<sub>2</sub>-reiches Oberflächenwasser regulieren.

Tabelle 1: Mittlere Konzentrationen (M), Standardabweichungen (s) und Probeanzahl (n) der gemessenen (TCO<sub>2</sub> N und TA N) und berechneten Parameter (pCO<sub>2</sub> SW, pH<sub>f</sub> und FCO<sub>2</sub>) des CO<sub>2</sub>-Systems bei 47°N 20°W während der M/21 Expedition. Die M/21-1 Daten sind außerdem in eine Phase vor und eine nach dem Sturm vom 28.-30.03.1992 unterteilt. Der CO<sub>2</sub>-Fluß (FCO<sub>2</sub>) zwischen Atmosphäre und Deckschicht bezieht sich in der vorletzten Spalte auf ein m<sup>2</sup> pro Tag und in der letzten auf ein kg Seewasser pro Tag bei einer einheitlichen Deckschichttiefe (MLD) von 40 m. Negative Vorzeichen kennzeichnen einen Netto-CO<sub>2</sub>-Fluß in die Deckschicht.

Meßphase	t SW	S	TCO <sub>2</sub> N	TA N	pH <sub>f</sub>	pCO <sub>2</sub> SW	FCO <sub>2</sub>	FCO <sub>2</sub>	
Datum	[°C]	[psu]	[µmol/kg]	[µeq/kg]		[ppmv]	[µmol/m <sup>2</sup> /d]	[µmol/kg/d]	
vor dem Sturm	M	12.5	35.533	2058.3	2285.9	8.195	353.9	-2140.7	-0.052
21.03.-27.03.92	s	0.6	0.118	8.4	4.6	0.017	16.3	4202.3	0.102
n	42	42	30	36	26	26	26	26	
nach dem Sturm	M	11.6	35.409	2074.5	2294.6	8.191	355.9	-837.9	-0.020
31.03.-05.04.92	s	0.2	0.052	4.3	2.8	0.011	9.7	2615.6	0.064
n	56	56	54	53	52	52	52	52	
M/21-1	M	12.0	35.462	2068.7	2291.1	8.192	355.2	-1272.2	-0.031
21.03.-05.04.92	s	0.6	0.106	9.8	5.6	0.014	12.2	3263.0	0.079
n	98	98	84	89	78	78	78	78	
M/21-3	M	14.0	35.731	2041.1	2321.4	8.266	301.1	-16052.0	-0.391
20.05.-21.05.92	s	0.3	0.047	3.2	1.3	0.004	2.0	367.6	0.009
n	4	4	4	4	4	4	4	4	
M/21-6	M	17.0	35.570	2019.2	2298.5	8.229	335.4	-2531.9	-0.062
02.08.-25.08.92	s	0.5	0.086	5.4	5.6	0.014	12.7	2927.1	0.071
n	135	135	131	128	124	124	124	124	

Die Windgeschwindigkeiten (U) sorgen für eine erhebliche Gasaustauschdynamik an der Atmosphäre-Seewasser-Grenze. Solange die Windstärke bei einem dpCO<sub>2</sub> von ca. -25 ppmv unter 5 m/s bleibt, beträgt der FCO<sub>2</sub> < -200 µmol/m<sup>2</sup>/h. In Phasen mit U > 10 m/s jedoch steigt der FCO<sub>2</sub> auf -400 bis -800 µmol/m<sup>2</sup>/h und oberhalb von 15 m/s auf > -1000 µmol/m<sup>2</sup>/h an. Größere Mengen an CO<sub>2</sub> werden vom Oberflächenwasser nur episodisch als Folge starker Winde aufgenommen, seltener abgegeben. Offenbar ist der dpCO<sub>2</sub>-Betrag allein nicht maßgeblich für die Amplitude des FCO<sub>2</sub>. Faktoren wie die von der Windgeschwindigkeit und Wassertemperatur abhängige Transfargeschwindigkeit (k<sub>w</sub>) sowie die temperaturabhängige Löslichkeit von CO<sub>2</sub> steuern die Quantität des FCO<sub>2</sub> und damit auch den Umfang von CO<sub>2</sub>-Senken und -Quellen.

Anhand der Berechnungen des  $\text{FCO}_2$  und der Messungen der  $\text{TCO}_2$ - und TA-Konzentrationen auf M/21 1992 soll versucht werden, eine einfache saisonale  $\text{CO}_2$ -Bilanz für die Deckschicht bei  $47^\circ\text{N}$   $20^\circ\text{W}$  zu beschreiben. Auch wenn das Datenmaterial hinsichtlich der zeitlichen Abdeckung lückenhaft ist, so läßt sich daraus doch die Größenordnung des Kohlenstoffflusses zwischen Atmosphäre, Deckschicht und Thermokline ableiten.

### **Der Einfluß interannueller Schwankungen der Oberflächenzirkulation im Nordatlantik auf die Deckschichtentwicklung bei $47^\circ\text{N}$ , $20^\circ\text{W}$**

S. Podewski

Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Die neueren Untersuchungen von Heywood et al. (1994), basierend auf den EKE-Feldern ('Eddy Kinetic Energy') der Altimetermessungen von GEOSAT und ERS1, geben Hinweise auf interannuelle Schwankungen der Oberflächenzirkulation im Nordatlantik. Danach war im Jahr 1988 bzw. zwischen 1992 und 1993 der nördlichste Kern des Nordatlantikstromes (NAC), der normalerweise im Bereich der Charlie-Gibbs-Bruchzone bei  $52^\circ\text{N}$  (und ca.  $30^\circ\text{W}$ ) zu finden ist, wesentlich schwächer ausgeprägt bzw. überhaupt nicht vorhanden. In diesen Jahren war das mit dem NAC assoziierte Hauptwirbelfeld weiter nach Süden verlagert, und lag im Mittel bei ca.  $49^\circ\text{N}$  im Jahr 1988 und bei ca.  $50^\circ\text{N}$  von 1992-1993. Im Gegensatz dazu war 1987 eine Aufspaltung des NAC in zwei unterschiedliche Strombänder zu verzeichnen. Das nördlichste folgte dem Verlauf der Charlie-Gibbs-Bruchzone, während der südliche Stromkern bei ca.  $47^\circ\text{N}$  lag. Heywood et al. (1994) vermuteten u.a., daß die beobachteten interannuellen Schwankungen der oberflächennahen NA-Zirkulation auf Änderungen im Windstreiß über den NA zurückzuführen sind.

Welche Auswirkungen könnten diese interannuellen Schwankungen auf die Deckschichtentwicklung, die biologisch-chemische Entwicklung und den Partikeltransport im Gebiet der JGOFS-Zeitserienstation bei  $47^\circ\text{N}$ ,  $20^\circ\text{W}$  gehabt haben?

Anhand eigener hydrographischer Messungen in Verbindung mit AVHRR-SST-Daten (Oberflächentemperatur) von 1987-1992 soll diese Frage näher beleuchtet und diskutiert werden.

Die bisherigen JGOFS-Untersuchungen haben bereits erste Hinweise auf interannuelle Schwankungen der genannten Variablen bzw. Parameter gegeben. Die Partikelfluß-Untersuchungen der Jahre 1989 und 1992 zeigten z.B., daß das Maximum der Frühjahrssedimentation im Jahr 1992 (März) ca. 2 Monate vor der des Jahres 1989 (Mai) auftrat. Der frühe Beginn der Frühjahrsblüte bzw. deren Sedimentation war eng mit einer starken saisonalen Stratifizierung der Wassersäule bereits im März 1992 verknüpft, die während der Beobachtungszeit durch ein Starkwindereignis unterbrochen wurde (vgl. Honjo and Manganini, 1993; Newton et al., 1994; Arbeitsberichte der meereschemischen und planktologischen JGOFS-Teilprojekte 1993 und 1994).

Heywood, K.J., E.L. McDonagh and M.A. White. 1994. Eddy kinetic energy of the North Atlantic subpolar gyre from satellite altimetry. *J. of Geophys. Res.*, Vol. 99, 22,525-22,539.

Honjo, S. and S.J. Manganini. 1993. Annual biogenic particle fluxes to the interior of the North Atlantic Ocean; studied at 34° N 21° W and 48° N 21° W. Deep-Sea Res. II, Vol. 40, 587-607.

Newton, P.P., R.S. Lampitt, T.D. Jickells, P. King and C. Boutle. 1994. Temporal and spatial variability of biogenic particle fluxes during the JGOFS northeast Atlantic process studies at 47° N, 20° W. Deep-Sea Res. I, Vol. 41, 1617-1642.

### **Bericht über die Meteor-Reise M32/3: Fahrtablauf und erste Ergebnisse**

F. Pollehne

Institut für Ostseeforschung, Seestraße 15, 18119 Warnemünde

Im Rahmen der Reise M32/3 in den Indischen Ozean wurden die Produktion, die Konsumption und der vertikale Fluß von Kohlenstoff in die Tiefsee, der CO<sub>2</sub>-Austausch mit der Atmosphäre, Freisetzung und Flüsse weiterer biogener Spurengase sowie Zufuhr und Transport von Spurenmetallen untersucht. Für die hierbei während der Intermonsunphase im Mai 1995 in der Arabischen See durchgeführten Untersuchungen war die detaillierte Messungen der Stickstoffbestände und -flüsse von besonderer Bedeutung. In einer physikalisch und biologisch über lange Phasen stabilen Situation wurden die externe Zufuhr von Stickstoff in die photische Zone und die daraus resultierende "neue" Produktion, die das kritische Maß für den vertikalen Kohlenstoffexport ist, vor dem Hintergrund eines effektiv regenerierenden Systems gemessen. Leistung und Verteilung von Primärproduzenten wurden mit spektralen Aufnahmen des Lichtangebotes verglichen. Abbauprozesse durch Bakterien und höhere Organismen wurden intensiv in den tieferen Wasserschichten der Sauerstoffminimumzone untersucht, wo sie besonders die für den Kohlenstofftransport wichtige Stickstoffmineralisierung beeinflussen. Als Größen, die aus dem Gleichgewicht von Produktion und Abbau resultieren, wurden die Gasflüsse von Kohlendioxid zwischen Atmosphäre und Ozean sowie der Export von partikulärem Kohlenstoff in die Tiefsee gemessen. Entstehungsbedingungen und -raten weiterer klimarelevanter Spurengase wurden gemeinsam von Mikrobiologen und Biogeochemikern untersucht. Transport und Verteilung redoxsensitiver Spurenelemente wurden vom Staubeintrag über die Verteilung in Deckschicht und Tiefsee bis zur Sedimentoberfläche verfolgt. Die Zusammensetzung und Menge silikat- und karbonatschaliger Organismen wurde von Biologen und Geologen untersucht, wobei die veränderliche Sedimentation durch die Sauerstoffminimum-Zone im Vordergrund stand. Diese Untersuchungen fanden auf einem Nord-Süd-Schnitt auf dem 65sten Längengrad zwischen 21° Nord und dem Äquator statt. Auf drei Stationen wurden dabei mehrtägige Prozeßstudien durchgeführt. Die Reise dauerte vom 6.5. bis zum 5.6. 1995.

Erste Ergebnisse:

Die CTD-Messungen zeigen nicht nur das Bild der vertikalen und lateralen physikalischen Bedingungen im Untersuchungsgebiet sondern erlauben auch eine meridionale Kartierung von Sauerstoffminimumzone und Chlorophyllmaximum. Der Kern und der südliche Rand des Sauerstoffminimums haben sich gegenüber einer Aufnahme von 1976 um ca. 180 Meilen nach Norden verschoben, wobei die vertikale Ausdehnung in etwa gleich geblieben ist. Die Transparenz des Oberflächenwassers nimmt von Nord nach Süd zu, wobei sich zugleich mit der Tiefe der photischen Zone (1% PAR) die Lage des Tiefenchlorophyllmaximums von ca. 50 m auf über 80 m Tiefe verschiebt. In dieser Schicht fand sich normalerweise auch die größte



Veränderung der spektralen Lichtverteilung im Bereich von 400-700 nm. Eine Ausnahme machten die Stationen, an denen Aggregate von blaugrünen Bakterien (*Trichodesmium*) schon an der Oberfläche die spektrale Zusammensetzung stark beeinflussten. Auf dem Schnitt war Nitrat im Oberflächenwasser bis auf wenige Nanomol verbraucht, während Orthophosphat akkumulierte. Aufgrund der besonderen biologischen Stickstoffumsätze unter Sauerstoffmangel lag das N/P-Verhältnis im gelösten anorganischen Pool selbst in Tiefen unterhalb von 1200 m mit 10 immer noch erheblich unter dem Redfield -Verhältnis. Nitritmaxima wurden in den Bereichen der Hauptaktivität von nitrifizierenden und denitrifizierenden Bakterien angetroffen. Es konnte eine generelle Abnahme im  $\text{TCO}_2$  von Nord nach Süd beobachtet werden, wobei in der vertikalen Verteilung in den sauerstoffreduzierten Zonen höhere Konzentrationen auftraten als in sauerstoffreichen. Die Anomalien im  $\text{TCO}_2$ /Nitratverhältnis konnten zur Abschätzung des Nitratdefizits auf dem Transekt genutzt werden. Ergebnisse der Aerosolmessungen zeigen starke Schwankungen im Eintrag von löslichem Fe(II), das größtenteils in der Feinfraktion vorlag. Diese Schwankungen können mit dem windbedingten Transport von Wüstenstaub ins Untersuchungsgebiet zusammenhängen, der sich ebenso in den variablen Konzentrationen von gesamt löslichem Aluminium im Oberflächenwasser dokumentierte. Die DOC/DON-Analysen liegen noch nicht vor. Abbauversuche über Sauerstoffmessungen zeigen jedoch, daß ein Großteil des gelösten organischen Materials im Oberflächenwasser kurzfristig abgebaut werden kann, während das Material im Tiefenwasser sehr viel resistenter ist. Die höchsten Raten bakterieller Produktion wurden ebenfalls in den oberen Wasserschichten gefunden. Die Raten der Primärproduktion lagen generell niedrig, wobei höhere Werte an der oberen Flanke des Chlorophyllmaximums auftraten. Die Produktion wurde grundsätzlich von kleineren Organismen dominiert, deren Vorkommen mit Hilfe der Durchflußzytometrie aufgenommen wurde. Populationen von *Prochlorococcus marinus*, *Synechococcus sp.* sowie zwei bis drei unterschiedliche Eucaryotengruppen konnten unterschieden werden. Im Oberflächenbereich zeigte sich ein variables Vorkommen blaugrüner Algen. Die Stickstofffixierung dieser Organismen erreichte bei  $10^\circ$  Nord mit  $20 \text{ nmol/l/h}$  die höchsten Werte.

Die Verteilung von karbonatschaligen Organismen zeigte generell sehr viel niedrigere Vorkommen als im Monsunabschnitt. Die Untersuchungen am größeren Zooplankton sind noch nicht abgeschlossen. Es konnte das gesamte für diesen Fahrtabschnitt geplante Programm durchgeführt werden. Es ist somit nach Zusammenführung der Ergebnisse von 11 beteiligten Arbeitsgruppen möglich, ein zusammenhängendes Bild des Kohlenstoffkreislaufs im Untersuchungsgebiet zu zeichnen und mit den entsprechenden Studien in anderen Jahreszeiten zu vergleichen.

### **Meridionale Variabilität der Produktionsbedingungen im Zwischenmonsun der Arabischen See**

F. Pollehne, C. Humborg, B. Meyer-Harms, G. Nausch, H. Siegel, U. Wolf  
 Institut für Ostseeforschung, Seestraße 15, 18119 Warnemünde

Im Rahmen der Meteor-Expedition "JGOFS Indischer Ozean" wurde auf dem Fahrtabschnitt M32/3 die Bedeutung pelagischer Stoffumsätze für den Kohlenstoffexport im Zwischenmonsun untersucht. Dabei wurden neben der Hydrographie alle JGOFS Core Parameter (UNESCO, 1994) auf drei Hauptstationen und ein Satz von Basisparametern

entlang eines meridionalen Schnittes von 21° N bis zum Äquator gemessen. Die hier dargestellten Ergebnisse zeigen Ausdehnung und Lage von Tiefenchlorophyll-, Sauerstoffminimumzone und Nitracline. Zusammen mit der meridionalen Veränderung der Lichtverteilung kann ein übergreifendes Bild der Produktionsbedingungen dargestellt werden, das sich auf die intensiven Prozeßstudien an den Langzeitstationen stützt. Die Verteilung von Trichomen stickstofffixierender blaugrüner Bakterien auf dem Schnitt belegt die wichtige Rolle dieser Organismen bei der Zufuhr von atmosphärischen Stickstoff in die photische Zone und die damit zu vermutende Auswirkung auf die Exportproduktion dieser Region. Zusammen mit den Daten der anderen JGOFS-Fahrten dieses Jahres läßt sich hieraus ein räumlich und zeitlich gut aufgelöstes Muster der pelagischen Produktion im zentralen Arabischen Meer ableiten.

### **Alkenon-Flüsse an den JGOFS-Stationen 47°N, 20°W und 33°N, 20°W**

D. Sanders, D. Schulz-Bull & J.C. Duinker

Institut für Meereskunde an der Universität Kiel, Abteilung Chemie

Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

*Emiliana huxleyi* nimmt als weltgrößter Produzent biogenen Calciumcarbonats eine gewichtige Rolle im globalen CO<sub>2</sub>-Kreislauf ein. Sie gehört zur Gattung der Coccolithophoriden, für die die Substanzklasse der "Alkenone" ein exzellenter Biomarker ist. Bei den Alkenonen handelt es sich um langkettige (C37-C39), mehrfach ungesättigte Methyl- bzw. Ethylketone, welche durch spurenanalytische Methoden gut zugänglich sind. Durch ihre Quantifizierung in Sinkstofffallenmaterial ist ein direkter Zugriff auf den Gehalt von Coccolithophoriden in herabsinkenden Partikeln vorhanden. Außerdem kann über die Zusammensetzung bezüglich der verschiedenen Sättigungsgrade der Alkenone innerhalb jeder Probe auf die Wassertemperatur zur Zeit des Wachstums geschlossen werden.

Vorgestellt wird der Datensatz einer Jahresverankerung auf der Position 33°N, 20°W im Zeitraum September 1993 bis August 1994. Die gezeigten Ergebnisse entstammen der Analyse des Materials zweier Sinkstofffallen aus 2200 und 3500 m Wassertiefe. Bemerkenswert ist die Parallelität des saisonalen Verlaufs der Alkenonflüsse in beiden Tiefen, wodurch die Abschätzung einer Mindestgeschwindigkeit absinkender Partikel möglich ist. Zwei Coccolithophoriden-Blüten finden kurz nacheinander im Frühjahr 1994 statt und dauern je ca. einen Monat. Aus der Alkenonzusammensetzung läßt sich in der "Wachstumstiefe" auf eine über den Pebbungszeitraum relativ konstante Temperatur zwischen 20 und 21°C schließen.

Zum Vergleich wird der Datensatz einer Verankerung bei 47°N, 20°W im Zeitraum Juni 1992 bis Mai 1993 gezeigt. Die bearbeiteten Sinkstofffallen waren in 2000 und 3500 m positioniert. Wie erwartet sind die aus den Alkenonverhältnissen ermittelten Durchschnittstemperaturen deutlich tiefer als bei 33°N, 20°W. Auffallend ist auch ein etwa um den Faktor 10 kleinerer Alkenonfluß auf der nördlicheren Position. Die Coccolithophoriden-Blüte findet in diesem Seegebiet offensichtlich im Frühsommer 1993 statt.

## Vergleich planktischer Foraminiferen-Vergesellschaftungen aus Sinkstoffallen und Multinetzfängen bei 47°N, 20°W (BIOTRANS)

Ralf Schiebel, Christoph Hemleben

Institut und Museum für Geologie und Paläontologie, Universität Tübingen, Sigwartstr. 10,  
72076 Tübingen

Ulrich Lundgreen

Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Die Auswertungen planktischer Foraminiferen-Faunen aus Sinkstoffallen und aus Multinetzfängen bei 47° N, 20° W (BIOTRANS-Gebiet) zeigen, inwieweit diese unterschiedlichen Sammlungsmethoden vergleichbare Resultate erbringen. Zum direkten Vergleich dient Fallenmaterial aus 1000 m Wassertiefe (Verankerung L2-92-A, Falle 42, 17. bis 22.5.1992), aus 2030 m (Verankerung L2-92-B, Falle 50, 8.7. bis 5.8.1992) und aus 3500 m (L2-92-B, Falle 46, 5.8. bis 2.9.1992); während dieser Sammlungsintervalle wurden auf der Meteorfahrt 21 Netzfänge bis in 2500 m Wassertiefe durchgeführt.

Ein Vorteil, den Sinkstoffallen gegenüber dem Multinetz bei der Beprobung planktischer Foraminiferen bieten, ist die Erfassung von Gehäusen sämtlicher Größen. Die hier ausgewerteten Netzfänge wurden mit 100 µm-Gaze durchgeführt, so daß die Fraktion <100 µm nicht quantitativ erfaßt ist. Ein weiterer Vorteil der Sinkstoffallen ist die kontinuierliche Beprobung z. B. eines Jahresganges, was mit Netzfängen nicht geleistet werden kann. Der entscheidende Vorteil des Multinetzes ist die Möglichkeit einer zeitlich und räumlich hochauflösenden sowie weiträumigen Beprobung verschiedener Wasserkörper.

Der Fluß planktischer Foraminiferen, nach Auswertung der Sinkstoffallen-Proben aus den Jahren 1992 und 1993, liegt in 1000 m Tiefe bei 25 bis 90 mg CaCO<sub>3</sub>/m<sup>2</sup>/Tag, in 2030 m bei 10 mg und in 3500 m zwischen 10 und 30 mg. Die hier ermittelten Flußraten liegen etwa 2- bis 3-fach über denen von Honjo und Manganini (1993). Die nach Auswertung der Netzfänge ermittelten Flußwerte für CaCO<sub>3</sub> liegen zwischen 3 (Mai, 1000 m) und 60 mg/m<sup>2</sup>/Tag (April, 1000 m). Im Vergleich sämtlicher Daten liegen die nach Netzfängen ermittelten Flüsse in der Variationsbreite der Fallenwerte. In 3500 m Wassertiefe sind in einzelnen Fallenproben starke Anhäufungen kleiner Foraminiferen (<100 bis ca. 20 µm im Durchmesser) zu finden. Dadurch erhöht sich der CaCO<sub>3</sub>-Fluß im Mittel um 17 %. Durch die Einbeziehung der Gehäuse <100 µm wird die quantitative Abschätzung des CaCO<sub>3</sub>-Flusses deutlich verbessert, die faunistische Aussage ändert sich durch die Einbeziehung der kleinen Individuen nicht wesentlich. Die Vergesellschaftungen planktischer Foraminiferen <125 µm werden überwiegend von *Turborotalita quinqueloba* und *Globigerinita uvula* aufgebaut und enthalten zusätzlich zahlreiche juvenile und präneanische Stadien anderer Arten. Eine Bearbeitung dieser Gehäuse im Rahmen populationsdynamischer Arbeiten erscheint daher nicht zwingend. Größenverteilungen von Gehäusen planktischer Foraminiferen aus Netzfängen (> 100 µm) sind im BIOTRANS-Gebiet eingipflig. Die bisher ausgewerteten Größenverteilungen der Gehäuse aus Sinkstoffallen-Proben hingegen sind zweigipflig: Ein Maximum liegt im Gehäusegrößenintervall von 100 bis 125 µm, ein zweites im Intervall von 150 bis 250 µm. Dieses kann als Hinweis auf die Beprobung unterschiedlicher "Populationen" bzw. Generationen durch Sinkstoffallen gewertet werden. So könnte es sich bei dem zweiten Maximum um resuspendiertes Material handeln oder um lateral eingetragenes, frisches Material. Eine weitere Erklärung für die Zweigipfligkeit der "Fallenfaunen" ist die Beprobung

unterschiedlicher Wasserkörper (vgl. Ottens, 1991; Schiebel et al., 1995) und damit unterschiedlicher Faunen.

Die Artenverteilungen der Faunen aus Sinkstofffallen und Netzfängen unterscheiden sich im Wesentlichen lediglich in ihren Anteilen von *T. quinqueloba* und *Neoglobobuadrina incompta*: Während die Netzfaunen von *T. quinqueloba* dominiert werden, sind in den Fallenfaunen ebenso viele oder mehr *N. incompta* als *T. quinqueloba* vorhanden. Da *T. quinqueloba* die höchsten Individuenzahlen in der Fraktion um 100 µm erreicht und nur bis zu einer Größe von 200 µm durchgehend vertreten ist, scheidet diese Art als Grund für die Unterschiede in den Größenverteilungen in Netzen und Fallen aus. Das zweite Maximum, bei 150 bis 250 µm, in den "Fallenpopulationen" wird vorwiegend von *N. incompta* bedingt, in der 3500 m-Falle zusätzlich auch von *Globorotalia inflata*. Nach Schiebel et al. (1995) zeigen erhöhte Faunenanteile dieser beiden Arten den Einfluß des Nordatlantischen Stromes (NAC) an. Die vorherrschende Wassermasse im BIOTRANS-Gebiet ist das Nordatlantische bergangswasser (NATW; nach Ottens, 1991). Die Unterschiede in den Faunen aus Fallen und Netzen könnten damit durch Wassermassenwechsel und lateralen Eintrag bedingt sein, die bei den Netzfängen nicht erfaßt wurden. Um die hier dargestellten, vorläufigen Ergebnisse zu prüfen, sind weitere Auswertungen des Probenmaterials notwendig. Zur Beschreibung des partikulären, kalzitischen Karbonatflusses sollten daher weiterhin Sinkstofffallen und Netze ergänzend ausgewertet werden.

#### Literatur

Honjo, S. and Manganini, S.J., 1993. Annual biogenic particle fluxes to the interior of the North Atlantic Ocean; studied at 34 N 21 W and 48 N 21 W.- Deep-Sea Research Part II, 40 (1/2): 587-607. Ottens, J.J., 1991. Planktic Foraminifera as North Atlantic water mass indicators.- Oceanologica Acta, 14(2): 123-140.

Schiebel, R., Hiller, B. and Hemleben, Ch., 1995. Impacts of storms on planktic foraminiferal test production and CaCO<sub>3</sub> flux in the North Atlantic at 47 N, 20 W (JGOFS).- Mar. Micropal., (im Druck).

### **Zur Verteilung von gelöstem Aluminium in der Arabischen See: Erste Ergebnisse von der Meteor-Reise M32**

U. Schübler, W. Balzer, A. Deeken

Fachbereich Meereschemie, Universität Bremen, 28334 Bremen

Es werden erste Ergebnisse zur Konzentrationsverteilung von total löslichem Aluminium ([TD-Al]) in der Arabischen See vorgestellt. Diese Daten wurden während der F/S Meteor-Reise M32 im Rahmen des JGOFS - Verbundvorhabens im Indischen Ozean gewonnen.

Die Probennahme erfolgte mit spurenelement-reinen GoFlo-Wasserschöpfern, Aufarbeitung und Analyse wurden in einem Reinluft-Arbeitscontainer an Bord durchgeführt. Die unfiltrierten Proben wurden fluorimetrisch nach der Lumogallion-Methode analysiert. Die Probennahme wurde entlang von zwei Schnitten durchgeführt: (A) ein meridionaler Transect entlang 65° E zwischen 0° und 17° N; und (B) ein Schnitt aus der zentralen Arabischen See (ca. 14° N, 65° E) in Richtung der Omanischen Küste (ca. 18° N, 57° E).

Die ersten Ergebnisse zeigen regionale Unterschiede der [TD-Al] im Oberflächenwasser an mit Maxima von bis zu 22 nM in der nördlichen Arabischen See zur Zeit des Intermonsuns. Bei

den meisten Stationen wurden [TD-Al] von 17-20 nM im Oberflächenwasser beobachtet. Deutlich geringere Konzentrationen wurden in Auftriebszonen während des SW-Monsuns gefunden. An einigen Stationen wurden relative Konzentrationsmaxima unterhalb der Oberfläche beobachtet, jeweils in Wassertiefen zwischen 30 m und 100 m. Die [TD-Al] im Tiefenwasser lagen im Bereich von 17-20 nM. Zunehmende [TD-Al] im Bodenwasser wurden nicht für alle Stationen beobachtet, mögliche Ursachen werden diskutiert, ebenso die räumlichen Variationen der [TD-Al].

### **Bestimmung des partikulären Kalziumkarbonatgehaltes in Sinkstofffallenmaterial - Ein Methodenvergleich -**

C. Sellmer

Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Die Hauptbestandteile biogener Partikel, die durch die Wassersäule der Ozeane sinken, werden von Kalziumkarbonat-Gehäusen, Silikat-Schalen und partikulärer organischer Substanz gestellt. Zur partikulären Kalziumkarbonat-Bestimmung in Sinkstofffallenmaterial wurde ein Methodenvergleich durchgeführt. Dazu wurden vier verschiedene Methoden eingesetzt: Die Karbonatboxmethode, die CO<sub>2</sub>-Infrarot-Analyse, die CHN-O-RAPID Elementaranalyse und die ICP-Atom-Emissions-Spektroskopie. Untersucht wurde das Probenmaterial aus zwei 500 m Sinkstofffallen der JGOFS-Verankerungsserie aus dem Nordostatlantik bei 47°N, 20°W (L2-1992/93). Der Vergleich der vier Methoden ergab, daß die einzelnen Analyseverfahren zahlreiche Fehlerquellen aufweisen, die zu inkorrekten Kalziumkarbonat-Ergebnissen führen können. Die Anteile des mit den verschiedenen Methoden bestimmten Kalziumkarbonat-Anteiles am Partikelfluß variierten zwischen 40-60 %. Im Mittel machte partikuläres Kalziumkarbonat, das in den Proben in Form der karbonatischen Hartschalen der Coccolithophoriden und der pelagischen Foraminiferen vorlag, mit 50 % den Hauptbestandteil des Partikelflusses im Jahr 1992/93 im Nordostatlantik aus. Allen hier eingesetzten Methoden gemeinsam war die Problematik einer korrekten Probenaufteilung. Im Falle der Karbonatboxmethode, der CO<sub>2</sub>-Infrarot-Analyse und der CHN-O-RAPID Elementaranalyse erwies sich das notwendige Trennverfahren der partikulären organischen und anorganischen Kohlenstoffkomponente als ausschlaggebend für die Genauigkeit der ermittelten Kalziumkarbonat-Ergebnisse. Hier werden die Vor- und Nachteile der Probenaufarbeitung und der einzelnen Methoden sowie die während der Analysen entwickelten Verbesserungsmöglichkeiten vorgestellt.

### **ESTOC-Station bei den Kanarischen Inseln**

G. Siedler, C. Haag, M. Knoll, T.J. Müller

Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

S. Neuer, G. Wefer

FB Geowissenschaften, Universität Bremen, Postfach 330 440, 28334 Bremen

Ziel des spanisch-deutschen ESTOC-Vorhabens ist die Beobachtung der Schichtung und Zirkulation im östlichen Randstromgebiet des Nordatlantiks als Basis für die gleichzeitige

Untersuchung biogeochemischer Kreisläufe, wobei ein verbessertes Verständnis des Kohlenstoffflusses und zugehöriger Elemente in dieser Region angestrebt wird. Logistisch hat das Vorhaben drei Hauptstützen: monatliche Messungen auf der Station mit dem lokal vorhandenen spanischen Schiff "Taliarte" oder anderen Schiffen, mindestens einmal pro Jahr durchgeführte Aufnahmen in der Umgebung der Station und Langzeitmessungen mit verankerten Geräten.

Bei den monatlichen Beobachtungen gab es nach der sehr vollständigen Meßserie 1994 im Jahre 1995 auf spanischer Seite wegen der Ueberführung des ICCM Telde in eine neue Finanzierungsform Schwierigkeiten bei der Mittelbereitstellung für das Forschungsschiff "Taliarte". Die entstehenden Lücken im Beobachtungsprogramm konnten zu einem großen Teil mit den deutschen Schiffen "Victor Hensen" und "Poseidon" gefüllt werden. Messungen liegen damit vor für die Monate 1, 2, 5, 6, 9 und 10. Es besteht Aussicht, daß "Taliarte" ab November 1995 wieder für die regulären monatlichen Probennahmen an der ESTOC-Station zum Einsatz kommt. Folgende Parameter werden zur Zeit erfaßt: Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoff, Phosphat, Nitrat, Nitrit, Silikat, Chlorophyll-a, verschiedene Spurenstoffe und die Verteilung der Zooplanktonbiomasse.

Mehrere Aufnahmen in der Region wurden mit deutschen Forschungsschiffen durchgeführt. Auf die "Poseidon"-Fahrt im September/Oktober 1994 folgte im Mai/Juni 1995 eine Fahrt der "Victor Hensen" und im September/Oktober 1995 eine Fahrt mit der "Poseidon". Alle Fahrten enthielten interdisziplinäre Arbeiten der Kieler und Bremer Gruppen gemeinsam mit spanischen Arbeitsgruppen. Dabei wurde erfolgreich versucht, Prozesse in der Region zu erfassen und Datensätze für Bilanzierungen zu gewinnen. Beispiele von ersten Ergebnissen werden vorgestellt.

Die Bremer Sedimentfallenverankerung wird im November 1995 zum 6. Mal ausgelegt, und die Kieler Strommesserverankerung wurde nach dem ersten Jahr erfolgreich geborgen und eine neue Verankerung ausgelegt.

Die ersten Ergebnisse zeigen, daß die ausgewählte ESTOC-Position nicht nur logistisch Dauermessungen erlaubt, sondern auch hinreichend weit entfernt vom direkten Einfluß des Küstenauftriebs vor Afrika ist, so daß repräsentative Datensätze für eine größere Region erwartet werden können.

Die ESTOC-Arbeiten haben darüberhinaus das Interesse anderer Arbeitsgruppen geweckt, und mit dem erwarteten Start des MAST-III CANIGO-Projekts Mitte 1996 werden eine Vielzahl von Untersuchungen im Kanaren-Azoren-Gebiet anlaufen, die sich wesentlich auf die Langzeitbeobachtungen im deutsch-spanischen ESTOC-Programm abstützen werden.

### **Stratifizierung der ozeanischen Deckschicht: Stabile Isotope von Plankton-Foraminiferen im Europäischen Nordmeer**

J. Simstich(1), H. Erlenkeuser(2), M. Sarnthein(1)

(1) Geologisch-Paläontologisches Institut (SFB 313), Universität Kiel, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel

(2) Leibniz-Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung, Universität Kiel, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel

Die häufigsten gemeinsam vorkommenden planktischen Foraminiferen im Europäischen Nordmeer sind die polare *Neogloboquadrina pachyderma* (sin.) und die subpolare

*Turborotalita quinqueloba*. Stabile Isotope von Sauerstoff und Kohlenstoff spiegeln in den Kalkskeletten die Bildungsbedingungen in den jeweiligen Tiefenhabitaten wider. Die mittleren Kalzifizierungstiefen dieser Arten ergeben sich aus einem Vergleich der Sauerstoffisotopenverhältnisse im Kalk der Foraminiferen mit dem erwarteten Wert bei der Kalzifizierung im Gleichgewicht mit der Zusammensetzung der Sauerstoffisotope im Wasser unter einer bekannten (Levitus) Umgebungstemperatur. Proben aus Oberflächensedimenten (0-1 cm) in West-Ost Profilen zeigen im Bereich des salzarmen Ostgrönlandstromes ein gemeinsames, tieferes Habitat beider Arten, unterhalb der (sommerlichen) Schmelzwasserschicht. Dieses wird auch durch Planktonfänge bestätigt. Ähnliches gilt für das östliche Norwegenbecken im Einflußbereich des salzarmen Norwegischen Küstenstromes. Im Atlantischen Warmwassereinstrom und dem Arktischen Zentralwasser liegt der Lebensraum beider Arten nahe der Oberfläche.

Zusätzlich wurden an einer Station im Norwegenbecken, von der Proben aus Sediment und Sinkstofffallen vorliegen, Isotopenanalysen an einer hohen Anzahl von Proben mit geringer Gehäusezahl durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, daß *N. pachyderma* (sin) im Bereich der Thermokline im Sommer kalzifiziert. Das Isotopensignal von *T. quinqueloba* repräsentiert hingegen die Deckschicht.

### **TCO<sub>2</sub> / NO<sub>2/3</sub> relationship as a tool for the determination of denitrification**

H. Thomas, B. Schneider, G. Nausch

Institut für Ostseeforschung Warnemünde, Seestraße 15, 18119 Rostock-Warnemünde

Extensive total carbonate (TCO<sub>2</sub>) measurements were performed during May 1995 in the Arabian Sea along a transect between 21°N and 0°N at 65°E. The transect passed the southern part of the oxygen depletion zone (ODZ) in the Arabian Sea and the transition to the equatorial Indian Ocean.

An attempt is made to qualify the intensity of the denitrification in the ODZ along the transect. In contrast to the "NO"-Method applied in previous estimates we used anomalies in the relationship between TCO<sub>2</sub> and inorganic ionic nitrogen to calculate losses due to denitrification. The advantage of this method is, that no Redfield-like assumptions are necessary. This leads to an essential reduction in the uncertainties of the results. Vertically integrated values are presented in dependence on the latitude and are compared with other data of this area.

### **Bakterielle Produktion und enzymatische Aktivität im Arabischen Meer während des SW - Monsuns '95**

S. Ullrich, K. Jeskulke, H.-G. Hoppe

Institut für Meereskunde, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Ziel der mikrobiologischen Untersuchungen während der M32/5 Reise war es, bakterielle Umsatzraten während der SW - Monsun Periode in unterschiedlichen Produktionsgebieten der Arabischen See (Küstenauftriebsgebiet vor Oman, Bereich des offenen Ozean Auftriebes und zentrale Arabische See) zu bestimmen. Die Beprobung erstreckte sich von der oberen

Wassersäule bis in die Sauerstoffminimumzone (- 800m) hinein, teilweise wurden die Arbeiten auch bis in den Bereich der unteren Wassersäule und bis zum Boden ausgedehnt. Von großem Interesse war es dabei, die mögliche Kopplung zwischen Primärproduktion und bakterieller Sekundärproduktion in der oberen Wassersäule zu untersuchen und festzustellen, inwieweit die bakterielle Aktivität in der Sauerstoffminimumzone (OMZ) reduziert oder aber den speziellen Bedingungen dieser Zone (ca. 120 - 1500m) angepaßt ist. Von besonderer Bedeutung sind dabei die bakterielle Denitrifikation und die Bildung der klimarelevanten Gase  $N_2O$  und  $CH_4$ , die im Rahmen dieser Fahrt von der Mainzer Arbeitsgruppe untersucht wurden. Die Arbeiten in der zentralen Arabischen See wurden entlang eines Schnittes von  $0^\circ 65'E - 14^\circ 27'N 65^\circ E$  durchgeführt. Hauptuntersuchungsgebiet war dann ein Schnitt von  $14^\circ 27'N 65^\circ E$  auf die Küste Omans ( $18^\circ 38'N 57^\circ 52'E$ ) zu, auf dem die verschiedenen Produktionsgebiete untersucht werden sollten. Bisher gibt es für die hochproduktive SW - Monsun - Periode und dieses Seegebiet keine Daten zur bakteriellen Produktion und Aktivität. Im einzelnen wurden die bakterielle  $^3H$  Thymidin- und  $^3H$  Leucin - Inkorporation, aus denen die Nettosekundärproduktion bestimmt wird, gemessen, sowie die bakterielle extrazelluläre Enzymaktivität (Aminopeptidase-, Phosphatase- und Glukosidase - Aktivität) fluorometrisch bestimmt, um die Hydrolyseraten polymerer Substanzen zu ermitteln. Für bestimmte Tiefen wurden fraktionierte Filtrationen durchgeführt, um die partikelgebundene bakterielle Aktivität mit der der freien Bakterien vergleichen zu können. Als erste Ergebnisse konnten für die  $^3H$  Thymidin - Inkorporation in der zentralen Arabischen See maximal 2 - 4 pmol TdR/l/h bestimmt werden. Die höchsten Werte wurden in Tiefen zwischen 10m und 60m ermittelt. Während bei  $0^\circ 65'E$  eine geringe Thymidin - Aufnahme noch in 2000m nachgewiesen werden konnte, nahm die Tiefe, in der eine Thymidin - Aufnahme noch gemessen werden konnte, nach Norden hin mit zunehmenden Ausprägung der Sauerstoffminimumzone ab. Im Hauptuntersuchungsgebiet erhöhte sich die maximale Thymidin - Aufnahme von der offenen See zur omanischen Küste hin von 3 pmol/l/h, über 6 pmol/l/h bis auf  $> 12$  pmol/l/h im Bereich des Küstenauftriebes, also um den Faktor 4 gegenüber der zentralen Arabischen See. Generell gingen die Werte in 100m stark zurück, unterhalb 100m bis in 800m Tiefe konnte nur sehr geringe oder gar keine Bakterienproduktion nachgewiesen werden. Im Küstenauftriebsgebiet vor der omanischen Küste ging die Thymidin - Aufnahme bereits in 38m Tiefe deutlich ( $< 1$  pmol/l/h) zurück. Die höchsten bakteriellen Hydrolyseraten wurden für die Aminopeptidase gemessen. Unter den oligotrophen Bedingungen in der zentralen Arabischen See wurden Werte von 6-7 nmol/l/h ( $V_{max}$ ) im oberen Bereich der Wassersäule (-150m) bestimmt. Im Küstenauftriebsgebiet vor der omanischen Küste stiegen die Hydrolyseraten um den Faktor 8 - 9 bis auf 56 nmol/l/h ( $V_{max}$ ). Die extrazelluläre Enzymaktivität ging hier bereits unterhalb von 40m deutlich zurück. Diese ersten Ergebnisse zeigen eine ähnliche Verteilung der bakteriellen Produktion und hydrolytischen Aktivität mit einem deutlichen Anstieg der Werte von den oligotrophen Bereichen der zentralen Arabischen See hin zum küstennahen Auftriebsgebiet vor der omanischen Küste.



## Natürliche Radionuklide als Tracer für Partikeldynamik im Nordatlantik

S. Vogler<sup>1</sup>, J. Scholten<sup>2</sup>, A. Mangini<sup>1</sup>

1: Heidelberger Akademie der Wissenschaften

2: Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Kiel

Die ersten Ergebnisse über die Verteilung von  $^{230}\text{Th}$  und  $^{232}\text{Th}$  in der Wassersäule und über die Isotopenflüsse in die Sedimentfallen liegen vor. Die massenspektrometrische Meßtechnik ermöglicht es, die langlebigen Isotope  $^{230}\text{Th}$  und  $^{232}\text{Th}$  in der partikulären und gelösten Phase in einer Wassermenge von wenigen Litern und in Sedimentfallenmaterial von einigen Milligramm mit einer Genauigkeit von etwa 3-5% zu messen. Das im Sommer 1994 genommene Profil an der Station 47°N 20°W zeigt einen linearen Zuwachs der  $^{230}\text{Th}$  Konzentration mit der Tiefe sowohl in seiner gelösten als auch in der partikulären Phase (Filter: 0.45  $\mu\text{m}$ ). Der prozentuale Anteil von partikulärem  $^{230}\text{Th}$  am Gesamtgehalt beträgt dabei etwa 17%. Das Profil läßt sich mit einem reversiblen Adsorption/Desorptions-Modell beschreiben. Daraus wurde eine mittlere Sedimentations-Geschwindigkeit für Th-adsorbierende Partikel zu  $S = 2.8 \text{ m/d}$  bestimmt. Diese Sinkgeschwindigkeit beinhaltet sowohl die Aggregation kleiner nichtsinkender Partikel (Schwebstoffe) zu größeren Aggregaten, als auch deren schnelles Absinken mit Sinkgeschwindigkeiten von einigen hundert m/d. Die first-order Reaktionskonstanten betragen für die Adsorption  $k_1 = 0.28 \text{ y}^{-1}$  und für die Desorption  $k_{-1} = 1.1 \text{ y}^{-1}$ , was Adsorption/Desorptions Zeiten von 3.6 Jahren, bzw. 318 Tagen entspricht. Aus der bekannten Produktion von  $^{230}\text{Th}$  im Ozean läßt sich eine Gesamtverweilzeit von etwa 17 Jahren ermitteln. Die  $^{232}\text{Th}$  Konzentration ändert sich im Gegensatz zu  $^{230}\text{Th}$  mit der Tiefe nur wenig, was an der fehlenden in-situ Quelle dieses Isotopes liegt. Die Quelle von  $^{232}\text{Th}$  in den Ozean ist rein terrigen und der Eintrag erfolgt hauptsächlich über die Atmosphäre durch den rain-out von Staub-Partikel. Der prozentuale Anteil an partikulärem  $^{232}\text{Th}$  in der Wassersäule ist daher mit 32% größer als der für  $^{230}\text{Th}$ . Die mangelnde Kenntnis über den genauen atmosphärischen Input von  $^{232}\text{Th}$  und über den Anteil, der irreversibel in Staub-Partikeln gebunden ist, machen allerdings eine Modellierung für dieses Isotop äußerst schwierig.

Die Ergebnisse der Untersuchungen an Sedimentfallenmaterial zeigen einen jahreszeitlichen Gang der Th-Isotopenflüsse, der dem Partikelfluß entspricht. Dabei nimmt der  $^{230}\text{Th}$ -Fluß mit der Tiefe der Fallen zu. Dies zeigt deutlich, daß für den vertikalen Export von partikulärem Thorium nicht nur die oberen 200m der Wassersäule sondern die gesamte Wassersäule eine Bedeutung haben (über Aggregation und Disaggregation der sedimentierenden Partikel). Im Jahresmittel wurden allerdings in allen Fallentiefen deutlich geringere Isotopenflüsse gemessen (bis zu 70%), als die aus der Produktion zu erwartenden Flüsse. Dies bedeutet, daß entweder ein enormer horizontaler Advektions- oder Diffusionsfluß von Thorium stattfindet, oder daß die Sinkstoffallen für den partikulären Fluß von Thorium eine zu niedrige Effizienz besitzen. Diese Frage soll durch weitere Messungen von Thorium sowohl in der Wassersäule als auch an Sedimentfallenmaterial, sowie zusätzlich durch die erstmalige massenspektrometrische Messung von  $^{231}\text{Pa}$  geklärt werden.

**Tägliche Zooplanktonwanderungen beobachtet im Nord Atlantik in der BIOTRANS Region (47°N, 20°W).**

J. Waniek, U. Zeller

Institut für Meereskunde, Universität Kiel Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Dieses Poster stellt die Analysen und Ergebnisse der Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) Aufzeichnung aus der JGOFS Verankerungsstation L2 bei 47°N, 20°W vor, die im Zeitraum September 1993 bis Juni 1994 gewonnen wurde. Der akustische Strömungsmesser, der eine berührungsfreie Strömungsmessung ermöglicht (Doppler Effekt), war in 300 m Tiefe verankert und zur Oberfläche gerichtet. Neben der Registrierung der horizontalen und vertikalen Geschwindigkeitskomponenten liefert das ADCP Informationen bezüglich der Intensität und der Schwächung der rückgestreuten Signale, woraus Aussagen über vertikale Zooplanktonwanderungen abgeleitet werden können. Die Betriebsfrequenz des Strömungsmessers beträgt 153 kHz, sodaß Wanderungen von Zooplanktern der Größenordnung 1 cm erfaßt werden. Tägliche und saisonale vertikale Wanderungen großer Zooplankter wie z.B. Euphausiden sind ein weit verbreitetes Phänomen in vielen Regionen des Ozeans, das aber nur schwer in situ beobachtet werden kann.

Das Poster soll im ersten Teil einen kurzen Überblick über die Dynamik der oberen 300 m der Wassersäule vermitteln und zum anderen sich mit dem Phänomen der Migration von Zooplanktern schwerpunktmäßig beschäftigen. Die Registrierungen der vertikalen Geschwindigkeit als auch der Intensität des rückgestreuten Signals zeigen deutliche tägliche Zyklen auf, die auf Migrationsbewegungen vom Zooplankton zurückzuführen sind. Die Auf- und Abbewegungen haben eine Dauer von annähernd 5 Stunden und weisen maximale Geschwindigkeiten von 0.5 cm/s auf. Die Strukturen konnten in Tiefenbereich zwischen 150-300 m beobachtet werden.

**Driftexperimente in der Arabischen See: Erste Ergebnisse der Meteor-Reise M32/5. (Physikalische Daten.)**

J. Waniek, B. Zeitzschel, K. von Bröckel

Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Dieses Poster stellt erste Analysen und Ergebnisse der 11 eintägigen Driftexperimente vor, die im Rahmen der deutschen Beteiligung an der JGOFS-Studie in der Arabischen See während der Meteor-Expedition M32/5 im Juli/August 1995 durchgeführt worden sind.

Schwerpunkt der Meteor Reise M32/5 war die Untersuchung des pelagischen Systems während des SW-Monsuns (Juli-September) in der Arabischen See. Einen wichtigen Teilaspekt stellten Untersuchungen zum Export von Partikeln aus der euphotischen Zone in das Sauerstoffminimum (zwischen 100-1000 m) hinein dar. Die Arbeiten wurden im Bereich des Küstenauftriebes vor der Arabischen Halbinsel, im Bereich des durch den Findlater Jet hervorgerufenen offenen Ozeanauftriebes und im zentralen Teil der Arabischen See durchgeführt.

Anhand ausgewählte Driftstationen werden die Ergebnisse der physikalischen Meßgeräte präsentiert, wobei besondere Beachtung das Verhalten des Drifters d.h. das Verhältnis zwischen der Driftgeschwindigkeit und der relativen Strömung, sowie die Neigung der

Sinkstofffallen finden wird. Weiterhin werden Unterschiede zwischen den Registrierungen aus dem oligotrophen Bereich, Küstenauftrieb und der Kaltwasserzunge anhand von Fluoreszenzmessungen dargestellt.

### **Model Simulation of the carbon system in the microenvironment of symbiont bearing foraminifera**

Zeebe, R. E., Bijma, J., Wolf-Gladow, D.

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Postfach 120 161, 27515 Bremerhaven

The  $D\delta^{13}C$  of foraminiferal tests is routinely used as a proxy for the  $\delta^{13}C$  of the  $\Sigma CO_2$  in paleoceanographic and paleoclimatological studies. Empirical relationships between  $D\delta^{13}C$  of the  $\Sigma CO_2$  and various environmental parameters are then used to reconstruct paleo-conditions. However, life processes such as respiration, calcification and photosynthesis of the host-symbiont system (so called vital effects) can strongly modify the signal. In addition, it was recently demonstrated for *Orbulina universa* that the isotopic composition of the shell strongly depends on the carbonate chemistry of the ocean. As a first step towards the understanding of these relationships, we have developed a mathematical model of the carbonate system within the foraminiferal microenvironment. The model includes diffusion (boundary layers), chemical reactions and uptake or release of the carbonate species ( $CO_{2(aq)}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ). Model results show that vital effects can significantly affect the carbonate chemistry at the site of calcification, indicating noticeable exchange of carbon isotopes of different  $D\delta^{13}C$  values. Increased  $CO_{2(aq)}$ -concentrations through host respiration ( $^{12}C$  enriched) and calcification at the surface of the foraminiferal shell allowed higher photosynthetic rates ( $^{12}C$  preferred) of the symbiotic algae. On the other hand, photosynthesis resulted in a considerable increase of  $CO_3^{2-}$  at the shell, explaining enhanced calcification rates of symbiont bearing foraminifera in the light. Model results indicate that the  $\delta^{13}C$  of the foraminiferal shell is determined by ratios of the fluxes produced by vital effects (including  $D\delta^{13}C$  signals), the diffusive flux of the carbon species from the surrounding sea water ( $\delta^{13}C$  of the  $\Sigma CO_2$ ) and the exchange of carbon isotopes through chemical reactions between different carbon species within the microenvironment of the foraminifer.

### **Untersuchungen von kalkigem Nannoplankton im Arabischen Meer zum Ende des Nordost-Monsuns 1995**

A. Zeltner, R. Schiebel, Ch. Hemleben

Institut und Museum für Geologie und Paläontologie, Universität Tübingen, Sigwartstr. 10, 72076 Tübingen

Im Arabischen Meer wurde während des endenden Nordost-Monsuns im März 1995 (Meteor-Reise 31/3) die Wassersäule hinsichtlich der Verbreitung des kalkigen Nannoplanktons (*Coccolithophoridae* i.w.S.) untersucht. Mit Wasserschöpfern wurden auf 10 Stationen in gleichbleibenden Intervallen von 20 bis 2500 m Wassertiefe Proben genommen. Die gefilterten Proben (0,45  $\mu m$ -Nucleoporfiter, regenerierte Cellulose) wurden am GPI Tübingen

rasterelektronenmikroskopisch untersucht. Bislang wurden 75 Coccolithophoriden taxonomisch klassifiziert. An Station 108 (15° N/54° 22'E) besteht in 20 m Wassertiefe mit 34 Arten eine sehr hohe Artenzahl. In 40 m Wassertiefe wurden 22 und in 100 m nur noch 6 Arten registriert. Proben aus 20 m Wassertiefe (10 Stationen) zeigen einen durchschnittlichen Bestand von 0.4 bis  $2 \times 10^5$  Zellen/l. Erste Zählungen in der tieferen photischen Zone auf der Station 108 deuten darauf hin, daß die höchsten Zelldichten in 40 bis 60 m Tiefe zu finden sind. Während in 20 m Tiefe die Zelldichte bei  $1,13 \times 10^5$  Zellen/l liegt, steigt sie bis in 40 m auf  $2 \times 10^5$  Zellen/l und fällt bis in 100 m Wassertiefe auf  $8 \times 10^3$  Zellen/l ab.

Generell dominieren in der oberen photischen Zone über das gesamte beprobte Gebiet hinweg die Arten *Emiliania huxleyi* (Lohmann) Hay et Mohler und *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner. Hohe Nährstoffgehalte und eine Verflachung der Nutrikline zeigt das Vorkommen von *Florisphaera profunda* Okada et Honjo in 60 m Wassertiefe an. Dies entspricht unseren übrigen Ergebnissen der Reise M31/3, nach denen sich der NE-Monsun im Ausklingen befand und nur noch ein schwaches Auftriebsgeschehen herrschte.

### **Protokoll des vierten JGOFS-Workshops am 20. / 21. November 1995 in Bremen, Geowissenschaftliches Gebäude**

*Begrüßung durch Herrn Wefer, Herrn Hack und Herrn Irmisch*

*Herr Zeitzschel (IfMK), Herr Duinker (IfMK), Herr Schulz-Bull (IfMK) und Herr Kremling (IfMK): Langzeituntersuchungen pelagischer Prozesse im Nordatlantik*

Herr Wolf-Gladow erkundigt sich bei Herrn Schulz-Bull, ob Coccolithophoriden generell den Hauptanteil des Gesamtkarbonatflusses ausmachen. Herr Schulz-Bull antwortet, daß die vorgestellten Daten auf eine Coccolithophoriden-Blüte zurückzuführen sind und als ein saisonales Signal betrachtet werden müssen.

Herr Irmisch fragt, ob gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) an Karbonatpartikeln adsorbiert wird und wenn ja, ob dieser Anteil des Kohlenstoffflusses quantitativ erfaßt werden kann. Herr Zeitzschel wendet ein, daß DOC eher an Tonmineralien gebunden wird. Herr Schulz-Bull macht darauf aufmerksam, daß zur Erfassung des an Partikeln gebundenen gelösten organischen Kohlenstoffs nicht Messungen an Sinkstoffallenmaterial herangezogen werden sollten, sondern Messungen an in der Wassersäule gesammeltem Material vorgenommen werden müßten. Herr Duinker bemerkt, daß zunächst geklärt werden sollte, welche Stoffe überhaupt mit dem Begriff "DOC" angesprochen werden, und, daß die Frage von Herrn Irmisch derzeit noch nicht quantitativ beantwortet werden kann.

*Herr Duinker (IfMK): CO<sub>2</sub>-Kreislauf*

Herr Irmisch interessiert sich für die gezeigte Karte zur  $\Delta p\text{CO}_2$ -Verteilung. Er fragt, wie sicher die Daten für die JGOFS-relevanten Gebiete im Nordatlantik sind. Herr Duinker antwortet,

daß die Werte für den Nordatlantik allgemein anerkannt werden. Herr Schneider berichtet in diesem Zusammenhang von den Bemühungen der IOC-JGOFS-CO<sub>2</sub>-Gruppe,  $\Delta p\text{CO}_2$ -Daten auf internationaler Ebene zusammenzutragen.

*Herr Siedler (IfMK) und Frau Neuer (GeoB): ESTOC-Station bei den Kanarischen Inseln*

Herr Schulz-Bull erkundigt sich bei Frau Neuer, ob es Abschätzungen darüber gibt, wie groß die Anteile an terrigenem und karbonatischem Material an den Gesamtflüssen sind. Frau Neuer berichtet, daß die Anteile des Karbonats bei ca. 50% liegen. Die Anteile an lithogenem Material an den Gesamtflüssen seien mit 10% bis 30% dagegen variabler.

*Herr Hemleben (GPIT): Populationsdynamik von planktischen Foraminiferen und Pteropoden und deren Einfluß auf die Exportproduktion und Sedimentbildung*

Herr Krause fragt nach der Berechnung der Foraminiferen-Vertikalflüsse aus den Netzfängen. Herr Hemleben antwortet, daß der Vertikalfluß sich aus Konzentration der Korngrößen und den Sinkgeschwindigkeiten der jeweiligen Korngrößenfraktionen errechnet.

Herr Koeve fragt, warum es bei den Daten, die im Vortrag vorgestellt wurden, eine Übereinstimmung zwischen den aus den Multinetzfängen berechneten Flußraten und den Fallendaten gibt, dies bei den Daten von S. Honjo aber nicht der Fall war. Herr Hemleben erklärt, daß diese Differenz durch die Verwendung größerer Korngrößen bei seinen Ergebnissen resultiert.

Herr Schulz-Bull fragt nach dem Karbonat-Anteil, der von Coccolithophoriden beigesteuert wird. Herr Hemleben antwortet, daß dies bis jetzt noch nicht ausreichend beantwortet werden kann, aber Coccolithophoriden auf der nächsten Forschungsfahrt auch beprobt werden sollen.

Herr Schneider möchte wissen, ob die Foraminiferen auch von innen gelöst werden und dieser Vorgang für das mit der Tiefe abnehmende  $\delta^{18}\text{O}$ -Verhältnis verantwortlich sein könnte. Herr Hemleben wendet ein, daß Lösungsvorgänge wahrscheinlich keine Rolle spielen, da eine Lösung von außen nicht beobachtet wird.

Herr Ittekkot fragt, ob die Sinkstofffallendaten als Information für Foraminiferenflüsse quantitativ sein könnten. Herr Hemleben bemerkt dazu, daß die kleineren Korngrößen unterrepräsentiert sein könnten.

Herr Wolf-Gladrow äußert sich kritisch über Sinkstofffallen als quantitatives Instrument zur Berechnung von Sinkstoffflüssen.

*Herr Herterich (GeoB): Modellierung*

Herr Siedler fragt nach der Kombinierbarkeit von 1D und 3D Modellen und ob es möglich sei, Zirkulationsmodelle zu erstellen und diese auf die 1D Anwendung zu übertragen. Herr Herterich antwortet, daß die 3D Modelle Zirkulationsmuster ergeben, die dann auf den Stickstoffkreislauf übertragen werden können.

Herr Hack fragt, ob es sinnvoll wäre, das ERSE Modell anzuwenden. Darauf erwidert Herr Radach, daß das ERSE Modell ein Schelfmeermodell und zu kompliziert sei. Er hält das Stickstoffmodell für sinnvoller.

Herr Wolf-Gladrow fragt nach der Fragestellung bei der Modell-Entwicklung. Herr Herterich erwidert, daß man mit Hilfe von Modellen Vorhersagen über die klimabedingte Veränderung des Kohlenstoffkreislaufes machen möchte. Herr Wolf-Gladrow fragt weiter, wer an der beobachtenden Seite mitmacht. Herr Herterich antwortet, daß alle am JGOFS-Beteiligten die Beobachter sind.

Herr Irmisch fragt, ob es denn nicht besser wäre, aufgrund der Fragestellungen von JGOFS sich auf das Kohlenstoffmodell zu konzentrieren. Herr Herterich antwortet, daß bei den 1D Modellen auch die Anwendung eines Kohlenstoff-Modells geplant ist. Herr Radach fügt an, daß für die Modellierung von Prozessen Nährstoffe eine zentrale Rolle spielen.

Herr Schneider fragt, ob Modelle in der Lage sind, die Veränderungen physikochemischer Rahmenbedingungen auf die Kohlenstoffpumpe vorherzusagen. Herr Herterich meint, daß die Modellierer in JGOFS auf dieses Ziel hinarbeiten. Herr Koeve erwähnt das Modell HILDA, bei dem dies bereits gelungen sei.

Herr Thomas fragt nach der Rasterweite der Modelle. Herr Herterich erwidert, daß ein physikalisches Modell für jeden Gitterpunkt Advektions- und Diffusionswerte vorgibt.

*Herr Koeve (IfMK): Planung Prozeßstudien Nordatlantik, andere internationale Aktivitäten*

Keine Fragen.

*Herr Bathmann (AWI): Eine Zusammenfassung und eine Perspektive der JGOFS-Projekte im südlichen Ozean*

Herr Riebesell kommentiert, daß  $p\text{CO}_2$  wahrscheinlich keine limitierende Rolle für die Plankonpopulationen im Südpolarmeer spielt. Er hält es eher für wahrscheinlich, daß Nitratreduktase durch Eisen limitiert ist.

Herr Krause fragt nach der Methodik zur Feststellung der Eisenlimitierung im Ozean. Herr Bathmann antwortet, daß der Verbrauch von Eisen gemessen wird.

Im Anschluß an die wissenschaftlichen Vorträge und Diskussionen informiert Frau Lütke-meier über die Zukunftspläne in JGOFS und betont, daß nach einer weiteren experimentellen Phase von 2-3 Jahren eine Synthesephase folgen wird. GLOBEC soll zum Kernprojekt für IGBP werden. Neu ist das Programm ZOLAS, das von Andy Watson geleitet wird. Frau Lütke-meier gibt auch Hinweise auf den LOIZ Implementation Plan, der soeben erschienen ist. Sie kündigt auch den Umzug des IGBP-Büros nach Potsdam an das PIK (Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung) an.

*Herr Ittekkot (IfBMHH): Verbundprojekt JGOFS-Indik: Übersicht*

Keine Fragen.

*Herr Pollehne (IOW) und Herr Zeitzschel (IfMK): Erste Ergebnisse zu den JGOFS-Fahrten im Indischen Ozean: M32/3 und M32/5*

Herr Tilzer fragt nach einer Abschätzung über den Anteil von Blaugrünalgen am Kohlenstoffkreislauf. Herr Pollehne antwortet, daß die Blaugrünalgen fast in allen Meeresgebieten auftreten und scheinbar quantitativ sehr wichtig sind. Untersuchungen aus der Ostsee zeigen, daß sich der organische Kohlenstoff dieser Blaugrünalge ähnlich verhält wie das organische Material anderer Primärproduzenten.

Herr Hemleben fragt, wie es mit dem Indik-Projekt weitergehen wird. Herr Zeitzschel antwortet, daß in zwei Monaten in Warnemünde ein Workshop stattfindet, auf dem die Daten der ersten Fahrten diskutiert werden sollen. Das Ziel sei, innerhalb der Gruppe zu einer schnellen Datensicherung zu kommen und dann eine rasche Veröffentlichung der Ergebnisse in internationalen Zeitschriften anzustreben. Es soll auch versucht werden, die Basis für einen Folgeantrag mit Hinblick auf eventuelle SONNE-Expeditionen 1997 zu erstellen, dem sich eine Synopsephase in 5 Jahren anschließen könnte.

Herr Irmisch fragt, ob in dem gezeigten Stoffkreislaufmodell nicht auch die Kompartimente für Bakterien und Phytoplankton verbunden sein müßten. Herr Pollehne antwortet, daß eine solche Verbindung in erster Linie über die gelöste Phase (hier: DON) stattfinden müßte. Eine direkte Verbindung wäre eher zum Zooplankton zu sehen.

*Frau Lochte (IOW) und Herr Pfannkuche (GEOMAR): Benthische Umsatzprozesse in Monsun beeinflussten Gebieten des Indischen Ozeans*

Herr Hemleben fragt nach Absprachen zwischen JGOFS und dem Tiefseeprojekt über die Fahrtplanungen / Arbeitsansätze, z. B. hinsichtlich gleicher Probenpositionen. Frau Lochte stellt fest, daß sich eine Zusammenarbeit schon aus der Tatsache ergibt, daß die Benthosfragestellungen an die Sinkstofffallen-Stationen gebunden sind, da die Information über die Flüsse notwendige Voraussetzungen für die Benthosstudien sind. Herr Koeve fügt hinzu, daß ein wichtiges Ziel für die Fahrtplanung von M32/5 eine gute saisonale Abdeckung der  $p\text{CO}_2$ -Messungen war. Herr Pfannkuche ergänzt, daß die neu eingerichtete Sinkstofffallen- und Benthosstation SAST der Station D2 der Planktologen und Ozeanographen entsprechen, so daß auch dort eine enge Anbindung der einzelnen Arbeitsgruppen gewährleistet sei. Herr Ittekkot ist der Meinung, daß die ganzen Messungen Ergänzungen zu den JGOFS Core Parametern darstellen. Herr Zeitzschel weist auf den Fahrtbericht der betreffenden Expeditionen hin, der sich im Druck befinde und in Kürze vorliegen wird.

*Herr Reuter (UO): Optik in JGOFS*

Frau Neuer fragt nach in-situ Kalibrierungen für DOC und Gelbstoff. Herr Reuter erklärt, daß zwar Proben genommen wurden, diese aber noch nicht bearbeitet werden konnten.

Frau Neuer fragt, ob solche Kalibrierungen für andere Regionen vorliegen. Herr Reuter erklärt, solche Messungen gibt es für die Nordsee. Herr Kähler erläutert, daß sich DOC und Gelbstoff nie gegeneinander kalibrieren lassen, da es sich bei dem einen um eine Stoffklasse und bei dem anderen um eine Eigenschaft handelt.

Herr Faber fragt, ob es eine Möglichkeit gibt, mit solchen Methoden CO<sub>2</sub> messen zu können. Herr Reuter sieht keine solche Möglichkeit.



## Berichte zu den Arbeitsgruppen

### *Bericht zur Arbeitsgruppe „Austauschprozesse an der Grenzschicht Wasser-Sediment“*

#### Teilnehmer:

Boetius, Antje (AWI)  
 Christiansen, Bernd (IHFHH)  
 Hemleben, Christoph (GPIT)  
 Hensen, Christian (GeoB)  
 Pfannkuche, Olaf (GEOMAR)  
 Schulz, Horst. D. (GeoB)  
 Schulz, Hartmut (BGR)  
 Schäfer, Petra (IfBMHH)  
 Zabel, Matthias (GeoB)

#### Koordination:

Lochte, Karin (IOW)

Die Arbeitsgruppe erstellte in dieser ersten Sitzung eine kurze Zusammenfassung der beteiligten Arbeitsgruppen, der vorhandenen Untersuchungen und der regionalen Schwerpunkte (s. Tabelle). Der regionale Schwerpunkt im Südatlantik liefert umfangreiches Datenmaterial zu Porenwasserprofilen im westlichen und östlichen Südatlantik, das eine regionale Modellierung diffusiver Stoffflüsse an der Grenzschicht Wasser-Sediment erlaubt. Der Schwerpunkt der Untersuchungen im Nordatlantik (Stationen zwischen ca- 60°N und 34°N entlang 20°W) liegt bei der quantitativen und qualitativen Erfassung der Organismen, woraus sich die Höhe der Stoffflüsse ableiten läßt, die durch einige Summenparameter (Respiration der Gesamtlebensgemeinschaft) eingegrenzt sind. Im Arabischen Meer werden sowohl geochemische als auch biologische Daten erhoben; sie sind aber erst zum Teil ausgewertet. Die Arbeitsgruppe schlägt vor, eine Abschätzung der wichtigsten Stoffflüsse durch die Grenzschicht (C, Nährstoffe) für größere Gebiete ("oceanic provinces"), auf der Basis vorhandener Daten und Modelle anzustreben.

Für den Südatlantik wurde dies zum Teil schon realisiert; eine Umsetzung dieses Ansatzes für andere Regionen erscheint möglich. Als wichtige Eingangsdaten werden die Sinkstoffflüsse aus den oberen Wasserschichten benötigt. Die im Rahmen der Arbeitsgruppe betrachtete Schicht erstreckt sich vom "Clear Water Minimum" bis in ca. 1000 m Sedimenttiefe.

Die Arbeitsgruppe wird die Diskussion in mehreren Workshops fortsetzen. Der erste Datenworkshop ist für den 4./5. März 1996 im Geomatikum in der Universität Hamburg geplant. Die Arbeitsgruppe ist offen für weitere Mitglieder; folgende Personen wurden schon jetzt namentlich vorgeschlagen:

R.v.d. Loeff (AWI)  
 B.B Jørgensen/O. Holby (MPI, Bremen)  
 G. Graf (GEOMAR)  
 K. Wallmann (GEOMAR)

M. Schlüter (GEOMAR)

Alle Anfragen diese Arbeitsgruppe betreffend bitte an K. Lochte richten

*Institut für Ostseeforschung*

*Seestraße 15*

*18119 Rostock*

*Tel: 0381 / 519750*

*Fax: 0381 / 5197440*

*e-mail: Lochte@mailhost.io-Warnemünde.de*

*Bericht zur Arbeitsgruppe "Bilanzierung des Kohlenstoffflusses (incl. des Vertikaltransports der assoziierten Elemente) zwischen Oberflächenwasser und Sediment"*

Teilnehmer:

Joachim Kuß (IfM)

Rolf Koppelman (IHF)

Ulrich Lundgreen ((IfM)

Dirk Sanders (IfM)

Wolfgang Balzer (FB 2, Uni Bremen)

Gerhard Fischer (GeoB)

Gerold Wefer (GeoB)

Jan Scholten (GPIK)

Venu Ittekkot (IfBM)

Rainer Schlitzer (AWI)

Gerold Siedler (IfM)

Tom Müller (IfM)

Susanne Neuer (GeoB)

Andrea Spiedt (GeoB)

Dierk Hebbeln (GeoB)

Ralf Schiebel (GPIT)

Tim Rixen (IfBM)

Koordinator:

Kremling, Klaus

Die Zielsetzung für diese Arbeitsgruppe besteht in der Erarbeitung eines Konzeptes zur Darstellung bzw. weiteren Auswertung von beobachteten Flux-Ereignissen in der Wassersäule verschiedener Meeresgebiete (unterhalb der winterlich durchmischten Deckschicht). Als 'Rahmen' dient dabei die von der Gesamtgruppe des Workshops beschlossenen Aufgabenstellung:

1.) Zusammenfassung der Einzelergebnisse

- 2.) Bilanzierung
- 3.) Einbindung in das internationale Programm
- 4.) Vorschlag für Auswertephase.

Die Gruppe war sich einig, daß zur gegenseitigen Information bzw. Diskussion ein Workshop der Teilnehmer organisiert werden sollte (vorgesehen sind 1 bis max. 2 Tage im Mai 1996 in Kiel). Hier sollte sich die Gruppe in Kurzvorträgen über die wichtigsten Flux-Ergebnisse informieren, die ungelösten Probleme diskutieren bzw. formulieren, vorhandene Defizite in den Meßstrategien 'aufdecken', Fragen an die Modellierer und anderen Arbeitsgruppen formulieren sowie konkrete Vorschläge für die angestrebte Auswertephase (nach 1997) erarbeiten. Zur Vorbereitung des Workshops der Gruppe sollen dazu bis Ende März 1996 Themenvorschläge bzw. vorgesehene Kurzbeiträge der interessierten Teilnehmer gesammelt werden.

Alle Anfragen die Arbeitsgruppe betreffend bitte an Klaus Kremling richten.

*Institut für Meereskunde  
Düsternbrooker Weg 20  
24105 Kiel  
Tel: 0431 / 5973813  
Fax: 0431 / 565876  
e-mail: KKremling@ifm.uni-Kiel.d400.de*

*Bericht zur Arbeitsgruppe „Pelagische Kohlenstoffbilanz“*

Teilnehmer:

Joanna Waniek (IfMK)  
Uwe Schüssler (UBC)  
Wolfgang Koeve (IfMK)  
Anja Engel (IfMK)  
Johannes Simstich (GPIK)  
Jens-Jörg Knaack (GPIK)  
Rüdiger Heuermann (UO)  
Rainer Willkomm (UO)  
Monica Deckers (IfMK)  
Sören Ullrich (IfMK)  
Alexandra Zeltner (GPIT)  
Bernhard Karrasch (IFG)  
Ute Zeller (IfMK)  
Maren Voss (IOW)  
Paul Kahn (IOW)  
Claudia Sellmer (IfMK)  
Kai Pegler (IFBM)  
Rainer Reuter (UO)

Koordinator:

Zeitzschel, Bernt (IfMK)

Für den Nord-Ost-Atlantik gibt es eine Reihe von Datensätzen, die für eine Bilanzierung herangezogen werden können. Historische Daten sind von den Wetterschiffen zu bekommen, im BIOTRANS-Gebiet bei 47°N / 20°W ist ein langjähriger Datensatz verfügbar und von ESTOC sind relevante Daten zu erwarten.

Darüber hinaus stehen Daten u.a. vom WOA94 (World Ocean Atlas) zur Verfügung. Wichtigste Varianten in diesem Zusammenhang mit einer Bilanzierung sind u. a. die Tiefe der winterlich durchmischten Schicht, die „neue“ und regenerierte Produktion sowie der vertikale POC- und DOC-Fluß.

In der Besprechung der Gruppe bestnad Einvernehmen, daß man unbedingt mit gleichen Einheiten ( wie MOL ) sowie Koeffizienten, Faktoren und Verhältniszahlen arbeiten müsse. Die Bilanzierung des Kohlenstoffs soll im Vordergrund stehen, ein Variabler C/N Faktor (Konversionsfaktor) muß erarbeitet werden - die Bilanzen von N, Si und Ca sind für einige spezielle Fragestellungen von Wichtigkeit - . Die zweifellos variablen Redfield-ratios sollen überprüft werden.

Der Hauptdatensatz (Inventar) sind die Core-Parametermessungen der internationalen JGOFS-Programms, die überwiegend Bestände messen. Zusätzlich sind prozessorientierte Ratenmessungen unverzichtbar.

Zur Vorbereitung eines Arbeitstreffens sollen über E-mail Anregungen und Gedanken ausgetauscht werden. Zu dem künftigen Treffen der Gruppe soll jeder Wissenschaftler / Wissenschaftlergruppe die eigenen Daten für sein hauptarbeitsgebiet (vorzugsweise 47°N / 20°W) zusammenstellen. Darüber hinaus soll nach „historischen Daten“ gefahndet werden.

Alle Anfragen die Arbeitsgruppe betreffend bitte an Bernt Zeitzschel richten.

*Institut für Meereskunde*

*Düsternbrooker Weg 20*

*24105 Kiel*

*Tel: 0431 / 5973860*

*Fax: 0431 / 565876*

*e-mail: BZeitzschel@ifm.uni-Kiel.d400.de*

*Bericht zur Arbeitsgruppe „Daten - Modelle“*

Teilnehmer:

Stephan Determann (UO)

Friedrich Nast (BSH / DOD)

Uli Wolf (IOW)

Sabine Lütkeemeier (IGBP)

Günter Radach (IfMHH)

Hans Barth (UO)

Wilfried Kühn (IfMHH)  
 Matthias Hack (BMBF)  
 Wilfried Wolf (KFA)  
 Andreas Irmisch (BEO)  
 Sigrid Podewski (IfM)  
 Olaf Haupt (SFB 313)  
 Iris Kriest (IfM)  
 Thomas Mitzka (IfM)  
 Rainer Reuter (UO)  
 Michaela Knoll (IfM)

Koordination:

Klaus Herterich (GeoB)

An Dieser Arbeitsgruppe beteiligten sich 17 Personen (siehe Teilnehmerliste). Nach einer Vorstellungsrunde, in der die Teilnehmer auch Ihre spezielles Interesse am Thema Daten - Modelle darstellten, wurde ausführlich über die Datensammölung im Rahmenvon JGOFS diskutiert. Das wesentliche Ergebnis war, daß die auf den Expeditionen gesammelten Daten, sowohl aus JGOFS-Atlantik als auch JGOFS-Indik, zunächst an Herrn Mitzka (Institut für Meereskunde Kiel)geleitet werden sollen. Längerfristig wird Herr Mitzka diese daten an das Deutsche Ozeanographische Datenzentrum (DOD) am BSH weitergeben. Herr Nast, der leiter des DOD, erläuterte, daß geplant ist, das DOD mit einem WWW Anschluß zu versehen. Dazu wird eine Benutzeroberfläche geben, so daß zukünftige JGOFS-Daten auch über das Netz vom DOD ( unter gewissen Nebenbedingungen ) abgerufen werden können.

Bezüglich der Modellierung wurde vereinbart, daß alle Teilnehmer, soweit sie im Rahmen ihres Projektes modellieren, dies kurz schriftlich darstellen und an Herrn Herterich (GeoB) senden. Auf der Grundlage dieser Übersicht könnten dann gemeinsame Modellaktivitäten durchgeführt werden.

Es wurde auch vorgeschlagen, Kontakt zu internationalen JGOFS-Modellierergruppe aufzunehmen.

Alle Anfragen die Arbeitsgruppe betreffend bitte an Klaus Herterich richten:

*Fachbereich Geowissenschaften*  
*Universität Bremen*  
*Postfach 330 440*  
*28334 Bremen*  
*Tel: 0421 / 2184723*  
*Fax: 0421 / 2187040*  
*e-mail: herterich@.palmod.uni-bremen.de*

*Bericht zur Arbeitsgruppe „CO<sub>2</sub> - Austausch Atmosphäre - Wasser - Organismen“*

Teilnehmer:

Schneider, Bernd (IOW)  
 Thomas, Helmuth (IOW)  
 Faber, Eckhard (BGR)  
 Weichert, Günther (BSH)  
 Gast, Manfred (Klimaforschg. München )  
 Koordination:

Duinker, Jan (IfM)  
 Schulz-Bull, Detlef (IfM)

Die Teilnehmer waren sich einig, daß die Arbeitsgruppe sich nicht auf den Austausch Wasser - Atmosphäre ( $p\text{CO}_2$ ) beschränken sollte. Gerade die Messung des gesamten Karbonatsystems und die Verfolgung des anthropogenen Signals bis ins Tiefenwasser sind Forschungsschwerpunkte der deutschen Arbeitsgruppen.

#### 1. Zusammenführung der Einzelergebnisse

Zwischen den deutschen Arbeitsgruppen (IfM Kiel, IOW, IfBM Hamburg) bestehen enge Absprachen bezüglich der geplanten Forschungsaktivitäten. Auch in der Vergangenheit (z.B. METEOR Expeditionen in den Nordatlantik, Indischen Ozean) wurde die Teilnahme an den einzelnen Fahrtabschnitten von den Arbeitsgruppen gut koordiniert. Die Meßmethoden wurden auf gemeinsamen Forschungsfahrten interkalibriert, so daß national vergleichbare Ergebnisse erhalten werden. Der regionale Schwerpunkt der Arbeiten lag im Nordatlantik, es wurden aber auch viele Expeditionen in anderen Gebieten durchgeführt. Eine Zusammenführung und Modellierung der national erhobenen Daten (z.B. für den Nordatlantik) erscheint der Gruppe nicht sehr sinnvoll, da entsprechende internationale Aktivitäten in Arbeit sind, die natürlich sehr viel umfangreichere Datensätze liefern werden (s. 3. intern. Einbindung).

#### 2. Bilanzierung

Eine Bilanzierung des  $\text{CO}_2$  - Austausches nur mit den nationalen Datensätzen wäre wenig erfolgsversprechend. Die saisonal beste Auflösung wäre für den Nordatlantik zwischen  $40^\circ\text{N}$  und  $60^\circ\text{N}$  zugänglich. Aber auch in diesem Gebiet ist auf nationaler Ebene keine ausreichende Abdeckung zu allen Jahreszeiten erhältlich.

#### 3. Einbindung ins internationale Programm

Deutsche Vertreter in der internationalen JGOFS- $\text{CO}_2$  Arbeitsgruppe sind Dr. Bernd Schneider und Dr. Martin Heimann (MPI Hamburg). Das nächste Treffen ist für den Januar 1996 geplant. Von dieser Arbeitsgruppe wird z. Z. eine aktuelle globale Datenerfassung ( $p\text{CO}_2$ ) der letzten 10 Jahre erstellt. In diese Datenbank gehen natürlich auch die von deutschen Arbeitsgruppen gemessenen Werte mit ein. Aus den global erhobenen  $p\text{CO}_2$  Messungen soll ein globales Modell erstellt werden, aber auch für Teilregionen (z.B. Nordatlantik) werden dann umfangreiche Daten zugänglich sein. Die Möglichkeiten eines nationalen "Alleinganges" sollen auf dem nächsten Treffen diskutiert werden.

Anfang 1996 wird zu einem Treffen der deutschen JGOFS- $\text{CO}_2$ -Arbeitsgruppe eingeladen werden. Als Teilnehmer sollen IOW, IfM Kiel, IfMB Hamburg, AWI und MPI Mainz angeschrieben werden.

Alle Fragen zur Arbeitsgruppe sind an Detlef Schulz-Bull zu richten.

*Düsternbrooker Weg 20*

*24105 Kiel*

*Tel: 0431 / 5973812*

*Fax: 0431 / 565876*

*e-mail: [chem@ifm.uni-kiel.d400.de](mailto:chem@ifm.uni-kiel.d400.de)*