

BERICHTE

aus dem Fachbereich Geowissenschaften
der Universität Bremen

No. 89

M. Giese & G. Wefer

BERICHT ÜBER DEN 5. JGOFS-WORKSHOP

27./28. NOVEMBER IN BREMEN

Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, No. 89

73 Seiten, 3 Abb., Bremen 1997.

ISSN 0931-0800



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 5. JGOFS-Workshop. 27./28. November 1996 in Bremen.

Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Nr. 89, 73 S., Bremen 1997.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Programm	4
Teilnehmer am Workshop	6
Liste der Institute	8
Kurzfassungen	10
<i>A.N. Antia et al:</i> Particle Flux at the European Continental Margin and its link to sea surface signatures	12
<i>A.N. Antia & R.S. Lampitt:</i> Particle Flux in Deep Seas: regional characteristics and temporal variability	13
<i>H.W. Bange et al:</i> Nitrous oxide in the Arabian Sea	14
<i>U. Bathmann:</i> "Southern JGOFS - Phase II"	14
<i>M.I. Lucas et al:</i> Nitrogen uptake by phytoplankton at the Antarctic Polar Front	15
<i>A. Boetius:</i> Mikrobielle Biomasse in Tiefseesedimenten des Arabischen Meeres	16
<i>B. Christiansen:</i> "Large food falls" - ein signifikanter Eintrag organischer Substanz in die Tiefsee des Arabischen Meeres?	17
<i>C. Dubischar et al:</i> Zooplankton distribution and activity in relation to hydrography along the Polar Front during summer 1995/1996	18
<i>C. Grahl et al:</i> Distribution of plant pigments and microbial activity in sediments of the Laptev Sea (Arctic)	18
<i>O. Haupt et al:</i> Variable C/N Verhältnisse in einem Ökosystemmodell	19
<i>D. Hebbeln & G. Wefer:</i> Saisonale und interannuelle Variationen im Partikelfluß im küstennahen Auftriebsgebiet vor Chile	20
<i>I. Hense:</i> Phytoplankton biomass and species distribution in relation to hydrography and nutrients along the Polar Front during summer 1995/96	21
<i>C. Hensen et al:</i> Diffusive nutrient transport through the sediment/water interface in the South Atlantic	21
<i>K. Herterich:</i> Koordinierte Modellierung in JGOFS-Atlantik	22
<i>K. Herterich:</i> Arbeitsgruppe: Daten und Modelle	23
<i>A. Hupe & R. Lendt:</i> The CO ₂ system in the Arabian Sea during the southwest monsoon and the intermonsoons of 1995	23
<i>T. Jennerjahn et al:</i> Amino acid, hexosamine and carbohydrate fluxes to the Brazilian continental margin: Impact of the São Francisco River	24
<i>P. Kähler:</i> DOC und DON: Zwei großräumige Transekte	25
<i>M. Knoll et al:</i> Hydrographie und Biogeochemie in der Kanaren Region	26
<i>M. Knoll et al:</i> ESTOC-Observations	27
<i>A. Körtzinger:</i> Characteristic patterns of surface pCO ₂ during 1995 SW monsoon in the Arabian Sea	27
<i>A. Körtzinger et al:</i> International Intercomparison Exercise of underway pCO ₂ systems	28
<i>W. Koeve & B. Zeitzschel:</i> Beckenweite Abschätzung der jährlichen Neuen Produktion des Phytoplanktons im Nordatlantik	28
<i>W. Koeve:</i> Planktologische Untersuchungen während METEOR 36/2 - Erste Ergebnisse	29
<i>W. Koeve & B. Zeitzschel:</i> Planktologische Untersuchungen im Nordost Atlantik - Übersicht über die Ergebnisse und die geplante Synopse	30
<i>A. Kohly:</i> Long term observation of Diatom flux in the Greenland Sea	32
<i>R. Koppelman & H. Weikert:</i> Zur Verteilung des Tiefseezooplanktons im Arabischen Meer Intermonsun, Oktober 1995	32
<i>K. Kremling:</i> Erkenntnisse aus Partikelfluß-Messungen ausgewählter Spurenelemente im Nordatlantik (1992-1994)	33

<i>I. Kriest</i> : SAM (Snow Aggregation Model) - Erste Ergebnisse eines Aggregationsmodells	34
<i>I. Kriest et al</i> : Räumliche Heterogenität in der westlichen Arabischen See zur Zeit des SW-Monsuns	34
<i>M. Kruse et al</i> : Ein Spektralradiometer für den Einsatz im offenen Ozean: Entwicklung und erste Ergebnisse aus der Arabischen See und dem Nordost Atlantik	35
<i>W. Kühn & G. Radach</i> : Inwieweit wird der Partikelexport während der Frühjahrsblüte im Nordatlantik durch die Nährstoffaufnahmekinetik bestimmt?	36
<i>J. Kuss & K. Kremling</i> : Spurenelemente im suspendierten partikulären Material (SPM) des nordatlantischen Oberflächenwassers	37
<i>U. Lundgreen et al</i> : Partikelzusammensetzung auf 47°N-20°W: Saisonalität und "chemischer Fingerabdruck"	38
<i>M. Marchant et al</i> : Variations in upwelling intensity in the Peru-Chile Current (30°S) monitored from $\delta^{18}\text{O}$ data of recent planktic foraminifera	39
<i>W. Milchers et al</i> : Hydrographic Laser Fluorosensing: Status and Perspectives	39
<i>L. Mintrop et al</i> : The Carbon Dioxide System in the Arabian Sea during South-West Monsoon	40
<i>T. Mitzka</i> : JGOFS Datenmanagement	41
<i>S. Neuer et al</i> : Untersuchungen mit freitreibenden Partikelfallen an der ESTOC Station	41
<i>S. Neuer et al</i> : Seasonality of biogenic and lithogenic particle flux at the ESTOC time-series station: Comparison with upper water column processes and long-term satellite derived pigment data	42
<i>E.-M. Noethig et al</i> : Sedimentation unter dem Meereis der Laptev See (Arktis)	43
<i>C. Petry</i> : Microbial degradation of particulate matter in the deep water column	43
<i>F. Pollehne</i> : Die Biologie der Deckschicht im Intermonsun	44
<i>T. Rixen et al</i> : Processes determining the particle flux during the SW Monsoon	45
<i>T. Rixen et al</i> : Processes determining the particle flux during the NE Monsoon	45
<i>D. Sanders et al</i> : Aussagen mehrjähriger Messungen von Alkenonflüssen auf drei Positionen im Nordostatlantik	46
<i>R. Schiebel et al</i> : Produktion und vertikaler Fluß kalkigen Planktons im NE-Atlantik und der Arabischen See	47
<i>R. Schlitzer</i> : Global ocean export production and particle fluxes derived from dissolved nutrient and oxygen data	48
<i>J. Scholten et al</i> : Hinweise auf die Fangeffizienz von Sinkstofffallen und die Partikelmodifikation in der Wassersäule anhand von Radionukliduntersuchungen: ein Überblick über methodische Ansätze und Ergebnisse in JGOFS	48
<i>U. Schüßler</i> : Partikuläre Spurenelemente in der Arabischen See	51
<i>H. Schulz et al</i> : Varvenchronologie, Akkumulationsraten und Geschichte der Monsunzirkulation anhand von laminierten Sedimenten aus der Sauerstoff-Minimumzone vor Pakistan (Projekt PAKOFLUX, JGOFS-Indik)	51
<i>D. Schulz-Bull & J.C. Duinker</i> : Bedeutung von organischen Markenverbindungen an den JGOFS-Langzeitverankerungsstationen im Nordatlantik	52
<i>N. Delling et al</i> : C_1 - C_4 hydrocarbons in the Arabian Sea and their exchange with the atmosphere	53
<i>C. Sellmer et al</i> : Driftende Sinkstofffallen während des SW-Monsuns, METEOR-Expedition M32/5	55
<i>K.D. Six & E. Maier-Reimer</i> : Planktodynamik und saisonale Kohlenstoffflüsse in einem globalen Ozeanzirkulationsmodell	56
<i>A.D. Spiedt et al</i> : Spatial species distribution of living planktonic foraminifera in relation to hydrography and phytoplankton productivity	58
<i>S. Ullrich et al</i> : Ergebnisse zum "microbial loop" in der Arabischen See: Bakterio-	

plankton und heterotrophe Nanoflagellaten	59
<i>K. Wallmann et al</i> : Geochemische Untersuchungen an Oberflächensedimenten im Arabischen Meer	59
<i>J. Waniek</i> : Auftriebserscheinungen in der Arabischen See während des SW-Monsuns	60
<i>J. Waniek</i> : Überprüfung des "statistischen Trichters" von Sinkstofffallen verankert im Nordost Atlantik	60
<i>U. Witte & O. Pfannkuche</i> : Benthische Umsatzprozesse im Arabischen Meer	61
<i>U. Wolf</i> : Modellierung des Stickstoffkreislaufes in der Arabischen See	62
<i>U. Zeller</i> : Mesozooplankton und Partikelfluß in der Arabischen See während des SW-Monsuns	62
<i>A. Zeltner et al</i> : Saisonale Verteilungsmuster der Coccolithophoriden im Arabischen Meer und Indischen Ozean im Vergleich zum Atlantik	63
Protokoll	65

Programm
zum
5. JGOFS-Workshop 27./28.11.1996 in Bremen, Geowissenschaftliches Gebäude
(Hörsaal Erdgeschoß)

Mittwoch 27.11.1996

10.00 - 13.00 Begrüßung (*Lütke-meier (IGBP)*, *Wefer (GeoB)*, *Irmisch (BEO)*, *Hack (BMBF)*)
Vorstellung der Arbeitsgruppen, Ergebnisse und weitere Planungen

K. Lochte (IOW): Austauschprozesse an der Grenzschicht Wasser-Sediment

K. Kremling (IfMK): Bilanzierung des Kohlenstoffflusses zwischen Oberflächenwasser und Sediment

B. Zeitzschel (IfMK): Pelagische Kohlenstoffbilanz

K. Herterich (GeoB): Daten und Modelle

J. Duinker (IfMK) & *D. Schulz-Bull (IfMK)*: CO₂-Austausch Atmosphäre-Wasser-Organismen

13.00 - 14.45 Mittag

14.45 - 16.30 Diskussion der Arbeitsgruppenberichte vom Vormittag

16.30 - 18.00 Poster & Kaffee

18.00 - 19.00 Vorträge

U. Bathmann (AWI): Southern JGOFS

V. Smetacek (AWI): GLOBEC

ab 19.00 gemeinsames Abendessen im Geogebäude

Donnerstag 28.11.1996

8.30 - 10.00 Vorträge Verbundvorhaben JGOFS - INDIK

B. Haake & V. Ittekkot (IfBH): Ziele und Projektstruktur von JGOFS-Indik

J. Waniek (IfMK): Auftriebserscheinungen in der Arabischen See während des SW-Monsuns

I. Kriest (IfMK): Räumliche Heterogenität in der westlichen Arabischen See zur Zeit des Südwestmonsuns

U. Zeller (IfMK): Beziehung zwischen Mesozooplankton und Partikelfluß in der Arabischen See während des SW-Monsuns

F. Pollehne (IOW): Die Biologie der Deckschicht im Intermonsun

10.00 - 11.00 Poster & Kaffee

11.00 - 13.00 Fortsetzung Vorträge Verbundvorhaben JGOFS - INDIK

L. Mintrop (IfMK, GeoB): Das Karbonat-System im Indischen Ozean

H. Bange (MPIM): Nitrous oxide in the Arabian Sea

T. Rixen (IfBM): Monsungesteuerter Partikelfluß in das tiefe Arabische Meer

U. Witte (GEOMAR): Benthische Umsatzprozesse im Arabischen Meer

K. Wallmann (GEOMAR): Geochemische Untersuchungen an Oberflächensedimenten im Arabischen Meer

U. Wolf (IOW): Modellierung des Stickstoffkreislaufs in der Arabischen See

13.00 - 14.30 Mittag

14.30 - 15.30 Vorträge Verbundvorhaben JGOFS - NORD ATLANTIK

K. Herterich (GeoB): Modellierung in JGOFS

M. Knoll (IfMK) & S. Neuer (GeoB): Hydrographie und Biogeochemie in der Kanaren Region

R. Schiebel (GPIT): Produktion und vertikaler Fluß kalkigen Planktons im NE-Atlantik und der Arabischen See

15.30 - 16.00 Poster & Kaffee

16.00 - 17.00 Fortsetzung Vorträge Verbundvorhaben JGOFS - NORD ATLANTIK

W. Koeve (IfMK): Planktologische Untersuchungen im Nordost Atlantik - Übersicht über die Ergebnisse und die geplante Synopse

K. Kremling (IfMK): Erkenntnisse aus Partikelfluß-Messungen ausgewählter Spurenelemente im Nordatlantik (1992-1994)

D. Schulz-Bull (IfMK): Bedeutung von organischen Markerverbindungen an den JGOFS-Langzeitverankerungen im Nordatlantik

J. Scholten (GPIK): Hinweise auf die Fangeffizienz von Sinkstoff-Fallen und die Partikelmodifikation in der Wassersäule anhand von Radionukliduntersuchungen: ein Überblick über methodische Ansätze und Ergebnisse in JGOFS

17.00 - 18.00 Abschlußdiskussion

Teilnehmer am 5. JGOFS-Workshop am 27./28. November 1996

Antia, A. (IfMK)
Balzer, B. (UBC)
Bange, H. (MPI M)
Bathmann, U. (AWI)
Boetius, A. (IOW)
Breul, H. (IfBM)
Bülow, K. (IfMK)
Burkhardt, S. (AWI)
Christiansen, B. (GEOMAR)
Cianca, A. (ICCM)
Davenport, B. (GeoB)
Delling, N. (IfBM)
Determann, S. (GeoB)
Donner, B. (GeoB)
Dubischar, C. (AWI)
Duinker, J. (IfMK)
Eisenhauer, A. (GCIG)
Engel, A. (IfMK)
Ewald, S. (IfMH)
Felis, T. (GeoB)
Friis, K. (IfMK)
Giese, M. (GeoB)
Grahl, C. (AWI)
Grandel, S. (GEOMAR)
Grobe, H. (AWI)
Grothmann, A. (GPIK)
Haacke, B. (IfBM)
Hack, M. (BMBF)
Haeckel, M. (GEOMAR)
Hagen, E. (IOW)
Haupt, O. (SFB 313)
Hebbeln, D. (GeoB)
Hemleben, C. (GPIT)
Hense, I. (AWI)
Hensen, C. (GeoB)
Herterich, K. (GeoB)
Heuermann, R. (UO)
Hoppe, H.G. (IfMK)
Hupe, A. (IfBM)
Irmisch, A. (BEO)
Ittekkott, V. (IfBM)
Jennerjahn, T. (IfBM)
Kähler, P. (IOW)
Kemle v. Mücke, S. (GeoB)
Kitazato, H. (IoGS)
Knoll, M. (IfMK)
Körtzinger, A. (IfMK)
Koeve, W. (IfMK)
Kohly, A. (GPIK)
Koppelmann, R. (IHF)
Kremling, K. (IfMK)
Kriest, I. (IfMK)
Kruse, M. (AWI)
Kühn, W. (GeoB)
Kuhnert, H. (GeoB)
Kuß, J. (IfMK)
Leinweber, A. (IfBM)
Lendt, R. (IfBM)
Lochte, K. (IOW)
Luff, R. (GEOMAR)
Lundgreen, U. (IfMK)
Lütke-meier, S. (IGBP)
Marchant, M. (GeoB)
Martin, B. (IHF)
Matthies, M. (GeoB)
Milchers, W. (UO)
Mintrop, L. (IfMK)
Mitzka, T. (IfMK)
Moos, C. (GeoB)
Müller, P. (GeoB)
Müller, T. (IfMK)
Neuer, S. (GeoB)
Neumann, K. (IfBM)
Nöthig, E. (AWI)
Otto, S. (UBC)
Petry, C. (IOW)
Pfannkuche, O. (GEOMAR)
Pollehne, F. (IOW)
Porthun, C. (AWI)
Radach, G. (IfMHH)
Reineke, C. (IfMK)
Reppin, J. (IfMK)
Reuter, R. (UO)
Rixen, T. (IfBM)
Romero, O. (GeoB)
Rühlemann, C. (GeoB)
Sanders, D. (IfMK)
Santana, R. (ICCM)
Schäfer, P. (IfBM)
Schale, H. (UO)
Schankin, H. (IOW)
Schiebel, R. (GPIT)
Schlitzer, R. (AWI)
Schneider, B. (IOW)
Scholten, J. (GPIK)
Schröter, M. (IfMK)
Schulz, H. (BGR)
Schulz, H.D. (GeoB)
Schulz-Bull, D. (IfMK)
Schübler, U. (UBC)

Siedler, G. (IfMK)	Vidal, L. (GeoB)
Sieger, R. (AWI)	Vogler, S. (UH)
Six, K. (MPI HH)	Wagner, T. (GeoB)
Smetacek, V. (AWI)	Wallmann, K. (GEOMAR)
Soltwedel, T. (AWI)	Waniek, J. (IfMK)
Spiedt, A. (GeoB)	Weber, C. (MPI HH)
Springer, B. (GEOMAR)	Wefer, G. (GeoB)
Suthof, A. (IfBM)	Weichart, G.
Tehner, U. (IfMK)	Weikert, H. (IHF)
Thomas, H. (IOW)	Wiepenbrock, M. (AWI)
Tiemann, J. (IfBM)	Witte, U. (GEOMAR)
Torres, S. (IEOT)	Wittkuhn, D. (IfBM)
Treppke, U. (GeoB)	Wolf, U. (IOW)
Turnewitsch, R. (GEOMAR)	Zabel, M. (GeoB)
Ullrich, S. (IfMK)	Zeitzschel, B. (IfMK)
Unger, D. (IfBM)	Zeller, U. (IfMK)
Usbeck, R. (AWI)	Zeltner, A. (GPIT)
van Kreveld, S. (GPIK)	

Liste der Institute

- AWI** Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung, Am Handelshafen 12, 27515 Bremerhaven
- BEO** Forschungszentrum Jülich PT BEO, Außenstelle Warnemünde, Seestr. 15, 18119 Warnemünde
- BGR** Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Postfach 51 01 53, 30631 Hannover
- BMBF** Bundesminister für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, Heinemannstr. 2, 53170 Bonn
- GCIG** Geochemisches Institut, Georg-August-Universität, Goldschmidtstr. 1, 37077 Göttingen
- GeoB** Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Klagenfurterstr., 28359 Bremen
- GEOMAR** Forschungszentrum für marine Geowissenschaften, Universität Kiel, Wischhofstr. 3, 24148 Kiel
- GPIK** Geologisch-Paläontologisches Institut, Universität Kiel, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel
- GPIT** Geologisch-Paläontologisches Institut, Universität Tübingen, Sigwartstr. 10, 72076 Tübingen
- ICCM** Instituto Canario de Ciencias Marinas, Apdo 56, Telde, Las Palmas 3500, Gran Canaria
- IEOT** Instituto Espanol de Oceanografia, San Andres, Santa Cruz de Tenerife 38120
- IFBH** Institut für Biogeochemie und Meereschemie, Universität Hamburg, Jungiusstr. 6, 20355 Hamburg
- IFMH** Institut für Meteorologie, Universität Hamburg, Bundesstraße 55, 20146 Hamburg
- IFMHH** Institut für Meereskunde, Universität Hamburg, Troplowitzstr.7, 22529 Hamburg
- IFMK** Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

- IGBP** IGBP-Sekretariat, Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK)
Postfach 60 12 03, 14412 Potsdam
- IHF** Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft, Universität
Hamburg, Hydrobiologische Abteilung, Zeiseweg 9, 22765 Hamburg
- IoGS** Institute of Geoscience, Shiznoka University, Oya 836, Shiznoka 422,
Japan
- IOW** Institut für Ostseeforschung, Seestr. 15, 18119 Warnemünde
- MPI HH** Max-Planck-Institut für Naturwissenschaften, Bundesstraße 55, 20146
Hamburg
- MPI M** Max-Planck-Institut für Chemie, Postfach 3060, 55020 Mainz
- 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 and its link to sea surface signatures

A. N. Antia*, B. von Bodungen[§], R. Peinert*, M. Voß[§], E. Mittelstaedt[°] & R. Barlow[§]

*Institut für Meereskunde, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

[§]Institut für Ostseeforschung Warnemünde, Seestr. 15, 18119 Rostock-Warnemünde

[°]Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Postfach 30 12 20, 20305 Hamburg

[§]Plymouth Marine Laboratory, U.K.

Continental margins, characterised by disproportionately high rates of primary productivity, are thought to play a significant role in oceanic biogeochemical elemental cycling. The EU-funded Ocean Margin Exchange (OMEX) programme focuses on studying the complex processes involved in material exchange across the European continental boundary at ca. 49°N in the North Atlantic. In this poster results from sediment trap and current meter moorings at the Goban Spur between July 1993 and September 1994 are presented.

Current meter data from moorings in water depths of 1500 m, 2000m and 3600m show a pattern of along-and across-slope currents on the slope and at the slope break respectively. Annual means and seasonal cycles of the fluxes of biogenic and lithogenic dry weight, carbonate, particulate organic carbon and nitrogen, biogenic silica and $d^{15}N$ isotopic composition are presented from traps at various depths on the Goban Spur. Sedimentation at both mooring sites shows a marked increase with depth although this is reflected differently for the different components of flux. A decrease in sedimentation rates between 1500 and 3200 m is indicative of the degradation and dissolution of laterally injected material. Less labile biogenic components such as the siliceous and carbonaceous shells of pelagic organisms (reflected in biogenic silicate and carbonate fluxes) show the highest concentrations in deepest traps.

A seasonal cycle in sedimentation is most strongly evident in the uppermost traps below the seasonally mixed layer, with the levels of spring and autumn POC sedimentation being comparable. Deep mixing of the surface waters in September (also evident as a drop in sea surface temperature as measured by a meteorological buoy and seen as a large-scale cooling in satellite AVHRR data) can lead to new production that is reflected in the low $d^{15}N$ values seen in sedimenting material some weeks later. This signal is visible in traps at all depths during the same time period, indicating that material exported from the surface is transported laterally rapidly compared to its degradation in the water column.

Vertical and lateral fluxes are seen to be mediated by the sinking of particles from the upper mixed layer, termed the „primary“ flux, and their subsequent resuspension and lateral transport in intermediate water layers. It is this secondary flux that is seen to dominate below the seasonal mixed layer at the slope break where maximum sedimentation rates are seen. The lateral fluxes are thought to be mediated by nepheloid layers on the slope and slope decline. Long-term measurements of transmission in intermediate depths show short but strong pulses of increased particulate load lasting for duration's of a few days. These are not related to simultaneous changes in current velocity or direction, indicating a non-local source.

Applying the empirically derived depth-dependant degradation algorithm of Martin et al. (1987) POC fluxes in intermediate waters are differentiated into vertical and lateral input, from which it is estimated that up to 40% of fluxes at 1500 m on the shelf break has a lateral source. Using the POC flux in traps 400 m above bottom as an indicator of vertical input to the benthic community and sediment community carbon demand values from the benthic subproject in OMEX it is seen that on the slope vertical input accounts for approximately 25% of benthic carbon demand on the slope and approximates C-utilisation by the sediment community on the Pedragon Escarpment.

**Particle Flux in Deep Seas:
regional characteristics and temporal variability.**

Lampitt R.S. * and Antia A.N. +

* Southampton Oceanography Centre Empress Dock Southampton, SO14 3ZH, UK

+ Institut für Meereskunde, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Deep water particle flux data have been collected from the literature representing most areas of the globe. Rigorous criteria were employed in the selection of the data so that seasonal trends could be examined and annual averages compiled.

Organic carbon flux data were normalised to a depth of 2000m to facilitate comparisons between data sets giving an 11 fold range in flux in areas outside the polar domains from 0.38 to 4.2g/m²/y. Observations in polar regions reveal a much wider range of flux (0.01-5.9 g/m²/y). Few latitudinal trends are apparent but calcite flux exhibits a poleward decrease. Polar fluxes of opaline silica are not significantly higher than elsewhere although the Si : Organic Carbon ratio of settling material is higher here.

The variability of flux over annual cycles was calculated for all data sets and expressed as a stability value (SV) and the relationship between this and vertical flux of material examined. As expected, but never before demonstrated, there is a negative relationship, albeit very weak, between stability and the proportion of primary production exported to 2000m (e_{2000} ratio). Such as it is, it suggests that the least stable of the non-polar environments export to 2000m about twice as much of the primary production as the most stable ones. Polar environments have very low e_{2000} ratios while no relationship to stability is apparent. There is no significant relationship between stability and either flux of dry mass or opaline silica, but a negative relationship with organic carbon flux and a positive relationship with inorganic carbon flux was found.

Comparison with published satellite derived estimates of primary production shows that at levels below 200g C/m²/y there is a positive correlation with organic carbon flux at 2000m but above this level, flux remains constant at about 3.5g C/m²/y. A curve was derived to describe this relationship and this was applied to estimates of annual primary production in each of 34 of the open ocean biogeochemical provinces proposed by Longhurst et al (1995). In the open ocean regions of the globe, flux of organic carbon at 2000m is 0.32 Gt/yr which is 1% of the total net primary production in these regions. This flux is nearly equally divided between the Atlantic, Pacific and Southern Oceans. The Indian and Arctic oceans between them only contribute 5% to the total.

Export ratio (e_{2000}), shows an increase at primary production levels below 200 gC/m²/y, but above this level a negative relationship is implied.

The planktonic climatological categories recently proposed by Longhurst (1995) provide a most useful means of examining the data on flux and stability. A characteristic level of stability was found in each category with highest levels in the tropics and lowest levels in the Antarctic. There is also a characteristic level of export ratio in each category with the highest in monsoonal environments (1.9%) and the lowest in Antarctica (0.1%). A better understanding of the nature of the planktonic cycles of the upper ocean is required in order to gain further insights into deep water fluxes of particulate matter.

Nitrous oxide in the Arabian Sea

H.W. Bange, S. Rapsomanikis & M. O. Andreae
Biogeochemistry Department, Max Planck Institute for Chemistry, P.O. Box 3060, 55020
Mainz, Germany

Dissolved and atmospheric nitrous oxide (N_2O) were measured on the legs 3 and 5 of the R/V METEOR cruise 32 in the Arabian Sea. A cruise track along $65^\circ E$ was followed during both the intermonsoon (May 1995) and the southwest (SW) monsoon (July/August 1995) periods. During the second leg the coastal and open ocean upwelling regions off the Arabian Peninsula were also investigated.

The average atmospheric N_2O dry mole fractions were 307.5 ± 4 ppb (May) and 309 ± 2 ppb (July/August). Surface seawater N_2O concentrations in the central Arabian Sea ranged from 5.0 to 5.7 $nmol L^{-1}$ (May 1995) and from 5.7 to 6.9 $nmol L^{-1}$ (July 1995). Significantly higher concentrations of as much as 8.6 and 21.6 $nmol L^{-1}$ were observed in the coastal and open ocean upwelling areas of Oman. We observed a modest, but significant increase in the N_2O saturation measured in surface waters of the central Arabian Sea from May 1995 (99-103 %) to July 1995 (103-106 %). These differences may be related to the transition from the intermonsoon to the SW monsoon. During the SW monsoon we crossed patches of open ocean upwelling areas and found N_2O saturation up to 130%. Highest N_2O saturation were observed in the coastal upwelling areas (up to 308 %). Significantly enhanced N_2O saturation were observed in an area of open ocean upwelling. We calculated annual N_2O emissions of 0.8 - 1.5 Tg for the Arabian Sea. This is considerably higher than previous estimates indicating that N_2O fluxes from the Arabian Sea alone may account for 12-52 % of the global N_2O emissions. Obviously, previous estimates underestimated the role of upwelling regions, such as the eastern tropical Pacific and the Arabian Sea, in budgets of global oceanic N_2O emissions.

The water column distribution of N_2O in the central Arabian Sea exhibited a sharp peak at the top the oxygen minimum layer (ca. 150 m) and a broad peak at around 1000 m. N_2O depth profiles from the coastal upwelling indicate that the high N_2O surface concentrations are mainly the result of upwelled N_2O enriched subsurface water masses. Future work should focus on repeated N_2O measurements in coastal and open ocean upwelling areas to account for the seasonal and inter-annual variability.

"Southern JGOFS - Phase II"

U. Bathmann

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Columbustraße, 27568 Bremerhaven

Die Expedition POLARSTERN -Reise ANT XIII/2 (Frontendynamik und Biologie) wurde vom 4. Dezember 1995 bis zum 24. Februar 1996 als Teil der internationalen Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) durchgeführt. Dieses Programm hat das Ziel, den Kohlenstoffkreislauf zu bestimmen, in diesem Fall die Prozesse, die zum Eintrag atmosphärischen CO_2 in den Ozean führen, wie der Einbau von CO_2 in biogenes Material (Primärproduktion), dessen Umwandlung im pelagischen Nahrungsgeflecht und das Absinken in tiefe Ozeanschichten. Am Anfang dieser Prozesse, auch Biologische Pumpe genannt, steht das Phytoplankton, dessen wichtigste Vertreter Flagellaten und Diatomeen sind. Die Flagellaten dominieren verschiedene Algenklassen des Pico- und Nanoplanktons, während bei Diatomeen kettenbildende Arten oder solche mit langen Fortsätzen häufig sind. Während die Flagellatenbiomasse selten 0.3 mg Chlorophyll $a m^{-2}$ übersteigt, ist die der Diatomeen weitaus höher; sie tritt aber räumlich und zeitlich begrenzt auf. Es gilt, die Faktoren solch einer Blütenbildung zu verstehen, um die biochemischen Kreisläufe im Meer zu begreifen und zu

quantifizieren, da diese Stoffkreisläufe den vertikalen Partikelfluß und die CO₂-Aufnahme des Ozeans bestimmen.

Während der ersten JGOFS Expedition des FS POLARSTERN (ANT X/6), die im Oktober/November 1992 entlang des 6°W Meridians zwischen 58°S und 47°S stattfand, wurde die Entwicklung einer Diatomeenblüte an der Polarfrontzone beobachtet, die zur Untersättigung des Ozeans mit CO₂ führte. Da die hohen Eisenkonzentrationen im Meerwasser während dieser Blüte stark abnahm, wird vermutet, daß Eisenverfügbarkeit die Produktion im Südpolarmeer limitiert. Die Ozeanschichtung in dieser Region war sehr flach, dennoch wurde hohe Diatomeenbiomasse in tiefen, lichtlimitierten Zonen gefunden. Eine dynamische Hydrographie muß demnach zu einer Überschichtung von Oberflächenwasser mit tieferem bewirkt haben. Eine wichtige Erkenntnis der Expedition ANT X/6 war, daß das Verständnis der mesoskaligen Dynamiken an Ozeanfronten essentiell für das Verständnis chemischer und biologischer Prozesse ist, die ihrerseits den vertikalen Partikeltransport dieser Meeresgebiete bestimmen.

Um die eben beschriebenen Prozesse zu verstehen, muß die Datenerfassung auf adäquaten, d. h. viel feineren Skalen erfolgen als bisher. Das Schleppsystem "Sea Soar", das ständig zwischen Meeresoberfläche und ca. 400 m Wassertiefe geschleppt wird, nimmt Daten des Unterwasser-Lichtfeldes, der Temperatur- und Salzgehaltsschichtung und der Phytoplanktonfluoreszenz auf, aus denen die Höhe der Phytoplanktonbiomasse und der Primärproduktion abgeleitet werden. Mit den zusätzlichen Daten aus kontinuierlichen Oberflächenproben wurde ein Bild der Hydrographie und Verteilung der Biologie in je einem groben (ca. 75 km Transektabstand) und einem feinen (13 km Transektabstand) dreidimensionalen Grid gewonnen. Zusätzlich wurden diskrete Wassersäulen beprobt mit den Geräten: CTD-Rosette, Go-Fo-Flaschen am Kevlarseil, Multi-, Bongo, Midwater-Netz, in situ-Pumpen.

Akkumulation von Diatomeenbiomasse im Plankton kann durch verstärktes Zellwachstum erzeugt werden oder bei verminderten Verlusten (Zellsterben, Parasitenbefall, Absinken, Wegfressen) auftreten. Wachstumsfaktoren (Lichtklima, Nährsalz- und Eisengehalt) wurden in Beziehung zur Hydrographie untersucht, und die Wachstumsraten des Phytoplanktons direkt und indirekt gemessen. Mikroskopische Untersuchungen halfen, die verschiedenen Arten von Phytoplanktonverlust (Parasiten, Absinken, Wegfraß) semi-quantitativ abzuschätzen. Der Bestand des Mesozooplanktons wurde durch konventionelle Netzfänge, durch akkustische (ADCP) und optische in situ Verfahren (optischer Planktonzähler) erfaßt. Absinken partikulärer Substanz wurde über die Uran/Thorium-Differenz und über verankerte Sinkstofffallen ermittelt.

Nitrogen uptake by phytoplankton at the Antarctic Polar Front

M. I. Lucas *, S.J. Bury **, J.-E. Tremblay +, U. Bathmann §, V. Smetacek § & T. Preston ++

* Zoology Department, University of Cape Town, Rondebosch 7700, South Africa

** Department of Biological Sciences, Napier University, Edinburgh, Scotland

+ Department of Bioengineering, Faculty of Engineering, Soka University 1-236 Tangicho, Hachioji, Tokyo 192, Japan

§ Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, Germany

++ Scottish Universities Research & Reactor Centre, East Kilbride, Scotland

Diatom dominated blooms typify the Antarctic Polar Front (APF) region in the vicinity of 50°S and 6°W to 12°E. Why do diatom blooms occur at the Polar Front and what is their role in the biogeochemical cycling of C, N and Si? What is the magnitude of export production in this region? What limits diatom growth in this nutrient enriched environment and why do these blooms not achieve the same biomass frequently observed in the North Atlantic or coastal upwelling regions where NO₃ and/or Si often become limiting? Is iron, Si or light limiting or

does zooplankton grazing suppress phytoplankton biomass? Data from the austral summer 1995/96 German JGOFS cruise to the APF on RV Polarstern (ANT. XIII/2) resolve some of these key questions.

On this occasion, the APF exhibited only moderate blooms (1.5 - 3.5 $\mu\text{g Chl. l}^{-1}$) of the diatoms *Fragilariopsis kergeulensis*, *Chaetoceros atlanticum*, *Pseudonitzschia lineola* and *Thalassiothrix* sp. Resolution of the fine scale physical structure of the region by SeaSoar revealed a complexity of eastward flows in a meandering APF driven by the underlying topography in broad agreement with FRAM atlas model predictions. Two major flows were identified. From the south, Si and NO_3 rich but colder water was dominated by the heavily silicified *Fragilariopsis* while the lower Si and NO_3 , warmer, higher chlorophyll water at the northern boundary of the APF was dominated by other species. Iron concentrations were uniformly low, in the range 0.2-0.6 nM. In the colder water, pCO_2 was slightly oversaturated (355-375 ppm) while in the warmer more chlorophyll-rich water, pCO_2 was undersaturated (260-300 ppm), potentially due to photosynthetic activity and export production.

Here, results on nitrogen partitioning by phytoplankton are presented, based on whole community and size-fractionated ^{15}N stable isotope tracer studies. The results provide insight into the structure and functioning of planktonic communities in the APF region which has implications for planktonic trophodynamics and carbon flux.

Mikrobielle Biomasse in Tiefseesedimenten des Arabischen Meeres

A. Boetius

Institut für Ostseeforschung, Seestr. 15, 18112 Warnemünde

Im Rahmen des Programmes "Biogeochemische Stoffflüsse in der Tiefsee des Indischen Ozeans" wurde die mikrobielle Biomasse im Sediment untersucht (Reise M 33/1 22.9.-31.10.95). Aus gemessenen Phospholipidkonzentrationen (PL) wurde die gesamte mikrobielle Biomasse einschließlich Bakterien, Pilze, Protozoen und kleiner Meiofaunaorganismen abgeschätzt, durch Epifluoreszenzmikroskopie wurde die bakterielle Biomasse bestimmt. Mit ca. 25-50 nmol PL cm^{-3} an der Sedimentoberfläche (0,25-0,50 mg C cm^{-3}) liegt die mikrobielle Biomasse im nördlichen Arabischen Meer um mehr als das zehnfache höher als in anderen Regionen vergleichbarer Wassertiefe. Bisher ist nicht bekannt, welche Organismen die Lebensbedingungen in den Sedimenten des Arabischen Meeres so vorteilhaft ausnutzen können. An NAST und SAST waren die Phospholipidkonzentrationen deutlich geringer mit $<10 \text{ nmol PL cm}^{-3}$, daher eher vergleichbar mit Daten wie sie aus dem Nordostatlantik und anderen oligotrophen Tiefseeregionen bekannt sind.

Die hohen Biomassekonzentrationen lassen sich bei WAST und EAST bis in 20-30 cm Sedimenttiefe finden, bis zu ca. 10 cm bei NAST und 3-5 cm an SAST. Im Vergleich dazu ist die biologisch aktive Schicht im Nordost-Atlantik (BIOTRANS-Gebiet) auf ca. 4 cm beschränkt und liegt bei $<1 \text{ cm}$ in stark oligotrophen Tiefseeregionen wie der Arktis und dem östlichen Mittelmeer. Wie es entsprechend auch schon bei der Bestimmung der enzymatischen Aktivitäten gefunden wurde, ist daher die Zone fröhdiagenetischer Abbauprozesse im nördlichen Arabischen Meer gegenüber anderen Tiefseeregionen stark ausgedehnt. Dies ist ein Hinweis auf die schnelle Einarbeitung frischen sedimentierten Materials durch Bioturbation.

Aus bisherigen Untersuchungen in verschiedenen Tiefseeregionen zeigte sich ein enger Zusammenhang zwischen dem Eintrag von POC zum Meeresboden und der gesamten mikrobiellen Biomasse - aus einer solchen empirischen Beziehung läßt sich für die Periode nach dem SW-Monsun ein Kohlenstoffumsatz von ca. 40 $\text{mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ bei WAST aus den vorliegenden Biomasse-Abschätzungen ableiten und von $<5 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ bei NAST und SAST: Diese Raten liegen über den durchschnittlichen POC-Flüssen für diese Periode, wie sie

in tiefen Sinkstofffallen ermittelt wurden (Haake et al. 1992, Mar. Chem. 40), entsprechen aber den *als in situ* Sauerstoffzehrung gemessenen Raten.

"Large food falls" - ein signifikanter Eintrag organischer Substanz in die Tiefsee des Arabischen Meeres?

B. Christiansen
GEOMAR

c/o Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft
Zeiseweg 9, 22765 Hamburg

Die Lebensgemeinschaften der Tiefsee sind, bis auf wenige Ausnahmen, auf Nahrungspartikel angewiesen, die in oberflächennahen Wasserschichten produziert wurden. Der Transport solcher organischer Substanz in die Tiefsee kann dabei auf verschiedenen Wegen erfolgen:

1. Sedimentation feinverteilter organischer Materials, z.B. in Form von Phytodetritus oder Kotballen
2. Eintrag durch Vertikalwanderungen
3. Eintrag durch große organische Partikel ("large food falls"), z.B. in Form toter Fische, Cephalopoden oder Wale.

Während der direkte Eintrag feinverteilter Materials mit Hilfe von Sinkstofffallen gut dokumentiert ist, liegen bisher kaum Informationen über die alternativen Pfade des Transports organischer Substanz in die Tiefsee vor. Ergebnisse der Reise METEOR 33-1 in das Arabische Meer im September/Oktober 1995 weisen jedoch erstmals einen direkten Kohlenstofffluß in die Tiefsee des Indischen Ozeans in Form größerer toter Organismen nach.

Auf der Expedition M33-1 (Lochte *et al.*) wurde die Megafauna an 3 Stationen (NAST - 20°N/65°35'E, WAST - 16°15'N/60°30'E, CAST - 14°25'N/64°30'E) im Arabischen Meer mit photographischen Methoden und an 2 Stationen (WAST, CAST) zusätzlich durch Trawlfänge erfaßt. Zum Einsatz kamen folgende Geräte:

1. DOS (Deep-sea Observation System), ein video-kontrolliertes System zur photographischen Erfassung des Meeresbodens. Die Sollhöhe beträgt 3 m über dem Grund. Die Photokamera blickt senkrecht nach unten.
2. IHF-Fototrawl, ein video-kontrollierter Epibenthoschlitten zur photographischen Erfassung und zum simultanen Fang epibenthischer und benthopelagischer Organismen. Der Meeresboden wird in einem Winkel von 30° photographiert.

Anhand der Fotoaufnahmen des Meeresbodens wird die unterschiedliche Struktur und Besiedelung der Sedimentoberfläche auf den drei Stationen NAST, WAST und CAST deutlich. Vor allem unterscheidet sich Station WAST eindeutig von den anderen beiden Stationen. Sie zeigt eine relativ gleichförmige Sedimentoberfläche mit einer geringen Dichte von Lebensspuren. Das Epibenthos wird von Schlangensterne (Ophiuriden) dominiert. Auffällig ist eine extrem hohe Dichte von ca. 1 Ind. m⁻² an toten Schwimmkrabben (Portunidae) der Art *Charybdis smithi*.

Die Stationen NAST und CAST weisen eine wesentlich höhere Dichte von Lebensspuren auf, die auf eine hohe Bioturbationsrate durch Megafauna hinweisen. Die Besiedelung ist diverser und entspricht einem typischen hochozeanischen Tiefseeboden. Neben Schlangensterne sind Schwämme (Porifera), Kahnfüßer (Scaphopoda), Seegurken (Holothuria) und Seefedern (Pennatulida) häufig. Tote Krabben wurden ebenfalls beobachtet, allerdings in geringerer Dichte als an Station WAST.

Eine erste Abundanzabschätzung der toten Schwimmkrabben auf Station WAST ergibt eine Dichte von ca. 1 Ind. m⁻². Dies entspricht einer Biomasse von rund 1.5-2.0 gCm⁻². Über die Biologie von *Charybdis smithi* ist bekannt, daß sie normalerweise am unteren Schelf und am Kontinentalhang sowie an Kuppen vorkommen (Spiridonov 1996). Während der SW-

Monsunphase wandern sie in das freie Wasser, um dort zu laichen. Dabei werden sie von Strömungen auch in küstenferne Seegebiete verdriftet. Über ihr weiteres Schicksal war bisher nur bekannt, daß sie Fischen, vor allem Thunfischen, als Nahrung dienen. Eine Rückwanderung findet nicht statt. Während der Reise M33-1 wurden aktiv schwimmende *Charybdis smithi* an allen Stationen außer SAST an der Wasseroberfläche beobachtet. Die Photographien vom Tiefseeboden weisen nach, daß zumindest ein Teil stirbt und direkt zum Meeresboden absinkt. Wegen der hohen bakteriellen Abbaurate von Chitin ist anzunehmen, daß der Bestand an toten Schwimmkrabben auf dem Meeresboden eine Minimalabschätzung für den Eintrag während einer Saison darstellt.

Ein Vergleich dieses Eintrags mit den Daten aus Sinkstofffallen zeigt seine Bedeutung für den Kohlenstofffluß in die Tiefsee auf. Der mittlere jährliche C_{org} -Fluß an der Station WAST, gemessen in Sinkstofffallen in 2800-3000 m Tiefe, beträgt nach Haake *et al.* (1993) $3.2 \text{ gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$. Der Transportweg über "large food falls" in Form toter Schwimmkrabben bringt somit einen zusätzlichen Eintrag an organischem Kohlenstoff in die Tiefsee in Höhe von mindestens 50-60 %.

Zooplankton distribution and activity in relation to hydrography along the Polar Front during summer 1995/1996

C. Dubischar 1), J. Allen 2), U. Bathmann 1), R. Pollard 2) & V. Strass 1)

1) Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Germany

2) Southampton Oceanography Center, United Kingdom

Frontal systems in the oceans are often characterized by higher concentrations of phyto- and zooplankton and enhanced biological activities. The causing mechanisms for this phenomenon still have to be determined. One major aim of the Polarstern-cruise during austral summer 1995/1996 was to investigate hydrographical dynamics in the Polar Frontal Zone (PFZ) and their relations to zooplankton. Mesoscale hydrography and zooplankton distribution was recorded in a coarse and a fine-scale grid along the PFZ by means of an undulating instrument (SeaSoar) equipped with an Optical Plankton Counter (OPC) and with a ship-based Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). The data from these instruments were calibrated by means of vertical and horizontal net tows taken at selected stations before and after completion of the grids. Here we present preliminary data; the calibration of the OPC and the ADCP-data is still in progress.

Distribution of plant pigments and microbial activity in sediments of the Laptev Sea (Arctic)

C. Grahl*, A. Boetius+ & E.-M. Nötig*

* Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Am Handelshafen 12, 27515 Bremerhaven

+ Institut für Ostseeforschung, Seestraße 15, 18122 Rostock-Warnemünde

During two expeditions with RV POLARSTERN to the Laptev Sea (ARK IX/4 in summer 1993 and ARK XI/1 in summer 1995), sediment samples from the continental shelf margin to the deep Arctic basins (water depths between 37 m and 3831 m) were collected. The aim of our studies was to understand the pelagic-benthic coupling in an ice-covered Arctic region. Particulate organic matter, having settled from the euphotic zone, serves as the main food source for benthic organisms. Pigment concentrations in the sediments are biomarker of the input of phytoplankton material by sedimentation from the euphotic zone. Microbial biomass

comprises most of the benthic biomass in the sediments of the continental slope and the abyssal plain. Therefore, microbial activities in the sediments and main influencing factors like food supply, water depth and ice cover were measured. Of all measured enzymes, the activity of β -glucosidase (cleaves β -glycosides like cellulose) showed the best correlation with the input of plant material.

In summer 1993 the eastern Laptev Sea was ice-free and the western section was ice-covered. In summer 1995, the eastern part was ice-covered and the central and western Laptev Sea was ice-free. Chlorophyll a equivalents (Chlorophyll a + phaeopigments) and the potential activity of the enzyme β -glucosidase in the surface sediments (0-1 cm) decreased with increasing water depth (100-3000 m) by a factor of ten along the ice-free transects in both years. Along the ice-covered transects a decrease by a factor of five was determined in 1993 as well as in 1995. The results indicate that the amount of the input of phytoplankton material into the sediments depends on the extent and persistence of the ice cover due to the limited primary production in the euphotic zone. Furthermore, there is a decreasing input with increasing water depth because of the degradation processes during sinking in the water column. Finally, the activity of the enzyme β -glucosidase reflects the above-mentioned input of plant material.

Variable C/N Verhältnisse in einem ökosystemmodell

O. Haupt*, I. Kriest^o & U. Wolf#

* SFB 313, Universität Kiel, Olshausenstraße 40, 24118 Kiel

^o Institut für Meereskunde, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Institut für Ostseeforschung, Seestr. 15, 18112 Rostock-Warnemünde

Kohlenstoff und Stickstoff sind zusammen mit dem Phosphor die wichtigsten Elemente für den Aufbau von Biomasse sowie den Metabolismus. Redfield hat bereits 1934 ein sehr allgemein gültiges Verhältnis dieser Stoffe zueinander beschrieben, das mit einem Wert von 106:16:1 eine empirische Grundlage aus Messungen zu unterschiedlichen Jahreszeiten, Systemzuständen und Konditionen der Zellen besitzt. Dieses Verhältnis bezieht sich dabei auf die Biomasse des Phytoplanktons. Die heterotrophen Organismen zeigen aufgrund ihrer körpereigenen Strukturen eine etwas andere elementare Zusammensetzung. Auch im Laufe eines Lebenszyklus kann dieses Verhältnis innerhalb der einzelnen Organismen z.B. durch die Einlagerung von Speicherstoffen variieren. Besonders deutlich wird die Veränderung des C/N Verhältnisses bei der Sedimentation abgestorbener Biomasse, die einem unterschiedlich schnellen biochemischen Abbau unterliegt. Aber nicht nur die Biomasse der Zellen sondern auch die aufgenommenen Nährstoffe weisen beim Phytoplankton das von Redfield beschriebene Verhältnis der Elemente auf. Eine Vielzahl von Prozessen in den Organismen sind aber mehr oder weniger vom Verhältnis oder sogar von der Existenz anderer Elemente entkoppelt. Diese Erkenntnisse sind Grundlage des vorgestellten Modells CANDE (Carbon and Nitrogen Decoupling), das auf zwei Elementkreisläufen aufbaut - Kohlenstoff und Stickstoff. Das Modell baut dabei auf dem Ökosystemmodell BIOM auf und übernimmt weitgehend dessen Parametrisierungen der vertikalen Gliederung sowie der wichtigsten Prozesse. Ergänzend sind die Kohlenstoffbestandteile der Ökosystemvariablen als separate Kompartimente, der gelöste organische Kohlenstoff sowie als einzige anorganische Kohlenstoffkomponente das Gesamt-CO₂ (TCO₂) eingefügt. Mit stark vereinfachten Parametrisierungen werden dabei die Remineralisierungsprozesse der organischen Komponenten sowie die Austauschprozesse an der Ozean-Atmosphäre-Grenzschicht und zum Sediment simuliert. Erste Modellergebnisse zeigen, daß sich die simulierten C/N Verhältnisse des Detritus mit Material aus Sinkstofffallen vergleichen lassen. Trotz der sehr stark simplifizierten Parametrisierungen der anorganischen Kohlenstoffkomponenten stellt sich nach

etwa 500 Jahren ein mit Felddaten vergleichbares TCO_2 Profil ein. Die Veränderung der C/N Verhältnisse ist sowohl für biologische als auch für physicochemische Prozesse von Bedeutung. Biologisch betrachtet geben sie Auskunft über die Qualität der Partikel, die als Energiequelle den Benthosorganismen zur Verfügung stehen. Andererseits hat die Veränderung der C/N Verhältnisse mit der Tiefe einen wesentlichen Einfluß auf die Berechnungen des rein physikalisch beeinflussten TCO_2 . Die Normalisierung des TCO_2 über die Menge des biologisch remineralisierten Nitrates, die üblicherweise über das von Redfield beschriebene C/N Verhältnis für alle Tiefen gleichermassen durchgeführt wird, führt bei steigenden C/N Verhältnissen zu deutlich geringeren TCO_2 -Konzentrationen im Tiefenwasser. Dies sollte bei der Berechnung des physikalisch transportierten atmosphärischen CO_2 im Tiefenwasser in Zukunft berücksichtigt werden.

Saisonale und interannuelle Variationen im Partikelfluß im küstennahen Auftriebsgebiet vor Chile

D. Hebbeln & G. Wefer

Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Postfach 330440, 28334 Bremen

Im Rahmen der *JGOFS Eastern Boundary Study* werden seit 1993 u.a. Partikelflußstudien im Peru/Chile Strom durchgeführt. Mit einer sehr langen Nord-Süd-Erstreckung und mit einem kontinuierlichen Küstenauftrieb zählt der Peru/Chile Strom zu den produktivsten Regionen des Weltozeans. Das Ziel dieses Projektes ist es in einer Langzeitstudie den Partikelfluß im Peru/Chile Strom mit seinen saisonalen und interannuellen Variationen zu erfassen, und seine Bedeutung für den globalen Kohlenstoffkreislauf zu verifizieren. Durch die Bedienung der Sedimentfallenstation (auf 30°S ca. 100 nm vor der chilenischen Küste nahe der Hafenstadt Coquimbo) im 6 Monats-Rhythmus, wird eine sehr hohe zeitliche Auflösung der Proben (Probenintervalle zwischen 6 und 9 Tagen) gewährleistet, die in Zusammenhang mit der Länge der Studie einen einmaligen Proben- und Datensatz zur Studie des Kohlenstoffkreislaufes in einem östlichen Randstrom ergeben.

An der Verankerungsposition konnte in 2100 m Wassertiefe von Juli 1993 bis Januar 1996 anhand von Sedimentfallen kontinuierlich der Partikelfluß aufgefangen werden. Die hier vorgestellte Zeitreihe wird mit weiteren Feldarbeiten zur Zeit fortgesetzt.

Zwischen 1993 und 1996 wurden die mit Abstand höchsten Flußraten mit $>600 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ im September 1993 gemessen. In den Folgejahren erreichten die Flußraten dann im späten Südwinter nur noch maximal $200 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Die geringsten Flüsse von weniger als $1 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ wurden jeweils im Südsommer 1994/95 und 1995/96 aufgefangen. Das Wiederkehren dieser extremen Situation, in der praktisch kein Fluß auftritt, und das gleiche Bild in zeitgleich verankerten Sedimentfallen (an derselben Station, aber in anderen Wassertiefen) spricht eindeutig für ein reales Signal, dessen Ursache oder Bedeutung aber noch nicht abschließend erklärt werden kann.

Der saisonale Zyklus ist durch hohe Flüsse im Südfrühjahr gekennzeichnet, wobei diese sich im ersten Untersuchungsjahr bis in den Januar 1994 hineinzogen, während von da an jedes Jahr die bereits erwähnten Phasen nahezu ohne Partikelfluß auftraten. Diese begannen 1994 im Dezember und 1995 bereits im September und hielten jeweils bis zum Januar an. Der frühe Beginn dieser Phase 1995 hat auch dazu geführt, daß das Frühjahrs-Maximum sich nur ganz schwach entwickeln konnte. Zwischen März und Juli zeigen die Flüsse, sowohl für 1994 als auch für 1995 vergleichbare Werte in der Höhe von $20\text{-}120 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

Dieses generelle Muster paßt zum saisonalen Rhythmus des Auftriebs, wie er sich aus den Isotopenmessungen an planktischen Foraminiferen aus dem Jahr 1993/94 ableiten läßt. Demnach fallen die Phasen mit hohen Partikelflüssen mit dem intensivsten Auftriebsgeschehen

zusammen. Problematisch bleiben vorerst die Zeiten, in denen der Partikelfluß fast ganz abreißt.

Phytoplankton biomass and species distribution in relation to hydrography and nutrients along the Polar Front during summer 1995/96

I. Hense

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

During the second Southern Ocean JGOFS cruise of RV POLARSTERN carried out in 1995/96 the relationship between phytoplankton bloom development and mesoscale hydrography along the Polar Front was studied in detail. Temperature, salinity and Chlorophyll fluorescence were recorded continuously in surface waters and macronutrient concentrations and phytoplankton species composition were assessed simultaneously in discrete surface water samples. The results of a coarse and fine-scale grid are presented which indicate a close relationship between mesoscale water mass structure and location and composition blooms. Large, heavily silicified diatoms (*Thalassiothrix*, *Chaetoceros*, *Fragilariopsis*) dominated the biomass. Silica: nitrate ratios changed with increasing biomass suggesting that uptake ratios were as high as 3:1. Apparently, diatom biomass accumulation was eventually limited by silica exhaustion. The frustules of these heavily silicified species eventually sink out resulting in high dissolved silica concentrations in the underlying water and high accumulation rates of diatom ooze in the sediments.

Diffusive nutrient transport through the sediment/water interface in the South Atlantic

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

FB Geowissenschaften, Universität Bremen, Klagenfurter Straße, 28

During 15 cruises with RS METEOR between 1988-1996 surface sediments were sampled from more than 160 locations in the South Atlantic to investigate early diagenetic remineralization processes. Within the present JGOFS project we mainly focussed on the quantification of exchange of solutes between the marine sediment and the bottom water. We used the total available data set, extended by further literature data, to calculate diffusive transport of dissolved nutrients across the sediment/water interface. A regionalization of benthic fluxes was carried out by using geostatistical methods of variogram analysis and kriging. As a result we present distribution maps of diffusive benthic fluxes of nitrate, phosphate and silicate for the South Atlantic.

Diffusive fluxes into the bottom water vary considerably over the entire region reflecting strong regional differences in the input of degradable and dissolvable material. Our estimations reveal fluxes of 10-180 mmol m⁻² a⁻¹ for nitrate, (-2)-11 mmol m⁻² a⁻¹ for phosphate and 0-0.65 mol m⁻² a⁻¹ for silicate. Highest nutrient fluxes are calculated for the continental margins off Southwest Africa and Argentina. The presented distribution maps do only partly show a dependency to primary productivity as deduced from global maps of Berger & Wefer (1991) or Antoine (1996). Comparatively low fluxes are calculated for the Guinea Basin and the northern Angola Basin which might be partly due to sparse sampling on the continental margin in these areas. The very high benthic fluxes in the western Argentine Basin can primarily be attributed to the input of labile organic matter and biogenic silica by lateral transport processes.

The investigated area comprises a total of ca. $32 \cdot 10^6$ km² between 8°N and 40-50°S. Our estimations reveal total benthic release rates of $1.55 \cdot 10^{12}$ mol NO₃ a⁻¹, $3.5 \cdot 10^{10}$ mol PO₄ a⁻¹ and $2.1 \cdot 10^{12}$ mol Si a⁻¹, where open ocean areas contribute about 70-80% of the total estimated fluxes.

Koordinierte Modellierung in JGOFS-Atlantik

K. Herterich

Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Klagenfurter Straße, 28359 Bremen

Seit dem 1.10.96 werden im Rahmen von JGOFS-Atlantik zwei Modellierprojekte gefördert, in welchen untersucht wird, welchen Einfluß die ozeanische 3d Zirkulation auf die räumliche und zeitliche Entwicklung der Biologie im Ozean hat. Das Kieler Projekt verwendet das sogenannte Dynamomodell: ein eddyauflösendes 3d Modell des Nordatlantiks. Das Projekt Bremen/Hamburg arbeitet mit dem Princeton-Ocean-Model (POM) für den engeren ozeanischen Bereich der Umgebung der ESTOC Station nördlich Gran Canarias. Randbedingungen an den offenen Rändern können durch das Dynamomodell geliefert werden. Zum Einsatz kommen ferner ein 1d Modell für die Wassersäule für Rechnungen an der ESTOC Station sowie ein Inverses Modell zur Definition eines möglichst einfachen biologischen Modells welches für alle 3 oben genannten ozeanischen Modelle verwendet werden soll. Durch die Kopplung eines biologischen Modells mit relativ hochauflösenden ozeanischen Modellen wird ein weiterer Schritt auf dem Weg zu einem realistischen Modell zur Beschreibung der Biologie im Ozean geleistet. Zwar stehen zu Beginn der Modellierung Sensitivitätsexperimente im Vordergrund jedoch sollen später auch Simulationsexperimente durchgeführt werden. Die hochauflösende 3d Modellierung ist zwar sehr aufwendig (insbesondere das beckenweite Dynamomodell), sie ist aber nötig auf dem Weg zu dem (Fern-)Ziel eines Vorhersagemodells. Die 1d Modellierung wird dennoch begleitend weitergeführt, weil sie im Vergleich zur 3d Modellierung

weniger rechenintensiv ist und somit viele Sensitivitätsexperimente möglich sind, deren Resultate für die Konzeption der rechenintensiven 3d Experimente genutzt werden können. Auch die Inverse Modellierung wird im wesentlichen auf das 1d Modell zur Bestimmung der Parameter eines (möglichst einfachen) biologischen Modells zurückgreifen jedoch mit Berücksichtigung der (1d)Physik wie z. B. der vertikalen Turbulenz. Die inzwischen im Bereich der ESTOC-Station erhobenen Daten eignen sich für die Definition der Modellrandbedingungen als auch für die Verifikation der Modellergebnisse. An der ESTOC-Station existieren Daten über physikalische und biologische Variable als Funktion der Tiefe im Ozean und der Zeit. Ausgehend von der ESTOC existieren monatliche hydrographische Schnitte nach Osten (zum Afrikanischen Kontinentalschelf) und nach Süden (nach Gran Canaria). Für die Verifikation des Dynamomodells muß auf weitere Datensätze aus dem Nordatlantik zurückgegriffen werden. Für die oberen Randbedingungen stehen ECMWF-Analysen zur Verfügung. Die 3 physikalischen Modelle (Dynamomodell, POM und 1d Modell) enthalten alle die ESTOC-Station. Die Modellresultate können an dieser Stelle miteinander verglichen werden. Damit der Modellvergleich möglichst einfach durchgeführt werden kann, müssen die verwendeten biologischen Modellkomponenten und die Definition der Randbedingungen möglichst identisch sein.

Arbeitsgruppe: Daten und Modelle

K. Herterich

Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Klagenfurter Straße, 28359 Bremen

Die während des 4. Deutschen JGOFS Workshops im November 1995 eingesetzte Arbeitsgruppe Daten und Modelle hat sich zum Ziel gesetzt einen Beitrag zur Synthese der JGOFS Ergebnisse zu leisten, der insbesondere aus der Verbindung von Daten und Modellen erwachsen kann. Es fanden bisher zwei Arbeitstreffen statt (Nov. 95 und Nov. 96). Beim ersten Treffen standen die Daten im Vordergrund. Inzwischen wurde durch Thomas Mitzka (Kiel) eine Datenbank eingerichtet, die eine Sammlung der in JGOFS erhobenen Daten ermöglicht und auch (unter bestimmten Kriterien) erlaubt diese Daten abzurufen. Nach dem Stand von Ende 96 sind inzwischen etwa 40% der während der 30 JGOFS-Reisen gesammelten Daten in diese Datenbank eingeflossen.

Das zweite Arbeitstreffen diente der Feststellung des Standes der Modellierung in JGOFS Deutschland. Die Diskussion während des Treffens konnte sich auf eine E-Mail Umfrage unter den deutschen JGOFS Modellierern und weiteren Modellierern, die sich mit JGOFS relevanten wissenschaftlichen Fragestellungen beschäftigen, stützen. Gefragt wurde nach dem wissenschaftlichen Thema, nach der Modellierungsart, nach den verwendeten Daten und nach den inzwischen vorliegenden Ergebnissen. Im wesentlichen entspricht das Spektrum der verwendeten Modelltypen der Modellgliederung, wie sie schon im JGOFS Science Plan vorgeschlagen wurde. So sind im Rahmen der deutschen Modellierungsaktivitäten folgende Modelltypen eingesetzt: lokale Ökosystemmodelle, Modelle in Verbindung mit Fernerkundung, gröber und höher auflösende gekoppelte Modelle, Inverse Modelle, prozessorientierte Modelle und sonstige Modelle.

Die Vorträge und die anschließenden Diskussionen zeigten eine Reihe von Möglichkeiten zur Zusammenarbeit auf, die einen Beitrag zur angestrebten Synthese leisten können. Drei Schwerpunkte der weiteren Gruppenarbeit wurden genannt:

1. Welche wissenschaftlichen Fragestellungen innerhalb von JGOFS (angelehnt an den Science- und Implementation Plan) lassen sich mit der Hilfe der Modellierung und den bisher verfügbaren Daten voraussichtlich in den nächsten Jahren beantworten?
2. Was ist zur Vervollständigung und zur Verfügbarkeit der Daten noch zu leisten?
3. Welche Art der koordinierten Modellierung könnte mithelfen, die in den JGOFS Projekten genannten wissenschaftlichen Fragen zu beantworten?

The CO₂ system in the Arabian Sea during the southwest monsoon and the intermonsoons of 1995

A. Hupe & R. Lendt

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

In order to characterise the CO₂ system within the framework of JGOFS-Indik sea water samples were collected on three cruises of R/V METEOR in 1995 covering the intermonsoons in March and September/October and the early SW monsoon in June/July. A total of 920 discrete sea water samples were collected from CTD profiles, and 250 underway samples were taken from about 7 m water depth by a continuous sea water pump system. The three parameters of the CO₂ system measured were total dissolved inorganic carbon (TC), total alkalinity (TA) and pH. TC concentrations were measured with a coulometric detector (UIC Mod. 5011 carbon dioxide coulometer) combined with a CO₂ extraction unit. TA was measured using a potentiometric titration method. The TC and TA concentrations were used to calculate the partial pressure of carbon dioxide in sea water ($p\text{CO}_2\text{sw}$).

The aims of the study were to quantify the air-sea CO₂ flux, to study the effect of denitrification on the CO₂ concentration in the oxygen minimum zone and to describe the processes controlling the CO₂ system in the ocean. As oceanographic processes in the Arabian Sea reveal a strong monsoon related seasonality a good seasonal coverage is required to assess whether the Arabian Sea is a potential CO₂ sink or source.

In the beginning of the southwest monsoon, the greater part of the survey area (3°S to 17°N and 50 to 59°E) represented a weak net sink for atmospheric CO₂. However, the upwelling areas within the Great Whirl (9.5-11.5°N; 53-54°E) and off the Oman coast are strong CO₂ sources. The air-sea CO₂ flux showed for most part of the survey area an influx of CO₂ into the ocean (-1 to -4 mmol m⁻² day⁻¹). The maximum F_{CO₂} of 16 mmol m⁻² day⁻¹ into the atmosphere was observed in the coastal upwelling off Oman. Whereas the maximum CO₂ flux into the ocean (-8 mmol m⁻² day⁻¹) was located about 30 kilometres southeast of the upwelling centre. At this station, high primary production driven by lateral nutrient supply from the upwelling region caused large negative DpCO₂ (-125 ppmv). Additional to large DpCO₂ high wind speeds lead to considerable gas transfer dynamics at the air-sea interface. CO₂ flux is increasing in proportion to and higher wind speed.

Preliminary results of the study carried out on the September/October cruise suggest that the bulk of the survey area (5°S to 20°N and 60 to 68,5°E) acts as a source for atmospheric CO₂ at the end of the southwest monsoon.

Amino acid, hexosamine and carbohydrate fluxes to the Brazilian continental margin: Impact of the São Francisco River.

T. Jennerjahn¹, V. Ittekkot¹, C.E.V. Carvalho², A.R.C. Ovalle²,
C.E. Rezende² & I.M.O. Silveira¹

¹ Institut für Biogeochemie und Meereschemie, Universität Hamburg, Bundesstraße 55, 20146
Hamburg

² Lab. de Ciencias Ambientais, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Av. Alberto
Lamego 2000, 28015-620 Campos, Brasil

Amino acid, hexosamine and carbohydrate fluxes to the Brazilian continental margin were measured at a location 50 km off the São Francisco, the largest river of eastern Brazil, between January and May 1995. A three-week high flux period of organic matter from the end of February until the middle of March coincided with the high discharge period of the river. The nature of organic matter during this high flux period exhibited strong temporal variability with increased fresh autochthonous organic matter fluxes in late February. This results from plankton blooms triggered by the initial fresh water pulse. Subsequently, suspended sediment derived from the river and/or shelf erosion contributed to increased fluxes of refractory organic matter in association with the peak fluxes in March. Fluxes for the four-month deployment period were 242.5 mg m⁻² for amino acids, 29.3 mg m⁻² for hexosamines and 117.8 mg m⁻² for carbohydrates.

Organic matter content and composition measured in suspended and settling particles, and surface sediments showed major differences. Most of these differences result from changes occurring between settling particles from 1550 m water depth and surface sediments from comparable water depths. In general, amino acids, hexosamines and carbohydrates were preferentially decomposed relative to the bulk organic matter.

In conclusion, the input of nutrients and suspended sediments from the São Francisco River is of importance for the production and rapid deposition of fresh autochthonous and refractory terrigenous and recycled marine organic matter. Severe decomposition at the sediment-water interface adds to the refractory nature of organic matter accumulating in fine-grained siliciclastic sediments along the Brazilian continental margin.

DOC und DON: Zwei großräumige Transekte

P. Kähler

Institut für Ostseeforschung, Seestraße 15, 18119 Rostock-Warnemünde

Es werden Meßwerte von gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) und Stickstoff (DON) entlang zweier großräumiger meridionaler Transekte vorgestellt.

Ein Transekt wurde im Indischen Ozean auf 65° E zwischen 22° N und dem Äquator im Mai 1995 (Intermonsun) aufgenommen, das andere im Juli 1996 bei 20° W zwischen 33° und 60° N.

Während beim DOC regional (nach geographischer Breite unterschiedlich) teils erhebliche Akkumulationen im Oberflächenwasser zu beobachten waren, bleibt der DON-Gehalt weitgehend konstant. Dies bedeutet, daß die saisonal an der Oberfläche akkumulierende gelöste organische Materie (DOM) arm an Stickstoff ist.

In Inkubationsversuchen konnte gezeigt werden, daß Stickstoffgaben den Abbau der DOM beschleunigen; ihre Stickstoffarmut ist mithin eine Voraussetzung für ihre Akkumulation.

Hydrographie und Biogeochemie in der Kanaren Region

M. Knoll, T. Müller, J. Reppin, G. Siedler

Institut für Meereskunde an der Universität Kiel, Düsternbrookerweg 20, 24105 Kiel

S. Neuer, H. Meggers, B. Davenport, V. Ratmeyer, A. Spiedt, G. Fischer, G. Wefer

Geowissenschaften FB 5, Universität Bremen, Klagenfurter Straße, 28359 Bremen

Das deutsch-spanische ESTOC-Projekt (European Station for Time-series in the Ocean, Canary Islands) beinhaltet langfristigen Beobachtungen der hydrographischen und biogeochemischen Parameter und Prozesse im westlichen Randstromgebiets des Nordatlantiks. Das Projekt, das im Januar 1994 begann, enthält monatliche Messungen auf der ESTOC-Station (29°10'N, 15°30'W), Langzeitmessungen von Strommesser- und Partikelfallenverankerungen und interdisziplinäre Prozeßstudien, die mindestens einmal pro Jahr in der weiteren Umgebung der ESTOC-Station durchgeführt werden.

Die monatliche Beprobung der ESTOC-Station fand im Zeitraum zwischen Januar 1994 und August 1996 an 27 von 32 Monaten statt. Im Januar 1994, Februar und Dezember 1995 konnte die ESTOC-Station auf Grund von Stürmen nicht angelaufen werden, im April und Juli 1995 stand kein Schiff für die Beprobung zur Verfügung. Die meisten Messungen wurden von dem lokalen spanischen Forschungsschiff TALIARTE durchgeführt, das in diesem Zeitraum 19 mal die ESTOC-Station anlief. Die deutschen Forschungsschiffe POSEIDON und VICTOR HENSEN wurden jeweils 4 mal für die monatliche Beprobung der ESTOC-Station eingesetzt. Zur Zeit werden dabei die folgenden Parameter erfaßt: Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoff, Phosphat, Nitrat, Nitrit, Silikat, Chlorophyll-a, verschiedene Spurenmetalle, stabile Isotope (C13, O18), Alkalinität, pH, und die Verteilung der Zooplanktonbiomasse.

Die ESTOC-Strommesserverankerung wurde erstmals im September 1994 ausgelegt und ein Jahr später ausgetauscht. In 7 Tiefenniveaus werden dabei AANDERAA Strömungsmesser eingesetzt und die Oberflächenströmung von einem in 200 m Tiefe verankerten ADCP erfaßt. Erste Ergebnisse zeigen eine starke barotrope Strömungskomponente. Die ESTOC-Partikelfallenverankerung wurde zum ersten mal im Herbst 1991 bei ESTOC eingesetzt und inzwischen insgesamt fünf mal ausgetauscht. Die Flussdaten zeigen eine deutliche Saisonalität des Partikelflusses, die stark an das saisonale Entwicklungsmaximum der Phytoplanktongemeinschaft im Spätwinter gekoppelt ist.

Fünf interdisziplinäre Prozeßstudien wurden mit den Forschungsschiffen POSEIDON (September 1994, September/Oktober 1995, Mai 1996) und VICTOR HENSEN (Mai/Juni

1995, Januar/Februar 1996) durchgeführt. Diese Fahrten dienen der Erfassung der regionalen Variabilität um die ESTOC Station herum, und der Messung zusätzlicher Parameter. Auf diesen Fahrten werden an der ESTOC-Station auch freischwimmende Treibfallen eingesetzt, und Inkubationsexperimente zur Erfassung der Phytoplanktonwachstumsrate durchgeführt. Zusätzlich geben diese Fahrten anderen am ESTOC-Programm interessierten Gruppen die Möglichkeit, zusätzliche Parameter zu messen (z.B. Tracermessungen, AG W. Roether; optische Parameter, AG R. Reuter; DOC, AG A. Spitz; Coccolithophoridenverteilung, AG H. Thierstein). Einige dieser Parameter sollen in Zukunft in das reguläre Zeitserienprogramm mit übernommen werden.

Die bisherigen Messungen lieferten eine eingehende Beschreibung der beobachteten Wassermassen und ihrer Zirkulation, sowie die damit gekoppelte Verteilung der biogeochemischen Parameter. Es wurden Datensätze für Bilanzierungen gewonnen und Wassermassentransporte bestimmt. Bisher können allerdings nur begrenzte Aussagen über die jahreszeitliche und zwischenjährliche Variabilität in dieser Region getroffen werden. Besonders interessant und noch unzureichend untersucht ist die Bedeutung von Auftriebsfilamenten auf die nördliche Kanarenregion und die Auswirkungen von episodischen Einträgen von Saharastaub auf die Partikelbildung und -sedimentation in der Wassersäule.

ESTOC gilt als Referenzstation für das MAST III CANIGO-Projekt (Canary Azores Gibraltar Observations), das im August 1996 angelaufen ist. Im Rahmen dieses Programms sollen großräumige hydrographische und biogeochemische Untersuchungen in der Azoren-Kanaren Region durchgeführt werden. Ein CTD-Schnitt bei circa 29°N, der die ESTOC-Station passiert, wird im Rahmen von CANIGO zu verschiedenen Jahreszeiten wiederholt und zusätzlich mit zwei Partikelfallenverankerungen und mehreren Strömungsmesserverankerungen ergänzt werden.

ESTOC-Observations

M. Knoll, T. Müller, J. Reppin, M. Busse, G. Siedler

Institut für Meereskunde an der Universität Kiel, Düsternbrookerweg 20, 24105 Kiel

S. Neuer, B. Davenport, V. Ratmeyer, A. Spiedt, G. Fischer, G. Wefer

FB Geowissenschaften, Universität Bremen, Postfach 330 400, 28334 Bremen

M.-J. Rueda, E. Delgado, C. Rodriguez, R. Santana, O. Llinás

Instituto Canario de Ciencias Marinas, Telde, Gran Canaria

J. Escanez, C. Garcia Ramos, J.M. Rodríguez, L. Lopez, A. Rodríguez

Instituto Español de Oceanografía, Santa Cruz, Tenerife

The Spanish/German ESTOC project (European Station for Time Series in the Ocean, Canary Islands) started in the beginning of 1994 to achieve long term observations of hydrographic and biogeochemical parameters and processes in the eastern boundary current system of the North Atlantic ocean. Nearly monthly cruises have been carried out to the ESTOC station (29°10'N, 15°30'W) taking water samples of the whole water column at standard depth levels and sometimes CTD profiles. Presently, the following parameters are measured: temperature, salinity, oxygen, phosphate, nitrate, nitrite, silicate, chlorophyll a, some trace metals, stable isotopes (¹³C, ¹⁸O), alkalinity, pH and the distribution of zooplankton biomes.

Two moorings are situated next to the ESTOC position. One mooring is equipped with 7 Aanderaa current meters at various depth levels and an ADCP to record the surface currents in the upper 200 m. This mooring was first deployed in September 1994 and replaced one year later. The first deployment period showed a strong barotropic current component. The other mooring is equipped with two sediment traps at 1000 m and 3000 m. This mooring was first deployed in autumn 1991 and replaced 5 times since then. The particle fluxes show a strong seasonal signal.

Besides the ESTOC station work five interdisciplinary process studies took place to study the spatial and temporal variability of physical, biological and chemical parameters around the Canary Islands. CTD/ADCP measurements were carried out sometimes including an optical or oxygen sensor. Water samples were taken and analysed for various parameters. Several times sediment traps were deployed and recovered after a few days. During the process studies a CTD/ADCP section including biological and chemical sampling was carried out several times at about 29°N passing the ESTOC station. This section will be repeated for different seasons and supplemented with current meter and sediment trap moorings during the MAST III CANIGO work.

Those process studies enabled a detailed description of the observed water masses and their circulation. Below the surface water, which is characterized by the upwelling regime, North Atlantic Central Water covers the whole area. Further below Antarctic Intermediate Water moves northward along the African shelf and stratifies above or interflows with Mediterranean Water whose southward movement is obstructed by the topography of the Canary Islands. The deeper part of the ocean within this area is covered with North Atlantic Deep Water. Each year a meddy was observed at the ESTOC station as well as during the process studies. The depth levels of the meddies varied between 750 m and 1250 m.

Calculations of the water mass transports show a mean southward movement north and south of the Canary Islands within the upper 800 m. Close to the west coast of Lanzarote/Fuerteventura a northward transport is observed. The transport within the upper layers between the Canary Islands and the African shelf changed from northward in fall 1994 (Poseidon 202) to southward in fall 1995 (Poseidon 212). Both cruises show a northward flowing Antarctic Intermediate Water along the shelf.

Characteristic patterns of surface $p\text{CO}_2$ during 1995 SW monsoon in the Arabian Sea

A. Körtzinger⁺, L. Mintrop^{+#} & J.C. Duinker⁺

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

[#] Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Klagenfurter Straße, 28359 Bremen

We present measurements of the partial pressure of CO_2 ($p\text{CO}_2$) carried out as part of the German JGOFS Arabian Sea Process Study during the period of the southwest monsoon (R/V METEOR cruise 32-5, Mahé - Muscat, July/August 1995). The results show that during the southwest monsoon the Arabian Sea generally seems to be characterised by a moderate supersaturation with respect to atmospheric CO_2 . In the central Arabian Sea a partial pressure difference between surface seawater and air ($\Delta p\text{CO}_2$) of 15-40 μatm was found. The atmospheric $p\text{CO}_2$ remained very constant at about 350 μatm . In areas of coastal upwelling off the Omani coast extreme supersaturation was found with $p\text{CO}_2$ peak values in surface water of up to 750 μatm , which is equivalent to a $\Delta p\text{CO}_2$ of up to 400 μatm . We also encountered cold upwelled water in the region of upward Ekman pumping with strongly elevated $p\text{CO}_2$ levels of up to 520 μatm in surface seawater ($\Delta p\text{CO}_2 \leq 170 \mu\text{atm}$). Measurements of other marine CO_2 system parameters indicate a source depth of the upwelled waters of about 120-130 m. Due to the strong monsoonal wind forcing the Arabian Sea as a whole and the upwelling areas in particular represent a strong source of CO_2 to the atmosphere during the period of the southwest monsoon.

International Intercomparison Exercise of underway pCO₂ systems

A. Körtzinger⁺, L. Mintrop^{+#} & J.C. Duinker⁺

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

[#] Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Klagenfurter Straße, 28359 Bremen

An international intercomparison exercise was carried out during R/V METEOR cruise no. 36-1 to assess the current inter-laboratory comparability of underway measurements of the partial pressure of CO₂ (pCO₂). Nine research groups from six nations participated in this ambitious exercise. The principal idea of the exercise was to operate as many underway pCO₂ systems simultaneously and under identical conditions for as much time as possible. Backed up with in-situ salinity and temperature data as well as navigational and meteorological data this pCO₂ data set is the main stay of the exercise, which will allow to gain important insight in the comparability and performance of current analytical techniques for this parameter.

A second aspect of the exercise was to measure as many CO₂ parameters (i.e. pH, pCO₂, C_T, A_T) as possible rather than restricting the exercise to sole pCO₂ measurements. This was accomplished by underway pH measurements with two different spectrophotometric systems as well as underway C_T measurements. Discrete samples for measurements of pCO₂, C_T, A_T, salinity as well as nutrients were taken regularly during XBT launches. By measuring more than two CO₂ parameters, i.e. by overdetermining the CO₂ system in seawater, consistency checks on the data sets can be carried out. This may also provide additional information in the controversy on the best set of thermodynamic constants for the CO₂ system in seawater. The broad CO₂ data base of this exercise furthermore serves as valuable background information and strongly enhances the interpretation of the results.

Beckenweite Abschätzung der jährlichen Neuen Produktion des Phytoplanktons im Nordatlantik

W. Koeve & B. Zeitzschel

Institut für Meereskunde, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Ziele: Im Rahmen des Teilprojektes 'Quantifizierung der Bildung, Umsetzung und Sedimentation biogener Partikel' werden seit 1995 Arbeiten zur Abschätzung der jährlichen neuen Produktion im Nordostatlantik durchgeführt. Im Gegensatz zu anderen Arbeiten im Teilprojekt, die sich mit einzelnen lokal sehr beschränkten Regionen befassen (z. B. die saisonalen Untersuchungen im Biotransgebiet bzw. die Untersuchungen mit verankerten Sinkstofffallen bei L1, L2 und L3), soll mit diesen Untersuchungen der Versuch unternommen werden, für ein relativ großes Teilgebiet des Nordatlantiks (30°N bis 60°N, 10°W bis 50°W) den Umfang der jährlichen Neuen Produktion des Phytoplanktons abzuschätzen. Hierbei kann nicht auf direkte Messungen der neuen Produktion (¹⁵N-NO₃-Aufnahme Experimente) zurückgegriffen werden, da entsprechende Daten nur in sehr geringem Umfang und aus wenigen Teilregionen (z. B. eigene Daten aus dem Biotransgebiet, Amerikanische Daten von BATS) zur Verfügung stehen. In Anlehnung an publizierte Arbeiten z. B. aus der Antarktis bzw. dem europäischen Nordmeer soll die regionale Verteilung der Neuen Produktion vielmehr durch die Auswertung der saisonalen Nährstoff- und Sauerstoffverteilung abgeschätzt werden. Für eine erste Abschätzung wurde als Ziel definiert, 1°x1° Nährstoff-Felder für den Winter ('pre-spring bloom') und den Herbst ('post-spring bloom') zu erzeugen und miteinander zu vergleichen.

Methodik und Ergebnisse: Um die notwendige saisonale und räumliche Datendichte zu erlangen muß eine möglichst umfassende Datenbasis verwendet werden. Als Grundstock

wurden Daten des TTO-NAS Programmes sowie der NODC Sammlung WOA94 (World Ocean Atlas 1994, Levitus et al.) für die Auswertung verfügbar gemacht.

Die Auswertung der Datenverteilung im Winter ergab, das zwar eine ausreichende Zahl von Phosphat- und Silikatdaten vorhanden ist, aber nur sehr wenige Nitratprofile vorliegen. Dies bestätigt frühere Vermutungen, die u. a. in der Beteiligung der Arbeitsgruppe an verschiedenen Winterexpeditionen mündete (insbes. M27/2). Da die eigenen Beobachtungen lokal begrenzt sind (Biotrans-Region, Anfahrtschnitte, etc.) wurde die beckenweite winterliche Nitratverteilung mit Hilfe einfacher analytischer Modelle ermittelt. Die hierzu bereits im Rahmen früherer JGOFS Treffen vorgestellten Arbeiten wurden in der Zwischenzeit insbesondere um eine umfangreiche Fehleranalyse und eine (lokale) Abschätzung der zwischenjährlichen Variation erweitert.

Eine Auswertung der Datenverteilung für den Zeitraum Herbst (Okt. bis. Dez.) ergab, daß in der nördlichen Hälfte des Untersuchungsgebietes keine ausreichende Datenbasis existiert. Für eine erste Auswertung und für die Entwicklung der Auswerteprogramme wurden deshalb für den post-spring bloom Datensatz alle Daten aus WOA94 aus dem Zeitraum Juli bis Dezember herangezogen. Für die Bilanzrechnungen (Vergleich mit den Winterdaten) wurden vorerst zwei einfache Verfahren verwendet: a) Bilanzierung bis zur Tiefe der potentiellen saisonalen Sprungschicht des post-spring bloom Datensatzes; b) Bilanzierung bis zur Tiefe in der im post-spring bloom Datensatz die respektive Winterkonzentration gefunden wird. Beide Abschätzungen unterschätzen die jährliche Neue Produktion um den Umfang der saisonalen Nitratreminalisation zwischen der produktiven Schicht und der Tiefe der winterlichen Durchmischungstiefe zwischen Winter und Herbst in bisher nicht quantifizierter Weise.

Ausblick: In der nächsten Zeit sollen vor allem folgende Arbeiten durchgeführt werden. a) Optimierung der Zeiträume für die pre-spring bloom bzw. post-spring bloom Datensätze unter Verwendung der monatlichen Mittelwerte der oberflächennahen Chlorophyll Konzentration (CZCS-Daten). b) Erweiterung der Datenbasis durch die Assimilation weiterer Datenbestände (insbes. JGOFS, WOCE, ICES). c) Abschätzung der saisonalen Nitratreminalisation. d) Ausdehnung der Auswertung auf die saisonale Verteilung von Phosphat und Sauerstoff bzw. Silikat (Neue Produktion der Diatomeen)

Planktologische Untersuchungen während METEOR 36/2 - Erste Ergebnisse

W. Koeve, J. Waniek, C. Sellmer, C. Reineke, M. Schroeter & B. Zeitzschel
Institut für Meereskunde, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Die Feldstudien der Pelagialuntersuchungen des Teilprojektes 'Quantifizierung der Bildung, Umsetzung und Sedimentation biogener Partikel' im Nordostatlantik wurden 1996 mit Beteiligungen an den Abschnitten 1, 2, 5 und 6 der METEOR-Reise 36 fortgeführt und weitgehend abgeschlossen. Da sich die Untersuchungen zum Herbstsystem bei 47°N, 20°W z. T. bis in den November erstreckten und entsprechend noch nicht ausgewertet werden konnten, werden in dieser Präsentation nur Ergebnisse der Sommerexpedition dargestellt. Im Zentrum der planktologischen Arbeiten während der Reise M36/2 standen Untersuchungen zur Nord-Südverteilung des Phytoplanktons entlang des JGOFS-Transektes bei 20° W zwischen 30°N und 60°N. Zum Untersuchungszeitpunkt (Juni/Juli) bietet der Transekt die Möglichkeit verschiedenste Entwicklungsstadien die Frühjahrs- bzw. Sommerentwicklung des Phytoplanktons zu verfolgen. Einen wesentlichen Schwerpunkt der planktologischen Arbeiten bildete dabei das Studium der vertikalen Verteilung sowie der Anteile verschiedener Größenklassen bzw. Phytoplanktongruppen (z. B. Diatomeen, Coccolithophoriden) am Gesamtbestand bzw. der Produktion des Phytoplanktons. Hierzu wurden neben Messungen der Chl-a, POC/N und P_{Si} Gehalte, experimentelle Untersuchungen zur neuen Produktion (¹⁵N-NO₃-Aufnahme), Primärproduktion sowie der autotrophen Kalkbildung durchgeführt.

Nach Auswertung der ersten Ergebnisse läßt sich der Transekt in drei Zielgebiete unterteilen. Auf den südlichen vier bzw. fünf Stationen (L1 bis einschließlich A1) fand sich ein ausgesprochen oligotrophes Sommersystem mit sehr niedrigen Chla Konzentrationen an der Oberfläche (bis hinunter zu $0.05 \mu\text{g Chla dm}^{-3}$) und einem deutlichen aber trotzdem biomassearmen Chla-Maximum in 70 - 100m Wassertiefe. Die Größenklassenverteilung in diesem Gebiet war geprägt durch eine ausgesprochene Dominanz sehr kleiner Phytoplankter (70- 90% $<2 \mu\text{m}$). Nördlich von ca. 40°N wandelte sich das System relativ schnell. Zwischen 40°N und 50°N steigt das Chla Maximum schnell von ca. 15 m an die Oberfläche. Die maximalen Chla-Konzentrationen erreichen Werte bis $1.6 \mu\text{g Chla dm}^{-3}$. An den zwei Stationen, die zwischen 50°N und L3 (53°N) liegen, finden sich ähnlich hohe bzw. noch höhere Chla-Konzentrationen an der Oberfläche, hier sind allerdings Nitratgehalte bis ca. $3 \mu\text{M}$ nachweisbar. Die Größenklassenverteilung in dem Bereich zwischen 40°N und 53°N sind durch einen z. T. sehr hohe Anteile des Mikroplanktons (bis zu 45% $>20 \mu\text{m}$) gekennzeichnet. In diesem System fand offenbar z. Z. der Beobachtung eine Phytoplanktonblüte statt, bzw. war z. B. im Biotransgebiet (L2) gerade am abklingen. Auf den letzten beiden Stationen dominierte das Nanoplankton (2-20 μm) die Phytoplanktonbiomasse. Die Konzentrationen in der Oberflächenschicht lagen bei ca. $0.5 \mu\text{g Chla dm}^{-3}$. Auffallend war hier allerdings, daß diese mittleren Biomassegehalte bis in 60m Tiefe angetroffen wurden, die über die Schicht der euphotischen Zone integrierte Biomasse dürfte in diesem System durchaus der in den Blütensystemen angetroffenen Biomasse entsprechen.

Planktologische Untersuchungen im Nordost Atlantik -Übersicht über die Ergebnisse und die geplante Synopse

W. Koeve & B. Zeitzschel

Institut für Meereskunde Kiel, Marine Planktologie

Die Feldphase des Pelagialprogrammes des Kieler planktologischen Teilprojektes wird mit der Reise M36/6 (bis Anfang November 1996) abgeschlossen. Mit der Beteiligung an 12 Expeditionen wurden in den letzten vier Jahren umfangreiche Daten im Nordost Atlantik gesammelt. Der thematische Schwerpunkt der sechs Hauptexpeditionen lag dabei auf der detaillierten Untersuchung zentraler Prozesse der biologischen Pumpe an der JGOFS-Zeitserienstation bei 47°N , 20°W . Die gewonnenen Daten lieferten wesentliche neue Erkenntnisse über die Funktionsweise des pelagischen Systems im Winter, frühen Frühjahr und Herbst. Hierzu zählen z. B. die unerwartete Produktivität im Winter, die Bedeutung von Stürmen für die Entwicklung der Frühjahrsblüte und die Zunahme des Phytoplanktonbestandes während des Herbstes. Der hierbei zusammengetragene Gesamtdatensatz wird zusammen mit den verfügbaren Datensätzen aus den Studien NABE und BOFS eine umfangreiche, das gesamte Jahr umfassende, Bilanzierung epipelagischer Prozesse ermöglichen. So werden nach Abschluß der Herbstexpeditionen z. B. saisonal aufgelöste Bilanzen der neuen Produktion des Phytoplankton und des primären Stoffexportes möglich sein. Weiterhin wird z. B. der relative Anteil verschiedener Phytoplanktongrößenklassen und für JGOFS bedeutsamer Phytoplanktongruppen (insbes. Diatomeen) für die einzelnen Jahreszeiten beschrieben werden können. Mesoskalige Variationen z.B. des Phytoplanktonbestandes können abgeschätzt werden.

Die Extrapolation der lokalen Untersuchungen im Biotransgebiet auf größere Raumskalen wird durch eigene Beobachtungsdatensätze, einfache analytische Modelle und die Auswertung anderer verfügbarer Datensätze ermöglicht. Der Schwerpunkt dieser Arbeiten wurde hierbei bewußt auf die Abschätzung der jährlichen Neuen Produktion des Phytoplanktons gelegt, da diese Rate eine zentrale Größe für JGOFS darstellt. Nach Arbeiten die sich auf den JGOFS-Transekt entlang 20°W konzentrierten wurden die Abschätzungen mittlerweile auf ein größeres

Teilgebiet des Nordost Atlantiks zwischen 30°N und 60°N, bzw. 10°W und 50°W erweitert. Die derzeit aktuelle Version dieser Abschätzung (Abb.) ergibt jährliche Neue Produktionsraten von ca. 100-200 mmol N m⁻² yr⁻¹ im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes und Maximalwerte von 600-700 mmol N m⁻² yr⁻¹ im Nordosten. Z. Z. wird die für diese Analyse verwendete Datenbasis (WOA94) um weitere Datensätze ergänzt um eine detailliertere Analyse durchführen zu können. Durch die Auswertung verschiedener Datensätze entlang des 20°W Schnittes soll ein Einblick in zwischenjährliche Variationen der jährlichen neuen Produktion erlangt werden. Durch den Vergleich mit verfügbaren Abschätzungen der Gesamtproduktion des Phytoplanktons kann darüber hinaus eine beckenweite Abschätzung der Effizienz der biologischen Pumpe ermittelt werden.

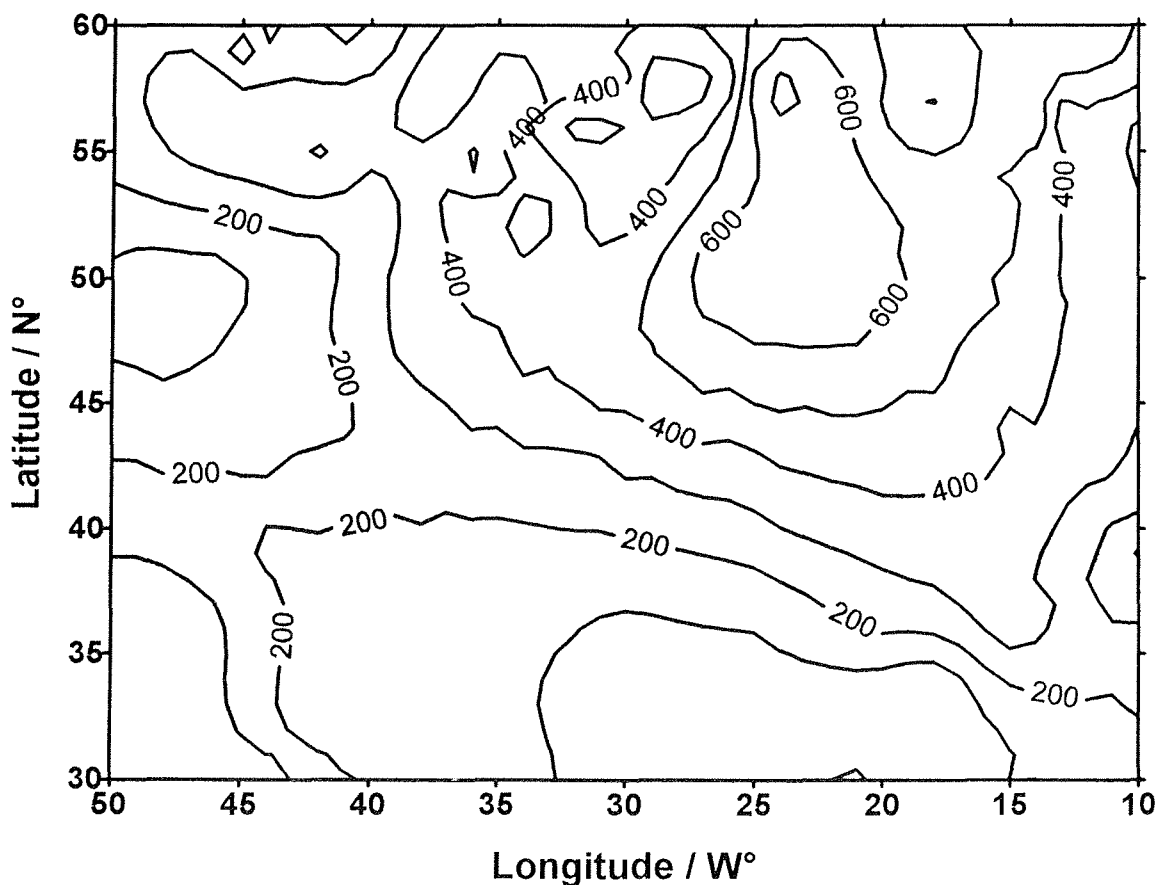


Abb.: Jährliche Neue Produktion im Nordost Atlantik (mmol N m⁻² yr⁻¹). Diese Abschätzung (Rev. 2.0) beruht auf einem Vergleich zwischen modellierten winterlichen Nitratgehalten (vgl. Koeve, 1994) und Nitratprofilen aus dem Zeitraum Juli bis Dezember des WOA94 (World Ocean Atlas) Datenarchivs.

Long term observation of Diatom flux in the Greenland Sea

A. Kohly

Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Kiel, SFB 313, Olshausenstraße 40,
24118 Kiel

Transformation of living communities into sediment assemblages is strongly affected by processes such as disintegration, lateral advection and resuspension. Diatoms additionally show a species specific dissolution of biogenic opal within the water column and on the sediment surface. Furthermore, dissolution depends on seasonal species composition of the settling assemblage, mode of settling (aggregates, fecal pellets, single cell or valves) and mechanical destruction due to zooplankton grazers and their seasonal occurrence in the euphotic zone.

In the Greenland Sea (72°N, 7°W) vertical fluxes of diatoms were investigated in the sediment trap material in order to determine species composition and their alternation during settling. Three annual cycles show variations in hydrographical conditions, including seasonal ice coverage and its duration were seen to be reflected in differences in total diatom fluxes and species composition.

Strong seasonality in this area results in pulse-like sedimentation patterns, which were observed throughout the years. Highest values of up to $7.7 \cdot 10^6$ valves $m^{-2} d^{-1}$ were recorded during summer (after middle of July 1991). After May 1990 the sediment traps in 500 and 1000m water depth clogged due to mass sedimentation of fragile radiolarian skeletons. This even hamper the documentation of sedimenting diatoms. Species composition of settling matter is rather equal over three annual cycles and nearly 50 species were identified. Highest amounts of *Chaetoceros* and *Nitzschia* species were recorded during biological spring (production phase). They were followed by *Rhizolenia hebetata* (mostly *Rhizolenia hebetata* f. *semispina*) and *Astromphalus robustus*. *Thalassiosira anguste-lineata*, *T. latimarginata*, *T. graviata* and *T. antarctica* are also common. After this short sedimentation period from a few weeks to three months, diatom flux is extremely low (winter phase).

Laterally advected material was observed, seen as the enrichment of several species in the deep water traps. Replaced benthic and subtropical-boreal diatom species indicate that lateral advection is a sporadic process in the Greenland Sea. Enrichment of diatom species in the deep water traps are indicated by increased fluxes of nearly all species. Highest (> 20-fold) enrichment was documented in 1991-1992 for *Bacteriosira bathyomphala* (spore specimen) *Achnanthes* species and freshwater diatoms.

Little is known about the alteration of settling assemblages. Diatom sediment assemblages were mostly interpreted as variations of surface water conditions due to the occurrence of species which indicates certain surface water temperatures. Our studies emphasise that the sediment assemblage is composed of heavy silicified species and spores which do not reach high amounts during production phases. They rather represent the post-bloom phases, with great and heavy silicified *Thalassiosira*-species and *Chaetoceros*-spores.

Zur Verteilung des Tiefseezooplanktons im Arabischen Meer Intermonsun, Oktober 1995

R. Koppelman & H. Weikert

Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft, Zeiseweg 9, 22765 Hamburg

Im Rahmen von JGOFS-Indik wurde während der METEOR-Expedition M33/1 (22.09. - 31.10.1995) die tiefe Wassersäule unterhalb von 1000 m, das Bathypelagial, mittels eines Mehrfach-Schließnetzes (1 m² MOCNESS, 333 µm Maschenweite) erstmalig in fein aufgelösten Tiefenintervallen systematisch beprobt. Ziel der an 4 Stationen durchgeführten

Untersuchungen war die quantitative und qualitative Erfassung des tieflebenden Mesozooplanktons, um dessen Bedeutung für den Kohlenstoffhaushalt des Arabischen Meeres abzuschätzen. Zusätzlich wurden die oberen 1000 m der Stationen WAST (16°N, 60°E) und CAST (14°N, 65°E) auf tagesperiodische Unterschiede untersucht.

Die höchsten Biomassekonzentrationen fanden sich an beiden Stationen am Tag und in der Nacht in den oberen 150 m der Wassersäule, mit allerdings maximalen Konzentrationen bei Dunkelheit. Zwischen 150 und 450 m waren die Konzentrationen am Tage höher als in der Nacht; dort konnte am Tage mit dem schiffseigenen Echolot auch eine Streuschicht aufgezeichnet werden. Insgesamt zeigten sich in den oberen 1000 m an der WAST-Station höhere Bestände als an der CAST-Station. Dieses Ergebnis geht mit den bekannten Produktions- und Fluxwerten für diese Stationen konform. Ein Einfluß der Sauerstoffminimumzone auf die Biomassebestände konnte nicht nachgewiesen werden. Erste Faunenanalysen deuten aber darauf hin, daß die Copepodenfamilie Eucalanidae in hohen relativen Abundanzen auftritt; diese Gruppe gilt als oxytolerant.

Unterhalb von 1000 m konnten zwischen den Stationen WAST, CAST, EAST (15°N, 68°E) und SAST (10°N, 65°E) keine Unterschiede im Kurvenverlauf der Zooplanktonabnahme mit der Tiefe nachgewiesen werden; d.h., die bathymetrische Abnahme der verfügbaren Nahrung, der Fluß organischen Materials in die Tiefe, zeigte an allen Stationen gleiche Verteilungsmodi. Ähnliche Verlaufsformen des Zooplanktons wurden auch in anderen ozeanischen Seegebieten gefunden. Allerdings konnten unterschiedliche Biomasse-Niveaus zwischen den Kurvenverläufe im Arabischen Meer beobachtet werden: Die höchsten Konzentrationen im Bathypelagial traten an der Station WAST auf. Es folgten die CAST- und EAST-Profile, die untereinander jedoch keine signifikanten Unterschiede aufwiesen. Auf dem signifikant niedrigsten Niveau war das Profil von der Station SAST. Das Ergebnis zeigt, daß auch das bathypelagische Zooplankton im Arabischen Meer direkt von der Produktivität in der Oberflächenschicht beeinflusst wird.

Über die Bestimmung der enzymatischen Aktivität in der Atmungskette der Zooplankter wurde an der Station CAST der potentielle Sauerstoffbedarf des Mesozooplanktons berechnet. Diese Daten wurden mittels eines Umrechnungsfaktors für Zooplankton aus flacheren Wasserschichten auf die tatsächliche Respiration zur Ermittlung des Kohlenstoffbedarfs des Mesozooplanktons korrigiert. Die so erhaltenen Respirationswerte der CAST Station wurden für die Abschätzung des Kohlenstoffbedarfs der anderen Stationen verwendet. Die respiratorischen Kohlenstoffbedürfnisse an den vier Stationen ergaben folgende Schätzungen: WAST $940 \mu\text{gCm}^{-2}\text{d}^{-1}$, CAST $540 \mu\text{gCm}^{-2}\text{d}^{-1}$, EAST $590 \mu\text{gCm}^{-2}\text{d}^{-1}$ und SAST $460 \mu\text{gCm}^{-2}\text{d}^{-1}$. Übertragen auf das Arabische Meer in den Grenzen zwischen $0^\circ - 25^\circ\text{N}$ und $50^\circ - 80^\circ\text{E}$ mit einer Fläche von ca. $6,225 \cdot 10^6 \text{km}^2$ errechnet sich für das bathypelagische Zooplankton ein Kohlenstoffbedarf von ca. 4000tCd^{-1} .

Erkenntnisse aus Partikelfluß-Messungen ausgewählter Spurenelemente im Nordatlantik (1992-1994)

K. Kremling

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

In diesem Vortrag wird versucht, ein erstes Resümee aus der Analyse von über 200 Sinkstoffallenproben der Jahre 1992-1994 im Nordostatlantik zu ziehen. Dabei wird anhand der Tiefenverteilung der partikulären SE-Konzentrationen sowie aus Veränderungen der molare SE/POC-bzw. SE/Al-Verhältnisse mit der Tiefe eine Klassifizierung der Elemente abgeleitet. Die Fluxdaten der Elemente und ihr Bezug zum POC- und partikulären Mn-Flux werden diskutiert.

SAM (Snow Aggregation Model) - Erste Ergebnisse eines Aggregationsmodells

I. Kriest

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

Das Ausmaß und Einsetzen organischen partikulären Exports aus den oberen Wasserschichten wird durch diverse biologische und physikalische Prozesse, die zur Modifikation der Partikelgröße, und somit auch ihrer Sinkgeschwindigkeit beitragen, gesteuert. Zu diesen Prozessen gehören u.a. Kotballenproduktion durch das Zooplankton, Bildung von Phytoplanktonaggregaten, Produktion von leeren Gehäusen durch Tunicaten, Copepoden etc. Die Kopplung von Aggregation und biologischer Partikelproduktion in einem Modell soll helfen, ihren Einfluß auf den Partikelexport und die Wechselwirkungen, die zwischen ihnen bestehen, zu verstehen und abzuschätzen. Zu diesem Zweck wurde ein Aggregationsmodul in ein massebasiertes ökosystemmodell eingebaut, mit dem Ziel, die Sinkgeschwindigkeit von Partikeln als dynamische Variable des pelagischen Systems zu gestalten. Vergleichende Simulationen mit einem einfachen Basismodell mit Phytoplankton und einem Nährstoff, einmal mit Aggregation und einmal mit einer konstanten Sinkgeschwindigkeit, zeigen, daß sich beide Modelle nur unwesentlich in der Menge des über den gesamten Simulationszeitraum sedimentierten organischen Materials unterscheiden, dagegen ist der Unterschied in den Zeitskalen, auf denen die Sedimentation erfolgt, sehr groß. Der größte Teil des Exportes erfolgt dabei in dem Aggregationsmodell unmittelbar nach der Blüte. Die Integration des Aggregationsmoduls in ein komplexeres biologisches Modell mit Phytoplankton, Zooplankton, Nitrat, Ammonium und Kotballen in einer Konfiguration für die westliche Arabische See wird dargestellt. In dieser Simulation entsteht sowohl zur Zeit des SW-Monsuns wie auch zur Zeit des NE-Monsuns eine Phytoplanktonblüte, die wiederum, wie schon im Basismodell, innerhalb weniger Tage sedimentiert. Mit weiteren Simulationen und Parameteroptimierung soll Aufschluß über die trophischen Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton bzw. Marine Snow gewonnen und in das Modell integriert werden, da diese Beziehungen erheblichen Einfluß auf den Export von Kotballen und Phytoplankton haben können.

Räumliche Heterogenität in der westlichen Arabischen See zur Zeit des Südwestmonsuns

I. Kriest, K. v. Bröckel & B. Zeitzschel

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

Im Rahmen der METEOR Reise M32/5 im Indischen Ozean wurden auf einem Transekt entlang 65° E vom Äquator nach 14° 27' N, und auf zwei weiteren Schnitten auf die Omanische Küste zu und wieder zurück umfangreiche Untersuchungen mit den JGOFS Kernparametern zum biologisch gesteuerten Stoffkreislauf durchgeführt.

Auf den letzten beiden Transekten wiesen die biologischen Variablen die westliche Arabische See als hochproduktives und räumlich sehr heterogenes Gebiet aus. Die räumlichen Unterschiede innerhalb dieses Gebietes werden anhand der epilipelagischen Bestandsdaten (Nährstoffe, Chlorophyll), vor allem aber in der Artenzusammensetzung des Phytoplanktons und der Konzentration des partikulären Silikats (PSi) deutlich. Die Nitratkonzentrationen der oberen Meter der Wassersäule nahmen von 0 mmol/m³ in der offenen Arabischen See (65° E) auf mehr als 17 mmol/m³ im Auftrieb vor der omanischen Küste zu - mit einem Bereich kalten, sehr nährstoffhaltigen Wassers bei 61° E, das Nitratkonzentrationen von über 14 mmol/m³ Nitrat in 10 m Tiefe aufwies. Dieser Wasserkörper war weiterhin durch im Vergleich zur Umgebung erhöhte Chlorophyllwerte (ca. 1 mg /m³ in der Wasseroberfläche) charakterisiert. Die Primärproduktion in der gesamten westlichen Arabischen See war sehr hoch, mit Werten

von 2 gC/m²/Tag bis zu 3.3 gC/m²/Tag im Küstenauftrieb. Die Artenzusammensetzung des Phytoplanktons im offenen Ozean und dem Filamentgebiet bestand sowohl aus von Diatomeen dominierten Gemeinschaften als auch gemischten Populationen mit einem hohen Anteil von Flagellaten. Im Küstenauftrieb fanden sich wieder reine Diatomeengesellschaften. Die unterschiedlichen Muster der Artenzusammensetzung zeigten sich ebenfalls in den P_{Si}-Konzentrationen und auch in den Konzentrationen des Phytoplanktonkohlenstoffs des Epipelagials. Auffällig war weiterhin eine Blüte der Prymnesiophyceae *Phaeocystis* ca. 100 nm vor der Küste Omans, die die höchsten auf diesem Fahrabschnitt gemessenen Chlorophyllkonzentrationen (bis zu 1.2 mg/m³), und auch sehr hohe Primärproduktionswerte aufwies.

Ein Spektralradiometer für den Einsatz im offenen Ozean: Entwicklung und erste Ergebnisse aus der Arabischen See und dem Nordost Atlantik

M. Kruse (1), H. Tüg (1), H. Siegel (2), J. Waniek (3) & W. Koeve (3)

(1) Alfred-Wegener Institut (AWI), Sektion: Meeresphysik & Meßwesen

(2) Institut für Ostseeforschung, Warnemünde (IOW), Sektion: Physik

(3) Institut für Meereskunde, Kiel (IfM), Abtl. Marine Planktologie

Ziele: Spektral auflösende Messungen der photosynthetisch verfügbaren Strahlung (PAR) im Ozean sind im Rahmen von JGOFS insbesondere im Zusammenhang mit Messungen und Modellierungen der Primärproduktion und zum Verständnis der vertikalen Verteilung verschiedener Phytoplanktongruppen von Interesse. Zur Unterstützung entsprechender Untersuchungen im Rahmen von JGOFS und anderen Forschungsprogrammen z. B. im Zusammenhang mit satellitengestützten Beobachtungen (MOS, SEAWIFS) wurde ein autonomes Spektralradiometer (CYCLOPS) am Alfred-Wegener Institut entwickelt und auf verschiedenen JGOFS-Expeditionen eingesetzt.

Messprinzip und Arbeitsweise: Die Eingangsoptik des Spektralradiometers bildet ein Cosinus Diffusor. Alternativ steht auch ein 2PI Diffusor zur Verfügung. Die anschließende Zerlegung des Lichts erfolgt durch ein Prisma. Das durch die Optik erzeugte Lichtband wird auf einen Diodenarray mit 256 Kanälen abgebildet. Das Spektralradiometer arbeitet als Data-Logger. Nach dem Aufstecken des Unterwassersteckers werden die Messungen selbstständig durchgeführt und gespeichert werden. Ein interner Microcontroller erledigt alle Steuerungs- und Speicheraufgaben. Jedem Spektrum wird über einen integrierten Drucksensor die entsprechende Tiefe zugeordnet. Die Spannungsversorgung erfolgt über einen Akkumulator. Durch ein kombiniertes Auslese- Ladekabel werden die Daten nach dem Tauchgang ausgelesen und der Akkumulator geladen.

Einsätze: CYCLOPS wurde 1996 erstmalig im Nordost Atlantik eingesetzt. Nach experimentellen Einsätzen während der Meteor Reise 36/2 wurde es während der JGOFS-Herbststudie im Gebiet der JGOFS-Zeitserienstation bei 47°N, 20°W im Rahmen der Meteor Reise 36/5 trotz widriger Wetterbedingungen regelmäßig eingesetzt. Auf dem Poster werden vertikale Verteilungsmuster der PAR-Spektren sowie der Chlorophyll-a Verteilung exemplarisch dargestellt. Weiterhin werden Ergebnisse von Einsätzen aus der Arabischen See (JGOFS, Meteor 32/3) präsentiert.

Ausblick: Die derzeitige Empfindlichkeit des Spektralradiometers beträgt 1% der Oberflächeneinstrahlung (Ed₀). Durch die geplante Weiterentwicklung soll diese weiter gesteigert werden. Desweiteren wird das Spektralradiometer mit einer Real-Time-Clock versehen, um es mit anderen Messgeräten synchronisieren zu können. Weitere Einsatzmöglichkeiten ergeben sich durch Online-Messungen, die mit einem Kabel oder per FSK über einen Einleiterdraht durchgeführt werden können.

Gerätespezifikationen:

Diffusor:	Cosinus oder 2PI
Wellenlängenbereich:	400 - 700 nm
Wellenlängengenauigkeit:	(1)
Bandbreite (FWHM):	(1)
Streulichtunterdrückung:	(1)
Detektor:	Diodenarray 256 Kanäle
Speicher:	90 Spektren
Integrationszeit:	15 ms bis 4 s
Spannungsversorgung:	Interner Akkumulator
Tiefe:	90 m (Standart) 2)
Tiefenauflösung:	5 cm
Gewicht:	12 kg (in Luft)
Druckgehäuse:	60 cm H x 10 cm Durchm.; Edelstahl (4571)

1) Durch die Weiterentwicklung stehen diese Werte noch nicht fest.

2) Bei der Kombination mit anderen Messgeräten kann die Tiefe auf 300 m erhöht werden (Verwendung eines anderen Drucksensors).

Inwieweit wird der Partikelexport während der Frühjahrsblüte im Nordatlantik durch die Nährstoffaufnahmekinetik bestimmt?

W. Kühn¹⁾ & G. Radach²⁾

¹⁾ Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften,

²⁾ Institut für Meereskunde, Universität Hamburg

Der vertikale Exportfluß von partikulärem organischem Material wird durch eine Vielzahl meteorologischer, hydrodynamischer und biologisch-chemischer Faktoren bestimmt. So ist bekannt, daß der Partikelfluß aus der euphotischen Zone in die tieferen Schichten des Ozeans eine (lineare oder nichtlineare) Funktion der Primärproduktion ist. Diese selbst wird durch das Zusammenwirken von Nährstoffverfügbarkeit und Lichtangebot einerseits und hydrodynamischem Regime (turbulente Durchmischung vs. Schichtung der Wassersäule) andererseits bestimmt.

Während der Frühjahrsblüte sind die biologischen Prozesse aufgrund des reichlichen Nährstoffangebots und der zunehmenden Sonneneinstrahlung in überwiegendem Maße lokal determiniert, dreidimensionale Effekte (Fronten, Eddies) hingegen werden in der Regel während der 'post-bloom' - Phase für die Nährstoffversorgung und damit für die Primärproduktion entscheidend. Dies erklärt die relativ gute Beschreibung der Frühjahrsblüte mit lokalen, d.h. vertikal aufgelösten, physikalisch-biologischen Modellen. Ein solches Modell wurde auf die Entwicklung der Frühjahrsblüte im Nordatlantik angewendet. Dabei stand im Vordergrund, die lokalen Prozesse zu untersuchen, die den Export von POM aus der Deckschicht wesentlich beeinflussen.

Die vorgestellten Untersuchungen stellen eine kritische Analyse des Einflusses der vom Modellierer gewählten Nährstoffaufnahmekinetik auf das berechnete f-ratio - und damit auf die Exportproduktion - dar. Dabei geht es um die modellmäßig-mathematische Beschreibung der 'simultanen' Aufnahme von Nitrat und Ammonium durch das Phytoplankton und ihre Konsequenzen für die Modellergebnisse. Wir konnten zeigen, daß die vielfach verwendete Limitationsfunktion nach WROBLEWSKI (1977) zu falschen Resultaten führen kann, während die Limitationsfunktion nach O'NEILL et al. (1990) vernünftige Resultate liefert. Allerdings

bedarf auch diese Funktion noch der Untermauerung durch weitere biochemisch-physiologische Untersuchungen zum Mechanismus der simultanen Aufnahme von Nitrat und Ammonium durch die Planktonzelle. Die vorgestellten Untersuchungen sind wichtige Vorarbeiten für die geplante Entwicklung eines dreidimensionalen, physikalisch-biogeochemischen Modells für die ESTOC-Station.

Spurenelemente im suspendierten partikulären Material (SPM) des nordatlantischen Oberflächenwassers

J. Kuss & K. Kremling

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

Während der Reise Meteor 36/1 und 36/2 (Bermudas - Las Palmas und Las Palmas - Bergen) im Juni/Juli 1996 ist das Oberflächenwasser des Nordatlantiks mit dem Kieler Pumpsystem kontinuierlich beprobt worden. Aus etwa 7 m Wassertiefe wurden dabei während des gesamten Schnittes zwischen 4 und 22 m³ Wasser je Probe gefördert, wobei das suspendierte partikuläre Material (SPM) mit Hilfe einer Durchfluss-Ultrazentrifuge (ca. 0,6 m³/h, 18000*g) auf einer Teflonfolie angereichert wurde. Das Feuchtmaterial (6 bis 42 g/Probe) hatte einen Wasseranteil von ca. 90 %, was einem Salzanteil der Trockensubstanz von 21 bis 43% entsprach. Der Salzgehalt der beprobten Deckschicht lag zwischen 33 und 37 psu; der Temperaturbereich zwischen 7 und 25°C. Im gefriergetrockneten homogenisierten Material wurden nach einem Säureaufschluss die Elemente Al, Ca, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Ti und Zn bestimmt. Partikulärer organischer Kohlenstoff (POC) wurde von W. Koeve und C. Reineke, der Salzgehalt von J. Waniek (Abt. Planktologie, IfM-Kiel) gemessen.

Verteilung von SPM, CaCO₃ und POC Die SPM-Konzentrationen des Oberflächenwassers nahmen kontinuierlich von den Bermudas nach Nordosten bis etwa 40°W auf 270 mg/m³ zu. Im südoestlichen Teil des Untersuchungsgebietes, bei Wassertemperaturen um 20°C, wurden Werte von 50 mg/m³ bestimmt. Auf dem Weg nach Norden wurde ein Ansteigen der Konzentrationen (mit Maxima zwischen 40 und 50°N) beobachtet, die dann bis zum 60igsten Breitengrad auf 125 mg/m³ abfielen. Auf den Probenabschnitten in Schelfnähe und auf dem Schelf wurde ein erneuter Anstieg der SPM-Konzentrationen auf ca. 400 mg/m³ gefunden. Hohe CaCO₃-Anteile (ca. 50%) wurden im oestlichen Teil des Zentralen Nordatlantiks und noerdlich von 50°N mit ca. 15% gefunden. Der POC Anteil der Trockenmasse betrug ca. 30%.

Spurenelemente:

- Partikuläre Konzentrationen im Oberflächenwasser

In bezug auf die Elemente P, Cd, Co, Ni aber auch Zn, Mn, die das gleiche Muster wie die Hauptvariablen SPM, CaCO₃ und POC aufwiesen, bestimmte die biologische Produktion die SE-Konzentrationen in den Partikeln. Die Konzentrationen der Elemente Cu, Fe, Pb waren im zentralen, noerdlichen Nordatlantik erhöht; was mit dem Einfluss von Wasser aus der Labrador See (T,S-Charakteristik) erklärt werden kann. Im Subtropenbereich wurde eine Abreicherung der partikulären SE beobachtet, wahrscheinlich weil die Frühjahrsblüte schon abgeschlossen, das heißt ein Großteil der SE bereits aggregiert und sedimentiert war.

- SE-Gehalte im SPM

Co, Mn, Ni, P wiesen einen relativ konstanten Gehalt bis zum Schelf auf. Auf dem Schelf waren viele SE-Gehalte deutlich erhöht: Al, Fe, Mn Ti und Zn. Im nordwestlichen und im südöstlichen Teil des Nordatlantiks wurden erhöhte Gehalte der lithogenen SE Al, Fe und Ti gemessen. Dies könnte mit SPM beladenem Wasser aus der Labrador See (auch anthropogen beeinflusst bei Pb und Cu, bzw. (vor Afrika) mit Staubeintraegen vom afrikanischen Kontinent zusammenhängen.

- Vergleich der SE-Gehalte: SPM - sinkende Partikel

Die JGOFS-Experimente haben u. a. ergeben, daß in der Zusammensetzung der Partikel eine Modifikation mit der Tiefe aufgrund verschiedener Prozesse stattfindet: Aggregation, Disaggregation, Remineralisierung und "Scavenging". Interessant ist deshalb ein Vergleich zwischen Partikeln des Entstehungsortes (noch suspendiert) mit den sinkfähigen Partikeln aus 1000 m (z. B. L2 auf 47°N/20°W im Sommer). Der Gehalt an org. Kohlenstoff, P und Cd ist im SPM der Oberfläche, gegenüber 1000 m deutlich erhöht. Auffällig ist das Verhalten einiger SE: Co, Ni weisen von 7 m auf 1000 m kaum eine Änderung im SE Gehalt auf, trotz der dramatischen Änderung des Hauptbestandteils POC (auf 1/8). Andere Elemente weisen eine Zunahme auf: Al, Fe, Ti (2 Größenordnungen); Ca, Mn (1 Größenordnung) und Cu, Zn. Betrachtet man die SE-Al-Verhältnisse, zeigen alle Elemente bis auf Fe und Ti eine deutliche Anreicherung im SPM gegenüber den sinkenden Partikeln. Die SE/C-Verhältnisse nehmen vom SPM zu den sinkenden Partikeln auf 1000 m deutlich zu, dies gilt nicht für P und Cd, die ähnlich schnell remineralisiert werden, wie organischer Kohlenstoff.

Partikelzusammensetzung auf 47°N-20°W: Saisonalität und "chemischer Fingerabdruck"

U. Lundgreen* (IfM Kiel) & R. Schiebel+ (GPI Tübingen)

* Institut für Meereskunde, Düsternbrooker Weg 20 24105 Kiel

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

Gezeigt werden die Gehalte von Aminosäuren und Foraminiferen sowie von Chlorophyll, Calciumcarbonat und Opal im partikulären Sinkstofffallenmaterial auf 47°N-20°W während der Verankerungsperiode 1992-93. Im Jahresverlauf dieser Verankerung ist ein saisonaler Wechsel in der chemischen Zusammensetzung der Partikel zu beobachten, der durch eine Änderung in der Planktonzusammensetzung des sedimentierenden Materials erklärt werden kann.

Der Wechsel vollzieht sich hier von einem phytoplanktisch dominierten System mit hohem Chlorophyll- und Opalgehalten und niedrigem Aminosäuren- und Calciumcarbonatgehalt im Frühjahr und Sommer zu einem zooplanktisch dominierten System mit niedrigen Chlorophyll- und Opalgehalt und hohem Aminosäuren- und Calciumcarbonatgehalt im Herbst/Winter. Dabei ist aus dem parallelen Verlauf von Chlorophyllgehalt und Opalgehalt ersichtlich, daß hier das Phytoplankton im wesentlichen aus Diatomeen besteht. Ein wesentlicher Teil des Calciumcarbonatflusses geht auf planktische Foraminiferen zurück, deren Gehalt ebenfalls im Herbst und Winter zunimmt, parallel zum steigenden Aminosäuregehalt. Die antiparallel verlaufenden Gehalte von Opal und Calciumcarbonat zeigen deutlich die Verdrängung (grazing?) der Diatomeen-Phytoplankter durch das Foraminiferen-Zooplankton an.

Auch die relative Aminosäurezusammensetzung ist saisonalen Veränderungen unterworfen, die mit dem diskutierten Wechsel in der Planktonzusammensetzung korreliert sind. Durch Cluster-Analyse lassen sich hierbei 4 signifikant unterschiedliche Gruppen von Proben ähnlicher Aminosäurezusammensetzung bilden, die eine zeitliche Abfolge bilden und mit der diskutierten Sommer-Winter-Variabilität in der Partikelzusammensetzung gekoppelt sind.

Die im Jahresverlauf auftretenden Verschiebungen im Foraminiferen-Artenspektrum entsprechen weitgehend den Beobachtungen, die mit Multischließnetzfangen auf dieser Station gemacht wurden. Die hier im wesentlich vorkommenden Arten sind *Turborotalita quinqueloba* und *Neogloboquadrina incompta*, die vor allem im Herbst und Winter die dominieren, *Globigerinita glutinata*, *Globorotalia scitula* und *G. inflata*, die im Frühjahr maximale Abundanzen erreichen sowie *Globigerina bulloides*, die ganzjährig mit einer hohen Individuendichte vertreten ist.

Variations in upwelling intensity in the Peru-Chile Current (30°S) monitored from $\delta^{18}\text{O}$ data of recent planktic foraminifera

M. Marchant, D. Hebbeln & G. Wefer

Department of Geosciences, Bremen University, 28334 Bremen, Germany

Seasonal fluxes of planktic foraminifera in the Peru-Chile Current (PCC) Coquimbo, Chile were investigated to assess changes in the dynamics of upwelling during the year 1993-94. Based on the flux pattern and on the $\delta^{18}\text{O}$ data variations in upwelling intensity have been monitored.

Under non-upwelling conditions with a well-stratified upper water column *G. bulloides* (mixed layer) and *N. pachyderma* (dex.) (thermocline) are assumed to live in different water masses and, thus, their $\delta^{18}\text{O}$ should record a distinct temperature difference, i.e. a considerable $\Delta\delta^{18}\text{O}$. In contrast, under upwelling conditions both species are supposed to live within the mixed layer and should record similar oxygen isotope values, i.e. a very low $\Delta\delta^{18}\text{O}$.

The $\Delta\delta^{18}\text{O}$ between different sized specimens within the same species (small 150-212 μm versus big >212 μm tests) show that *N. pachyderma* (dex.) lives always in the same depth regardless of size. For *G. bulloides* the results are slightly different, indicating a somewhat warmer habitat for the small specimens between September and December.

From August to February a low $\Delta\delta^{18}\text{O}$ (<0.3) between *G. bulloides* and *N. pachyderma* (dex.) indicates a deep mixed layer due to upwelling. According to the $\Delta\delta^{18}\text{O}$ data strongest upwelling took place in October and in January/February. In contrast, from end of February to June a high $\Delta\delta^{18}\text{O}$ (>0.3) points to well-stratified conditions without upwelling.

Based on the first continuous year around investigation of the planktic foraminifera flux (>150 μm) an annual average of 4,000 test $\text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$ has been measured, which marks the PCC off Chile as one of the most productive regions in the Pacific Ocean.

Hydrographic Laser Fluorosensing: Status and Perspectives

W. Milchers, R. Reuter, R. Willkomm & O. Zielinski

Carl von Ossietzky University of Oldenburg, Physics Department, D-26111 Oldenburg

By the end of 1993 the Federal Ministry of Transport and the Federal Ministry of Defence brought a second generation maritime surveillance system into service for a long-term operation in the North Sea and the Baltic Sea. The system consists of a DO 228-212 aircraft, and of a side-looking airborne radar, a microwave radiometer and a UV/IR line scanner, a newly designed laser fluorosensor.

The laser fluorosensor meets the qualification standards for aircraft applications. Particular emphasis is put on the capability of two-dimensional mapping of the sea surface which allows for an optical probing of small geometric scales. At 300 m flight altitude, a swath width of 150 m with 10 m pixel-to-pixel distances are achieved. This is achieved by use of a conical scanner and an excimer laser with a repetition rate of up to 200 Hz, triggered by the scan position. Fluorescence and water Raman scattering is measured at 12 emission wavelengths. The laser fluorosensor is used for the analysis of oil spills, yielding maps of the film thickness and estimates of the oil type. Dissolved organic matter of natural origin (gelbstoff) and phytoplankton pigments can be investigated in coastal waters while the aircraft is performing long-range surveillance flights. Hydrographic data from different flight tracks are interpolated to maps with Kriging, an advanced geostatistical algorithm for data interpolation.

Recently, the feasibility of measuring water-column parameters with fluorescence lidar at flight altitudes higher than 300 m has met increasing interest. The feasibility of such measurements

using platforms at altitudes of up to 800 km are studied, which would allow to operate the instrument as an attachment to atmospheric lidars. A cloudless and stratified atmosphere with various aerosol and ozone conditions is taken into consideration. Particular emphasis is put onto the radiative transfer of the atmosphere at wavelengths which are relevant for hydrographic fluorescence measurements. A simulation is presented, using Fermat's principle as an analytical approach to describe the radiative transfer processes for a horizontally stratified atmosphere. Data simultaneously measured with an atmospheric lidar (e.g. LITE) allow to correct the fluorescence signal for atmospheric effects, yielding quantitative results of fluorescent matter concentrations in the sea.

The Carbon Dioxide System in the Arabian Sea During South-West Monsoon

L. Mintrop^{#+}, A. Körtzinger⁺ & J.C. Duinker⁺

⁺ Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24145 Kiel

[#]Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Klagenfurter Straße, 28359 Bremen

An extensive set of data for the carbonate system has been obtained on a cruise of R/V METEOR in the Arabian Sea during south-west monsoon from mid July to mid August 1995. The cruise followed a track from the equator north to 14°30' along 65°E, then heading northwest towards 18°34'N, 57°24'E, near the Omani coast. Surface values of total carbonate (C_T) and alkalinity (A_T) increased from 1942 to 2035 $\mu\text{mol/kg}$ and 2300 to 2370 $\mu\text{mol/kg}$, respectively, along the transect. Deep sea values in the same direction increased from 2310 to 2360 $\mu\text{mol/kg}$ (C_T) and from 2450 to 2480 $\mu\text{mol/kg}$ (A_T), respectively. Along the transect in south-north direction oxygen concentrations approach a minimum with values less than 20 $\mu\text{mol/kg}$ down to zero, starting from 10°N at 500-750m depth, broadening to a band from 250 to 1250m depth north of 13°N. A zone of denitrification is found at the upper boundary of the oxygen minimum zone, with a maximum of more than 7 $\mu\text{mol/kg}$ centred around 14°N, at 300 to 500m depth. In principle, denitrification has the effect that it increases total carbon by remineralisation of organic matter without the appropriate increase of apparent oxygen utilisation (AOU) that would be expected from Redfield carbon-oxygen ratios. The remineralisation of organic carbon and biogenic carbonate by oxygen utilisation and denitrification generate extremely high $p\text{CO}_2$ values in the zone between 150 and 1000m depth, in part exceeding values of 1000 μatm . These values explain high surface $p\text{CO}_2$ values in upwelling areas encountered during SW monsoon, even if the origin of the upwelling water is rather shallow. The thermodynamical saturation depth for calcite, calculated from the carbonate concentrations, is rather deep in the Arabian Sea and found at about 4100 m. This means that pronounced dissolution of calcite is not likely; however, the saturation depth for aragonite is only 800-900 m. This means that the deep Arabian Sea is highly corrosive for aragonite. Two stations, at 6°N and 17°N along the track, were compared according to demineralisation of organic carbon and dissolution of biogenic carbonate and their respective increase with depth. While values were higher for both parameters at the 17°N station, a further increase of shell dissolution with depth was found at this station below 2500m, so that the ratio of biogenic carbonate to tissue remineralisation increased up to 0.55 at 4000m, while 0.35 was found at the 6°N station below 2500m. The biogeochemical meaning of this findings (i.e. contribution of pteropods) remains to be investigated.

JGOFS Datenmanagement

T. Mitzka

Institut für Meereskunde, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Das projektbezogene JGOFS Datenmanagement betreut zur Zeit die Teilbereiche JGOFS-Nord Atlantik und JGOFS-Indik. Erweiternd werden JGOFS-relevante Wassersäulendaten aus dem BIGSET Programm, Wassersäulen- und Verankerungsdaten aus dem SFB 313 (Nord Atlantik) und historische Daten in die Datensammlung mit aufgenommen. Neben der Datensammlung und -suche werden einzelne Arbeitsgruppen (AG) (gebildet auf dem 4. JGOFS-Workshop, Nov. 1995) im Hinblick auf die Synopsephase des JGOFS-NA unterstützt. Dies beinhaltet die Erstellung eines „Dateninhaltsverzeichnisses“, das Sammeln der Daten und eine erste statistische Auswertung des Datenvolumens. Hierzu ist die Zusammenarbeit mit der AG „Bilanzierung des Kohlenstoffflusses (incl. des Vertikaltransports der assoziierten Elemente) zwischen Oberflächenwasser und Sediment“ (K. Kremling, IFM-Kiel) ein sehr gutes Beispiel.

Mit dem Beginn des Datenmanagements wurden parallel alle eintreffenden und verfügbaren Informationen zu den Daten im World-Wide-Web (WWW) bereitgestellt, so daß sich jeder über den verfügbaren Datenbestand informieren kann. Diese Seiten werden immer häufiger frequentiert (interne Statistik) und Datenanfragen aus dem deutschen JGOFS Projekt und von internationaler Seite werden immer häufiger.

Im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit mit anderen Datenzentren werden zur Zeit, in enger Zusammenarbeit mit dem Britischen Ozeanographischen Datenzentrum (BODC), alle international verfügbaren hydrographischen Daten (CTD's) und einige ausgewählte biologische Parameter aus der Arabischen See zusammengefaßt und voraussichtlich im nächsten Jahr auf CD-ROM der wissenschaftlichen Gemeinschaft zur Verfügung gestellt.

Im Bereich des JGOFS-Indik sind derzeit alle meteorologischen, sowie ein großer Teil der hydrographischen, biologischen und chemischen Daten verfügbar. Für viele noch ausstehenden Datensätze liegt entweder schon ein Inhaltsverzeichnis oder eine grobe Abschätzung des zu erwartenden Datenvolumens vor.

Im JGOFS-NA Projekt gestaltet sich das Datensammeln ein wenig schwieriger, da einige der verantwortlichen Wissenschaftler nicht mehr an Ihren ehemaligen Instituten beschäftigt sind und häufig aus dem JGOFS Projekt finanzierte Forschungsarbeiten, Daten auf nicht JGOFS-Fahrten gewonnen haben. Doch auch in diesem Bereich wurden in der letzten Zeit große Fortschritte gemacht, so daß langsam ein umfassender Überblick über das Datenvolumen gewonnen werden konnte und eine ansehnliche Datensammlung zusammengestellt wurde.

Untersuchungen mit freitreibenden Partikelfallen an der ESTOC Station

S. Neuer, P. Müller, G. Ruhland & G. Wefer

Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Klagenfurter Straße, 28359 Bremen

Mit freitreibenden Partikelfallen können kurzfristige Änderungen von Partikelflußraten aus der euphotischen Zone bestimmt werden. Im Gegensatz zu den verankerten Fallen können diese Fallen flacher und für kürzere Zeitintervalle eingesetzt werden und messen direkt die Exportproduktion, die als ein Maß der Neuen Produktion gilt. Da sie nicht verankert sind, sondern mit dem Wasserkörper mittreiben, können direkt Prozesse und Veränderungen in den oberen Wasserschichten mit denen des Partikelflusses verglichen werden. Treibende Sedimentfallen sind ein wichtiger Bestandteil von Zeitserienprogrammen und werden an der BATS- und HOT-Station regelmäßig eingesetzt. Im ESTOC-Projekt sind inzwischen zwei verschiedene Fallentypen entworfen und gebaut worden, die bis jetzt auf Prozesstudien getestet wurden und in der Zukunft auf den monatlichen Fahrten mit der TALIARTE zur ESTOC-

Station eingesetzt werden sollen. Bei den Fallen wurden Zylinder verwendet, da diese bei flachen Tiefen die größte Fangeffizienz erzielen. Dabei wurde das optimale Verhältnis von Höhe und Durchmesser der Zylinder von 9 (Tony Michaels, pers. Mitteilung) eingehalten und außerdem wurde der Probennahmemodus der verankerten Partikelfallen mit Probenflaschen beibehalten.

Hier zeigen wir die Flußraten, die im Herbst 1995, Winter und Frühjahr 1996 mit den Treibfallen im ESTOC Gebiet in 150 m bzw. 200 m Tiefe ermittelt wurden und vergleichen diese mit der Planktonbiomasse in der darüberliegenden Wassersäule. Wie auch bei den verankerten Partikelfallen wurde ein Maximum des Exportflusses im Winter mit fast $200 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ und ein Minimum im Frühjahr mit $20\text{-}30 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ gemessen. Die Flußraten waren höher als die mit den verankerten Partikelfallen gemessenen maximalen Flußraten in 1000 m Tiefe (im Februar 1993, $130 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ und im Februar 1992, $50 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). Sobald die Flußraten der verankerten Partikelfallen vom gleichen Zeitraum zur Verfügung stehen, wird ein direkter Vergleich der Flußraten gemessen in beiden Tiefen und damit auch eine Abschätzung der lateralen Advektion möglich sein.

**Seasonality of biogenic and lithogenic particle flux at the ESTOC time-series station:
Comparison with upper water column processes and long-term satellite derived pigment
data**

S. Neuer, R. Davenport, V. Ratmeyer, G. Fischer & G. Wefer
Universität Bremen, Geowissenschaften FB5, 28359 Bremen

M. Knoll & G. Siedler

IfM Kiel, Düsternbrookerweg 20, 24105 Kiel

Ma-J. Rueda & O. Llinas

ICCM, 35200 Telde, Las Palmas de Gran Canaria

The ESTOC (European time-series in the Ocean, Canary Islands) time-series station is located 100 km north of Gran Canaria in the eastern extensions of the subtropical North Atlantic gyre. The monthly sampling schedule started there in 1994, and particle flux has been determined with moored particle traps at the station since fall of 1991. Here we compare the seasonality of particle flux with processes in the upper water column at the station, and with the long-term record of CZCS derived pigment data in the region. The dominant seasonal signal in both surface and particle flux data is the winter bloom and related particle sedimentation maxima. Long-term data show that both the strength of the winter bloom as well as particle flux varied interannually. Comparison of shallow (1 km depth) and deep (3 km depth) traps indicate that deep advection of particulate matter, probably originating from the NW African coast, influences particle flux in the deep ocean. Satellite data reveal upwelling filaments advecting offshore from the NW African coast further north of the islands that could reach into the source region of the deeper trap. We also find a high proportion of lithogenic matter in the material collected by the particle traps and hypothesize that atmospheric dust deposited from the Sahara influences both formation and sinking speed of particles in the surface layer as well as aggregation and disaggregation processes in the deep ocean.

Sedimentation unter dem Meereis der Laptev See (Arktis)

E.-M. Noethig, M. Gleitz, S. Grossmann, V. Shevshenko, H. Eicken, A. Bartel & C. Lorenzen
Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Columbusstraße, 27568
Bremerhaven

Auf 11 Stationen wurden 1995 je drei Sedimentfallen (in 5 m, 25 m und 75 m) an einer Meereisscholle für etwa einen Tag verankert. Der vertikale Partikelfluß von partikulärem organischem Material ($\text{POC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) war im Einzugsgebiet der Lena in den Fallen, die in 25 m hingen meistens höher als in den 5 m-Fallen. Allerdings betrug der vertikale Partikelfluß in 75 m fast immer weniger als 30 % der in den 25 m-Fallen gemessenen Werte. Diese Ergebnisse und die mikroskopischen Analysen der Sinkstoffproben deuten an, daß der vertikale Fluß von organischer Substanz unter dem Meereis im Einzugsgebiet der Lena durch sedimentbeladene Detrituspartikel, die aus dem Eis oder der salzärmeren Deckschicht stammen, gekennzeichnet ist. Jedoch scheint ein hoher Prozentsatz des organischen Kohlenstoffs bereits in den oberen Wasserschichten wieder abgebaut zu werden. Hierfür spricht auch, daß viel Zooplankton in den oberen Wasserschichten gefangen wurde.

Microbial degradation of particulate matter in the deep water column

C. Petry
Institut für Ostseeforschung, Seestr. 15, D-18119 Rostock

Particulate organic matter (POM) sinking from the surface water to the deep sea bottom is subjected to changing environmental conditions. Decreasing temperature and increasing pressure are factors that influence bacterial degradation processes associated with the particles. During cruise M33/1 in the Arabian Sea in autumn 1995 experiments were conducted to investigate how and how fast POM is degraded under these varying conditions. Fresh POM from surface water was incubated in the dark in plastic bags at 28, 17, 7 and 0-2°C under atmospheric pressure. Additionally, samples were incubated at 7°C and 300 atm to check for pressure effects. Bacterial secondary production (BSP, via 3H-thymidine incorporation) and potential enzyme activity (EEA, via fluorogenic model substrates at saturation concentrations) tended to decline with decreasing temperature. Pressure effects were not very strong with BSP and EEA except for peptidase activity which was reduced substantially at 300 atm. Changes of C/N ratios and concentrations of organic carbon and nitrogen were minor, especially in the cold water treatments. Another experiment was set up with fresh POM from surface waters (0-150 m), POM from an unpoisoned sediment trap (500 m above the bottom) and "fluff" from sediment cores (4020 m). This experiment was designed to test whether the aging process during sedimentation affects enzyme activity on the particles, since POM collected in the deep water column and on the sediment has probably already been degraded to a certain extent. The proportions of potential enzyme activities of three different enzymes changed. The activities of β -glucosidase and chitinase decreased with depth, while peptidase activity was higher in the deeper water.

Die Biologie der Deckschicht im Intermonsun

F. Pollehne

Institut für Ostseeforschung (IOW), Seestr. 15, 18112 Rostock-Warnemünde

Die auf der Meteor-Reise M32/3 im Mai 1995 aufgenommene meridionale Veränderung der Phytoplanktonbestände und Produktionsbedingungen in der photischen Zone läßt sich gut durch optische Variable charakterisieren, da sie hier im Wesentlichen von der Dynamik des Phytoplanktons abhängig sind. Die typischen vertikalen Strukturen sind durch die Verteilung der Chlorophyllfluoreszenz, der Gelbstoff- und der partikulären Absorption charakterisiert. Das Maximum des Tiefenchlorophylls verlagerte sich auf dem Schnitt zwischen 18° und 10° N von 50 auf 85 m mit einer entsprechenden Verschiebung der 1% Lichttiefe von 75 m auf 95 m. Biomassen und Produktionsraten des Phytoplanktons zeigen entsprechende Reaktionen auf die oligotropheren Bedingungen im südlicheren Bereich. In der spektralen Absorption der Oberflächenschicht sind Unterschiede, durch die Verteilung der fädigen Cyanobakterien (*Trichodesmium*) bedingt, deren Einfluß auf das Spektrum besonders auf der Station bei 10° N deutlich wird. Hier ist der Stickstoffeintrag durch diese Organismen auch quantitativ von besonderer Bedeutung. Der Stickstoffverlust durch Denitrifikation in der Sauerstoffminimumzone dokumentiert sich deutlich im Verhältnis TCO_2 zu Nitrat. Der mittlere Wert für das Stickstoffdefizit wurde mit $5,3 \text{ mol m}^{-2}$ berechnet. Einen erheblichen Effekt hat die Denitrifikation auch auf die isotopische Zusammensetzung des Stickstoffs im gesamten nördlichen Indik. Die N-Isotopenwerte im Nitrat liegen mit 9-10 ‰ signifikant höher als in anderen ozeanischen Gebieten. Davon wird auch die Signatur des partikulären organischen Stickstoffs von der Oberfläche bis in tiefere Wasserschichten im gesamten Untersuchungsgebiet beeinflusst. In den bisher analysierten Proben von suspendiertem Material konnte ein gegenteiliges Signal, das die Stickstofffixierung in den Partikelbestand eintragen würde nicht nachgewiesen werden. Einen Hinweis auf den Einfluß dieses Prozesses liefern nur die Daten aus einigen Sinkstoffallen in denen erheblich herabgesetzte $\Delta^{15}\text{N}$ Werte gemessen wurden. Für die bakterielle Produktion in den oberen 100 Metern ergibt sich ein vom regionalen Bild der Primärproduktion etwas abweichendes Bild. Die mediane Menge der aufgenommenen Substrate (Thymidin- bzw. Leucinaufnahme) zeigt zwischen den ersten beiden Driftstationen nur geringfügige Unterschiede. Erst auf der Driftstation in Äquatornähe treten deutlich geringere Werte auf. Vergleicht man die Raten mit der aus Respirationsversuchen ermittelten Gesamtatmung des Pelagials, so beträgt danach der Bakterienanteil daran 22 und 36 %. Die Turnoverzeiten nehmen in Richtung des Äquators für beide Substrate bei gleichbleibender bzw. abnehmender bakterieller Produktion ab, was auf eine Abnahme der Poolgrößen hindeutet. Ähnlich verhalten sich auch die Hydrolyseraten, die für MCA-Leucin und MUF- -Glucose gemessen wurden und als Indikator für den Abbau partikulärer Substrate betrachtet werden können. Die vertikale Verteilung der Zooplanktonbiomasse auf den drei Driftstationen folgt einem ähnlichen Muster und ist auch quantitativ vergleichbar. Ein interessanter Unterschied im Metabolismus deutet sich allerdings zwischen den Stationen im Verhältnis zwischen respiriertem Sauerstoff und abgegebenem Stickstoff an. Dieses O/N-Verhältnis beruht auf der Zusammensetzung der Nahrung und läßt in erster Näherung auf den Ernährungstypus schließen. Eine Auffächerung der Raten für die einzelnen Größenklassen auf dem Weg von Norden nach Süden deutet auf eine diversere Ernährungslage der einzelnen Organismengruppen auf den südlichen Stationen hin, was durch eine grundsätzliche höhere Artendiversität bedingt sein kann. Die Verbindung von pelagischen Umsätzen zu Sedimentationsflüssen ist neben dem Stickstoffeintrag der Cyanobakterien durch die Mechanismen der "neuen" Produktion im Tiefenchlorophyllmaximum geprägt. Hier läßt sich auf mehreren Wegen die dominierende Rolle der Coccolithophoriden im vertikalen Stofffluß nachweisen.

Processes determining the particle flux during the SW monsoon

T. Rixen, B. Haake, J. Tiemann & V. Ittekkot

Institute of Biogeochemistry and Marine Chemistry, University of Hamburg, Bundesstraße 55,
D-20146 Hamburg

Particle flux data measured continuously between 1986 and 1992 by time-series sediment traps deployed at 3000 m water depth in the western, central and eastern Arabian Sea were compared with satellite-derived windspeeds and sea surface temperatures. These data allowed us to link the particle flux into the deep Arabian Sea to surface processes of the SW monsoon. The onset of the SW monsoon is characterized by the development of a low level jet (Findlater Jet) almost parallel to the Oman coast. Upwelling becomes obvious on SST charts along this coast and beneath the axis of the Findlater Jet, approximately 500 km offshore. Two to eight weeks after the beginning of upwelling increasing particle fluxes dominated by carbonate derived from coccolithophorids appear in the western and central sediment traps. As the SW monsoon progresses the upwelling intensifies and fluxes of up to 700 mg m⁻² d⁻¹ resulting from diatom blooms appear at the western Arabian Sea station. Particle fluxes in the central Arabian Sea remain only randomly affected by the upwelling related diatom blooms throughout the observed SW monsoons. In the eastern Arabian Sea the particle fluxes seem to be influenced by a distinct weaker upwelling system occurring along the southwest coast of India. The interannual variations of material fluxes into the deep Arabian Sea are most pronounced in its western part and seem to be mainly governed by the wind-induced upwelling systems off Oman. However, lowest SW monsoon particle fluxes into the deep western Arabian Sea were observed for the 1991 SW monsoon which is characterized by highest recorded windspeeds. SST charts for this SW monsoon suggest enhanced cross equatorial transport of nutrient-poor south equatorial water into the Arabian Sea which damps the fertilization effect of the Oman upwelling systems. Thus maximum particle flux rates occur during SW monsoons of intermediate windspeeds and sea surface temperatures.

Processes determining the particle flux during the NE Monsoon

T. Rixen, B. Haake, J. Tiemann & V. Ittekkot

Institute of Biogeochemistry and Marine Chemistry, University of Hamburg, Bundesstraße 55,
D-20146 Hamburg

To study the monsoonal impact on biogenic matter transport into the deep sea we have deployed sediment traps at 3000 m water depth in the western, central and eastern Arabian Sea and evaluated satellite derived sea surface temperatures and windspeeds from 1986 to 1992 for the whole western Indian Ocean.

The NE monsoon is characterised by NE winds with maximum wind speeds of > 8 m/s at the Horn of Africa. These enhanced wind speeds stretch as a band across the southern Arabian Sea towards India with wind speeds decreasing to < 4/m/s. In the northern Arabian Sea the wind speeds are as low as along the Indian coast. The cooling of sea surface water during the NE monsoon generally correlates with mixed layer deepening and is associated with the injection of new nutrients into the surface water. This is mainly caused by wind mixing and winter cooling. SST and wind speed charts suggest that winter cooling in the tranquil northern Arabian Sea is more effective in cooling the surface water than wind mixing beneath the band of enhanced wind speeds in the southern Arabian Sea.

The western Arabian Sea station is located in the transition zone between the enhanced wind speeds and the calm region in the northern Arabian Sea and particle fluxes are affected by both, winter cooling and wind mixing. NE monsoons with average wind speeds below 4 m/s denote

an weak influence of wind mixing and therefore stronger influence of winter cooling. Average NE monsoon wind speeds above 4 m/s imply the opposite. When winter cooling is more effective at the trap site in the western Arabian Sea average NE monsoon carbonate/biogenic opal ratios are < 3 , whereas they are > 3 if wind mixing is stronger. Lower carbonate/biogenic opal ratios result from higher contribution of diatoms in sinking particles which generally indicate nutrient enriched surface water. Decreasing carbonate/biogenic opal ratios are associated with higher fluxes of organic matter into the deep sea. This suggests that winter cooling is the most efficient process transferring surface produced biogenic matter into the deep sea during the NE monsoon.

Average NE monsoon carbonate/biogenic opal ratios of sinking matter in the central and eastern Arabian Sea of > 3 reveal that fluxes at these stations are less influenced by the winter cooling than at the western Arabian Sea station. Lowest average NE monsoon fluxes were generally measured at the eastern Arabian Sea station. These fluxes increase with increasing wind speeds denoting that fluxes in the eastern Arabian are mainly governed by wind mixing.

The processes during the NE monsoons affecting also the fluxes of the following intermonsoon as indicated by a correlation of spring intermonsoon and NE monsoon fluxes. NE and intermonsoon fluxes in the central and eastern Arabian Sea are higher than the SW monsoon fluxes. This shows that in these areas winter cooling and wind mixing are more effective in transporting surface produced biogenic matter into the deep sea than the upwelling events of the SW monsoon.

Aussagen mehrjähriger Messungen von Alkenonflüssen auf drei Positionen im Nordostatlantik

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

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

Durch die vorliegenden Ergebnisse mehrjähriger Messungen von partikulären Alkenonflüssen auf $33^{\circ}\text{N}/21^{\circ}\text{W}$, $47^{\circ}\text{N}/20^{\circ}\text{W}$ und $53^{\circ}\text{N}/21^{\circ}\text{W}$ können nun erste Aussagen getroffen werden bezüglich der regionalen und interanuellen Variabilität der diesen für nur wenige Coccolithophoridenarten, im NO-Atlantik überwiegend *Emiliania huxleyi*, spezifischen Biomarker betreffenden Sedimentationsereignisse.

Eine deutliche interanuelle Variabilität bezüglich der Alkenonflüsse wurde auf der nördlichen Verankerungsposition 53°N , 21°W festgestellt. Im beobachteten zweijährigen Zeitraum zwischen September 1993 und Juni 1995 wurde nur im Frühjahr 1995 kurzzeitig ein auf die Sedimentation einer ausgedehnten Coccolithophoridenblüte hinweisender stark erhöhter Alkenonfluß festgestellt. Der Coccolithophoriden-Anteil an der gesamten Calcit-Sedimentation wird für diese Partikel außergewöhnlich hohen Alkenongehalt auf 10-15% geschätzt. Im Jahr zuvor wird ein vergleichbares Ereignis nicht beobachtet. Überraschend ist der kalendarisch frühe Zeitpunkt des Auftretens hoher Alkenonflüsse im Mai 1995. Nach eigenen Ergebnissen muß das Blütenwachstum etwa 1-2 Monate vorher stattgefunden haben, wie sich in den entsprechenden Proben aus dem auf minimale Oberflächenwassertemperaturen hindeutenden „Sättigungsverhältnis“ innerhalb der Gruppe der Alkenone und Vergleich mit einem klimatologischen Datensatz (Levitus) zeigen läßt.

Weitere JGOFS-relevante Aussagen zu den beiden südlicher gelegenen Verankerungspositionen sowie ein regionaler Vergleich werden während des JGOFS-Worshops auf einem Poster vorgestellt. Außerdem wird u.a. durch die Quantifizierung der während der Beobachtungszeiträume auf der jeweiligen Position aktuell sedimentierten Alkenon-Sättigungsverhältnisse in Form der Uk'37-Indizes und Vergleich mit dem zugehörigem Oberflächensediment auf der gleichen Position der Wert von Alkenonen als Paläothermometer verdeutlicht. Es wird diskutiert, welche Wassertemperaturen welcher

Jahreszeit im Sediment „abgespeichert“ wird. Wie groß ist hier der Einfluß interanueller Variabilitäten? Der saisonale Verlauf der in den gewonnenen Proben sedimentierender Partikel bestimmt Uk³⁷-Indizes wird mit den Levitus-Datensätzen der entsprechenden Positionen verglichen. Es zeigen sich auf allen Positionen ähnliche Parallelitäten und Abweichungen, was weitere Interpretationsmöglichkeiten eröffnet.

Produktion und vertikaler Fluß kalkigen Planktons im NE-Atlantik und der Arabischen See

R. Schiebel, A. Zeltner & Ch. Hemleben

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

Produktion und Vertikalfluß kalkigen Planktons im nordöstlichen Atlantik und der Arabischen See werden durch die Probennahme mit dem Multischließnetz (planktische Foraminiferen und Gastropoden), Wasserschöpfern (Coccolithophoriden) und Sinkstofffallen erfaßt. Ein Vergleich der beider hydrographisch sehr unterschiedlichen Meeresregionen soll es ermöglichen, die exogenen Faktoren zu ermitteln, die Qualität und Quantität der Faunen und Floren beeinflussen. Grundlage für die Ermittlung jener exogenen Einflüsse (z.B. Jahreszeiten, Stürme) auf die Vergesellschaftungen bildet die Kenntnis der endogenen Faktoren der Populationsdynamik (Reproduktion, Wachstum und Mortalität der Arten). Damit wird ein Beitrag zum Fluß karbonatischer Partikel geleistet (Schiebel *et al.*, 1995).

Globigerina bulloides z. B. reproduziert monatlich (Schiebel *et al.*, eingereicht), wie auch andere häufige Plankton-Foraminiferen (*G. sacculifer*, *O. universa*). In Relation zu halbmonatlich reproduzierenden Arten (z. B. *G. ruber*) ist *G. bulloides* in Sinkstofffallen oder im Sediment, verglichen mit der Lebendvergesellschaftung, zu etwa 50 % unterrepräsentiert. Die Vorgänge, die zum Gehäuseverlust im Intervall 200-500 m Wassertiefe führen, bleiben weiterhin ungeklärt. Foraminiferen aus diesen Tiefen wie auch aus Wassertiefen um 2000 m zeigen keine Lösungsspuren. Die Lösung von Foraminiferengehäusen in sauren Mikromilieus, hervorgerufen durch bakterielle Aktivität, wäre eine Möglichkeit den Verlust einzelner Gehäuse zu erklären, während benachbarte Gehäuse ohne Lösungsspuren vorgefunden werden. Erste Zählungen von Bakterien auf Gehäusen planktischer Foraminiferen aus Schließnetzfangen ergaben jedoch, daß sowohl leere als auch plasmagefüllte Gehäuse mit maximal 45 Zellen pro Schale nur sehr spärlich mit Bakterien besetzt sind; benachbarte organische Partikel dagegen sind mit Bakterien dicht besetzt. Weitere Untersuchungen sowie Experimente zum Bakterienbesatz von Foraminiferengehäusen werden derzeit durchgeführt.

In bisherigen Ansätzen zur Modellbildung wurde der Sauerstoffgehalt in der Wassersäule stellvertretend für die Kalzitlösung der Gehäuse als positiv korrelierend mit dem Gehäuseverlust eingesetzt, da bei niedrigem O₂-Gehalt eine bessere Faunenerhaltung als in Wassermassen mit hohem O₂-Gehalt beobachtet wird. So erstellte Sinkkurven für Foraminiferengehäuse zeigen entsprechen für den NE-Atlantik einen stetigen, deutlichen Verlust von Gehäusen mit der Tiefe (90 % zwischen 200 m und 2500 m), während der Gehäuseverlust in der Arabischen See, mit einer ausgeprägten Sauerstoffminimumzone (OMZ, von ca. 150 m bis 1200 m) zwischen 200 m und 2500 m nur 65 % beträgt. Dieser prognostizierte Sinkkurvenverlauf wird durch unsere empirischen Daten trendmäßig bestätigt. Diese Ergebnisse stehen allerdings im Widerspruch zu den Ergebnissen von A. Hupe und R. Lendt (IBG Hamburg, AG Ittekkot), die anhand von Alkalinitäten und Kohlenstoffgehalten (TCn [µM/kg]) für die Arabische See unterhalb vom 500 m Wassertiefe Kalzitlösung und unterhalb von 200 m Aragonitlösung annehmen müssen. Einen Hinweis darauf geben die von uns ermittelten Foraminiferen- und Pteropodenfaunen jedoch nicht. Auch für den Nordost-Atlantik stimmen die geochemischen und faunistischen Befunde zur Löslichkeit von CaCO₃

nicht überein. Hier sollte ab etwa 1000 m CaCO_3 gelöst werden, wofür es keine Anzeichen gibt. Statt dessen werden 70 % bis 95 % des Gehäusekarbonats in 100 m bis 500 m Wassertiefe remineralisiert.

Global ocean export production and particle fluxes derived from dissolved nutrient and oxygen data

R. Schlitzer

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

The oceanic distributions of oxygen, nutrients and carbon are strongly affected by the production of particulate material in the euphotic zone and its subsequent remineralization during sinking or after deposition on the sea-floor. A global ocean circulation model is presented that makes use of the existing large sets of hydrographic, oxygen, nutrient and carbon data and determines rates of export production and vertical particle fluxes compatible with the concentration data. Model resolution is non-uniform ranging from 2.5×2 to 5×4 degree in the horizontal and 60 to 400 m in the vertical. Property conservation is satisfied exactly and the vertical shear of the model flows is kept close to geostrophic estimates based on the hydrographic data. The model is fitted to the property concentration data by systematically varying circulation, air-sea fluxes, production and remineralization rates simultaneously. The adjoint method is applied as an efficient tool for the iterative optimization procedure.

Model results show that the observed distributions in the Atlantic, Indian and Pacific can be reproduced closely and oxygen/nutrient minima and maxima are matched, both, in amplitude and spatial extent. Corresponding regional patterns of export production, remineralization scale-heights, oxygen utilization rates and respective basin-wide and global integrals will be presented.

Hinweise auf die Fangeffizienz von Sinkstoffallen und die Partikelmodifikation in der Wassersäule anhand von Radionukliduntersuchungen: ein Überblick über methodische Ansätze und Ergebnisse in JGOFS

J. Scholten*, S. Vogler#, M. Rutgers v. d. Loeff+ & A. Mangini#

*Geologisches Institut der Universität Kiel, Olshausenstr.40, 24118 Kiel

#Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Im Neuenheimer Feld 366, 69120 Heidelberg

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

Die Fangeffizienz von Sinkstoffallen und die Prozesse der Partikelmodifikation in der Wassersäule sind die wesentlichen Fragestellungen, die mit Hilfe der Verteilung natürlicher Radionuklide in der Wassersäule in JGOFS untersucht werden. Im Rahmen des Vortrages soll anhand von Literatur und eigenen Daten ein Überblick gegeben werden, mit welchen methodischen Ansätzen diese Fragen bearbeitet werden und mit welchen Ergebnissen.

Die wesentlichen Informationen zu der zeitlichen und räumlichen Variabilität des vertikalen Partikelflusses im Ozean werden aus Sinkstoffallen abgeleitet. Die hierbei erhaltenen Flußraten bilden eine Grundlage, den Kohlenstoffkreislauf und den Stofftransport im Ozean zu verstehen. Daher kommt der Genauigkeit, mit der Partikelfluß erfaßt wird, d. h. der Fangeffizienz von Sinkstoffallen eine enorme Bedeutung in JGOFS zu.

Natürliche Radionuklide und hier insbesondere die Thoriumisotope ^{234}Th ($T_{1/2} = 24,1$ Tage) und ^{230}Th ($T_{1/2} = 75.200$ Jahre) werden häufig für die Kalibrierung von Sinkstofffallen verwendet. Dies ist zum einen mit ihrer genau bekannten Herkunft (konstante Bildung aus dem radioaktiven Zerfall von ^{238}U bzw. ^{234}U) begründet, zum anderen mit ihrer hohen, nicht selektiven Partikelreaktivität. So kann die Messung von $^{234,230}\text{Th}$ in der Wassersäule dazu benutzt werden, den Partikelfluß abzuleiten, da dieser, abgesehen vom radioaktiven Zerfall, der einzige Weg ist, Thorium aus einem Wasserkörper zu entfernen. Ein Vergleich des Thoriumflusses in Sinkstofffallen mit dem Fluß an Thorium, der aus der Produktion in der Wassersäule zu erwarten wäre, ermöglicht eine Aussage zur Fangeffizienz von Sinkstoffallen.

Eine Zusammenstellung der Fangeffizienzen von Sinkstoffallen in geringen Wassertiefen ($< 200\text{m}$) von Buesseler (1991) zeigte, daß die Fangeffizienz um einen Faktor 3-10 zu hoch bzw. zu niedrig liegen könnte. Allerdings ist die Güte der Effizienzbestimmung davon abhängig, inwieweit die zeitliche Veränderung der ^{234}Th -Konzentration und die Advektion berücksichtigt wurde. Werden diese Faktoren durch zeitlich/räumlich aufgelöste Messungen mit einbezogen, so stellen die ^{234}Th -Untersuchungen die bisher verlässlichste Methode dar, Fallen in geringen Wassertiefen auf ihre Fängigkeit hin zu überprüfen.

Insbesondere innerhalb der US-JGOFS Prozesstudien werden ^{234}Th -Untersuchungen in der Wassersäule auch dazu verwendet, den partikulären Kohlenstofffluß unabhängig von Sinkstoffallen zu bestimmen. Dies ist möglich, wenn das Verhältnis von partikulärem Kohlenstoff zu partikulärem ^{234}Th in den sinkenden Partikeln bekannt ist. Probleme bei diesem Ansatz bereiten die niedrigen C/Th-Verhältnisse in den sinkenden Partikeln im Vergleich zu Partikeln, die durch Filtration gewonnen werden. Während der US-JGOFS Prozesstudie im äquatorialen Pazifik zeigten Vergleiche von mit ^{234}Th abgeleiteten Kohlenstoffflüssen innerhalb eines Faktors von 2 eine gute Übereinstimmung mit Flüssen, die von driftenden Sinkstoffallen erlangt wurden.

Während es eine Reihe Untersuchungen im Rahmen von JGOFS gibt, die sich mit der Fangeffizienz von Sinkstoffallen in Wassertiefen $< 200\text{m}$ beschäftigen, gibt es nur wenige vergleichbare Arbeiten für große Wassertiefen. Da relativ ruhige hydrodynamische Verhältnisse in diesen Tiefen zu erwarten sind, wird in der Literatur allgemein eine gute Fangeffizienz postuliert. Eine systematische Untersuchung der Fangeffizienz von Sinkstoffallen in großen Wassertiefen wurde im Rahmen des deutschen JGOFS-Programmes an den Stationen L1 ($33^\circ\text{N } 20^\circ\text{W}$), L2 ($48^\circ\text{N } 20^\circ\text{W}$) und L3 ($54^\circ\text{N } 20^\circ\text{W}$) im Nordatlantik und an den Verankerungsstationen (WAST, CAST, EAST) im Arabischen Meer durchgeführt.

Die Bestimmung der Fangeffizienz von Sinkstoffallen in großen Wassertiefen wird aufgrund der Verteilung von ^{230}Th abgeleitet. Grundlage ist ein Vergleich der Produktionsrate von ^{230}Th in der Wassersäule mit dem in Sinkstoffallen gemessenen ^{230}Th -Fluß. Die Qualität dieser ^{230}Th -Bilanz hängt insbesondere von dem Zeitraum der ^{230}Th -Messungen in den Sinkstoffallen ab. Messungen des ^{230}Th -Flusses in Sinkstoffallen über mehrere Jahre sind daher eine wichtige Voraussetzung. Weitere Faktoren, die diesen Vergleich beeinflussen, sind Boundary Scavenging und die Advektion von Wassermassen, die bei bisherigen Überlegungen zu ^{230}Th -Flüssen in tiefe Sinkstoffallen kaum berücksichtigt wurden.

Der Effekt von Boundary Scavenging, d. h. laterale Abfuhr von u. a. ^{230}Th aufgrund von hohem Partikelfluß (und Scavenging) an den Kontinentalrändern im Vergleich zum offenen Ozean mit relativ geringem Partikelfluß (und geringem Scavenging) läßt sich mit Hilfe von $^{230}\text{Th}/^{231}\text{Pa}$ -Verhältnissen abschätzen. Mit maximal ca. 10% lateraler Abfuhr von ^{230}Th ist der Boundary Scavenging Effekt im Nordatlantik als gering anzusehen.

Eine erheblich größere Bedeutung für die ^{230}Th -Bilanz kommt der Advektion von Wassermassen an den Stationen L2 und L3 zu. Da der Nordatlantik ein Gebiet mit Tiefenwasserbildung ist, werden in diesen Gebieten in relativ kurzer Zeit Oberflächenwassermassen mit niedrigem ^{230}Th -Gehalt in große Wassertiefen advektiert. Dadurch sind die ^{230}Th -Gehalte an den Stationen L2 und L3 niedriger als vergleichbare ^{230}Th -

Verteilungen, die nur von Scavenging beeinflußt werden. Die zum Teil kurzen Verweilzeiten der Wassermassen erschweren zudem die Aufstellung einer ^{230}Th -Bilanz für die Sinkstofffallen. Unter Berücksichtigung von Boundary Scavenging und, soweit möglich, der Advektion ergeben sich für die Sinkstofffallen aus dem Nordatlantik an den Stationen L1 und L2 (500m bis 4000m Wassertiefe) Fangeffizienzen, die zwischen 25% und 75% liegen mit tendenziell abnehmenden Effizienzen für Fallen in geringeren Wassertiefen.

Neben der Ableitung von Fangeffizienzen werden in JGOFS-Studien vermehrt Radionuklide zur Ableitung von Partikelaustauschraten wie Aggregations-, Disaggregationsraten und Remineralisierung eingesetzt. Da der Kohlenstoffkreislauf eng mit der Partikeldynamik und der Remineralisierung verbunden ist, besteht die Notwendigkeit, Raten für diese Prozesse abzuleiten, zumal die meisten bisherigen Modelle zur Beschreibung des globalen Kohlenstoffkreislaufes einfache Funktionen von Kohlenstoff- und Nährstoffremineralisierung verwenden und Aggregation und Dissaggregation von Partikeln nicht berücksichtigen.

Grundlage zur Ableitung der Partikelaustauschraten ist das reversible Th-Scavenging Modell. Dieses Modell geht von 3 Fraktionen im Ozean aus, an denen u.a. ^{230}Th verteilt ist: der gelösten, der suspendierten und der Fraktion der schnell sinkenden Partikel. Diese Fraktionen stehen über Adsorption/Desorption (gelöste und suspendierte Partikel) und Aggregation/Disaggregation (suspendierte und schnell sinkende Partikel) im Austausch. Übertragen werden kann das Modell auf andere Stoffklassen wie z. B. Kohlenstoff und Nährstoffe, wenn ihre Konzentrationen in den gleichen Fraktionen mitgemessen wurden.

Anhand des umfangreichen Datensatzes, der während des North Atlantic Bloom Experiments erhalten wurde, konnte die Veränderung der Partikelaustauschraten in den oberen 500m der Wassersäule während der Frühjahrsblüte berechnet werden (Murnane et al., 1996; Cochran et al., 1993). Diese Untersuchungen zeigen eine Zunahme der Raten (Aggregationsraten von 2 y^{-1} auf 76 y^{-1} , Disaggregationsraten von 156 y^{-1} auf 524 y^{-1} ; Remineralisierung von 13 y^{-1} auf 77 y^{-1}) im Verlauf der Blüte. Diese Raten sind zum Teil aber mit erheblichen statistischen Fehlern behaftet. Weitere Probleme bei der Ableitung dieser Raten bereiten die Unsicherheiten bezüglich der Fangeffizienz der Sinkstofffallen.

Während diese Arbeiten erste Ansätze zur Ableitung von Partikelaustauschraten für die oberen ca. 500m der Wassersäule darstellen, gibt es wenige solcher für die tiefe Wassersäule. Saisonal schwankende ^{230}Th -Flüsse in den Sinkstofffallen in großen Wassertiefen deuten auf entsprechende Variationen zumindest der Aggregationsraten hin. Auch lassen die Variationen in den $^{228}\text{Th}/^{230}\text{Th}$ -Verhältnissen in den tiefen Sinkstofffallen vermuten, daß es tiefenabhängige Unterschiede in den Partikelmodifikationsraten gibt. Die bisher abgeleiteten Raten an der Station L2 (Aggregationsrate $> 2,6\text{ y}^{-1}$; Disaggregationsrate zwischen 47 y^{-1} und 240 y^{-1} für Sinkgeschwindigkeiten zwischen 60 m/d und 300 m/d) stellen daher nur eine grobe Mittellung über die oben genannten saisonalen und tiefenabhängigen Variationen dar und sind u.a. auch deswegen mit großen Fehlern behaftet. Weitere Auswertungen der im Rahmen von JGOFS erhaltenen Datensätze werden versuchen, genauere Informationen über die saisonalen und tiefenabhängigen Änderungen der Partikelmodifikation zu erhalten.

Partikuläre Spurenelemente in der Arabischen See

U. Schüßler, W. Balzer & A. Deeken

Universität Bremen, MeeresChemie (FB2), Postfach 330 440, D 28334 Bremen

Übergeordnetes Ziel des Vorhabens ist es, für möglichst viele Spurenelemente die Wechselwirkung zwischen Lösungsphase, suspendierten Partikeln und sinkenden Partikeln zu studieren. Damit soll einerseits die Verfügbarkeit von Spurenelementen für biotische Prozesse erfaßt werden, andererseits Einflüsse der extremen Saisonalität auf diese Spurenelement-Wechselwirkungen in der Arabischen See ermittelt werden.

Die Präsentation befaßt sich mit dem suspendierten Teil des Spurenelementinventars. Es werden Konzentrationsprofile der Elemente Al, Co, Ni, Fe, und Mn von drei Stationen in der Arabischen See vorgestellt (18°N, 10°N und 3°N entlang des 65°E Meridians).

In der nördlichen Arabischen See zeigten die Elemente Al, Co, Fe und Ni zum Teil deutliche Maxima in 200m Wassertiefe, Al, Fe und Co zusätzlich auch nahe der Oberfläche, was durch Recycling-Prozesse nahe der Oberfläche, aber auch durch äolischen Eintrag dieser Elemente verursacht werden kann; zur Rolle advektiver Quellen ist nicht bekannt. Ein flaches Konzentrationsmaximum für part. Mn kann durch die redox-sensitive Chemie von Mn in der Sauerstoffminimumzone erklärt werden und wird durch Vergleich mit den weiter südlich gelegenen Stationen gestützt. Die partikulären Konzentrationen von Al, Ni und Co werden nur in geringerem Umfang von den extremen Redox-Bedingungen der nördlichen Arabischen See beeinflusst, ähnlich anderen Untersuchungen sind die Unterschiede zwischen Mn und Fe gering. Die regionale Variabilität (entlang 65°E) partikulärer Spurenelementkonzentrationen scheint elementspezifisch zu sein. Ni zeigte einheitliche Werte im Tiefenwasser, während bei Mn Konzentrationsunterschiede um bis zu Faktor 2.5 auftraten. Suspendierte Partikel liefern nicht vernachlässigbare Beiträge zu Spurenelementinventaren in der Arabischen See, wie für Al gezeigt wird. Der partikelgebundene Anteil beträgt dabei, generell mit der Tiefe zunehmend, ca. 5-30%. Eine Abschätzung zu den Quellen für partikuläres Fe in der Arabischen See ergibt deutlich Hinweise auf eine non-lithogene Fe-Fraktion im suspendierten Material.

Varvenchronologie, Akkumulationsraten und Geschichte der Monsunzirkulation anhand von laminierten Sedimenten aus der Sauerstoff-Minimumzone vor Pakistan (Projekt PAKOFLUX, JGOFS-Indik)

H. Schulz*, A. Suthhof#, V. Ittekkot#, U. von Rad* & H. Erlenkeuser+

* Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Postfach 510153, 30631 Hannover

Institut für Biogeochemie und Meereschemie, Bundesstr. 55, 20146 Hamburg

+ Leibniz-Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung, Max-Eyth-Str. 11-13, 24118 Kiel

Die laminierten Bänderschlicke vor Pakistan liefern infolge fehlender Bioturbation eine einmalige Gelegenheit zur genauen Bestimmung der vertikalen und lateralen Stoffflüsse im kontinentnahen Bereich der nordöstlichen Arabischen See. Im Rahmen des JGOFS-Indik Teilprojektes PAKOFLUX wurden Multilot- Kastengreifer- und Kastenlot-Sedimentprofile mit Hilfe von Blei-, Cäsium-, sowie konventionellen und AMS-¹⁴C Altern datiert. Für diese Untersuchungen stehen uns durchgehend laminierte Sedimentprofile mit einer ¹⁴C-geeichten Varvenchronologie der letzten 5000 Jahre aus gezählten Hell/Dunkellagen zur Verfügung. Wir interpretieren die dunklen, C_{org}-reichen Lagen als Äquivalente des sommerlichen Produktivitätsmaximums während des Südwestmonsuns. Die dickeren, hellen, siltreichen und C_{org} armen Lagen spiegeln hingegen stärkeren terrigenen Sedimenteintrag durch ablandige Winde während des Winters (Nordostmonsun) wider (Schulz et al., 1996).

Unsere Untersuchungen an den kurzen Sedimentprofilen der letzten Jahrzehnte konzentrieren sich auf das Gebiet nordöstlich der Indusmündung, auf den Bereich der beiden Verankerungen EPT und WPT (Eastern und Western Pakomin Trap). Hier konnten acht Sedimentprofile der SONNE-Fahrt 90 und 5 weitere Multitotkerne der JGOFS-Fahrt M 32-2 anhand einer 2 bis 8 cm dicken hellgrauen Turbiditlage korreliert werden. Nach ^{210}Pb -Datierungen und Varvenzaehlungen beträgt ihr Alter etwa AD 1905 (110 Jahre). Anhand dieses Markers lassen sich die Flußraten im Gebiet der Sedimentfallen berechnen: Auf der Südostseite, im Bereich des Indischen Kontinentrandes mit seinem breiten Schelf erreichen die Akkumulationsraten knapp unterhalb der Schelfkante ein Maximum mit etwa 3000 bis 5000 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (Gesamtsediment) und sinken bei etwa 550 m Wassertiefe auf knapp 1000 bis 1500 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ab. Im Gegensatz dazu liegen die Flußraten am steileren pakistanischen Kontinentrand auf der Nordwestseite recht einheitlich bei etwa 5000 bis 6000 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$. Diese Werte stimmen in ihrer Größenordnung ueberraschend gut mit den bisherigen Ergebnissen aus den Sinkstofffallen überein. Die Flußraten sind somit im kontinentnahen Bereich vor Pakistan um etwa das Zehn- bis Hundertfache höher als im offenen Arabischen Meer (Sirocko & Ittekkot, 1992), etwa auf den Positionen CAST und WAST (Central und Western Arabain Sea Trap, 60 bzw. 90 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$). Eine abschließende Beurteilung der Flußratengrößen im Bereich der Sauerstoff-Minimumzone (SMZ) steht allerdings noch aus. Wir versprechen uns von der Falle EPT, die auf der Fahrt SONNE 119 im Mai 1997 geborgen werden soll, eine vollständige Aufzeichnung der Partikelflüsse im Wechsel von Südwest- bzw. Nordostmonsun zu den Intermonsunzeiten und genauere Kenntnisse über die Genese der jahreszeitlich geschichteten Sedimente.

Ein weiteres Ziel unserer Untersuchungen ist die Geschichte der Monsunzirkulation im nordöstlichen Arabischen Meer während des Spätholozäns und ihre Anbindung and das globale Klimageschehen. Langfristige Änderungen der SMZ vor Pakistan in Zeitskalen von einigen Jahrhunderten bis Jahrtausenden verlaufen synchron mit den Temperaturen über dem nördlichen Nordatlantik, wie sie sich aus den Grönländischen Eiskernen ergeben (Schulz et al., subm.). Kürzere Schwankungen in Abständen von etwa 40 bis 70 Jahren wurden anhand eines laminierten Profiles vor der Indusmündung für die Zeit seit etwa 1600 AD gefunden. Diese Schwankungen lassen sich wiederum mit Temperaturaufzeichnungen aus dem Nordatlantik (Island) korrelieren (Bryson & Swain, 1981). Kurzfristige quasiperiodische Änderungen im Bereich von wenigen Jahren weisen zudem auf eine möglicherweise ENSO-gesteuerte Klimavariabilität hin. Diese Ergebnisse zeigen, wie eng die Variabilität des Auftriebsgeschehens in der nordöstlichen Arabischen See an die globale Temperaturentwicklung, insbesondere der hohen nördlichen Breiten gekoppelt ist. Das Aufspüren und ein besseres Verständnis solcher Fernverbindungen sollen ein weiterer Schwerpunkt unserer Untersuchungen im nördlichen Indischen Ozean sein.

Bedeutung von organischen Markerverbindungen an den JGOFS-Langzeitverankerungsstationen im Nordatlantik

D. Schulz-Bull & J. C. Duinker

Institut für Meereskunde, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

In dem Teilprojekt JGOFS-Langzeitstudie zur Variabilität des Partikelflußes im Nordatlantik - Der Vertikaltransport organischer Spurenstoffe - sollen die Bildung und der Transport von partikulären organischen Stoffen biogener Herkunft (Biomarker) und von an Partikel gebundenen chlorierten Kohlenwasserstoffen anthropogenen Ursprungs - als Modellsubstanzen für organische Spurenstoffe - untersucht werden. Hierzu wurden in verschiedenen Klimazonen (33°W - $53^{\circ}\text{N}/20^{\circ}\text{W}$) im Nordatlantik Sinkstoffallenverankerungen ausgebracht und suspendierte Partikel aus der Wassersäule mit in-situ Pumpen gewonnen. Die Ergebnisse aus dem Sinkstoffallenmaterial belegen, daß die Variabilitäten der Flüsse von den biogenen

Markerverbindungen saisonal und regional eng an die Gesamtmassenflüsse gebunden sind. Einzelne Biomarker wie die Alkenone zeigen aber signifikante Unterschiede zwischen den Verankerungspositionen und in verschiedenen Untersuchungsjahren.

An der Station L1 fand von Januar bis März 1994 eine starke Coccolithophoriden-Produktion (Alkenone) statt. In den folgenden Jahren wurde keine vergleichbare Blüte beobachtet. An den Stationen L2 und L3 wurden jährlich wiederkehrende Ereignisse von vergleichbar hohen Alkenon-Sedimentationen festgestellt. Die Biomarker-Alkenone werden im Hinblick auf Veränderungen mit der Wassertiefe diskutiert. Sie dienen auch zur Bestimmung der Oberflächenwassertemperaturabbildung im Sediment in palaeoozeanographischen Fragestellungen. Im Gegensatz zu den Alkenonen werden die Aminosäuren in der Wassersäule stärker abgebaut. Sie sind daher in Sedimenten fast nicht mehr nachweisbar. Aufgrund der Aminosäurezusammensetzung wurden Informationen über die produzierenden Organismen erhalten.

Die anthropogenen chlorierten Kohlenwasserstoffe sind im marinen Ökosystem weitgehend resistent gegen biologische und chemische Veränderungen. Die Verteilung von chlorierten Biphenylen als Modellsubstanzen für organische Spurenstoffe zwischen gelöster und partikulärer Phase ist daher nur durch physikalisch-chemische Prozesse bestimmt. Aus der CB-Verteilung in Lösung sowie suspendierten und sinkenden Partikeln wurden Erkenntnisse zum Transport von organischen Stoffen zum Adsorptions- und Lösungsverhalten beim Vertikaltransport, zur Aufenthaltszeit in der oberen Wassersäule sowie zur Sedimentation erhalten. Diese Stoffe sind als Modellsubstanzen geeignet, um zum Verständnis der Verteilungs- und Transportprozesse beizutragen.

C₁ – C₄ hydrocarbons in the Arabian Sea and their exchange with the atmosphere

N. Delling, R. Seifert, H. H. Richnow & W. Michaelis

Institut für Biogeochemie und Meereschemie, Universität Hamburg, Jungiusstraße 6, 20355 Hamburg

Volatile aliphatic hydrocarbons are atmospheric trace gases contributing to the greenhouse effect. Their steady increase in the atmosphere and their considerable influence on atmospheric chemistry call for endeavours to elucidate the processes controlling the distribution of these compounds. Ocean surface water concentrations of these hydrocarbons are mostly supersaturated in respect to atmosphere (Lamontagne et al., 1974; Plass-Dülmer et al., 1995; Seifert et al., 1996). This supersaturation is brought about by *in situ* biological production within the upper 500m of the water column, at least concerning open ocean areas (Lamontagne et al., 1973; Scranton and Brewer, 1977; Burke et al., 1983; Owens et al., 1991). However, up to now nor the distinct sources and sinks in the ocean neither the actual fluxes between ocean and atmosphere are satisfactorily known.

We measured the concentration of light hydrocarbons in the upper water column of the Arabian Sea during two JGOFS cruises, METEOR 31/3 in March 1995 during intermonsoon before the onset of the SW monsoon and METEOR 33/1 in September/October 1995 at fading SW monsoon. Additionally, fluxes between ocean and atmosphere were calculated. Species measured are methane, ethane, ethene, propane, propene, butanes, and butenes.

Results and discussion

Concentrations of all investigated hydrocarbons in surface waters were supersaturated with respect to atmosphere resulting in a positive flux from the ocean into the atmosphere.

Generally, concentrations of dissolved unsaturated homologues exceeded those of saturated homologues (Fig. 1).

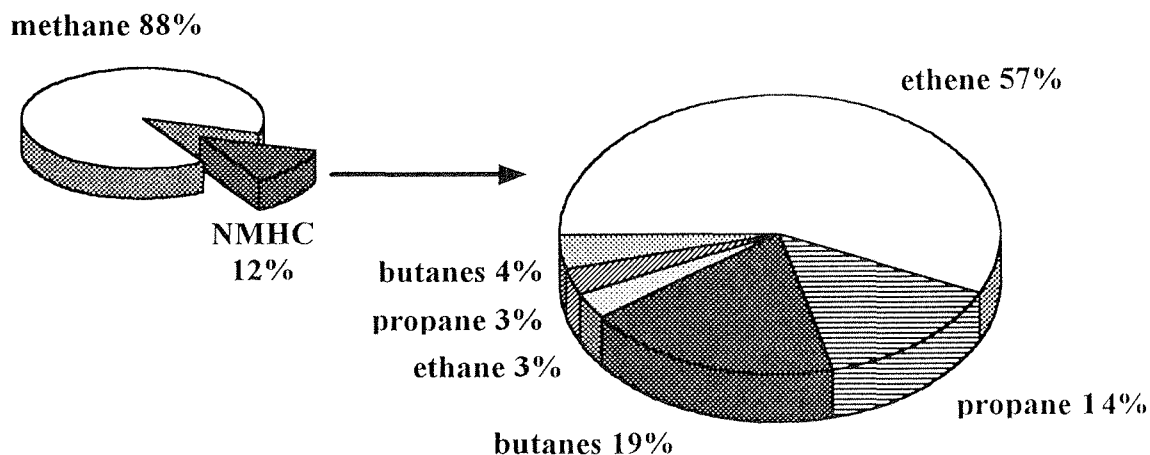


Fig.1 Mean relative contribution of the fraction of dissolved $C_1 - C_4$ hydrocarbons in surface water (0 - 10m) for all samples of the cruises M 31/3 and M 33/1.

Methane concentrations in the uppermost 50m of the water column were found in the range from 43 to 87 $nL L^{-1}$; elevated concentrations of up to 185 $nL L^{-1}$ appeared between 80 and 150m depth showing strong regional variation with higher concentrations in regions of enhanced primary productivity. Less than 20 $nL L^{-1}$ of methane were observed below 800m water depth. The mean flux of methane into the atmosphere was with 0.45 $\mu g m^{-2}h^{-1}$ relatively low compared to former studies (Owens et al., 1991), reasoned by low wind speeds during both campaigns.

Concentrations of saturated moieties (ethane, propene, butanes) were mostly below 1 $nL L^{-1}$ whereby their regional and depth related distribution mirrored that of methane.

The major non methane hydrocarbon (NMHC) was ethene with concentrations up to 8 $nL L^{-1}$. Unsaturated hydrocarbons in the atmosphere have gained increasing scientific concern as they are involved in several photochemical reactions and influence the concentration of hydroxy radicals and ozone, at least in the remote deep atmosphere. Summed up fluxes for unsaturated hydrocarbons, depicted in fig. 2 for the cruise M 31/3, were in the same range as those found for methane.

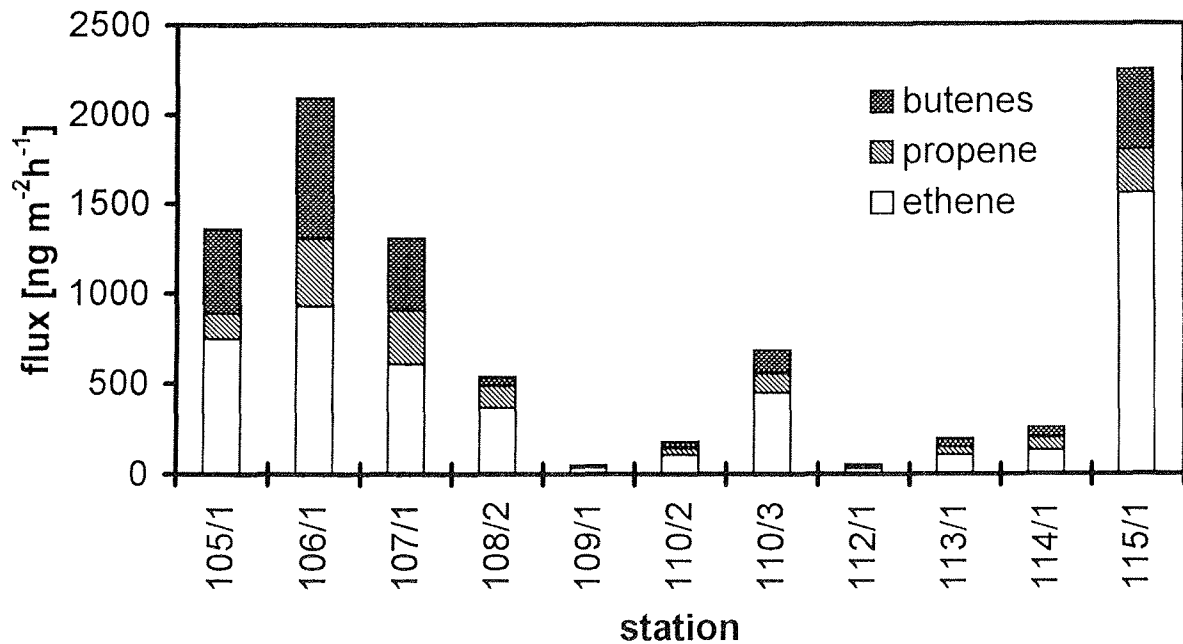


Fig. 2 Calculated fluxes from ocean surface water into atmosphere for unsaturated hydrocarbons (cruise M 31/3).

Driftende Sinkstofffallen während des SW-Monsuns METEOR-Expedition M32/5

C. Sellmer, J. Waniek & B. Zeitzschel

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

Schwerpunkt der METEOR-Expedition 32/5 (14. Juli - 15. August 1995) war die Untersuchung des pelagischen Systems während des SW-Monsuns im Arabischen Meer. Einen wichtigen Teilaspekt der Arbeiten während dieser Reise stellten die Untersuchungen zum Export von Partikeln aus der euphotischen Zone in die Sauerstoffminimumzone (100-1000 m) hinein mit treibenden Sinkstofffallen dar. Während der Feldstudie wurden elf eintägige Driftexperimente mit treibenden Sinkstofffallen in drei verschiedenen geographischen Regionen durchgeführt:

1. oligotrophe Region im zentralen Arabischen Meer, 2. Region im direkten Einflußbereich des Findlater Jets und 3. Region vor der Küste Omans, im Bereich des Küstenauftriebs. Das eingesetzte Driftsystem bestand aus einer Sinkstofffalle in 120 m Tiefe, unterhalb der Nitrakline, sowie einem Strömungsmesser unterhalb der Sinkstofffalle und einem Fluorometer direkt an der Falle. Die Fangdauer betrug pro Driftexperiment jeweils 24 h. Die hydrographischen Auswertungen geben Aufschluß über das Verhalten des Driftsystems während der Driftstudien. Der Drifter folgte dem Wasserkörper nahezu ideal. Gleichzeitig zeigen die niedrigen Auslenkungen, daß die Sinkstofffalle fast senkrecht durchs Wasser gedriftet ist und die Veränderung des Fangverhaltens der Falle bedingt durch deren Auslenkung aus der Vertikalen vernachlässigbar klein ist.

Daher spricht man von einem **idealen** Drifter, der dem Wasserkörper ohne **eigene Geschwindigkeit** aufzuweisen folgte; d.h. die Geschwindigkeit relativ zum Wasser war gleich null. Der Gesamtpartikelfluß war in der **oligotrophen Region (St. 404/405)** mit $90-200 \text{ mgm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ deutlich höher als entlang des Schnittes zur/von der Küste von Oman, in der vom **Findlater**

Jet beeinflussten Region (St. 460/461) und der Region des Küstenauftriebs (St. 438/440), wo die Werte zwischen 30 und 155 mg m⁻² d⁻¹ lagen. Die Grundmeßgrößen CaCO₃, POC, P*S*i und PON machten im Mittel 60-90% des Gesamtpartikelflusses in allen drei Regionen aus, wobei die Kalkschalen mariner Planktonorganismen (Coccolithophoriden und Foraminiferen) jeweils den Hauptanteil mit bis zu 78% stellten. In der oligotrophen Region lagen die absoluten Werte für partikuläres CaCO₃ zwischen 68,1-90,0 mg m⁻² d⁻¹, für POC zwischen 4,0-15,5 mg m⁻² d⁻¹, für P*S*i zwischen 0,2-2,3 mg m⁻² d⁻¹ und für PON zwischen 0,4-1,0 mg m⁻² d⁻¹. Das C/N-Verhältnis lag zwischen 11,3 und 16,2. In den beiden anderen Regionen schwankten die absoluten Werte der Grundgrößen erheblich. Die Werte für partikuläres CaCO₃ lagen zwischen 17,0-93,7 mg m⁻² d⁻¹, für POC zwischen 3,3-21,0 mg m⁻² d⁻¹, für P*S*i zwischen 0,5-3,7 mg m⁻² d⁻¹ und für PON zwischen 0,5-2,3 mg m⁻² d⁻¹. Das C/N-Verhältnis lag zwischen 3,1 und 8,5 und deutet somit auf wesentlich frischeres Material hin als in der oligotrophen Region.

Eine deutliche Heterogenität in der Partikelzusammensetzung zeigt sich beim Vergleich zwischen den einzelnen Regionen. Während in der oligotrophen Region die prozentualen Anteile am Partikelfluss relativ konstant bleiben, sind die beiden anderen Regionen durch eine starke Variabilität gekennzeichnet. Dies spiegelt deutlich die in der Wassersäule beobachtete Heterogenität wider.

Planktodynamik und saisonale Kohlenstoffflüsse in einem globalen Ozeanzirkulationsmodell

K. D. Six & E. Maier-Reimer

Max-Planck-Institut für Meteorologie, Bundesstrasse 55, 20146 Hamburg

Vertikale Gradienten des Gesamtkohlenstoffgehalts (DIC) im Ozean werden zu rund zwei Drittel durch biologische Prozesse bewirkt. In vielen Regionen verursacht biologische Aktivität eine ausgeprägte Saisonalität im Oberflächenpartialdruck von CO₂ (pCO₂) und beeinflusst so den Kohlenstofffluss zwischen Ozean und Atmosphäre. Für eine bessere Vergleichbarkeit von Modellergebnissen und Beobachtungen muß ein Kohlenstoffkreislaufmodell eine adäquate Beschreibung der biologischen Prozesse enthalten.

Wir erweiterten deshalb das Hamburger Kohlenstoffkreislaufmodell des Ozeans um eine einfache Planktodynamik (Six und Maier-Reimer, 1996). Diese Modellversion (HAMOCC3.1) umfaßt den Transport von Kohlenstoff im Ozean, den Austausch von CO₂ zwischen Atmosphäre und Ozean und die Wechselwirkung zwischen gelöstem anorganischen Kohlenstoff und der marinen Biosphäre. HAMOCC3.1 reproduziert die beobachteten pCO₂-Variationen. Der relativ geringe Rechenzeitbedarf von HAMOCC3.1 erlaubt die Integration des Modells bis zu einem quasistationären Zustand. Somit werden alle prognostizierten Verteilungen durch die interne Dynamik des Modells erzeugt, d.h. sie sind ein Resultat der gewählten Parametrisierung und der gegebenen Hydrodynamik des globalen allgemeinen Zirkulationsmodells (LSG, Maier-Reimer et al., 1993). Die Inventare der simulierten Größen wurden an globale Werte angepaßt. Das Modell berechnet einen vorindustriellen atmosphärischen Partialdruck von 278 ppmV.

Bei der Erstellung der Planktonmodellkomponente wurden folgende Anforderungen gestellt :

- 1) die Modellergebnisse sollen die beobachteten horizontalen und vertikalen Gradienten von Nährstoffen, DIC, Alkalinität und Sauerstoff wiedergeben.
- 2) die regional unterschiedlichen pCO₂ Variationen sollen erfaßt werden; im Nordatlantik nimmt der pCO₂ während der Frühjahrsplanktonblüte rasch ab (Variationen um 100 millionstel Volumenanteile). Im Gegensatz dazu beobachtet man z.B. im Nordpazifik keine Planktonblüten und somit auch kaum Variationen im Oberflächenpartialdruck.

3) die Parameter, die Planktodynamik beschreiben, werden nicht regional angepaßt, sondern es soll eine global einheitliche Parametrisierung basierend auf den lokalen physikalischen Gegebenheiten gefunden werden. Somit ist gewährleistet, daß eine Anwendung des Modells mit veränderten Randbedingungen (z.B. Palaeoklimate) möglich ist.

Ein erster Ansatz mit einer N-P-Z Kinetik, d.h. der Beschreibung des Systems allein durch Nährstoffe, Phytoplankton und Zooplankton, zeigt, daß die beobachteten $p\text{CO}_2$ Variationen zwar gut reproduziert werden können, aber gleichzeitig eine unrealistische jahreszeitliche Variation des Phytoplanktons prognostiziert wird. Diese Modellversion überschätzt die Phytoplanktonkonzentration im Frühjahr und Sommer um das 2-5-fache der beobachteten Konzentration. Dies deutet darauf hin, daß ein wesentlicher zeitlich variabler Kohlenstoffspeicher vernachlässigt wurde. Neuere Messungen der Konzentration von gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) zeigen eine ausgeprägte jahreszeitliche Variation in den oberen 200m der Wassersäule (Carlson et al., 1994). Neben einer relativ langlebigen DOC-Komponente (mit typischen Radiokarbonaltern von über 5000 Jahren und nahezu homogener Verteilung im Ozean) zeigt sich die Akkumulation einer labilen DOC-Komponente im Sommer, die innerhalb der zweiten Jahreshälfte wieder abgebaut wird. Gemessene Sommerwerte des DOC im Oberflächenwasser der Sargasso See liegen 30 $\mu\text{mol C/l}$ über den Winterwerten. Für eine Bilanzierung des lokalen Kohlenstoffhaushalts stellt eine solche Variation einen nicht zu vernachlässigenden Beitrag dar. Die Einziehung von Produktion und Abbau einer labilen DOC-Komponente in die Planktodynamik verbessert die Simulation der Phytoplanktonkonzentration. Leider sind derzeit nur sehr wenige DOC-Messungen verfügbar und so fehlt bisher eine umfangreiche Validierung der Modellergebnisse. Im äquatorialen Pazifik zeigen sich jedoch gute Übereinstimmungen zwischen den modellierten und den beobachteten DOC-Gradienten. Die simulierte Variationen in der Oberflächenkonzentration von Phytoplankton und $p\text{CO}_2$ entsprechen den Beobachtungen. Ein unabhängiger Test der biologischen Komponente ergibt sich aus einem Vergleich mit der jahreszeitlichen Variation des atmosphärischen Sauerstoffgehalts. Bei der Bildung von organischen Kohlenstoffverbindungen wird Sauerstoff produziert, der im nahezu ständig gesättigtem Oberflächenwasser nicht gehalten werden kann und in die Atmosphäre entweicht. Die Simulation der atmosphärischen O_2 -Variation, basierend auf den modellierten Sauerstoffflüssen zwischen Ozean und Atmosphäre, zeigt eine gute Übereinstimmung mit Sauerstoffmessungen von Keeling und Shertz (1992). Daraus kann man schließen, daß das HAMOCC3.1 die jahreszeitliche Umsetzung von organischem Kohlenstoff gut beschreibt.

Die wesentlichen Ergebnisse unserer Modellerweiterung sind:

1) HAMOCC3.1 reproduziert die globalen Strukturen der Verteilungen von DIC, $p\text{CO}_2$, Phosphate, Sauerstoff und Phytoplankton sowie deren jahreszeitliche Variationen. Die Ergebnisse bestätigen den Modellansatz einer global einheitlichen Parametrisierung der biologischen Prozesse. Zumindestens scheinen die Auswirkungen der biologischen Prozesse auf den ozeanischen Kohlenstoffkreislauf in erster Näherung vom Modell erfaßt zu werden.

2) Das Modell liefert ein dynamisch konsistentes Bild der Kohlenstoffflüsse zwischen Ozean und Atmosphäre. Die Quasistationarität der Ergebnisse erlaubt es Quellen- und Senkenregionen für CO_2 zu bestimmen.

3) Die Einbeziehung einer Planktodynamik beeinflusst den lokalen Partikelfluß aus der euphotischen Schicht. HAMOCC3.1 reduziert die unrealistische Nährstoffakkumulation im Zwischenwasser des äquatorialen Pazifiks, ein typisches Problem von 3-dimensionalen Kohlenstoffkreislaufmodellen mit einfacher Beschreibung der Exportproduktion.

4) Die Einbeziehung der saisonalen Variation von DOC bewirkt eine wesentliche Verbesserung der simulierten Phytoplanktonkonzentrationen. Das deutet darauf hin, daß die Produktion von DOC einen wichtigen Beitrag zur lokalen Kohlenstoffbilanzierung darstellt.

Die Modellergebnisse und die Parametrisierung der biologischen Prozesse müssen in Zukunft anhand von neuen Beobachtungen getestet werden. Insbesondere die Formulierung der DOC-Umsetzung bedarf der Validierung. Hierzu fehlen aber bisher umfangreiche Messungen der im

realen Ozean ablaufenden Prozesse. Die JGOFS-Studien könnte hier einen wesentlichen Beitrag liefert. Untersuchungen zu Details des Partikelflusses (z.B. Aggregation) und der interannualen Variabilität des Systems sind geplant.

Spatial species distribution of living planktonic foraminifera in relation to hydrography and phytoplankton productivity

A.D. Spiedt, B. Donner, S. Neuer & G. Wefer
Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, 28334 Bremen
M. Knoll, M. Busse, C. Haag & G. Siedler
Institut für Meereskunde, Universität Kiel, 24150 Kiel
J. Escanez, C. Garcia-Ramos, F. Lopez & J.M. Rodriguez
Instituto Español de Oceanografía, Santa Cruz, Tenerife

Planktonic foraminifera are of central importance for the study of modern and ancient marine ecosystems due to their widespread occurrence in the oceans coupled with their sensitivity to environmental variations. The purpose of this study is to examine the horizontal and vertical variability in species composition and abundance of planktonic foraminifera and to correlate the obtained distribution patterns to hydrography and phytoplankton productivity.

During *POSEIDON* cruise P212 leg 1 and 2 in September 1995, planktonic foraminifera were collected along a WE-transect north of the Canary Islands using a multiple opening-closing net with a mesh size of 64 μ m. The net was employed vertically in five depth intervals. Depth ranges were chosen according to CTD and fluorescence sensor profiles; one sampling interval covered the range of the mixed layer, another one the deep chlorophyll maximum and three net intervals were located below the chlorophyll maximum down to 800 m depth. In the laboratory, foraminifera were picked, dried and measured with an ocular micrometer. Foraminifera larger than 128 μ m were identified to species level. Living (plasma-bearing tests) and dead specimens (empty tests) were counted separately.

In addition to the CTD/Fluorometer casts, water samples for chlorophyll-a determinations were collected at six stations along the transect. The surface chlorophyll-a values increased from the western region of the transect to the upwelling influenced area off NW-Africa. The surface temperatures, on the other hand, decreased from west to east, where the isotherms were tilted upwards. Parallel to the shallower thermocline in the east the deep chlorophyll maximum moved upwards as well.

In general, the total abundance of living planktonic foraminifera decreased at all stations with depth, whereby the numbers of empty tests increased. As expected, we found *G. ruber* and *G. sacculifer* as typical surface dwelling species mainly in the surface layers and *G. scitula* as a deep dwelling species in the deeper water. The abundance of living specimens (> 128 μ m) increased from west to east in the mixed layer and in the range of the deep chlorophyll maximum. Thus, the distribution of all living foraminifera parallels the observed increase of chlorophyll-a from west to east in both layers. The unusually high numbers of dead specimens in all depth intervals at the easternmost station could be caused by resuspension and lateral advection of accumulated material. This resuspension is confounded by benthic foraminifera in all samples from this station. The occurrence of the upwelling indicator species *G. bulloides* in all depth at the same station points to the direct influence of upwelled water at the station. This is also supported by the occurrence of *G. inflata* which is known to prefer lower water temperatures. We found dead *G. bulloides* on all westernmost stations below the deep chlorophyll maximum which indicates lateral advection from the upwelling region in the east.

Ergebnisse zum „microbial loop“ in der Arabischen See: Bakterioplankton und heterotrophe Nanoflagellaten

S. Ullrich, K. Jeskulke & H.-G. Hoppe
Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Während der SW - Monsun - Periode '95 (METEOR - Reise 32/5) erreichte die bakterielle Netto - Sekundärproduktion in der oberen Wassersäule der zentralen Arabischen See 70 - 300mg C m⁻² d⁻¹ (300m Integration). Für das Küstenauftriebsgebiet vor Oman und ozeanische Auftriebszellen im Einflußbereich des Findlater - Jets wurden - 380mg C m⁻² d⁻¹ bestimmt. Die tägliche Bakterienproduktion in der oberen Wassersäule entspricht damit 5 - 20% der entsprechenden Bakterienbiomasse („standing stocks“, 1,5 - 3,1mg C m⁻²) und 10 - 29% der gemessenen Primärproduktion.

Eine deutliche Übereinstimmung konnte in der Vertikalverteilung bakterieller Abundanzen (TBN) und heterotropher Nanoflagellaten (HNF) gefunden werden ($r^2 = 0,6 - 0,9$). In Abhängigkeit vom Untersuchungsgebiet und der Tiefe schwankte das Verhältnis HNF/TBN zwischen 1:100 und 1:1000. Die HNF - Abundanzen lagen zwischen 0,3 und 8,7 x 10³ ml⁻¹, die Gesamtbakterienzahlen zwischen 0,1 - 1,7 x 10⁶ ml⁻¹.

Insgesamt weisen die Ergebnisse auf eine Kopplung zwischen Primärproduktion, bakterieller Sekundärproduktion und „Bakteriengrazing“ durch heterotrophe Nanoflagellaten hin. Insbesondere für die oligotrophen Bereiche in der zentralen Arabischen See, für die die im Verhältnis zur Primärproduktion relativ höchste bakterielle Sekundärproduktion bestimmt wurde, läßt dies auf einen stark ausgeprägten „microbial loop“ schließen.

Geochemische Untersuchungen an Oberflächensedimenten im Arabischen Meer

K. Wallmann, D. Rickert, T. Papenfuß, D. Beck, M. Schlüter
GEOMAR, Wischhofstr. 1-3, 24148 Kiel

Auf den Meteor Expeditionen M31/3 und M33/1 in das Arabische Meer wurden an insgesamt 5 Stationen die im Porenwasser gelösten Nährstoffe und Elektronen-akzeptoren bestimmt sowie die Fe(II)/Fe(III)-Gehalte im Sediment gemessen. Die an Hand dieser Parameter ermittelten benthischen Abbauraten der organischen Substanz waren im westlichen Arabischen Meer (Station WAST) am höchsten und im südlichen Teil (Station SAST) am niedrigsten. An der nördlichen (NAST) und zentralen Station (CAST) wurden mittlere Werte bestimmt. Die benthischen Abbauraten nahmen im Einklang mit den bekannten Primär- bzw. Exportproduktions-Daten also in der folgenden Reihenfolge zu:

$$\text{SAST} < \text{CAST} < \text{NAST} < \text{WAST}$$

An der östlichen Station (EAST) waren die Oberflächensedimente so heterogen, daß sie nicht in der obigen Reihung eingefügt werden können.

Die Station im westlichen Arabischen Meer (WAST) wurde auf beiden Expeditionen durch jeweils mehrere MUC-Einsätze beprobt, so daß hier Aussagen über die zeitliche Variabilität gemacht werden können. Die M33/1 Expedition im September 1995 fand nur kurze Zeit nach Abklingen des Sommermonsuns statt und sollte eine Periode hoher benthischer Aktivität repräsentieren während für die Expedition M31/3 im März 1995 geringere Umsatzraten erwartet wurden. Im Einklang mit diesen Erwartungen ging die Eindringtiefe von Sauerstoff im September 95 gegenüber dem im März 95 gemessenen Wert leicht zurück. Die Nitrat-

Konzentrationen waren im September über das gesamte Porenwasser-Profil leicht erhöht ohne jedoch die Eindringtiefe gegenüber dem Märzwert deutlich zu verändern. Der Konzentrationsanstieg ist wahrscheinlich auf die erhöhte Nitrifikation in der oxischen Oberflächenschicht zurückzuführen, die durch diffusiven Austausch auch den Wert in der darunterliegenden anaeroben Denitrifikationsschicht erhöhen kann. Erstaunlicherweise wurden auch im Bereich von 10 - 30 cm Sedimenttiefe deutliche Änderungen registriert. Die Phosphat- und Ammonium-Gehalte im Porenwasser sowie die Fe(II)-Anteile im Sediment waren dort im September 95 deutlicher höher als im März 95. Diese Parameter zeigen, daß die zuletzt untersuchten Sedimente reduzierter waren und einen intensiveren anaeroben Abbau organischer Substanz aufwiesen. Sie deuten daraufhin, daß der im Monsoon entstehende Sedimentationspuls nicht nur an der Sedimentoberfläche wirkt sondern auch -vermittelt durch Bioturbation- auf die tieferen Sedimentschichten einwirken kann. Weitere für 1997 geplante Expeditionen sowie die vorgesehenen Untersuchungen zur Bioturbation werden hier näheren Aufschluß bringen.

Auftriebserscheinungen in der Arabischen See während des SW-Monsunes

J. Waniek

Institut für Meereskunde, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Ein Ziel der METEOR Reise M32-5 war die Untersuchung der mesoskaligen Variabilität hydrographischer Parameter während des SW-Monsunes in der Arabischen See. Die Untersuchungen fanden im Bereich des küstennahen Auftriebes vor Oman, im Einflußbereich des Findlater Jet's und in der zentralen Arabischen See statt. Besondere Aufmerksamkeit richtete sich dabei auf die oberen 500 m der Wassersäule im Hinblick auf die Verteilung physikalischer, chemischer und biologischer Parameter innerhalb der euphotischen Zone.

Ein wichtiges Ergebnis dieser Untersuchungen war ein streng räumlich begrenzter Bereich mit kaltem Oberflächenwasser beobachtet bei 61.2°E (J. Waniek & B. Zeitzschel, 1996). Diese Kaltwasserregion mit einem ausgeprägten Temperaturgradienten an der Oberfläche war mit einer Aufwölbung der Isothermen bis unterhalb 180 m Wassertiefe und erhöhten Nährstoffkonzentrationen in Oberflächennähe verbunden. Die Auswertung der ADCP Aufzeichnungen (Acoustic Doppler Current Profiler) machte deutlich, daß dieser Bereich durch Strombänder beeinflusst wurde, die eine Divergenz mit Auftriebsbewegung induzierten. Im Rahmen des Vortrages werden detaillierte Ergebnisse der M 32-5 Reise präsentiert und diese in Bezug zu anderen Arbeiten in dieser Region gesetzt.

Überprüfung des „statistischen Trichters“ von Sinkstoffallen verankert im Nord Ost Atlantik

J. Waniek

Institut für Meereskunde, Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

Die Bestimmung der vertikalen Stoffflüsse von Partikeln aus der euphotischen Zone in den tiefen Ozean hinein, ist von Bedeutung für viele bio-chemische Fragestellungen, wie z. B. globale Bilanzen, neue Produktion von Partikeln in der euphotischen Zone und deren Umwandlung innerhalb der Wassersäule. Flüsse der sinkenden Partikel werden üblicherweise mit verankerten bzw. treibenden Sinkstoffallen gemessen.

Die Lagrange Auffassung einer Bewegung wurde zur Bestimmung der Sinkraten von Partikeln in einem horizontalen Geschwindigkeitsfeld (Siegel et al, 1990) genutzt. Diese Analyse stellt eine Quantifizierung des „statistischen Trichters“ oberhalb einer Falle dar. Ihre Ergebnisse

stellen die Verbindung zwischen den Einflüssen eines großräumigen Strömungsfeldes (Mesoskala) oberhalb der Falle und der horizontalen Skala auf welchen eine ideale Falle die Partikel sammelt her.

Die Registrierungen des Geschwindigkeitsfeldes auf der zentralen JGOFS Verankerung im Nord Ost Atlantik (47°N, 20°W) wurden zur Bestimmung der Bewegungsbahnen von Partikeln, die in einer Falle gesammelt wurden, benutzt. Die Superposition der einzelnen Bahnen ergibt den „statistischen Trichter“. Dieser Ansatz macht deutlich, daß die Entfernung der Bildungsregion gefangener Partikel zur Falle abhängig ist von der mittleren Sinkgeschwindigkeit der Partikel und dem Geschwindigkeitsfeld oberhalb der Falle. Aus dieser räumlichen Mittelung ergeben sich Unsicherheiten in der Interpretation der Fallendaten: Flüsse von schnell sinkenden Partikeln ($>200 \text{ md}^{-1}$) stellen lokale Prozesse ($<20 \text{ km}$) dar, aber die langsam sinkenden Partikel ($<10 \text{ md}^{-1}$) können über einen viel größeren Raum ($>200 \text{ km}$) von einer Falle ausgebracht in z.B. 1000 m Tiefe eingezogen werden. Einige Beispiele dieser Analyse und ihre Interpretation werden vorgestellt.

Benthische Umsatzprozesse im Arabischen Meer

U. Witte & O. Pfannkuche;
GEOMAR, Wischhofstr. 1-3, 24148 Kiel

Während der Meteor-Reise 33/1 im September/Oktobre 1995 konnten im Rahmen einer umfangreichen Voruntersuchung für den Projektverbund BIGSET fünf Stationen im Arabischen Meer u. a. mit benthobiologischen Methoden beprobt werden. Die Stationswahl richtete sich nach den Positionen der Langzeit-Verankerungen der AG Ittekott, da für diese Stationen bereits umfangreiche Erkenntnisse über den vertikalen Partikelfluß vorlagen. Unsere benthobiologischen Untersuchungen konzentrierten sich dabei auf die *in situ* Messung von Gesamt-Remineralisationsraten, sowie standing stock und Aktivität von Makrofauna und kleineren Größenklassen.

Die Ergebnisse der benthischen Untersuchungen spiegelten in etwa das Monsun-gesteuerte vertikale Flux-Muster (Haake et al 1993) wider und zeigten im September nach Ausklingen des Südwestmonsuns wie erwartet eine Phase hoher Aktivität im Benthos an. Die höchste Sauerstoffzehrung (und entsprechend geringste Sauerstoffeindringtiefe) wurde dabei bei WAST gemessen, mittlere Werte bei CAST und NAST, die geringsten Umsatzraten bei SAST. Der Proteingehalt der WAST-Sedimente ist im Vergleich zu den anderen Stationen 2-3 fach erhöht und nimmt mit steigender Sedimenttiefe zu. Auch die Makrofaunabesiedlung ist hier gegenüber den anderen Stationen deutlich erhöht, das Sediment ist bis in 30-40 cm Tiefe von zahlreichen Gängen durchzogen, die auf eine hohe Bioturbationsaktivität hindeuten.

Die Station WAST konnte darüberhinaus schon einmal im März 1995, in der Intermonsunphase, beprobt werden. Es konnte eine ausgeprägte Saisonalität des Signals bezüglich z. B. Sauerstoffzehrung, Sauerstoffeindringtiefe und FDA-Umsatz festgestellt werden: Sauerstoffzehrung sowie FDA-Umsatz waren im Oktober gegenüber März ca. verdoppelt, die Sauerstoffeindringtiefe hatte sich deutlich verringert.

Die Unterschiede in der benthischen Aktivität zwischen den Stationen WAST, EAST und CAST waren dagegen deutlich geringer, die Aktivität bei NAST dagegen deutlich höher als erwartet (da der maximale Vertikalfluß bei NAST im Nordost-Monsun erwartet wird) - Anzeichen für (kurzfristige ?) Schwankungen der benthischen Aktivität, die aus der langfristigen Beobachtung des Vertikalflusses allein nicht vorhersagbar sind.

Modellierung des Stickstoffkreislaufs in der Arabischen See

U. Wolf

Institut für Ostseeforschung, Seestraße 15, 18119 Rostock-Warnemünde

Zur Untersuchung der Bedeutung von (De-)Nitrifikationsprozessen in der zentralen Arabischen See auf den vertikalen Partikelfluß und dessen Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf wird ein 1D-Ökosystem-Modell entwickelt, daß in einer ausgereiften Version mit dem 3D-Zirkulationsmodell des TP 16 (Meier-Reimer) gekoppelt werden soll. Die vorgestellte Version enthält drei partikuläre (Phytoplankton, Zooplankton und Detritus) sowie drei gelöste (NO_3 , NH_4 und O_2) Kompartimente. Das stickstoffbasierende Modell soll besonders Umsatzprozesse des Ammonium-Pools und deren Auswirkungen auf den Sauerstoffgehalt in der Wassersäule simulieren. Die modellierte Denitrifikation des NO_3/NO_2 Pools ist an den Sauerstoffgehalt in der Wassertiefe gekoppelt. Wenn man berücksichtigt, daß advective Prozesse besonders während der Monsunphasen in einem Modell nur unzureichend parametrisiert werden können, zeigen erste Ergebnisse der Simulationen, daß die Monsun-gesteuerte Produktion sowie der dazugehörige PON Transport in größere Tiefen gut modelliert werden kann. Berücksichtigt man die Sauerstoffgehalte der Wassermassen, die zur Erneuerung des Zwischenwassers in der zentralen Arabischen See in Frage kommen als Anfangsbedingungen, können je nach Stärke des durch Küstenauftrieb und 'Ekman-suction' hervorgerufene Exportproduktion in plausiblen Zeitskalen realistische Sauerstoffprofile simuliert werden.

Mesozooplankton und Partikelfluß in der Arabischen See während des SW-Monsuns

U. Zeller

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

Schwerpunkt der METEOR-Expedition M32/5 in die Arabische See war die Untersuchung des pelagischen Systems während des SW-Monsuns (Juli-August, 1995). Einen wichtigen Teilaspekt der Arbeiten stellten Untersuchungen des Mesozooplanktons im Hinblick auf Artenzusammensetzung und -verteilung, sowie zur Modifikation primärer biogener Partikel, die eine wichtige Steuergröße für den vertikalen Partikelfluß darstellt. Diese Untersuchungen fanden: 1) in der zentralen Arabischen See, auf einem Süd-Nord-Schnitt auf dem 65sten Längengrad zwischen dem Äquator und 14° Nord, 2) im engeren Einflußbereich des Findlater Jets (ca. 300 sm vor der omanischen Küste und 3) im Küstenauftrieb vor der Küste Omans statt.

In der zentralen Arabischen See (oligotropher Bereich) wurde eine deutliche Korrelation zwischen dem Beginn der Sauerstoffminimumzone, die in einer Wassertiefe von 120 m lag, und der Abnahme im Mesozooplanktonbestand (von 316 auf 41 Ind m^{-3}) vorgefunden. Das Mesozooplankton setzte sich mit über 56% aus Copepoden zusammen, die wiederum überwiegend durch omnivore und carnivore Arten vertreten waren.

Andere Verhältnisse zeigen sich auf der Station, die unter dem direkten Einflußbereich des Findlater Jets lag. Obwohl auch hier der relative Anteil der Copepoden am Mesozooplanktonbestand mit über 52% in der Größenordnung des oligotrophen Bereichs lag, unterscheidet sich diese Station von der vorigen sowohl durch eine höhere Diversität innerhalb der Zooplanktonzusammensetzung, als auch durch eine Zunahme der absoluten Individuenzahl um das 34-fache in den oberen 100 m der Wassersäule.

Die dritte und letzte Region lag direkt vor der Küste Omans und somit im Einflußbereich des Küstenauftriebs. Sie zeichnet sich zum einem durch eine hohe Zooplanktonindividuenzahl (über 2000 Ind m^{-3}) aus, zum anderem wird die Gruppe der Copepoden fast ausschließlich durch die herbivore calanoide Art *Calanus carinatus* vertreten.

Diese Art ist ein typischer Vertreter in Auftriebsregionen, wie z.B. vor West-Afrika, sowie im Indischen Ozean, wo sie während des SW-Monsuns vor Somalia und Oman in hoher Abundanz anzutreffen ist und eine bedeutende Rolle bei der Partikelmodifikation durch „grazing“ einnimmt (Hirche, 1980; Schnack, 1982; Smith, 1982).

Ergebnisse aus „grazing“-Experimenten, die mit *Calanus carinatus* vor der Küste von Somalia durchgeführt wurden zeigten, daß diese Art bis zu $34 \mu\text{gC Tier}^{-1} \text{d}^{-1}$ des natürlichen Phytoplanktons ingestieren kann.

Dies würde bedeuten, daß am Beispiel der Station 438, die in der Region des Küstenauftriebes lag, 44% der Primärproduktion weggefressen wird, während auf der Station 460 (ca. 300 sm von der Küste Omans entfernt) nur etwa 13% der Primärproduktion durch *Calanus carinatus* weggefressen wird. Diese Zahlen können sich jedoch entsprechend bis auf 51% bzw. 40% erhöhen, wenn zwei weitere herbivore calanoide Copepodenarten (*Eucalanus* spp. und *Rhincalanus* spp.), die eine ähnliche Filtrationsrate wie *Calanus carinatus* aufweisen und mit ähnlich hoher Abundanz in den beiden Untersuchungsgebieten vertreten sind, miteinbezogen werden.

Berechnungen zur Produktion von Kotballenkohlenstoff für die Art (*C. carinatus* und Messungen von partikulärem organischen Kohlenstoff aus Sinkstofffallen zeigen, daß in der Region des Küstenauftriebs vor der Küste Omans über 77% der Kotballen in dieser Region gar nicht einmal zum Sinken kommen und entweder in der Wassersäule verbleiben und/oder durch Bakterien abgebaut werden.

Diese Ergebnisse zeigen, daß in der Region, die dem Einfluß des Findlater Jets unterlag und in der Region des Küstenauftriebs der Metabolismus des Mesozooplanktons durch „grazing“ am Phytoplankton gedeckt wird. Während in der oligotrophen Region das Mesozooplankton ihren Metabolismus durch „grazing“ am Mikrozooplankton aufrecht erhält.

Saisonale Verteilungsmuster der Coccolithophoriden im Arabischen Meer und Indischen Ozean im Vergleich zum Atlantik

A. Zeltner, R. Schiebel & Ch. Hemleben

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

Für das Arabische Meer und den nördlichen Indischen Ozean wurde die Coccolithophoridenverteilung für die vier Monsunperioden innerhalb der photischen Zone entlang der arabischen Küste (M 31/3) und dem Indischen Ozean auf einem Transekt von 20° N bis 2° N auf 65° östlicher Länge (M 32/3, 5 und M33/1) quantitativ erfaßt.

Während des endenden Nordost-Monsuns (M31/3, 06.-22.03.1995) wurden 78 Arten von Coccolithophoriden taxonomisch identifiziert und quantifiziert. *Gephyrocapsa oceanica* (Kamptner) und *Emiliania huxleyi* (Lohmann) Hay and Mohler sind die vorherrschenden Arten. Bis zu 33 Arten wurden in einer einzelnen Probe beobachtet (St. 108, 20 m). Die Zelldichten erreichen ein Maximum von 199×10^3 Zellen/l (St. 115, 60 m). Die höchsten Zelldichten finden sich meist in 40 und 60 m Tiefe und nicht im oberen Teil der durchmischten Wassersäule. Unterhalb der Thermokline zwischen 100 und 200 m nimmt die Zelldichte rapide ab.

Während der folgenden (oligotrophen) Intermonsunphase (M 32/3, 05.05.-05.06.1995) gehen die Zelldichten auf 94×10^3 Zellen/l zurück. Die Zusammensetzung der Coccolithophoridenflora ändert sich deutlich, nicht aber die Artenanzahl (79 identifizierte Arten). *Umbellosphaera* spp. dominiert die Flora in den oberen 20 m.

Der Südwest-Monsun (M 32/5, 14.07.-14.08.1995) stellt einen drastischen Unterschied zum vorhergehenden Intermonsun aufgrund der herrschenden Upwelling-Bedingungen entlang der Arabischen Küste dar. Es bildet sich eine Sukzession der Phytoplanktongemeinschaft ab, welche im Upwelling-Zentrum von Diatomeen dominiert wird. Zum Rande der Upwelling-Zelle nehmen die Zelldichten der Coccolithophoriden zu und erreichen Maxima von 112×10^3 Zellen/l (St. 404, 60 m). Deutlich ist der starke Rückgang der Artenanzahl im Vergleich zu den beiden vorangegangenen Monsunperioden (29 beobachtete Arten). Die Flora wird von *G. oceanica* dominiert, die erhöhte Nährstoffkonzentrationen und den Einfluß lithogener Partikel offensichtlich zu tolerieren vermag (Houghton & Guptha, 1991).

Während des Intermonsuns im Herbst (M 33/1, 22.09.-31.10.1995) gehen die Individuenzahlen wieder zurück (max. 73×10^3 Zellen/l), die Coccolithophoridenflora erreicht jedoch ihre höchste Diversität (88 Arten).

Der beprobte Transekt im Atlantik (3°N bis $59,5^\circ\text{N}/20^\circ\text{W}$, im Juni/Juli 1996) reicht vom subtropischen bis zum subarktischen Bereich. Die Zonierung spiegelt sich in der Zusammensetzung und den Zelldichten der Coccolithophorienflora in 20 m Wassertiefe wieder. Eine oligotrophe Flora, überwiegend bestehend aus Holococcolithophoriden (33°N , L1) mit niedrigen Zelldichten, weicht einer Flora mit hohen Zelldichten (237×10^3 Zellen/l), dominiert von Gephyrocapsen, im BIOTRANS-Gebiet (47°N , L2). Im Übergang der „Transitional-Zone“ zur „subarktischen Zone“ (Okada & McIntyre, 1977) besteht die Flora zu über 80 % aus *E. huxleyi*. Außerdem wurden hier die südlichsten Exemplare von *Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller beobachtet.

**Protokoll des 5. JGOFS-Workshops am 27./28. November 1996
in Bremen, Geowissenschaftliches Gebäude**

Begrüßung durch Herrn Wefer (GeoB), Frau Lütke-meier (IGBP) und Herrn Irmisch (BEO)

Vorstellung der Arbeitsgruppen, Ergebnisse und Planungen

K. Lochte (IOW): Austauschprozesse an der Grenzschicht Wasser-Sediment

Herr Wefer dankt Frau Lochte für die gute Zusammenstellung der bisherigen Untersuchungen und weist darauf hin, daß alle benachbarten Projekte mit in das JGOFS Programm gehören und eine Zusammenführung aller Datensätze für die Zukunft wichtig ist. Herr Hack begrüßt die Initiativen, mit EU-Projekten zusammenzuarbeiten, wodurch unter anderem auch neue Technologien in die Projekte eingebunden werden können. Herr Hagen regt an, auch osteuropäische Datensätze mit einzubeziehen und weist auf umfangreiches Datenmaterial in Moskau hin.

K. Kremling (IfMK): Bilanzierung des Kohlenstoffflusses zwischen Oberflächenwasser und Sediment

Herr Wefer bedankt sich für die gute Darstellung des vorhandenen Sedimentfallen-Datenmaterials und für die klare Darlegung der Probleme, die auch aus ausländischen Gruppen bekannt sind. Herr Irmisch fragt nach der Zugehörigkeit des JGOFS Verbundes Indik zur Arbeitsgruppe. Frau Lochte weist auf die kurze Laufzeit des Projektes hin, stellt aber in Aussicht, die vorhandenen und die zu gewinnenden Datensätze natürlich mit einzubringen. Herr Wefer regt an, die Denkmodelle bezüglich des globalen Kohlenstoffbudgets aus dem Nordpazifik in den Indik zu übertragen. Herr Pfannkuche möchte erst einmal den Versuch eines regionalen Budget in Angriff nehmen. Herr Kremling stellt Aktivitäten zur Zusammenführung der entsprechenden Datensätze für den Atlantik durch EU- und USA-Projekte vor. Herr Schneider fragt nach der Qualität und Vergleichbarkeit der Datensätze. Für die Core-Parameter besteht nach Ansicht von Herrn Kremling kein Problem, da es sich bei der Erhebung um Standardmethoden handelt. Überprüft werden müssen weiterführende Methoden und die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Fallentypen. Herr Pfannkuche empfiehlt eine Abgleichung mit unabhängigen Methoden, z.B. in Verbindung zu den benthischen Untersuchungen. Es wird weiterhin auf die wichtige Information von Strömungsmesserdaten zu den Sedimentfallen hingewiesen. Die in JGOFS eingesetzten Sedimentfallen sind mit Strömungsmesser ausgestattet. Herr Sanders verweist auf Veröffentlichungen, die zeigen, daß eine Korrektur der Partikel-Flüsse über Strömungsmesserdaten noch nicht möglich ist.

B. Zeitzschel (IfMK): Pelagische Kohlenstoffbilanz

Herr Koeve ergänzt, daß nach der letzten METEOR-Expedition die Lücke im Datensatz bezüglich Herbsdaten geschlossen ist. Herr Hack weist auf die verschiedenen Skalen der einzelnen Untersuchungen hin und fragt nach der Synthese der Datensätze. Herr Zeitzschel

antwortet, daß die Daten genutzt werden sollen, um in einer relativ kleinen Box den Jahresgang der Produktion organischer Substanz und des Partikelflusses besser zu verstehen. Daraus wird mit Hilfe eines Modells auf eine Nord Atlantik-Box (Antrag: Willebrand) extrapoliert. Zusätzlich soll eine Konzentration auf weitere kleine Bereiche stattfinden, in denen Modelle für den NE Atlantik getestet werden sollen. Seiner Meinung nach ist es dringend notwendig verschiedene Variablen in den einzelnen Modellen zu testen. Herr Wefer fragt nach der großräumigen Bedeutung des f-Ratios. Herr Koeve erläutert, daß dadurch eine vorläufige Abschätzung der Neuen Produktion vorgenommen werden kann und das f-Ratio damit ein wichtiger Parameter für die Modelle ist. Es wird weiter nach dem Verhältnis von $C_{org} / CaCO_3$ gefragt und wodurch es verändert wird. Herr Zeitzschel erklärt, das Verhältnis von $C_{org} / CaCO_3$ sei abhängig von der Primärproduktion, weitere Untersuchungen zu dieser Frage sollen auf einer der nächsten Expeditionen vorgenommen werden. Herr Wefer fragt nach Untersuchungen zur die Düngung des Ozeans durch CO_2 . Herr Zeitzschel antwortet, daß diese Frage im Moment nur experimentell gelöst werden kann.

K. Herterich (GeoB): Daten und Modelle

Keine Fragen.

J. Duinker (IfMK) & D. Schulz-Bull (IfMK): CO_2 Austausch Atmosphäre-Wasser-Organismen

Keine Fragen.

Diskussion der Arbeitsgruppenberichte:

Herr Wefer schlägt folgende Themenkomplexe vor:

- 1.) Daten und Synthese: unterschiedliche Fragestellungen, geographische Bereiche, Verbindungen zwischen den Arbeitsgruppen
- 2.) Einbindung des deutschen Beitrags in das Gesamt JGOFS (international)
- 3.) Mögliche Antworten zu Fragen des Implementationplans, z. B. CO_2 -Quellen und Senken
- 4.) Möglicher ENRICH-Antrag
- 5.) Deep Sea Research Sonderband zum Deutschen JGOFS

Herr Duinker weist noch einmal deutlich auf die großen Probleme bei CO_2 - und TCO_2 -Messungen hin. Regional sind seiner Meinung nach in den nächsten Jahren guten Ergebnisse zu ΔCO_2 -Messungen zu erwarten. Er ist der Ansicht, daß gute Ansätze zur Quantifizierung der saisonalen CO_2 -Flüsse gemacht wurden und daher regional gute Ergebnisse zu diesem Fragenkomplex zu erwarten sind. Für globale Aussagen liegen jedoch nicht genug Daten vor. Herr Irmisch fragt, ob Karten zum Themenkomplex „saisonale CO_2 -Quellen und Senken“ realistisch sind. Herr Schneider antwortet, daß das internationale CO_2 -Panel solche Karten anstrebt. Eine nationale Synthese ist nach seiner Einschätzung nur für den NE Atlantik möglich. Herr Kuss gibt zu bedenken, daß die Modelle über die Frage des anthropogenes CO_2 eine große Unsicherheit besitzen. Sehr wichtig und aufschlußreich sind die PCO_2 -Aussagen zu den beteiligten Prozessen und Systemen. Frau Lochte weist auf die für den Nord Atlanik sehr hohe Datendichte hin und favorisiert die Eingabe der Daten in regionale Modelle. Herr Hack

erwähnt in diesem Zusammenhang die IGBP Veröffentlichung Nr. 27, in der Daten aus dem Nordatlantik für den Workshop in Villefranche sur Mer zusammengestellt wurden und die miteinbezogen werden sollten. Herr Irmisch stellt heraus, daß mit der ENRICH-Finanzierung z. B. methodische Vergleiche und regionale Untersuchungen gefördert werden sollen. Zur Synthesefrage besteht Einigkeit, daß die deutsche Synthese auf den Nord Atlantik beschränkt sein soll und zusätzlich für bestimmte Gebiete eine übergreifende Synthese möglich sein wird. Auch sollen, nachdem die Meßphase für den Nord Atlantik abgeschlossen ist, bestehende Verbindungen zwischen JGOFS, LOIZS, BENTHOS, PAGES, GAIM innerhalb der nächsten Zeit ausgebaut oder neue Verbindungen aufgebaut werden, um eine Ankopplung an ein globales Ozeanmodell zu ermöglichen. Herr Wefer schlägt zusätzlich zur deutschen JGOFS Synthese eine Einbindung deutscher Modellierer in die internationale Synthesegruppe vor. Als Leistung der Arbeitsgruppen, nach der Bestandsaufnahme, wird die Datenauswertung und die übergreifende Zusammenarbeit gesehen. Zum Schluß der Diskussion regt Herr Wefer einen deutschen JGOFS Sonderband zur Gesamtdarstellung der Arbeiten an.

U. Bathmann (AWI): Southern JGOFS

Frau Lochte erkundigt sich, ob der Grund für die vergleichsweise niedrigen Fe-Konzentrationen während der ersten JGOFS Expedition der FS POLARSTERN (ANT X/6) bekannt ist. Herr Bathmann verneint dieses und erklärt, daß derzeit vielmehr die Ursache für die höheren Fe-Werte auf der POLARSTERN Expedition ANT XIII/2 diskutiert wird. Hierfür käme ein Schelfeinfluß in Frage, ein atmosphärischer Eintrag sei hingegen auszuschließen. Frau Boetius fragt warum die Phytoplanktonart, die während der ANT XIII/2-Expedition dominant war, nicht abgesunken ist. Herr Bathmann vermutet, daß diese silikatische Alge gelöst wird, da sie nicht im Sediment gefunden wird. Herr Wefer erkundigt sich, ob aufgrund der durchgeführten Untersuchungen Erkenntnisse über die Lösungsresistenz bei Diatomeen durch Spurenmetallaufnahme (Al) gewonnen werden konnten. Herr Bathmann verneint dieses.

V. Smetacek (AWI): GLOBEC

Frau Neuer fragt, ob im Rahmen von GLOBEC auch Untersuchungen bezüglich des Mikrozooplanktons geplant sind. Herr Smetacek verneint dieses und betont, daß das Metazooplankton und dessen Beziehungen in der Nahrungskette schwerpunktmäßig untersucht werden soll.

B. Haake & V. Ittekkot (IfBH): Ziele und Projektstruktur von JGOFS-Indik

Keine Fragen

J. Waniek (IfMK): Auftriebserscheinungen in der Arabischen See während des SW-Monsuns

Herr Hemleben fragt, ob in Filamenten immer „upwelling“ auftritt, d.h. ob es dort immer einen aufwärtsgerichteten Wassertransport, inklusive eines Partikel- und Nährstofftransports gibt. Frau Waniek antwortet, daß in den küstennahen Auftriebsgebieten im Wesentlichen

aufwärtsgerichteter Transport stattfindet. Bei den Filamenten handelt es sich um Wirbel, die durch „Störungen“ in der Küsten/Schelfmorphologie ausgelöst und dann von den küstennahen Auftriebsgebieten ins offene Meer transportiert werden. Durch das kalte Wasser kommt es im Bereich der Filamente zu einem „updoming“, wodurch Nährstoffe u.ä. nach oben gelangen. Herrn Hack interessiert, wie die Daten mit den WOCE-Daten zusammenpassen und wie der Informationsaustausch mit den WOCE-Wissenschaftlern stattfindet. Frau Waniek berichtet, daß ein Teil der Messungen der JGOFS Untersuchungen auf einem WOCE-Schnitt liegen, wodurch zusätzliche Vergleichsdaten zur Verfügung stehen. Eine Datenduplizierung findet dabei nicht statt, da der Schwerpunkt der JGOFS-Untersuchungen und der -Messungen sich auf die obersten 200 m der Wassersäule beschränkt. Im Gegensatz dazu befassen sich die WOCE-Studien mit den gesamten Wassersäule bis in große Tiefen.

I. Kriest (IfMK): Räumliche Heterogenität in der westlichen Arabischen See zur Zeit des Südwestmonsuns

Frau Lochte erkundigt sich, ob sich die Unterschiede in der Zusammensetzung der Phytoplanktongemeinschaft mit der Diatomeendominanz einerseits und mit den hohen Anteilen von Flagellaten und Coccolithen andererseits mit einer Silikat-Limitierung erklären lassen. Frau Kriest meint, daß das System zum Teil durch Silikat limitiert ist, was wahrscheinlich die Ursache für die unterschiedlichen Gemeinschaften ist.

U. Zeller (IfMK): Beziehung zwischen Mesozooplankton und Partikelfluß in der Arabischen See während des SW-Monsuns

Frau Boetius fragt, ob die Copepoden ihre Kotballen zum Teil selber fressen. Frau Zeller berichtet, daß bei ihren Untersuchungen nichts dergleichen beobachtet werden konnte. In der Literatur sei dies aber häufig beschrieben, und sie nimmt an, daß das auch in der Arabischen See durchaus der Fall sein könne. Herr Bathmann stellt fest, daß von den $3 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ Primärproduktion bis zu 40% weggefressen werden. Er erkundigt sich, was aus der Biomasse wird. Frau Zeller erklärt, daß bei den Copepoden eine sehr schnelle Reproduktion zu beobachten ist. Wahrscheinlich wird die Biomasse in Eiproduktion und in Wachstum umgesetzt. Frau Lochte fragt nach den Tunicaten im Arbeitsgebiet, die auch sehr starke Fresser sind und Aggregate bilden können. Die Tunicaten treten nach Beobachtungen von Frau Zeller hauptsächlich im Küstenauftriebsgebiet auf. Als Diskussionleiterin macht Frau Lochte darauf aufmerksam, daß thematisch der Bereich des SW Monsuns abgeschlossen ist und möchte noch einmal die Frage stellen, wie der Stand bei der Zusammenarbeit mit den ausländischen Kollegen in diesem Bereich ist. Herr Zeitzschel erläutert: Es gibt einen besonders intensiven Kontakt mit den Kollegen aus England, die in der Arabischen See auch zwei Expeditionen („Arabesque“) durchgeführt haben. Für die geplante SONNE-120 Fahrt sind zwei britische Kollegen eingeladen. Mit dieser Fahrt soll vor allem versucht werden, die bisher offen gebliebenen Fragen zu beantworten und Beobachtungslücken zu schließen. Der Schwerpunkt wird dabei auf der Untersuchung des Mesozooplanktons liegen. Weiterhin wird geplant, zusammen mit den britischen Kollegen eine gemeinsame CD-Rom mit den deutschen und den englischen Expeditionsdaten herauszubringen. Es finden auch Gespräche statt, dort evtl. auch amerikanische Daten mit aufzunehmen. Frau Lochte fragt nach einem indischen Satelliten, der auch Pigmentverteilungen aufzeichne. Herr Zeitzschel bestätigt, daß es diesen Satelliten gibt, wobei allerdings zu bemerken ist, daß er nur alle 25 Tage das Untersuchungsgebiet überfliegt. Und da gerade zu Zeiten des SW-Monsuns häufig mit einer

Wolkenbedeckung zu rechnen ist, sind für diese Phasen nur wenig Daten zu erwarten. Trotzdem ist gerade auf diesem Gebiet eine Intensivierung in der Zusammenarbeit mit den Indern geplant.

F. Pollehne (IOW): Die Biologie der Deckschicht im Intermonsun

Frau Neuer bemerkt, daß das Auftreten des Chlorophyll-Maximums bei nur 1% Lichttiefe als ungewöhnlich tief erscheint. Herr Pollehne erläutert, daß durch das sehr stabile System in der Arabischen See die Lage des Chlorophyll-Maximums nicht ungewöhnlich sei. Das liegt wahrscheinlich mit daran, daß sich in dieser Tiefe die Nitrakline befindet und dort somit der größte Nährstoffeintrag stattfindet. Frau Neuer fragt, ob die Primärproduktion nur die Respiration abdeckt oder ob eine wirkliche Neue Produktion stattfindet. Herr Pollehne erklärt, daß es schon einen NP-Anteil gibt, es sich aber genaunommen um ein sehr stark regeneratives System handelt. Frau Lochte stellt fest, daß sich bei dem Vergleich der Fallen in unterschiedlichen Wassertiefen beim POC eine Abnahme von 50% zeigt, während diese beim PON bis zu 90% beträgt. Wie ist dieser Unterschied zu erklären? Herr Pollehne weist darauf hin, daß das nur an einer der Fallenstationen der Fall war. Wahrscheinlich hat man es bei diesen Proben mit analytischen Problemen zu tun.

L. Mintrop (IfMK, GeOB): Das Karbonat-System im Indischen Ozean

Herr Irmisch erkundigt sich, ob sich bei den CO₂-Messungen irgendwann ein anthropogenes Signal nachweisen lassen wird. Herr Mintrop antwortet, daß versucht wird, das anthropogene Signal zu berechnen. Allerdings gestaltet sich das aufgrund der Einbeziehung sehr unterschiedlicher Wassermassen als sehr schwierig. Ziel sei es, erstmals die Eindringtiefe des anthropogenen CO₂ zu berechnen. Literaturdaten zeigen ca. 1000 m Eindringtiefe. Im Zuge der Synthese werden JGOFS Daten mit amerikanischen Daten aus dem südlichen Indischen Ozean verglichen. Herr Irmisch fragt nach der Auswirkung der Sauerstoffminimumzone auf den Abbau der organischen Substanz. Herr Mintrop erläutert Untersuchungen, die diese Frage anhand der klassischen Gleichungen zu quantifizieren versuchen, wobei zusätzlich noch der Beitrag der Stickstoffzehrung zu berücksichtigen ist. Herr Irmisch möchte weiter wissen, ob es nicht möglich ist, die Herkunft des gelösten Kohlenstoffs entweder aus Karbonat oder aus organischer Substanz anhand von ¹²C/¹³C-Messungen festzustellen. Herr Mintrop stellt fest, daß während der Expedition Proben für ¹²C/¹³C- und für ¹⁴C-Messungen genommen wurden, die auch noch untersucht werden sollen. Außerdem soll das Karbonat in den Fallenproben auf Lösungsspuren analysieren werden. Herr Schneider stellt fest, daß sich bei den Daten ganz eindeutig der sehr wichtige Einfluß der Temperatur auf das Karbonatsystem zeigt.

H. Bange (MPIM): Nitrous oxide in the Arabian Sea

Herr Delling erkundigt sich nach den Ursachen zur Bildung der N₂O-reichen Zone in 150 m Wassertiefe. Herr Bange erläutert: Diese Zone tritt an der Obergrenze der Sauerstoffminimumzone auf, wo es im Zusammenspiel mit der Denitrifikation zur Anreicherung von N₂O kommen kann. Hinzu kommt, daß in dieser Wassertiefe die Grenze zu einer Wassermasse aus dem Persischen Golf liegt. Herr Hoppe weist darauf hin, daß es an der Obergrenze der Sauerstoffminimumzone auch viele Maxima in den mikrobiellen Parametern

gibt, die z.B. mit dem Absterben der verschiedensten Organismen zusammenhängen. Frau Lochte fragt nach der Ursache für ein in ca. 80 m Wassertiefe beobachtetes Methanmaxima. Herr Bange erklärt, das es sich dabei um Daten aus Hamburg handelt, zu denen er im Einzelnen nichts sagen kann. Die Bildung von Methan und N_2O hängt nicht zusammen.

T. Rixen (IfBM): Monsungesteuerter Partikelfluß in das tiefe Arabische Meer

Keine Fragen.

U. Witte (GEOMAR): Benthische Umsatzprozesse im Arabischen Meer

K. Wallmann (GEOMAR): Geochemische Untersuchungen an Oberflächensedimenten im Arabischen Meer

gemeinsame Diskussion der beiden vorgenannten Vorträge

Herr Kremling erkundigt sich, ob auch H_2S festgestellt wurde. Herr Wallmann berichtet, daß an den Proben kein H_2S -Geruch festgestellt werden konnte, es sei aber geplant, Sulfatprofile zu messen. Herr Kremling weist darauf hin, daß in einem Profil das gleichzeitige Auftreten von NO_3 und NH_4 gezeigt wurde, NH_4 würde aber nur bei der Anwesenheit von Sauerstoff auftreten. Herr Wallmann erläutert, daß diese Profile unterschiedliche Skalen hatten. NO_3 tritt nur in den obersten 6 cm des Sedimentes auf und dort ist auch noch Sauerstoff vorhanden. Herr Zabel fragt nach Messungen mit Landern, da für die saisonalen Veränderungen des Makrozoobenthos Elektronenakzeptoren erforderlich seien. Herr Wallmann berichtet über entsprechenden Messungen auf einer Expedition. Herr Scholten möchte wissen, ob die saisonal unterschiedlichen C_{org} -Profile auf eine unterschiedliche Qualität der organischen Substanz zurückzuführen sind. Herr Wallmann vertritt die Meinung, daß die Unterschiede in den Profilen allein auf die Massenbilanz zurückzuführen sind, nicht auf die Qualität der organischen Substanz. Herr Kähler erkundigt sich, warum organische Substanz von den Tieren in die Sulfatreduktionszone getragen wird. Frau Witte erklärt, daß durch Wasser, das in die Bauten und Röhren der Tiere eindringt, natürlich auch Sauerstoff in diese Zone eindringt. Herr Balzer fragt nach den Besonderheiten dieser Organismengemeinschaft, da man die Effekte nur an dieser Station sieht. Frau Witte erläutert, daß der Transport in die Tiefe in erster Linie durch röhrenbauende Organismen bewältigt wird, die normalerweise sehr selten sind, an der Station WAST aber eine sehr große Rolle spielen. Herr Wallmann ergänzt, daß in den Sedimenten zum Teil auch makroskopisch viele Kotpillen zu sehen waren, die mehrere Prozente am Sediment betragen können. Frau Lochte erkundigt sich, ob die vielen Röhren im Sediment nicht auch in den Profilen zu erkennen sind. Herr Wallmann stimmt ihr zu und erklärt, daß gerade im unteren Teil der Profile eine gewisse „Unruhe“ zu beobachten ist, die möglicherweise auf solche Röhren zurückzuführen sei. Herr Pfannkuche weist auf die frühe Phase der BIGSET Untersuchungen hin. Die vorgestellten Ergebnisse seien erst der Anfang umfangreicher Untersuchungen. Herr Wefer gibt zu bedenken, daß diese Trends in den Karbonat- und den C_{org} -Profilen nicht überinterpretiert werden sollten, solange man keine Informationen über die Sedimentationsraten hat. Möglicherweise sind die beobachteten Veränderungen auch auf klimaabhängige Veränderungen in den Sedimentationsbedingungen zurückzuführen. Herr Hemleben sagt, daß die Sedimentationsrate bei WAST etwa 2 bis 2.5 cm/1000 Jahre beträgt.

U. Wolf (IOW): Modellierung des Stickstoffkreislaufs in der Arabischen See

Herr Radach fragt, welche physikalischen Bedingungen unterhalb des „mixed layer“ angenommen werden. Herr Wolf antwortet, daß nur Diffusion angenommen wurde. Herr Wefer erkundigt sich nach dem Entstehen der Sauerstoffminimumzone. Herr Wolf erläutert, daß sie im Prinzip weltweit auftritt. Sie wird dadurch verursacht, daß Bakterien gelöste und partikuläre organische Substanz veratmen. Normalerweise wird der Ozean dann einmal im Jahr durchmischt, wodurch der Sauerstoffgehalt wieder aufgefrischt wird. Das ist aber in der Arabischen See nicht möglich, da dort eine sehr stabile Salzgehaltsschichtung diese Durchmischung verhindert. Deshalb bleibt dort das Sauerstoffminimum erhalten, wodurch es sich stärker ausbildet, als es in anderen Ozeanen der Fall ist. Frau Lochte interessiert sich dafür, ob man ein reales Sauerstoffprofil erhält, wenn man die realen Nitratwerte in das Modell eingibt. Herr Wolf verneint und erklärt, daß der Sauerstoffgehalt bis zur H₂S-Bildung absinken würde. Dies ist nur ein 1D-Modell, in dem jeglicher Austausch zu den Seiten fehlt. Herr Zeitzschel fragt, ob man bei einer Erhöhung der Produktion im Oberflächenwasser bis zur H₂S-Bildung in der Sauerstoffminimumzone, wie z.B. im schwarzen Meer, kommen könnte. Herr Wolf hält dieses für prinzipiell möglich. Herr Lundgren erkundigt sich nach der Verweildauer der einzelnen Wassermassen. Nach Kenntnis von Herr Wolf geht man nach den bisher vorliegenden Feronmessungen von 10 bis 20 Jahren aus.

K. Herterich (GeoB): Modellierung in JGOFS

Herr Koeve fragt nach der Übertragbarkeit der inversen bzw. 1D-Ansätze der oligotrophen Station ESTOC auf die gesamte Modellregion, also auch die eutrophen Bereiche. Herr Herterich antwortet, daß dies mit Hilfe der 3D Modellierung geschehen wird.

M. Knoll (IfMK) & S. Neuer (GeoB): Hydrographie und Biogeochemie in der Kanarenregion

Herr Herterich fragt, ob der Bildungsmechanismus der in der Kanarenregion beobachteten Meddies bekannt ist. Frau Knoll antwortet, daß aus der Literatur bekannt ist, daß sich die Meddies von der Straße von Gibraltar zuerst entlang der portugiesischen Küste nordwärts bewegen, sich dann ablösen und dann in dem Mittelmeerwasser in Richtung Süden treiben.

R. Schiebel (GPIT): Produktion und vertikaler Fluß kalkigen Planktons im NE Atlantik und der Arabischen See

Herr Duinker weist darauf hin, daß die hohe Kalklösung im Widerspruch zu der normalerweise sehr geringen Kalklösung in den oberen 2000-3000 m steht. Herr Hemleben antwortet, daß die Kalklösung in den oberen Wasserschichten auf den Zerfall der Kalkschalen und den Abbau der organischen Hüllen zurückzuführen ist. Herr Mintrop weist in diesem Zusammenhang darauf hin, daß Kalzitlösung auch oberhalb der Kalklösungsschicht stattfindet. Herr Bathmann fragt nach dem Fraßdruck der Foraminiferen und Herr Hemleben antwortet, daß dies vorwiegend die juvenilen Formen in der Oberfläche betrifft. Herr Schneider fragt nach den Sinkgeschwindigkeiten, die für die Flußratenberechnungen angesetzt wurden, und Herr Hemleben gibt an, daß für jede Teilchengröße eine eigene Sinkgeschwindigkeit angesetzt

wurde. Herr Wefer fragt, wie die berechneten Flüsse mit tatsächlich gemessenen übereinstimmen. Herr Hemleben weist darauf hin, daß der Exportfluß gut mit dem Reproduktionszyklus und den Fallendaten übereinstimmt.

W. Koeve (IfMK): Planktologische Untersuchungen im Nordost Atlantik - Übersicht über die Ergebnisse und die geplante Synopse

Herr Schlitzer fragt nach der Bedeutung der lateralen Advektion bei den Modellberechnungen. Herr Koeve räumt ein, daß dies für die statistischen Berechnungen ein Problem darstellen könnte, daß aber andererseits verschiedene Datensätze zu ähnlichen Ergebnissen führen. Herr Reuter fragt nach der Verlässlichkeit der saisonalen Angaben eines Jahres. Herr Koeve antwortet, daß hierzu mehrere Datensätze gemittelt worden sind.

K. Kremling (IfMK): Erkenntnisse aus Partikelflußmessungen ausgewählter Spurenelemente im Nordatlantik (1992-1994).

Herr Balzer fragt, ob bei Bermuda Beziehungen zwischen organischem Kohlenstoff und Aluminium in der Wassersäule festgestellt worden sind. Herr Kremling bejaht dies. Herr Schulz-Bull fragt nach dem Verhalten von Kupfer in der Wassersäule. Herr Kremling antwortet, daß Kupfer auch zu den wenig labilen Metallen gehört. Herr Lundgren erkundigt sich nach dem Verhalten der 'Hardliner' Metalle untereinander. Herr Kremling betont, daß dafür Messungen des Pools der gelösten organischen Substanz nötig sind. Herr Hack fragt nach Untersuchungen über Spurenelemente in anderen Projekten. Herr Kremling antwortet, daß Herr Balzer im Indik und bei ESTOC Spurenmetalluntersuchungen durchführt. Herr Smetacek fragt nach dem Verhalten der Schwermetalle am Tiefseeboden. Herr Kremling antwortet, daß es am Tiefseeboden zu einer Mobilisierung von Eisen kommt.

D. Schulz-Bull (IfMK): Bedeutung organischer Markerverbindungen an den JGOFS-Langzeitverankerungen im Nordatlantik

Herr Smetacek fragt, ob der Abbau der Aminosäuren im C/N Verhältnis sichtbar ist. Herr Lundgren antwortet, daß die Konzentration von gelöstem organischem Stickstoff mit zunehmender Tiefe schneller abnimmt als der partikuläre Kohlenstoff.

J. Scholten (GPIK): Hinweise auf die Fangeffizienz von Sinkstoff-Fallen und der Partikelmodifikation in der Wassersäule anhand von Radionukliduntersuchungen: ein Überblick über methodische Ansätze und Ergebnisse in JGOFS

Herr Kremling gibt zu bedenken, daß untersucht werden müßte, inwieweit Flüsse korrigiert werden sollten und die Reproduzierbarkeit der Flußmessungen durch die geringe Fangeffizienz beeinträchtigt ist. Herr Wefer weist darauf hin, daß es wichtig ist, nach den Ursachen der niedrigen Fangeffizienz der Fallen in 1000 m im Vergleich zu 3000 m Tiefe zu forschen, z.B. seien Strömungsgeschwindigkeiten zu berücksichtigen. Frau Waniek fügt hinzu, daß es bei der Verankerung L2 zu Problemen durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten kommen kann, und

Herr Müller weist darauf hin, daß auch L1 im Bereich hoher Advektion liegt. Herr Scholten erwidert, daß das advektierte Wasser bei L1 nicht mehr die Thoriumanalyse stört, da es bereits zu alt ist.

Abschlußdiskussion:

Herr Hack bedankt sich bei Herrn Wefer und Frau Giese für die Organisation des Workshops. Nach seiner Einschätzung haben sich die jährlichen Workshops bewährt und geben einen guten Überblick über die zufriedenstellende Entwicklung des Verbundprojektes. Sehr positiv beurteilt Herr Hack die Entwicklung innerhalb der einzelnen Arbeitsgruppen, den Ausbau des Datenmanagements durch Herrn Mitzka und die erweiterte Gruppe der Modellierer in JGOFS. Er stellt die Finanzierung der Synthesephase für 2 - 3 Jahre in Aussicht. Während der Synthesephase sollen Experimente im Jahr 1997 und Analysen im Jahr 1998 abgeschlossen sein, um ausreichend verbleibende Zeit für die eigentliche Synthese zur Verfügung zu haben. Herr Hack weist ausdrücklich darauf hin, daß alle in JGOFS erhobenen Daten an die JGOFS Datenbank abgegeben werden müssen.

Die Anträge für die Synthesephase sollten bis zum 10.01.1997 bei Frau Giese an der Universität Bremen eingegangen sein. Im Februar 1997 findet ein Statusseminar mit Gutachterbeteiligung an der Universität Bremen statt.

Herr Wefer stellt noch einmal deutlich heraus, daß für die Fortsetzungsanträge ein ausgereifter realistischer Zeitplan, eine Darstellung des einzelnen Beitrags zur Synthese (lokal und überregional) und ein Konzept zur Datenabgabe unerlässlich seien. Den Anträgen sind zusätzlich kurze Ergebnisberichte von ca. 10 Seiten beizufügen.

Herr Wefer beendet den Workshop und bedankt sich bei allen Beteiligten für das Interesse.



In dieser Reihe bereits erschienen:

- Nr. 1 Wefer, G., E. Suess und Fahrtteilnehmer
Bericht über die POLARSTERN-Fahrt ANT IV/2, Rio de Janeiro - Punta Arenas, 6.11. - 1.12.1985.
60 Seiten, Bremen, 1986.
- Nr. 2 Hoffmann, G.
Holozänstratigraphie und Küstenlinienverlagerung an der andalusischen Mittelmeerküste.
173 Seiten, Bremen, 1988.
- Nr. 3 Wefer, G. und Fahrtteilnehmer
Bericht über die METEOR-Fahrt M 6/6, Libreville - Las Palmas, 18.2. - 23.3.1988.
97 Seiten, Bremen, 1988.
- Nr. 4 Wefer, G., G.F. Lutze, T.J. Müller, O. Pfannkuche, W. Schenke, G. Siedler, W. Zenk
Kurzbericht über die METEOR-Expedition Nr. 6, Hamburg - Hamburg, 28.10.1987 - 19.5.1988.
29 Seiten, Bremen, 1988.
- Nr. 5 Fischer, G.
Stabile Kohlenstoff-Isotope in partikulärer organischer Substanz aus dem Südpolarmeer
(Atlantischer Sektor).
161 Seiten, Bremen, 1989.
- Nr. 6 Berger, W.H. und G. Wefer
Partikelfluß und Kohlenstoffkreislauf im Ozean.
Bericht und Kurzfassungen über den Workshop vom 3.-4. Juli 1989 in Bremen.
57 Seiten, Bremen, 1989.
- Nr. 7 Wefer, G. und Fahrtteilnehmer
Bericht über die METEOR - Fahrt M 9/4, Dakar - Santa Cruz, 19.2. - 16.3.1989.
103 Seiten, Bremen, 1989.
- Nr. 8 Kölling, M.
Modellierung geochemischer Prozesse im Sickerwasser und Grundwasser.
135 Seiten, Bremen, 1990.
- Nr. 9 Heinze, P.-M.
Das Auftriebsgeschehen vor Peru im Spätquartär.
204 Seiten, Bremen, 1990.
- Nr. 10 Willems, H., G. Wefer, M. Rinski, B. Donner, H.-J. Bellmann, L. Eißmann, A. Müller,
B.W. Flemming, H.-C. Höfle, J. Merkt, H. Streif, G. Hertweck, H. Kuntze, J. Schwaar,
W. Schäfer, M.-G. Schulz, F. Grube, B. Menke
Beiträge zur Geologie und Paläontologie Norddeutschlands: Exkursionsführer.
202 Seiten, Bremen, 1990.
- Nr. 11 Wefer, G. und Fahrtteilnehmer
Bericht über die METEOR-Fahrt M 12/1, Kapstadt - Funchal, 13.3.1990 - 14.4.1990.
66 Seiten, Bremen, 1990.
- Nr. 12 Dahmke, A., H.D. Schulz, A. Kölling, F. Kracht, A. Lücke
Schwermetallspuren und geochemische Gleichgewichte zwischen Porenlösung und Sediment
im Wesermündungsgebiet. BMFT-Projekt MFU 0562, Abschlußbericht.
121 Seiten, Bremen, 1991.
- Nr. 13 Rostek, F.
Physikalische Strukturen von Tiefseesedimenten des Südatlantiks und ihre Erfassung in
Echolotregistrierungen.
209 Seiten, Bremen, 1991.
- Nr. 14 Baumann, M.
Die Ablagerung von Tschernobyl-Radiocäsium in der Norwegischen See und in der Nordsee.
133 Seiten, Bremen, 1991.
- Nr. 15 Kölling, A.
Frühdiaagenetische Prozesse und Stoff-Flüsse in marinen und ästuarinen Sedimenten.
140 Seiten, Bremen, 1991.

- Nr. 16 SFB 261 (Hrsg.)
1. Kolloquium des Sonderforschungsbereichs 261 der Universität Bremen (14. Juni 1991):
Der Südatlantik im Spätquartär: Rekonstruktion von Stoffhaushalt und Stromsystemen.
Kurzfassungen der Vorträge und Poster.
66 Seiten, Bremen, 1991.
- Nr. 17 Pätzold, J., T. Bickert, L. Brück, C. Gaedicke, K. Heidland, G. Meinecke, S. Mulitza
Bericht und erste Ergebnisse über die METEOR-Fahrt M 15/2, Rio de Janeiro - Vitoria,
18.1. - 7.2.1991.
46 Seiten, Bremen, 1993.
- Nr. 18 Wefer, G. und Fahrtteilnehmer
Bericht und erste Ergebnisse über die METEOR-Fahrt M 16/1, Pointe Noire - Recife,
27.3. - 25.4.1991.
120 Seiten, Bremen, 1991.
- Nr. 19 Schulz, H.D. und Fahrtteilnehmer
Bericht und erste Ergebnisse über die METEOR-Fahrt M 16/2, Recife - Belem, 28.4. - 20.5.1991.
149 Seiten, Bremen, 1991.
- Nr. 20 Berner, H.
Mechanismen der Sedimentbildung in der Fram-Straße, im Arktischen Ozean und in der
Norwegischen See.
167 Seiten, Bremen, 1991.
- Nr. 21 Schneider, R.
Spätquartäre Produktivitätsänderungen im östlichen Angola-Becken: Reaktion auf Variationen
im Passat-Monsun-Windsystem und in der Advektion des Benguela-Küstenstroms.
198 Seiten, Bremen, 1991.
- Nr. 22 Hebbeln, D.
Spätquartäre Stratigraphie und Paläozooarchäologie in der Fram-Straße.
174 Seiten, Bremen, 1991.
- Nr. 23 Lücke, A.
Umsetzungsprozesse organischer Substanz während der Frühdiagenese in ästuarinen Sedimenten.
137 Seiten, Bremen, 1991.
- Nr. 24 Wefer, G. und Fahrtteilnehmer
Bericht und erste Ergebnisse der METEOR-Fahrt M 20/1, Bremen - Abidjan, 18.11. - 22.12.1991.
74 Seiten, Bremen, 1992.
- Nr. 25 Schulz, H.D., D. Beese, M. Breitzke, L. Brück, B. Brügger, A. Dahmke, K. Dehning, V. Diekamp,
B. Donner, I. Ehrhardt, H. Gerlach, M. Giese, R. Glud, R. Gumprecht, J. Gundersen, R. Henning,
H. Petermann, M. Richter, J. Sagemann, W. Schmidt, R. Schneider, M. Segl, U. Werner, M. Zabel
Bericht und erste Ergebnisse der METEOR-Fahrt M 20/2, Abidjan - Dakar, 27.12.1991 - 3.2.1992.
173 Seiten, Bremen, 1992.
- Nr. 26 Gingele, F.
Zur klimaabhängigen Bildung biogener und terrigener Sedimente und ihrer Veränderung durch die
Frühdiagenese im zentralen und östlichen Südatlantik.
202 Seiten, Bremen, 1992.
- Nr. 27 Bickert, T.
Rekonstruktion der spätquartären Bodenwasserzirkulation im östlichen Südatlantik über stabile
Isotope benthischer Foraminiferen.
205 Seiten, Bremen, 1992.
- Nr. 28 Schmidt, H.
Der Benguela-Strom im Bereich des Walfisch-Rückens im Spätquartär.
172 Seiten, Bremen, 1992.
- Nr. 29 Meinecke, G.
Spätquartäre Oberflächenwassertemperaturen im östlichen äquatorialen Atlantik.
181 Seiten, Bremen, 1992.

- Nr. 30 Bathmann, U., U. Bleil, A. Dahmke, P. Müller, A. Nehr Korn, E.-M. Nöthig, M. Olesch, J. Pätzold, H.D. Schulz, V. Smetacek, V. Spieß, G. Wefer, H. Willems
Bericht des Graduierten Kollegs. Stoff-Flüsse in marinen Geosystemen.
Berichtszeitraum Oktober 1990 - Dezember 1992.
396 Seiten, Bremen, 1992.
- Nr. 31 Damm, E.
Frühdigenetische Verteilung von Schwermetallen in Schlicksedimenten der westlichen Ostsee.
115 Seiten, Bremen, 1992.
- Nr. 32 Antia, E.E.
Sedimentology, Morphodynamics and Facies Association of a mesotidal Barrier Island
Shoreface (Spiekeroog, Southern North Sea).
370 Seiten, Bremen, 1993.
- Nr. 33 Duinker, J. und G. Wefer (Hrsg.)
Bericht über den 1. JGOFS-Workshop. 1./2. Dezember 1992 in Bremen.
83 Seiten, Bremen, 1993.
- Nr. 34 Kasten, S.
Die Verteilung von Schwermetallen in den Sedimenten eines stadtbremischen Hafenbeckens.
103 Seiten, Bremen, 1993.
- Nr. 35 Spieß, V.
Digitale Sedimentographie. Neue Wege zu einer hochauflösenden Akustostratigraphie.
199 Seiten, Bremen, 1993.
- Nr. 36 Schinzel, U.
Laborversuche zu frühdigenetischen Reaktionen von Eisen (III) - Oxidhydraten in
marinen Sedimenten.
189 Seiten, Bremen, 1993.
- Nr. 37 Sieger, R.
CoTAM - ein Modell zur Modellierung des Schwermetalltransports in Grundwasserleitern.
56 Seiten, Bremen, 1993.
- Nr. 38 Willems, H. (Ed.)
Geoscientific Investigations in the Tethyan Himalayas.
183 Seiten, Bremen, 1993.
- Nr. 39 Hamer, K.
Entwicklung von Laborversuchen als Grundlage für die Modellierung des Transportverhaltens
von Arsenat, Blei, Cadmium und Kupfer in wassergesättigten Säulen.
147 Seiten, Bremen, 1993.
- Nr. 40 Sieger, R.
Modellierung des Stofftransports in porösen Medien unter Ankopplung kinetisch gesteuerter
Sorptions- und Redoxprozesse sowie thermischer Gleichgewichte.
158 Seiten, Bremen, 1993.
- Nr. 41 Thießen, W.
Magnetische Eigenschaften von Sedimenten des östlichen Südatlantiks und ihre
paläozeanographische Relevanz.
170 Seiten, Bremen, 1993.
- Nr. 42 Spieß, V. und Fahrtteilnehmer
Report and preliminary results of METEOR-Cruise M 23/1, Kapstadt - Rio de Janeiro, 4.-25.2.1993.
139 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 43 Bleil, U. und Fahrtteilnehmer
Report and preliminary results of METEOR-Cruise M 23/2, Rio de Janeiro - Recife, 27.2.-19.3.1993
133 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 44 Wefer, G. und Fahrtteilnehmer
Report and preliminary results of METEOR-Cruise M 23/3, Recife - Las Palmas, 21.3. - 12.4.1993
71 Seiten, Bremen, 1994.

- Nr. 45 Giese, M. und G. Wefer (Hrsg.)
Bericht über den 2. JGOFS-Workshop. 18./19. November 1993 in Bremen.
93 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 46 Balzer, W. und Fahrtteilnehmer
Report and preliminary results of METEOR-Cruise M 22/1, Hamburg - Recife, 22.9. - 21.10.1992.
24 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 47 Stax, R.
Zyklische Sedimentation von organischem Kohlenstoff in der Japan See: Anzeiger für
Änderungen von Paläoozeanographie und Paläoklima im Spätkänozoikum.
150 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 48 Skowronek, F.
Frühdiagenetische Stoff-Flüsse gelöster Schwermetalle an der Oberfläche von Sedimenten
des Weser Ästuares.
107 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 49 Dersch-Hansmann, M.
Zur Klimaentwicklung in Ostasien während der letzten 5 Millionen Jahre:
Terrigener Sedimenteintrag in die Japan See (ODP Ausfahrt 128).
149 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 50 Zabel, M.
Frühdiagenetische Stoff-Flüsse in Oberflächen-Sedimenten des äquatorialen und
östlichen Südatlantik.
129 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 51 Bleil, U. und Fahrtteilnehmer
Report and preliminary results of SONNE-Cruise SO 86, Buenos Aires - Capetown, 22.4. - 31.5.93
116 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 52 Symposium: The South Atlantic: Present and Past Circulation.
Bremen, Germany, 15 - 19 August 1994. Abstracts.
167 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 53 Kretzmann, U.B.
⁵⁷Fe-Mössbauer-Spektroskopie an Sedimenten - Möglichkeiten und Grenzen.
183 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 54 Bachmann, M.
Die Karbonatrampe von Organyà im oberen Oberapt und unteren Unteralt (NE-Spanien,
Prov. Lerida): Fazies, Zyko- und Sequenzstratigraphie.
147 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 55 Kemle-von Mücke, S.
Oberflächenwasserstruktur und -zirkulation des Südatlantiks im Spätquartär.
151 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 56 Petermann, H.
Magnetotaktische Bakterien und ihre Magnetosome in Oberflächensedimenten des Südatlantiks.
134 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 57 Mulitza, S.
Spätquartäre Variationen der oberflächennahen Hydrographie im westlichen äquatorialen Atlantik.
97 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 58 Segl, M. und Fahrtteilnehmer
Report and preliminary results of METEOR-Cruise M 29/1, Buenos-Aires - Montevideo,
17.6. - 13.7.1994
94 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 59 Bleil, U. und Fahrtteilnehmer
Report and preliminary results of METEOR-Cruise M 29/2, Montevideo - Rio de Janeiro
15.7. - 8.8.1994
153 Seiten, Bremen, 1994.

- Nr. 60 Henrich, R. und Fahrtteilnehmer
Report and preliminary results of METEOR-Cruise M 29/3, Rio de Janeiro - Las Palmas
11.8. - 5.9.1994
Bremen, 1994 (in Vorbereitung).
- Nr. 61 Sagemann, J.
Saisonale Variationen von Porenwasserprofilen, Nährstoff-Flüssen und Reaktionen
in intertidalen Sedimenten des Weser-Ästuars.
110 Seiten, Bremen, 1994.
- Nr. 62 Giese, M. und G. Wefer
Bericht über den 3. JGOFS-Workshop. 5./6. Dezember 1994 in Bremen.
84 Seiten, Bremen, 1995.
- Nr. 63 Mann, U.
Genese kretazischer Schwarzschiefer in Kolumbien: Globale vs. regionale/lokale Prozesse.
153 Seiten, Bremen, 1995.
- Nr. 64 Willems, H., Wan X., Yin J., Dongdui L., Liu G., S. Dürr, K.-U. Gräfe
The Mesozoic development of the N-Indian passive margin and of the Xigaze Forearc Basin in
southern Tibet, China. – Excursion Guide to IGCP 362 Working-Group Meeting
"Integrated Stratigraphy".
113 Seiten, Bremen, 1995.
- Nr. 65 Hünken, U.
Liefergebiets - Charakterisierung proterozoischer Goldseifen in Ghana anhand von
Fluideinschluß - Untersuchungen.
270 Seiten, Bremen, 1995.
- Nr. 66 Nyandwi, N.
The Nature of the Sediment Distribution Patterns in ther Spiekeroog Backbarrier Area,
the East Frisian Islands.
162 Seiten, Bremen, 1995.
- Nr. 67 Isenbeck-Schröter, M.
Transportverhalten von Schwermetallkationen und Oxoanionen in wassergesättigten Sanden.
- Laborversuche in Säulen und ihre Modellierung -
182 Seiten, Bremen, 1995.
- Nr. 68 Hebbeln, D. und Fahrtteilnehmer
Report and preliminary results of SONNE-Cruise SO 102, Valparaiso - Valparaiso, 95
134 Seiten, Bremen, 1995.
- Nr. 69 Willems, H. (Sprecher), U. Bathmann, U. Bleil, T. v. Dobeneck, K. Herterich, B.B. Jorgensen,
E.-M. Nöthig, M. Olesch, J. Pätzold, H.D. Schulz, V. Smetacek, V. Spieß, G. Wefer
Bericht des Graduierten-Kollegs Stoff-Flüsse in marine Geosystemen.
Berichtszeitraum Januar 1993 - Dezember 1995.
45 & 468 Seiten, Bremen, 1995.
- Nr. 70 Giese, M. und G. Wefer
Bericht über den 4. JGOFS-Workshop. 20./21. November 1995 in Bremen.
60 Seiten, Bremen, 1996.
- Nr. 71 Meggers, H.
Pliozän-quartäre Karbonatsedimentation und Paläozeanographie des Nordatlantiks und
des Europäischen Nordmeeres - Hinweise aus planktischen Foraminiferengemeinschaften.
143 Seiten, Bremen, 1996.
- Nr. 72 Teske, A.
Phylogenetische und ökologische Untersuchungen an Bakterien des oxidativen und reduktiven
marinen Schwefelkreislaufs mittels ribosomaler RNA.
220 Seiten, Bremen, 1996.
- Nr. 73 Andersen, N.
Biogeochemische Charakterisierung von Sinkstoffen und Sedimenten aus ostatlantischen
Produktions-Systemen mit Hilfe von Biomarkern.
215 Seiten, Bremen, 1996.

- Nr. 74 Treppke, U.
Saisonalität im Diatomeen- und Silikoflagellatenfluß im östlichen tropischen und subtropischen Atlantik.
200 Seiten, Bremen, 1996.
- Nr. 75 Schüring, J.
Die Verwendung von Steinkohlebergematerialien im Deponiebau im Hinblick auf die Pyritverwitterung und die Eignung als geochemische Barriere.
110 Seiten, Bremen, 1996.
- Nr. 76 Pätzold, J. und Fahrtteilnehmer
Report and preliminary results of VICTOR HENSEN cruise JOPS II, Leg 6, Fortaleza - Recife, 10.3. - 26.3. 1995 and Leg 8, Vitória - Vitória, 10.4. - 23.4.1995.
87 Seiten, Bremen, 1996.
- Nr. 77 Bleil, U. und Fahrtteilnehmer
Report and preliminary results of METEOR-Cruise M 34/1, Cape Town - Walvis Bay, 3.-26. 1.1996.
129 Seiten, Bremen, 1996.
- Nr. 78 Schulz, H.D. und Fahrtteilnehmer
Report and preliminary results of METEOR-Cruise M 34/2, Walvis Bay - Walvis Bay, 29.1.-18.2.96
133 Seiten, Bremen, 1996.
- Nr. 79 Wefer, G. und Fahrtteilnehmer
Report and preliminary results of METEOR-Cruise M 34/3, Walvis Bay - Recife, 21.2.-17.3. 1996.
168 Seiten, Bremen, 1996.
- Nr. 80 Fischer, G. und Fahrtteilnehmer
Report and preliminary results of METEOR-Cruise M 34/4, Recife - Bridgetown, 19.3.-15.4.1996.
Bremen, 1996 (im Druck).
- Nr. 81 Kulbrok, F.
Biostratigraphie, Fazies und Sequenzstratigraphie einer Karbonatrampe in den Schichten der Oberkreide und des Alttertiärs Nordost-Ägyptens (Eastern Desert, N' Golf von Suez, Sinai).
153 Seiten, Bremen, 1996 (im Druck).
- Nr. 82 Kasten, S.
Early Diagenetic Metal Enrichments in Marine Sediments as Documents of Nonsteady-State Depositional Conditions.
Bremen, 1996 (im Druck).
- Nr. 83 Holmes, M.E.
Reconstruction of Surface Ocean Nitrate Utilization in the Southeast Atlantic Ocean Based on Stable Nitrogen Isotopes.
113 Seiten, Bremen, 1996.
- Nr. 84 Rühlemann, C.
Akkumulation von Carbonat und organischem Kohlenstoff im tropischen Atlantik: Spätquartäre Produktivitäts-Variationen und ihre Steuerungsmechanismen.
139 Seiten, Bremen, 1996 (im Druck).